

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 Meinez (1887-1966)

Issue Date: 2014-10-22

The Diving Dutchman

Het Marien-Gravimetrisch Onderzoek van F.A.Vening Meinesz (1887-1966)

Proefschrift

ter verkrijging van
de graad van Doctor aan de Universiteit Leiden,
op gezag van Rector Magnificus prof. mr. C.J.J.M. Stolker,
volgens besluit van het College voor Promoties
te verdedigen op woensdag 22 oktober 2014
klokke 16.15 uur

door

Theodorus Jan Cornelis van Hengel
geboren te Utrecht in 1940

Promotores: Prof. Dr. F. S. Gaastra

Prof. Dr. F. H. van Lunteren

Overige leden: Prof. Dr. J. R. Bruijn

Prof. Dr. C. A. Davids (Vrije Universiteit, Amsterdam)

Prof. Dr. D. van Delft

Dr. Anita M. C. van Dissel

Inhoudsopgave		III
Woord vooraf		IX
Inleiding	Vraagstelling	1
	Rechtvaardiging	3
	Presentatie	4
	Beredeneerde Literatuuropgave	5
Hoofdstuk 1	Oceanografie in de negentiende eeuw	9
1a	Verlopend getij van Humboldtiaans zee- onderzoek	9
1b	Vier bekende expedities	10
	-- De Britse "Challenger"-expeditie (1872 – 1876)	10
	-- De Duitse "Gazelle"-expeditie (1874 – 1876)	12
	-- De Nederlandse "Willem Barents"-expeditie (1878)	14
	-- De Nederlandse "Siboga"-expeditie (1899 – 1900)	15
1c	Resumé	17
Hoofdstuk 2	De Familie (Vening) Meinesz	21
2a	De grondleggers	21
2b	De stamhouder	22
2c	De laatste erfgenaam	27
2d	Resumé	31
Hoofdstuk 3	De ontwikkeling van een mariene gravimetrie techniek	33
3a	De organisatorische context	33
3b	Geodesie en gravitatie	35
3c	Slingers in historisch perspectief	41
3d	Door Vening Meinesz ontwikkelde slingerapparatuur	44
	-- voor metingen te land.....	44
	-- en voor metingen ter zee	47
3e	Resumé	55
Hoofdstuk 4	De Nederlandse Marine en mariene gravimetrie (1923 - 1927)	57
4a	Marine en natie	57
4b	Marine en buitenland	64

4c	Duikboten voor de wetenschap	65
4d	De eerste zwaartekrachtsexpedities.....	67
4een de door Vening Meinesz verkregen resultaten	74
4f	Marine en samenleving (1923 – 1927)	77
4g	Resumé	78
Hoofdstuk 5	Internationale samenwerking en kennisoverdracht (1928 - 1940)	81
5a	De groei van een internationale organisatie	81
5b	Overdracht van technische "know-how" In de Verenigde Staten	82
 de S 21 expeditie	84
de S 48 expeditie	87
	In andere landen	91
5c	Internationale samenwerking	94
5d	Resumé	95
Hoofdstuk 6	Duikende boten en drijvende continenten (1928 - 1933)	97
6a	De Marine in nationaal perspectief	97
6b	De verdieping van Vening Meinesz' onderzoek	101
6c	Duikbootexpedities in de Oost en de West	104
6d	Het probleem der gebergtevorming in historisch perspectief	107
6e	Gebergtevorming volgens Vening Meinesz	114
6f	Duikbootexpedities in Noordzee en Atlantische Oceaan	117
6g	Experimentele navolging en intuïtieve afwijzing	120
6h	Een gewaardeerde publicist	125
6i	Resumé	126
Hoofdstuk 7	Marine, wetenschap en samenleving (1934 - 1940)	129
7a	Ontwikkelingen bij de Marine	130
7b	Van graadmeting naar geodesie	132
7c	De K XVIII expeditie	133
7d	De O 16 expeditie	138
7e	Een historische ontmoeting ?	141
7f	Latere duikbootexpedities	142
7g	Resultaten en verder onderzoek	144
7h	Marine en samenleving (1934 – 1940)	147

7i	Resumé	152
Hoofdstuk 8	Tussen bezetters en onderduikers (1940 - 1945)	155
8a	"Berg" bewoner en natuurbeheerder	155
8b	Commissies en Genootschappen	159
8c	De Universiteit	163
	-- Onder Professoren	163
	-- Onder Studenten	165
8d	Van empirie naar theorie	168
	-- De regionale isostatische compensatie	168
	-- De regionale evaluaties	170
	-- De mantelprocessen	171
8e	Geloof en wetenschap	181
8f	Resumé	182
Hoofdstuk 9	Tussen graniet en satelliet (1945 - 1957)	185
9a	Aan de wieg van Z.W.O.	185
9b	Een nieuwe lente voor het K.N.M.I.	191
9c	Een nieuwe start voor de Rijkscommissie voor Geodesie	194
9d	Zwaartekrachtsonderzoek	197
	-- De Nederlandse expedities.....	197
	-- en de internationale context	201
9e	Aan de vooravond van een doorbraak	206
9f	Auteur en causeur	211
9g	Afscheid	213
9h	Resumé	214
Hoofdstuk 10	Rusteloze emeritus (1957 - 1966)	217
10a	Internationale ontwikkelingen aangaande de mariene geofysica	217
10b	Ontwikkelingen aangaande de mariene geofysica in Nederland	223
10c	Paleomagnetisch onderzoek in Nederland	227
10d	Vening Meinesz als organisator	229
	-- Het Internationaal Geofysisch Jaar (juli 1957 – december 1958)	229
	-- De Nieuw-Guinea-expeditie (1959)	230
10e	Vening Meinesz als natuuronderzoeker	232
	-- Van zwaartekrachtsvelden	232
	-- naar convectiestromingssystemen....	233
	--en sferisch-harmonische analyse;	236
10f	-- En van paleomagnetisme....	238

		-- ...naar een globaal orogenetisch concept	239
	10g	Meester en leerling	242
	10h	Resumé	245
Nabeschuwing			247
Summary			255
Curriculum Vitae			263
Tekstfiguren			
	Figuur i	Prof. Dr. Ir. Felix Andries Vening Meinesz	20
	2	Geschematiseerde relatie tussen geodetische oppervlakken	37
	3	Isostatische compensatiemodellen naar Pratt en naar Airy	39
	4	Schema optische stralengang slingertoestel	51
	5	Werkopstelling van het slingertoestel	73
	6	"Friends in high places"	90
	7	Opbouw der aarde (volgens Escher)	103
	8	De "Minus"-zone in kaart gebracht	106
	9	Van handlood naar echolood	111
	10	"Minus"-zone in profiel	115
	11	Simulatie "knik"-hypothese (volgens Kuenen)	121
	12	Simulatie "knik"-hypothese (volgens Griggs)	122
	13	Tetraedische ligging van continenten en oceanen	134
	14	"Het wetenschappelijk werk aan boord van de K XVIII"	135
	15	"Prof. Vening Meinesz aan het slingertoestel aan boord "O 16", 1937"	139
	16	Evolutie der aardkorst (volgens Umbgrove)	173
	17	Schuifspanningsnetwerk in de aardkorst (resultaat van een gedachte-experiment)	175
	18	Harmonische reeksontwikkeling (2-D)	178
	19	Reliëf van de top van de lithosfeer	179
	20	Het slingertoestel onthuld	199
	21	Bodemreliëf van de noordwestelijke Stille Oceaan (volgens Hess)	209
	22	Multipelen werkhypothesen over het ontstaan van een onderzeese rug	222
	23	Satellietgravimetrie: zwaartekrachtveld en geoïde	234
	24	Kringloopstromings"knoppunt"?	238
	25	1962 "Vetlesen Prijs" laureaat	244

	Geraadpleegde Bronnen en Informanten	265
Bijlagen		
1	De K II expeditie (Den Helder – Batavia) 1923	281
2	De K XI expeditie (Den Helder – Port Said) 1925	285
3	De K XIII expeditie (Den Helder – Soerabaja) 1926	287
4	De S 21 expeditie (Golf van Mexico) 1928	293
5	De "Snellius"-expeditie (Oostindische archipel) 1929 -1930	299
6	De K XIII expeditie (Oostindische archipel) 1929 - 1930	303
7	De "Nautilus" expeditie (Poolzee) 1931	307
8	De S 48 expeditie (Caribische Zee) 1932	311
9	De O 13 expeditie (Oostatlantische Oceaan) 1932	315
10	De K XVIII expeditie (Den Helder – Soerabaja) 1934 - 1935	319
11	De "Barracuda"-expeditie (Caribische Zee) 1936	329
12	De O 16 expeditie (Noordatlantische Oceaan)1937	331
13	De O 12 expeditie (Curaçao – Den Helder) 1937	337
14	De O 13 expeditie (Kanaal) 1938	341
15	De O 19 expeditie (Noordzee) 1939	343
16	De O 24 expeditie (Rotterdam – Curaçao) 1948	345
17	De O 24 expeditie (Curaçao – Rotterdam) 1949	347
18	De "Tijgerhaai"-expeditie (Rotterdam – Curaçao) 1951	349
19	De "Zeeleeuw"-expeditie (Noordzee) 1956	351
20	De "Walrus"-expeditie (Oostpacifische Oceaan) 1957.	353

Woord vooraf

In een interview ter gelegenheid van de door hem te geven Huizinga-lezing in 2008 stelde Carlos Fuentes (1928 – 2012), dat de belangrijkste les van Miguel de Cervantes' *Don Quichotte* is, dat er een diepe kloof ligt tussen droom en werkelijkheid, tussen verbeelding en feitelijkheid. Met de presentatie van deze dissertatie is voor mij zo'n kloof overbrugd. Dat langs het pad der buiten-promovendi die brug binnen bereik kwam, maakt het des te wenselijker die toegangsweg niet te ondermijnen.

Aan de bouw van de brug hebben velen steentjes bijgedragen of zelfs rotsblokken aangesleept en naar hen gaat mijn erkentelijkheid uit. In de eerste plaats zijn dat mijn promotoren, Femme Gaastra en Frans van Lunteren, die niet alleen passende stenen aandroegen, maar ook het metselwerk van het geheel op duurzaamheid controleerden. Voorts de behulpzame medewerkers van de Bibliotheek / Archief van de TU in Delft – met name Joop Gravesteijn – en die van het Universiteitsmuseum in Utrecht. "Last, but not least" diegenen, die in een vroeger stadium hun niet-aflatende affectie voor de aardwetenschappen aan mij overdroegen.

Het belangrijkste element voor de bouw van een stevige brug blijft nochtans het soliede fundament, de "rotsen in de branding", het thuisfront. Misschien onbewust daagden Anna en Daniel – indertijd nog aankomende studenten – mij uit ook nog weer een studie aan te vatten en – gedreven door hun gedurige interesse – te voltooien. Evenwel zou zonder het geduld, kennis en toewijding van mijn partner Jenny als "klankbord" en referent deze verhandeling de drukpers nooit kunnen hebben bereikt. Ik dank hen uit de grond van mijn hart en draag het resultaat aan hen op.

"Je pense que la mer telle qu'on peut la voir et l'aimer, reste le plus grand document qui soit sur sa vie passée"

F.Braudel, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II* (9e impr; Paris 1990)

Inleiding

Het Interbellum in Nederland wordt doorgaans gezien als een min of meer aaneengesloten periode van politieke stagnatie, extreme sociale controle, economische crises, pessimisme en dreiging. De samenleving verkeerde - vooral op cultureel en politiek terrein - in de ban van een zuilenstructuur, die het "maaveld" bepaalde.¹ Wie daaruit omhoog stootte, verdiende bewondering. Een van hen was de geodeet en geofysicus Felix Andries Vening Meinesz (1887 – 1966). In april 1939 plaatste een populariteitstest door "Nederlands' meest gelezen weekblad" *De Haagsche Post* hem op de vijfde plaats - na regeringsleider Colijn, dirigent Mengelberg en de grootindustriëlen Philips en Deterding - en ex aequo met onderzoekers als Huizinga (auteur van o.a. de bestseller *In de Schaduwen van Morgen* (1935)) en Debye (Nobelprijswinnaar scheikunde 1936). Vening Meinesz had zijn toenmalige bekendheid te danken aan een aantal roemruchte expedities, waarop hij marien-gravimetrisch (zwaartekrachts) onderzoek had uitgevoerd.

Achtergronden, motieven en resultaten van dat onderzoek vormen het onderwerp van deze studie. Voor de systematische uitvoering van zijn wetenschappelijk onderzoek was Vening Meinesz evenwel afhankelijk van de Koninklijke Marine. Die verleende daaraan gedurende het Interbellum haar medewerking op een schaal, die elders pas na de Tweede Wereldoorlog zou worden gerealiseerd.

De specifieke resultaten van Vening Meinesz' onderzoek vonden speciaal in de Verenigde Staten al snel weerklank en zouden kunnen worden beschouwd als aanzet tot de systematische marien-geofysische exploratie der wereldzeeën, die in de tweede helft van de twintigste eeuw sterk zou groeien ten behoeve van militair-strategische en de energievoorziening betreffende doelstellingen..

Vraagstelling

Natuurwetenschappelijk onderzoek van de diepzee kende in het laatste kwart van de negentiende eeuw een kortstondige opleving onder invloed van politieke en commerciële overwegingen. In die periode rustten verscheidene mogelijkheden grootscheepse expedities uit om het (economisch) potentieel van de wateren der wereldzeeën en de geschiktheid van de oceaانبodem tot het leggen van telegraafkabels te onderzoeken.

De Nederlandse Marine toonde zich toen eerst weinig toeschietelijk in de verwezenlijking van zulk onderzoek: pas na jarenlang aandringen kon in 1899 de "Siboga"-expeditie voor hydrografisch-biologisch onderzoek in de Indische Archipel worden gerealiseerd. Maar in tegenstelling tot het buitenland - waar oceanografisch onderzoek sindsdien tot het eind van het Interbellum nog maar mondjesmaat zou worden

¹ B.van der Boom, "Fascisten in de polder", in: (Dennis Bos e.a. (red)) *Harmonie in Holland* (Amsterdam 2007) 194 – 215.

uitgevoerd - gaf de Nederlandse Marine toen telkens weer - soms op wel zeer korte termijn – haar noodzakelijke medewerking aan de uitvoering van Vening Meinesz' grensverleggend onderzoek middels – incidenteel de halve wereld omspannende - expedities.

Alleen al het feit, dat Vening Meinesz in het Interbellum ooit zo hoog op de lijst van Bekende Nederlanders terecht kwam, zou misschien een nader onderzoek naar 's mans merites rechtvaardigen. Maar in het licht van de resultaten van zijn werk kan de vraagstelling wel degelijk verruimd worden. Temeer, omdat al te vaak in publicaties terzake van planmatig marien-geofysisch / geologisch onderzoek – zoals door Vening Meinesz werd gedaan - de indruk wordt gewekt, dat zulk onderzoek pas na de Tweede Wereldoorlog vanuit de Verenigde Staten werd aangevat.² Toegegeven, vooreerst beschouwde Vening Meinesz ook zelf zijn marien-gravimetrisch onderzoek in het licht van het oplossen van vraagstukken op het gebied van de geodesie, maar al spoedig zag hij in, dat de bij dat onderzoek beschikbaar komende informatie over – bijvoorbeeld - het onderzees reliëf van marien-geologische / oceanografische betekenis was.

Daarom luidt de eerste probleemstelling, welke de betekenis van Vening Meinesz', sinds 1923 uitgevoerd marien-gravimetrisch onderzoek was voor de ruimtelijke wetenschappen in het algemeen en voor de mariene geologie in het bijzonder. De van deze probleemstelling afgeleide vragen betreffen zaken als, hoe Vening Meinesz tot genoemd onderzoek was gekomen; waarom de resultaten zo belangrijk bleken en hoe Vening Meinesz zelf de resultaten interpreteerde.

De ruime medewerking van de Koninklijke Marine, waarvoor Vening Meinesz telkens weer zijn erkentelijkheid liet blijken, doet een tweede vraag rijzen. Het is een wijdverbreide veronderstelling, dat de Nederlandse overheid zich gedurende het Interbellum ervan onthield om aan grensverleggend natuurwetenschappelijk onderzoek zonder direct maatschappelijk belang mede te werken: dat was een taak voor de universiteit. Daarom zou men zich moeten afvragen, welke de omstandigheden waren en welke verwachtingen de autoriteiten hadden om - tegen die stelregel in - Vening Meinesz' onderzoek mogelijk te maken.

De vele facetten verbonden aan genoemde probleemstellingen zullen stuk voor stuk in opvolgende hoofdstukken worden belicht, waarna in de Nabeschouwing een integrale beantwoording volgt.

Al tijdens het Interbellum zou Vening Meinesz organisatorisch betrokken raken in het snel groeiend internationale geofysisch onderzoekscircuit en een uitgebreid netwerk van onderzoekers opbouwen. Juist daarom bleek Vening Meinesz de aangewezen persoon om na de bevrijding in de Verenigde Staten status en inrichting van het wetenschappelijk onderzoek en onderwijs te evalueren en de Nederlandse regering van advies te dienen betreffende de opzet van een nieuwe organisatie voor fundamenteel wetenschappelijk onderzoek.

Het Humboldtiaans onderzoeksmodel van een op zichzelf staande, "one-off" oceanografische expeditie met een breed spectrum van ruimgestelde onderzoeksdoelstellingen van het einde van de negentiende eeuw zou na de bevrijding geheel worden verlaten ten gunste van een onderzoeksmodel van jaarlijks terugkerende oceanografische campagnes van nauw gedefinieerd onderzoek om in korte tijd, veelal door industrie of overheid bepaalde, doelstellingen te realiseren. In het licht van de in de tweede helft van de twintigste eeuw gerezen stimuli tot verder onderzoek ter zee zou

² F.P.Shepard, *Submarine geology* (New York 1948) 2-8

tenslotte de vraag gesteld kunnen worden, waarom Nederland op het gebied van diepzee-onderzoek toen van een pionier tot een trendvolger werd.

Vening Meinesz deed in verschillende publicatievormen van de individuele expedities en hun resultaten verslag en ronderde de door hem verkregen inzichten af met de redactie van meerdere boeken. Mede daardoor kon hij een belangrijke, internationaal erkende rol spelen op fundamenteel geodetisch, geofysisch en geologisch gebied. Dientengevolge droeg hij vanaf het begin van het Interbellum tot aan zijn dood belangrijk bij aan het debat over continentverschuiving, dat zich afspeelde op het snijvlak van speculatie, intuïtie en empirie. Langs welke weg Vening Meinesz' concepten – met name zijn later tot "halve slag"-hypothese gemodificeerde "knik"-hypothese - zich ontwikkelden en in welke richting hij het debat beïnvloedde, zal uitgebreid aan de orde gesteld worden.

Rechtvaardiging

Het zal na bovenstaande toelichting wel duidelijk zijn, dat men betekenisvol marien-gravimetrisch onderzoek niet op eigen houtje kan doen maar slechts in samenwerking met andere instellingen, zodat zulk onderzoek in de context van institutionele en maatschappelijke omstandigheden moet worden geëvalueerd.

De contextuele wetenschapsgeschiedschrijving richt zich niet alleen op de vraag, hoe kennis van een discipline werd verkregen, maar ook hoe het proces van kennisverwerving beïnvloed werd door maatschappelijke, economische of culturele factoren en hoe de verworven kennis eventueel doorwerkte in de samenleving. Volgens Kahn ontbreekt het aan dit soort studies in de geschiedschrijving van het onderzoek naar het zwaartekrachtsveld van de aarde.³

Het feit, dat wetenschappelijk onderzoek indertijd niet als taak van de overheid werd gezien, terwijl nochtans regering en marine bij herhaling tot materiële en personele investering in marien-gravimetrisch onderzoek bereid waren, rechtvaardigt een contextuele benadering om antwoord te vinden op de vraag, welke maatschappelijke factoren aan de basis van de aan Vening Meinesz verleende medewerking kunnen hebben gelegen.

Een ander aspect aan Vening Meinesz' marien-gravimetrisch onderzoek, dat verdere studie rechtvaardigt, is dat van de kennisoverdracht. Effectieve overdracht van nieuwe wetenschappelijke kennis is niet alleen geholpen door een gedeelde wetenschappelijke achtergrond, maar ook door een gedeeld wetenschappelijk perspectief van de deelnemers aan het debat. Bij een nieuwe wetenschappelijke discipline als de mariene gravimetrie, waarbij de ruwe metingen aan modelmatige correcties en reducties zijn onderworpen en waarvan de interpretatie soms op het randje van speculatie balanceert, is effectieve overdracht van kennis allerm minst een "sine cure". Daarom zou opgehelderd moeten worden, hoe Vening Meinesz er - ondanks verschillen in cultuur - in slaagde leidende, buitenlandse onderzoekers in die mate tot cognoscenti en navolgers van de door hem ontwikkelde methodieken te maken, dat het wetenschappelijk debat niet in een oeverloze discussie resulteerde. Integendeel! Enkele van door hem in een vroeg stadium geïnitieerde ontwikkelingen zouden hun vruchten al snel bij het begin van het internationaal ruimteonderzoek afwerpen.

"Last, but not least" lijkt deze studie gerechtvaardigd op grond van de ervaring, dat bij het personeel van de Koninklijke Marine weliswaar veel over de door Vening Meinesz begeleide expedities bekend is, maar over de verstrekkende gevolgen van zijn

³ M.A. Kahn, "Gravimetry" in *Sciences of the Earth Vol 1*, G.A. Good (ed) (London 1998) 398

onderzoekingen veel minder. Daarentegen lijken voor academici de maatschappelijke repercussies van de expedities op de achtergrond te zijn geraakt.

De nu volgende wetenschapshistorische beschouwing moge dan geen nieuwe natuurwetenschappelijke kennis leveren, het verhaal verschaft wel enig inzicht in de problemen, waarmee Vening Meinesz heeft moeten worstelen en de serendipiteiten die hem op zijn weg hielpen.

Presentatie

In de wetenschapsgeschiedschrijving ligt de focus op het aantoonbaar maken van het feitenmateriaal, het denkwerk en het handelen van diegene(n), door wie het onderzoek werd uitgevoerd, zoals in hun geschriften vastgelegd en geplaatst binnen een eigentijds kader.

De gemaakte keuze voor een contextuele wetenschapsgeschiedkundige benadering van Vening Meinesz' marien-gravimetrisch onderzoek leek het best uit de verf te komen in een thematische aanpak vanuit een chronologisch perspectief, waarbij aan het biografisch element van de "auctor intellectualis" een nevenschikkende rol werd toebedeeld.

Nevenschikkend, ook, omdat voor de ongehuwd gebleven Vening Meinesz zijn werk zijn leven was. Werk, waarover hij meerdere boeken en ruim honderd wetenschappelijke bijdragen en artikelen heeft geschreven. Aangezien terzake van de weerkerende themata - zeeonderzoek, gravimetrie, geodesie en geologie - weinig binnen een contextueel raamwerk is gepubliceerd en nog minder algemeen bekend mag worden verondersteld, werd een enkel hoofdstuk door een inleiding in een van die onderwerpen voorafgegaan.

Mariene gravimetrie is een specialisme binnen de discipline van de fysische oceanografie. Die discipline richt zich op onderzoek naar eigenschappen, samenstelling en opbouw van de oceanische atmosfeer, hydrosfeer en lithosfeer. Hoewel oceanografie pas vrij recent als wetenschapsgebied erkenning vond, gaan haar wortels terug tot in de Oudheid. Bevindingen terzake vanaf die tijd - zij het als nautische kennis, zij het als "wetenschap" - werden tot in de vroegmoderne tijd verzameld, gecodificeerd en aangevuld met nieuwe ontdekkingen, totdat de grenzen van het onderzoeksgebied in de loop van de negentiende eeuw waren bepaald. De verdere ontwikkelingsgang tot aan het einde van die eeuw laat zien, dat uitvoering van wetenschappelijk onderzoek niet eenvoudig was, omdat onderzoekers de beschikking moesten krijgen over zeewaardige schepen, doelmatige instrumenten en een willige bemanning. Dat maakte het onderzoek duur. Als dan al een expeditie kon worden uitgerust werd het onderzoek zo breed mogelijk opgezet. Dientengevolge kostte de uitwerking van de resultaten jaren tijds; een extra financiële last, waarmee niet altijd rekening werd gehouden. En niet zelden werd de effectiviteit van het onderzoek nadelig beïnvloed door onbegrip tussen of botsende karakters van onderzoekers en bemanningsleden.

Als gevolg van de gemaakte keuzes hebben de eerste twee hoofdstukken een min of meer inleidend karakter. In het op zeeonderzoek gerichte, eerste hoofdstuk worden middels een vergelijkende evaluatie van een viertal aan het eind van de negentiende eeuw uitgevoerde oceanografische expedities de belangrijkste financiële en onderzoeksorganisatorische merites (of anderszins) van die expedities belicht ter verdere adstructie van de eerste probleemstelling. In het tweede hoofdstuk staat de familie en het milieu, waarin Vening Meinesz opgroeide en dat zijn "savoir vivre" in zo belangrijke mate bepaalde, centraal.

In de verdere hoofdstukken wordt op facetten van de eerder genoemde probleemstellingen een licht geworpen. Daarbij wordt in hoofdstuk 3 de ontwikkeling

gevolgd van instrumenten en methodologie, waarmee Vening Meinesz en de mariene gravimetrie zich een plaats binnen de ruimtelijke wetenschappen wisten te verwerven. Hoofdstuk 4 richt zich – in een nationale context – op de achtergronden van de zo bereidwillige samenwerking met de Koninklijke Marine, waarbij militair – operationele mogelijkheden en politiek / publicitair opportunisme mogelijk tezamen een belangrijke rol hebben gespeeld. In hoofdstuk 5 wordt beschreven, hoe de resultaten van Vening Meinesz' onderzoek de deuren openden voor een internationale samenwerking op geodetisch gebied, waar eerder gegevens betreffende het oceaangebied node werden gemist.

De uniciteit van zijn hiertoe ontwikkelde methodologie gaf Vening Meinesz de gelegenheid in woord en geschrift effectief zijn kennis over te dragen. Inmiddels had hij zich met een op zijn interpretatie van mariene zwaartekrachtsgegevens gebaseerd concept van gebergtevorming (orogenese) gemengd in het debat onder geologen wereldwijd aangaande de verschuiving van continenten. Zoals in hoofdstuk 6 beschreven, initieerde Vening Meinesz daarmee de verruiming van het tot dan toe tot de continenten beperkte gebied van systematisch geologisch onderzoek met dat van de (diep)zeebodem. Een initiatief, dat onmiddellijk vooral in de Verenigde Staten blijkt te zijn opgepakt. Bovendien bleek de empirie van de mariene geofysica de ruimte voor intuïtie of speculatie, die indertijd aan het geologisch denken over de oceaانبodem was gegeven, te kunnen beperken. Hoe politiek en publicitair opportunisme in een nationale context ook in de latere jaren van het Interbellum een rol bij de realisatie van enkele grote expedities speelde, wordt in hoofdstuk 7 beschreven.

De bezettingstijd, onderwerp van hoofdstuk 8, was voor Vening Meinesz een periode van reflectie over hetgeen hij tijdens de voorafgaande jaren aan inzichten had verkregen, van inpassing van die inzichten in een meer omvattend geologisch model alswel van een persoonlijke inzet ten dienste van hen, die de bezetter naar het leven stond.

In de hoofdstukken 9 en 10, die de periode na de bevrijding tot zijn overlijden in 1966 bestrijken, worden Vening Meinesz' activiteiten in het raam van institutioneel onderzoek belicht en de door hem genomen initiatieven terzake van de creatie van een wereldwijd geodetisch systeem van plaatsbepaling beschreven. Een beschouwing over het door hem ontwikkelde model van de evolutie van de aardkorst wordt afgesloten met een overweging, die ingaat op de vraag, waarom ondanks zoveel erkenning een pionier in marinegeofysisch onderzoek trendvolger zou worden.

Tenslotte worden in de nabeschuiving de resultaten van Vening Meinesz' werk geresumeerd en antwoorden op de probleemstellingen gezocht. Tevens worden Vening Meinesz' ideeën betreffende de evolutie van de aardkorst getoetst aan structuur-geologische concepten, die na zijn dood tot rijpheid kwamen.

Beredeneerde Literaturopgave

Leven en werken van Vening Meinesz hebben - gevat in een contextueel kader van ontwikkelingen op politiek / publicitair en wetenschappelijk gebied – nog niet die aandacht gekregen, die zij verdienen. Misschien was dat te wijten aan de snelle evolutie van de ruimtelijke wetenschappen, waardoor sommige resultaten van zijn zeeonderzoek, dat hem in 1962 de aan de "Nobel Prijs" equivalent geachte "Vetlesen Prijs" voor geologie / geofysica / geodesie opleverde, al te snel achterhaald waren. Wel droeg die uitverkiezing bij aan de vorming van het nu bestaande en in de secundaire literatuur uitgedragen beeld

van Vening Meinesz als een toegewijd en breed geïnteresseerd geleerde.⁴ Maar dat hij al voor de Tweede Wereldoorlog het publieke imago van Bekende Nederlander had verworven, is langzamerhand uit het oog verloren, maar niet minder onderzoekswaardig. Hoe het ook zij, de voorliggende studie hoopt in de bestaande leemten in de beeldvorming rond Vening Meinesz te kunnen voorzien.

Van de ontwikkelingsgang van het zeeonderzoek tot het begin van de twintigste eeuw geeft Margaret Deacon, *Scientists and the sea 1650 – 1900. A study of marine science* (1997) een goed overzicht. Maar voor de niet onbelangrijke aspecten als organisatie en efficiëntie van het uitvoerend personeel blijft kennisname van verspreide publicaties en expeditieverlagen toch onontbeerlijk. Noch Deacon, noch andere auteurs kwamen toe aan een discussie omtrent de veranderingen in opzet en uitvoering van fysisch-oceanografisch onderzoek, die in de loop van de twintigste eeuw tot een nieuwe visie op de evolutie van de wereldzeeën en het ontstaan van een belangrijk segment van de "offshore"-industrie hebben geleid. Van de huidige stand van zaken geeft Summerhayes en Thorpe's *Oceanography. An illustrated guide*. (Londen 1998) een met zorg geïllustreerd, goed leesbaar overzicht.

Als toelichting op de politieke omstandigheden, die de samenwerking tussen de Koninklijke Marine en Vening Meinesz in het Interbellum vergemakkelijkten, is Henri J.G. Beunders' *Weg met de Vlootwet* (1984) de aangewezen bron. Blom's *De mouterij op de "Zeven Provinciën"* (1975) schetst gedetailleerd de invloed van die mouterij in 1933 op de politieke arena. Voor de met veel discussies gepaard gaande transformatie van vlootpolitieke tot maritiem-strategische doelstellingen - met name voor wat betreft Nederlands Indië - is Gerard Jungslager's *Recht zo die gaat* (1991) een goede leidraad gebleken, die recentelijk een aanvulling kreeg met Anten's *Navalisme nekt onderzeeboot. De invloed van internationale zeestrategiën op de Nederlandse zeestrategie voor de defensie van Nederlands-Indië, 1919 – 1942* (2011). Het ter gelegenheid van het zestigjarig bestaan van de Onderzeebootdienst uitgegeven en door C.J.W. van Waning e.a. geredigeerde boekwerk *Wegduiken...!* (1966) completeerde die informatie met gegevens over de ontwikkelingen op technisch en tactisch gebied van het onderzeebootwapen. Ook verscheen in laatstgenoemde publicatie nog een terugblik van de hand van Vening Meinesz op zijn marien-gravimetrische expedities. Een overzicht van de totstandkoming en de organisatie van de geodetische opname in Nederland, waaraan dat marien-gravimetrisch onderzoek ontsproot, werd door N. van der Schraaf in *The centenary of the Netherlands Geodetic Commission* (1979) gegeven. Maar voor achtergronden en problemen, waarmee men in die Commissie van jaar tot jaar te maken mee had, kan men beter de jaarverslagen of - in incidentele gevallen - de archieven raadplegen.

Over zijn marien-gravimetrisch onderzoek zagen van de hand van Vening Meinesz in de periode van 1916 tot 1964 een tiental boeken het licht, waarin - soms met medewerking van derden - de instrumentele ontwikkeling, de uitvoering der metingen tijdens een vijftiental expedities en de daaropvolgende interpretatie der gegevens en hun evaluatie binnen een groter (aard)wetenschappelijk verband uit de doeken werd gedaan. Indertijd vormde het door Heiskanen en Vening Meinesz samengestelde boekwerk *The earth and its gravity field* (1958) het naslagwerk bij uitstek over deze materie. De serie wetenschappelijke artikelen, die Vening Meinesz vanaf 1910 het licht deed zien, vergemakkelijkte het de ontwikkeling van zijn ideeën chronologisch te ordenen.

⁴ K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin* (Amsterdam 1985) 201 e.v.

De minder in de wetenschap, maar meer in het maritieme gebeuren geïnteresseerden kregen een "frisse inkijk in duikbootexpeditie in vreedstijd, hun organisatie, bemanningen, technieken en logistiek" middels het door de marineofficieren C. van der Linden en M.S. Wytema geschreven boek *Met Hr. Ms. K XIII naar Nederlandsch Indië. Een onderzeeboottocht van meer dan 20 000 zeemijlen* (1927) en Wytema's *Klaar voor onderwater. Met Hr. Ms. K XVIII langs een omweg naar Soerabaja* (1936). De gedurende laatstgenoemde expeditie opgenomen film en de foto's in beide boeken voegden veel toe aan het informatief gehalte. En – zoals van een goede verslaggeving mag worden verwacht – zouden zij zeker ten dienste van de verbetering van de publieke opinie terzake van de Koninklijke Marine moeten hebben gestaan. Evenzo leverde Albert Chambon (pseudoniem van A.W.P. Angenent) met een geromantiseerde *100 000 zeemijl per onderzeeboot, met professor Vening Meinesz* (1939) – een deeltje uit de door Chambon geredigeerde Vandersteng serie – zijn bijdrage aan de popularisering van de Koninklijke Marine in crisistijd.

Behalve over de vorm van de aarde als resultante van de inwendige massaverdeling en het daarop werkend krachtenveld bleek Vening Meinesz' marien-gravimetrisch onderzoek ook – zij het indirect – informatie te kunnen geven over hoedanigheden van het zeebodemreliëf. Dit laatste was des te meer gewenst, omdat de aard van dat reliëf beslissend leek in het debat over een door Wegener in *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* geopperde visie betreffende de mobiliteit van continenten. Hoewel in Nederland aan het begin van het Interbellum als verklaring voor vele structuurgeologische verschijnselen op die visie met instemming was gewezen, zouden de met die visie vervlochten, aantoonbare tekortkomingen op den duur leiden tot verklaringen, die een verschuiving van nadruk laten zien, waarbij aan continenten een meer gefixeerde positie werd toegedacht. Laatstgenoemde voorstelling van zaken vormde de kern van *Pulse of the Earth* (1942), waarvan de auteur – de Delftse hoogleraar J.H.F. Umbgrove – en Vening Meinesz over en weer veel invloed op elkaars inzichten hadden. Het *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap* was indertijd een frequent door Nederlandse geologen (inclusief Vening Meinesz) gebruikt medium om hun onderzoeks resultaten wereldkundig te maken en aan hun opinies aangaande Wegener's visie uitdrukking te geven. In *The rejection of continental drift* (1999) beschreef Naomi Oreskes het voorspel tot, de gevoelens en argumenten over en weer en de afloop van de discussies aangaande Wegener's visie, zoals die in het Interbellum en daarna door geodeten en geologen in de Verenigde Staten werden gevoerd.

De resultaten van Vening Meinesz' onderzoek opende vooral in de Verenigde Staten voor hem op vele niveaus deuren. Dat kwam hem na de bevrijding goed van pas, toen de regering hem verzocht advies uit te brengen over aspecten van zuiver wetenschappelijk onderzoek, zoals dat in de Verenigde Staten tot uitvoering was gekomen. Daniel J. Kevles' *The physicists. The history of a scientific community in modern America* (1971) bleek een goed inleidend overzicht in de ontwikkeling binnen de verschillende privaat- en publiekrechtelijke organisaties, die zich sinds het begin van de twintigste eeuw in dat land met zulk onderzoek waren gaan bezighouden.

Hoofdstuk 1 Oceanografie in de negentiende eeuw

Wetenschappelijk, tot systematisch geordende kennis leidend onderzoek op volle zee vereist aan de daar heersende omstandigheden aangepaste middelen. Daarvan is wel het voornaamste het kunnen beschikken over een adequaat uitgerust onderzoeksvaartuig met een op zijn taak berekende bemanning.

Tot aan het begin van de negentiende eeuw was verwerving van kennis der zee zonder een direct maatschappelijk nut een bijproduct van de ontdekkingsreizen. Aan het einde van de achttiende eeuw werd onderzoek weliswaar mondjesmaat uitgevoerd door "experimental gentlemen" aan boord van zeilvaartuigen, maar die hadden toch als belangrijkste opdracht onderzoek naar de mogelijkheden tot kolonisatie of handel. En de aan die zeilvaartuigen opgelegde vaarschema's werden bovenal bepaald door onzekerheid terzake van het gedrag van wateren en winden, een omstandigheid, die nog minder tijd of gelegenheid tot onderzoek gaf. Na de introductie van (hulp)-stoomvermogen werd men minder afhankelijk van die omstandigheden en kon men min of meer stationair waarnemingen laten doen als daartoe tenminste toestemming was verkregen.

Zo kwam het pas in de loop van de negentiende eeuw tot een globale ordening van verworven kennis der zee binnen een "Fysische Geografie van de Zee" (dixit Alexander von Humboldt), voor welke benaming door verbreding van het onderzoeksveld later "Oceanografie" in de plaats kwam. Korte evaluaties van enkele, voornamelijk in het laatste kwart van die eeuw uitgevoerde oceanografische expedities leiden tot de beantwoording van de vraag, waardoor hun succes of hun mislukken werd veroorzaakt en dienen als inleiding tot de vraag wat er terzake van oceanografisch onderzoek in de loop van de twintigste eeuw zou (moeten) veranderen en welke de plaats van Vening Meinesz in die verandering was.

1a Verlopend getij van Humboldtiaans zee-onderzoek

Door zijn bekendheid met marien-natuurwetenschappelijk onderzoek, zoals dat in de achttiende eeuw was uitgevoerd en door zijn visie op de manier, waarop zulk onderzoek in de toekomst zou moeten worden uitgevoerd en later in de negentiende eeuw dan ook zo werd uitgevoerd, vormt Alexander von Humboldt (1769 – 1859) op genoemd terrein het verbindend element tussen beide perioden.

Op een gezamenlijke reis in 1790 door de "Lage Landen" was Von Humboldt goed bevriend geraakt met Georg Forster (1754 – 1794), vertaler van De Bougainville's expeditieverslag (1772) en – met zijn vader Reinhold Forster - auteur van het (ongeautoriseerde) verslag van Cook's tweede expeditie (1777). Dit verslag wordt wel beschouwd als een "synthese van de laat-achttiende eeuwse natuurlijke historie, wetenschap en creatieve verbeeldingskracht in een tijdvak, waarin wetenschappelijke veelzijdigheid de gewoonste zaak van de wereld was".¹ Uitgedaagd door de problemen, waarmee Forster was geconfronteerd, besloot Von Humboldt zich in Parijs bij de tweede, door De Bougainville voorgenomen expeditie aan te sluiten. Maar toen de plannen van laatstgenoemde op de lange baan dreigden te geraken, wist Von Humboldt – geholpen door zijn voorkomen en zijn relaties op het

¹ S. Schaffer, "Joseph Priestley", in: Lissa Roberts (red.) *Wetenschap is Cultuur* (Amsterdam 2005) 145.

hoogste niveau – met Aimé Bonpland (1773 – 1858) als metgezel van 1799 tot 1804 een eigen expeditie naar Zuid- en Midden-Amerika op touw te zetten, waarvan de resultaten hem alom grote bekendheid gaven. Uit zijn reisverslag sprak een geloof in de fundamentele eenheid van het natuurgebeuren. Von Humboldt was de mening toegedaan, dat onbegrensd verzamelen van informatie over het gehele spectrum van de natuur de mensheid inzicht zou verschaffen in de ordening en wetten van dat wereldomspannend systeem.²

In die trant zou Von Humboldt dan ook wel in 1832 in Parijs tijdens een langdurig onderhoud op Louis Agassiz (1808 – 1873), een toekomstig hoogleraar aan de Harvard Universiteit, hebben ingepraat.³ Louis en zijn zoon Alexander (1835 – 1910) zouden een belangrijke rol gaan spelen in de ontwikkeling van de (mariene)-geologie in Amerika zowel als elders. Zo zou Alexander met zijn vriend en toekomstig biograaf John Murray (1841 - 1914), onderzoeksleider van de "Challenger"-expeditie, kenner van mariene biotopen worden. Nog in 1856 werd de inmiddels 87-jarige Von Humboldt om advies gevraagd voor de tussen 1857 en 1859 op gezag van de Oostenrijkse regering uit te voeren expeditie met het fregat "Novarra". In zijn advies ging Von Humboldt's voorkeur speciaal uit naar waarnemingen op het gebied van zeestromingen, watertemperaturen, aardmagnetisme en naar monsters van vulkanisch gesteente, "want in een verzameling vertegenwoordigt dat materiaal, waaruit je altijd nog ontdekkingen zult kunnen doen".⁴

Zodoende werd de "Novarra"-expeditie waarschijnlijk de eerste geheel op (mariene)-natuurwetenschappelijk onderzoek gerichte oceanografische expeditie. Maar ook andere naties zouden in het verder verloop van de negentiende eeuw en mede op grond van aanvullende, ondersteunende motieven zulke expedities uitvoeren. Niet al die expedities bleken naderhand echter even succesvol te zijn geweest: van de verzamelde gegevens of de resultaten van sommige expedities werd nauwelijks meer iets gehoord, terwijl de resultaten van andere een lichtend voorbeeld voor het bedrijven van oceanografisch onderzoek zouden kunnen zijn geweest.

Maar er bleken vele redenen waarom Humboldtiaans onderzoek zou verlopen. In de nu volgende sectie zal dat aan de hand van enkele grotere, in het laatste kwart van de negentiende eeuw uitgevoerde expedities worden belicht op basis van criteria als doelstelling, organisatie, financiering, onderzoekspraktijk, operationeel management en resulterende publicaties.

1b Vier bekende expedities

De Britse "Challenger"-expeditie (1872 - 1876)

Op instigatie van de Royal Society, welke instelling ervan overtuigd was dat (oceanografisch) onderzoek van de diepzee de natuurwetenschap zeer ten goede kon komen, besloot de Britse Admiraliteit maart 1872 tot het uitrusten van een expeditie over de wereldzeeën. Dat steun vanuit de samenleving tot deze beslissing de doorslag gaf, moge wel uit de volgende uitspraak van een lid van het Kabinet

² L.Pyenson en Susan Sheets-Pyenson, *Servants of nature. A history of scientific institutions, enterprises and sensibilities* (London 1999) 259 .

³ D.Botting, *Humboldt and the Cosmos* (New York 1973) 256.

⁴ M.Pfannenstiel, "Das Meer in der Geschichte der Geologie", in: *Geol. Rundschau* 60 (1970) 12.

Disraeli in 1875 bliken: "It is not the policy of the Government of this country in its view of the present state of public feeling....., to give direct assistance to the study of any science except with a view to the more immediate application of scientific theories to practical purposes, in which the public rather than individuals have a direct interest".⁵ Tevens zou bij de beslissing van de Admiraliteit meegespeeld hebben, dat een betere kennis van het reliëf van de diepzee kon bijdragen aan het onderhouden van een robuuster net van telegraafkabels dan tot dan toe was gerealiseerd.

Voor dit onderzoek werd het zeilkorvet met hulpstoomvermogen HMS "Challenger", groot 2300 ton met een bemanning van 23 officieren en 240 koppen, tot een varend laboratorium voor vijf civiele onderzoekers onder de leiding van de hoogleraar C.Wyville Thomson (1831 - 1882) omgebouwd. Laatstgenoemde zou met Captain G.S.Nares (1831 - 1915) het commando delen.

Langs het te volgen, wereldomspannend traject zouden gemiddeld elke 200 mijl watermonsters genomen, de samenstelling van de zeebodem bepaald en de uit zee opgedregde organismen geïdentificeerd moeten worden, terwijl op tussenliggende punten de zeediepte moest worden bepaald. Voor een en ander werden de loodlijnen, waaraan de meest moderne instrumenten waren bevestigd, via de ra met behulp van een hulpstoommachine uitgebracht en ingehaald. Na het doorvaren van een "shake down" circuit rond de Noordatlantische Oceaan, was het plan via de Canarische Eilanden en Bahia langs Kaap de Goede Hoop en Antarctica naar Australië en door naar Hongkong te varen en vandaar via Hawaii, Tahiti en Vuurland weer naar Engeland terug. Een traject, dat regelmatig zou worden onderbroken om te bunkeren of om het schip op te kalefateren.

De expeditie werd volgens plan voltooid. Het door wetenschapper en marineman gedeelde commando gaf geen problemen. Ondanks Wyville Thomson's "praatjes voor de mast" over het door hem uitgevoerde onderzoek zou toch gedurende de expeditie het standsverschil tussen de "Scientific Gentlemen and Professional Seamen" niet verdwijnen. Voor de equipage waren de dagelijks weerkerende en soms zeer langdurige onderbrekingen om stationair de diepte te peilen of om te dreggen een niet geapprecieerde breuk van de dagelijkse routine van de maritieme zeilvaart. Dientengevolge deserteerden er regelmatig manschappen ondanks hun zeer redelijke bezoldiging. Gedurende de expeditie verloor een vijftal schepelingen het leven en werd een twintigtal gedeeltelijk invalide verklaard.⁶

Al snel na afloop van de expeditie werden door leden van de wetenschappelijke staf hun reisjournalen in boekvorm gepubliceerd en door een enthousiast publiek in groten getale gekocht evenals het journaal van de machinist Sprey. Hoe de "bemanning voor de mast" reageerde op het wetenschappelijk gebeuren bleek pas in 1994 met de publicatie van een grote serie brieven van Joseph Maklin (1852 – 1927).⁷

Gedurende 713 zeedagen waren bijna 69 000 mijl afgelegd en op 362 plaatsen meervoudig monsters opgehaald. Die leverden zo'n 5000 stopflessen met te catalogiseren en verder te onderzoeken materiaal op. Tot de belangrijkste

⁵ H.Charnock, "HMS Challenger" and the development of marine science", in: *Journal of navigation* 25,1 (1973) 5.

⁶ C.W.Thomson en J.Murray (red.), The report on the scientific results of the exploring voyage of HMS Challenger during the years 1873 – 1876. Narrative of the voyage (London 1885).

⁷ www.scrippsaquarium.org/education/learning/resources/challenger., geraadpleegd 20 februari 2008.

bevindingen van de “Challenger”-expeditie behoren de ontdekking van een grote differentiatie in diepzeesedimenten, van het bestaan van tot 20 cm grote mangaan concreties en van de zuidwaartse voortzetting van de Midatlantische Rug. Het leven in de diepzee bleek niet door enige diepte te worden begrensd. Ook waren er aanwijzingen voor de door Darwin in zijn evolutietheorie voorspelde “descent with modification” gevonden. Anderzijds kon het als overgangsvorm tussen anorganisch en organisch wezen beschouwde “oerslijm” *Bathybius haeckelii* worden ontmaskerd als een chemisch precipitaat, dat ontstond bij de reactie tussen zeewater en conserveringsmiddel.

Tussen 1877 en 1895 werden onder een internationaal samengestelde redactie de resultaten van de “Challenger”-expeditie in vijftig banden gepubliceerd en om niet door de Britse regering aan geïnteresseerde organisaties ter beschikking gesteld. De universele waardering voor het onderzoek ten spijt vond de Minister van Financiën de te dragen kosten van expeditie en onderzoek - tezamen bijna zo'n 200 000 pond sterling dermate hoog, dat voor decennia van verder, door de staat gefinancierd diepzee-onderzoek zou worden afgezien. Maar in andere landen - zoals Duitsland, Noorwegen en de Verenigde Staten - zouden gevoelens van nationaal prestige soortgelijke materiële restricties negeren en zou oceanografisch onderzoek - zij het op een regionale schaal - ondernomen worden.

Toen tenslotte in 1901 in Londen de organisatie van een expeditie naar Antarctische wateren in een publiek - privaat deelgenootschap werd voorbereid, weigerde John Murray, die na het overlijden van Wyville Thomson de wetenschappelijke leiding had overgenomen, hieraan bij te dragen, omdat in de voorgestelde organisatie aan marine-officieren en niet aan academici de leiding van het wetenschappelijk onderzoek werd toegedacht. “These ‘mud-larkers’ must not be allowed to appropriate the title of ‘Scientific Staff’. The captain and executives are the real ‘Scientific Staff’ for geography, meteorology, magnetism, deep-sea soundings and dredging, etc. etc” schreef de Britse admiraal A.H. Markham (als een ware Humboldtiaan).⁸

De Duitse “Gazelle”-expeditie (1874 - 1876)

In de tweede helft van de negentiende eeuw begon Pruisen na overwinningen op Denemarken (1864), Oostenrijk (1866) en Frankrijk (1870) zich duidelijk als macht met meer dan continentale ambities te manifesteren. Alreeds hadden Duitse kolonisten overzee op maritiem vlagvertoon aangedrongen als bevestiging van de gegroeide internationale status van het Duitse Rijk. Het was dan ook geen verrassing, dat Bismarck besloot om in 1874 middels een wereldreis door een korvet van de Pruisische Marine die ambitie uit te dragen. Voor de logistieke ondersteuning van zo'n reis kon hij terugvallen op de door hem gevoerde politiek van diplomatieke en maritieme ondersteuning van Groot-Brittannië; een politiek, die nog net niet de vorm van een alliantie had aangenomen. Genoemde doelstelling werd nog kort voor het vertrek van de “Gazelle” - toen de Admiraliteit van de expeditie van de “Challenger” gewaar was geworden - aangepast tot “wetenschappelijke expeditie”. Nu moest de bemanning van de “Gazelle” “wissenschaftlichen Arbeiten... neben ihrem andere Schiffsdiensten ausführen”, die “wie jedes andere Kriegsschiff, militärische und politische Aufgaben zu lösen hatte, welche naturgemäss die wissenschaftliche

⁸ Ann Savours, *The voyages of the Discovery* (London 1994) 10.

Arbeiten oft in den Hintergrund drängen mußte”, zo schreven de expeditieleiders G.E.G.von Schleinitz en D.Rottock in *Die Forschungsreise S.M.S."Gazelle"*.⁹

De “Gazelle” was een 2000 ton groot marinekorvet, een zeilvaartuig met hulpstoomvoortstuwing en in afmetingen en prestaties met de “Challenger” vergelijkbaar. Om gewicht te besparen en om onderzoeksruimte te creëren was de bewapening tot acht boordkanonnen en de geheel uit marinepersoneel bestaande bemanning tot 338 koppen gereduceerd. Het geheel stond onder commando van de Keizerlijke Marine Kapitein G.E.G. Freiherr Von Schleinitz (1834 - 1910) op wiens initiatief nog de Zwitserse bioloog Studer als onderzoeker werd toegevoegd. Op het gebied van de oceanografie waren waarnemingen voorzien terzake van meteorologie, hydrografie, magnetometrie en biologie. Grote delen van de voorziene vaarroute liepen parallel aan die van de “Challenger”, zodat men zich een beter idee van de ruimtelijke verbreiding van het waargenomene kon vormen. Maar daarnaast was men ook geïnteresseerd in de etnografie, speciaal van Melanesië, waar al een aantal Duitse kolonisten woonachtig was. Voor het door de Admiraliteitshydrograaf voorziene onderzoeksprogramma was een instrumentarium geïnstalleerd, dat kwalitatief niet voor dat van de “Challenger” onderdeed. Ook had die hydrograaf voor de training in de praktische uitvoering van het onderzoek van daartoe belaste scheepsofficieren zorg gedragen.

Gedurende de expeditie werd de leiding periodiek geïnstrueerd omtrent de te varen route, die uiteindelijk van Kiel via Monrovia, Luanda en Kaapstad naar de Kerguelen leidde; vandaar via Mauritius en Timor naar Melanesië om van Samoa via Punto Arenas en Buenos Aires weer in Kiel terug te keren. Een gedachtewisseling met de leiding van de “Challenger” in Buenos Aires leidde ertoe, dat beide expedities hun terugreis over de Atlantische Oceaan zodanig op elkaar afstemden, dat het bodemreliëf van die oceaan naderhand optimaal in kaart kon worden gebracht.

De “Gazelle” legde in zo’n vijfhonderd vaardagen een afstand af van ruim 27000 mijl en deed op 165 locaties uitgebreid onderzoek; gemiddeld dus een waarnemingsreeks iedere 160 mijl, vergelijkbaar met de onderzoeksfrequentie van de “Challenger”. Noch tijdens, noch na afloop werd aan de expeditie in de pers veel aandacht besteed. Het weekblad “*Nature*” wist te melden, dat de vondsten en ondersteunende informatie in musea in Berlijn waren terecht gekomen, alwaar verspreid onderzoek zou kunnen worden verricht. Tot de verwerking en bestudering van alle verzamelde gegevens werden Von Schleinitz en assistenten pas lang na afloop van de expeditie in 1880 door de Marine in staat gesteld. Toen waren al heel wat vondsten in het ongereede geraakt. Bovendien ontbeerde die bestudering wetenschappelijke sturing. In tegenstelling tot het internationaal samengestelde team van bewerkers van de vondsten van de “Challenger” kreeg de aan Duitse onderzoekers voorbehouden bestudering van de vondsten van de “Gazelle” een provinciaal karakter.

Onder redactie van de marineofficieren Von Schleinitz en Rottock kreeg die studie met soortenbeschrijvingen afwisselend in het Latijn of Duits haar beslag in een vijftal, tussen 1887 en 1889 gepubliceerde delen. De keuze van dit tijdstip zou mede gezocht kunnen worden in een coïncidentie met de voor het Duitse Rijk (Pruisen) succesvol afgesloten Conferentie van Berlijn (1885). Hoewel die Conferentie grotendeels was gewijd aan de toedeling van Afrika aan de

⁹ G.E.G.von Schleinitz en D.Rottock (red.), *Die Forschungsreise S.M.S."Gazelle"* (Berlin 1889) vi.

kolonialiserende grootmachten, bezegelde de uitkomst stilzwijgend (?) de Pruisische aspiraties elders: de acceptatie van de kolonisatie van de Bismarck Archipel in 1884, waar Von Schleinitz in 1886 tot eerste Landeshauptmann werd aangesteld.

Het nationalistisch sentiment, verwoord in "Deutschlands Ehr' im Weltenmeer", zou in de "National"-expeditie (1889) in de Noordatlantische Oceaan en de "Valdivia"-expeditie (1898 - 1899) in de Zuidatlantische Oceaan, de Zuidelijke IJszee en de Indische Oceaan verder uitgedragen worden. Voor laatstgenoemde expeditie stelde de Duitse regering 300 000 mark ter beschikking, terwijl de Hamburg - Amerika Lijn een van haar schepen - tot onderzoeksvaarttuig gemodificeerd - met bemanning en al om niet ter beschikking stelde. Het door de wetenschappelijk leider C. Chun geschreven en rijk van foto's voorzien reisverslag van de "Valdivia"-expeditie werd door P.G. Buekers als *Uit de diepten der wereldzee* vertaald en in 1903 in Zutphen uitgegeven.

De Nederlandse "Willem Barents"-expeditie (1878)

Evenals in Engeland bleek het ook in Nederland moeilijk om de regering tot directe bemoeienis terzake van initiatieven voor wetenschappelijk onderzoek te bewegen. Zulke initiatieven werden echter door de toen pas opgerichte genootschappen als de Dierkundige Vereeniging (1872) en het Aardrijkskundig Genootschap (1873) actief gesteund. Laatstgenoemd Genootschap zou later waarschijnlijk het enige particuliere, op wetenschappelijk onderzoek gerichte Genootschap zijn, dat financieel door de regering werd ondersteund. Toen in navolging van buitenlandse poolexpedities in 1875 een plan werd gelanceerd tot organisatie van een Nederlandse expeditie naar een Noordpool gebied, waar de geografie nog veel leemten vertoonde, vond dat plan veel steun bij laatstgenoemd Genootschap.¹⁰ Mede, omdat het voorzag in vervulling van "een nationalen plicht en een zaak van nationale eer..... een gedenkteken voor Barentsz (en Heemskerck) op te richten"., zo schreef A. de Bruyne.¹¹

Toen bleek, dat de Koninklijke Marine niet aan een verzoek om een schip ter beschikking te stellen kon voldoen, wist het aan het Aardrijkskundig Genootschap gelieerde Organisatie Comité in de voor de bouw van zo'n schip en de voor onderzoek benodigde apparatuur vereiste fondsen - zo'n veertig duizend gulden - te voorzien. Zo kon in mei 1878 het poolschoenerschip "Willem Barents" met een bemanning van veertien koppen onder commando van de marineofficier A. de Bruyne (1842 - 1916) zee kiezen voor een enkele maanden durende tocht. De Bruyne werd bijgestaan door de marineofficieren L.R.Koolemans Beijnen (1852 - 1879), die ervaring had opgedaan met de ijsvaart, en H.M.Speelman (1852 - 1907), die met de natuurkundige waarnemingen was belast. Dr C.P.Sluyter (1854 - 1933) zou het zoölogisch onderzoek voor zijn rekening nemen.

De voorgenomen vaarroute zou via Shetland, Jan Majen, Spitsbergen en Beren Eiland naar Nova Zembla voeren: eilanden, waarop al wetenschappelijk onderzoek was gedaan, maar waarop een gedenksteen nog ontbrak! Het lag in de

¹⁰ W.F.J.Mörzer Bruyns (red), De eerste tocht van de Willem Barents naar de Noordelijke IJszee 1878: De dagboeken van Antonius de Bruijne en Bastiaan Gerardus Baljé. 2dl. Werken uitgegeven door de Linschoten Vereeniging; vols. 84-85. (Zutphen 1985).

¹¹ A. de Bruyne e. a., "De verslagen omtrent den tocht met de "Willem Barents" naar en in de IJszee", in: *TAG I,4. Bijbladen 5 & 6* (Amsterdam 1880).

bedoeling, dat deze expeditie als een terreinverkenning voor een volgende zou dienen. Gedurende de tocht moesten routine maritieme waarnemingen worden gedaan, flora en fauna beschreven. In het gebied van de Noordelijke IJszee was met name onderzoek naar aard, richting en kracht der zeestromen van belang met het oog op een eventuele vestiging van een basis en op bepaling van een handelsroute naar Siberië. Ook de positie en de toestand van het pakijns moest onderzocht worden, zodat vergelijking met het Zuidpoolgebied mogelijk werd, waar de rand van het pakijns samen leek te vallen met de contour van het vaste land.

De vaareigenschappen van de "Willem Barents" bleken onder wisselende weersomstandigheden aan de verwachtingen te voldoen. Zodoende kon de expeditie het vaartraject afleggen als voorgenomen, totdat men eind juli 1878 voor ruim een week in het pakijns kwam vast te zitten en moest retireren van nabij Nova Zembla. Maar langdurige vaart op gegist bestek in het mistige overgangsgebied tussen relatief warm zeewater en poolijs kwam een nauwkeurige plaatsbepaling van de onderzoekslocaties niet ten goede. De verschillende typen diepzeethermometers waren niet erg breukvast en zorgden voor nogal wat problemen. In waterdiepten van meer dan 1500 meter konden de loodlijnen alleen handmatig worden ingehaald vanwege de beperkte capaciteit van de stoomlier.

Nochtans bleek na terugkeer in Amsterdam, dat een tiental diepzeevangsten een twintigtal nieuwe diersoorten had opgeleverd, waarvan de beschrijving - bij ontstentenis van de naar Nederlands-Indië afgereisde Sluyter - door anderen werd gepubliceerd. Gezien de resultaten van deze expeditie en haar verkennend karakter had men er alle vertrouwen in, dat in 1879 een nieuwe tocht kon worden georganiseerd. Om te voorzien in de daarvoor benodigde fondsen werden fotoalbums van de reis geproduceerd, reclame materiaal om eventuele sponsors aan te trekken.

Tussen 1879 en 1884 werden inderdaad kortdurende expedities naar het ijszeegebied uitgevoerd met allengs aflopend wetenschappelijk succes. De successievelijke "Willem Barents"-expedities bleven bekostigd uit particuliere fondsen, die juist voldoende waren voor aanschaf, onderhoud en operaties. Maar het vaartuig was en bleef toch te klein en onvoldoende geschikt voor de haar toegedachte taak. Afgezien daarvan bleken niet alle met het wetenschappelijk onderzoek belaste officieren voldoende in de materie ingevoerd. Weliswaar konden de doelstellingen van opvolgende expedities mede gebaseerd worden op de eerder verworven inzichten, maar de financiële basis bleef wankel en de belangstelling voor de expedities en haar resultaten droogde op.

De Nederlandse "Siboga"-expeditie (1899 - 1900)

Terwijl in de Indische koloniën in de loop van de negentiende eeuw veel en nuttig landbouwkundig onderzoek werd uitgevoerd, bleef biologisch veldonderzoek enigszins achter. En dat, terwijl door A.R. Wallace (1823 - 1917) al in 1869 in zijn aan Darwin opgedragen reisjournaal *The Malay Archipelago* een belangrijke zoögeografische grens - de Wallace Line - juist op grond van veldwerk was gedefinieerd. Deze grenslijn, die bij benadering Noord - Zuid tussen Bali / Lombok en Borneo / Celebes loopt, scheidt een Aziatische landfauna ten Westen van een Australische landfauna ten Oosten. Ook door de "Gazelle"- en de "Challenger"-expedities was al wat oceanografisch onderzoek verricht. Zo loodde de "Challenger" in de Banda Zee bij een diepte van meer dan 5000 meter een watertemperatuur van

minus 3,3° Celsius, waardoor een onderstroom van polair water in dit gebied kon worden vastgesteld.¹²

Om veldonderzoek te stimuleren werd in 1890 de “Maatschappij ter Bevordering van het Natuurkundig Onderzoek der Nederlandsche Koloniën”, ook wel de “Treub-Maatschappij” genoemd, opgericht. Realisatie van de doelstellingen van deze Maatschappij kreeg een extra impuls, toen in 1891 / 1892 Eugene Dubois (1858 - 1940) in Trinil fossiele botten opgroef, die hij toeschreef als behorend tot *Pithecanthropus*, een door hem geïnterpreteerde overgangsvorm tussen Chimpansees (*Anthropopithecus*) en *Homo Erectus*, spoedig als de “missing link” in Darwin’s evolutiehypothese beschouwd.¹³ Wilde men zich op zee niet “de kaas van het brood laten eten” door buitenlanders, die in Nederlandse territoriale wateren onderzoek deden en met hun successen het Nederlands imago terzake zouden schaden, dan was organisatie van eigen oceanografisch onderzoek aldaar dringend gewenst.

Op het door de Treub-Maatschappij aan de regering in 1896 gedane verzoek om een vaartuig ter beschikking te stellen, kwam dan ook al spoedig een bevestigend antwoord. Zulk onderzoek kwam namelijk ook de regering te stude om haar koloniale aanspraken op de marges van het Oostindisch archipelgebied te bevestigen. Want daar had vanaf 1884 Duitsland op noordoost Nieuw-Guinea een koloniaal bruggenhoofd gevestigd, terwijl nog in 1898 de Verenigde Staten het Filippijnse eilandenrijk van Spanje zouden “overnemen”.

Al in 1899 kon het tot oceanografisch onderzoeksvaartuig gemodificeerde flottieljevaartuig “Siboga” de haven van Soerabaja verlaten om de mariene fauna in de diepe bekkens van de Indische Archipel en de koraalriffen in de ondiepe wateren te onderzoeken. Professor Max (W.C.) Weber (1852 - 1937), die al aan een eerdere “Willem Barents”-expeditie had deelgenomen, was expeditieleider en had een staf van drie academici. Ltz G.F. Tydeman, navigatie-expert van de marine, voerde over de bemanning van zeven officieren en 52 manschappen het bevel en was belast met de kustverkenningen en de hydrografische opname. In een jaar tijds werden 238 locaties gelood en watermonsters genomen. Met dreg of sleepnet werd een zeer grote vangst aan mariene fauna van allerlei oorsprong gedaan. Over deze fase van de expeditie werd door Anna Weber - von Bosse (1852 - 1942), echtgenote van de expeditieleider en meevarend algoloog (was zij de eerste vrouw, die zeeonderzoek uitvoerde?), in 1903 een boekje open gedaan, waarvan de snelle, op de publicatie volgende herdruk de grote publieke belangstelling voor dit onderzoek aantoonde.

Met de evaluaties van de tijdens de expeditie verzamelde gegevens zou het anders gesteld blijken te zijn. Tydeman gaf in 1901 een lezing over zijn interpretatie van de zeebodem morfologie en de bodemwatercirculatie tussen de Stille en de Indische Oceaan via de Banda Zee. Maar tot publicatie kwam hij pas in 1922. De opgedregde (gesteente)monsters werden onder meer door de Utrechtse hoogleraar Wichmann in een publicatie in 1916 beschreven. De grote soortenrijkdom van de verzamelde mariene fauna leidde ene Professor Fowler, bewerker van een groep plankton, tot de verzuchting: “Supposing as I believe, these to be about 50 000

¹² H.M. van Aken, "Dutch oceanographic research in Indonesia in colonial times", in: *Oceanography* 18, 4 (2005) 32.

¹³ R.E. Leakey en L.J. Slikkerveer, *Man – ape, ape – man. The quest for human's place in nature and Dubois' "missing link"* (Leiden 1993) 93.

specimens, that means 1300 days of eight hours each !!! to work out the collection".¹⁴ Geen wonder dus, dat van de 130 monografieën, geschreven door zo'n 65 onderzoekers uit twaalf landen, er velen pas laat het licht zagen: de laatste in 1982! En zonder enige analyse van gegevens betreffende de temperatuur of de chemische samenstelling van de bemonsterde wateren.¹⁵ Onnodig te zeggen, dat toen de publieke interesse wel volledig verdwenen was evenals de door de regering gewenste internationale erkenning van haar aanspraken.....

1c Resumé

In hun nationale context hadden bijna alle beschouwde oceanografische expedities de primeur van deels of volledig zonder direct maatschappelijk belang uitgevoerd zeeonderzoek, dat veel tijd en geld kostte en dat specialistische uitrusting en bemanning vereiste. Motieven van verschillende aard blijken ten grondslag te hebben gelegen aan die - met of zonder tussenkomst van de overheid - uitgevoerde onderzoekstochten.

De "Gazelle"-expeditie werd georganiseerd door een van de Duitse overheid uitgaand initiatief, op basis van politiek - militaire overwegingen. De Britse "Challenger"-expeditie kreeg pas volledige overheidssteun op aandringen van de publieke Royal Society, zodat wetenschappelijke doelstellingen konden worden gerealiseerd. Maar de Nederlandse "Willem Barents" expeditie bleef - ondanks verzoeken tot overheidssteun - een voornamelijk door particulieren gefinancierde expeditie van beperkte omvang. Om voldoende fondsen bijeen te zamelen moesten bovendien in de doelstellingen de belangen van wetenschap, handel en nationale trots worden gecombineerd.

Bij elk onderzoek speelde op zee steeds weer de afweging mee, die gemaakt moest worden tussen het maritiem - operationeel mogelijke (in de perceptie van de verantwoordelijke commandant) en het onderzoekstechnisch gewenste (in de visie van de wetenschappelijk leider); dit dilemma leidde soms tot een min of meer ernstig spanningsveld tussen de bemanningsleden onderling.

Zowel de uitvoering van het onderzoek op zee als de latere verwerking van de resultaten tonen de sporen van de uiteenlopende grondslagen. Het zeeonderzoek van de 'Gazelle'-expeditie werd geheel door de marineofficieren uitgevoerd naast hun dagelijkse werkzaamheden. Na afloop van de expeditie ontbraken plannen en geld voor een voortgezette evaluatie, zetten de 'onderzoekers' hun carrière elders voort en werden verzamelde monsters over musea verspreid, zodat veel ondersteunende informatie en ook sommige objecten verloren waren gegaan, toen men na jaren toch nog tot een evaluatie besloot..... Daarentegen was in het voorstadium van de "Challenger"-expeditie alreeds in de financiering en de rapportage van het na de expeditie volgend laboratoriumonderzoek voorzien, zodat de wetenschappelijke staf na haar afmonstering haar studies in Edinburgh en elders kon voortzetten en binnen twintig jaar afronden. Zij het, dat de totale kosten dermate waren opgelopen, dat de Britse 'Lord Chancellor' voor lange tijd van verdere deelname aan oceanografisch onderzoek zou afzien. Voor de Nederlandse "Willem Barents"-expeditie vormde de

¹⁴ A. Weber – van Bosse, *Een jaar aan boord H.M. "Siboga"* (Amsterdam, 2000) 60.

¹⁵ H.M. van Aken, "Dutch oceanographic research in Indonesia", 32 – 36.

combinatie van doelstellingen en de beperkte financiële mogelijkheden een grote hindernis, zeker wat het wetenschappelijk onderzoek betrof. In 1878 en 1879 ging veel tijd verloren aan de plaatsing van gedenkstenen. Weliswaar werd vooruitgang geboekt in het onderzoek naar zeestromingen langs een voorgenomen handelsroute naar Siberië, maar het onderzoek van flora en fauna leed onder de voortijdige wisseling van haar onderzoekers.

Maar of nu op publieke of op private middelen een beroep moest worden gedaan om het onderzoek te financieren, het bleef van belang de samenleving gedurig op de hoogte van de ontwikkelingen te houden. Om pas na twintig of meer jaren met een samenvatting van de behaalde resultaten te komen was zeker niet aanvaardbaar om die steun te behouden. Toch leden veel onderzoeken aan dit euvel. En hoewel dan bleek, dat er op velerlei gebieden verrassende waarnemingen waren gedaan, werden eventuele verbanden nauwelijks gelegd. Ook en in zoverre, dat de genoemde expedities naar gebleken is slechts een enkele keer een vervolg kregen en dan nog op een veel beperktere schaal, zou men niet van een overtuigend succes van de multidisciplinaire, "Humboldtiaanse" onderzoeksstrategie kunnen spreken.

In de eerste helft van de twintigste eeuw zouden oceanografische expedities een minder alomvattende, "Humboldtiaanse" opzet krijgen. Het vanwege het Carnegie Institution te Washington door haar magneetveldvrije bark "Carnegie" wereldwijd over de oceanen in acht opvolgende expedities tussen 1909 en 1929 uitgevoerd onderzoek naar declinatie, inclinatie en totale intensiteit van het aardmagneetveld, was in zijn soort nogal uitzonderlijk. Doel van die expedities was detaillering van het aardmagneetveld ten behoeve van de handelsvaart ter vermindering van navigatiefouten bij het gebruik van standaardkompassen. Maar de urgentie van het onderzoek taande met de groei in het gebruik van girokompassen. Op basis van de beschikbare informatie over de gevolgde routes is moeilijk na te gaan hoe planmatig het onderzoek was. De resultaten van het onderzoek en nader inzicht in de variaties van het magneetveld zouden misschien ten goede kunnen zijn gekomen aan de scheepvaart, maar gaven in het algemeen – evenmin als de eeuwen eerder door Plancius en Halley gedane pogingen - vooralsnog weinig verhelderende informatie over het aardmagnetisme.¹⁶

De doelstellingen van de meeste latere expedities richtten zich op het (zee)visserijonderzoek, dienden een maatschappelijk belang, werden door de overheid gesteund en kunnen als toegepast wetenschappelijk onderzoek worden aangemerkt. Ook zouden onder het mom van "belang voor de walvisvaart" expedities naar en rond Antarctica een hoge vlucht nemen, totdat eind jaren vijftig van de twintigste eeuw tot internationalisatie van dat continent werd besloten en het nut van de jacht op walvissen ter discussie kwam. Oceanografische expedities bleven nogal unieke onderzoekstochten, die veel vaartijd en nog meer laboratorium / studietijd kostten en waarvan de resultaten – nog afgezien van die hoge kosten - zelden snel tot nieuw onderzoek en voortschrijdend inzicht leidden. Aan die perceptie veranderden de gedurende de eerste helft van de twintigste eeuw uitgevoerde expedities weinig. Kuenen gaf in 1950 een opsomming van een twintigtal, belangrijke, gedurende het Interbellum uitgevoerde diepzee-expedities en concludeerde, dat "die expedities min of meer toevallig gelegenheid gaven tot bestudering van

¹⁶ F.A.Vening Meinesz, "Topography and gravity in the North Atlantic ocean", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 120.

oceanografische problemen” en dat pas zeer recentelijk men tot een zekere mate van specialisatie was gekomen.¹⁷

In dat licht lijkt de periode van 1923 tot 1939, waarin Vening Meinesz bijna ieder jaar volgens een vooropgezet plan voor puur wetenschappelijke motieven in een duikboot het zeegat kon uitvaren, een bijzondere breuk met wat tot dan toe gebruikelijk was bij oceanografisch onderzoek. Aan die "auctor intellectualis" en zijn werk buitengaats, zullen de volgende hoofdstukken worden gewijd.

¹⁷ Ph. H. Kuenen, *Marine geology* (New York 1950) 3.



Figuur 1

Prof. Dr. Ir. Felix Andries Vening Meinesz (1887 – 1966)

Hoofdstuk 2 De Familie (Vening) Meinesz

Natuuronderzoek kun je bijna overal doen. Newton was, naar verluidt, in de tuin, toen bij hem het appeltje viel. En ook al waren "mud – larkers", geologen, eerst op zee niet erg welkom, later viel dat erg mee. Zo begon Fik Vening Meinesz zijn geofysische research in een kruipruimte onder het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (K.N.M.I.), maar mocht zijn grensverleggend onderzoek al spoedig daarna tot op hoge leeftijd voortzetten in de voor zijn rijzige gestalte benauwende krochten van een duikboot, waar het "rollen" van de boot – zelfs diep onder water – soms zijn notities in de "olieachtigheid, die tussen stuurboord en bakboord heen en weer gutste" deed belanden en hemzelf vanuit zijn kooi vloerde.¹ Maar eenmaal boven water bewoog hij zich met het grootste gemak in de meest uiteenlopende burger- en / of marine-kringen tot op het hoogste (inter)nationale niveau. Wie was die man, die van alle markten thuis leek te zijn?

2a De grondleggers

Geslachtsnamen als Vening en Meinesz waren en zijn in Friesland verre van ongewoon. De voor deze studie relevante families woonden aan het einde van de achttiende eeuw in de omgeving van Heerenveen.² Daar werkte Jelle Meinesz (Oudehorne, 1771 - Balk, 1848) als Schoolmeester, vervolgens Rijksontvanger en sinds 1796 met Finne Jolles Vening (Oudehaske, 1773 - Balk, 1826) getrouwd. Finne Jolles was de zuster van Anne Jolles Vening (Oudehaske, 1778 - Leeuwarden, 1830), Hoofdinspecteur der Rijksbelastingen in Friesland en getrouwd met Antje Sleeswijk (1777 - 1824). Na hun beider overlijden trok hun dochter Sjoerdje Vening (Balk, 1806 - Harlingen, 1833) bij haar Oom en Tante Meinesz-Vening in Balk in. Zij trouwde in 1830 in Leeuwarden met hun zoon, haar neef Mr. Hendrikus Meinesz (Balk, 1801 - Amsterdam, 1864), met wie zij nog verdere voorouders gemeen had. Uit dit huwelijk werd te Harlingen op 20 februari 1833 Sjoerd Anne geboren, die zijn moeder helaas nimmer zou kennen, want zij overleed al twee dagen na zijn geboorte aan daarbij opgelopen complicaties. De weduwnaar Hendrikus Meinesz zou niet nog eens in het huwelijk treden.³ Zijn carrière als Rijksontvanger der Belastingen bracht hem van Harlingen via Rotterdam naar Amsterdam, waar hij zich met zijn zoon aan de Leidsestraat vestigde. Voor de buitenwereld lijkt dit een weinig geïnspireerde stijging in de ambtelijke hiërarchie langs havensteden van toenemende importantie. Maar schijn kan bedriegen. Want Hendrikus was niet blind voor ontwikkelingen in een land, waar de regering sinds 1840 de weg vrij had gemaakt voor particulier initiatief in de ontwikkeling van 'woeste markengronden'. Zodoende kon in 1847 te Hellendoorn door notaris Mr L.J.Veening, zoon van de rijksontvanger J.G.Veening (en zwager van Hendrikus), de koopakte verleden worden van het grondgebied van de Eelerberg, dat laatstgenoemde uit een openbare veiling van gemeenschapseigendom had gekocht met de bedoeling er de landbouw te ontwikkelen. Al spoedig na aankoop richtte hij er

¹ F.A.Vening Meinesz, "Een stormreis met Hr.Ms. "O 16" naar Washington in 1937", in: *Veertig jaar Onderzeedienst 1906 – 1946* (Amsterdam 1947) 57.

² A.J. Klein en J.Visser, "Genealogie (Vening) Meinesz", in: *Gens Nostra* 27 (1972) 132 – 3.

³ J.N. van Laar, "De Eelerberg". *Bosontwikkeling en bosbeheer van een landgoed op de Sallandse Heuvelrug* (z.p. 1993).

een eenvoudige boerderij op. Ook legde hij er in 1863/4 een verbindingskanaaltje aan - de nu nog bestaande Bokslot - waarlangs de via het Kanaal Almelo - Zwolle aangevoerde meststoffen, compost uit steden verzameld, tot aan de voet van de Eelerberg konden worden getransporteerd.

“Rond 1860 kwamen dagloners lopend uit Wierden om voor een dubbeltje per dag en een bord pap grond te spitten. De grond was uiteindelijk te arm om lonend te zijn voor de landbouw. Daarom ging men over op bosbouw”.⁴

2b De stamhouder

Hendrikus' zoon, Sjoerd, was inmiddels op instigatie van zijn vader in 1856 toegetreten tot de redactie van *Het Algemeen Handelsblad*, na een aan het Atheneum te Amsterdam gevolgde juridische studie met een promotie in Leiden te hebben afgesloten. Van 1860 tot 1866 was hij als hoofdredacteur van dezelfde krant in een sleutelpositie om het liberale gedachtegoed ten koste van de conservatieve facties effectief uit te dragen. Maar hij voelde zich op de redactie niet echt op zijn plaats. Vanaf 1864 - na het overlijden van zijn vader - werd Sjoerd de nieuwe eigenaar van de Eelerberg. Hij zette niet alleen het bosbouwbedrijf op poten, maar creëerde een landschapspark met een aantal lanen als zichtassen voor de nieuw gebouwde villa "De Eelerberg" (1865), die aan de oude boerderij was vast gebouwd. Voorts kwam er een vijver, een hertenkamp en een belvédère. In 1882 zou hij uit een publieke veiling nog de landerijen van het aanpalende, langs de rivier de Regge gelegen Schuilenburg erbij verwerven; landerijen, die vanwege deze tot 1894 nog ongereguleerde waterloop vaak onder water zouden staan.⁵

Als grondbezitter in een door censuskiesrecht en districtenstelsel gereguleerd land stond voor Sjoerd, die meer de publieke zaak dan de krant toegedaan was, nu ook de weg naar de actieve politiek open. Als proponent van meer en betaalbaar onderwijs als hefboom naar ontwikkeling en standsverheffing werd hij vanwege de liberale kiesvereniging "Burgerpligt" in 1865 met steun van alwie in Amsterdam zich jong en vooruitstrevend beschouwde in de gemeenteraad gekozen.⁶ Sjoerd werd vervolgens in 1869 wethouder van Financiën, toen zijn eveneens gekozen politieke vriend Mr C.J.A.den Tex (1824 - 1882) in 1868 tot burgemeester van Amsterdam werd benoemd. Door zijn huwelijk met diens oudste dochter, Cornelia Anna Clasina (1852 - 1928), kwam er aan dat wethouderschap in 1872 een einde: familiebanden binnen het college van B & W waren ongewenst. Maar wel bleef Sjoerd nog tot 1874 lid van de Provinciale Staten en tot 1875 gemeenteraadslid.

Het geslacht Den Tex behoorde niet tot de vanouds gezeten burgers van Amsterdam, maar leden van het geslacht waren wel sinds de Napoleontische tijd in het Amsterdamse gevestigde volksvertegenwoordigers. Mr C.J.A.den Tex was getrouwd met Anna Mathilda Vrieze (1823 - 1891). Voor zijn schoonfamilie nam Den Tex met behulp van een rentmeester ter plaatse het beheer over hun grootgrondbezit "Kandanghauer" op Java op zich. Hijzelf investeerde - al dan niet in combinatie met anderen - in kolenmijnen en staalfabrieken in het zich juist ontwikkelende Ruhr-

⁴ A. Ponsteen, *Het kerkdorp Hellendoorn in vroeger eeuwen* (z.p. 1970).

⁵ J.N. van Laar, "De Eelerberg" passim.

⁶ U. den Tex, *Erfgenamen. Het verhaal van een Nederlandse familie van aanzien en vermogen* (Amsterdam 2009) passim.

gebied, waar hij ook kasteel "Steinhausen" bij Witten bezat. Al met al ging het hem voor de wind, want zijn beginvermogen van fl.68 000,- in 1854 was bij zijn dood in 1882 aangegroeid tot een fortuin van meer dan vier miljoen gulden. Onder zijn bestuur begonnen de grote uitbreidingen van Amsterdam. Den Tex, die bij K.B. dd 12 mei 1874 in de Nederlandse Adel zou worden verheven, overleed in 1882 en werd opgevolgd door Mr. G.van Tienhoven (1841 - 1914).

Lidmaatschappen van de Tweede Kamer (1875 - 1881) en Eerste Kamer (1884 - 1909) zorgden er voor, dat de stem van Sjoerd (Vening) Meinesz in de landelijke politiek gehoord bleef worden; voornamelijk op het terrein van Financiën, Justitie en Binnenlandse Zaken, waar de verheffing van het Amsterdamse Atheneum tot Universiteit zijn volle aandacht kreeg.

Tot veler verrassing werd hij in 1881 tot burgemeester van Rotterdam benoemd. Zijn benoeming was des te meer onverwacht, omdat Sjoerd niet gemakkelijk in de omgang was. "Van handjes geven aan ieder, wien het aangenaam zou wezen, is hij niet gediend..... Hij is ook niet erg toeschietelijk en getekend door het fysiek ongemak van jicht."⁷ Evenmin was Rotterdam, dat sinds de aanleg van de Nieuwe Waterweg een zeer sterke groei van bevolking en economie kende, een gemakkelijk te besturen stad. Hier vormde een rijke, cultureel ontwikkelde elite maar het topje van de bevolkingspiramide, die grotendeels was opgebouwd uit straatarme dagloners, die als er al wat overdag verdiend was, dat 's avonds in het café verbrasten. Het was daarom ook een onrustige stad, waar het politiewezen nauwelijks op zijn taak berekend was. De economische groei was sinds de deconfiture van het emporium van Pincoffs (1827 - 1911) in 1879 wel gedeukt, maar de door hem gecreëerde Rotterdamsche Handels Vereeniging deed er alles aan de schade te beperken. Bovendien groeide na 1882 het inzicht, dat met de doorvoerhandel naar het Ruhrgebied meer te verdienen viel dan met de im- en export naar de koloniën. Hoewel ook toen al ertsoverslag voor Krupp niet onaanzienlijk was kreeg de transitofunctie een extra impuls, toen Rotterdam door het Ministerie van Koloniën de overslag van voor Indië bestemde Westfaalse kolen kreeg toegewezen. Dankzij zo'n lonkend perspectief kon de gemeente dan ook aan "Havenwerken" een hoge prioriteit schenken. Al in 1882 kon burgemeester Meinesz zijn kwaliteiten als vooruitziend bestuurder tonen door - ondanks zwak optreden van de verantwoordelijk wethouder - de steun van de gemeenteraad te krijgen om uit handen van de failliete Handels Vereeniging het Feyenoord havencomplex en omliggende terreinen te verwerven.⁸ In 1885 was ook de Nieuwe Waterweg weer geheel toegankelijk geworden en in 1886 wist Meinesz de annexatie van de gemeente Delfshaven door te zetten, zodat voorlopig niets meer toekomstige havenuitbreidingen in de weg zou staan. Het voor die gelegenheid gecreëerde beeldhouwwerkje, voorstellende de elkaar de hand schuddende figuren van Erasmus en Piet Hein, werd toen aan Meinesz als herinnering aan die annexatie geschonken.

Onder Meinesz' bewind kreeg de culturele elite een nieuwe Stadsschouwburg, maar voorstellen om gelijktijdig dan ook maar die andere 'culturele instelling' - de Rotterdamse Kermis - op te heffen, wist hij te voorkomen: " De fatsoenlijke klassen

⁷ M.W.F.Treub, "Bij het portret van Mr. S.A.Vening Meinesz", in: *Eigen Haard* (Amsterdam 1897) 356.

⁸ B.Oosterwijk, *Vlucht na victorie. Lodewijk Pincoffs (1827 – 1911)* (Rotterdam 1979) 230 e.v.

hebben daaraan van tijd tot tijd dezelfde behoefte...”⁹ En uit eigen ervaring wist hij, dat dreigende opheffing van de Amsterdamse Kermis in 1876 tot een hevig oproer had geleid. De regelmatige overstromingen van de Maas, die de al penibele hygiënische toestanden in Rotterdam nog verergerden en die aan het ontstaan van vele epidemieën bijdroegen, leverden veel grotere problemen op.

Meinesz woonde in Rotterdam aan de Boompjes, vanwaar men toen nog een vrij uitzicht over het zuidelijke Maasoevergebied had. Cornelia, zijn zelfbewuste en vooruitziende echtgenote, die door haar zusjes Corrie werd genoemd en voor haar neven en nichten “een formidabele tante” was¹⁰, verzette tot op hoge leeftijd veel werk op sociaal en filantropisch gebied. Zij werd mede-oprichtster van de Industrieschool voor Meisjes en stimuleerde de Rotterdamse vakantiekolonies. Voor haar man was zij op bewonderenswaardige wijze tot steun bij de invulling van het burgemeestersambt. Zij was een sterke vrouw, die een stevige greep op haar gezin hield. Behalve de in Amsterdam geboren Sjoerd Hendrik (Sjoerd Jr.) (1873 - 1941) en Cornelia Jacoba (Coba) (1879 - 1965), bracht zij nog vijf kinderen ter wereld, waarvan alleen Cornelis Anne (1884 - 1928) en Felix Andries (Fik)(1887 - 1966) volwassen werden. De andere drie kinderen stierven op jonge leeftijd in Rotterdam aan kroep, een bij difterie optredende complicatie met de ademhaling.¹¹ Misschien waren de opgenoemde infectieuze toestanden dan ook wel de reden, waarom Scheveningen - benijd om haar zuivere lucht, haar Kurhaus en de vele praktiserende artsen - boven Rotterdam werd geprefereerd om Felix Andries (Fik) ter wereld te brengen. De voornamen Felix Andries werden waarschijnlijk gegeven ter herinnering aan Felix Andries den Tex, het in 1866 slechts vier maanden oud overleden jongste broertje van Fik's moeder.

Toen in 1891 Van Tienhoven werd geroepen de leiding op zich te nemen van het naar hem genoemde radicaal liberale kabinet, volgde Sjoerd Meinesz hem op als Burgemeester van Amsterdam. Binnen de familie was die benoeming nauwelijks verwacht, maar men was er niet minder gelukkig mee.¹² Ter onderscheiding van de vele andere Meinesz-families werd door dit gearriveerde lid van de Amsterdamse elite moeder's familienaam Vening aan die van Meinesz gekoppeld, met als bijbehorend devies “Nunquam Deorsum” (“Nooit Omlaag”), dat in het licht van de verdere geschiedenis van een weinig vooruitziende blik lijkt te getuigen. De familie kon haar intrek nemen in het als gevolg van het overlijden van Anna Mathilda den Tex - Vrieze (1823 - 1891) ter beschikking gekomen (schoon)ouderlijk huis aan de Heerengracht 456. Deze woning lag in de "Gouden Bocht" en werd wel het "Burgemeestershuis" genoemd, omdat sinds de bouw in 1671 het pand onderdak had geboden aan een reeks burgemeesters te beginnen met de bouwheer Joan Canters (1628 - 1716). De achtertuin van het pand strekte zich uit tot aan de Keizersgracht, alwaar het via het koetshuis een uitgang had: de gezeten burgerij was toen aan haar stand verplicht er koetsen op na te houden. Rond de “Gouden Bocht” was de verkeersdruk der paardentractie dan ook dermate, dat er een circulatie plan bestond, waarvan Fik Vening Meinesz zich later nog met smaak de details kon

⁹ P. van de Laar, *Stad van formaat. Geschiedenis van Rotterdam in de negentiende en twintigste eeuw* (Zwolle 2000) 211.

¹⁰ Den Tex, *Erfgenamen*, 217.

¹¹ J.J.Tavenraat, "In memoriam Burgemeester Meinesz", in: *Rotterdamsch Jaarboekje* 9 (Rotterdam 1911) 3-4.

¹² Den Tex, *Erfgenamen*, 236.

herinneren.(pers. comm. Bruins) De afhandeling van de nog onverdeelde boedel Den Tex - Vriese zou - mede vanwege de minder succesvolle financiële escapades van enkele erfgenamen - nog vele jaren duren. Het Duitse bezit werd geleidelijk aan geliquideerd en tenslotte werd het Indisch bezit in 1898 in een Naamloze Vennootschap "Kandanghauer" ingebracht, waarvan de zwagers Mr C.J.den Tex, Sjoerd Vening Meinesz en A. Metelerkamp de Raad van Bestuur zouden vormen. In die tijd hadden getrouwde vrouwen nog weinig in de familiale financiën in te brengen....¹³

Aan het eind van de negentiende eeuw was Amsterdam in de greep van de vooruitgang, die gedurende Vening Meinesz' ambtstermijn tot uitdrukking kwam in de ontwikkeling van tal van activiteiten. In de eerste plaats natuurlijk die, welke met de stedelijke bouw en havenuitbreidingen te maken hadden. Zo was het Vening Meinesz die uiteindelijk zijn goedkeuring gaf aan de bouw van de "Beurs van Berlage". Maar ook werd al sinds jaren gewerkt aan de herstructurering van het stedelijk grachtenplan. Om de circulatie van de ook als open riool benutte grachten te bevorderen, moesten tal van kleine watergangen gedempt worden. Zo werd bijvoorbeeld de schilderachtige Warmoesgracht in 1895 gedempt om ruimte te maken voor de Raadhuisstraat. Maar in toenemende mate kwamen 'pressie'- groepen hiertegen in verzet. Met name geïnitieerd door het Koninklijk Oudheidkundig Genootschap toonde dat verzet, dat de gemeenteraad niet meer dezelfde was als het "Heerenbolwerk" uit 1870, toen men de belangen van het overgrote deel van de bevolking nog kon verwaarlozen.¹⁴ Van die bevolking woonden - ondanks schoorvoetend ingezette saneringen - nog een groot deel dicht opeen in grubbussen als 't Hol, de Duvelshoek of het Gebed Zonder Eind, wirwarren van straatjes, "huis aan huis volgepakt van kelder tot zolder".¹⁵ Die buurten hadden hun eigen methoden van conflictbeheersing en de net opgerichte politie had er weinig in te brengen, zoals het Palingoproer nog in 1886 demonstreerde.¹⁶

Onder burgemeester Van Tienhoven was er meer oog voor verbetering van het cultureel klimaat van de stad, wat in de opening van het Concertgebouw in 1888 haar bekroning vond.¹⁷ Maar het was aan burgemeester Vening Meinesz om de annexatie van dat, tot de gemeente Nieuwer Amstel behorende gebied met 29 000 inwoners in 1896 te realiseren!¹⁸ Voorts werd Vening Meinesz geconfronteerd met de groeiende noodzaak tot schaalvergroting van de op basis van concessies en particulier initiatief gegroeide nutsbedrijfjes. Intrekking van concessies en terugkeer naar gemonopoliseerde bedrijfsvoering door de overheid werd in de gemeenteraad vooral verdedigd door de radicaal liberaal M.W.F.Treub (1858 - 1931), wethouder van Openbare Werken en Financiën tussen 1893 en 1896. Op basis van diens, door burgemeester Vening Meinesz zijns ondanks gesteunde inspanningen besloot de gemeenteraad tot overname van het waterbedrijf (1895), het telefoonbedrijf (1896), het gasbedrijf (1897) en het trambedrijf (1900).

¹³ Den Tex, *Erfgenamen*, 218.

¹⁴ K. Bruin, *Een Herenwereld ontleed* (Amsterdam 1980) 32.

¹⁵ L.C. Schade van Westrum, *Amsterdam per vigilante* (Utrecht 1963) 139.

¹⁶ M. Bakker e. a. (red.). *Amsterdam in de tweede Gouden Eeuw* (Bussum 2000) 305.

¹⁷ Ibidem, 358.

¹⁸ Schade van Westrum, *Amsterdam* 56.

Vening Meinesz was niet erg gesteld op ceremonieel en ook niet gemakkelijk in de omgang : “ de uiterlijk starre aristocraat, beslissend kortaf in zijn optreden, scherp en sarcastisch,...ijzig en gesloten”, die zich in de Gemeenteraad introduceerde met de woorden: “Ik ben regent, geen burgervader” zou in de volksmond dan ook snel de bijnaam “Vinnige Manus” krijgen.¹⁹ Geen karaktereigenschappen, zou men denken, die bijdragen aan het doen slagen van publiek ceremonieel samenhangend met de vele vorstelijke bezoeken aan de hoofdstad. Maar toch maakte Vening Meinesz, die al vanaf 1896 het “Hoofdc Comité van Ingezetenen ter Voorbereiding van de Inhuldigungsfeesten” voorzat, daarvan in 1898 een groot succes. Het dagblad *Het Centrum* schreef daarover nog 25 jaar later: “Op Heeren- en Keizersgracht zaten de tribunes stampvol. Een keur van dames in prachtige toiletten. In de grachten een onafgebroken rij schuiten”. Door fotograaf Olie werd van het rijkversierde burgemeestershuis een foto gemaakt.²⁰ Evenals bij andere festiviteiten werden bij die feesten buitenlandse gasten, die hotels geen onderdak hadden kunnen verschaffen, ondergebracht bij de bewoners van de “Gouden Bocht”. Op die manier kwam het gezin Vening Meinesz dus al spoedig in aanraking met de ‘haute monde’. Waar Sjoerd in de familieoverlevering figureert als een “ontzagwekkend bestuurder”, leeft zijn vrouw Corrie voort door “de statigheid van haar revérences bij een koninklijk bezoek”.²¹ En toen Koningin Wilhelmina bij gelegenheid van haar inhuldiging principieel geen enkel geschenk meende te moeten aanvaarden, kon Vening Meinesz als voorzitter van het landelijk Comité “Cadeau Emma” ruim drie ton aan de scheidende Koningin-Regentes Emma overhandigen ter financiering van het Oranje Nassau Oord voor tuberculoselijders: bij de organisatie van die inzameling waren niet minder dan twaalf duizend personen betrokken!

Toch kwam het in 1901 tot een definitieve breuk met de Amsterdamse gemeenteraad, toen die voor een motie stemde, waarin disciplinerende, aanstelling en ontslag bij de gemeentelijke brandweer niet uitsluitend als een taak voor de burgemeester in zijn functie van vertegenwoordiger der regering werd beschouwd. De regent Vening Meinesz had zich vierkant tegen die motie gekeerd: al op zijn promotie had hij gesteld, dat “het wezen der wet vordert algemeene handhaving van de zijde des staats en onvoorwaardelijke gehoorzaamheid van de zijde der ingezetenen”. Maar “de hoofdstad wilde zich door haar burgemeester wel doen besturen, maar niet doen regeren”.²² En in dit geval bleek ook Goeman Borgesius, de Minister van Binnenlandse Zaken, het niet met de burgemeester eens. Laatstgenoemde voelde zich derhalve gedwongen zijn ambt op te geven: vaste beginselen van het gezag bleken gefundeerd op het zand van de politieke opportuniteit.²³

Het zou verkeerd zijn uit bovengenoemde affaire te concluderen, dat Vening Meinesz ook als ‘pater familias’ wel met strakke hand aan zijn gezin leiding zou geven. Het vroegtijdig overlijden van drie van zijn kinderen leek geen al te zware sluier te hebben gelegd over het gezinsleven, dat naderhand een “toonbeeld van echtelijk geluk” werd genoemd.²⁴ De eerder genoemde Tavenraat, in 1889 een

¹⁹ M. Sluysers e. a. (red.), *Twaalf Burgemeesters; 500 jaar Amsterdam* (Amsterdam 1939) 234-237.

²⁰ M. den Leeuw en M. Pruys (red.), *De Gouden Bocht van Amsterdam* (Den Haag 2006) 184.

²¹ Den Tex, *Erfgenamen*, 217.

²² Sluysers e. a. (red.), *Twaalf Burgemeesters*, 237.

²³ Den Tex, *Erfgenamen*, 280.

²⁴ Sluysers e. a. (red.), *Twaalf Burgemeesters*, 242.

toevallige bezoeker op het landgoed "De Eelerberg", vertelde later, hoe bij een zondagochtendwandeling langs de Regge hij een in de dagelijkse omgang soms sarcastische burgemeester nu in een zomerkostuum aantrof, languit in het gras liggend en als een familievader geheel ontspannen met zijn over hem heen buitelende twee jongste zoontjes en zijn honden speelde. Want ook in hun Amsterdamse tijd bracht de familie de zomermaanden - als de stank van de Amsterdamse grachten niet te harden was - op dat landgoed door. Met hun hele hebben en houden per trein in Nijverdal gearriveerd "kwam het echtpaar Vening Meinesz - den Tex met hun kinderen in een 'karavaan' van rijtuigen met kisten huisraadnaar de Eelerberg om er de gehele zomer te verblijven. Daar werden ze door de kinderen van de pachters feestelijk ingehaald met vlaggetjes..."²⁵

2c De laatste erfgenaam

In zo'n gezin - nog aangevuld met (inwonend) huispersoneel - groeide Fik Vening Meinesz als jongste loot op. In zijn vroege jeugd was hij astmatisch - niet vreemd aan 'den Tex'-en - en had hij een zwakke gezondheid. Niet alleen moest hij daardoor een jaar "spijbelen", maar ook later - omstreeks 1916 - kreeg hij anderhalf jaar "verlof buiten bezwaar" om gezondheidsredenen. Bovendien hield hij zijn hele leven lang een te hoge lichaamstemperatuur en een te hoge hartslag. Waarschijnlijk gaf ook de constitutie van Fik's drie jaar jongere broer Cornelis Anne, van wie niet veel meer bekend is dan dat hij zijn gehele leven in het ouderlijk huis zou hebben gewoond en daar op de betrekkelijk jonge leeftijd van 44 jaar overleed, zijn ouders zorgen. Als "nakomertje" in een gezin met een door ziekten al gehalveerd kindertal zag zijn moeder - zelf door haar vele sociale verplichtingen in de vervulling van haar "zorgplicht" gehinderd - er op toe, dat zus Coba zich al vroeg geheel voor hem inzette, wat bij Fik weer een hoog verwachtingspatroon van de kant van de andere sekse creëerde, waaraan maar weinigen zouden blijken te kunnen voldoen. (pers. comm. Van Marle – Rietbergen) Door zijn opvoeding in het regentengezin zou Fik in optreden naar buiten een meester blijken over zijn aandriften en duidelijk zijn stempel weten te drukken op de vele bijeenkomsten, waaraan hij later zou deelnemen.

Ondanks de wispelturigheden van zijn gestel slaagde Fik erin - na onderwijs thuis, gevolgd door drie jaren openbaar lagere school onderwijs op de schoolvereniging Van der Tocht daartoe "klaargemaakt" - op reguliere leeftijd tot de Tweede HBS met vijfjarige cursus te worden toegelaten. Deze HBS was aan de Roelof Hartstraat gelegen nabij het Concertgebouw, in het in 1896 door de gemeente Amsterdam geannexeerde deel van de gemeente Nieuwer Amstel. Een locatie, vanaf de Heerengracht moeilijker bereikbaar dan die van de aan de Keizersgracht gelegen Eerste HBS, maar mogelijk een bewuste ouderlijke keuze. Want de directeur van de in 1898 gestichte "2^e Vijf" was de van de "1^e Vijf" meegekomen, begaafde leraar wis- en natuurkunde Dr. Ir L.J.A. Bouten (1854 - 1913), een publicist over natuurkundige onderwerpen. De latere theoloog J. Lindeboom (1882 – 1958) was hem zijn leven lang erkentelijk voor diens onderwijs: "terzake van de academische culturele vorming ging het om cultuurverwerving door de juiste intellectuele applicatie". Lindeboom vond, dat hij meer aan de HBS dan aan de Universiteit had te danken: hij voelde zich vanwege

²⁵ J.N. van Laar, *"De Eelerberg". Bosontwikkeling en bosbeheer van een landgoed op de Sallandse Heuvelrug* (z.p. 1993).

de “oneindigheidnoties van de natuurkundeleraar eerder dan van familie zijde tot de theologie aangetrokken”.²⁶ Ook de latere Nobelprijswinnaar Frits Zernike (1888 - 1966) was als leerling toen bij die school ingeschreven. Niet alleen op het onderwijs in de exacte vakken, maar ook op haar streven naar een praktische beheersing van de moderne talen legde de HBS de nadruk. Van die moderne talen was het Frans (en mogelijk ook het Engels) trouwens in Vening Meinesz’ kringen - vanwege de vele door buitenlanders bijgewoonde bijeenkomsten - als ‘lingua franca’ nauwelijks een ‘vreemde taal’ te noemen. “Goed, precies uitgesproken Nederlands en Frans werd daar al vroeg aangeleerd”.²⁷

In 1904 legde Fik met succes het eindexamen af om daarna zich als student civiele techniek aan de Polytechnische School in Delft in te schrijven. Mogelijk lag aan die keuze niet alleen een eigen, aangeboren affiniteit tot de techniek ten grondslag, maar ook de impressies gewekt door de in Amsterdam toentertijd heersende bouwdrift. “Wij waren zeer jonge kinderen, terwijl dat gaande was, met oogen zoo gevoelig als water. Er ging geen enkel oogeblik voorbij, dat niet iets van die nieuwe krachten zich in ons plantte...Al onze zinnen, ons hart, ons hoofd, onze handen, ons geslacht werden er door geraakt”, schreef Herman Gorter (1864 - 1927) in 1898.²⁸ Mede omdat zijn ouders ook al spoedig van Amsterdam naar het landgoed “De Heiligenberg” bij Amersfoort verhuisden, kwam door zijn studie en verhuizing naar Delft een eind aan Fik’s Amsterdamse tijd.

Die tijd was voor Fik’s karaktervorming en ontwikkeling erg belangrijk. Bij de bewoners van de “Gouden Bocht” was standsbesef nog vanzelfsprekend, zodat buitenstaanders “die Amsterdammers soms wel erg stijf, haast op het burgerlijke af” konden vinden. Daar was het tonen van emoties, hartstochten (tenzij ‘t jagen betrof) of een uitgesproken stellingname iets, wat men niet behoorde te doen, want dat zou een ander maar in verlegenheid brengen.²⁹ Fik groeide er op in een omgeving, waar men zich realiseerde, dat de tijd van zorgeloos rentenieren ten einde was gekomen. “Studeerde in 1890 nog meer dan zestig procent van de studenten rechten of theologie, rond de eeuwwisseling koos het merendeel van de studenten voor een studie in de wis- en natuurkunde, technische- of handelswetenschappen.³⁰ Zelfs met “kruiwagens” was het dan ook niet zo gemakkelijk meer aan een baantje te komen als jurist. Fik’s broer Sjoerd Jr. moest na de afsluiting van zijn juridische studie in 1900 wel drie jaar op een baantje wachten “...en dat in de liberale bloeitijd voor een zoon en kleinzoon van de Burgemeester van Amsterdam”.³¹ Terwijl toch – volgens een in *Het Vaderland* bij zijn overlijden in 1941 verschenen “In memoriam” - aan “lange Sjoerd”, die zich op talentvolle wijze in goede kameraadschap als doelverdediger van de voetbalclub R.A.P. had ontplooid, sociale vaardigheden niet ontzegd konden worden. In de “Gouden Bocht” ontbrak het niet aan opgroeiende jeugd, die - zij het onder strikte voorwaarden - toch veel contact met elkaar kon hebben. Op Heerengracht 458 woonde Henriëtte van Loon (1823 - 1902), “Dame du

²⁶ <http://www.historici.nl/Onderzoek/Projecten/BWN/lemmata/bwn2/lindeboom>, geraadpleegd 2 november 2012.

²⁷ U. den Tex, *Anna baronesse Bentinck (1902 – 1989). Een vrouw van stand* (Amsterdam 2003) 105.

²⁸ Herman Gorter, *Verzamelde Werken III* (Bussum/Amsterdam 1949), 49-51.

²⁹ Den Tex, *Anna baronesse Bentinck*, 177-179.

³⁰ Jan Bank en Maarten van Buuren, *1900. Hoogtij van burgerlijke cultuur* (Den Haag 2000) 267.

³¹ Den Tex, *Anna baronesse Bentinck*, 67.

Palais” van Koningin-Regentes Emma. Zij had beroepshalve natuurlijk veel contact met haar buurman, de burgemeester. Maar ook organiseerde zij regelmatig voor kennissen, vrouwen en kinderen, partijen, waarop de ‘jeugd’ met elkaar kennis kon maken.³² Aan de overkant, op Heerengracht 475, woonde het bankiersgezin Van Hall met negen kinderen, toen eveneens in de huwbare leeftijd. Maar “de vrijage tussen Johanna Justina (Hanna) van Hall (1875 - 1954) en Sjoerd Jr liep niet zo vrijmoedig [als tegenwoordig gebruikelijk]; het geschiedde zelfs via een derde persoon, de zuster van de jonge Sjoerd. Coba Vening Meinesz en Hanna converseerden urenlang, [aan tegenover gelegen ramen gezeten], door middel van gebarentaal met vingers. Zo werden de boodschappen van de verliefden overgebracht: ze leefden in het Victoriaans tijdperk”.³³ Zelf trouwde Coba in 1903 met Mr. Jan Constant van Marle (1864 - 1918), zoon van generaal Van Marle, die in de Vondelstraat woonde.³⁴

Ook aan de Heerengracht, op nummer 479, woonde Mr.W.F. van Leeuwen (1860 - 1930), wiens vader fortuin had gemaakt in Indië. In 1901 werd hij de opvolger van burgemeester Vening Meinesz. Met zijn zoon Wilhelmus Hendrik (1887 - 1960) werd Fik hecht bevriend. Ze bezochten allebei de “2^e Vijf” en studeerden in Delft. Daar betrok Fik een kamer aan de Oude Delft, niet ver van Sociëteit “Phoenix”, ontmoetingsplaats van leden van het Delftsch Studenten Corps. Dat Fik in het verenigingsleven van het Corps niet op de achtergrond bleef, moge blijken uit het feit, dat hij in 1923 als penningmeester fungeerde van de Reünie Commissie voor het XV^e Lustrum, waarvan W.H.van Leeuwen de voorzitter was. Hechte contacten bleven ook lang daarna, toen Van Leeuwen directeur van de Gist- en Spiritusfabriek in Delft was en onder meer commissaris bij de Bataafsche Petroleum Maatschappij en Fik hem via via nog al eens een bloemetje liet bezorgen als hij in Delft was. (pers. comm. Bruins)

De studie civiele techniek, waarvoor Fik volgens eigen zeggen al vroeg had gekozen, was in die dagen een populaire technische studie. En zijn vader zal het met die keuze wel eens geweest zijn, want hij had zich in Rotterdam al eens positief over de verbeeldingskracht van ingenieurs uitgelaten.³⁵ “Waar tot 1900 beoefening van de techniek - het toepassen van wetenschap - als een kunst of een vaardigheid werd beschouwd en geen onderwerp van studie, een gebied met eigen problemen - werd na 1900 men zich gaandeweg gewaar, dat ook hier een gebied van geestelijke werkzaamheid lag en dat ingenieursbetrekkingen wel degelijk tot het bekleden van hogere maatschappelijke functies konden leiden, waartoe voorbereiding daarop prudent was”.³⁶ Wetenschappelijk onderzoek behoorde niet tot de primaire taken van de Delftse instelling. Een ingenieur moest problemen van misleidende details weten te ontdoen en tot hun essentie kunnen reduceren; hij was geen wetenschapper, de kunst van het onderzoek machtig, maar moest iets kunnen uitrekenen en gevoel voor getallen hebben. Studenten civiele techniek werden al direct in hun eerste jaar aan

³² B. Meijer, "Leven aan de Bocht in de negentiende eeuw", in: M. den Leeuw en M.Pruys (red.), *De Gouden Bocht van Amsterdam* (Den Haag 2006) 236.

³³ M.C.van Hall, *Drie eeuwen. De kroniek van een Nederlandse familie* (Amsterdam 1961) 67.

³⁴ Schade, *Vigilante*, 35.

³⁵ Tavenraat, "In memoriam", 5.

³⁶ H. Baudet, *De lange weg naar de Technische Universiteit Delft. De Delftsche Ingenieursschool en haar voorgeschiedenis* (2 dln Den Haag 1992) 21.

het werk gezet, al dan niet met kadastrale technici, als landmeetkundig assistenten onder toezicht van de civiel ingenieur H.J.Heuvelink (1861 - 1949), sinds 1897 hoogleraar geodesie. Gemiddeld begonnen jaarlijks zo'n vijftig HBS-abituriënten aan die studie, maar uiteindelijk zou maar zestig procent de ingenieurstitel verwerven. Deels kwam dat, door een deficiënte HBS-vooropleiding, die naast voorbereiding op een technische studie ook voorbereiding op een commerciële loopbaan pretendeerde te zijn. Daardoor was soms de aansluiting op de hogeschoolstudie zo slecht, dat een levendig repetitor systeem tot ontwikkeling kwam. Maar ondanks zijn nog zwakke gezondheid had Fik kennelijk weinig moeite met de voor de meeste studenten veeleisende wiskundepropedeuse, want hij was een der eersten van zijn jaar, die al in 1910 het ingenieursexamen, "een gebundelde krachtproef niet beperkt door vrijstellende tentamens", met succes afsloten.³⁷

En hoewel student Vening Meinesz natuurlijk veel in Delft moest verkeren, zal hij toch geregeld op "De Heiligenberg" bij Amersfoort of "De Eelerberg" zijn geweest. Moeten zijn geweest, want iemand moest toch zorg dragen voor het onderhoud van de familiebezittingen, toen de gezondheid van zijn vader, die nooit erg goed was geweest, geleidelijk verslechterde tot hij in 1909 aan een longontsteking overleed. "Pachtboeren en arbeiders, soms vijftig of zestig man uit de omgeving, werkten 's winters.... in het bosonderhoud. Tijdens de Eerste Wereldoorlog werd veel mijnhout verkocht". En hoewel er wel een rentmeester was aangesteld, deed Vening Meinesz tot na 1945 zelf nog metingen van de stamdikten van bepaalde bomen om de jaarlijkse totale houtaanwas te kunnen inschatten. (pers. comm. Van Marle - van Riemsbergen)

Ook activiteiten van een geheel andere aard hielden Fik op "De Heiligenberg" bezig. Al in 1910 rapporteerde hij aan Jan Kalf (1873 - 1954), de toekomstig directeur voor de Monumentenzorg en oud-klasgenoot van Fik's broer Sjoerd Jr., over de opgravingen, die hij en zijn broer Cornelis Anne deden langs de Lunterse of Heiligenberger Beek en op de Berg zelf, waar aan het eind van de tiende eeuw de uit Utrecht afkomstige bisschop Ansfried (995 - 1010) zich in het klooster Hohorst schijnt te hebben gevestigd. Over deze materie zou Vening Meinesz nog in 1965 verder publiceren.³⁸

Terzake van de door Fik's vader mede bestuurde bezittingen in Indië - de NV "Kandanghauer" - zou nog het volgende kunnen worden vermeld. Toen in 1910 - na het overlijden van Mr.C.J.den Tex in 1907 en van Mr.Sj.H.Vening Meinesz in 1909 - Metelerkamp er als bestuursraad alleen voorstond, werd besloten om dit nog volledig onder particulier bestuur beheerde, onverdeelde bezit aan de Nederlandse Staat te verkopen. Bij dit besluit zou mogelijk mede een rol kunnen hebben gespeeld, dat na het overlijden op die plantages van de "Indisch" ingenieur Gerrit den Tex (1858 - 1889) het geheel in een zwaar verwaarloosde toestand was geraakt. Verbeteringen aan de irrigatie zouden het rendement sterk hebben kunnen doen toenemen. Mogelijk had men verwacht dat Fik na zijn afstuderen die verbeteringen zou kunnen en willen realiseren. Maar toen die verwachting niet bewaarheid werd, zou tot verkoop kunnen zijn besloten. In ieder geval was de van de Staat verkregen prijs een heel mooie drie miljoen gulden!³⁹

³⁷ Baudet, *De lange weg*, 268.

³⁸ F.A. Vening Meinesz, "De Heiligenberg", in: *Flechte* 1, 3 (Amersfoort 1965) 38 – 48.

³⁹ Den Tex, *Erfgenenamen*, 221.

Of Fik of zijn broer van een deel van de opbrengst een auto zouden hebben aangeschaft, is onbekend. Maar in september 1913 meldde *De Eembode* "dat de Heer Vening Meinesz uit Amersfoort, die zijn automobiel op de Naarderweg wilde keren....noch zijn bijrijder.... de naderende "Gooische Moordenaar" zagen, zodat een botsing onvermijdelijk was, waarbij de auto geheel vernield werd en de tram, die dwars op de rails kwam te staan, aanzienlijke schade opliep". In ieder geval heeft niemand van de informanten Fik nog als bestuurder van een auto gekend. Hij prefereerde gereden te worden of ging te fiets. Maar hij lette wel scherp op het verkeersgedrag van anderen, waarbij een vermanende vinger zo nu en dan niet uitbleef. (pers. comm. Bruins)

2d Resumé

Zijn Amsterdamse tijd heeft, zoals uit het voorgaande kan worden opgemaakt, belangrijk aan de vorming van de mens Vening Meinesz bijgedragen. Als jongste in een door ziekten zwaar getroffen gezin en ook zelf in zijn jeugd niet met een sterke constitutie gezegend, ontwikkelde Fik zich tot een zelfstandig en vasthoudend, misschien zelfs koppig doorzettend, maar tegelijkertijd op zorg gesteld individu. Zolang hem het ouderlijk huis onderdak bood en hij maatschappelijke verplichtingen op afstand kon houden, was hij in de gelegenheid om zijn interesses verder te ontwikkelen. Opgroeïend als lid van de 'gezeten burgerij' in Amsterdam en als 'landjonker' in Overijssel had hij de mogelijkheden zich het 'savoir-vivre' eigen te maken om met burgers van geheel verschillende 'pluimage' gemakkelijk om te gaan. De genoegens van het studentenleven in Delft weerhielden er Fik niet van om zijn civieltechnische studie buitengewoon snel te voltooien. Als ingenieur - tenslotte - mocht van hem verwacht worden niet alleen iets te kunnen uitrekenen, maar ook gevoel voor getallen te hebben en intuïtief zich op basis van formules een beeld te kunnen vormen. In die verwachting zou de wereld niet teleurgesteld worden.

Hoofdstuk 3 De ontwikkeling van een mariene gravimetrie techniek

Landmeting en grondbezit zijn reeds lang met elkaar nauw verbonden zaken. In de vroegmoderne tijd voegde de zoektocht naar de precieze afmetingen en de vorm van de aarde daaraan een dimensie toe met de definitie van de meter als het tienmiljoenste deel van het aardmeridiaankwadrant, dat over Parijs liep. Vervolgens leidde de infrastructurele integratie van de Duitse natie sinds het midden van de negentiende eeuw tot activiteiten op het gebied van geodesie en waterpassing, die de landsgrenzen zouden overschrijden. Evenwel was ook toen al vastgesteld, dat het lokale zwaartekrachtsveld een zodanige invloed kon hebben op de precisie van de verkregen geodetische resultaten, dat doelgerichte zwaartekrachtmeting gerechtvaardigd was. In Nederland was aan het begin van de twintigste eeuw de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing de daartoe aangewezen instantie.

In haar *Verslag* van het jaar 1910 schreef die Commissie: “De civiel ingenieur F.A.Vening Meinesz trad 1 Oktober in dienst der Commissie om te worden belast met de uitvoering der slingerwaarnemingen”. Onderzoek naar de uitvoerbaarheid van zulke waarnemingen was al eerder geïnitieerd, maar de daarmee belaste civiel-ingenieur E.A.J.H. Modderman, een “goed mathemaat”, was in 1908 overleden. Door de commissiesecretaris Ir.H.J.Heuvelink (1861 - 1949), hoogleraar in de geodesie aan de Technische Hogeschool in Delft, was de aandacht van de Commissie begin 1910 gevestigd op de aan het eind van zijn studie gekomen Vening Meinesz, een man met “bijzondere gaven voor theoretische zaken”, die zich wel (als ingenieur der Commissie met een traktement van fl 1500,- per jaar) voor enige jaren aan dat onderzoek wilde wijden; “hij is gefortuneerd, traktement is voor hem bijzaak en hij neemt de slingerwaarnemingen alleen uit belangstelling ter hand”.¹ Zelf vertelde Vening Meinesz later, dat hem eigenlijk een carrière in het bedrijfsleven voor ogen stond, maar dat hij het toen geen bezwaar vond om eerst nog een aantal jaren voor de Commissie te werken.²

3a De organisatorische context

De Rijkscommissie was in 1879 op advies van de Koninklijke Academie van Wetenschappen vanwege het Ministerie van Binnenlandse Zaken ingesteld met de taak de nauwkeurigheidswaterpassing en de driehoeksmeting van Nederland uit te voeren, wetenschappelijk te begeleiden en te coördineren.

De aan dit advies ten grondslag liggende ontwikkelingen kwamen voort uit het streven van Pruisen naar unificatie binnen de Duitse natie. Wat was namelijk het geval? Dankzij de onder Koning Willem I begonnen werkzaamheden voor weg- en waterbouw bezaten Nederland (en België) een eenheids-(waterpas)referentievlak op Amsterdams Peil, waarop ook de spoorwegaanleg van Rheinland en Westfalen was gebaseerd. Het was dan ook dit referentie- of vergelijkingsvlak, dat Pruisen

¹ L.Aardoom, "Over het drie-slingertoestel van professor F.A.Vening Meinesz: dat het vraagstuk der slingerwaarnemingen op zee geacht kan worden definitief te zijn opgelost", in: *De Hollandsche Cirkel* 3 (2007) 94.

² W.Nieuwenkamp, "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Dictionnary of scientific biography* XIII (1976) 605.

vanaf 1860 als norm voor de gehele Duitse natie wenste te adopteren. Een Pruisisch verzoek tot het uitvoeren van een waterpassing vanaf Amsterdam ter controle van het bestaande bereikte de Nederlandse regering in 1874. Maar met het oog op waarborging van de eigen neutraliteit en van het beveiligende potentieel van de "Hollandse Waterlinie" besloot de regering een hernieuwde waterpassing in eigen beheer te doen uitvoeren, omdat anders "... de Regering zonder aanstoot te geven, niet zou kunnen verhinderen, dat Pruisische officieren en ambtenaren in ons land de waterpassingen kwamen verrichten".³ De opdracht tot uitvoering van wat later de "Eerste Nauwkeurigheidswaterpassing" zou worden genoemd werd aan Dr. L. Cohen Stuart (1827 - 1878), directeur van de Polytechnische School in Delft, verleend. Het waterpasnet, de meetmethoden en het benodigde instrumentarium werden volgens zijn inzichten ontwikkeld. De metingen werden vanaf 1875 uitgevoerd door twee of drie meetploegen onder leiding van een jonge civiel ingenieur, bijgestaan door enige ouderejaars studenten, zodat alleen in de zomermaanden de waterpassing voortgang kon vinden. Na het overlijden van Cohen Stuart in 1878 onder verantwoordelijkheid gekomen van bovengenoemde Rijkscommissie kon in 1885 een netwerk van 976 punten (peilmerken en nulpunten van peilschalen) aan de zorgen van Rijkswaterstaat worden toevertrouwd.

Gelijktijdig met deze ontwikkelingen ging van de Pruisische regering op instigatie van de directeur van het Pruisisch Geodetisch Instituut te Potsdam, de generaal J.J. Bayer, het initiatief uit om - zoals in India al was gebeurd - in een Europees verband tot overeenstemming "Ueber die Grosse und Figur der Erde" te komen op basis van een Europese Graadmeting. Na conferenties in 1864 en 1867 kwam een organisatie voor de Midden Europese Graadmeting tot stand met bijna alle landen van dat werelddeel als lid. In 1869 werd in het Koninklijk Pruisisch Geodetisch Instituut in Potsdam het secretariaat gevestigd van die organisatie, waarvan het charter - zij het met tussentijdse modificaties en (in 1886) naamswijziging in Internationale Graadmeting (Association Geodesique Internationale) - steeds voor tien jaar tot in de Eerste Wereldoorlog werd verlengd en waarvan tussentijdse 22, ook niet-Europese, staten lid waren. Gedurende de Eerste Wereldoorlog viel die groepering uiteen en vormde zich een kerngroepering, de Geodetische Associatie der Neutralen.

De Rijkscommissie werd in 1886 door de regering gemachtigd tot de uitvoering van een hoofddriehoeksmeting, waarin punten van astronomische waarnemingen ten behoeve van de nationale en / of internationale graadmeting verbonden waren. Het station Ubachsberg in Limburg was toen bijvoorbeeld een hoofdpunt van de lengtegraadmeting langs de 52^e breedteparallel, die zich uitstrekte van Ierland tot de Oeral.⁴ Dit "primaire driehoeksmeting" netwerk werd in 1905 opgeleverd. In 1889 werd aan de Rijkscommissie ook nog de "secundaire driehoeksmeting" voor kadastrale doeleinden toevertrouwd, waarvan de werkzaamheden tot in 1926 voortduurden.

Gedurende het eerste kwart van de twintigste eeuw groeide dus het scala van activiteiten, waarvoor de Rijkscommissie verantwoordelijk was, en die in 1920 werkzaamheden omvatten op het gebied van de primaire en secundaire

³ A. Waalewijn, *Drie eeuwen Normaal Amsterdams Peil* (Den Haag 1986) 17 – 20; noot 12.

⁴ J.J.A. Muller, *Het tegenwoordig standpunt der geodesie* (Leiden 1909) 23.

driehoeksmeting, sterrenkundige plaatsbepaling, zwaartekrachtmeting en waterpassing. Die groei werd gereflecteerd in de samenstelling van de Commissie, waarin in 1920 astronomen en civiel ingenieurs / geodeten hun plaats hadden naast vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat, leger, marine en kadaster. De Commissie, die sinds 1918 aan de Minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen rapporteerde, stond onder voorzitterschap van de civiel ingenieur Dr H.G. van de Sande Bakhuyzen (1837 - 1923), hoogleraar in de sterrenkunde in Leiden. Na diens overlijden werd Dr. J.J.A. Muller (1856 – 1946), hoogleraar in de geodesie en kartografie te Utrecht, tot zijn opvolger benoemd.

3b Geodesie en Gravitatie

Bij het in kaartbrengen van een gebied, waartoe plaatsbepalingen nodig zijn, werkt men van het grote naar het kleine toe, te beginnen met de bepaling van de vorm van de aarde zo dicht mogelijk bij gemiddeld zeeniveau, als een mathematische figuur, drager van een geografisch referentiestelsel, waarbij het totaal van lokaal positief en negatief reliëf buiten beschouwing blijft.

Op grond van idealistische overwegingen terzake van de symmetrie werd aan de aarde in de Oudheid een bolvorm toegeschreven, waarvan Eratosthenes (275 - 195 vC) middels vergelijking tussen het verschil in midzomerzonshoogte en afstand tussen Alexandrië in het noorden en Syene in het zuiden de omtrek op zo'n 40 000 km schatte.

Aan het idee van een bolvormige aarde werd pas omstreeks 1670 getornd, toen het resultaat van een onder toezicht van de Fransman J. Picard (1620 – 1682) tussen Barcelona en Duinkerken uitgevoerde en naderhand door J.-D. Cassini (1625 – 1712) bevestigde meridiaanmeting erop leek te wijzen, dat de afstand per breedtegraad in noordelijke richting afnam: zou de aardkloot misschien een eivorm hebben? Daartegenover stelde Newton (1642 - 1727) in zijn in 1687 gepubliceerde en in 1727 aangevulde "*Philosophiae naturalis principia mathematica*", dat de aarde - beschouwd als een samenhangend, viskeus lichaam opgebouwd uit elkaar aantrekkende losse massadeeltjes - als resultante van de door hem benoemde centripetale kracht en de onder invloed van de rotatie gecreëerde centrifugale kracht de vorm van een afgeplatte bol - een omwentelingsellipsoïde - had, waarbij het zwaartepunt in het geometrisch centrum lag. Volgens Newton was de aantrekkende kracht tussen twee massa's evenredig met de grootte der massa's en omgekeerd evenredig aan het kwadraat van hun afstand tot elkaar. Met behulp van de door Henry Cavendish (1731 - 1810) in 1798 experimenteel bepaalde evenredigheidsconstante zou de totale massa van de aarde en andere grootheden later kunnen worden afgeleid.

Nadat in de achttiende eeuw door Franse expedities onder leiding van C.M. De La Condamine (1701 - 1774) in de Peruviaanse Andes en P.L. Moreau de Maupertuis (1698 - 1759) in Lapland vergelijkende opmetingen waren uitgevoerd langs meridiaangraad secties, bleek de juistheid van Newton's voorspelling. Daarmede kwam tevens een einde aan de in Frankrijk gevoerde discussies omtrent het wezen van "kracht" als "inherente eigenschap van een lichaam in beweging" (Cartesianen) of als "een uitwendige oorzaak in staat een lichaam te verplaatsen" (Newtonianen) en leidden de resultaten van genoemde initiële geodetische onderzoeken tot de uiteindelijke verwerping van het Cartesianisme. "Wiskunde

bleek middel tot beschrijving van de natuur, maar niet de openbaring van de natuur der dingen."⁵ Naderhand postuleerde A.C.de Clairaut (1713 - 1765) in *"Theorie de la Figure de la Terre: tirée des Principes de l'Hydrostatique"* (1743) een naar hem genoemd theorema met twee formules, die zwaartekracht nauw met de vorm van de aarde - die Clairaut zich als een omwentelingsellipsoïde voorstelde - verbond. Maar ten gevolge van de verschillende, door geodeten gebruikte parameters voor die vorm, verschilden de uitkomsten in belangrijk detail (zoals de afplatting), die eventueel wel op basis van zwaartekrachtmetingen kon worden weggewerkt, maar zulke metingen waren op land nog nauwelijks en op zee helemaal niet voorhanden.

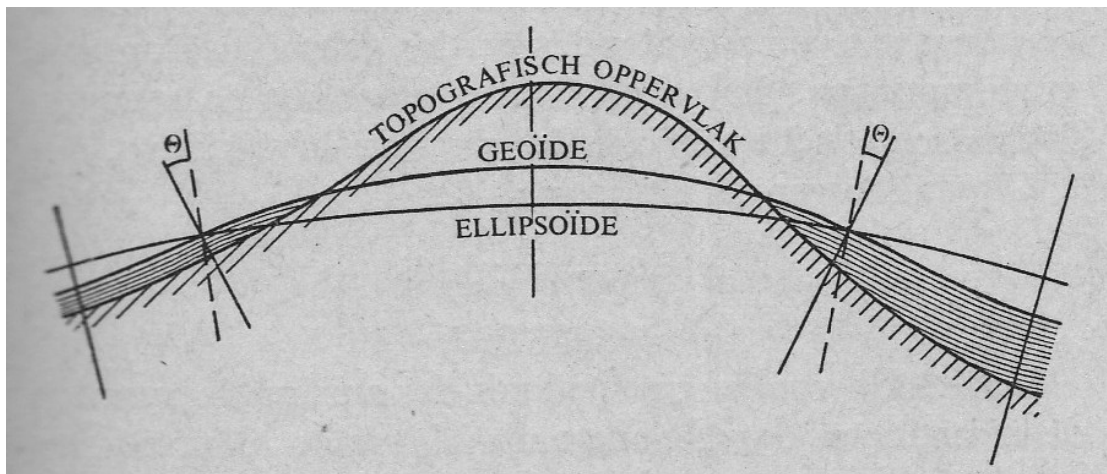
Op grond van de uitkomsten verkregen bij de door De La Condamine toegepaste astronomisch-geodetische methode merkte Pierre Bouguer (1698 - 1758) op, dat gebergtemassa's een aantrekkende werking op het schietlood - de richtmaat voor de (astronomische) vertikaal - uitoefenden, waardoor een hoekverschil met de normaal op de geodetische (reken)ellipsoïde optrad: de schietloodafwijking. Toch bleek die afwijking minder groot dan hij, gezien de betrokken massa's, had verwacht. De door Newton veronderstelde homogene viskeuze aardmassa kende dus onvolledig gecompenseerde elementen, die in een van de omwentelingsellipsoïde afwijkende vorm zouden kunnen resulteren. Verder bevestigde Bouguer de afname van de zwaartekracht met de hoogte boven zeeniveau, zoals door Newton voorspeld. Terzijde zij opgemerkt, dat van de hand van de polymaath Bouguer in 1745 het *"Traité de navire"* verscheen, de eerste wetenschappelijke verhandeling over scheepsbouw. Hierin concludeerde hij ondermeer, dat de plaats van het metacentrum (synoniem: zwaaipunt) van een drijvend lichaam bepalend was voor de mate, waarin het aangrijpingspunt van de op een schip werkende opwaartse krachten zich bij een schommeling zou verplaatsen. Beperking van de afstand tussen zwaaipunt en zwaartepunt van een vaartuig zou tot een neutrale stabiliteit en vertraging in de frequentie van het "rollen" leiden. Zoals later zal blijken, een belangrijke considerans bij de plaatsing van Vening Meinesz' apparatuur aan boord.

Bovenstaande bevindingen leidden Karl Gauss (1777 - 1855) in 1820 tot de definitie van de geoïde als de vorm van de aarde op gemiddeld zeeniveau bij afwezigheid van getijden, zeestromingen en temperatuur- en luchtdrukverschillen; in evenwicht onder invloed van aardrotatie en onderlinge aantrekking der massadelen. De enige kracht, die de vorm bepaalde, was de "zwaartekracht", die uit de interne massaverdeling resulteerde en overal loodrecht op genoemd oppervlak stond. Maar in feite zou de vorm van de geoïde in een bepaald deel van de aarde voornamelijk door de zwaartekracht in dat gedeelte en een strook eromheen bepaald blijken, terwijl de verder afgelegen delen van de aarde er minder invloed op hadden. De geoïde representeerde dus het equipotentiaaloppervlak van de aarde op gemiddeld zeeniveau, waarvan het zwaartepunt (geoïdepunt) niet met het geometrisch centrum behoefde samen te vallen. Hoewel deze definitie van de vorm van de aarde meer aan de realiteit leek te voldoen, lag uitvoering van de nodige metingen nog ver in het verschiet, omdat bepaling van de zwaartekracht op zee vooralsnog niet mogelijk was.

Zo bleef voorlopig de bepaling van de omtrek en de vorm van de aarde een zaak van het opmeten van meridiaan en / of parallel middels driehoeksmetingen op land aangevuld met astronomische controlepunten, ook al ervoer men, dat soms de

⁵ R. Hooijkaas, "De natuurwetenschap in de eeuw der genootschappen", in: H.A.M.Snelders en K. van Berkel (red) *Natuurwetenschappen van Renaissance tot Darwin* (Den Haag 1981) 136.

per meridiaangraad of een deel daarvan gemeten afstanden niet die toename vertoonden, die men zou verwachten. Zo bleven er verschillen tussen ingemeten afstanden, die op een eiland als Puerto Rico tot wel drie procent opliepen.⁶ Het behoeft dan ook niet te verbazen, dat er in de loop van de negentiende eeuw bij de verschillende nationale geodetische diensten op basis van metingen op eigen grondgebied verschillende rekenellipsoiden in zwang kwamen: Clarke's (1866) voor de Verenigde Staten, Clarke's (1880) voor Groot-Brittannië en haar overzeese gebiedsdelen en Bessel (1841) voor continentaal Europa. Waar zo'n ellipsoïde werd benut als tussenstap om het feitelijk aardoppervlak op het platte vlak te projecteren, zouden bij naburige landen problemen kunnen ontstaan als hun gemeenschappelijke grens geen natuurlijke was. Want ieder land voor zich meende, dat de door haar gebruikte ellipsoïde de beste benadering was van de geodetische "vorm van de aarde".



Figuur 2 Geschematiseerde relatie tussen geodetische oppervlakken

Geoïde	equipotentiaaloppervlak op gemiddeld zeeniveau, waar de zwaartekracht overal loodrecht invalt;
Referentie-ellipsoïde	mathematisch oppervlak voor geodetische lengte- en breedtebepaling als dichtste benadering van de geoïde;
Hoek θ	verschilhoek tussen de normaal op de referentie-ellipsoïde en de waargenomen richting van de zwaartekracht (schietsloodafwijking).

Evenals Bouguer in de Andes had ervaren, vond men gedurende geodetisch onderzoek in Noord-India verschillen tussen de theoretisch berekende en de in de praktijk gerealiseerde schietsloodafwijkingen, die men aan de nabijheid van het Himalaya Gebergtemassief toeschreef. Maar het scheen Pratt (1801 - 1872) in 1855 toe, dat de door hem in zijn berekeningen gebruikte dichtheid van het korstgesteente van dat gebergte tot grotere schietsloodafwijkingen leidde dan waargenomen. Hieruit concludeerde hij, dat de gesteentedichtheid in de aardkorst min of meer omgekeerd evenredig met de hoogte van het topografisch reliëf was, terwijl de evenwichtsgrens

⁶ W.Bowie, "A survey of research problems in Geophysics", in: *Proceedings of the National Academy of Sciences VI*, 10 (1920) 547.

tussen stijve korst en viskeus substraat - dat een grotere dichtheid had - op zekere diepte parallel aan het geoidniveau zou lopen. Airy (1801 - 1892) ontwikkelde een alternatief model, waarin een constante gesteentedichtheid van de korst samen ging met een variabele dikte, waardoor het (isostatisch / evenwichts) grensvlak met het viskeus substraat een spiegelbeeld van het topografisch reliëf zou zijn. In beide modellen maken (denkbeeldige) verticale discontinuïteiten tussen homogeen samengestelde, individuele prisma's het bereiken van een lokaal isostatisch evenwicht mogelijk, onder het voorbehoud, dat horizontale compressie ter plaatse niet het instellen van zo'n evenwicht zou hinderen.

De in beide modellen voor berggebieden geldig geachte "hypothese van isostasie" werd in 1871 door de Amerikaan Dutton (1841 - 1912) opgerekt tot kenmerk van een toestand, die over het grootste deel van de de aardomvattende, stijve korst - behalve in gebieden met een zeer actieve erosie of sedimentatie - zou zijn bereikt. Ook dus in de oceaangebieden, waar slechts op enkele eilandjes metingen waren gedaan, die weliswaar op het bestaan van een isostatisch evenwicht aldaar wezen zonder dat op de vraag werd ingegaan, waaraan die eilandjes hun bestaan te danken hadden of hoe ze in een regionaal patroon pasten.⁷

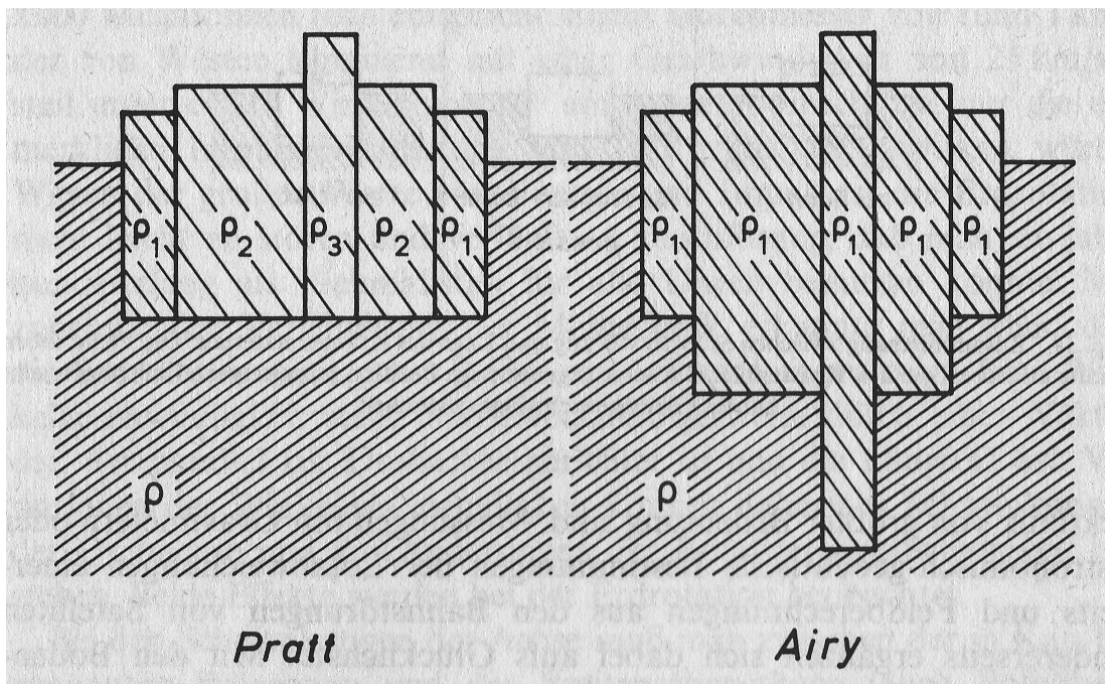
De dikte van die aardkorstschild varieerde bij de onderscheiden onderzoekers tussen twintig en ruim honderd kilometer en het dichtheidscontrast met het dichtere, viskeuze substraat tussen 0,1 en 0,6 gram / cm³. Het verschil in gemiddelde diepte van de Noordatlantische Oceaan (3800 m) en van de Noordpacifische Oceaan (4750 m) werd intuïtief op grond van overwegingen van globale isostasie wel toegeschreven aan een verschil in dichtheid van het oceaانبodemgesteente, dat voor wat de Noordatlantische Oceaan betrof dan uit een (lichtere) graniet en voor wat de Noordpacifische Oceaan betrof uit (zwaardere) basalt zou moeten bestaan.⁸ Hieraan moet worden toegevoegd, dat Vening Meinesz later tussen lokale en globale isostasie op grond van een veronderstelde draagkracht van een dertig kilometer dikke korst een model voor regionale isostasie zou postuleren. Vanwege het karakter van de elastische doorbuiging van zo'n korst onder een bepaalde belasting moest volgens hem aan het mechanisme van isostasie veeleer een regionaal karakter toegekend worden. Waar zo'n korst zich tegenover snel wisselende krachten als stijf zou voordoen, zou hij zich onder invloed van langdurig werkende krachten als elastisch of zelfs plastisch kunnen gedragen. Deze hypothese, dit model zou nog lang dienen om de isostatische correcties van zwaartekrachtswaarnemingen te berekenen. De "hypothese van isostasie" als wereldwijd fenomeen werd echter aangevochten door hen, die op grond van seismometrische gegevens of van de complexe fysisch-mathematische beschouwingen van vooral de Brit Harold Jeffreys (1891 - 1989) van mening waren, dat het substraat overwegend niet viskeus, maar stijf was.

Middels verspreide metingen van de zwaartekracht op land en kennis van de reken ellipsoïde zou een internationaal geldende zwaartekrachtsformule kunnen worden afgeleid, waardoor wereldwijd de theoretische zwaartekracht in een punt op gemiddeld zeeniveau zou kunnen worden berekend. In de praktijk resulteert uit het

⁷ G.A.F. Molengraaff, "The coral reef problem and isostasy", in: *KNAW XIX* (Amsterdam 1916) 610 – 627.

⁸ J.H.F. Umbgrove, *The pulse of the earth* (Den Haag 1942) 94.

ruwe zwaartekrachtgegevens de "vrije lucht"-anomalie na toepassing van instrumentele correcties, van een eventuele correctie voor de invloed van de vaarsnelheid van het meetschip relatief tot de roterende aardbol (Eötvös correctie) en na aftrek van de normaal-zwaartekracht op gemiddeld zeeniveau ter plaatse. De vervolgens toe te passen Bouguer-correctie dient bij waarnemingen ter zee om voor het verschil in aantrekking tussen de massa van de zeewaterkolom en die van een gemiddelde gesteentekolom te compenseren, zoals het door Vening Meinesz gebruikte concentrische dichtheidsmodel van de aarde impliceerde. Zou men tenslotte ook nog met een of ander globaal compensatie niveau op een diepte vanaf zo'n 30 kilometer rekening willen houden, dan zou een modelmatige "isostatische correctie" moeten worden toegepast om de "isostatische zwaartekrachtsanomalie" uit de Bouguer anomalie te kunnen afleiden.



Figuur 3 Isostatische compensatiemodellen naar Pratt en naar Airy

Volgens Pratt corresponderen hoogteverschillen met verschillen in dichtheid, waarbij op zekere diepte in het substraat een "compensatievlak" bestaat, waar het gewicht van het bovenliggend materiaal (per eenheid van oppervlak) overal even groot is en de druk dus gelijk.

Volgens Airy zouden de verschillende segmenten van de aardkorst, die onderling slechts weinig in dichtheid verschillen des te dieper in het substraat "wortelen" naar mate hun dikte groter is.

(naar Veldkamp, 1965)

Pas tegen het einde van de periode, waarin Vening Meinesz zijn onderzoeken deed, raakte seismische meettechnieken in zwang, die op een grotere differentiatie in de ondiepe massa- en dus dichtheid-verdeling van de aardkorst wezen. Een positief verschil tussen de theoretische, normale zwaartekracht en de gecorrigeerde / gereduceerde zwaartekracht - een zwaartekrachtsanomalie - wijst op

een massaoverschot in de korst, tenzij er ook andere krachten, bijvoorbeeld van tectono-fysische oorsprong, werkzaam zijn om zo'n van isostasie afwijkende situatie te handhaven.

De ligging van de rekenellipsoïde binnen de geoïde wordt bepaald door het centraal punt, waar beide oppervlakken elkaar raken en de astronomische en geodetische lengte, breedte en azimut zijn bepaald. Voor wat betreft de onderlinge ligging van die twee oppervlakken elders werd in 1855 door G.G. Stokes (1819 - 1903) al een verband gelegd tussen de afstand van de als referentie gebruikte rekenellipsoïde en de geoïde op enig punt aan het aardoppervlak en het totaal der zwaartekracht-anomalieën over het gehele aardoppervlak. Deze theorie zou door Vening Meinesz in 1928 verder worden uitgewerkt voor praktische toepassing, zodat gegeven de vorm en grootte van de berekende zwaartekrachtsanomalie in een punt de afstand tussen rekenellipsoïde en geoïde en de schietloodafwijking zou kunnen worden gevonden. Daardoor kon de Amerikaanse geodeet Lambert in 1932 verklaren, dat de gravitatieve methode uiteindelijk de enig mogelijke was om de vorm van de geoïde te bepalen. Maar op die geoïde zou weer een correctie moeten worden toegepast, de "indirecte isostatische reductie", die de initiële zwaartekrachtswaarden transformeert naar die van een nieuwe geoïde, gecreëerd door de verwijdering van topografie en haar compensatie. De verschillen tussen vergelijkbare punten op oude en nieuwe geoïde zouden kunnen oplopen tot 12 meter.⁹

Overigens zou het met de introductie van een "werkbare" geoïde wel meevallen, want het was nog maar de vraag, hoe een door fysieke omstandigheden bepaald systeem - de geoïde - en een mathematisch systeem - de omwentelings- of rekenellipsoïde - (equipotentialiteit versus orthometrie) met elkaar te verzoenen.¹⁰ In aansluiting op bovenstaande theoretische beschouwing wist Vening Meinesz ook nog functies voor de transformatie van een aan het aardoppervlak gemeten zwaartekrachtsanomalie bij toenemende afstand tot de aarde af te leiden. Een omgekeerde weg - de transformatie van een door een satelliet waargenomen anomalie naar zeeniveau - zou als "inverse Vening Meinesz functie" later gebruikt worden in de satelliet-gravimetrie, maar zo'n "neerwaartse" omrekening van satelliehoogte via aardoppervlak was geen "sine cure".¹¹

Newton's inschatting, dat de roterende aardmassa zich gedraagt als een viskeus lichaam - zij het met een enigszins heterogene dichtheidsverdeling - en daarom de vorm van een afgeplatte bol heeft, lijkt niet al te zeer bezijden de waarheid. Maar de verscherpte eisen van nauwkeurigheid, die aan het einde van de negentiende eeuw aan de bepaling van de vorm van de aarde werden gesteld, noodzaakten ertoe om nauwkeuriger die vorm en - daarmee samenhangend - de schietloodafwijking te bepalen en daartoe het zwaartekrachtsveld in te meten. De meest geëigende techniek van zwaartekrachtmeting berustte toen op het gebruik van slingers.

⁹ F.A. Vening Meinesz, "The equilibrium figure of the earth and the indirect isostatic or Bowie reduction", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 611 – 615.

¹⁰ F.A. Vening Meinesz, "Physical geodesy", in: *KNAW LVI* (Amsterdam 1953) 20.

¹¹ E. Berkens, "De aarde als planeet", in: E. Berkens e.a. (red), *De aarde verdeeld en verbeeld, berekend en getekend* (Zutphen 2004) 36.

3c Slingers in historisch perspectief

Sinds de Oudheid heeft er interesse in het fenomeen van de slingerbeweging bestaan en Galileo Galilei (1564 - 1642) was vast niet de eerste, die slingeren in verband met de vrije val bracht en zich boog over de fysica van de gedwongen, horizontale slingerbeweging. Maar hij was in 1582 wel de eerste, die proefondervindelijk vaststelde, dat de tijd nodig voor de voltooiing van een slingering - de periode - alleen afhing van de lengte van de slinger. En er wordt ook wel beweerd, dat hij op grond van de resultaten van "valproeven" later tot de conclusie zou zijn gekomen, dat lichamen ondanks een verschil in "zwaarte" een gelijke valsnelheid ontwikkelden. Dat wrijving in de lucht de valsnelheid beïnvloedde, kon in een met behulp van de door Otto von Guericke (1602 – 1686) in 1654 uitgevonden luchtpomp verkregen "vacuüm"-opstelling spoedig daarop gemakkelijk worden aangetoond. Terwijl Galilei's tijdgenoot Descartes postuleerde, dat de slingerbeweging door een externe, in het omgevend medium aanwezige aandrijvende kracht werd gecontinueerd - een postulaat, dat het probleem naar een externe bron leek te verschuiven en weinig overtuigde - meende Galilei, dat voorwerpen in beweging de neiging hadden in die beweging te volharden, tenzij daarin tegengewerkt.¹² Christiaan Huygens (1629 - 1695) bevestigde Galilei's bevinding, dat een slingerperiode bij gegeven slingerlengte onafhankelijk was van gewicht en - binnen zekere grenzen - van de initiële uitwijking. De tijd nodig om van een extreem naar een ander extreem te slingeren werd toen periode genoemd en duurde dus een halve slingertijd. De periode van een slinger met een - naar later zou blijken - lengte van een meter bleek een halve seconde te bedragen. Zo'n slinger werd dan ook een halve seconde slinger genoemd.¹³ Die kennis benutte Huygens in 1657 bij zijn ontwerp voor een slingeruurwerk; want een daarop gebaseerd uurwerk gaf bij benadering van enkele seconden per etmaal de juiste tijd aan, waar oudere uurwerken zonder slinger het bij een kwartier lieten. In 1659 formuleerde Huygens een wettelijke evenredigheid tussen periode en slingerlengte. Maar in 1672 ontdekte de Franse astronoom J. Richer (1630 - 1696), dat een in Parijs afgeregeld precisieslingeruurwerk, naar Cayenne - diep in de tropen - overgebracht, achter ging lopen. Huygens dacht de oorzaak hiervan te kunnen vinden in een verlenging van de slingerlengte ten gevolge van de hogere omgevingstemperatuur. Maar het was Newton, die Huygens' evenredigheidsrelatie preciezer maakte: het kwadraat van de slingertijd bleek evenredig met de lengte van de slinger en omgekeerd evenredig met de valversnelling, resulterend uit de door hem benoemde zwaartekracht: een door Huygens vooreerst vanwege de ontbrekende empirische verificatie afgewezen hypothese. Nochtans zou op grond van deze relatie voortaan met behulp van slingers de (afgeleide van de) zwaartekracht kunnen worden bestudeerd. Of, zoals later Bottema het uitdrukte: "slingeren is een vertraagde vorm van vallen, en in de formule van slingertijd wordt dat [de valversnelling], beschermd door een wortelteken, in de letter g uitgedrukt".¹⁴

Omdat precieze tijdmeting op zee belangrijk was voor de positiebepaling, liet Huygens ook proeven doen met op het principe van de pendule gebaseerde zee-

¹² F. Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam 2007) 117.

¹³ www.mssu.edu/seg, geraadpleegd op 27/02/2007.

¹⁴ O. Bottema, "In memoriam F.A.Vening Meinesz", in : *De Gids* 129, 9 (Amsterdam 1966) 197.

uurwerken, alleenstaand of gekoppeld. Daarbij klaagde hij, dat de kapiteins, die met toezicht op de proefnemingen belast waren “veel te lijden gehadt hadden en door ‘t scheepsvolck beschimpt en belacht werden over dit werck der nieuwe Lengdemetingh”.¹⁵ Door speciale ophanging van de slingers en door een cardanische ophanging van het geheel trachtte Huygens ondanks het rollen en stampen van het zeilschip de verticale stand van het uurwerk te behouden. Een alternatieve oplossing dacht hij in 1665 te bereiken door twee extra zware slingers in tegenfase te doen slingeren. Maar hij kwam bedrogen uit, omdat meestal al na een half uur de slingers “sympathie” vertoonden, synchroon gingen oscilleren.¹⁶

Ook de Britse uitvinder John Harrison (1693 - 1776) zou zijn eerste zeegaande tijdmeters (H1 en H2, 1740) baseren op regulering door in tegenfase oscillerende, gekoppelde een-seconde slingers (“interlinked balances”), het geheel gemonteerd in een cardanisch opgehangen wieg. Desondanks vertoonden deze uurwerken met aan die van Huygens vergelijkbare gebreken. Pas tijdmetre H4 (1758) - een opwindbaar “horloge” voorzien van de door Huygens omstreeks 1673 uitgevonden onrust - een balanswiel met een bimetalen spiraalveer ter compensatie van temperatuurveranderingen - kon aan de op zee te stellen eisen van precisie en betrouwbaarheid voldoen.

Het eerder vermelde exacte verband tussen slingertijd en zwaartekracht bestaat slechts voor een mathematische slinger: een puntvormige massa opgehangen aan een massaloze draad, niet beïnvloed door luchtweerstand of temperatuur. In werkelijkheid kan men alleen een fysische slinger construeren, waarbij de massaloze draad door een staaf, opgehangen aan een draaipunt is vervangen. En dan is de effectieve slingerlengte niet meer eenvoudig te meten, want de staaf vertegenwoordigt zelf ook een hoeveelheid massa. Huygens wist echter aan te tonen, dat een tweede draaipunt van zo’n slinger kon worden gevonden, waarbij de slinger dezelfde slingertijd heeft, en dat bovendien de afstand tussen de twee draaipunten precies gelijk is aan de lengte van de mathematische slinger, zoals die in de formule voor de slingertijd moet worden ingevuld. Sinds Henry Kater (1777 - 1835) zo’n apparaat - de reversieslinger - in 1815 construeerde, werd het algemeen voor “absolute” metingen gebruikt. Maar in de praktijk viel het niet mee om met dit apparaat - liefst bij een constante temperatuur en bij een minimale luchtweerstand (in vacuüm?) - routinematig en vrij van interfererende storingsinvloeden geldige metingen te doen. Daarbij kwam, dat de zwaartekrachtsberekening op grond van opgemelde formule voor de slingertijd, die ook als een reeksontwikkeling kon worden geschreven, uitging van een oneindig kleine initiële uitwijking. In de praktijk moest daarom op de gemeten oscillatieperiode een reductie worden toegepast, waarbij de hogere termen van genoemde reeks veelal, maar niet altijd des te meer verwaarloosd konden worden naarmate de initiële uitwijking kleiner was. In de uitvoering van Defforges heeft ook Vening Meinesz over zo’n reversie-slinger kunnen beschikken, maar hij vond die te omslachtig (en mogelijk te storingsgevoelig) voor routinegebruik.

Aan het eind van de negentiende eeuw was echter ook een ander apparaat beschikbaar: het door Von Sterneck ontworpen en door Stueckrath gefabriceerde

¹⁵ Cohen, *Herscheping*, 198.

¹⁶ www.physics.gatech.edu/schatz/coupledoscillators/ geraadpleegd op 14 maart 2002.

slingertoestel, gekoppeld aan een “stroboscoop”. Centraal in dit apparaat bevonden zich vier kleine, identieke slingers, over en weer aan een haaks assenkruis opgehangen binnen een luchtdicht af te sluiten cilinder. Van deze slingers was de slingertijd een halve seconde. Terwijl al eerder de definitie van periode in overeenstemming met de definitie van slingertijd was gebracht, bleef de aanduiding voor de slinger, die nu nog maar een kwart seconde nodig had om van het ene extreem naar het andere te slingeren, onveranderd: halve seconde slinger.¹⁷ Met behulp van een drietal stelschroeven kon het apparaat zo afgesteld worden, dat het vlak van het assenkruis horizontaal stond. Mogelijke storende invloeden optredend gedurende een meting met de ene slinger van een paar zouden zich verraden door het autonoom bewegen van de tweede slinger. Zulke storingen leidden dan tot langdurige herberekeningen, voordat de ongestoorde beweging kon worden geïnterpreteerd.¹⁸ Door een aan iedere slinger bevestigde spiegel en een stroboscopisch verlichtingssysteem konden de fasen van de periodieke beweging van de individuele spiegels gedurende hun oscillaties worden geanalyseerd en eventueel gefotografeerd, waaruit de slingertijd kon worden afgeleid. Daarbij moest terzake van de te geven aanvangsuitwijking wel een afweging worden gemaakt: hoe kleiner de uitwijking, hoe onnauwkeuriger de doorgang van de lichtbeeldreflectie door de abscis kon worden vastgesteld; hoe groter de uitwijking, hoe onnauwkeuriger de zwaartekrachtsbepaling. In de praktijk werd daarom voor een uitwijking tussen 25' en 45' minuuthoek gekozen.¹⁹

Om op grond van slingerwaarnemingen de zwaartekracht ter plaatse te kunnen berekenen, moesten aan de condities, waaronder die waarnemingen plaatsvonden en aan de reductie van de resultaten achteraf, hoge eisen worden gesteld, waarbij de berekening zelf ook veel tijd in beslag nam. Gegeven de ongewisse externe en systematische invloeden op de apparatuur tijdens de metingen behoeft het geen betoog, dat aan het begin van de twintigste eeuw zelfs na herhaalde metingen over langere perioden de absolute zwaartekracht ter plaatse van de enkele basis stations nog niet helemaal eeneenduidig kon worden vastgesteld. Veel eenvoudiger was het om de verhouding van de zwaartekrachten van twee verschillende punten te berekenen als het omgekeerde van het kwadraat der verhouding van de gemiddelden der slingertijden voor beide punten, wanneer dezelfde apparatuur, slingers en uitwijkingen onder identieke omgevingsomstandigheden konden worden aangewend.

Maar ook dit soort van meting is dan alleen zinvol en nauwkeurig als enige slingerbeweging niet beïnvloed wordt door aanhoudende trillingen van oncontroleerbare en onvoorspelbare externe bronnen. Zo ervoer Vening Meinesz “het merkwaardig geval der trillende huizen in Scheveningen veroorzaakt door de gebrekkige uitbalancerings van een zware stoommachine op vrij grooten afstand”.²⁰ Vibraties, die bij een harde ondergrond mogelijk alleen op korte afstand als hinderlijk zouden zijn ervaren. En dat een hoge nauwkeurigheid was vereist, blijkt wel uit het landelijk verloop van de (versnelling van de) zwaartekracht. Die neemt toe met het

¹⁷ www.mssu.edu/seg, geraadpleegd 27 februari 2007.

¹⁸ F.A. Vening Meinesz, "The determination of gravity at sea in a submarine", in: *Geographical Journal* LXV (London 1925) 503.

¹⁹ F.A. Vening Meinesz, *Observations de pendule dans les Pays – Bas, 1913 – 1921* (Delft 1923) 85.

²⁰ F.A. Vening Meinesz, *Bijdragen tot de theorie der slingerwaarnemingen* (Amsterdam 1915) 85.

kwadraat van de sinus van de breedte en varieert in Nederland van 981350 mgal in Groningen tot 981120 mgal in Zuid-Limburg. (Ruwweg een noord-zuid gradiënt van 1 mgal / km; 1 mgal = 0,001 cm / sec²) Om een nauwkeurigheid van een mgal te kunnen bereiken moet de slingertijd met een nauwkeurigheid van $2 \cdot 10^{-7}$ sec bepaald kunnen worden.²¹ Mede om die reden vormden een nauwkeurig systeem van tijdmeting, een hoge frequentie van lichtsignalen van de stroboscoop en (later) fotografische registratie belangrijke elementen voor de zwaartekrachtmeting.

3d Door Vening Meinesz ontwikkelde slingerapparatuur

Voor metingen te land...

Het was een Von Sterneck-slingertoestel, dat Vening Meinesz in 1910 bij zijn aantreden als employee van de Rijkscommissie in Delft op zijn bureau aantrof en waarmee van hem verwacht werd zwaartekrachtsonderzoek te doen.

Aanzetten tot onderzoek naar de interne en externe invloeden op de uitwijking van slingers en op de slingertijd had Modderman al gegeven. Vening Meinesz zette dat onderzoek dan ook voort, terwijl hij op de sterrenwacht te Utrecht vertrouwd werd gemaakt met astronomisch - geodetische plaatsbepalingmethoden. Zo kon hij in 1912 deel nemen aan een zonsverduisteringexpeditie naar..... Maastricht.

Op het Centraal Geodetisch Instituut te Potsdam werd hij bijgeschoold in de fijnere kneepjes van zwaartekracht- en graad-meting. Daar was hij ook in de gelegenheid om over de meer specialistische aspecten betreffende de theorie, werking en praktische uitvoering van opnamen met slingerapparaten van gedachte te wisselen. Want vanaf de laatste helft van de negentiende eeuw was daarover vanuit Potsdam veel onderzoek gedaan, o.a door Ph.Furtwängler.²² Laatstgenoemde had met F.Kühnen tussen 1889 en 1904 met behulp van een reversieslinger de absolute waarde van de versnelling van de zwaartekracht in Potsdam bepaald, waarop latere relatieve waarden van de versnelling van de zwaartekracht in Nederland zouden worden gebaseerd. Hoewel voor zulk onderzoek voor Midden-Europa Potsdam dus richtinggevend was, werd ook in Italië langs deze lijnen mogelijk wel wat onderzoek gedaan.

Door het gedrag van de vrijhangende slingers van het Von Sterneck-Stueckrath-toestel was inmiddels wel duidelijk geworden, dat de "grondmobiliteit", de onrust in de venige bodem van het Geodesiegebouw aan de Oostsingel te Delft zoveel te wensen overliet, dat de locatie niet geschikt bleek om als basisstation voor de Nederlandse zwaartekrachtmeting te dienen. "Het voorbijrijden van wagens op den rijweg tusschen den singel en het gebouw was aan den stilhangenden slinger onmiddellijk te bemerken. Nog groter invloed oefende echter een voorbij varende schuit uit; blijkbaar heeft dit op den bodem nog meer effect". Uiteindelijk zou in de kelder onder de directeurskamer van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (K.N.M.I.)²³ te De Bilt een betrouwbaarder locatie voor het

²¹ J.Veldkamp, *Geofysica* (Utrecht 1965) 222.

²² Vening Meinesz, *Bijdragen*, 108;118.

²³ C.J.Warners, "Vening Meinesz en het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xlv.

gravimetrisch basisstation gevonden worden. Toen aldaar in 1912 de apparatuur op stabiele bodem in een omgeving met een voldoende constante temperatuur en vochtigheid was opgesteld, kon Vening Meinesz zijn experimenten met het slingerapparaat “in laboratorium omstandigheden” beginnen. Die behelsden de analyse van de temperatuur- en luchtvochtigheid- afhankelijkheid van de slingers in hun behuizing en van de verstoringen, die via het ondersteunend statief de slingers in hun bewegingen konden beïnvloeden. De temperatuur beïnvloedde de fysische karakteristieken van de slinger; de invloed van de omringende lucht in het slingerapparaat uitte zich in een opwaartse kracht, in een vergroting van het traagheidsmoment, en in wrijving; meebeweging van het statief zou de gewenste meetnauwkeurigheid kunnen schaden.²⁴

Terzake van de via het statief overgedragen systeemeigen “slinger feedback” en de systeemvreemde storingen van externe origine bevond Vening Meinesz, dat deze storingen “aan een theoretische behandeling ontsnappen”, hoe stevig ook het instrument aan de bodem is verankerd. Maar dat belette hem niet om deze storingen aan een nader onderzoek te onderwerpen en een methodiek te ontwikkelen, waarmee de invloed der verstoringen in zoverre werd geëlimineerd, dat ten naaste bij de slingertijd van een ongestoorde slingering kon worden gemeten. Een eerste stap daartoe was de mogelijke storingsmomenten te ontbinden in hun verticale en horizontale componenten. Daarbij toonde Vening Meinesz aan, dat de invloed van de verticale componenten geen rol speelde, zolang de slingerondersteunende agaten messen niet uit positie geraakten, de uitwijking van de slingers minder dan een graad bleef en over voldoende lang tijdsinterval gemeten werd. De invloed van de horizontale componenten, die gedurende de meting tot veranderingen van de slingeringen konden leiden, konden goeddeels worden geëlimineerd door een uitgekiende constructie en applicatie van de slingers: “Laat men twee slingers van een ongeveer gelijke slingertijd (“isochrone slingers”) slingeren met gelijke amplitude en in tegengestelde fase, dan is de middelbare storing in de som der slingertijden, dus ook in het gemiddelde der slingertijden, nul”. Tenslotte zou een verschil tussen de door beide slingerparen van zijn slingerapparaat achtereenvolgens verkregen slingertijden op eventuele onregelmatigheden in de loop van de tijdmeting kunnen wijzen.²⁵

Ook al was deze invalshoek niet nieuw, - Huygens’ idee was recentelijk weer door Furtwängler en anderen aan de vergetelheid ontrukkt - dat was Vening Meinesz’ mathematische onderbouwing van de criteria - zoals frequentie en duur van de waarnemings-intervallen en de toe te passen bewerking van de resultaten -, die gesteld moesten worden om aan de randvoorwaarden voor een geldige meting te voldoen, wel. En het was op deze “*Bijdragen aan de theorie der slingerwaarnemingen*”, waarop Vening Meinesz op 26 maart 1915 in Delft “cum laude” promoveerde bij Dr. J. Cardinaal, hoogleraar in de zuivere en toegepaste wiskunde. Overigens werd de “theorie” geschraagd door veel experimentatie en veldwerk, dat nog tot eind oktober 1914 doorging. Experimenten, waarbij “kunstmatig opgewekte periodische statiefbewegingen” dienden om de verwachtingen omtrent de middelbare storing te onderbouwen.²⁶

²⁴ Veldkamp, *Geofysica*, 223.

²⁵ Vening Meinesz, *Bijdragen*, passim.

²⁶ *RCG 1913*, 14.

Bij zijn werk op de meetlocaties bemerkte Vening Meinesz al spoedig, dat de temperatuursgevoeligheid, de uitzettingscoëfficiënt van de tot dan gebruikte bronzen slingers de nauwkeurigheid van de metingen dermate verstoorden, dat vervanging door nikkelstalen (Invar) slingers gewenst was. Door het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog kwamen deze, in Duitsland gefabriceerde slingers pas in 1915 ter beschikking. Ook aan de eis tot zeer nauwkeurige tijdmeting bleek moeilijk te voldoen: een tijdfout van 0,0007 sec / uur leidde al tot een meetfout van een mgal. Voor het Interbellum kreeg Vening Meinesz maar eenmaal daags een telefonisch uit Leiden overgebracht tijdsein, waardoor de metingen zich over verschillende dagen moesten uitstrekken. Tijdens het Interbellum kwamen met toenemende frequentie vanaf de Eiffeltoren uitgezonden radiotijdseinen beschikbaar en konden de meetperiodes navenant korter duren, terwijl naderhand nog correctietabellen voor de uitgezonden signalen beschikbaar kwamen en chronometrage nog nauwkeuriger werd. Net voor de Tweede Wereldoorlog kwam een kristalchronometer beschikbaar, waardoor de grootste foutenfactor in de zwaartekrachtmeting praktisch was geëlimineerd. Voorts bleek kennis van de relatieve precisie van de “stroboscopische” en de chronometrische tijdmeting ten opzichte van de siderische, voor astronomische doeleinden aangehouden tijdmeting onmisbaar om de gewenste waarnemingsnauwkeurigheid te kunnen garanderen.

De praktische uitvoering van de slingerwaarnemingen, die vooreerst langdurige visuele waarneming en registratie van de individuele, gestoorde slingerbeweging en later van de gepaarde slingers vereiste, had Vening Meinesz' enigszins zwakke, voor aandoeningen aan de luchtwegen gevoelige constitutie toch wel zo aangetast, dat hij voorjaar 1914 en vervolgens van eind 1915 tot maart 1918 - met een onderbreking in de herfst van 1917 - ziekteverlof “buiten bezwaar” moest opnemen. Het langdurig geknielde werken met slingerapparaten op de vochtige grond zou best ook de vroegtijdige slijtage van Vening Meinesz' knieën hebben kunnen ingeluid. (pers. comm. Den Tex)

Bij hervatting van de zwaartekrachtmetingen voor de graadmeting in 1918 bleek, dat de precisie van de chronometers - een beslissende factor in de nauwkeurigheid van de metingen - veel te wensen overliet. Metingen konden dus pas weer hervat worden nadat de tijdmeters in Zwitserland gerevideerd en geadjusteerd waren. Tevens werd van dat moment af de in het slingerapparaat toegelaten luchtdruk en daardoor de luchtdichtheidsconstanten van de slingers tot een minimum gereduceerd. Uiteindelijk duurde het tot eind 1920 voordat alle 51 stations voor de graadmeting op Nederlands grondgebied waren ingemeten; de uitwerking van de resultaten kon - na verdere referentie-arbeid in De Bilt en Potsdam en ontvangst van voorlopige (!) tijdseincorrecties uit Parijs - begin 1923 worden voltooid. Uit de foutendiscussie ter zake kwam naar voren, dat de marge in de op een instabiele bodem gedane waarnemingen afhankelijk van de mate van instabiliteit kon oplopen tot zo'n 4×10^{-7} sec of 1:250 000, terwijl de marge van de overige instrumentele parameters tezamen daar meer dan een magnitude onder lagen.²⁷ De resultaten van het zwaartekrachtsonderzoek - met een hoofdstuk betreffende hun relatie tot de geologie van de ondergrond van Nederland - werden gepubliceerd onder de titel *Observations de Pendule dans les Pays-Bas 1913 - 1921* (Delft, 1923). Want in de nasleep van de Eerste Wereldoorlog werd de Duitse wetenschap

²⁷ Vening Meinesz, *Observations*, 64 – 74.

buitengesloten, werd Frans de voertaal van de geodeten op het Europese vasteland en verloor Potsdam haar leidende rol als Europees centrum voor geodesie.

....en voor metingen ter zee

Op de wereldzeeën, die zeventig procent van het aardoppervlak bedekken, kon men toen noch driehoeksmetingen uitvoeren noch schietloodafwijkingen berekenen. Nochtans werd onderkend, dat het belangrijk was om een methode te vinden, die aanvullende informatie over vorm en afmetingen van de refentie-ellipsoïde kan verschaffen; die de verschillende delen van de wereld aan elkaar kan relateren binnen eenzelfde geodetisch systeem over de oceanen heen en de vorm van de geoïde kan vaststellen. Een mogelijkheid daartoe zou mariene gravimetrie kunnen bieden, speciaal als metingen zouden kunnen bevestigen, dat de vorm van de geoïde in een bepaald deel van de aarde vooral afhangt van de verdeling van de zwaartekracht in dat deel en een zone daar rondom.²⁸

En terwijl reductie van zwaartekrachtmetingen te land tot gemiddeld zeeniveau een gecompliceerde zaak was ten gevolge van door topografie en geologische structuur veroorzaakte nauwelijks eenduidig te bepalen, ondiepe massacontrasten, was reductie van de ter zee gemeten zwaartekracht veel eenvoudiger, want zeeniveau wereldwijd vormt het geoidaal waterpasvlak. En bovendien oefent een dikke en homogene waterlaag een dempende invloed op de expressie van lokale, doch veel dieper gelegen massaverstoringen uit.

Aan het eind van de negentiende eeuw werd dan ook al een poging tot zwaartekrachtmeting op zee gedaan door middel van een vergelijking tussen een op zeeniveau gedane precisie-meting van het (drukafhankelijke) kookpunt van water en de luchtdruk, zoals de kwikkolom van de barometer - die door het lokaal zwaartekrachtsveld werd beïnvloed - op die plaats aangaf. Maar de op deze manier in de praktijk verkregen nauwkeurigheid van zwaartekrachtsbepaling liet uitermate veel te wensen over.²⁹

Gezien die ervaringen en de door hem op land al gerealiseerde vooruitgang in opnametechniek op slappe bodems wekt het dan ook geen verwondering, dat Vening Meinesz in 1922 zich inscheeptte om aan boord van het 1200 ton metende vrachtschip "Paleleh" van de Koninklijke Pakketvaart Maatschappij (K.P.M.) de geschiktheid van zijn slingerapparatuur voor zwaartekrachttopnames ter zee te evalueren. Maar terwijl de korte tocht van Amsterdam naar IJmuiden door het rustige Noordzeekanaal nog enige hoop op succes gaf, bracht de zeereis van IJmuiden naar Vlissingen zoveel tekortkomingen aan het licht, dat verdere metingen op zee geen zin meer leken te hebben. Zo deed het rollen en stampen van het schip de messen van de slingers uit hun voegen stoten. Maar was dan een zwaardere uitgevoerde bevestiging een oplossing? Ook in rustiger vaarwater werden door de stoommachine van het schip ongewenste vibraties gegenereerd. Bovendien bleek, dat registratie der waarnemingen op lichtgevoelig papier nodig was, want de beweging van de slingers was zo aanzienlijk en schokkerig, dat eliminatie en uitwerking van die invloeden

²⁸ W.A.Heiskanen en F.A.Vening Meinesz, *The earth and its gravity field* (New York 1958) 235.

²⁹ G.J.Bruins, "Professor Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz: bij de herdenking van zijn 100ste geboortjaar", in: *Geodesia* (1987) 447.

slechts kon worden bereikt door de verschillende slingers op precies hetzelfde moment te observeren. Nochtans zou ook dan het rollen van het schip tot een graad aan weerszijden moeten beperkt blijven. Want ook onder “rustige omstandigheden” was de horizontaliteit van het statief gedurende een waarnemingsreeks niet verzekerd en mogelijk zou dus slechts een component van de zwaartekracht per slingerpaar kunnen worden berekend.

Het was dan ook niet verwonderlijk, dat Vening Meinesz vanwege de opgedane ervaringen op het van 5 - 7 april 1923 te Maastricht gehouden Negentiende Nederlandsche Natuur- en Geneeskundig Congres opmerkte, dat er wel erg veel beperkingen bestonden aan zwaartekrachtmeting met slingerapparatuur op zee. Maar dat hij met fotografische registratie van de bewegingen van de beide slingerparen en in omstandigheden van een rustige zee nog wel hoop had op succes. Bij die gelegenheid maakte Ir. F.K.Th. van Iterson (1877 - 1957), directeur van de Staatsmijnen, Vening Meinesz erop attent, dat het wellicht mogelijk zou zijn met succes slingerwaarnemingen uit te voeren onder water aan boord van een duikboot. Zoals hijzelf onlangs had ervaren, waren op groter diepte de versturende invloeden van de zeegang veel geringer dan aan het zeeoppervlak.³⁰ Het latere succes van Vening Meinesz was deels te danken aan deze toch heel toevallige gedachtewisseling, een geval van serendipiteit ofwel “de ontdekking van iets, waar op dat moment de gedachten niet naar uit gingen”.

Overleg tussen Dr J.J.A.Muller (1856 - 1946), hoogleraar in de geodesie en kartografie te Utrecht en in Mei 1923 aangetreden als de nieuwe voorzitter van de Rijkscommissie, en Ktz.J.L.H.Luymes (1869 - 1943), Chef van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine en ambtshalve lid van de Rijkscommissie, leidde er toe, dat Vening Meinesz in juni 1923 in staat werd gesteld om de geschiktheid van zijn slingerapparaat voor metingen van de zwaartekracht aan boord van duikboot O 6 te testen.

Toen hij zich in Den Helder meldde met zijn losse verzameling instrumenten [slingerapparaat met twee paren isochrone slingers, fotoregistratie-apparaat met chronometer, lichtbron, een werkbankje en ander toebehoren] merkte een marineman schamperend op: “Die doorstaan zelfs niet een 24-urige proefvaart”.³¹ Er was dus sinds de tijd van Huygens (toen kapiteins, die met het toezicht op de proefnemingen belast waren "veel te lijden gehadt hadden en door 't scheepsvolck beschimpt en belacht werden over dit werck der nieuwe Lengdemetingh"³²) en van Forster (toen "Every thing which our sailors found not quite in the common way of a man of war, they called Experimental..the very Water distilled from Sea Water...was Experimental Water...Myself and my son were comprehended under the name of Experimental Gentlemen.." ³³) met de instelling van zeelieden terzake van wetenschappelijk onderzoek misschien nog niet erg veel veranderd! Maar ditmaal slaagde de proefneming boven verwachting, want – zo meldde de *Nieuwe Rotterdamse Courant* van 23 augustus 1923 - “inderdaad bleken

³⁰ RCG 1923, 9 – 10.

³¹ R. Fraser, “Portrait of Felix Andries Vening Meinesz”, in: *ICSU Review of World Sciences* 6 (Amsterdam 1964)112-5.

³² F.Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam 2007) 198.

³³ N. Rigby en P.van der Merwe, *Captain Cook in the Pacific* (London 2002) 77.

stilhangende slingers na een kwartier slechts een uitslag van niet meer dan acht tot tien minuten te vertonen in een duikboot, die tot een diepte van vijftien meter bij een ruwe zee in de buurt van Den Helder was ondergedoken". De door Vening Meinesz uit zijn waarnemingen berekende gemiddelde waarde van 981347 mgal kwam aardig overeen met de waarde van 981340 mgal, die hij in 1920 in Den Helder had gemeten. Het verschil was deels te wijten aan een breedteverschil equivalent aan 3 mgal, deels aan omgevingsfactoren en meetnauwkeurigheid.³⁴

"De uitkomst was zoo gunstig, dat de Commissie vrijheid vond Zijne Excellentie den Minister van Marine te verzoeken vergunning te verlenen, dat de ingenieur Dr. Vening Meinesz, voor de uitvoering van slingerwaarnemingen in het ondergedoken schip, de reis naar Indië zou meemaken aan boord van een der onderzeeboten - de K II - die met het moederschip Pelikaan in september naar Indië zou vertrekken".³⁵ Een vergunning, die op 31 juli 1923 al van de Minister van Marine werd verkregen onder de voorwaarde, dat Vening Meinesz zelf voor de kost zou betalen; "inwoning" was gratis! Alleen zouden in verband met het sterke elektromagnetische veld, veroorzaakt door de elektromotorische aandrijving van de duikboot onderwater, in plaats van nikkelstalen Invar slingers weer messing slingers gebruikt moeten worden. Maar omdat die nog onvoldoende isochroon bleken, moesten ze nog wel eerst snel worden bewerkt, paar voor paar getest en in hun precieze configuratie in het slingerapparaat gemarkeerd. Trouwens, ook de Invar slingers gingen mee voor metingen op het Oostindische vasteland.³⁶

Waar Vening Meinesz voor de dagenlange waarneming op land kon volstaan met visuele meting en middeling van de slingertijden van individuele, in tegenfase bewegende slingers, bleek door het kortere meetinterval en de grotere verstoringen, die zelfs nog in ondergedoken toestand optraden, een aangepaste waarnemingsmethodiek nodig, waartoe de fotografische registratie hem in staat stelde. Het slingerapparaat werd bij de periscoop in het metacentrum van de duikboot, waar de invloed van rollen en stampen minimaal was, opgesteld, zodanig, dat de slingervlakken een hoek van 45 graden met de lange as van de duikboot maakten. Met behulp van een samenstel van vaste prisma's en spiegels werden de gereflecteerde lichtstralen gebundeld naar een fotoregistratie-apparaat gevoerd.³⁷ Voor de door zeegang veel meer gestoorde bewegingen van de isochrone slingers toonde Vening Meinesz "theoretisch aan, dat ook bij grotere horizontale storingen, onafhankelijk van de begin-uitwijking en onafhankelijk van het verschil in fase, twee isochrone slingers zodanig slingeren, dat op elk moment het verschil van de uitwijkingshoeken ongestoord was. Dit verschil in uitwijkingshoeken kon worden beschouwd als de uitwijkingshoek van een "fictieve slinger" met dezelfde periode als de oorspronkelijke slingers. Daar ze ongestoord was, kon ze worden gebruikt voor de berekening van de slingertijd en dus van de relatieve zwaartekracht".³⁸ Het was dan ook dankzij fotoregistratie, dat de periode van de "fictieve" slinger als resultante van de bewegingsvectoren van de individuele slingers van een paar kon worden

³⁴ F.A.Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1930* Vol. I (Delft 1932) 67.

³⁵ *RCG 1923*, 9-10.

³⁶ Vening Meinesz, *Gravity expeditions* Vol. I (Delft 1932) 16.

³⁷ F.A.Vening Meinesz, "The determination of gravity at sea in a submarine", in: *Geographical Journal* LXV (London 1925) 505.

³⁸ G.J.Bruins, "Professor Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz: bij de herdenking van zijn 100ste geboortejaar", in: *Geodesia* (1987) 447.

berekend. Veldwerk was bureauwerk geworden, maar wel werk, dat nog steeds dagen van handmatig meetwerk in beslag nam.³⁹

Hoewel gedurende het begin van K II expeditie (zie Bijlage 1) de zeer ruwe zee succesvolle metingen in de weg stond, liep het instrumentarium geen schade op. Wel bleek, dat bij een overmatige uitwijking van de slingers de gereflecteerde lichtstralen buiten de beeldregistratie vielen. Dit probleem werd opgelost door ophanging van het slingerapparaat in een schommel, waarvan de rotatie-as rond de lichtbundel en langs de lange as van de duikboot viel. Die eerste fundamentele modificatie aan de standaardapparatuur werd met medewerking van de Britse Marinewerf in Gibraltar uitgevoerd.⁴⁰ Voorts moest in het waarnemingsprotocol ermee rekening worden gehouden, dat gedurende een meting voortstuwing van de duikboot nodig bleef om voldoende druk op de roeren te houden. De hieruit voor de duikboot resulterende snelheid - tenminste de voor de centrifugale kracht belangrijke component ervan in oost-west respectievelijk west-oost richting - vergrootte respectievelijk verkleinde het verschil tussen gemeten en theoretisch afgeleide zwaartekracht. En moest dus met een zogenaamde "Eötvös"-correctie worden verdisconteerd.⁴¹

Zou uit het gedrag van de slingers op de beoogde locatie blijken, dat de omstandigheden voor een geldige meting vervuld waren, dan werd gedurende zo'n dertig minuten, terwijl de opvarenden zich muistil hielden, een standaard protocol afgewerkt, dat zich behalve door de gelijktijdige operatie van de slingerparen en de fotoregistratie van hun bewegingen, niet van dat op land onderscheidde. De duur van een meting was meestal met dertig minuten lang genoeg om de invloed van een verticale stoorversnelling te elimineren, de afwijkingshoek van het slingervlak met de vertikaal te middelen en de periode van de fictieve slinger te kunnen afleiden. Niet onaanzienlijke correcties werden veroorzaakt door de instrumentele parameters betreffende de temperatuur en vochtigheid van de gebruikte messing slingers, die in de duikboot aan relatief snelle veranderingen onderhevig waren, totdat het slingerapparaat in een geconditioneerde omgeving met een constante temperatuur geplaatst kon worden.⁴²

Niet alleen de radio-ontvangst van tijdsignalen liet te wensen over, maar ook hun verwerking, omdat er slechts een enkele chronometer voorhanden was. In aanmerking nemend, dat de marge in plaatsbepaling van de duikboot gedurende de meting ruim een mijl rondom was, kon nog bij ruwe zee op een diepte van twintig meter met een nauwkeurigheid van vijf mgal een bruikbare zwaartekrachtmeting worden gedaan. Daarbij moest van de duikboot wel de verticale snelheidscomponent minder dan 15 cm/sec blijven en de amplitude van de rol minder dan een graad naar weerszijden.

Een voorlopige samenvatting van het op de K II uitgevoerde onderzoek werd nog in 1924 door de Rijkscommissie onder verantwoordelijkheid van Vening Meinesz gepubliceerd met als titel *Observations de Pendule sur la Mer pendant un voyage en sousmarin de Hollande à Java* (Delft, 1924).

³⁹ Vening Meinesz, "Determination", 504.

⁴⁰ Vening Meinesz, *Observations*, 2.

⁴¹ Vening Meinesz, *Observations*, 4.

⁴² *Ibidem*, 3.

De met de KII-expeditie in 1923 opgedane ervaringen verwerkte Vening Meinesz in 1924 in het ontwerp voor een geïntegreerd zwaartekrachtmeetapparaat. Hierin zouden drie (isochrone) slingers in eenzelfde vlak moeten slingeren. Door de buitenste twee in tegenfase te doen slingeren, werd de systeemeigen slinger “feedback” via het statief geëlimineerd. Bewegingen van de middelste slinger, die geen begin uitwijking kreeg, konden worden beschouwd als de resultante van externe, horizontaal versnellende invloeden. Door middel van een ingenieus stelsel van lenzen, spiegels en prisma’s kon de samengestelde beweging van een buitenste en de middelste slinger fotografisch worden geregistreerd. Het fundamenteel principe de storende versnelling te elimineren werd nu gerealiseerd door de gereflecteerde lichtstraal van de ene slinger gespiegeld langs de spiegel van de tweede slinger van een paar te leiden, zodat de uitgaande lichtstraal als gewenste “fictieve slinger beweging” direct kon worden geregistreerd, een vroeg voorbeeld van “optische stapeling”.⁴³

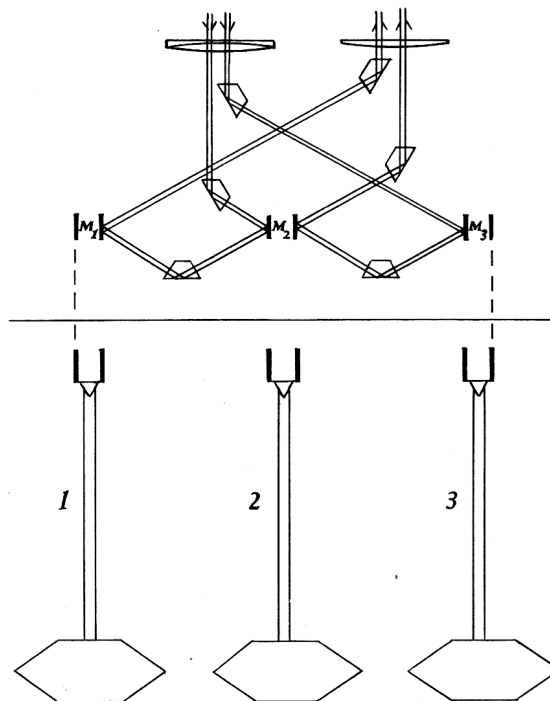


FIGURE 1. Top section represents a plan above pendulum mirrors M_i , prisms, lenses, and light paths. Lower section represents elevation of the three pendulums.

Figuur 4 Schema optische stralengang slingertoestel (Vening Meinesz, 1929)

“De verschilbeweging, die als periodiciteit van het verschil der uitwijkingshoeken [fotografisch] wordt geregistreerd, kan worden gebruikt om de slingertijd te bepalen van een “fictieve, ongestoorde slinger”.⁴⁴

Om lichtgevoelig papier gedurende de registratie van de bewegingen der beide slingerparen te besparen was de papierdoorvoer met twee snelheden regelbaar. Juist

⁴³ W. Nieuwenkamp, "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Dictionnaire of scientific biography* XIII (1976) 607.

⁴⁴ Veldkamp, *Geofysica*, 223.

uit die filmregistraties blijkt, hoe de beweging van de “fictieve slinger” in wezen een - zij het schokkerige – harmonische, door wrijving enigszins gedempte oscillatie is, die mathematisch als reeksontwikkeling kan worden behandeld. Wat Vening Meinesz dan ook in zijn dissertatie had gedaan: evenals Newton had hij zijn wiskundige virtuositeit toegepast op fysische vragen.

De voor de uitvoering van dit ontwerp en de praktische beproeving van het instrument benodigde ministeriële toestemmingen van respectievelijk het Ministerie van Waterstaat (de op het K.N.M.I. toezicht houdende instantie verleende die toestemming op voorwaarde, dat het instrument “in vrijen tijd” zou worden gebouwd) en het Ministerie van Marine (in principe werd een duikboot beschikbaar gesteld) werden binnen zes weken na de aanvraag ontvangen. Dankzij de belangeloze medewerking van de Chef-instrumentmaker van het K.N.M.I., L.M.van Rest (1875 - 1933), kon het ontwerp, waarvan de geschatte bouwkosten fl 1500,- bedroegen, al in augustus 1925 worden afgebouwd. Zowel het meet- als het registratie-gedeelte van het apparaat werd ter vrijwaring van magnetische invloeden in een metalen, bronskleurige kast geplaatst ; het geheel werd tenslotte wederom in een schommel met schokdemping geplaatst, zodat het slingervlak loodrecht op de lengteas van de duikboot kon worden gehouden. Deze, en latere constructies werden in een frame geplaatst, dat aan de ombuizing van de achterste periscoop kon worden bevestigd, zodat de beperkte ruimte in het centrum van de duikboot zo efficiënt mogelijk werd benut. Toen dit apparaat herfst 1925 op de reis met de K XI (zie Bijlage 2) naar Port Said werd beproefd, bleek, dat integratie van het fotoregistratie gedeelte met het slingerapparaat in de cardanisch opgehangen wieg vanuit het oogpunt van gebruiksvriendelijkheid verre te prefereren was. Bij de cardanische ophanging diende de as parallel met het slingervlak van de meetslingers om ervoor te zorgen, dat dit vlak zo goed mogelijk samenviel met de richting van de schijnbare zwaartekracht, d.w.z. de resultante van feitelijke zwaartekracht en verstorende versnellingen. De as van de cardanische ophanging loodrecht op eerstgenoemde as diende niet alleen te voorkomen dat een meetslinger het omhulsel raakte, maar ook om te voorkomen, dat de belasting van de messen der slingers in hun kooien aan verandering onderhevig zou zijn.⁴⁵

Wederom was het dankzij Van Rest, dat nog tijdig voor vertrek met de K XIII in mei 1926 (zie Bijlage 3) een tweede set spiegels en prisma's kon worden aangebracht om de lichtgang tussen slingers en registratie doeltreffend om te leiden binnen de cardanische opgehangen wieg. In de praktijk kon Vening Meinesz nu de registratie van de beweging van de fictieve slinger zo afstellen, dat twee centimeter (foto)amplitude met een uitwijking van 35 minuten (een centimeter) correspondeerde. Voor een meting van de zwaartekracht moest naar zo'n niveau worden gedoken, dat het cardanisch opgehangen toestel gedurende een meting niet tegen het vaste frame zou botsen, noch dat de middelste onverstoorde slinger haar maximaal toegelaten amplitude overschreed. Cardanische ophanging onderdrukte nu wel, doch elimineerde niet helemaal de invloed van scheepsbewegingen op de slingers. Daarom werden voor de nadere uitwerking van de zwaartekrachtmeting fotografisch niet alleen vastgelegd de spectra van de twee “fictieve slingers”, maar ook het

⁴⁵ Aardoom, "Drie-slingertoestel", 97 – 99.

spectrum van de gestoorde slinger, de inclinatie van het slingervlak, temperatuursverloop en tijdlijnen.⁴⁶

Met betrekking tot de praktische uitvoering der metingen adviseerde Vening Meinesz, dat men diep genoeg moest duiken om de merkbare golfbewegingen met een periode van minder dan zes seconden te vermijden, die de verdere berekeningen zouden bemoeilijken. Zoals ook versnellingen, die het honderdvijftigste deel van de te verwachten 'ruwe' zwaartekracht zouden overtreffen, moesten worden vermeden. Tenslotte moest men op zijn hoede zijn voor vibraties, die de messen met hun glijvlak zouden kunnen beschadigen en het fundament aan de verdere berekeningen zouden kunnen ontnemen.⁴⁷

Nadat nog in 1928 in het fotoregistratie gedeelte een verbeterd mechaniek was aangebracht, had het apparaat toch wel zijn definitieve vorm gekregen en was het voor industriële productie door de Nederlandsche Seintoestellen Fabriek te Hilversum gereed. Want van verschillende zijden was na Vening Meinesz' publicaties en door hem gegeven demonstraties, o.a op het congres van de Union Internationale in Praag (1927), belangstelling gerezen voor het verwerven van een slingerapparaat, ook al was de Rijkscommissie best bereid om haar eigen apparaat voor korte tijd in bruikleen af te staan. Want de kosten zouden in de crisistijd wel eens het budget van een onderzoeksinstituut te boven kunnen gaan. Men sprak van een uitgave van omstreeks de tienduizend (vooroorlogse) guldens. Er lijken dan ook maar weinig apparaten in de handel te zijn gekomen. Ook zijn er aanwijzingen, dat hier of daar een apparaat is nagebouwd: Vening Meinesz zelf herinnerde zich in ieder geval wel, dat er met in de Verenigde Staten nagemaakte toestellen nog vele duizenden metingen waren verricht.⁴⁸ Om onderzoekers bij hun metingen een steuntje in de rug te geven publiceerde Vening Meinesz middels de Rijkscommissie de handleiding "*Theory and Practice of Pendulum Observations at sea*" (Delft 1929): was Engels inmiddels de voertaal geworden in de geodetische gemeenschap?

Nadat met het slingerapparaat in zijn definitieve versie ook enkele metingen succesvol waren gedaan terwijl de duikboot in een rustige zee voer, besloot Vening Meinesz nogmaals om er experimenten aan boord van een groot passagiersschip mee te doen. Maar daarbij bleken die metingen toch nog te gestoord door de vibraties van de verschillende machines. Ook liet hij het apparaat inbouwen in een automobiel om efficiënter dan tot die tijd mogelijk was zwaartekrachtmetingen te land uit te voeren. Maar hoewel enkele metingen met succes werden bekroond, bleken op de langere duur de veren, die de slingers gedurende de verplaatsing over de weg moesten borgen, te zwak om beschadiging van de slingers en hun ophanging te voorkomen.⁴⁹

Voor ontwerp en uitvoering van een "slingerapparaat voor het doen van zwaartekrachtmetingen ter zee" begiftigde het Amerikaanse "Franklin Institute"

⁴⁶ F.A.Vening Meinesz, "Gravity survey by submarine via Panama to Java", in: *Geographical Journal* LXXI (London 1928) 145.

⁴⁷ F.A.Vening Meinesz, "The second order corrections for pendulum observations at sea", in: *KNAW LVI* (Amsterdam 1953) 227.

⁴⁸ F.A.Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 321.

⁴⁹ Vening Meinesz, *Gravity expeditions I*, 83.

Vening Meinesz in 1936 met de Howard N.Potts Medal voor zijn “distinguished work in science and mechanic arts”; een enkel jaar, nadat Igor Sykorski (1889 – 1972) dezelfde onderscheiding voor een helikopterontwerp had gekregen.

Begin 1937 toonde B.C.Browne, een jong onderzoeker verbonden aan het geodetisch instituut van de Universiteit van Cambridge (GB) aan, dat Vening Meinesz bij de uitwerking van zijn rekenformule de invloed van langperiodische storingen ten gevolge van zich vanaf het zeeoppervlak naar de diepte voortplantende deining had genegeerd. Deining met een amplitude van zes meter en een golflengte van 180 meter aan het zeeoppervlak heeft op een diepte van veertig meter nog een amplitude van anderhalve meter en - na golfdoorgang - een kleine (massa)verplaatsing tot gevolg.⁵⁰ Met de voorhanden instrumenten was de invloed van zo'n relatief langdurige waterwervel niet te observeren. Maar het door die werveling teweeg gebrachte effect van de tweede orde - de versnelling van het geheel van de duikboot - moest wel als een correctie op de ruw gemeten zwaartekracht in rekening kunnen worden gebracht. Bij een hevige deining kon dat effect - zelfs op grotere duikdiepte - wel zo'n 20 mgal bedragen, terwijl bij een normale zeegang dat effect minder dan drie mgal was. Vening Meinesz overtuigde zich van de juistheid van de gemaakte opmerkingen, “made [t]his admission gracefully and without vexation or excuses” en ging samen met Browne aan de slag om de gevolgen van de gemaakte omissie te minimaliseren.⁵¹ Het resultaat was het ontwerp voor een soort kunstmatige horizon gevormd door twee onderling haaks opgestelde horizontale slingers met een lange periode van omstreeks dertig seconden. Door aan de bestaande optische inrichting van vier spiegels, vier lenzen en 23 prisma's nog drie lenzen en dertien prisma's toe te voegen kon de stand van het slingerapparaat relatief tot die van de kunstmatige horizon continue worden geregistreerd. Bij de realisatie van dit ontwerp van de hand van M.P.Dekker slaagde D.van Lunteren, de instrumentmaker van het K.N.M.I., er in 1938 in het geheel in het frame van het drieslinterapparaat te passen. Evenals hij in 1929 had gedaan prepareerde Vening Meinesz een handleiding terzake van de theorie achter en het gebruik van het drieslinterapparaat, ditmaal met inbegrip van de handelwijze met betrekking tot de “Browne Terms”: *Theory and Practice of Pendulum Observations at Sea. Vol II* (Delft 1941)

Inmiddels hadden de door Browne opgemerkte tekortkomingen in de registratie twijfel aan de geldigheid van de resultaten van eerdere expedities doen ontstaan. Om op verschillende duikdiepten de invloed van de zeegang op de grootte van de tweede orde termen (“Browne terms”) te kunnen evalueren, ondernam Vening Meinesz nog in 1937 een expeditie met duikboot O 12 (zie Bijlage 13). Op basis van de daar gedane experimenten kon hij vervolgens met de relevante marine logboeken voor eerdere expedities, waar zeegang of deining een rol speelden, eventuele correcties op daar verkregen resultaten berekenen.⁵²

Ewing die tezelfdertijd vanuit de Verenigde Staten met een vergelijkbaar slingerapparaat - zij het voorzien van een “kristaltijdmeter” - in de Caribische Zee zwaartekrachtmetingen deed schatte de nauwkeurigheid van een doorsnee

⁵⁰ Ph. H.Kuenen, *Marine geology* (New York 1950) 70.

⁵¹ Nieuwenkamp, "Felix Andries Vening Meinesz", 608.

⁵² Ibidem 608.

waarneming ten gevolge van onzekerheden in verschillende instrumentele- en omgevingsfactoren als volgt in :

Factor	Δt (secs)	Δg (mgal)
Temperatuur	5×10^{-7}	1
Dichtheid lucht	3×10^{-7}	0,6
Regelmaat chronometer	1×10^{-7}	0,2
Helling	1×10^{-8}	0,02
Amplitude	2×10^{-7}	0,4
Meting periode	2×10^{-7}	0,4
Browne correctie		1,0
Eötvös correctie		2,0
Dieptemeting		0,2
Geografische positie		2,0
Instrument drift		1,5

Gegeven deze onzekerheden concludeerde Ewing, dat omgevingsfactoren in een routinewaarneming met Vening Meinesz' drieslingertoestel een onzekerheid van zo'n 3,6 mgal zouden introduceren.⁵³

3e Resumé

In dit hoofdstuk werden de aanzetten van Vening Meinesz' (mariene) zwaartekrachtmeting tot een wereldwijd erkende methodiek besproken.

Vanaf het midden van de negentiende eeuw noopte de ontwikkeling van de West-Europese infrastructuur tot samenwerking over de grenzen op het gebied van graadmeting en waterpassing ten behoeve van een optimale integratie van astronomisch – geodetische en driehoeksmetings gegevens met als doel de eenduidige bepaling van het te gebruiken referentieoppervlak, de geoïde, de "vorm van de aarde" op gemiddeld zeeniveau, tevens equipotentiaaloppervlak van de zwaartekracht. De (versnelling van de) zwaartekracht of "valversnelling", eventueel gevolgd door modelafhankelijke reducties, kon meestal uit slingerbewegingen bepaald worden, maar de "mobiele" ondergrond van West Nederland bleek nauwkeurige meting hier in de weg te staan. Als pas afgestudeerd ingenieur met dit zwaartekrachtsonderzoek belast, bracht Vening Meinesz theoretische overwegingen met een toestelontwerp in de praktijk, zodat uit de resulterende beweging van een in tegenfase bewegend slingerpaar storingen met een externe bron grotendeels werden geëlimineerd. Na zich op land bewezen te hebben, bleek het slingerapparaat gedurende een proefvaart op een rustige zee toch niet met het stampen en rollen van een stoomschip over weg te kunnen. Het was dan ook serendipitair, dat tijdens een lezing Vening Meinesz op de mogelijkheden van een onderwater elektrisch voortbewogen duikboot werd gewezen. Na een succesvolle proefvaart in 1923 volgde gedurende het Interbellum marien-gravimetrisch onderzoek op grote schaal door

⁵³ M. Ewing e. a., "Gravity observations at sea in US submarines Barracuda, Fisk, Conger, Argonaut and Madregal", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A. Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 57.

Vening Meinesz , die het slingerapparaat gedurig bleef verbeteren en buitenlandse onderzoekers voorlichtte met door de ontwerper geschreven handleidingen. Op internationale conferenties als ook op verschillende, nog nader te bespreken expedities met buitenlandse duikboten demonstreerde Vening Meinesz zijn drieslengerapparaat. Het feit, dat naderhand verschillende kopieën ervan intensief werden gebruikt, toont dat de overdracht van "know how" door Vening Meinesz zijn uitwerking niet had gemist.

Gedurende meer dan dertig jaar zou Vening Meinesz' zeegravimeter de beste en meest nauwkeurige ter wereld blijven. Terwijl hijzelf vooral gedurende het Interbellum met duikboten op expeditie ging, voerden onderzoekers in de Verenigde Staten van 1946 nog tot 1969 zo'n 35 tot 40 zwaartekrachtsexpedities met originele of vergelijkbare, in eigen beheer vervaardigde apparaten uit.⁵⁴ Toen in de loop van die periode girogestabiliseerde platformen operationeel waren geworden, kon ook vanaf oppervlakteschepen, uitgerust met op andere principes stoelende meetapparatuur, marien-gravimetrisch onderzoek worden gedaan. Maar de schaal van dat onderzoek zou al spoedig na de lancering van "kunstmanen" van globaal tot regionaal worden gereduceerd.

⁵⁴ www.mssu.edu/seg, geraadpleegd op 27 februari 2007.

Hoofdstuk 4 De Nederlandse Marine en mariene gravimetrie (1923 -1927)

Onder druk van de economische ontwikkelingen na de Eerste Wereldoorlog werden in Nederland het wezen en de doelstellingen van de krijgsmacht in het algemeen en de effectieve inzetbaarheid van de marine in het bijzonder onderwerp van hartstochtelijke discussie, culminerend in de nipte verwerping van de Vlootwet in 1923, gevolgd door een kabinetscrisis. Het was gedurende de onmiddellijk aan die verwerping voorafgaande periode van buitenparlementair protest, dat Vening Meinesz de gelegenheid kreeg op zee zijn gravimetrisch onderzoek met duikboten van de Koninklijke Marine te beginnen en naderhand tijdens verdere duikbootexpedities voort te zetten. Doel van het nu volgend hoofdstuk is te belichten, welke intenties een overheid – onder druk van bezuiniging en wars van steun aan wetenschappelijk onderzoek zonder direct maatschappelijk belang – gehad kan hebben om aan Vening Meinesz' onderzoek ruim baan te geven en in welke mate die overheid daarin zou slagen. Daarnaast komen de wetenschappelijke resultaten van Vening Meinesz' onderzoek ter sprake.

4a. Marine en natie

Na afloop van de Eerste Wereldoorlog waren de meningen met betrekking tot de omvang en de ontplooiing van de defensieve krijgsmacht voor Nederland en de koloniën verdeeld. Want het was onduidelijk of Nederland nu door een flexibel aangehouden neutraliteitspolitiek of door een door de krijgsmacht effectief bewaakte Vesting Holland buiten de oorlog had kunnen blijven. En was ook niet de in Indië heersende angst voor een inval door Japan ongegrond gebleken? Daar kwam nog bij, dat in de perceptie van velen hier te lande - in tegenstelling tot hen, die in “de Oost” woonden - “de Japanner” inefficiënt, weinig initiatiefrijk en niet in staat tot langdurige oorlogvoering leek. Het toenmalige, liberale kabinet zag Japan dan ook niet direct als de potentiële vijand.¹

Nochtans was het nieuw aangetreden kabinet Ruys de Beerenbrouck (1918 - 1922) van mening, dat behoud van koloniën en versterking van de internationale militaire en politieke positie onder meer uitbreiding van de oorlogsvloot noodzakelijk maakte. De vloot, die Nederland en haar koloniën - met name Nederlands-Indië - voor schendingen van de soevereiniteit moest behoeden, bestond na de demobilisatie nog uit een viertal overjarige pantser(dek)schepen, een twintigtal torpedoboten (jagers), nog wat kleiner materieel, zoals elf duikboten, waarvan er juist drie in Indië waren aangekomen en een totaal personeelsbestand van zo'n 6500 man.² Periodiek groot onderhoud moest in Nederland worden uitgevoerd, zodat met name voor Nederlands-Indië de numerieke, effectieve sterkte van de vloot minder dan gewenst was, de uitgestrektheid van de archipel in aanmerking nemend. In de ongedeelde zeemacht ontving de commandant van de Indische oorlogsvloot zijn instructies van de Commandant van de Zeemacht in Nederland, terwijl de ondersteunende - en in oorlogstijd te mobiliseren - gouvernementsmarine (met taken op het gebied van hydrografie, transport- en politiediensten) ondergeschikt was aan

¹ H.J.G.Beunders, *Weg met de vlootwet* (Bergen 1984) 44.

² L.D.de Kroon en Hays Thomas, *Van linesschip tot vliegekampship* (Amsterdam 1964) 102 ev.

de Gouverneur-Generaal en via deze aan het Ministerie van Koloniën, dat ook gelden voor de Indische oorlogsvloot fourneerde. Het was dankzij die organisatie, dat in 1899 de biologisch-oceanografische "Siboga"-expeditie kon plaatsvinden, als vervolg waarop in 1929 de geologisch-oceanografische "Snellius"-expeditie (zie Bijlage 5) zou worden gerealiseerd.³

Zo was de oorlogsvloot begin 1921 door demobilisatie, de onmogelijkheid van onderhoud en - met uitzondering van een aantal duikboten - nieuwbouw tijdens de oorlogsjaren tot een "hoop oud roest" gereduceerd, die toen geleidelijk voor de sloop leek te kunnen worden afgebouwd.⁴

Vanuit een puur strategisch oogpunt leek het kabinet zich dus terecht te hebben gerealiseerd, dat de opbouw van een vloot ter hand genomen moest worden, die ook in de wateren van de Indische archipel een geloofwaardige zeemacht zou vormen. En om ook op een langere termijn van de nodige financiële armslag te zijn verzekerd was het nodig om de te realiseren vlootopbouw in de vorm van een wet vast te leggen. Of zoals marineofficieren het stelden: "Zonder Vlootwet was de Marine uitgerangeerd".

Maar die visie druiste wel in tegen wat zich internationaal afspeelde. Waar gedurende de Eerste Wereldoorlog de belligerenten hun vloten aanzienlijk hadden moeten uitbreiden, was met de wapenstilstand een periode aangebroken, waarin een deel van die nieuwgebouwde oorlogsvloten leek te kunnen worden opgelegd en ontwapeningsbesprekingen, zoals de Conferentie van Washington (1922 - 1923), in gang konden worden gezet onder auspiciën van de net opgerichte Volkenbond, waarvan het neutrale Nederland in 1920 - zonder overtuiging - lid was geworden.⁵ Gedurende het Interbellum kregen na de zonder succes verdaagde Conferentie van Washington de ontwapeningsbesprekingen terzake van de zeemacht nogmaals de aandacht in de Conferentie van Londen in 1932 en bij het Engels - Duitse Vlootverdrag (1935), zodat uiteindelijk in 1936 met het Protocol van Londen het gebruik van duikboten internationaal aan regels zou zijn gebonden, ware het niet, dat ook dit Protocol nooit geratificeerd zou worden, voordat Duitsland in 1940 de onbeperkte duikbootoorlog afkondigde.⁶ Aan geen van die besprekingen zou Nederland, dat zich op basis van koloniaal bezit een grote mogendheid beschouwde, deelnemen.

Het was in de aanloop tot de ontwapeningsbesprekingen, dat het kabinet op basis van haar toekomstvisie een interdepartementale commissie instelde om beleidsvoorstellen te formuleren voor een "logisch samengestelde vloot". Verdediging tegen vijandelijke landingen in Indië met duikboten als hoofdwapen vormde de strategische onderbouwing in het door de Commissie-Gooszen in 1921 aangeboden voorstel tot opbouw van zo'n vloot. Daarbij dienden in principe geen schepen van een klasse zwaarder dan kruisers te behoren.⁷ Maar deze principiële keuze werd binnen de Marine al direct aangevochten. Het door de Commissie-Gooszen in 1921 voorbereide wetsvoorstel behelsde de aanleg van een Indische oorlogshaven in de

³ F.C.Backer Dirks, *De gouvernementsmarine in het voormalige Nederlands Indië 1861 - 1949* (Bussum 1986).

⁴ Beunders, *Vlootwet*, 212.

⁵ Ibidem, 50.

⁶ C.J.W.van Waning, "Vredesillusies, oorlogsdestructies en vlootwetdiscussies", in: Idem et al (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 - 1966* (Den Haag z.j.) 33 e.v.

⁷ Ibidem, 69.

buurt van Straat Soenda, de over een periode van twaalf jaar uitgespreide bouw van vier kruisers - waarvan al twee casco's jaren op stapel lagen -, 24 torpedobootjagers, 32 duikboten - waarvan toen een tiental al bijna operationeel waren -, en vier mijnenleggende duikboten. Voorts was in de aanschaf van vliegtuigen voorzien. De financiering van dit plan zou gelijkelijk ten laste van de Nederlandse en de Koloniale begrotingen moeten komen.⁸

Omdat dit plan al op voorhand in Nederland op grote bezwaren terzake van evenwicht binnen een krimpand overheidsbudget leek te zullen stuiten, liet de regering de aanleg van de oorlogshaven vallen en halveerde zij op advies van opvolgende commissies de in het plan genoemde aantallen en termijnen. Daarbij werd de strategische motivering van de Commissie-Gooszen meer en meer uit het oog verloren. Tevens besloot de regering, zolang het wetsvoorstel niet was aangenomen, door middel van jaarlijkse budgetten op termijn een minimum vlootsterkte te realiseren. "Het is dit (tweepoten) beleid geweest, waardoor onder andere de bouw van duikboten - de K-boten voor Indië en de O-boten voor het moederland - vrijwel ononderbroken voortgang heeft kunnen vinden".⁹ Na de indiening van het ontwerp Vlootwet in april 1922 besloot de Tweede Kamer om met de behandeling ervan tot na de verkiezingen in juli van dat jaar te wachten.

Deze verkiezingen waren de eerste, waarbij alle meerderjarigen (zo'n drie miljoen potentiële kiezers) hun actief kiesrecht konden uitoefenen. Ze werden gehouden tegen een achtergrond van een toen al gestaag verslechterende economie van moederland en koloniën. De drie confessionele partijen bleken bij die verkiezingen de winst te hebben behaald ten koste van de liberale Vrijheidsbond, die met vijf zetels een derde van haar aanhang verloor, en de Sociaal Democratische Arbeiders Partij (SDAP), die tien procent of twee zetels moest afstaan. Het na deze verkiezingen gevormde tweede kabinet Ruys de Beerenbrouck (1922 - 1925) telde drie ministers van Rooms-Katholieke Staatspartij (RKSP) signatuur, twee met een Antirevolutionaire (AR), twee met een Christelijk-Historische (CH) achtergrond, een van liberalen huize en twee partijloze vakministers, te weten Westerveld (1873 - 1964), een gepensioneerde marineofficier, op het Ministerie van Marine en De Graaff op het Ministerie van Koloniën.¹⁰ Dit kabinet werd er nu dus mee geconfronteerd om de eis tot begrotingsevenwicht, gebaseerd op teruglopende staatsinkomsten, met een Vlootwet-plan, dat tot hogere uitgaven voor de Marine over een periode van zes tot zeven jaar zou leiden, met elkaar te verzoenen. Nu was het in die tijd nog niet de gewoonte, dat in "achterkamertjes"-overleg de plannen van het kabinet met de regeringsfracties in de Tweede Kamer zo werden doorsproken, dat van een a-priori regeringsakkoord over dit soort belangrijke onderwerpen kon worden gesproken. Het is dus van belang om de houding van de belangrijkste kamerfracties met betrekking tot deze twee zaken de revue te laten passeren.

Het standpunt van de CHU-fractie (twaalf zetels) was het duidelijkst. De fractie verzette zich krachtig tegen ontwapening of reductie van de weermacht en beoordeelde het behoud van Indië als een peiler onder het bestaan van Nederland. Maar haar invloedrijke Minister van Financiën, De Geer, was tot groter pacifisme geneigd en stelde een evenwichtige staatsbegroting boven het behoud van de status-

⁸ J.Jungslager, *Recht zo die gaat* (Den Haag 1991) 115.

⁹ Ibidem, 127 e.v.

¹⁰ Beunders, *Vlootwet*, 115.

quo van de krijgsmacht.¹¹ Volgens de AR-fractie (zestien zetels met Colijn als leider) lieten de economische omstandigheden misschien niet toe de defensie op het vooroorlogs niveau te handhaven en moest men zijn heil mogelijk zoeken in een collectieve verdediging met andere landen, maar het defensie apparaat moest tenminste in staat zijn om de neutraliteit te kunnen waarborgen. De RKSP-fractie, met 32 zetels de grootste van de confessionele fracties, was weliswaar overtuigd van de preventieve werking van de krijgsmacht in de handhaving van de neutraliteit bij een gelijktijdig streven naar ontwapening. Maar zij was weinig onder de indruk van de Marine: de leiding veronachtzaamde de belangen van de kleine katholieke minderheid van het personeel, terwijl de overgrote meerderheid van de manschappen “rood en heidens” was.¹²

Van de oppositie partijen had de SDAP met twintig zetels de grootste Tweede Kamer fractie. Als enige stond deze in de bres voor de financiële belangen van het marinepersoneel. Nochtans was de partij van mening, dat verdere uitgaven voor leger en vloot geen zin hadden, terwijl in een door de Eerste Wereldoorlog verarmd Europa een nieuwe wapenwedloop feitelijk zeer onwaarschijnlijk werd geacht. De fractie opteerde dan ook voor een versterkte politiemacht als waarborg voor de neutraliteit, terwijl verder gaande militaire actie een zaak voor de Volkenbond zou zijn.¹³ Van de liberale fracties was de Vrijzinnig Democratische Bond (VDB) met vijf kamerzetels voorstander van inkrimping van de krijgsmacht tot een politiemacht en van nationale ontwapening op grond van de perceptie, dat ‘vrijhandel verbreedert’ (utilitair pacifisme) en dat kleine naties toch maar machteloos waren.¹⁴ De fractie van de Vrijheidsbond, die met tien zetels de grootste liberale fractie was, had zich tot dusverre nooit tegen een militaire begroting verzet. Toch waren fractie noch partij homogeen samengesteld. Onder haar leden bevonden zich marineofficieren, die fel over de te volgen maritieme strategie redetwisten; voorts protectie eisende industriëlen en vrijhandelsgezinde ondernemers, voor wie zedelijke motieven en een neiging tot pacifisme zwaarder wogen dan militaire of financiële argumenten. Tenslotte bestond er ook nog een liberale eenmansfractie, voorstander van een economische ‘laissez-faire’ politiek, waarin voor de ‘bodemloze put’ van het Vlootwet-plan geen plaats was. De twee zetels tellende fractie van de Communistische Partij Holland (CPH) zag in dat plan een voorbeeld van militarisme, dat zijn wortels in een calvinisme zou hebben, waar sinds de zondeval vrede in strijd met de menselijke natuur werd geoordeeld. De eveneens twee zetels tellende fractie van de Plattelandsbond was van mening, dat de in het Vlootwet-plan genoemde aantallen schepen altijd onvoldoende zouden blijven en de kosten de staat zouden ruïneren. Ook waren zij van oordeel dat aan de Volkenbond een grotere betekenis zou moeten worden gegeven.¹⁵

Hoewel het er dus direct na de kabinetsformatie naar uitzag, dat het ontwerp Vlootwet de tocht door het parlement zou halen, verkreeg Minister van Financiën De Geer (CHU) nochtans van Ruys de Beerenbrouck de toezegging, dat het plan en de financiële dekking door een nieuwe commissie nog voor de indiening zouden worden

¹¹ Beunders, *Vlootwet*, 110.

¹² Ibidem, 120 e.v.

¹³ Ibidem, 154.

¹⁴ Ibidem, 130.

¹⁵ Ibidem, 185 e.v..

bekeken, mede in het licht van de laatste politieke en economische ontwikkelingen. Begin april 1923 rapporteerde deze commissie, dat zij met een nipte meerderheid tot de conclusie was gekomen, dat een door haar tot de botten uitgeklede Vlootwet wel financieel haalbaar leek, maar dat de inwerkingtreding tot 1926 kon worden uitgesteld.¹⁶ Minister Westerveld weigerde evenwel enige concessie aan het originele ontwerp te doen, omdat een vloot zonder vlootbasis als operatief orgaan afgedaan zou hebben en omdat afzien van de Vlootwet in feite een eenzijdige "ontwapening" van Nederland zou voortzetten nog voordat de Volkenbond ook maar tot een internationaal garantietrakteat tegen grensschendingen was gekomen.¹⁷ Toen er in mei 1923 binnen het kabinet over het al dan niet indienen van de Vlootwet moest worden gestemd, stemde alleen minister De Geer tegen, die "bezuiniging tot veiligstelling van de Gulden verkoos boven bezuiniging tot veiligstelling van de Marine". Desondanks was het voor velen een verrassing, dat tijdens het zomerreces in juli 1923 De Geer zijn ontslag indiende.

Omdat aan het begin van het Interbellum het bindingsmechanisme tussen achterban en politieke zuilen nog in ontwikkeling was, lijkt het voor het verdere verloop van het Vlootwet debat nuttig om ook de aandacht op de buitenparlementaire organisaties te richten, met name die, welke terzake relevante groepsbelangen vertegenwoordigden. In 1923 waren er onder hen groepen, die in versterking van de krijgsmacht niet het juiste antwoord zagen op de juist door de bezetting van het Roergebied door Franse en Belgische troepen opgelopen spanning aan de grenzen; en groepen, die de op handhaving van de vrede gerichte inspanningen van de Volkenbond - met name de bevrozing van de vlootsterkteverhoudingen tussen de vijf sterkste naties, waaronder Japan - doorkruist zagen door het indienen van een Vlootwet. Daardoor kwam ook het vreedzaam-passieve internationale imago, dat Nederland naar binnen- en buitenland uitdroeg, in botsing met een agressief conservatief-nationalistische politieke koers, die het kabinet Ruys de Beerenbrouck leek aan te houden. Maar de meeste aanhang hadden het door werkloosheid getroffen, gestaag groeiende leger werklozen en groepen werkenden en gepensioneerden, die protesteerden tegen de gevolgen van de aanhoudende reeks belastingverhogingen en salarisverminderingen. En dat, om een vlootversterking te kunnen financieren. Voor hen was het beeld van "de magere ambtenaar tegenover de volvette admiraal" onverteerbaar. In mei 1923 opperde het zwak aan de SDAP gelieerde Nederlands Verbond van Vakverenigingen (NVV met 179 000 leden) een plan om aansluitend op de opening van de Staten-Generaal op 23 september 1923 in Amsterdam een demonstratie te organiseren voor handhaving van de achturen werkdag en voor medezeggenschap. Medezeggenschap was een kwestie geworden sinds de werven, waarop de kruisers "Java" en "Sumatra" werden afgebouwd, vanwege de daartoe verlangde spoed eenzijdig zonder overleg met de metaalbonden, maar na tussenkomst van de directeur-generaal van het Ministerie van Arbeid, de oud-marineofficier C.J.Ph.Zaalberg, de achturen werkdag door de tienuren werkdag hadden doen vervangen. Voorts zou de demonstratie gericht zijn tegen het aanwakkerende militarisme, zoals dat in de Vlootwet tot uitdrukking kwam. Want het leek erop, dat de financiële consequenties van die wet de verwachte vernieuwing van de sociale wetgeving konden doorkruisen. Ook de liberalere

¹⁶ Beunders, *Vlootwet*, 90.

¹⁷ *Ibidem*, 97.

ambtenarenbond, het Algemeen Nederlands Verbond (ANV) met 44 000 leden bijna de helft van de ambtenarij vertegenwoordigend, liep in die periode met de gedachte aan een demonstratief protest in september rond, gericht tegen de verdere te verwachten salariskortingen.¹⁸

De onlustgevoelens van al deze buitenparlementaire groeperingen werden in een stroomversnelling geleid, toen de redenen, die De Geer voor zijn ontslagaanvraag had aangevoerd, den volke duidelijk werden. Het was het in de Vlootwet tot uitdrukking komend militarisme, dat de opbouw van het economisch-maatschappelijk leven tegen zou houden.¹⁹ In de *Telegraaf* werd zijn opvolger Colijn – De Geer's rivaal terzake van het politiek leiderschap van het protestants-christelijk smaldeel in de Tweede Kamer - uitgetekend als “de slager van het schaap van Nederlands’ welvaren”, omdat hij wel bereid was de financiële consequenties van de Vlootwet voor zijn rekening te nemen.^{20 21}

Bundeling van antimilitaristische zowel als zich door de verdiepende economische crisis belaagd voelende groeperingen kwam tot stand in het in juni 1923 opgerichte anti-Vlootwet comité, dat zich ten doel stelde om door middel van een groots opgezette demonstratie op 23 september 1923 en een petitionnement daarna het parlement ervan te doordringen, dat een grens moest worden gesteld aan het naar navalisme zwemende kabinetsbeleid en dat naar verbeteringen op sociaal-economisch gebied moest worden gezocht.

Behalve de spoorwegen, die al vroeg bereid bleken korting op de treinkaartjes naar de plaats van de demonstratie te verlenen, maakte ook de pers in een vroeg stadium de geesten rijp. Het afwijzend standpunt van de *Telegraaf* was reeds lang bekend. De correspondent van het *Algemeen Handelsblad* - een actief lid van de belangenvereniging “Onze Vloot” - verklaarde zich in juli 1923 tegen een Vlootwet, die bezuinigingen in de weg stond. Tezelfdertijd verzette ook het *Vaderland* zich tegen de Vlootwet. Het pleitte ondermeer voor een verbod op de ‘geniepige onderzeeboot’ en beschuldigde de Marine van groepsegoïsme. En de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* vond, dat de Vlootwet nog wel even kon wachten.²² Medio augustus begonnen het NVV en de SDAP met de verzending aan hun kader van hun manifest *Weg met de Vlootwet* in een oplage van 600 000. Niet zoveel als de drie miljoen vlugschriften, die het "Comité voor Christelijke Politiek" deed verspreiden, waarin onder de titel *De Waarheid over de Vlootwet* werd beklemtoond, dat de Vlootwet niets kostte en onmisbaar was als Nederland "de baas" in eigen rijksgedebied wilde blijven. Maar het NVV/SDAP manifest was wel veel effectiever. Want de zeer succesvol verlopen protestmars in Amsterdam op 23 september trok 65 000 tot 80 000 demonstranten. Na die mars was alleen de positie van de katholieke pers nog ongewis. De *Maasbode* stelde begin oktober vast, dat toen nog geen enkel katholiek blad, op *De Tijd* na, de Vlootwet ernstig had verdedigd, maar dat in het algemeen kritiek overheerste.²³ Het zorgvuldig begeleide petitionnement, dat aan de vooravond van het kamerdebat op 16 oktober 1923 werd aangeboden,

¹⁸ Beunders, *Vlootwet*, 169.

¹⁹ Ibidem, 136.

²⁰ Ibidem, 116 e.v.

²¹ G.Puchinger, *Nederlandse Minister-Présidenten van de twintigste eeuw* (Amsterdam 1984) 149.

²² *Vlootwet*, 141.

²³ Ibidem, 122.

verzocht de Tweede Kamer het ontwerp Vlootwet-1924 te verwerpen en was voorzien van ruim een miljoen handtekeningen, wat betekende, dat zo'n dertig procent van het electoraat het ondersteunde.

Het vraag- en antwoordspel tussen kabinet, regeringspartijen en oppositie was in eerste instantie min of meer voorspelbaar. Minister Westerveld - volgens de vereniging "Onze Vloot" "the right man on the right place" - verloor wel wat aan goodwill door zijn star vasthouden aan het door het kabinet voorgestelde, waar opposanten modificaties op enige, voornamelijk ondergeschikte punten voorstelden. Hij was er dan ook - mede op basis van de verwachte, ruime kamermeerderheid van de regeringspartijen - van overtuigd het pleit te zullen winnen. Maar toen het op stemmen aankwam bleek een tiental dissidente RKSP kamerleden - grotendeels diegenen, die in nauw contact met de nog verspreide katholieke arbeiders beweging stonden - zich tegen de Vlootwet te hebben gekeerd evenals alle liberalen, zodat de wet met 50 tegen 49 stemmen werd verworpen, waarbij de CHU-er Gerretson als enige wegens ziekte bij de stemming afwezig was.²⁴

De verwerping van de Vlootwet-1924 had dan wel een kabinetscrisis tot gevolg, maar bij gebrek aan alternatieven besloot men uiteindelijk door te gaan met - voor Indië - bijgestelde doelstellingen terzake van de zeemacht. Minister Westerveld zou met verdere bezuinigingen de opbouw van de vloot gaan "temporiseren". De opdracht "door actie in zee beletten, dat de vijand met betrekkelijk geringe middelen in den Archipel vaste voet verkrijgt" werd gewijzigd in "het tegengaan van neutraliteitsschendingen en daarop gerichte operaties, zoals deze kunnen worden ondernomen door lichte strijdkrachten".²⁵ Op grond van een advies van de Raad van State werden in 1927 door de regering de "Grondslagen voor de verdediging en de organisatie van de weermacht in Nederlandsch-Indië" vastgesteld. Terzake van de zeemacht zou nu gelden, "dat de neutraliteitshandhaving op Java wordt vervuld door het Leger met steun van de Vloot; in de gewesten buiten Java, door de Vloot, die daarbij op bijzondere kwetsbare punten door het Leger wordt gesteund".²⁶

De discussies voorafgaande aan en gedurende het kamerdebat lijken wel te hebben aangetoond, dat er in het oog van het publiek heel wat schortte aan de presentatie van de Marine in Nederland en overzee. Een minister, "stroef en humorloos", nauwelijks voor tegenargumenten vatbaar²⁷ en marineofficieren, die publiekelijk en in het *Marineblad* zich tegen elkaar afzetten met betrekking tot de te prefereren maritieme strategie²⁸ ondergroeven de geloofwaardigheid van de leiding van de zeemacht. De Marinestaf voelde zich te zeer een exclusief gezelschap om naar de gunst van het grote publiek te willen dingen evenals de vereniging "Onze Vloot", de in 1906 opgerichte maritiem-industriële lobby groep.²⁹ Daar kwam nog bij, dat de marineorganisatie werd achtervolgd door haar interne, maar ongefundeerde verdenking, dat het lager personeel "een gevaar voor de binnenlandse veiligheid" zou zijn, "rood en heidens". Tenslotte hield de gesloten bedrijfsstructuur van de marine

²⁴ *Vlootwet*, 198.

²⁵ Jungslager, *Recht zo die gaat*, 144.

²⁶ *Ibidem*, 203.

²⁷ *Vlootwet*, 194

²⁸ *Ibidem*, 138 e.v.

²⁹ *Ibidem*, 79.

zelf de schrijvende pers op grote afstand en voorzag het het publiek alleen zo nu en dan van in eigen beheer gemaakte foto's. Voor een buitenstaander droegen al deze factoren er niet toe bij het apparaat van de marine als een voor zijn taak berekende zeemacht te kunnen beschouwen, nog afgezien van de toestand van het materieel. En daaraan kon het pas in 1921 opgerichte Algemeen Nederlands Comité "Onze Marine" nog maar weinig veranderen: haar tijd zou nog komen.

De politieke strubbelingen over de te volgen koers na de verwerping van de Vlootwet in oktober 1923 hadden verder tot gevolg, dat een "vakminister" aan de top van het Ministerie van Marine in 1925 het veld moest ruimen en door een politicus werd opgevolgd; en dat in 1928 het Ministerie van Marine als departement in het Ministerie van Oorlog werd geïntegreerd.

4b Marine en buitenland

De relatie van Nederland met de geallieerden in de periode volgend op de beëindiging van de Eerste Wereldoorlog kon op zijn minst enigszins gespannen genoemd worden. Oorzaken hiervan waren ondermeer de weigering van Nederland om Keizer Wilhelm II uit te leveren, de tot in 1919 voortdurende vordering van Nederlandse handelsschepen door de geallieerden en territoriale aanspraken van de kant van België.

De ontwikkelingen terzake van de vernieuwing van de vloot werden in het buitenland dan ook met enige achterdocht gevolgd. Nog voor de publicatie van de plannen van de Commissie-Gooszen schreef de *New York Times* op 20 augustus 1920 verontrust, dat "Nederland met China en Japan in de Westelijke Stille Oceaan de dienst zou willen gaan uitmaken". De krant baseerde zich daarbij mede op de potentie van de voorziene duikbootvloot om oorlogs- en troepentransportschepen de toegang tot de Indische wateren te kunnen ontzeggen. Na de beëindiging van de Eerste Wereldoorlog waren immers de Duitse bezittingen in de Stille Oceaan als mandaatgebied grotendeels aan Japan toe geweest. Daardoor beheerste Japan alreeds de aanvoerlijnen tussen de Verenigde Staten en diens bezittingen in de Filippijnen. En Nederland zou toch niet van het Indische archipelgebied ook een "mare nostrum" willen maken?

Het in 1923 gesloten vlootverdrag van Washington - waar Nederland geen partij in was - had dan ook mede tot doel de kans op een internationale crisis in het Stille Oceaan gebied te verkleinen. En in aansluiting op het in dat verdrag vastgelegde terzake van de slagvloot werden er gedurende het Interbellum nog verschillende conferenties belegd met als doel duikboten als "verboden wapens" te classificeren. Er was kennelijk zoveel achterdocht tussen de partijen ontstaan, dat er de Nederlandse regering veel aan gelegen was om - ondanks de eigen opbouw van een duikbootvloot, terwijl andere landen tot ontwapening overgingen - haar bedoeling om terzake van Indië een neutraliteit-handhavende politiek na te volgen, duidelijk kenbaar te maken. Het was die politieke doelstelling, die de grenzen van de defensie-strategie, waarvan de marinestrategie een onderdeel was, trok.³⁰ In dat plaatje kwam

³⁰ J. Anten, *Navalisme nekt onderzeeboot. De invloed van internationale zeestrategieën op de Nederlandse zeestrategie voor de defensie van Nederlands Indië, 1919 – 1942* (Amsterdam 2011).

aantoonbaar vreedzaam gebruik van duikboten, zoals voor marien-gravimetrisch onderzoek, mooi van pas.

4c Duikboten voor de wetenschap

In het in oktober 1923 verworpen ontwerp Vlootwet-1924 was voorzien om over een periode van zes tot zeven jaar uitgesmeerd de overgang van de bestaande maar verouderde vloot naar een moderner opgebouwde vloot van half de sterkte als door de Commissie-Gooszen was voorgesteld, te realiseren. Daarbij kwam, dat nieuwbouw beperkter en minder ambitieus was geworden, omdat in de voorziene vloot een deel van het voorhanden materieel kon worden geïntegreerd.³¹ Mede daardoor zou de uitstraling van de vloot minder afschrikwekkend en meer in overeenstemming met het doel van preventie tegen inbreuken op de soevereiniteit worden gebracht. Maar zo deze opzet mocht falen, dan behoorde de zeemacht tenminste te kunnen optreden tegen opzettelijke en ernstige schendingen van de neutraliteit.³²

Bij de uitwerking van dit concept bleek voor de Onderzeebootdienst een belangrijke rol weggelegd, die er in tot uitdrukking kwam, dat tussen 1924 en 1940 twaalf (640 - 1020 tons) duikboten aan het voor dienst in de koloniën aangewezen vlootcontingent konden worden toegevoegd, ten dele overigens ter vervanging van enig verouderd materieel. Duikboten werden tenslotte als defensief wapen bij uitstek beschouwd, omdat de duikboot bijstand behoefde van een bovenwaterschip om zijn lanceerpositie te bereiken.³³ Die boten kregen de prefix K-, omdat bouw en operationele kosten mede ten laste van het budget van het Ministerie van Koloniën kwamen. Voorts werden er acht duikboten gebouwd, bestemd voor de kustdefensie van Nederland en van West Indië; zij kregen de prefix O-.³⁴ Anders dan bij de bouw van grotere oorlogsbodems was technologische kennis en kunnen in niet-industrieel Nederland voldoende aanwezig om deze duikboten nu geheel in eigen beheer - meestal in twee tot drie jaar - te kunnen bouwen. Mede daardoor waren deze boten relatief goedkoop te produceren en dat - tezamen met een relatief kleine bemanning - was een aantrekkelijk aspect in een tijd van budgettaire krapte.

Terwijl na de beëindiging van de Eerste Wereldoorlog en de Conferentie van Washington de belangrijkste zeemachten hun duikbootvloot afbouwden, zette de Koninklijke Marine duikboten op stapel, waarvan in het ontwerp de gedurende die oorlog opgedane ervaringen waren verwerkt. Aan het exterieur vielen op de grotere afmetingen, de langere periscoop en het universeel geschut, maar ontbraken de bij oudere duikboten zo kenmerkende dekbuizen. Onderdeks had de benzinemotor voor dieselmotoren moeten wijken. De actieradius van de duikboot was groter geworden, zowel bij boven- als onderwatervaart. De voor dienst in tropische wateren bestemde K-boten waren bovendien voorzien van een "airconditioning" systeem, en dat niet alleen om de accumulatoren te koelen. Die "luxe" moge overigens niet verhullen, dat ook de hoge luchtvochtigheid in de tropische wateren het uithoudingsvermogen van

³¹ Jungslager, *Recht zo die gaat*, 133 noot 107.

³² Ibidem, 182.

³³ Ibidem, 183.

³⁴ C.J.W.van Waning, "Vredesillusies, oorlogsdestructies en vlootwetdiscussies", in: Idem e.a. (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 81.

de bemanning zwaar op de proef stelde. Gedurende het Interbellum completeerde nieuw ontwikkelde radio- en geluidstechnische apparatuur de uitrusting van de duikboot en kwam gedurende de in- en afbouw de functie van "officier belast met het nautisch militair toezicht" in zwang; veelal zou deze zeeofficier / technische duizendpoot de latere oudste der aangewezen commandanten van een nieuwe serie duikboten blijken te zijn geworden.³⁵

Terwijl de personeelssterkte van de Marine als geheel afnam, groeide de sterkte van de (overwegend blanke) bezetting van de Onderzeebootdienst. Omdat alleen jongeren, vrijwilligers onder de leeftijd van 35 jaar, bij die Dienst konden dienen, betekende dat wel, dat hun tijd voor scholing en operationele training efficiënt moest worden besteed om hen snel tot een betrouwbaar team te kunnen smeden. "Onderzeebootman was een typisch jeugdberoep. Het leven aan boord een mengeling van leger en gevangenis: er is een strenge hiërarchie, een beperkte ruimte en een strak ritme. Maar ook een sterk gevoel van individuele verantwoordelijkheid voor het welzijn van de groep". Het verblijf aan boord was dan wel niet zo bekrompen als op Duitse duikboten, waar de bemanning kooien moest delen, maar ook op de K-boten was de toiletruimte zeer beperkt: het grote toilet was de zee. Duikbootpersoneel was dan ook vaak te herkennen aan "bleke gezichten, de geur van dieselolie, baarden, bevlekte plunje en meeldauw op het schoeisel". Maar...werken op een duikboot was financieel aantrekkelijk. "Een financiële vergoeding, jaarlijks dan wel maandelijks, zal worden uitgekeerd, alsmede een onderwater toelage berekend naar het aantal uren, dat de boot in geheel ondergedompelde toestand heeft gevaren, verkregen door samenvoeging van alle tijdsduren van onderdompeling, die vijftien minuten of langer geduurd hebben. De vaste toelage wordt voor hen, die voor het eerst bij de Onderzeedienst zijn geplaatst met de helft vermeerderd..." heette het in 1906.³⁶ Dat betekende omstreeks 1925 dat een officier met een salaris van fl 300,- per maand en enige honderden duikuren à fl 6,- per uur zich aanzienlijk beter af voelde dan een gehuwde oudere officier bij een andere vlootdienst.³⁷

Het feit, dat het personeel over en weer in Nederland en in Indië diende, maakte het noodzakelijk, dat in Nederland met de hier gestationeerde O-boten zoveel mogelijk in vlootverband werd geoefend. In Indië werd de tactische scholing van duikboot bemanningen voortgezet in eskaderverband met oppervlakteschepen en vliegtuigen. Daarbij vormde de onderlinge berichtenwisseling nog een groot struikelblok. De in de heldere wateren van de archipel diep ondergedoken duikboten waren vanuit de lucht dan wel goed zichtbaar, maar ze waren nauwelijks aanspreekbaar of tot (onderlinge) communicatie in staat. Reden, waarom aan de ontwikkeling van (onderwater) communicatie installaties (radio- of geluidsseinen) groot belang werd gehecht. Allengs groeide voorts de behoefte om ervaring op te doen en te oefenen met in een verband samenwerkende duikboten, ook buiten aanwezigheid van een bovenwatervloot.³⁸

Een speciaal trainingsaspect vormden de lange reizen heen en weer tussen het moederland en Indië. Tot 1920 voeren daarheen gedirigeerde duikboten alleen

³⁵ C.J.W. van Waning, "De groei van de onderzeedienst", in: Idem et al (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906-1966* (Den Haag z.j.) 125 e.v.

³⁶ Van Waning, "Vredesillusies", 92.

³⁷ Van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 155.

³⁸ Ibidem, 147 e.v.

overdag, begeleid (geconvoyeerd) door een oppervlakteschip. Maar daarna kwam ongeconvoyeerde vaart voor duikboten in zwang, waarbij de noodzaak om tussenhavens aan te doen sterk werd gereduceerd, met als bijkomend aspect, dat de bemanning er in werd getraind om langdurig operationeel inzetbaar op zee te zijn. Een noodzakelijke activiteit, waarin de Nederlandse duikbootbemanningen gedurende het Interbellum zouden excelleren. Want op grond van ervaringen opgedaan in 1905 tijdens de Russisch-Japanse zeeslagen in Straat Tsjushima, waar de Russische Oostzee vloot na een maandenlange zeereis uitgeput en onvoorbereid totaal werd verslagen, werd door experts aangenomen, dat voor elke duizend afgelegde zeemijlen de effectieve inzetbaarheid van bemanning en schip met wel tien procent moest zijn gedaald. Langdurige, ongeconvoyeerde zeereizen met regelmatige duik oefeningen zouden mogelijk aan dit euvel een halt kunnen toeroepen.³⁹

4d De eerste zwaartekrachtsexpedities....

Als laatsten van een groep van zes duikboten, die de regering gedurende de Eerste Wereldoorlog op stapel had gezet om de kern van de koloniale duikbootvloot te vormen, lagen de K II, de K VII en de K VIII al sinds begin 1922 met het depotschip, Hr.Ms."Pelikaan", op toestemming voor vertrek naar de Oost te wachten. Maar nog in 1922 werd de uitzending van dit onderdeel op verzoek van de Indische regering een jaar uitgesteld wegens haar penibele financiële situatie ten gevolge van de inmiddels ontstane economische crisis. Zo zou uiteindelijk de groep na de viering van het zilveren regeringsjubileum van Koningin Wilhelmina vertrekken, en wel op 18 september 1923, de dag waarop in de Troonrede het voorstel Vlootwet-1924 naar buiten zou worden gebracht. De voorbereidingen en het vertrek zouden zodoende ook enigszins aan de toenmalige, marine-vijandige publiciteit kunnen worden onttrokken.

Voor Vening Meinesz daarentegen was de periode na april 1923 - toen hem werd gesuggereerd om een ondergedoken duikboot als stabiel platform voor zwaartekrachtmeting ter zee te benutten - een drukke tijd geworden. Van de uitvoerbaarheid van dat idee had hij zich kunnen overtuigen gedurende proeven in juni op de Noordzee, waar hem dankzij de volle inzet van de al eerder genoemde Dr. J.J.A. Muller (1856 -1946), de nieuwe voorzitter van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, en door tussenkomst van het ambtshalve lid van die Commissie Ktz J.L.H.Luymes (1869 - 1943), Chef van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine, de O 6 - een duikboot, die daar al bezig was met experimenten in (onderzeese) radio-communicatie - ter beschikking werd gesteld.⁴⁰ De resultaten van de slingerproeven bleken - zoals beschreven - van dien aard, dat de Rijkscommissie aan de Minister van Marine (een oud marineofficier) om toestemming verzocht Vening Meinesz aan boord van een van de duikboten van bovengenoemde groep de reis naar Indië te mogen doen meemaken om zijn slingerapparatuur verder op bruikbaarheid voor het doen van zwaartekrachtmetingen ter zee te beproeven. Toestemming, die - ondanks de commotie ter zake van het ontwerp Vlootwet-1924 - nog eind juli 1923 werd ontvangen met de mededeling, dat Vening Meinesz een

³⁹ J.L.George, *History of warships* (London 1999) 81.

⁴⁰ Jungslager, *Recht zo die gaat*, 168 noot 71.

rekening zou krijgen voor zijn verteringen in de officiersmess. Ondanks de hoopvolle afloop van de proeven op de Noordzee was het Vening Meinesz overigens toch wel gebleken, dat de bewegingen van de slingers aan boord van de O 6 veel gestoorder dan op land waren. En voorts, dat in de ondergedoken boot de electromotoren een magnetisch veld genereerden, dat verstorend op de nikkelijzeren Invar slingers werkte. In het eerstgenoemde euvel kon worden voorzien door de constructie (binnen zeer korte tijd!) van hulpapparatuur voor de gelijktijdige, fotografische registratie van de bewegingen van de twee slingerparen, die eerder visueel in "real time" werden geanalyseerd. Daardoor kon dus directe waarneming door interpretatie van afbeeldingen achteraf worden vervangen. Voor de bouw van de registratieapparatuur had chefinstrumentmaker L.M.van Rest (1875 - 1933) van het K.N.M.I. - voorzover het "incidenteel werk" betref - van de Minister van Waterstaat toestemming gekregen. Vervanging van de Invar slingers door messing slingers, die wel gevoeliger waren voor (redelijk controleerbare) temperatuursinvloeden, ondervangt het andere euvel. Maar die slingers moesten toch nog wel eerst op het basisstation De Bilt worden gekalibreerd.⁴¹ Van Vening Meinesz' penningmeesterschap van de reüniecommissie voor het XV^e lustrum van het Delfts Studenten Corps zal die zomermaanden wel niet veel gekomen zijn.

Op 17 september was het dan zover, dat Vening Meinesz zich met zijn apparatuur kon inschepen op de K II (zie Bijlage 1), waar hij zich van de overige bemanningsleden onderscheidde door zijn rijzige gestalte en zijn leeftijd - 36 jaar -, die voor anderen het einde van hun "actieve onderzeedienst" zou hebben betekend. Op de via het Suez-kanaal naar "de Oost" te varen route zouden in de Middellandse Zee respectievelijk in de Indische Oceaan – zoveel mogelijk langs eenzelfde parallel van west naar oost varende - op regelmatige afstanden metingen gedaan worden, zodat door onderlinge vergelijking van de ruwe resultaten eventuele zwaartekracht-anomalieën al snel aangetoond konden worden. Al direct na vertrek op 18 september liet de zee zich volgens Vening Meinesz van zijn minst gewenste kant zien:

"Het begin van de reis, die mijn eerste zeereis was, viel niet mee. Er stond een frisse bries, die in storm overging en zodra wij buitengaats waren, slingerde en stampde de boot sterk. Ik trok mijn walplunje uit en mijn khaki boordplunje aan en daar binnenboord velen zeeziek waren, zocht ik mijn heil op de toren. Dat viel echter ook niet mee. De beschutting was slechts een over het hekwerk bevestigde kanvaslap, die door de tegen de toren opslaande golven kletsnat werd en water doorliet. Het leven op de toren was meer avontuurlijk dan comfortabel. Wij voeren in kiellinie achter de "Pelikaan" aan, de KII sloot de rij. Voor ons uit zagen wij de andere schepen flink te keer gaan, de "Pelikaan", die hoog boven op de golven lag, nog het meest. Tot bij de noordwestkust van Spanje bleef het stormachtig, zodat wij niet onderwater konden gaan. Van slingerwaarnemingen kon dan ook niets komen. Ik, die nog nooit op zee was geweest, heb die dagen de zee van zijn wildste kant leren kennen".⁴²

⁴¹ Aardoom, "Drie-slingertoestel", 97.

⁴² Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 316.

Het *Marine Jaarboek 1924* schreef, dat gedurende die eerste stormdagen tal van technische gebreken aan de duikboten aan de dag traden, zoals lekkende naden, verbogen lanceerbuizen en gebroken "kommaliewant". En terwijl Vening Meinesz eens in zijn kooi lag, deed een stormvlaag het persoonlijke eigendommen regenen uit een kastje boven hem...."Hoe het onder die omstandigheden binnen de duikboot was, kun je alleen op grond van eigen ervaring bevroeden: zelfs al was je bestand tegen zeeziekte, dan nog plaagden je de hevige schommelingen van de boot, de benauwende atmosfeer in het scheepje, de klamme kleding, die maar niet droog wilde worden in de vochtige ruimte en al die andere ongemakken, groot of klein".⁴³ Gedurende de resterende overtocht kregen de schepen geregeld motorpech, in het bijzonder Hr.Ms."Pelikaan". Tijdens de daardoor optredende vertragingen voerden de duikboten onderwater sein- en slingerproeven uit: zwaartekrachtmeting lijkt niet de hoogste prioriteit te hebben gehad.

Ook na het verlaten van het Atlantische stormgebied bleek, dat alleen bij erg rustige zee de invloed van het rollen van de duikboot op de slingers te verwaarlozen was. Mogelijk werd de ondervonden instabiliteit van de KII mede veroorzaakt door haar beperkt reservedrijfvermogen; een euvel, waarover terzake van de K I door Ltz G.L.Schorer, de grondlegger van de Onderzeedienst, eerder was geschreven "dat het drijfvermogen (15%) van deze boot voor langdurig gebruik in open zee te gering is....Dit vermindert natuurlijk in hoge mate de bewoonbaarheid. Van zee dwars-in ondervindt de boot niet de minste last."⁴⁴ Op de Britse Marinewerf in Gibraltar kon - dankzij medewerking van vele kanten - naar ontwerp van Vening Meinesz een wieg voor zijn apparatuur gemaakt worden, waarvan de schommelas in de lengte van de duikboot liep om de invloed van het rollen verder te elimineren.

Voor het doen van de metingen werd de apparatuur in de commando ruimte geplaatst tussen de aanvals- en de navigatieperiscoop. Ter bescherming tegen ongewenste lichtinval kon de apparatuur met een lichtdichte doek worden afgeschermd, van waaronder Vening Meinesz - in gebukte houding - de loop der waarnemingen kon controleren. In tropisch warme wateren met een gloeiende wolframboomglamp als belichting was dat een onaangenaam karwei, zo meldde de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* op 28 november 1923. En dat gold ook voor de overige bemanningsleden, die de horizontale trim van de duikboot niet in gevaar mochten brengen door onverhoedse bewegingen.

Ondanks een weinig goeds voorspellend begin van de proefreis bleek bij aankomst in Batavia, dat met het slingerapparaat in de wieg op 26 locaties ter zee en op zes locaties in aanloophavens de zwaartekracht met succes was gemeten.⁴⁵ Ruwe berekening toonde aan, dat de nauwkeurigheid van de resultaten tussen 1 : 125 000 en 1 : 200 000 varieerde. Met uitzondering van een paar observaties rond Ceylon toonden de langs het traject over de Indische Oceaan gemeten waarden een geringe variatie van de zwaartekracht in tegenstelling tot de sterk variërende waarden gemeten langs het traject in de Middellandse Zee. Desondanks bleven er nog heel wat zaken, die voor verbetering vatbaar leken: het echolood, de chronometrage en last, but not least...het samenstel van slingers en opnameapparatuur. Want - zo

⁴³ Vening Meinesz, *Gravity expeditions I*, 20.

⁴⁴ Van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 134.

⁴⁵ F.A.Vening Meinesz, "The determination of gravity at sea in a submarine", in: *Geographical Journal* LXV (London 1925) 501.

redeneerde Vening Meinesz - waar uit twee slingers de beweging van een hypothetische slinger kan worden geconstrueerd, zouden al met drie slingers (en niet met de beschikbare vier) de bewegingen van twee hypothetische slingers moeten kunnen worden afgeleid.

Vening Meinesz keerde in maart 1924 naar Nederland terug, na in het Meteorologisch Instituut te Batavia een zwaartekracht basisstation voor Nederlands-Indië te hebben gevestigd. Op de terugreis werden aan boord van een groot passagiersschip van de Stoomvaart Maatschappij "Nederland" nog enige experimenten gedaan met het slingerapparaat, maar het bleek, dat bij rustige zee zelfs op zo'n schip geen stabiele basis voor zwaartekrachtmeting kon worden gevonden. Na zijn terugkeer verifieerde hij - zoals hij na alle expedities zou doen - de werking van het slingerapparaat nogmaals op het basis station in De Bilt en bevond, dat het de reizen goed had doorstaan. Als controle, dat tussen begin en einde van een expeditie het slingerapparaat onveranderd had gefunctioneerd, was dat erg belangrijk, omdat pas uit de relatie tussen de periodiciteit van een bepaalde meting op zee en die op het basis station in De Bilt de feitelijke zwaartekracht in eerstgenoemd meetpunt kon worden afgeleid.⁴⁶

Van de door Vening Meinesz in verschillende aanloophavens gedane verslagen van zijn ervaringen werd geregeld in de Nederlandse dagbladers melding gemaakt. Na terugkeer in Nederland zou hij zelf regelmatig voordrachten over zijn ervaringen houden, met of zonder "lantaarnplaatjes". Bottema schreef over een zo'n lezing: "Eigen herinneringen aan Vening Meinesz gaan terug tot de twintiger jaren toen ik als jeugdig toehoorder een voordracht van hem mocht bijwonen over zijn slingers, waarvan de indruk onverbleekt is".⁴⁷ Met de door Vening Meinesz eind april 1924 op het Internationaal Congres voor Technische Mechanica in Delft gegeven voordracht kregen volgens de *Nieuwe Rotterdamse Courant* van 26 april de op de K II reis behaalde meetresultaten internationale bekendheid en hoop op de erkenning, die nodig was om de medewerking van de overheid voor de realisatie van verder onderzoek ter zee veilig te stellen. Erkenning gesteund door "de reeds talloze bewijzen ontvangen van de belangstelling die deze waarnemingen in het buitenland hebben gewekt", zoals de Rijkscommissie daags na terugkeer van Vening Meinesz in haar *Jaarverslag 1923* meldde, met dank voor "de in zo ruime mate ondervonden medewerking van de Marine".

Omdat Vening Meinesz bij de uitvoering van zijn onderzoek aan boord van de K II wel had gemerkt, dat aanpassing van de slingerapparatuur aan de op zee gevolgde waarnemingsmethodiek gewenst was, zette hij zich - voorzover de uitwerking van de op de K II verkregen ruwe meetresultaten hem die tijd lieten - aan een ontwerp daartoe. De ambtelijke weg tussen idee en praktische realisatie moest overigens nog wel gebaad worden. Want het zou al heel frustrerend zijn, als de Marine zou afzien van verdere medewerking aan het project. Gelukkig bleek Vening Meinesz een goede indruk te hebben achtergelaten, zodat - toen tijdens een onderhoud in juli 1924 tussen de Voorzitter van de Rijkscommissie en Vening Meinesz met de Minister van Marine dit punt ter sprake kwam - laatstgenoemde niet afwijzend reageerde. Toestemming tot technische ondersteuning van het project, die

⁴⁶ Vening Meinesz, *Gravity expeditions I*, 25.

⁴⁷ Bottema, "In memoriam", 199.

het K.N.M.I. aan de Minister van Waterstaat had gevraagd, werd begin 1925 ontvangen "mits de aangewezen Chefinstrumentmaker, L.M.van Rest, de werkzaamheden in vrije tijd zou doen uitvoeren", zoals trouwens was voorgesteld. Definitieve toestemming voor een duikbootexpeditie naar Indië, maar dan in westelijke richting via het Panama-kanaal, werd op 17 maart 1925 van de Minister van Marine verkregen, behoudens instemming van de Minister van Koloniën en nog te treffen voorzieningen in zake de bevoorrading. Ten laste van het Ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen bracht in april 1925 de Rijkscommissie behalve de aanschaf van een nieuwe tijdmetr (kosten fl 950,-) ook de geschatte kosten van ongeveer fl 1500,- voor het nieuwe slingerstoestel in rekening.⁴⁸ Nadat zo ook dat financieringsprobleem uit de weg was geruimd, kon Chefinstrumentmaker Van Rest aan de slag - in zijn vrije tijd - met Vening Meinesz' nieuwe ontwerp, zoals in Hoofdstuk 3 beschreven. Deze apparatuur kon gedurende de expeditie met de K XI (zie Bijlage 2) in oktober en november 1925 worden beproefd en voldeed - na enige kleine aanpassingen - volledig aan de verwachtingen. Daarom kon de Rijkscommissie eind 1925 in haar *Jaarverslag* schrijven, dat "het resultaat dezer reis is, dat het vraagstuk der slingerwaarnemingen op zee geacht kan worden definitief te zijn opgelost".

Op de expeditie van 1926 met de K XIII (zie Bijlage 3) - een zusterschip van de K XI - zou dit apparaat ten volle zijn waarde moeten bewijzen. De operationele doelstelling van deze bijna 21 000 mijl lange vaartocht naar Indië via een westelijke route was het beproeven van het uithoudingsvermogen van bemanning en schip gedurende langdurige, ongeconvoyeerde vaart naar Indië via Panama. Sinds 1922 bestonden hiertoe plannen, maar pas na de succesvolle overtocht van de K XI via het Suez-kanaal achtte men de bedrijfszekerheid van de duikboot voldoende en de uitvoering dan ook technische verantwoord.⁴⁹ [Bij wetenschappelijke expedities buiten de routine vaarroutes werden ook toen nog bij voorkeur vaartuigen gebruikt, die naast zeil- ook (hulp)-stoomvermogen bezaten. Daarvan was het in 1915 te water gelaten korvet "Meteor" bij de Duitse Atlantische Oceaan-expeditie van 1925 dan ook voorzien.] De wetenschappelijke doelstelling, die aansloot op de operationele doelstelling, was het doen van marien-gravimetrisch onderzoek, gericht op sluiting van een wereldomspannende band van zwaartekrachtmetingen op het noordelijk halfrond, op de ontrafeling van complexe geodetische of geologische vraagstukken, zoals de bepaling van enige van de geografische lengte afhankelijke term in de internationale zwaartekrachtsformule, de status van een vermoed isostatisch evenwicht op de oceanen en de relatie tussen zeebodem reliëf en zwaartekracht. De voorgenomen vaarroute was dan ook een compromis tussen het scheepstechnisch mogelijke en geëiste en het wetenschappelijk gewenste: een dokbeurt in San Francisco om de vaartvertragende aangroei van algen aan de scheepshuid te verwijderen en zwaartekrachtmetingen binnen een strook tussen de tien en twintig graden Noorderbreedte.⁵⁰ Aan de standaarduitrusting van de duikboot inclusief de slingerapparatuur moest nog vlak voor vertrek het volumineuze "lodingstoestel", een

⁴⁸ Aardoom, "Drie-slingertoestel", 97 e.v.

⁴⁹ C.van der Linden en M.S.Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indie. Een onderzeeboottocht van meer dan 20 000 zeemijlen* (Amsterdam 1927) 17.

⁵⁰ F.A.Vening Meinesz, "Provisional results of determinations of gravity, made during the voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java", in: *KNAW XXX* (Amsterdam 1927) 744.

“Hughes sonic depthfinder”, worden toegevoegd, waarvoor in het volbeladen scheepje nog slechts in de enige hangkast aan boord plaats kon worden gevonden. Over speciale reddingsmiddelen voor deze toch buitengewone expeditie werd nauwelijks gesproken: een jol lag vastgesjord op het achterdek.

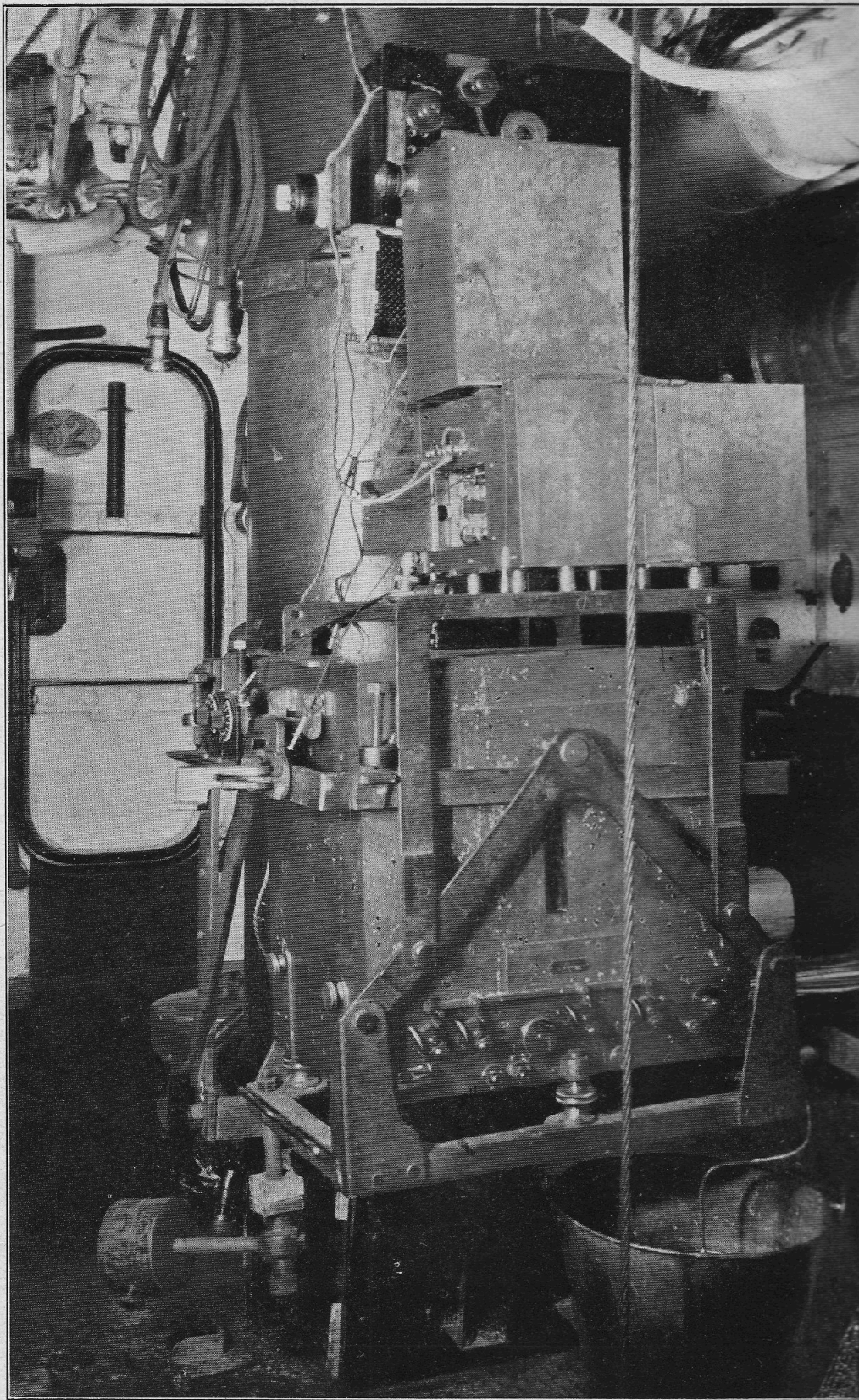
Vening Meinesz, die “boven de sterkte” aan de bemanning van 31 koppen onder commando van Ltz1 L.G.L.van der Kun (1892 - 1962) was toegevoegd, schreef later, dat “het vermoedelijk voor de eerste maal was, dat een buitenstaander gedurende zoo langen tijd met onze marine heeft meegedeeld en dat in zo nauwe aanraking, als het leven aan boord van een onderzeeboot uit den aard der zaak met zich meebrengt”.⁵¹

Met ononderbroken overtochten van achtereenvolgens 17 dagen / 3635 mijl over de Atlantische Oceaan en van twaalf dagen / 2132 mijl gevolgd door nog eens 18 dagen / 3470 mijl over de Stille Oceaan bewezen bemanning en schip, dat zij op hun taken berekend waren. De op het Atlantisch traject afgelegde afstand overtrof zelfs de technische gespecificeerde actieradius van de duikboot! Gedurende het laatste traject over de Stille Oceaan werd geen enkel ander schip gepeild: bewijs, dat bij een onvoorziene gebeurtenis de bemanning geheel op zichzelf zou zijn aangewezen. Zoals het *Algemeen Dagblad* van 23 januari 1963 meldde, bestond het zelfs toen nog, toen luchtverkenning en radar routinematig als hulpmiddel bij opsporing werden toegepast, dat een klein marinevaartuig, het ms “Kais”, nog zes weken spoorloos met motorpech op de Stille Oceaan kon rondrijven!

Door de K XIII werden in totaal 88 dagen in de haven en 112 dagen op zee doorgebracht, waarbij 108 maal een duik oefening werd gehouden. Daarbij “moet de bemanning steeds, en vooral onderwater varende, ernstig zijn en zich strikt aan de voorgeschreven regels houden. Daarom werd het gewone ‘oorlam’ der Marine aan boord niet uitgereikt” vertelde in een “drooggelegd” San Francisco een bezorgde Commandant Van der Kun tijdens een interview met de *New York Times* op 30 augustus 1926. En inderdaad liet een bemanningslid slechts eenmaal een steekje vallen, toen ten zuiden van Java op weg naar het Christmas Eiland de boot tot 80 meter diepte wegzonk, ver beneden de toegelaten duikdiepte.⁵² Zelden ook liet de zeegang toe, dat een dekluk voor ventilatie voor langere tijd geopend bleef, zodat onderdeks de atmosfeer vaak te snijden was. Er zal dan ook wel wat gefoeterd zijn, toen de “ijsmachine”, die de temperatuur onderdeks nog enigszins dragelijk [dat is beneden de 35 graad Celsius !] diende te houden voor een langere tijd de dienst weigerde. En vanwege de dagelijkse duik was aanbrengen van een tentdak als verkoeling tegen de felle tropenzon aan dek niet realistisch. Maar de duiktoelage, accumulerend uit 108 duiken ten behoeve van de zwaartekrachtmetingen, zal wel veel goed gemaakt hebben bij de bemanning, die Vening Meinesz’ bronskleurig

⁵¹ Van der Linden en Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indië*, passim.

⁵² F.A.Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 319.



SLINGERTOESTEL VAN DR. VENING MEINESZ IN DE CENTRALE VAN DE K XIII.
Er voor ziet men de spandraad van de voorperiscoop, welke neergelaten, met
1 m.M. speling langs het toestel schuift.

Figuur 5 Werkopstelling van het slingertoestel

toestel al gauw het "Gouden Kalf" noemden. Vening Meinesz zelf verraste de bemanning zo nu en dan met een praatje over het werk, waarmee hij bezig was, en over wat hem daarbij was opgevallen. Zo werd hij al spoedig door de bemanning als "professor" aangesproken, terwijl de officiële bevestiging van die status nog wel even op zich zou laten wachten. Maar de traditionele distantie tot deze "gentleman scientist" bleek aanmerkelijk geslonken.⁵³

Op twee na werden alle zwaartekrachtmetingen met succes op film geregistreerd; die resultaten bewezen de bedrijfszekerheid van het slingerapparaat in zijn toenmalige vorm. De directe registratie van de beweging van de fictieve slinger bracht de tijd nodig voor de uitwerking van de gegevens van twee dagen tot enkele uren terug. Bleek dus Vening Meinesz' "Gouden Kalf" aan ieders verwachtingen te voldoen, dat kon niet gezegd worden van de door de Britse Admiraliteit als uitvloeisel van hun "Anti Submarine Detection" programma ontwikkelde "Hughes Sonic Depthfinder": speciaal bij bovenwatervaart overstemde de door de golfslag veroorzaakte ruis het uit de diepte gereflecteerde signaal. Dit toestel bleek een "White Elephant". Daarom moest voor de bepaling van de diepte tot het bodemreliëf weer op bestaande middelen worden teruggevalen. Daarover was Vening Meinesz terecht zeer teleurgesteld. Maar voor het overige bleef de reis met de K XIII voor hem in zijn verhalen en terzake van de wetenschappelijke resultaten veel belangrijker dan welke latere reis dan ook.⁵⁴

4een de door Vening Meinesz verkregen resultaten

De tijdens de beschreven expeditie in de jaren 1927, 1928 en 1929 verkregen ruwe zwaartekrachtsgegevens werden door Vening Meinesz met assistentie van personeel van het K.N.M.I. in "vrijen tijd" bewerkt (en later nogmaals door personeel van de US Coast and Geodetic Survey in Washington). Tot en met de K XIII expeditie van 1929 / 30 werd bij elke nieuwe expeditie met de nummering van de meetlocaties weer opnieuw begonnen, zodat uiteindelijk verschillende, niet identieke meetlocaties dezelfde nummers droegen. Om aan deze verwarrende toestand een einde te maken, werden omstreeks 1930 de locaties hernummerd, zodat ieder door Vening Meinesz ingemeten punt van een uniek, opvolgend nummer was voorzien en de basis voor een toekomstige, wereldomvattende databank werd gelegd.

De ruwe zwaartekrachtgegevens werden volgens een vast protocol eerst gecorrigeerd voor systeemeigen variabelen⁵⁵ en vervolgens middels het in Hoofdstuk 3 beschreven proces van reductie- en isostatische correcties herleid. Vergelijking van de resulterende waarde met de normaalwaarde van de zwaartekracht ter plaatse zou - in het geval van een belangrijk verschil - op de aanwezigheid van een abnormale massa- en / of krachtenverdeling kunnen wijzen, een belangrijke afwijking in de evenwichtige opbouw van de aarde.

Aan het begin van de twintigste eeuw waren enkele, toch enigszins van elkaar verschillende "normaalzwaartekracht"-formules in zwang, maatgevend voor de

⁵³ Van der Linden en Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indie*, 165.

⁵⁴ B.J.Collette, "Vening Meinesz' knik-hypothese en de Theorie van Wegener", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 31.

⁵⁵ F.A.Vening Meinesz, *Theory and practice of pendulum observations at sea* (Delft 1929) 87.

waarde van de zwaartekracht op gemiddeld zeeniveau voor een willekeurige lengte en breedte. Al die functies waren afgeleid op basis van het Theorema van Clairaut, maar verschilden in uitkomst door verschillen in de veronderstelde vorm van de aarde (een twee- of drie-assige omwentelingsellipsoïde) en / of afplating. Idealiter zou de normaalfunctie de aantrekkingskracht op een "geoïde" van een theoretische aarde moeten representeren, waarvan de massadelen in volledig evenwicht ("isostasie") waren onder invloed van rotatie en wederzijdse aantrekking, en waar geen topografisch reliëf bestond buiten of onregelmatigheden binnen het "geoïde"-oppervlak. Het verschil tussen "rekenellipsoïde" en "geoïde"-oppervlak zou dan te gering zijn om een zwaartekrachtsanomalie weg te cijferen. Waar de versnelling van de zwaartekracht - zoals doorgaans gemeten - de gradiënt van de geoïde - als potentiaaloppervlak - is, zou zelfs het ene oppervlak uit het andere kunnen worden afgeleid, mits de massaverdeling over de gehele aarde bekend zou zijn.

Het bleek Vening Meinesz, dat de uitkomsten van metingen op zee minder grillig varieerden dan vergelijkbare metingen op land: de oceaanwaterlaag als medium, waarin gemeten werd, is dikker en homogener en storende massa's verder verwijderd dan op land. Bovendien is erosie als onvoorspelbaar, het behoud van isostatisch evenwicht tegenwerkend, agens in de oceaan goeddeels afwezig. De resultaten van de K XIII expeditie wezen uit, dat de Stille Oceaan als geheel in een regionaal, gemiddeld zwak (zes mgal) positief, isostatisch evenwicht leek te verkeren. Waar het net van metingen voldoende dicht was, kon geconstateerd worden, dat de positieve anomalieën in velden en de negatieve anomalieën in smalle stroken optraden.⁵⁶ Desondanks stuitte Vening Meinesz op soms aanzienlijke verschillen tussen gemeten, isostatisch gereduceerde zwaartekrachtswaarden en de normaalwaarde van de zwaartekracht.⁵⁷

Met de metingen van de K II vormden de metingen van de K XIII een rond de wereld in een strook tussen 20 ± 10 graden Noorderbreedte besloten serie metingen, waar het zwaartekrachtsveld op gemiddeld zeeniveau (de geoïde) elke tweehonderd zeemijl was bemonsterd. Zodoende kwam Vening Meinesz tot de overtuiging, dat een lengteterm, die in enige, uitsluitend op landdata gebaseerde "internationale zwaartekracht formules" aanwezig was, niet door zijn op het noordelijk halfrond verkregen gegevens werd bevestigd: er werden derhalve geen aanwijzingen gevonden voor een systematische afplating van de equator, die dus beter door een cirkel dan door een ellips kon worden gerepresenteerd. De "rekenellipsoïde" leek derhalve een twee-assige te zijn. Dit in tegenstelling tot de conclusies van Helmert in 1901 en Heiskanen in 1925, die beiden - enkel gebaseerd op zwaartekrachtmetingen te land - een drie-assige "rekenellipsoïde" hadden gepostuleerd.⁵⁸ Het verloop van het zwaartekrachtsveld van oceaan naar continent duidde erop, dat in principe het beginsel van isostasie even geldig was in het oceaangebied als op de continenten. De resultaten bevestigden dus het vermoeden, dat de aardkorst onder

⁵⁶ J.Veldkamp, "Zwaartekracht", in: B.G.Escher e.a. (red.) *E.N.S.I.E.V* (Amsterdam 1948) 40.

⁵⁷ *TAG 2 45* (1928), 116 e.v.

⁵⁸ F.A. Vening Meinesz, "Provisional results of determinations of gravity, made during the voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java", in: *KNAW XXX* (Amsterdam 1927) 752.

de oceanen min of meer in isostatisch evenwicht verkeerde met de continentale korst.⁵⁹

Aan de hierboven gesuggereerde relatie tussen de door slingerapparaten gemeten versnelling van de zwaartekracht en de zwaartekrachtspotential van het geoïde oppervlak werd in 1849 door G.G.Stokes (1819 - 1903) een mathematische vorm gegeven in het naar hem genoemde theorema, dat een verband bracht tussen zwaartekrachtanomalie en de plaats van de geoïde ten opzichte van de "rekenellipsoïde". De voor toepassing van dat theorema op een bepaald deel van de aarde vereiste kennis van de massaverdeling in de gehele aarde wist Vening Meinesz in 1928 in de naar hem genoemde formules te reduceren tot kennis van de zwaartekracht in het betreffende deel en een strook er omheen. De massaverdeling in verder verwijderde delen van de aarde zou maar weinig invloed hebben.⁶⁰ De in de afleiding van de formules gedane simplificaties terzake van de globale massaverdeling resulteerden slechts in verwaarloosbaar kleine geometrische discrepanties. Anderzijds hadden die simplificaties wel tot gevolg, dat het zwaartepunt van de resulterende geoïde enigszins verschoof en niet meer precies met het geometrisch centrum van de aarde behoefde samen te vallen.⁶¹ De "Vening Meinesz" formules zouden gebruikt worden voor de bepaling van de afmetingen der aarde, voor berekeningen bij driehoeksmetingen op grote schaal, de conversie van lokale geodetische systemen, de bepaling van geodetische controlepunten en de berekening van afstanden volgens de astro-geodetische methode. Tevens leidde Vening Meinesz nog formules af voor de extrapolatie van het zwaartekrachtsveld naar de ruimte tot een afstand van enkele honderden kilometers.⁶² Met de "Vening Meinesz" formules kon niet alleen lokaal de geoïde ten opzichte van de "rekenellipsoïde" worden gesitueerd, maar ook de "schieflodafwijking" worden berekend. Het bleek, dat in het algemeen over continentale gebieden de geoïde iets boven, en in oceaangebieden iets beneden de "rekenellipsoïde" was gelegen. Maar er waren ook verrassende uitzonderingen. In voornoemde strook in de Stille Oceaan bleken er regionale afwijkingen te zijn, waar het verschil tussen geoïde en "rekenellipsoïde" - met variaties tussen -70 en +150 meter - groter was dan verwacht. Daaruit maakte Vening Meinesz op, dat slechts een gemiddelde waarde - en geen uniek getal - aan de afplating van de aarde kon worden gegeven: de afplating varieerde van meridiaan tot meridiaan.⁶³ Op een regionale schaal waren er toch nog grote gebieden in de oceaan, waar regionaal isostatische onevenwichtigheden bleken te bestaan, waarvan het verloop deels werd gereflecteerd in het reliëf van de zeebodem, die toch heel wat

⁵⁹ F.A.Vening Meinesz, J.H.F.Umbgrove en Ph.H.Kuenen, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1932* Vol II (Delft 1934) 98.

⁶⁰ F.A.Vening Meinesz, "Wat de reis van Hr.Ms. K XVIII voor den vorm van de geoïde opleverde", in: *TAG* 2 54 (1937) 3 e.v.

⁶¹ F.A.Vening Meinesz, "A formula expressing the deflection of the plumbline in the gravity anomalies and some formulae for the gravity-field and the gravity-potential outside the geoid", in: *KNAW XXXI* (Amsterdam 1928) 316 e.v.

⁶² G.J.Bruins en J.G.J.Scholte. "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* Vol 13 (1967) 299.

⁶³ F.A.Vening Meinesz, "Gravity survey by submarine via Panama to Java", in: *Geographical Journal* LXXI (London 1928) 154.

gecompliceerder was dan door de zeekaarten werd gesuggereerd. Sommige van die gebieden zouden onderwerp voor toekomstige studies worden.⁶⁴

Maar over het algemeen gaven de resultaten van Vening Meinesz' expedities tot dan toe voldoende overtuigende argumenten - ook voor diegenen, die daar nog aan mochten twijfelen - ten gunste van het bestaan van een toestand van isostasie, waarvan het aantonen enkel gebaseerd op zwaartekrachtmetingen te land met "addertjes onder het gras" was bezaaid.

Vening Meinesz werd een gevraagd spreker terzake van de door hem als onderzoeker aan boord van een duikboot opgedane ervaringen. Toentertijd bestond in Engeland de gewoonte om aan het verslag van een lezing ook iets over de daaropvolgende discussie te vermelden. Uit zo'n verslag van een door Vening Meinesz in 1927 gehouden lezing blijken de toehoorders onder de indruk van "het slingerapparaat als resultaat van een voorbeeldig uitgewerkt dynamisch principe" en van de persoon Vening Meinesz, "wiens kwaliteiten als theoretisch en experimenteel onderzoeker en moedig ontdekkingsreiziger men maar zelden in een persoon verenigd vond."⁶⁵

In Nederland kregen de wetenschappelijke prestaties van Vening Meinesz in 1927 erkenning in zijn promotie van (Hoofd)ingenieur bij tot Lid van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in de Kartografie en de Geodesie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht (als opvolger van Dr. J.J.A.Muller) en zijn co-optatie als lid van de KNAW.

4f Marine en samenleving (1923 – 1927)

De tocht van de K XIII bleek voor de Marine van grote propagandistische waarde. "Dat op 27 mei 1926 de K XIII de Hollandsche wateren had verlaten, zal op dien datum tot weinige landgenoten doorgedrongen zijn, daar pas na de groote ruchtbaarheid, die de Amerikaansche bladen aan de reis gegeven hadden, er ook in Nederland belangstelling ontstond".⁶⁶ Die "ruchtbaarheid" kwam in de Verenigde Staten waarschijnlijk mede tot stand dankzij de Science Service, een in 1919 ontstaan samenwerkingsverband tussen de Amerikaanse Associatie ter Bevordering van de Wetenschappen (A.A.A.S.) en Scripps Newspaper Enterprise Association, die populair-wetenschappelijke artikelen als "Scientist to weigh the floating earth. Dutch geodesist will use submarine to test truth of new theory" (*The New York Times*, 20 september 1925) efficiënt over de landelijke pers wist te verspreiden.⁶⁷ De aankomst omstreeks Koninginnedag 1926 van de K XIII in de mistige haven van San Francisco was niet alleen het eerste bezoek sinds 1919 van een Nederlands marineschip aan de Amerikaanse Westkust, maar ook een "bewijs van durf, dat grote indruk in dit sportland maakte" zoals in Nederland *Het Vaderland* zes (!) weken later rapporteerde. Want de uit dit soort grensoverschrijdend wetenschappelijk onderzoek

⁶⁴ Vening Meinesz, "Provisional results", 753.

⁶⁵ Vening Meinesz, "Gravity survey", 159.

⁶⁶ Van der Linden en Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indië*, 38.

⁶⁷ D.J.Kevles, *The physicists. The history of a scientific community in modern America* (New York 1997) 171.

sprekende "frontier"-mentaliteit van alle betrokkenen zal de Amerikanen zeker hebben aangesproken. Na aankomst – zo schreef de *Nieuwe Rotterdamse Courant* op 29 september 1926 - wachtte “de bemanning een ontvangst, zoals men nooit had durven verwachten”.

Met zulke verslagen raakte het publiek ook in Nederland meer geïnteresseerd in het wel en wee van de K XIII: de enkele voor het vertrek aan de K XIII gewijde krantenartikelen werden vanaf oktober 1926 gevolgd door een kleine twintig artikelen tot de terugkeer in april 1927 van Vening Meinesz; die werd toen zelfs namens de Minister van Marine a.i. verwelkomd! Hij was, met commandant Van der Kun, onmiddellijk bij aankomst van de K XIII in Soerabaja - waar men nog nauwelijks van de schok van de Novemberopstand bekomen was - door de regering benoemd tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau; bewijs, dat de regering van mening was, dat de samenleving baat had gehad bij de geleverde prestatie. Baat, die in een grotere waardering van de bevolking voor de Marine en een verbeterde verstandhouding met de Verenigde Staten tot uitdrukking zou zijn gekomen. Met de door de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing aan de individuele bemanningsleden uitgereikte draagmedaille ter herinnering aan de tocht van de K XIII werd hun onmisbare bijdrage aan het succes gehonoreerd.

De benoeming van schout-bij-nacht L.J.Quant, “een uitnemend gastheer, die bovendien beter als zijn meeste tijdgenoten de grote waarde begreep van goede betrekkingen met “de wal” in het algemeen en met de pers in het bijzonder” tot Commandant van Willemsoord lijkt een volgende stap van de regering te zijn geweest om de relaties met pers en publiek te verbeteren.⁶⁸ Ltz2 D.C.M.Hetterschij, die als commandant van de K XVIII later nog een rol in Vening Meinesz' leven zal gaan spelen, werd toen als Quant's adjudant aangesteld. Quant zou nog in juni 1927 tijdens een door de AVRO uitgezonden “Radio-marine avond” wijzen op “de schitterende reis om de wereld van de K XIII”. Zonder twijfel stimuleerde hij ook de uitgave van het door C.van der Linden en M.S. Wytema - beiden officieren van de K XIII (en later ook tezamen op de K XVIII) – “fris van de lever vertelde relaas “*Met Hr. Ms. K XIII naar Nederlandsch-Indië*”, een levendig, pakkend, uitermate humoristisch” geschrift volgens de *Nieuwe Rotterdamse Courant* van 28 november 1927.

4g Resumé

Vanaf het begin van het Interbellum dwongen de economische omstandigheden de regering tot bezuiniging en tot het zoeken naar een compromis tussen ontwapening en geloofwaardige neutraliteitshandhaving. Met name voor de vervulling van laatstgenoemde opdracht overzee zou zij op de Marine een beroep moeten kunnen doen. Maar uit de nipte verwerping van de Vlootwet in 1923, waarin verhoging van het budget van de Marine ten koste van de salarissen van ambtenaren leek te gaan, bleek, dat de regering nog een lange weg had te gaan om het publiek te overtuigen van de onmisbaarheid van een geloofwaardige Marine.

De door de Marine aan de realisatie van Vening Meinesz' marien-gravimetrisch onderzoek gegeven medewerking bleek – mede dankzij de media, die het geleverde ook als "sportieve" prestatie interpreteerden – zeer tot de verbeelding van de bevolking te spreken. Bovendien bleken trainingseisen voor nieuwe

⁶⁸ Van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 156 e.v.

duikbootbemanningen goed samen te kunnen gaan met de uitvoering van zwaartekrachtmetingen ter zee en werd de aanwezigheid van een "burgeronderzoeker" als Vening Meinesz, die goed met de bemanning bleek te kunnen omgaan, niet ervaren als een teken van naderend onheil. In het licht van al dit realiseerde de regering zich, dat Vening Meinesz' onderzoek van grote propagandistische waarde zou kunnen zijn ten behoeve van de zo gewenste imagoverbetering van het indertijd nogal gesloten bolwerk, dat de Marine was.

Door expedities met de K II en de K XIII kreeg Vening Meinesz de beschikking over een reeks van ruwweg equidistante waarnemingen binnen een brede gordel juist benoorden de evenaar, die hem er van overtuigde, dat de aardvorm door een twee-assige omwentelingellipsoïde het dichtst werd benaderd. Tevens bleken de oceanen – waarin tot dan toe nauwelijks enige betrouwbare zwaartekrachtmeting was gedaan – regionaal welhaast in isostatisch evenwicht te verkeren. Evenwel kwamen lokaal significante afwijkingen voor. Op basis van de verkregen inzichten wist Vening Meinesz de naar hem genoemde formules, die ondermeer de referentie-ellipsoïde aan de geoïde relateerden, en een formule, die het mogelijk maakte om het aards zwaartekrachtsveld voorwaardelijk naar de ruimte te extrapoleren, af te leiden.

De door de regering aan de respectievelijke bemanningsleden uitgereikte onderscheidingen getuigden ervan, dat zij van mening was, dat de Marine aan de aan haar gestelde verwachtingen jegens de samenleving had voldaan.

Hoofdstuk 5 Internationale samenwerking en kennisoverdracht (1928 - 1940)

Vening Meinesz' duikbootreizen hadden niet alleen bij andere zeemachten, maar ook bij wetenschappelijke onderzoekers in het buitenland veel belangstelling gewekt. Niet alleen bleken laatstgenoemden graag door Vening Meinesz geïnformeerd te worden over de theoretische achtergronden en het gebruik van zijn slingertoestel - het enige toenmaals bekende apparaat om op zee zwaartekrachtmetingen te doen -, maar ook over de procedures, die hij volgde bij de verwerking van de ruwe waarnemingen tot bruikbare gegevens en de conclusies, die hij daaruit trok. Na een beschouwing over de ontwikkelingen op het gebied van de internationale geodetische organisatie sinds het einde van de Eerste Wereldoorlog zullen in het nu volgend hoofdstuk de verschillende buitenlandse expedities, waar Vening Meinesz de bruikbaarheid van zijn slingertoestel demonstreerde, worden besproken. Tenslotte worden de plaats van Vening Meinesz in de internationale organisatie en de mate, waarin zijn werk aan de intensivering van de internationale samenwerking bijdroeg, belicht.

5a De groei van een internationale organisatie

Door het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog was aan de samenwerking binnen de "Association Geodesique Internationale", waarin "Potsdam" een centrale rol speelde, een einde gekomen. Aan de statutaire verlenging van het charter in 1916 namen dan ook maar een paar landen - waaronder Nederland - deel, die toen een kerngroep vormden, de "Geodetische Associatie der Neutralen", vormden.

Om internationale samenwerking op wetenschappelijk gebied weer op gang te brengen werd in 1919 als overkoepelende organisatie de International Research Council (IRC) opgericht, alleen toegankelijk voor geallieerde en - op uitnodiging - neutrale staten; Duitsland of Oostenrijk waren van deelname uitgesloten. De exclusiviteit van deze organisatie leidde in Nederland tot emotionele tonelen onder leden van de Koninklijke Academie van Wetenschappen, toen aanvaarding van de uitnodiging in discussie werd gebracht, maar verhinderde die niet.⁶⁹

Hoewel de "Geodetische Associatie der Neutralen" bezwaren had tegen het opgeven van haar autonomie ten gunste van integratie binnen het groter verband van de International Research Council, aanvaardde zij een uitnodiging om in mei 1922 in samenspraak met IRC's divisie "Union Geodesique et Geophysique Internationale" tot nadere regelingen voor samenwerking te komen. Voor de Rijkscommissie resulteerde dit erin, dat zij in januari 1923 toetrad tot bovengenoemde Union. De Union kwam om de drie jaar in plenaire vergadering bijeen en zo werd de vergadering in 1924 in Madrid de eerste, waarbij de Rijkscommissie vertegenwoordigd was. Ditmaal nog alleen in de "Section de Geodesie", waarvan sinds 1919 de Amerikaan William Bowie (1872 - 1940) de voorzitter was. Over die vergadering berichtte de correspondent van de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* op 6 oktober 1924, dat na opening door Koning Alfonso XIII Bowie's toespraak in het Engels eerst nog in het Frans moest worden

⁶⁹ W.Otterspeer en J.Schuller tot Peursum – Meijer, *Wetenschap en wereldvrede. De Koninklijke Akademie van Wetenschappen en het herstel van de internationale wetenschap tijdens het Interbellum* (Amsterdam 1997) 237.

herhaald, waarna alle verdere officiële zaken in het Spaans werden afgehandeld. Blijkens de verslagen hadden toen bij een aantal geodetische diensten - zij het noch bij de United States Coast & Geodetic Survey (USC&GS), waar Bowie de leiding had, noch bij de Nederlandse Rijkscommissie - militairen een belangrijke vinger in de pap. De Nederlandse bijdragen aan de bijeenkomst bestonden uit een rapportage over gedane werkzaamheden en voordrachten in de Franse taal door Vening Meinesz over de resultaten van zijn slingerproeven te land, en ter zee aan boord van de K II. "Een in het Frans gesteld voorlopig bericht met gedetailleerde mededelingen werd rondgedeeld in de vergadering", die ten besluite "de Nederlandsche gedelegeerden verzocht aan de ...Minister van Marine den dank der Section over te brengen voor de aan Vening Meinesz verschaftte gelegenheid tot uitvoeren zijner waarnemingen..." Een nadrukkelijk aanbod van Bowie om - vanwege het belang, dat aan de metingen van de K II expeditie werd gehecht - de tijdverslindende uitwerking van de ruwe gegevens door de USC&GS belangeloos te doen uitvoeren, werd door de Rijkscommissie geaccepteerd. Voorts werd op de vergadering besloten om als internationaal erkend geodetisch referentie-oppervlak de ellipsoïde van John Hayford (1868 - 1925) te adopteren met de door hem in 1910 berekende waarden voor de afplatting ($1 / 297$) en de lengte van de halve grote as (6378 388 m). Waarden, die niet veel verschilden van de door Helmert in 1915 of door De Sitter in 1924 voor Europa berekende. Ook op dit terrein vroeg de beëindiging van de Eerste Wereldoorlog kennelijk om een nieuw, onbesmet begin.⁷⁰

Terwijl Nederland in 1924 nog slechts door leden van de Rijkscommissie bij de "Section de Geodesie" van de Union was vertegenwoordigd, namen in 1927 bij de zitting van de Union in Praag naast hen ook afgevaardigden van de Nederlandse Nationale Raad voor Geodesie en Geophysica aan vergaderingen van de "Section de Geophysique" deel. Vening Meinesz presenteerde hier de eerste resultaten van de K XIII expeditie, die een verdere ruggesteun voor de adoptie van Hayford's ellipsoïde vormden. Dat was dan ook een der redenen, dat de USC&GS aanbod ook de reductie en correctie van de ruwe waarnemingen van die expeditie voor eigen rekening uit te voeren. Berekeningen, die door het personeel van het K.N.M.I. "in vrijen tijd" en anoniem ook al werden gedaan. Op Vening Meinesz' voordracht volgde voor een grote kring belangstellenden een geslaagde demonstratie van de werking van zijn slinger toestel.⁷¹

5b Overdracht van technische "know-how"

In de Verenigde Staten

De United States Coast & Geodetic Survey (USC&GS) kwam in 1878 als federaal instituut tot stand ten gevolge van de verbreding van het werkterrein van de uit 1830 daterende US Coast Survey met dat van de uit 1803 daterende National Geodetic Survey. Sindsdien werd de USC&GS ermee belast om naast het in kaartbrengen van de kustgebieden het gehele Noordamerikaanse vasteland in een geodetisch netwerk in te passen. Het ging hier om het soort van toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek, dat om haar dienstbaarheid aan de federale landinrichting van groot

⁷⁰ RCG 1924, 14 e.v.

⁷¹ RCG 1927, 14.

economisch nut was en daarom wel voor federale financiering in aanmerking leek te kunnen komen, maar zich slecht verdroeg met integratie in de Hydrografische Dienst van de Marine; een activiteit derhalve, die niet dan na langdurig beraad in het Allison Committee in 1886 bij uitzondering als federaal te financieren natuurwetenschappelijk onderzoek kon blijven worden aangemerkt.⁷²

Een belangrijke zaak, waarmee de USC&GS al spoedig te maken kreeg, was de feitelijke afbakening van de grenzen tussen Canada en de Verenigde Staten en tussen Canada en (recentelijk verworven) Alaska. Waar in de "Oude Wereld" de - veelal natuurlijke - grenzen na lange jaren van strijd fysiek waren afgebakend, was de grens tussen Canada en de Verenigde Staten in het Oregon Treaty van 1846 grotendeels op een kaart getrokken langs de 49 graden noorderbreedte parallel. [Evenals de grens trouwens tussen voormalig Nederlands Nieuw-Guinea en Brits Papua-Guinea aan de onderhandelingstafel op de kaart was getekend met de 141 graden oosterlengte meridiaan als uitkomst van het in 1898 tussen Nederland en het Verenigd Koninkrijk in Den Haag gesloten verdrag.] Ook de op grond van het Verdrag van Sint Petersburg (1825) bepaalde grens tussen (toen nog Russisch) Alaska en (Brits) Canada langs de 141 graden westerlengte meridiaan was zo'n kustmatige grens. Maar toen in 1896 in laatstgenoemd grensgebied de Klondike Goldrush uitbrak moest daar die grens nog wel in het terrein worden afgebakend. Toen bleek dus, dat Canada - als deel van het Britse Imperium - een ander geodetisch systeem hanteerde dan de Verenigde Staten. Verschillende geodetische systemen resulteren uiteindelijk in verschillende coördinaten voor hetzelfde punt; verschillen, die bij de in Europa te dien tijde gebruikte systemen konden oplopen tot enkele honderden meters.⁷³ Om een voor partijen bindend geodetisch systeem uit te werken moest onder toezicht van een International Boundary Commission van voren af aan de gehele procedure voor continentale boogmetingen worden herhaald vanaf het vaststellen van een gemeenschappelijk referentie-zeeniveau, de internationale Noordamerikaanse datum. Door de USC&GS werd dit werk onder leiding van John Hayford (1868 - 1925) en zijn opvolger William Bowie (1872 - 1940) uitgevoerd. Hayford deed zijn metingen ter bepaling van de geometrie van het Noordamerikaans geoïde segment voornamelijk in het relatief vlakke en ongestoorde stroomgebied van de Mississippi. Voor de integratie van de astronomisch en geodetisch bepaalde positie van controlepunten maakte Hayford ook gebruik van zwaartekrachtmetingen om de schietloodafwijking in te schatten.⁷⁴ Op basis van de verkregen resultaten zou Hayford in 1910 het in 1924 als Internationale Ellipsoïde bekende geodetisch systeem afleiden.

Zoals in Hoofdstuk 3 uiteengezet, spelen bij de bepaling van de grootte van de schietloodafwijking - naast de plaatselijke massaverhoudingen - ook massaverhoudingen op grotere afstand een rol. Terzake van laatstgenoemde factoren ging Hayford uit van de veronderstelling, dat het zwaartekrachtseffect van het continentaal reliëf boven de geoïde volgens het isostatisch evenwichtsmodel van Pratt min of meer gecompenseerd werd door een aan dat reliëf proportioneel lagere dichtheid, met een compensatieniveau op een diepte van omstreeks honderd kilometer. Hiermee volgde hij Bowie's interpretatie van "isostasie" als zijnde een op

⁷² Kevles, *The physicists*, 59.

⁷³ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 233.

⁷⁴ www.lib.noaa.gov/noaainfo/.../Tittman, 14 e.v., geraadpleegd 2 november 2011.

gemiddeld zeeniveau aanwezige gravitatieve evenwichtssituatie, waarbij de aardkorst in isostatisch evenwicht “dreef” op een zwaarder elasto-plastisch substraat in een vlak evenwijdig aan de geode op voldoende diepte onder die korst.⁷⁵ Alleen waar de aardkorst aan relatief snelle ont- of be-lastingsprocessen was blootgesteld - zoals bij de opbouw van vulkanen of bij erosie- en sedimentatie-processen; gebieden dus met een zeer jong reliëf - zou isostatisch evenwicht nog wel niet ingesteld zijn; zo plastisch / elastisch was het substraat nu ook weer niet. Een Mississippi delta behoefde dus niet (volledig) isostatisch gecompenseerd te zijn, maar een oud breukensysteem als de Bartlett (Cayman)-Trog in de Golf van Mexico wel. Hayford en Bowie stonden niet alleen in de veronderstelling, dat de aardkorst niet anders dan geringe spanningen kon opnemen en dus door bewegingen - waaronder onderstromingen - spoedig gevolg gaf aan door evenwichtsverstoring ontstane krachten.⁷⁶ Maar van de geldigheid van dit model, het principe van isostasie, jazelfs de afplatting en de twee-assigheid van de ellipsoïde, moesten hun opdrachtgevers toen nog wel eerst worden overtuigd.

..... de S-21 expeditie

Ooit merkte Hayford zelf eens op, dat “if a gravity apparatus for use at sea were available, a single ship could, in the course of a year, contribute more important data bearing on the figure of the earth and the theory of isostasy than have been collected in the last generation on land”.⁷⁷ En de geldigheid van zijn veronderstellingen zou nu dan mogelijk middels Vening Meinesz’ mariene zwaartekrachtsonderzoek kunnen worden aangetoond. Bowie - behalve voorzitter van de “Section de Geodesie” ook leider van de geodetische afdeling van de USC&GS en prominent in de mede door hem in 1919 opgerichte American Geophysical Union - slaagde er in 1928 in Vening Meinesz met zijn apparatuur marien zwaartekrachtsonderzoek uit te doen laten voeren in de Golf van Mexico en de aangrenzende internationale wateren van de Caribische Zee aan boord van de door de US Navy hiervoor ter beschikking gestelde duikboot S-21 (zie Bijlage 4).

De belangrijkste doelstelling van de expeditie was de verificatie van het isostatisch compensatie model, zoals door Hayford en Bowie gehanteerd bij de afleiding van de ellipsoïde van Hayford (1910). Daarbij was dus de verwachting, dat bij belasting ten gevolge van een recente, snelle sedimentatie (rivierdelta's) een nog ongecompenseerde evenwichtsverstoring zou kunnen voorkomen, maar dat oudere geologische verschijnselen volledig gravitatief gecompenseerd waren. Voorts was een belangrijk aspect het opdoen van praktische ervaring in het werken met Vening Meinesz’ drieslingerapparaat voor het doen van zwaartekrachtsonderzoekingen.⁷⁸ En tenslotte zou transfer van Vening Meinesz’ apparatuur naar de Verenigde Staten bepaling van de zwaartekrachtsrelatie tussen De Bilt en Washington (USC&GS) mogelijk maken. Het onderzoeksgebied van de expeditie besloeg de wateren langs

⁷⁵ Veldkamp, *Geofysica*, 227.

⁷⁶ *RCG* 1924, 13.

⁷⁷ Naomi Oreskes, *The rejection of Continental Drift* (New York 1999) 236, noot 46.

⁷⁸ F.A.Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 321.

de Amerikaanse Oostkust tot de Antilliaanse eilandboog, waarbij ondermeer zwaartekracht werd gemeten langs profielen dwars op de onderzeese uitlopers van de Mississippi delta.

Bowie vond Frederic E. Wright (1877 - 1953), medewerker van het Geofysisch Laboratorium van het Carnegie Institution te Washington, bereid om als waarnemer met Vening Meinesz de expeditie mee te maken. De uit Michigan afkomstige Wright onderscheidde zich van veel van zijn Amerikaanse collegae door zijn in Heidelberg (Duitsland) "summa cum laude" voltooide geologische opleiding. Terug in de Verenigde Staten ontwikkelde hij zich van een experimenteel petroloog tot productie-coördinator voor optisch glas in het Amerikaanse leger. Na deelname met fameuze geologen als R. Daly (1871 - 1957), A.L. du Toit (1878 - 1948) en de Nederlander G.A.F. Molengraaff (1860 - 1942) aan de historische Bushveld-expeditie van 1922 richtte Wright zich - gezien zijn speciale belangstelling voor de relatie tussen zwaartekrachtsanomalieën en vulkanisme - op de constructie van torsiebalansen ter bepaling van zwaartekrachtgradiënten. Tussen 1927 en 1931 was hij vice-president en vervolgens tot 1951 secretaris van de National Academy of Sciences (NAS), terwijl hij in de Tweede Wereldoorlog adviseur bij het National Defense Research Committee was. Tussen hem en Vening Meinesz ontstond een warme vriendschapsband, waardoor hij voor Vening Meinesz deuren kon openen, die voor anderen gesloten bleven.

Wright oordeelde over zijn ervaringen op de S-21 - die in tegenstelling tot de Hollandse, koloniale duikboten niet over enige vorm van "airconditioning" beschikte -, dat "...it soon became evident to the scientists that the crowded conditions aboard, the lack of adequate ventilation, and poor air resulting in part from the Diesel engine gases coupled with tropical temperatures, are not conducive to intensive intellectual work and that computations and the working up of results are not possible at sea".⁷⁹ Maar Vening Meinesz schreef over Wright later, dat: "... in the way he adapted himself to the somewhat difficult life aboard a submarine....he showed himself a noble, simple and very great scientist."⁸⁰

De resultaten van de S-21 expeditie vonden hun neerslag in F.A. Vening Meinesz en F.E. Wright, *The Gravity Measuring Cruise of the US Submarine S-21, with an Appendix on Computational Procedure by Miss Eleanor Lamson* (Washington DC 1930) Hierin concludeerden zij ten eerste, dat een zwaartekrachtsdeficit de contour van de rand van het continentale plat langs de Atlantische Oceaan volgde. Voorts, dat ondanks de recente belasting met een kilometers dikke sedimentlaag het Mississippi deltagebied in tegenstelling tot de verwachting in isostatisch evenwicht was; daarentegen bleek over het gehele gebied, waar de bodem van de Golf van Mexico nauwelijks enig reliëf vertoonde, een zwaartekrachtsexces te heersen. Tenslotte werd het bestaan van het door Vening Meinesz gedurende de K XIII expeditie gevonden grote zwaartekrachtsdeficit over de Puerto Rico trog bevestigd. Ook over de in het Caribisch gebied gelegen en als fossiele, in isostatisch evenwicht veronderstelde Bartlett (Cayman) troggen werden duidelijke zwaartekrachttekorten gevonden. Met betrekking tot de vorm van die troggen kon uit echolood

⁷⁹ D.M. Lawrence, *Upheaval from the abyss* (New Brunswick 2002) 115 e.v.

⁸⁰ www.nap.edu/html/biomems/fwright.pdf, geraadpleegd 2 november 2011.

profielen worden opgemaakt, dat de wanden van die troggen tot veertig graden steil stonden, maar dat de bodems vlak waren.⁸¹

Deze bevindingen zette Bowie's perceptie van isostasie op zijn kop. Waar hij verstoring van evenwicht door recente, snelle sedimentatie had verwacht, bleek een isostatisch evenwicht te heersen (Mississippi delta). Behoud van isostatisch evenwicht bij massaverplaatsing aan de oppervlakte zou dan kunnen wijzen op een subcrustale onderstroom in tegengestelde richting. En waar volgens Bowie oude, geheel "gravitatief gecompenseerde" breuken liepen werd een zwaartekrachtstekort gemeten. Tenslotte bleek, waar evenwicht werd verwacht, omdat een vlak en ongestoord reliëf daarop zou duiden, een breed gebied met zwaartekrachtsexces te bestaan. De volledige compensatie, zoals in het Mississippi delta gebied bereikt, zou erop kunnen wijzen, dat de aardkorst zeer elastisch was. Maar het brede zwaartekrachtsexces in de Golf van Mexico wees juist op een nogal stijve korst, tot overdracht van een regionaal krachtenstelsel in staat.⁸² Dit laatste gebied zou toen als een "plaat" beschouwd zijn, als een zich onder belasting elastisch gedragend deel van de aardkorst, dat zou drijven op een plastisch substraat. De wijze waarop zo'n plaat onder die belasting doorboog was volgens de civiel-ingenieur Vening Meinesz - die al eerder over de verdeling van spanningen in een lichaam en over de evenwichtsvoorwaarden bij spanningsberekeningen had geschreven - dan afhankelijk van de grootte van de belasting, van de dikte van de plaat en van diens elastische eigenschappen. Het vermoeden rees derhalve, dat het Pratt-model van lokale isostatische compensatie - hoewel eenvoudiger in toepassing - minder betrouwbaar was dan verondersteld, en dat meer gewicht zou moeten worden gegeven aan het complexere Airy-model, waarin de diepte van het compensatieniveau van plaats tot plaats varieerde. En voorts ontstond een vermoeden van het bestaan van een regionaal compensatie mechanisme, voor de modelmatige berekening waarvan in de loop der tijden, ook door Vening Meinesz, verschillende schema's zouden worden ontwikkeld.

De expeditie trok in de Verenigde Staten grote aandacht. Het *Vaderland* schreef op 6 november 1928, dat het vertrek van de S-21 opgeluisterd werd door de aanwezigheid van Curtis D. Wilbur (Secretary of the US Navy), Admiral Hughes (Chief of Naval Operations) en Rear Admiral Leigh (Chief of the Bureau of Navigation). Na terugkeer werd een officieel banket in Washington aangericht, waarbij naast Wright en Vening Meinesz - die aldaar een demonstratie van zijn gravimeter gaf - Bowie, Wilbur en C.S. Freeman (Superintendent of the US Naval Observatory) aanzaten, die tezamen het toenmalig triumviraat van Wetenschap - Machines - Militairen in het Amerikaans geofysisch onderzoek vertegenwoordigden.⁸³ Een en ander wijst er wel op, dat Vening Meinesz' manier van zeeonderzoek niet aan de aandacht van de Amerikaanse autoriteiten was ontgaan.

Mede als gevolg van de door de S-21 expeditie verkregen resultaten kwamen onderzoekers in de Verenigde Staten tot het inzicht, dat er buitengaats een groot werkterrein voor geofysische en geologische research lag.

⁸¹ F.A. Vening Meinesz, "A gravity expedition of the U.S. Navy", in: *KNAW XXXII* (Amsterdam 1929) 96.

⁸² Oreskes, *Rejection*, 241.

⁸³ Naomi Oreskes, "Eleanor Lamson and the reduction of marine gravity data", in: *Osiris* 11 (New York 1996) 99.

Het Carnegie Institution besloot al in de loop van 1929 bij de N.S.F in Hilversum een Vening Meinesz gravimeter aan te kopen en op haar 323 tons, veldvrije onderzoeksvaartuij, het zeegaande zeil / motor jacht "Carnegie", te installeren. Met dit vaartuij was sinds 1909 onderzoek gedaan naar de dynamische ontwikkeling van het aardmagneetveld ten behoeve van de handelsvaart. Maar door de introductie van het gyrokompas verloren de resultaten van dat onderzoek – als die er al waren – hun relevantie.⁸⁴ Aan het door de "Carnegie" gedane zwaartekracht-onderzoek had Vening Meinesz geen deel, maar wel verleende de Rijkscommissie er haar medewerking aan door enkele slingers voor de gravimeter ter beschikking te stellen.⁸⁵ Zwaartekrachtmeting aan boord van dit oppervlakteschip was weinig succesvol vanwege de allesoverheersende, storende werking van de zeegang, zodat slingers regelmatig uit hun ophanging raakten. In de haven van Apia (Samoa) ging in november 1929 door een explosie het schip totaal verloren, waarbij twee doden vielen te betreuren.⁸⁶

Ook leidde de realisatie van de S-21 expeditie mede tot verwezenlijking van de sinds 1927 bij de NAS bestaande plannen tot stichting van een permanent, onafhankelijk, "non-profit" instituut voor oceanografisch onderzoek. In de schaduw van de "Great Depression" verstoken van staatssteun, maar gesubsidieerd door de Rockefeller Foundation met een gift van drie miljoen US dollars, kon het "Woods Hole Oceanographic Institution" (Mass.) in 1930 haar poorten openen en al in 1931 haar eerste opnameschepen, de zeil / motorschepen "Atlantis I" en "Asterias" in gebruik nemen. "Woods Hole" - zoals het zou worden aangeduid - zou een nauwe associatie met de universiteiten van Harvard en Princeton aangaan.

..... de S-48 expeditie

Onder auspiciën van de American Geophysical Union (A.G.U.) werd in 1932 onder voorzitterschap van R.M. Field (1885 - 1961), hoogleraar geologie te Princeton, een "Committee on Geophysics and Tectonics (later: Geological Study) of Ocean Basins" opgericht om activiteiten dienaangaande te coördineren. Field, die sinds 1926 de stratigrafie van de Bahama eilanden bestudeerde, was geïnteresseerd in de relatie van die eilanden tot de Antillenboog. Met medewerking van de USC&GS en van de US Navy wist hij in 1932 een plan voor een mariene zwaartekrachtexpeditie te realiseren met als doel de aard van het korstgesteente onder de ondiepe afzettingen in de zeeën rond de Bahama eilanden groep, Jamaica en Cuba te onderzoeken.⁸⁷

Voor deze expeditie kreeg hij de beschikking over USS S-48 (zie Bijlage 8), waar tussen de wispelturige commandant, Lt.Cmdr. Olton R. Bennehoff, en de overige bemanningsleden de rust gehandhaafd werd door de in Polen geboren oudste officier Hyman G. Rickover (1900 - 1986), die op de S-48 tussen 1931 en 1933 zijn enige operationele duikbootervaring zou opdoen, maar later naam maakte als de "vader van de nucleaire onderzeeboot". In 1933 zou Rickover's Engelse

⁸⁴ F.A.Vening Meinesz, "Topography and gravity in the North Atlantic ocean", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 120.

⁸⁵ *RCG 1929*, 2.

⁸⁶ Veldkamp, *Geofysica*, 90.

⁸⁷ R.M.Field, "Felix Alexander Vening Meinesz; exponent of international cooperation through geoscience", in: (P.Honig and F.Verdoorn, red.) *Science and scientists in the Netherlands Indies* (New York City 1945) 101.

vertaling van Hermann Bauer's *Das Unterseeboot* verschijnen; vanaf dat moment tot de Tweede Wereldoorlog het standaardwerk voor de Amerikaanse onderzeedienst. [Bauer (1875 - na 1928) verwerkte in zijn in Berlijn in 1931 gepubliceerde boek inzichten, die hij als admiraal van de Duitse duikbootvloot in de Eerste Wereldoorlog had opgedaan.]

Met medewerking van Vening Meinesz zouden metingen in genoemd gebied worden gedaan als aanvulling op hetgeen door de S-21 was onderzocht. Nog voor de aanvang van de reis - de S-48 lag in Guantanamo te ravitailleren en de opvarenden waren in een hotel in Santiago ondergebracht - bracht een zware aardbeving bijna een voortijdig einde aan het onderzoek: onder de puinhopen van het Casa Grande Hotel, maar "beschermd" door de constructie van zijn bedstee werd Vening Meinesz haast ongedeerd door Harry H.Hess (1906 - 1969) gevonden en in veiligheid gebracht. Hess, toekomstig decaan van de geologische faculteit van Princeton, die deze episode later boekstaafde, merkte op, dat het niet het enige "ongemak" was, dat Vening Meinesz ten deel viel. Nergens kon laatstgenoemde aan boord van de S - 48 rechtop staan. De hem toegewezen kooi was tientallen centimeters te kort en nauwelijks zoveel hoger: om zich erin om te draaien moest Vening Meinesz er eerst uit.⁸⁸

De S-48 was niet het nieuwste model duikboot en haar prestaties lieten al in vreedetijd te wensen over. Direct na haar tewaterlating in 1921 bleek het mechanisme van een der ballasttanks defect en zonk de boot zo langzaam maar zeker, dat de bemanning nog net het vege lijf kon redden. Daarna - in 1925 - liep de boot dermate zware structurele schade op, dat gedurende een twee jaar durende dokbeurt het nodig werd geacht haar substantieel te vergroten: zo werd de S-48 met een tonnage van 1500 ton de grootste, waarop Vening Meinesz ooit werkte. Desondanks bleef hij de voorkeur geven aan de beter functionerende Hollandse duikboten....(pers. comm. Den Tex) Ook bij het onderhavig onderzoek weigerden soms de kleppen van de boegballasttank dienst. Eenmaal met gevolg, dat de boot een duik tot onder haar maximale duikdiepte van 50 meter maakte, voordat corrigerende actie effect kreeg. Van de duikboot - die gedurende zes weken dagelijks soms meermalen dook en in totaal meer dan een Amerikaanse duikboot gewoonlijk in een jaar - werd klaarblijkelijk door de expeditie zoveel geëist, dat commandant Bennehoff in Miami een grote dokbeurt noodzakelijk achtte.⁸⁹

Voor het uitvoeren van de zwaartekrachtmetingen was matroos Thomas Townsend Brown (1905 – 1985) – een "whizzkid", die zich nog niet als zodanig had ontpopt, maar wiens kwaliteiten Vening Meinesz niet zouden ontgaan - door het Naval Research Laboratory (opgericht in 1923) aangewezen, terwijl aan Hess de geofysische / geologische duiding van de resultaten was toevertrouwd. Brown stond versteld over de omstandigheden, waaronder het onderzoek moest worden uitgevoerd: het welhaast onverdraaglijk samengaan van werken in een benauwde ruimte met fijn afgestelde, onder alle omstandigheden schone apparatuur in een tropische atmosfeer vermengd met zweetgeur en oliewalm....In de aanloophavens moesten de filmopnamen ontwikkeld en voorlopig geïnterpreteerd worden. En

⁸⁸ H.H.Hess, "The Vening Meinesz negative gravity-anomaly belt of island-arcs 1926 – 1956", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 183.

⁸⁹ W.D.Irwin, "Oddball S-Boat", in: Paul Stilwell (ed.) *Submarine Stories* (z.p. 2007) 62 – 66.

wanneer men niet ondergedoken was, moesten radiotijdsignalen dagelijks enige malen opgevangen en verwerkt worden voor de correctie van chronometertijden. Zelfs voor een hazenslaapje bleef er dus maar weinig tijd.....*Matroos* Brown, die mede aan het expeditierapport zou meewerken, ervoer naderhand, dat "Dr. Vening Meinesz a man with friends in high places... applied his quiet influence in the background to recommend *Lieutenant* Brown for his next assignment at sea", zoals hij – "a sea-going sailor at last" - zijn biograaf vertelde.⁹⁰

"Dr. Vening Meinesz a man with friends in high places" zou in 1933, zo schreef het *Amersfoortsch Dagblad* van 17 februari van dat jaar, benoemd worden tot "Non-Resident Vice-President of the National Academy of Sciences at Washington".

Hess ervoer zijn intensieve contacten met Vening Meinesz gedurende deze expeditie als een verbond tussen leraar en leerling, tussen onderzoeker en assistent, die het geluk had om juist toen zo'n veelbelovend, nieuw gebied van onderzoek te mogen betreden. Zij zouden levenslang nauwe contacten blijven houden.⁹¹

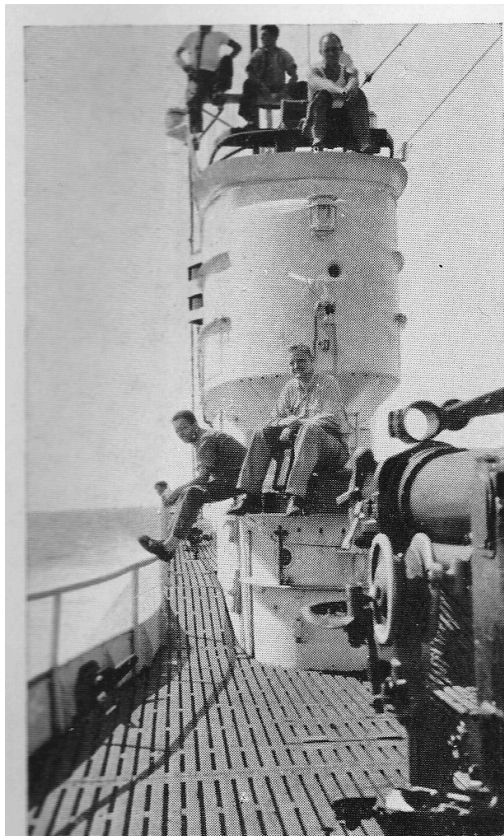
De expeditie leverde 54 zwaartekrachtmetingen op, die - in aansluiting op het onderzoek van de S-21 - genummerd werden van 50 tot 103. Hiermee werd een traditie gecreëerd om - onafhankelijk van boot, waarnemer of zeegebied - ook aan vanuit de Verenigde Staten (Woods Hole) gedane mariene zwaartekrachtmetingen een uniek volgnummer te geven. Een traditie, die blijkens publicaties zeker tot 1948 stand hield en voor een latere verwerking van gegevensbestanden grote voordelen zou hebben. De resultaten van de expeditie werden gepubliceerd in R.M.Field e. a., *The Navy-Princeton Gravity Expedition to the West Indies in 1932* (US Navy Hydrographic Office, Washington 1933). Zij toonden aan, dat de ondergrond van het Bahama-eilandenrijk niet met die van de Antillenboog was te vergelijken en dus waarschijnlijk niet van vulkanische oorsprong was. En voorts, dat het gebied ook structureel niet verwant of gerelateerd kon worden aan dat van de Westindische archipel. De rol, de positie van Cuba in de geologische ontwikkeling van de Golf van Mexico enerzijds en het Caribische Zeegebied anderzijds bleef evenwel nog onopgelost. Daaraan was overigens ook het ontbreken van een moderne geologische studie van dat eiland debet; een leemte, waarin ook de door Rutten daar in 1933 en 1939 vanuit Utrecht georganiseerde veldwerkexpedities niet zouden kunnen voorzien.⁹²

Toen de resultaten van de S-21 en de S-48 expedities op de Jaarvergadering van de Geological Society of America (G.S.A.) in december 1932 ter sprake kwamen, wekten zij de interesse van enkele vooraanstaande structureel-geologen als Bailey Willis en Walter Bucher. Als resultaat van de toenemende belangstelling in marien zwaartekrachtsonderzoek - zowel van de kant der universiteiten als van de kant van de federale overheid - werd in een samenwerking tussen Britse en Amerikaanse onderzoekers, de USC&GS, de G.S.A., de A.G.U. en de US Navy een nieuwe

⁹⁰ P.Schatzkin, *Defying gravity. The parallel universe of T. Townsend Brown* (e-book 2011).

⁹¹ H.H.Hess, *Gedenkboek*, 183.

⁹² *TAG* 2 57 (1940)145.



*Prof. Vening Meinesz en zijn
Amerikaansche collega Harry Hess aan
boord van de Amerikaansche onderzee-
boot „S 48”, in 1932.*

*De Amerikaansche minister van marine
Curtis D. Wilbur (midden), admiraal
Leigh en admiraal Hughes, chef staf
(beiden links), begroet door den Cdt.
van de „S 21”. Rechts prof. Vening
Meinesz en zijn Amerikaansche collega.*



Figuur 6"Friends in high places"....

expeditie voorbereid om het gebied langs de Antillenboog en de Venezolaanse kust nader te onderzoeken; een expeditie, die in de winter van 1936-37 haar beslag zou krijgen. Op deze met de USS "Barracuda" (zie Bijlage 11) uitgevoerde expeditie werd een naar Vening Meinesz' ontwerp door de Amerikanen zelf gebouwd, enigszins gemodificeerd slingertoestel gebruikt. Maar de belangrijkste verbetering terzake van

de waarneming was de introductie van een kristalklok, die voor de precisie van de tijdmeting een grote stap voorwaarts betekende. Ten gevolge van de aanloop naar en uitbreken van de Tweede Wereldoorlog kreeg deze expeditie geen direct vervolg, maar na de Tweede Wereldoorlog zou mariene gravimetrie met medewerking van de US Navy gedurende de "Koude Oorlog" een hoge vlucht nemen als deel van strategisch georiënteerd militair-technologisch zee-onderzoek.

In andere landen.

Toen slingertoestel met waarnemingsprotocol ook naar de opinie van de USC&GS de aangewezen techniek was gebleken voor marien zwaartekrachtsonderzoek, kwamen van verschillende kanten verzoeken naar de Rijkscommissie om Vening Meinesz in de gelegenheid te stellen buitenlandse onderzoekers ter plaatse in het gebruik van zijn eigen of een aangekocht slingertoestel te trainen. Zwartkijkers vermoedden zelfs, dat mede aan die activiteit de Rijkscommissie haar bestaansrecht toentertijd kon blijven ontlenen.⁹³

Aan zo'n verzoek door de poolonderzoeker Sir Hubert Wilkins (1888 - 1958) kon begin augustus 1931 worden voldaan. Dankzij de na de Eerste Wereldoorlog gegroeide bedrijfszekerheid van duikboten meende Wilkins dat de tijd was gekomen om zo'n vaartuig te gebruiken als tijdelijke wetenschappelijke onderzoeksbasis in openingen tussen poolijsstromen of als transportmiddel onder de ijsbedekte Noordelijke IJszee. Verzekerd van de financiële steun van het Carnegie Institution, het Woods Hole Oceanographic Institution, het Noors Geofysisch Instituut, de American Geographical Society en het Cleveland Museum, kon zijn expeditie voor de somma van een dollar per jaar voor een periode van vijf jaar van de US Navy de ontmantelde duikboot O-12 (SS – 73) huren. Deze nauwelijks driehonderd ton metende duikboot was al sinds 1924 opgelegd en in eerste instantie bedoeld om te worden verschrot als uitvloeisel van het Verdrag van Washington. Maar voor deze nieuwe missie moest zij eerst in de Verenigde Staten worden gemodificeerd door onder andere de brugopbouw te verwijderen en vervolgens haar uit te rusten met een flexibele boeg, een ingebouwde drukcabine en elektrische drilboren, 'ijssmelters' en lanceerinrichtingen voor springladingen om onder wisselende omstandigheden door poolijs te kunnen breken. Want men voorzag, dat niet langer dan drie dagen onafgebroken onder ijs kon worden gevaren. De hiertoe uitgemonterde duikboot - in een 'drooggelegde' werf herdoopt tot "Nautilus" (zie Bijlage 7), verwijzing naar Jules Verne's fictieve "20 000 mijlen onder zee"-boot - vertrok maart 1931 naar Bergen (Noorwegen), waar zij - vanwege onderweg opgelopen en in Engeland herstelde averijen - pas eind juli 1931 arriveerde.

Op de door Wilkins geleide, twintig leden tellende expeditie was Sloan Danehower voor de beredding van de duikboot en Harold U. Sverdrup (1888 - 1957) voor het wetenschappelijk onderzoek verantwoordelijk. Bernhard Villinger was als wetenschappelijk assistent belast met zwaartekrachtmetingen middels het van de NSF aangekochte slingertoestel. Daartoe werd hij door Vening Meinesz, die in Hilversum het apparaat had afgeregeld, in Bergen geïnstrueerd.

Na vertrek uit Bergen, arriveerde de "Nautilus" - zij het niet zonder kleine averijen - op de vijftiende augustus voor een laatste inspectie bij Spitsbergen. Weer

⁹³ Aardoom, "Drie-slingertoestel", 104.

op zee, werd na enkele dagen pakijns waargenomen en voorbereidingen getroffen voor een eerste duik. Maar van duiken moest op het laatste moment worden afgezien vanwege een hangende uitlaatklep. Na reparatie hiervan bleek bij een volgende duikmanoeuvre, dat het duikroer niet aanwezig was (gemaakt?). Tussen de bedrijven door werd nog wel door een duiker een monster van de zeebodem opgehaald, waarbij de drukcabine goede diensten bewees. Maar met de boot kon alleen nog worden gedoken onder een zeer kleine hoek door overdacht gebruik te maken van de afvulling van de ballasttanks. Toen men zodoende eindelijk onder een ijslaag van een meter dik wist te duiken, bleken de ijsboren niet op hun taak berekend. In het licht van de geringe vooruitgang (en de talloze gebreken?) en van het inmiddels naderende einde van de voor onderzoek gunstige weerssituatie werd begin september besloten de expeditie af te blazen. Op Spitsbergen werden expeditieleider en wetenschappelijke apparatuur ontscheept en werd terugkeer naar Bergen voorbereid. Daar aangekomen kon de bemanning eind september afmonsteren en werd bericht ontvangen, dat de "Nautilus" ver in zee tot zinken moest worden gebracht. Maar toen ook dat vanwege het slechte weer op een veilige manier niet haalbaar bleek, kreeg de door averijen geplaagde "Nautilus" eind november onder het oog van een vloot van scheepjes in een fjord nabij Bergen op een diepte van 350 meter eindelijk haar laatste rustplaats.⁹⁴

Aan marien-gravimetrisch onderzoek lijkt de "Nautilus" expeditie nauwelijks te zijn toegekomen. Toch was voor Vening Meinesz in een opzicht zijn medewerking aan de expeditie niet zonder gevolgen. De leider van het wetenschappelijk onderzoek, Harold U. Sverdrup, was ten tijde van de expeditie al een befaamd poolonderzoeker en oceanograaf en, in Bergen, aan het particuliere Christian Michelsen Instituut als fulltime onderzoeker verbonden. In 1936 werd Sverdrup benoemd tot hoofd van het Scripps Institution of Oceanography, een in 1931 verzelfstandigd onderdeel van het particulier gefinancierde Scripps Institution for Biological Research, gevestigd in La Jolla (Californië). Met de onmiddellijke vervanging van verouderd materieel door een modern onderzoeksvaartuig bracht Sverdrup daar onderzoek en onderwijs snel tot grote hoogten, smeedde gedurende de Tweede Wereldoorlog een hechte samenwerking tussen zijn Instituut en de US Navy en gaf - in associatie met de Universiteit van Californië - vorm aan de grote naoorlogse expansie van oceanografisch onderzoek in de Stille Oceaan. Heimwee deed Sverdrup later naar Noorwegen terugkeren, waar hij met de reorganisatie van het onderwijs op basis van zijn ervaringen in Amerika werd belast. Voor Vening Meinesz zou zijn kennismaking met Sverdrup een verdere uitbreiding van zijn persoonlijk netwerk in de Verenigde Staten betekenen.⁹⁵

Nog nauwelijks terug uit Bergen moest Vening Meinesz naar Genua afreizen om bijstand te verlenen aan de Geodetische Commissie van Italië aan wie de Rijkscommissie haar eigen slingertoestel voor het doen van zwaartekrachtmetingen rond het Italiaanse vasteland en in de Tyrreense Zee had uitgeleend. Hier instrueerde Vening Meinesz de Italiaanse waarnemers. Van hen had professor Gino Cassinis op basis van Hayford's Internationale Ellipsoïde in 1930 de

⁹⁴ <http://www.amphilsoc.org/library/exhibits/nautilus/pole.htm>, geraadpleegd 15 augustus 2005.

⁹⁵ <http://scrippsarchives.ucsd.edu/sio/archives/siohstry/sverdrup-blog.html>, geraadpleegd 2 november 2011.

corresponderende formule voor de normale zwaartekracht uitgewerkt. De andere waarnemer was de Capitano de Corvetta Manlio de Pisa, die het commando over de in 1929 in dienst gestelde, 1000 ton metende Submergibile "Vettor Pisani" voerde. Op die - niet verder door Vening Meinesz meegemaakte - expeditie werden 102 zwaartekrachtmetingen gedaan.⁹⁶

Aan generaal G.Perrier, algemeen secretaris van het Franse "Comité National Français de Geodesie et Geophysique", werd door de Rijkscommissie in oktober 1933 haar slingertoestel uitgeleend voor het doen van zwaartekrachtmetingen in de westelijke Middellandse Zee aan boord van de in 1927 in dienst gestelde, 92 meter lange duikboot "Fresnel". Op die expeditie was Vening Meinesz wel aanwezig. Na het uitvoeren van aansluitingsmetingen in het Observatorium in Parijs reisde hij af naar Toulon, waar hij de "ingénieur-hydrographe", Chef de Marine Marti inwijdde in het gebruik van het toestel, de bewerking van de metingen en zelf de eerste waarnemingen uitvoerde.⁹⁷ De "Fresnel"-expeditie moest door de verslechterende weersomstandigheden begin 1934 voortijdig worden beëindigd. In 1936 zou de duikboot "Espoir" het programma van meer dan tachtig metingen voltooien.⁹⁸

De resultaten van de Franse en de Italiaanse expedities werden later door Coster geanalyseerd en geologisch geïnterpreteerd. Ondanks een marge van ruim zes milligal in de gecorrigeerde zwaartekrachtswaarden als gevolg van onzekerheden in de positie der meetpunten, in de zeediepte ter plaatse en in de gebruikte modellen terzake van de lokale isostatische compensatie leek het gebied in gravimetrisch en geologisch opzicht volgens hem vergelijkbaar met de Indische Archipel. Twee van zuidwest naar noordoost lopende stroken van negatieve anomalieën – respectievelijk ten zuidoosten van Calabrië en van Sardinië – vielen op . Positief anomale zwaartekrachtsvelden zouden het bestaan van verzinkende diepzeebekkens verraden, die vroeger boven zeeniveau gelegen zouden kunnen hebben.⁹⁹

Op verzoek van de Universiteit van Cambridge stelde de Rijkscommissie haar slingertoestel voor een door een duikboot van de Royal Navy in september 1938 uit te voeren expeditie beschikbaar. Maar vanwege de mobilisatie van de Britse Vloot in die maand moest men al na enkele dagen onverrichterzake terugkeren. Vening Meinesz was evenwel in de gelegenheid om over de door hem aangebrachte modificaties in reactie op de door Browne in 1937 geconstateerde tekortkomingen in de door het toestel verschaft informatie met die auteur van gedachten te wisselen.¹⁰⁰

Op het in 1936 te Edinburgh gehouden Geodetisch Congres werd er nog melding van gemaakt, dat gedurende de onderhavige periode in de Japanse Zee met de ondiepwater duikboot RO-57 van de Japanse Marine door de geofysicus M. Matuyama zwaartekrachtonderzoek zou zijn uitgevoerd. Ook door de Sovjet Unie zou zulks gedaan zijn in de Zwarte Zee.¹⁰¹ Maar meer zekerheid hierover dan een aanvraag van het Astronomisch Instituut te Leningrad om inlichtingen over de mogelijke levering van een Vening Meinesz slingertoestel is niet te vinden.¹⁰²

⁹⁶ RCG 1931, 2.

⁹⁷ RCG 1933, 8.

⁹⁸ RCG 1936, 7.

⁹⁹ H.P.Coster, *The gravity field of the Western and Central Mediterranean* (Amsterdam 1945).

¹⁰⁰ RCG 1938, 5.

¹⁰¹ R.M.Field, "Felix Alexander Vening Meinesz", 102.

¹⁰² Aardoom, "Drie-slingertoestel", 104.

5c Internationale samenwerking

Om op internationale schaal een braakliggend gebied van onderzoek, zoals de mariene gravimetrie toen was, effectief te ontginnen, moeten "technische knowhow" en het resulterend gegevensbestand vrij beschikbaar zijn voor onderzoekers in een netwerk- en communicatie-structuur, die voor informatie-uitwisseling en discussie open staat. In de realisatie van ieder dezer doelstellingen speelde Vening Meinesz een belangrijke rol.

Op het gebied van technische "knowhow" was het door hem ontwikkelde meettoestel tezamen met het bijbehorende protocol voor de herleiding van de ruwe, op zee verkregen gegevens tot bewerkbare informatie decennialang de unieke en internationaal geaccepteerde standaard in de mariene gravimetrie. En tezamen met de door Hayford verkozen methode voor isostatische reducties richtinggevend voor de uiteindelijke vorm, waartoe de ruwe gegevens verwerkt zouden moeten worden. Maar als vehikel om de her en der verkregen resultaten in een breder dan lokaal of regionaal verband of context te kunnen benutten bleef de organisatie van de "Section de Geodesie", binnen de "Union Geodesique et Geophysique Internationale" de enige met een Centraal Bureau (in Parijs) en een eigen orgaan, het *Bulletin Geodesique*. Vanaf haar oprichting (1921) met 13 lidstaten leek op grond van haar in 1933 tot 37 leden aangegroeid bestand haar gezag over de internationale geodesie gegroeid. Zij het, dat de door de Section geprefereerde Internationale Referentie Ellipsoïde niet aan de deelnemende landen als basis voor hun civiel of militair geografisch systeem kon worden opgelegd. Nog afgezien van de toenmaals grote hoeveelheid rekenwerk, verbonden aan de omzetting van een nationaal naar een internationaal geodetisch netwerk, wat invoering nog jarenlang zou doen vertragen. Daarom bleken bij de landen binnen het verbond der geallieerden gedurende de Tweede Wereldoorlog nog minstens vijf verschillende referentie-ellipsoïden in gebruik, wat bij de realisatie van hun gezamenlijke militair-strategische operaties rond de wereld resulteerde in nogal wat misverstanden of erger.

Als Internationale Zwaartekrachtsformule had de "Section" in 1930 doen adopteren de door Gino Cassinis afgeleide formule voor de normaalwaarde van de zwaartekracht. Een formule, die zo gekozen was, dat zij de waarde van de zwaartekracht geeft, die gevonden zou worden als de geoïde overal met de internationale referentie ellipsoïde zou samenvallen.¹⁰³ Mutatis mutandis hield die keuze volgens W.D. Lambert (1879 - 1968), een USC&GS geodeet, in 1932 in, dat de gravimetrische weg de enig bekende - min of meer nauwkeurige - manier was om de absolute hoogte van de geoïde, "de vorm van de aarde", af te leiden zonder in diepgaande hypothesen te moeten vervallen.¹⁰⁴

De om de drie jaar gehouden vergaderingen van de "Section de Geodesie" bleken bij uitstek plaatsen, waar Vening Meinesz zich met voordrachten en demonstraties kon profileren om vervolgens op uitnodiging met zijn meettoestel aan duikexpedities deel te nemen. Toen in de vergadering in Stockholm (1930) ondermeer vanwege de sterke

¹⁰³ F.A.Vening Meinesz, "Wat de reis van Hr.Ms. K XVIII voor den vorm van de geoïde opleverde", in: *TAG 2 54* (1937) 3.

¹⁰⁴ W.D.Lambert, "Stokes' formula in geodesy", in: *Nature* 129 (1932) 831 – 832.

ledenaanwas wijzigingen van de statuten van de "Section de Geodesie" onvermijdbaar bleken, trad Vening Meinesz tot de commissie toe, die deze wijzigingen – onder meer inhoudende aanvaarding van het principe "een land, een stem" - voor de vergadering in 1933 moest voorbereiden. Een opstapje - naar zou blijken - naar het voorzitterschap van de tot "Association Internationale de Geodesie" omgedoopte "Section" - de belangrijkste van de twee associaties, die de Union vormden -, toen Bowie zich - vanwege zijn benoeming tot voorzitter van de "Union Geodesique et Geophysique Internationale" - niet meer herkiesbaar kon stellen. Aan Vening Meinesz' verkiezing tot voorzitter der Associatie zullen denkkelijk niet alleen zijn intellectuele en communicatieve kwaliteiten hebben bijgedragen, maar ook het feit dat hij een burgervertegenwoordiger van een neutrale natie was. Bovendien, "his command of languages kept him close to the focal point of the business at hand", zou Robert Stoneley, de Britse afgevaardigde, later memoreren.¹⁰⁵

Al direct op de volgende vergadering van de "Association Internationale de Geodesie" in Edinburgh (1936) bleek de nieuwe voorzitter geneigd binnen een strak aangehouden schema meer tijd aan wetenschappelijke voordrachten te besteden dan aan administratieve besommingen. Het aantal commissies werd drastisch gereduceerd, terwijl een nieuwe commissie voor een multidisciplinaire bestudering van de aardkorst werd gevormd. Tevens werd besloten om financiële steun te verlenen aan de oprichting in neutraal Finland (Helsinki) van het Internationaal Isostatisch Instituut onder leiding van W.A.Heiskanen (1895 - 1971). De taakstelling van dat Instituut was om als depot te fungeren voor ruwe zwaartekrachtsgegevens, die op uniforme wijze te reduceren en isostatisch te corrigeren. Omdat berekening van de isostatische correcties een tijdrovende en van het gebruikte model (Pratt-Hayford of Airy-Heiskanen) afhankelijke zaak was, stelde Heiskanen in 1938 voor om deze berekeningen centraal in Helsinki te doen uitvoeren, te beginnen met gegevens over Europa en zuid en zuidoost Azië. Het te stellen doel - publicaties voor te bereiden betreffende de welvingen van de geoïde - werd tijdens de vergadering van de Associatie in Washington (1939) geformaliseerd. Maar het debat over de manier, waarop de (isostatische) correcties zouden moeten worden gerealiseerd, was daarmee - ook na Vening Meinesz' eigen bijdrage dienaangaande - nog niet beëindigd, toen de Tweede Wereldoorlog uitbrak.¹⁰⁶

5d Resumé

Om op internationale schaal een braakliggend gebied van onderzoek, zoals de mariene gravimetrie toen nog was, effectief te ontginnen, moeten "technische knowhow" en het resulterend gegevensbestand vrij beschikbaar zijn voor onderzoekers in een netwerk- en communicatie-structuur, die voor informatie-uitwisseling en discussie open staat. In de realisatie van ieder dezer doelstellingen speelde Vening Meinesz een belangrijke rol.

Het door hem op buitenlandse duikbootexpedities gedemonstreerde slingerapparaat en de door hem aanbevolen wijze van gegevensreductie zouden samen de

¹⁰⁵ R.Stoneley, "International co-operation in geodesy and geophysics", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xxxv – xxxvii.

¹⁰⁶ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 177.

internationaal aanbevolen methodologie voor marien-gravimetrisch onderzoek vormen. Dat Amerikaanse onderzoekers de chronometrage en de Britse geofysicus B.C.Browne de reductietechniek nog wisten te verbeteren (zie hoofdstuk 3) toont nog duidelijker aan, dat de overdracht van "knowhow" succesvol en overtuigend geweest moet zijn geweest. Voorts blijkt uit het feit, dat meetpunten van opvolgende marien-gravimetrische expedities in deze periode voor het eerst van een uniek identificatienummer werden voorzien, dat het idee van multidisciplinaire "one – off" expedities was verlaten ten gunste van planmatig voorbereide, mogelijk over meerdere campagnes uitgesmeerde, specialistische vervolgexpedities. Een en ander laat wel zien, dat (neutraal) Nederland in de internationale geofysische gemeenschap een leidende positie had verkregen.

De mede in Amerikaanse wateren opgedane ervaringen hadden de twijfels versterkt omtrent het vigerend krachtenveld en de reologie van de aardkorst en haar substraat, die de veronderstelde toestand van isostasie raakten. Zodoende leidde praktische toepassing van de resultaten van mariene gravimetrie op geodetische problemen naar verbreding tot grensverleggend onderzoek op geologisch gebied, die in het volgend hoofdstuk aan de orde zal komen.

De Association Internationale de Geodesie, waarvan Vening Meinesz inmiddels voorziter was geworden, stimuleerde de oprichting van een depot, waar ruwe marien-gravimetrische gegevens via een uniform protocol zouden kunnen worden gereduceerd. En middels het door haar uitgegeven *Bulletin* werd de discussie over geodetische problemen in het algemeen en die betreffende de mariene gravimetrie in het bijzonder een nieuwe impuls gegeven.

Vening Meinesz' betrokkenheid bij al het boventaande resulteerde er in, dat hij – speciaal in de Verenigde Staten – in wetenschappelijke en overheidsinstituten over een uitgebreid persoonlijk netwerk met contacten tot in de hoogste kringen zou kunnen beschikken.

Hoofdstuk 6 Duikende boten en drijvende continenten (1928 - 1933)

De geslaagde overval uit zee op Curaçao in 1929 en de munterij op "De Zeven Provinciën" in 1933 vormen het begin- respectievelijk eind-punt van een periode, waarin het imago van de marine – voor die onheilen verantwoordelijk geacht – een dieptepunt bereikte. Hoe het ook zij, onder brede lagen van de bevolking leefde de gedachte, dat internationale ontwapening blijvende ontspanning in de wereld zou brengen. Maar het mislukken van de met het oog op wapenreducties georganiseerde Conferentie van Londen, de Japanse inval in China in 1931 en de machtsovername door Hitler in Duitsland in 1933 ondergroeven wel het vertrouwen op internationale ontwapening. Ook was de onzekerheid over de bestaansgronden van het democratisch bestel sinds het uitbreken van de economische crisis in 1929 gegroeid mede in het licht van de klaarblijkelijke economische successen van dictaturen als Rusland en (later) Duitsland.

Onder invloed van de door die crisis veroorzaakte bezuinigingen was het klimaat voor door de overheid ondersteund grensverleggend wetenschappelijk onderzoek zonder direct maatschappelijk belang niet gunstig, waarbij kwam, dat heel wat politici – vervreemd van zulk onderzoek - een verdere ontplooiing van de natuurwetenschappen in de weg stonden.¹ Toch slaagde Vening Meinesz met de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing er telkens weer in om een duikboot te mobiliseren voor het uitvoeren van marien zwaartekrachtonderzoek met klinkende resultaten zowel op geodetisch als geofysisch / geologisch gebied.

6a De Marine in nationaal perspectief

Het lijkt erop, dat Nederland in de loop van het Interbellum een naar binnen gekeerde samenleving werd, waarvan de leiders zich - naar later bleek ten onrechte - op basis van het koloniale bezit als vertegenwoordigers van een belangrijke mogendheid beschouwden. Een neutrale mogendheid, die in 1932 niet aan de Conferentie van Londen deelnam, maar wel graag op de hoogte van de voortgang van de discussies betreffende eventuele wapenreducties wilde worden gehouden. Die op de Japanse inval in China wel met het zenden van een oorlogsbodem reageerde, maar dan alleen met het doel om daar ingesloten landgenoten aan boord te nemen. Want die inval was niet haar zorg, maar die van de Volkenbond, die tot de uitvaardiging van strenge sancties werd opgeroepen.

Toenemende financieel-economische problemen hier te lande zowel als overzee benamen de regering ook de zin met de Indische nationalistena na de opstootjes van 1926 ook maar eniger mate tot een schikking te komen. Men riskeert onder de dreiging van financieel “zwaar weer” nu eenmaal niet de inkomsten uit zijn bezittingen. Op de verwerping van de Vlootwet in 1923 volgde een impasse in het beleid voor de marine in Nederlands-Indië. Voorhanden oorlogsbodems werden naar bevind van zaken in Nederland aan de koloniën toebedeeld, maar terzake van de maritiem-strategische doelstellingen voor de verdediging van Nederlands-Indië en de daarvan afhankelijke eisen betreffende samenstelling en sterkte van het daartoe noodzakelijk aanwezig geachte contingent gold “zovele hoofden, zovele zinnen”.

¹ K.van Berkel, *Citaten uit het boek der natuur* (Amsterdam 1998) 184.

Verder stond terzake vanaf 1925 de als "Vaticaan"- crisis bekendstaande patstelling tussen de confessionele en rooms-katholieke smaldelen, die tezamen het regeringsbeleid vorm gaven, besluitvorming binnen het kabinet voorlopig nog in de weg.² De impasse werd uiteindelijk in 1927 door de Raad van State doorbroken. Met neutraliteitshandhaving als politieke doelstelling stelde die instantie aan het leger de taak de neutraliteit van Java en aan de marine die van de Buitengewesten te handhaven.³ Daarbij moest stilzwijgend worden aangenomen, dat men voor een effectieve neutraliteitshandhaving tijdig bondgenootschappelijke ondersteuning zou weten te mobiliseren.⁴ Want de aan Nederlands-Indië toegedachte, mobilisabele machtskern van twee kruisers, acht jagers en twaalf duikboten, steunde meer op de financiële draagkracht van het Moederland dan op enige strategische overwegingen.⁵ Had de Raad van State er bij stil gestaan, dat de door haar aangegeven grondslagen er in zouden resulteren, dat de vloot zijn grootste operationele inspanning in Nederlands-Indië zou hebben, terwijl zijn grootste vlootbases, waar periodiek grootonderhoud moest worden uitgevoerd, in Nederland waren gelegen? Dat de schepen van zo'n vloot als vanouds beurtelings dienst zouden moeten doen in Indië en in Europa en dus met hun bemanningen uit- en weer thuis-varend, langdurig niet op locatie inzetbaar waren? ⁶

Omdat het uit de gegeven grondslagen voortvloeiend beleid voor de minister nauwelijks een dagtaak leek, werd in september 1928 het zelfstandige, ooit door een oud-marineman geleide Ministerie van Marine als departement aan het nieuwe Ministerie van Defensie toegevoegd, waarvan de leiding zelden meer aan een oud-militair zou worden toevertrouwd. Binnen laatstgenoemd Ministerie bleek de Marine evenwel al heel spoedig daarna niet de verwachte 'sinecure', toen op 8 juni 1929 de Venezolaanse 'generaal' Urbina op het eiland Curaçao landde en vervolgens zich van dat eiland met staatskas, militaire uitrusting, 's lands gouverneur en garnizoenscommandant aan boord van een Amerikaans vrachtschip weer kon terugtrekken zonder dat hem een strobreed in de weg werd gelegd.⁷ Dit incident, dat het onder de bevolking levende beeld van een weinig effectieve marine bevestigde, prikkelde de regering tot actie.

De in 1929 nieuw aangetreden, doch politiek door de wol geverfde Minister van Defensie Mr.Dr.L.N. Deckers (1883 - 1978) lanceerde al in 1930 het naar hem genoemde Vlootplan, want de term "Vlootwet" durfde niemand nog in de mond te nemen. Het Vlootplan - Deckers behelsde de over een periode van tien jaar uitgesmeerde realisatie van de in 1927 vastgestelde minimum vlootsterkte, waaraan door nieuwbouw toegevoegd een vijftig procent reserve capaciteit bestaande uit een kruiser, zes jagers, zes duikboten en twee flottieljeleiders ter vervanging van de nog aanwezige twee pantserschepen. Ook werd nog in de aanschaf van een groot aantal vliegtuigen voorzien, mede om luchtsteun aan de tactische ontplooiing van de duikbootvloot te kunnen verlenen.⁸ Hoewel 'de toestand van het land niet onverdeeld

² G.Puchinger, *Nederlandse Minister-Präsidenten van de twintigste eeuw* (Amsterdam 1984) 115.

³ Jungslager, *Recht zo die gaat*, 169 e.v.

⁴ Ibidem, 179.

⁵ Ibidem, 137.

⁶ Van Waning, "Chronologisch overzicht 1916 - 1940", 217.

⁷ Ibidem, 190.

⁸ Anten, *Navalisme*.

gunstig was' sinds de beurscrisis van 1929, werd dit plan door het parlement aanvaard. En dat, ondanks een demonstratief congres van SDAP en NVV en het aanbieden van een petitionnement met anderhalf miljoen handtekeningen, bijna een derde van de stemgerechtigden vertegenwoordigend. Dit petitionnement riep op tot afschaffing van geweld als politiek machtsmiddel. Maar deze actie bleek toch wel de laatste, die uiting gaf aan het "geen man, geen cent" idealisme. Want onder de Vrijzinnig Democraten - en zelfs binnen de gelederen van de SDAP - circuleerde de gedachte, dat mobilisatie voor een defensieve oorlog niet bij voorbaat moest worden uitgesloten. Zulke overwegingen brachten ook twijfelaars onder de parlementariërs er toe hun weerstand tegen het plan op te geven. En omdat de katholieken ditmaal als een man achter hun eigen minister stonden, werd het kamerdebat een matte aangelegenheid en het Vlootplan-Deckers aanvaard.⁹

Voor de Onderzeedienst betekende dit, dat vijf duikboten van de K-klasse en een tiental van de O-klasse in dienst zouden kunnen worden gesteld in de 'magere jaren dertig'. "In die periode deed bij bijna alle Marines in zekere zin eenzelfde type duikboot haar intrede; een duikboot met een tonnage boven 1000 ton, met een torpedobewapening van minstens zes lanceerinrichtingen, een actieradius - bij middelmatige snelheid - van vijf duizend mijl of meer, een maximum bovenwater snelheid van 17 tot 20 knopen, een duikdiepte van minstens honderd meter en met als bewapening geschut tussen 7,5 en 12 cm, te gebruiken tegen oppervlakte- en luchtdoelen. Veel specialisatie in type kwam niet meer voor".¹⁰

Overigens zorgden de deliberaties van drie staatscommissies en voortgaande bezuinigingen op de regeringsuitgaven ervoor, dat de uitvoering van het Vlootplan-Deckers trager dan verwacht zou verlopen, totdat vanaf 1936 de politieke omstandigheden een versnelde uitvoering zouden rechtvaardigen. De defensie-uitgaven verminderden van 13,5% van het BNP in het relatief voorspoedige jaar 1927 tot 8% van het BNP in de periode 1933-35, dieptepunt van de 'magere jaren', alvorens snel tot 22% van het weer toegenomen BNP in 1939 te stijgen.

Bezuinigingen zouden niet alleen de bouw van de (duikboot)vloot, maar ook de paraatheid van haar bemanningen treffen. Vooreerst hield de modernisering geen gelijke tred met de staat van geoefendheid van de bemanning: omdat geld maar eenmaal kon worden uitgegeven, kon helaas minder geoefend worden dan wenselijk was voor een zich van stationnair / defensief tot een mobiel / potentieel offensief wapen ontwikkelend strijdmiddel.¹¹ Meer in het bijzonder werden door de bezuinigingen de Indische manschappen getroffen, van wie de gages slechts de helft van die van de Europese waren. Omdat Minister Deckers zich ook wel realiseerde, dat ernstige ontevredenheid over de salarisontwikkeling van dat personeel wel eens tot insubordinatie zou kunnen leiden - zoals door Brits marinepersoneel in 1931 al was gedemonstreerd -, besloot hij om een kortingsronde in december 1932 tot na het uitvaren van de koloniale vloot begin 1933 uit te stellen. Niet "af te stellen", zoals onder het koloniale personeel - naar bleek ten onrechte - de indruk was gewekt. Toen de voorgenomen kortingen in Indië alsnog eind januari 1933 - aan de vooravond van Islamitisch Nieuwjaar - ten uitvoer werden gebracht, leidde dat tot

⁹ Beunders, *Weg met de vlootwet*, 201 e.v.

¹⁰ J.H. baron Mackay, "De geschiedenis van de onderzeeboot", in: C.J.W. van Waning e.a. (red.), *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906-1966* (Den Haag z.j.) 493.

¹¹ Van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 160 e.v.

luide protesten van het betrokken personeel in Soerabaja en detentie van een aantal hunner aldaar. En - waar onder die omstandigheden enkel medeleven als een niet te tolereren gezichtsverlies door de inlanders werd beschouwd - brachten die protesten verscheidene, meest Indische bemanningsleden tot ondersteunende actie op het op de rede van Olehleh (Atjeh) onder stoom liggende pantserdekschip "De Zeven Provinciën". Toen die ondersteunende actie en de daarop volgende ongeautoriseerde vaart op Soerabaja als vorm van muiten werd opgevat, besloot de regering tot gewapend ingrijpen om overgave van schip en bemanning af te dwingen. Daarbij viel verlies aan mensenlevens te betreuren.¹²

Hoewel de muiten in het Moederland veel stof deed opwaaien, verliepen de emoties al snel. "Het was een 'opwindend incident', dat illustreerde wat er leefde onder de schepelingen. Maar zowel politiek 'links' als 'rechts' erkende, dat geen regering muiten kon gedogen.¹³ De muiten had aan het licht gebracht, dat de strikt-hiërarchische organisatie aan boord tot ontoelaatbare spanningen tussen officieren, manschappen, Europeanen en Koloniale had geleid, waar eenheid in optreden vereist was. De in vakbonden verenigde schepelingen waren vervuld van klassenstrijd en in de marinegemeenschap zagen zij officieren eerder als hun natuurlijke vijanden dan als pleitbezorgers.¹⁴ Om ongewenste groepsvorming onder het personeel tegen te gaan en de gezagsverhoudingen te versterken, werd door de regering dan ook een nieuw dienstreglement ingevoerd. Dientengevolge werd aan minderen het lidmaatschap van een vakverbond verboden. Zo moest ook de in 1916 opgerichte R.K. Marinebond St Christophorus tot belangenvereniging-op-afstand worden getransformeerd. Dat betekende ondermeer, dat haar burgerbestuurder A.W.P. Angenent (1895 - 1952), oud-marine(timmer)man en journalist/uitgever in Den Helder, zeer tegen zijn zin van het toneel moest verdwijnen. Deze 'kleine en kortaangebonden man met de positieve uitstraling'¹⁵ richtte van toen af zijn energie op de door hem in 1921 opgerichte Stichting Algemeen Nederlands Comité "Onze Marine", een steunfonds voor weduwen en wezen van hen, die op zee waren gebleven. Maar ondanks zijn goede bedoelingen terzake van de Marine - mede tot uitdrukking komend in vele publicaties onder het pseudoniem Albert Chambon - wekte hij als oud-vakbondsmans nog lang bij autoriteiten irritaties op, zodat het in 1934 zelfs tot een (kerkelijke) veroordeling van "Onze Marine" kwam!¹⁶ Misschien waren de marineautoriteiten er zich toen nog niet zo bewust van, maar een publicist kan men niet zomaar de mond snoeren en Angenent zou bij latere expedities nog zeker van zich laten horen!

¹² J.L.Swarte, "Honderd jaargangen belangenbehartiging", in: D.C.L.Schoonoord (red) *Honderd Jaargangen Marineblad* (Den Haag 1990) 232 - 235.

¹³ J.Beishuizen en E.Werkman, *De magere jaren* (Leiden 1976) 141.

¹⁴ Swarte, "Honderd jaargangen belangenbehartiging", 232.

¹⁵ C.A.Dekkers, "C. den Boer Jr.; honderd jaar drukker van Marineblad", in: D.C.L.Schoonoord (red.) *Honderd Jaargangen Marineblad* (Den Haag 1990) 261.

¹⁶ J.C.H.Blom, *De muiten op de "Zeven Provinciën"* (Bussum 1975) 122 e.v.

6b De verdieping van Vening Meinesz' onderzoek

Zoals in Hoofdstuk 4 beschreven, was de door de Regering aan de Rijkscommissie opgedragen taak de wetenschappelijke begeleiding en uitvoering van waterpassing en driehoeksmeting ten behoeve van de Europese boogmeting. Nu was in 1888 de verantwoordelijkheid voor de waterpassing al aan Rijkswaterstaat overgedragen. En in 1921 was de primaire driehoeksmeting ten behoeve van de Europese boogmeting voltooid. Tenslotte leek het erop, dat in 1929 de secundaire driehoeksmeting ten behoeve van de landinrichting zo ver zou zijn gevorderd, dat verder werk aan het Kadaster - onderdeel van het Ministerie van Financiën - kon worden overgelaten.¹⁷ De Rijkscommissie, waarvan Vening Meinesz in 1927 lid was geworden tegelijk met zijn benoeming tot lid van de Koninklijke Academie van Wetenschappen, bezon zich dan ook al op een nieuwe invulling om haar bestaan te blijven rechtvaardigen. En hoewel mariene gravimetrie nauwelijks kon worden beschouwd als een binnen de termen van de regeringsopdracht vallend gebied van onderzoek was Dr. J.J.A. Muller, voorzitter van de Commissie en gedreven pleitbezorger voor dit onderzoek, van mening, dat de Commissie het als haar plicht moest beschouwen haar steun eraan te verlenen, zolang daar elders nog geen voorzieningen voor waren getroffen.¹⁸ Gedurende de gehele periode bleef de Rijkscommissie dus actief marien gravimetrisch onderzoek ondersteunen. Internationaal, door haar medewerking aan verzoeken om haar slingertoestel te mogen gebruiken en om assistentie van Vening Meinesz in te willigen. In eigen land door telkenmale te interveniëren als zich mogelijkheden tot nieuw onderzoek met een duikboot bij de marine leken aan te dienen. Want dat de overheid wel middelen voor oceanografisch onderzoek ter beschikking wilde stellen, bleek uit haar bijdragen aan de realisatie in 1929 van de op initiatief van Rijkscommissielid Luymes, Chef van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine, in 1925 door het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap geplande "Snellius"-expeditie (zie Bijlage 5). Dat project behelsde in het gebied van de Oostindische diepzeebekkens het fysisch en chemisch oceanografisch onderzoek te entameren, dat tijdens de meer biologisch georiënteerde "Siboga"-expeditie (1899 - 1900) toch wel wat in de verdrukking was gekomen. Bovendien toonde de hydrografie van dit gebied nogal wat witte plekken. Daarom had voor de uitvoering van het plan de Indische regering het hydrografisch opnamevaartuig "Willibrord Snellius" ter beschikking gesteld. Bovendien had die regering voor benodigd personeel en materieel een belangrijke financiële bijdrage toegezegd in de verwachting, dat de dan nog ontbrekende gelden uit particuliere bronnen zouden kunnen worden aangevuld. Daarbij zou men de vraag kunnen stellen of de rijksbijdragen wel zo gemakkelijk uit een krimpend overheidsbudget zouden zijn verkregen als niet tussen 1926 en 1929 de partijloze Dr J.C.Koningsberger (1867 - 1951), befaamd natuuronderzoeker en proponent van een ethische politiek, toevallig Minister van Koloniën was geweest.¹⁹

Met betrekking tot de interpretatie van de door zijn zwaartekrachtmetingen op zee gevonden uitkomsten vormt de onderhavige periode een nieuw hoofdstuk in het

¹⁷ N. van der Schraaf (red.), *The centenary of the Netherlands Geodetic Commission* (Delft 1979) 55.

¹⁸ Aardoom, "Drie-slingertoestel", 104 e.v.

¹⁹ *RCG 1929*, 7.

onderzoek van Vening Meinesz. Zo memoreerde zijn Delftse collega Schermerhorn in *De Groene Amsterdammer* van 20 augustus 1966, dat waar eerder bij Vening Meinesz de vormbepaling van de aarde in het zwaartekrachtonderzoek centraal stond, hij nu het onderzoeksgebied “van de geofysica betrad - de natuurwetenschap, die zich bezig houdt met de opbouw en de fysische eigenschappen van de aarde - op welk gebied hij met het opstellen van nieuwe verklaringstheorieën zijn grootste triomfen zou behalen”. Weliswaar had Vening Meinesz in 1923 in zijn *“Observations de Pendule”* al een proeve van geofysisch / geologische interpretatie van zijn gravimetrische opname in Nederland afgelegd, maar met de publikatie "Over de vorming van aardkorstplooiingen en ketengebergten" in 1931 laat hij geen twijfel meer over de juistheid van Schermerhorn's observatie bestaan.²⁰

Het object “aarde” en het klassiek mechanistisch-mathematisch formalisme der fysica vormen samen het “geofysisch domein”, waarin onderzoek naar het gedetailleerd gedrag van het "systeem aarde" via “secundaire” theorievorming op het gebied van gravitatie, (electro)-magnetisme, seismometrie en warmteleer zich afspeelt. Het is intuïtief onderzoek, waarbij directe waarneming van een “verschijnsel” zelden mogelijk is en waar Vening Meinesz middels convergerende argumentatie en hypothesevorming tussen een exacte wetenschap als fysica en een tot kwalitatieve speculatie neigende wetenschap als geologie een brug trachtte te slaan en nieuwe inzichten trachtte te creëren. Met betrekking tot de gecompliceerdheid van geologische verschijnselen was Vening Meinesz overigens wel van mening, dat die verschijnselen aan het aardoppervlak - grensvlak tussen twee media - altijd ingewikkelder waren dan de werkelijke processen in die media zelf.²¹ Vening Meinesz zou zelf dan ook meer in onderzoek naar de fysische omstandigheden beneden de aardkorst en op grotere diepte geïnteresseerd blijven.

Die “aardkorst” - in de negentiende eeuw veelal als “steenschaal” aangeduid - werd in de loop van de twintigste eeuw door een groeiend aantal geologen gevisualiseerd als een samenstelsel van een viskeuze, uit magnesium / ijzer silicaten (SiMa) opgebouwde, basaltische grondmassa, waarop uit aluminium silicaten (SiAl) bestaande stijve, granitische segmenten, terwijl geofysici op grond van overwegingen terzake van isostasie en seismometrie voorlopig nog zouden spreken over een mogelijk plastisch substraat onder een tientallen kilometers dik, stijf / elastisch medium.

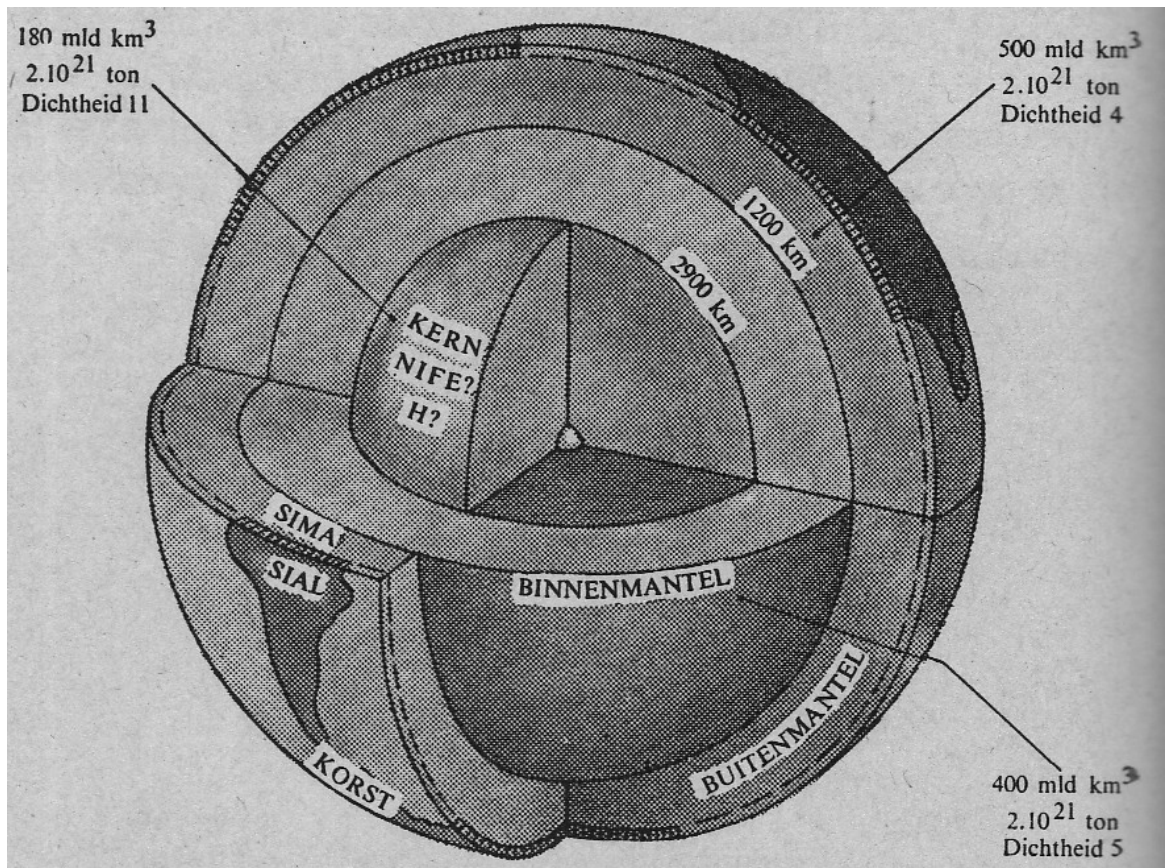
Niet met hamer en kompas, zoals bij geologen op land te doen gebruikelijk, maar met echolood en slingertoestel zou Vening Meinesz in het oceaangebied - een voor geologen nog onontsloten deel van de aarde - onderzoek doen naar de geologische configuratie van het zeebodembgesteente en de fysische eigenschappen en processen in het substraat. De intentie hiertoe met een plan van aanpak kwam naar voren in *De Verhouding van Geodesie tot Geophysica*, titel van zijn inaugurele rede, op 28 november 1927 uitgesproken bij zijn ambtsaanvaarding als buitengewoon hoogleraar om onderwijs te geven in de geodesie en de kartografie

²⁰ F.A.Vening Meinesz, "Over de vorming van aardkorstplooiingen en ketengebergten", in: *TAG* 2 48 (1931) 813 – 826.

²¹ B.J.Collette, "Vening Meinesz' knik-hypothese en de Theorie van Wegener", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 30.

aan de Rijksuniversiteit te Utrecht. Deze leerstoel maakte deel uit van de op basis van het Academisch Statuut van 1921 ingevoerde “Verenigde Faculteiten” en was gevestigd in het Geografisch Instituut. Leerstoelhouders werden in een samenspraak tussen de faculteit van Wis- en Natuurkunde en die van Letteren benoemd. De hoogleraar Vening Meinesz werd als tot de faculteit van Wis- en Natuurkunde behorend beschouwd.

Na een exposé over de recente historische ontwikkelingen in de geodesie en de bijdrage daaraan van de zijde der mariene gravimetrie stelde Vening Meinesz in zijn rede, dat “door een combinatie van overwegingen..... door geologie en geophysica verschaft” grenzen aan bepaalde onzekerheden betreffende mogelijke massaverdelingen in de aardkorst zouden kunnen worden gesteld. Geconstateerde afwijkingen in de evenwichtstoestand van de aardkorst zouden niet alleen het bestaan verraden van krachten, die deze afwijkingen veroorzaken, doch ook gegevens kunnen leveren betreffende de aard en grootte van deze krachten. Terugkoppeling van deze informatie naar de geologie zou grote waarde kunnen



Figuur 7 Opbouw der aarde (volgens Escher, 1948)

hebben bij de beoordeling van geotectonische theorieën. “Theorieën, welke zich bezig houden met de ontstaanswijzen en -oorzaken der continenten en oceanen, der ketengebergten en diepzeetroggen, in het kort van alle groote formaties aan het aardoppervlak.....Tijdens de reis met de K XIII was het mogelijk..... in verschillende der aangeduide richtingen gegevens te verkrijgen en dit in te ruimere mate, daar de Marine geneigd was, om bij de bepaling der route rekening te houden met de belangen van het onderzoek....”

Aan de verdere verwezenlijking van zijn intenties middels de organisatie van verschillende expedities en aan een hypothesevorming, die voorlopig aan het prangende probleem van gebergtevorming (orogenese) een oplossing leek te bieden, zou Vening Meinesz in de onderhavige periode veel tijd besteden.

6c Duikbootexpedities in de Oost en de West

De door de K XIII in 1926-1927 gevolgde route was ondermeer zo uitgezet, dat op grond van de uit te voeren zwaartekrachtmetingen (voorlopige) uitspraken gedaan konden worden terzake van de fysische eigenschappen en de configuratie van het oceaانبodemgesteente - met in begrip van enkele diepzeetroggen - en van de oceaan / continent marge.

Bij de overtocht van de Atlantische Oceaan vanuit Las Palmas - een traject over een gebied, dat als "Atlantisch Plateau" bekend stond - bleek uit echolodgingen, dat de oceaانبodem zeer ruw was met een reliëf, dat over korte afstand een duizendtal meters varieerde. Het hier gemeten zwaartekrachtsexces suggereerde, dat dit gebied niet in isostatisch evenwicht verkeerde. Ook in de Stille Oceaan bleken uitgestrekte gebieden met een matig zwaartekrachtsoverschot te bestaan.²²

Zonder uitzondering toonden zwaartekrachtprofielen dwars over diepzeetroggen - na toepassing van relevante reductie der waarnemingen - daar het bestaan aan van een grotendeels ongecompenseerd tekort. Bij de meeste diepzeetroggen ging diep ingesneden bodemreliëf samen met het gebied, waarover Vening Meinesz een groot zwaartekrachtstekort observeerde. Het zeebodemreliëf ten zuiden van Java - dat pas in 1925 door de Hydrografische Dienst van de gouvernementsmarine in kaart was gebracht - zou evenwel eerder als sterk golvend dan diep ingesneden moeten worden aangemerkt. Daarom was de op maar enkele profielen berustende ontdekking daar van een mogelijk langgerekt gebied met een groot zwaartekrachtstekort (In het Engels: "Minus"-zone) des te meer verrassend.

De slechts vijftien zwaartekrachtswaarnemingen over deze "dubbele Banda Boog" suggereerden een exces aan de concave zijde, overgaand in een tekort aan de convexe zijde. Zo'n asymmetrisch zwaartekrachtprofiel was temeer opmerkelijk, omdat men gebergtevorming toentertijd toeschreef aan opplooiing onder invloed van een symmetrisch (compressief) krachtenspel. Dat recente korstbewegingen van een jong gebergte in aanzienlijke afwijkingen in isostasie zouden kunnen resulteren was voor Vening Meinesz niet onverwacht. Maar van een correlatie tussen zeebodem reliëf en zwaartekracht bleek geen sprake. Evaluatie van de definitieve resultaten van de zwaartekrachtmetingen van de K XIII in het archipelgebied riep zoveel interessante gezichtspunten op, dat het verwerven van een veel gedetailleerder regionaal netwerk van zwaartekrachtmetingen door Vening Meinesz zeer wenselijk werd geacht.²³

Daartoe werd door de Rijkscommissie eind 1928 contact opgenomen met Dr.J.C. Koningsberger, de al eerder genoemde Minister van Koloniën, en de toevallig in het land aanwezige Commandant Zeemacht in Indië, vice-admiraal A. ten Broecke

²² F.A.Vening Meinesz, "Provisional results of determinations of gravity, made during the voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java", in: *KNAW XXX* (Amsterdam 1927) 751.

²³ *Ibidem*, 755.

Hoekstra. De steun van eerstgenoemde aan de organisatie van de "Snellius"-expeditie in 1929 had de hoop gevoed, dat tezelfdertijd een marien-gravimetrisch onderzoek kon worden gerealiseerd. In die verwachting werd de Rijkscommissie niet teleurgesteld. "Aanvankelijk bestond er bezwaar het schip [K XIII] zolang aan zijn eigenlijke dienst te onttrekken, maar wegens de groote wetenschappelijke betekenis der waarnemingen is dat bezwaar terzijde gesteld".²⁴ "Mars moest dus ditmaal wijken voor Minerva". Dat zo kort na een regionaal, verkennend onderzoek een daarbij verkregen nieuw inzicht in een systematisch, lokaal detail onderzoek kon worden verwerkt en uitgevoerd was nog niet eerder vertoond in de oceanografische praktijk. Vening Meinesz' onderzoeksvoorstel was erop gebaseerd om over het geologisch gecompliceerde oostelijk deel van de Indische Archipel een netwerk van meetpunten te leggen, die onderling bij voorkeur niet meer dan zo'n honderd kilometer van elkaar verwijderd waren. Die afstand kwam overeen met en werd waarschijnlijk ook mede bepaald door de door velen toentertijd als maximaal geschatte dikte van de aardkorst en had tot doel een optimalisatie van de inspanningsverrichting in het licht van een geanticipeerd, van een model afgeleid resultaat. Met zo'n netwerk zou Vening Meinesz in staat zijn later in verschillende richtingen door equidistante controlepunten zwaartekrachtsprofielen te construeren. Waar op grond van geologisch inzicht de richting van de tectonische activiteit kon worden vermoed, zette Vening Meinesz profielen uit langs de werkrichting van die krachten; zoals bijvoorbeeld langs de zuid- en west-kusten van Java en Sumatra.²⁵

Nadat hij als gedelegeerde op het vierde Pacific Science Congres in Bandoeng verslag had gedaan van zijn eerdere onderzoeken, wist Vening Meinesz eind mei 1929 door tussenkomst van bovengenoemde commandant der zeemacht in Indië de uitvoering van het door hem gewenste netwerk van zwaartekrachtmetingen in te passen in het voor de marine operationeel mogelijke. Want bij een operatie in tropische wateren met een geschatte duur van acht maanden moet een duikboot toch ook regelmatig de thuishaven opzoeken voor motorisch onderhoud en voor verwijdering van overmatige algenaangroei aan de huid. En daar duikdiensten in tropische wateren veel van de bemanning vergen, had die ook recht op enig verlof.

Onder commando van Lt2 G.Mante voerde de K XIII (zie Bijlage 6) tussen juni 1929 en februari 1930 het onderzoek uit langs de grenzen van de Banda Zee, rond Celebes en vandaar langs de kusten van Java en Sumatra. Daarbij legde de duikboot zo'n 16 000 mijl af en werd op 232 lokaties de zwaartekracht gemeten. Gedurende het onderzoek werd drie tot viermaal daags gedoken, wat een zware wissel op de bemanning trok. De meeste instrumenten functioneerden ook onder tropische omstandigheden naar behoren.

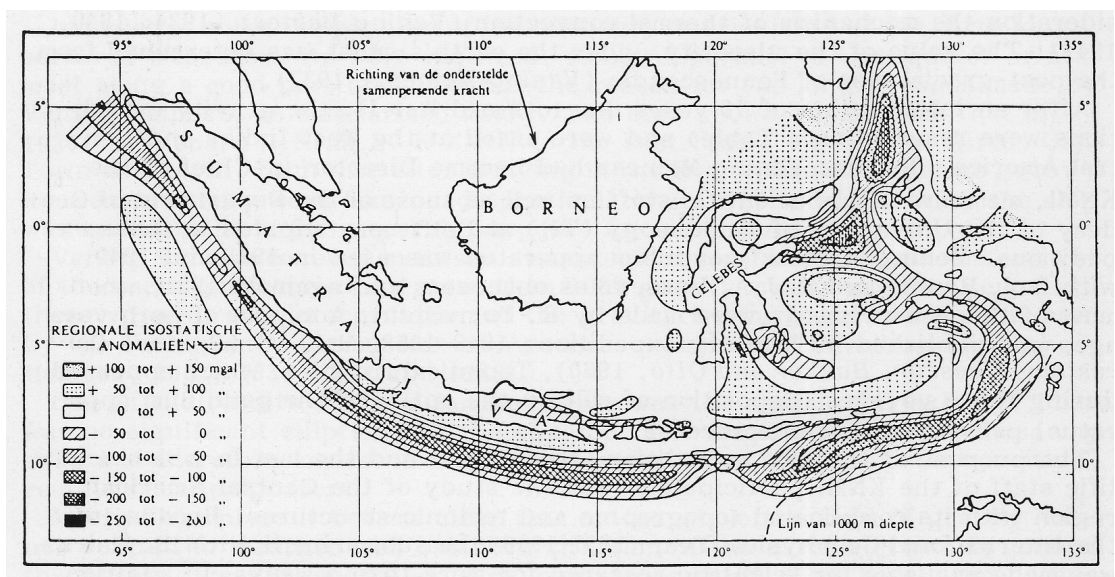
Uitwerking tot bruikbare meetgegevens van de ruwe waarnemingen van deze expeditie en van die in 1926 - 1927 in hetzelfde gebied verkregen, werd verricht door personeel van het K.N.M.I. "in vrijen tijd".²⁶ Waar hierbij betrouwbare dieptegegevens terzake van de zeebodem ontbraken, gebruikten zij informatie door de "Snellius"-expeditie vergaard. Maar op basis van zijn eigen, voorlopige berekeningen had

²⁴ J.J.A.Muller, "De gravimetrische opnemings van de zeeën van Nederlandsch-Indië", in: *TAG* 2 47 (1930) 702 e.v.

²⁵ F.A.Vening Meinesz, "Gravity anomalies in the East Indian Archipelago", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 323 e.v.

²⁶ *RCG* 1930, 14.

Vening Meinesz - een foutmarge van 10 - 20 mgal hanterend - al snel zelf een vijfduizend kilometer lange en minder dan honderd kilometer brede strook van aanzienlijke zwaartekrachtstekorten geïnterpreteerd, die mogelijk al vanaf de Mindanao Trog en Ternate / Halmaheira via de Molukken buitenlangs de Soenda Eilandboog en West-Sumatra aansloot op het Alpen – Himalaya breukensysteem. De manier, waarop de door de massatekorten geïmpliceerde inwaartse plooiing van het gesteente op de profielen tot uitdrukking kwam, sloot welhaast een elastische deformatie van de korst zonder breuk of zelfs vervloeiing uit. Hoewel Vening Meinesz verschuivingen in meer of mindere mate waarschijnlijk achtte, bleef hij evenwel steeds over plooiing spreken.²⁷



Figuur 8 De "Minus" – zone in kaart gebracht

De gordel van negatieve isostatische zwaartekrachts-anomaliën ("Minus"-zone) langs de rand van de Indische Archipel. Volgens Vening Meinesz werd een "Minus"-zone veroorzaakt door een doorbuiging van de aardkorst ten gevolge van een in de korst aanwezige, dwars aangrijpende compressie, gecreëerd door materiële convectiestromingen in het substraat.

(naar Veldkamp, 1984)

Inmiddels had Vening Meinesz ook de beschikking gekregen over de resultaten van de S-21 expeditie in de Caribische Zee, eind 1928. Aan de daar gedane vijftig metingen bleken nog controlepunten van de omringende eilanden (13), van Midden Amerika (35) en van de K XIII (1926) expeditie (10 + 24) te kunnen worden toegevoegd. Het zwaartekrachtsveld, op basis van dit ruime netwerk van meetpunten verkregen, leek analoog aan dat van Oost-Indië: een breed gebied met een klein zwaartekrachtsoverschot, omringd door een smalle strook met sterk negatieve anomalieën, zonder een directe correlatie met het reliëf. Dwars door Midden-Amerika liep een strook met negatieve anomalieën, die een voortzetting leek van de in de Cayman (Bartlett)-trog gevonden trend, welke laatste de noordgrens van de Caribische Zee aangaf. Zo leek het er op, dat zich - evenals in de Indische Archipel -

²⁷ Vening Meinesz, "Gravity anomalies", passim.

rond de Caribische “binnenzee” een eilandboogstelsel had gevormd. Evenals in Oost-Indië verraadde hier de structurele dynamiek in de aardkorst zich door aardbevingen en vulkanisme. Ook de positie van het gebied tussen twee continenten en gescheiden door randtroggen toonde veel overeenkomsten.²⁸ Maar hoe Oost-Cuba binnen dit plaatje paste, was voor Vening Meinesz nog onduidelijk. En hoewel juist in die tijd de Utrechtse hoogleraar L.M.R. Rutten (1884 - 1946) dit gebied had gekozen om door zijn promovendi te worden bewerkt, was die keuze eerder gebaseerd op de uitdaging van het in kaart brengen van een “terra incognita” dan om Vening Meinesz’ probleem op te lossen, zo bleek uit het interview met De Vletter.

Internationaal was de respons van geodeten en geofysici op de resultaten van de K XIII expeditie positief. Niet alleen was er veel bewondering voor de man, die zo’n groot onderzoek onder moeilijke omstandigheden tot een goed einde wist te brengen, maar ook voor zijn interpretatie van de resultaten. Een voordracht van Vening Meinesz voor de Royal Geographical Society op 10 november 1930 leidde tot de volgende reacties: “...the discovery of this great line of negative anomalies, is the greatest geodetic discovery made since 1901....”(de geodet Sir Lenox-Conyngham). Ook van de door Vening Meinesz geconstateerde correlatie van “Minus”-zone en vulkaanketens (en aardbevingszones) in de Indische Archipel leek op enig moment in de geologische evolutie van de Britse eilanden een tegenhanger te kunnen worden gevonden volgens Sir John Flett, een andere toehoorder.²⁹

6d Het probleem der gebergtevorming in historisch perspectief

Geologisch onderzoek in het Oostindisch archipelgebied, met name rond de Molukken, trok vanaf het begin van de twintigste eeuw wereldwijde belangstelling. “De duidelijk in een richting verlengde trogvorm der meeste, diepe bekkens evenals de in een richting verlengde vorm van bijna alle eilanden, die aan die bekkens grenzen,.....verder de rangschikking zowel van de bekkens als van de eilanden in [rond het Soenda platform] gebogen rijen en tenslotte de onmiskenbare kentekenen van opheffing, die de kusten van die eilanden vertonen lijken als gemeenschappelijke oorzaak van zulke tegengestelde bewegingen te hebben een plooiing van de aardkorst in de diepte”.³⁰

Het was op het eerste gezicht dan ook niet verwonderlijk, dat een befaamd geoloog als E. Argand (1879 - 1940) in 1916 zich zo het embryonale stadium van de Alpen gedurende het Mesozoïcum voorstelde. Een visie stoelend op een door de Amerikaanse geologen Dana (1818 - 1895) en Hall (1811 - 1898) ontwikkeld orogenetisch model. In de tweede helft van de negentiende eeuw postuleerden laatstgenoemden het ontstaan van de Appalachen als gevolg van opplooiing en uitpersing van de inhoud van een langgestrekt sedimentatiebekken - een geosynclinaal - ten gevolge van contractie / horizontale compressie. Zij lokaliseerden zulke bekkens, waar instabiele zones langs de buitenrand van een continent werden

²⁸ Vening Meinesz, "Gravity anomalies", 330.

²⁹ Vening Meinesz, "Gravity anomalies", 332 – 337.

³⁰ G.A.F. Molengraaff, "Geologie", in: J.P. van der Stok (red.) *De zeeën in Nederlandsch Oost Indië* (Leiden 1922) 288.

ingeklemd tussen twee naar elkaar toe bewegende - en eventueel onder elkaar schuivende - aardkorstdelen. Het kader, waarin van toen af gedacht en gewerkt werd, werd aldus beheerst door labiele gebieden - geosynclinalen - en stabiele gebieden - continenten en diepzee gebieden, welke laatsten overigens voor geologen nog "terra incognita" waren. Exponent van een continentale evolutie in termen van een geosynclinaal model was gedurende het Interbellum de Duitse geoloog H. Stille (1876 - 1966).

Argand's hypothese stimuleerde de voortgang van het geologisch onderzoek in het Archipelgebied, dat zich intensief op de ontrafeling van de evolutie van de gebergten zou richten. Maar tot een synthese en een antwoord op de vraag "hoe en waarom een dalend bekken dan wel tot een gebergte zou kunnen worden opgestuwd" had dat onderzoek nog niet geleid.

De ontwikkeling van horizontale, compressieve krachten in de aardkorst, die aan gebergtevorming ten grondslag zouden liggen, werd aan het einde van de negentiende eeuw toegeschreven aan een veronderstelde, door afkoeling geïnduceerde algehele krimp van de aardbol. De over de gehele aarde verspreide geologische onderzoekingen hadden toen voldoende materiaal aangeleverd voor de samenstelling van een structuurgeologische ontwikkelingsgeschiedenis van de aarde. E. Suess' (1831 - 1914) *Das Antlitz der Erde* (1883 - 1909) was misschien niet de eerste maar wel de meest invloedrijke monografie (vier delen) over dit onderwerp, waarin de schrijver een wereldwijd verband tussen tektoniek en stratigrafie probeerde te leggen. Ten gevolge van de voortschrijdende afkoeling en krimp van het plastische substraat zouden volgens Suess segmenten van de buitenste, stijve steenschaal cyclisch tot een heroriëntatie in continentale horsten en oceanische, door krimp gegenereerde depressies worden gedwongen, langs de grenzen waarvan stuwing tot gebergtevorming leidde, zoals in Zuid Amerika en rond Zuidoost Azië te zien was. Maar nog tijdens de publicatie hadden de inzichten betreffende krimp en afkoeling van de aarde zich gewijzigd door de ontdekking van radioactiviteit als actieve warmtebron. Daarbij kwam, dat wat er bekend was over de toestand van isostatisch evenwicht der continenten op gespannen voet stond met Suess' hypothese van een compressieve dynamiek. Voorts bleken sommige eenheden in de Alpen over veel grotere afstanden te zijn overschoven dan alleen op grond van krimp door afkoeling gedurende een recente geologische periode zou mogen worden verwacht, terwijl de vraag onbeantwoord bleef, waarom de loop van gebergten dan toch een zeker patroon vertoonde en niet willekeurig over het aardoppervlak verspreid leek. Tenslotte had Suess geen verklaring voor de al uit Ortelius' (1527 - 1598) kaartenboek *Theatrum Orbis Terrarum* blijkende complementariteit van de tegenover elkaar liggende kustlijnen van Zuid Amerika en Afrika.

De in 1912 door A. Wegener (1880 - 1930) opgestelde hypothese terzake van verschuivende continenten - de "Continental Drift" (continentverschuiving) hypothese - verklaarde die zaken mogelijk beter. Uitgaande van het bestaan van een wereldwijd isostatisch evenwicht verdedigde hij tot zijn dood in 1930 in opvolgende edities van *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* op grond van geologische, paleontologische en paleoclimatologische overeenkomsten de hypothese, dat in de loop der tijd de stijve, granitische (SiAl) steenschaal van de aarde in "schollen, drijvend en kruierend" in een plastisch substraat van basaltische (SiMa) samenstelling

was opgebroken. Binnen het kader van zijn hypothese beschouwde Wegener de Atlantische en Indische oceaangebieden als vergankelijke elementen, maar dichtte hij permanentie toe aan het door de "Ring van Vuur" omsloten Stille Oceaan gebied. Met betrekking tot laatstgenoemd gebied stelden kosmologen als H. Jeffreys (1891 - 1989), auteur van de invloedrijke, tussen 1924 en 1976 in zes opvolgende edities verschenen standaard tekst *The Earth: its Origin, History, and Physical Constitution* (Cambridge, 1924), dat door een "near miss" met een of ander hemellichaam de granietkorst daar zou zijn afgeschraapt en tot creatie van de maan zou hebben geleid. Wegener schreef het opsplitsen en uiteendrijven der continenten toe aan de differentiërende invloed, die getijdenbewegingen uit zouden oefenen op de stijve aardkorst, waardoor de schollen zich ten opzichte van het substraat westwaarts zouden bewegen. Evenwel werden niet alle schollen met dezelfde snelheid voortgedreven. In zijn visie was de "Nieuwe Wereld" een voorloper relatief tot Europa en Afrika; en de Andes keten ontstaan door opstuwing van frontaal over elkaar schuivende lagen. Azië en India waren de achterblijvers relatief tot Europa en Afrika. De Alpen - Himalaya keten, die volgens Wegener ten gevolge van een botsing tussen Eurazië en Afrika / India tot stand was gekomen, suggereerde, dat ook een naar de evenaar gericht, aan het aardoppervlak gebonden krachtenveld, de "Polfluchtkraft", werkzaam zou zijn.

In de eerste edities van zijn boek liet Wegener zich weinig gelegen aan het opvoeren van verifieerbaar bewijs voor zijn hypothese. Van de hand van A.L. du Toit (1878 - 1948) verscheen in 1927 een doortimmerde justificatie van de door Wegener opgevoerde geologische argumenten, die door laatstgenoemde in de vierde en laatste editie van zijn boek (1928) werd opgenomen tezamen met Vening Meinesz' zwaartekrachtsprofiel over de Stille Oceaan als ondersteunend bewijs voor het veronderstelde isostatisch regime. De prominente plaats, die Wegener in zijn "Beweisführung" in eerdere edities aan relatief speculatieve, voornamelijk op geografisch – geologische overeenkomsten berustende argumenten had gegeven, werd in de editie van 1928 overgenomen door argumenten berustend op resultaten van gedane en verwachtingen omtrent nog uit te voeren geodetische afstandsmetingen. Het is niet onaannemelijk, dat die grondige herschikking mede geschiedde onder invloed van het logisch-positivisme van de "Wiener Kreis", die de mogelijkheid tot verificatie als criterium voor onderscheid tussen zinvolle en zinloze uitspraken eiste. Overigens hechtten geodeten als Bowie altijd al weinig waarde aan geologische percepties.

Op basis van zijn in tekstfiguren tot uitdrukking komende veronderstellingen betreffende de continuïteit van de recente landijsbedekking van Scandinavië en Groenland en van de geochronologie, zoals toentertijd bekend, berekende Wegener in de vierde editie voor de verplaatsing van Groenland ten opzichte van Scandinavië een snelheid oplopend tot 36 meter/jaar.³¹ Een snelheid die bij sommige geodeten de vraag deed oprijzen of precisieplaatsbepaling gedurende een aantal jaren niet het definitieve bewijs voor Wegener's theorie zou kunnen vormen.³² Maar juist dat verifieerbare aspect van Continental Drift - de snelheid waarmee schollen zich verplaatsten - bleek - toen berekeningen beschikbaar kwamen - de toets niet te kunnen doorstaan. Ook met radiometrische technieken kon met over een aantal jaren

³¹ H.E. LeGrand, *Drifting continents and shifting theories* (Cambridge 1988) 68.

³² TAG 2 43 (1926) 847.

verspreide waarnemingen geen meetbare verschuivingen aan het licht worden gebracht. Daardoor verliep aan het eind van het Interbellum de waardering voor Wegener's Continental Drift hypothese.³³

De meeste Nederlandse geologen oordeelden al vroeg in het Interbellum positief over "Continental Drift".³⁴ Wegener was dan ook al in 1923 voor een serie lezingen naar het land uitgenodigd en tot erelid van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap benoemd. Ook had hij veel resultaten van onderzoek in de Oostindische Archipel door Nederlandse geologen in zijn publicaties verwerkt. Overigens interpreteerde hij de kromming in de twee zuidelijke ketens van de Soenda eilandboog in het grensgebied met het Australisch continent als een expressie van een "draaikolk"-beweging in het viskeus substraat, een bewijs voor diens plasticiteit.³⁵ Maar er waren ook wat voorbehouden. Zo oordeelde Wegener, dat het Midatlantische Ruggebied een, gedurende de westwaartse drift tussen Amerika en Europa, achtergebleven strook "continentale" materie was, waarbij hij uit het oog verloor, dat dan juist de complementariteit der kusten onverklaard bleef. Daarentegen had de Delftse hoogleraar G.A.F. Molengraaff (1860 - 1942), na het lezen van Wegeners eerste editie der *Entstehung*, al in 1916 gesuggereerd, dat de Rug - gezien haar mediane locatie en de aard van de op sommige plaatsen aangetroffen extrusiva - plaats van uiteenbreken / uiteendrijven van genoemde continenten moest zijn geweest.³⁶

Vening Meinesz vatte de mogelijke implicaties van Wegener's hypothese terzake van marien gravimetrisch onderzoek in 1927 als volgt samen:

"Wegener stelt zich voor, dat niet de geheele aardkorst star is doch slechts de vastelanden; onder den oceaan zou de korst nog vloeibaarheids-eigenschappen bezitten, al zou de taaiheid zoo groot zijn, dat niet van een vloeistof in den gewonen zin van het woord kan gesproken worden. De continenten zouden hier als starre schollen in drijven, wat dus in overeenstemming zou zijn met het drijvend evenwicht, wat uit de continentale zwaartekrachtsbepalingen was geconcludeerd en waarvan hierboven sprake is geweest. Zelfs zouden de vastelanden nog horizontale bewegingen uitvoeren en een der verschijnselen, welke naar Wegener's meening hierop duiden, zouden juist de vermelde diepzeetroggen zijn, welke zich aan de oostzijde bevinden van de eilandenreeksen in het westelijk gedeelte van de Stille Oceaan: deze zouden het zog zijn welke de naar het westen bewegende eilandengroepen achter zich zouden laten in den taai vloeibaren oceaانبodem".³⁷

Verder onderzoek naar de veronderstelde fysische eigenschappen van de betreffende media – zoals de plasticiteit van de zeebodem - liet Wegener over aan

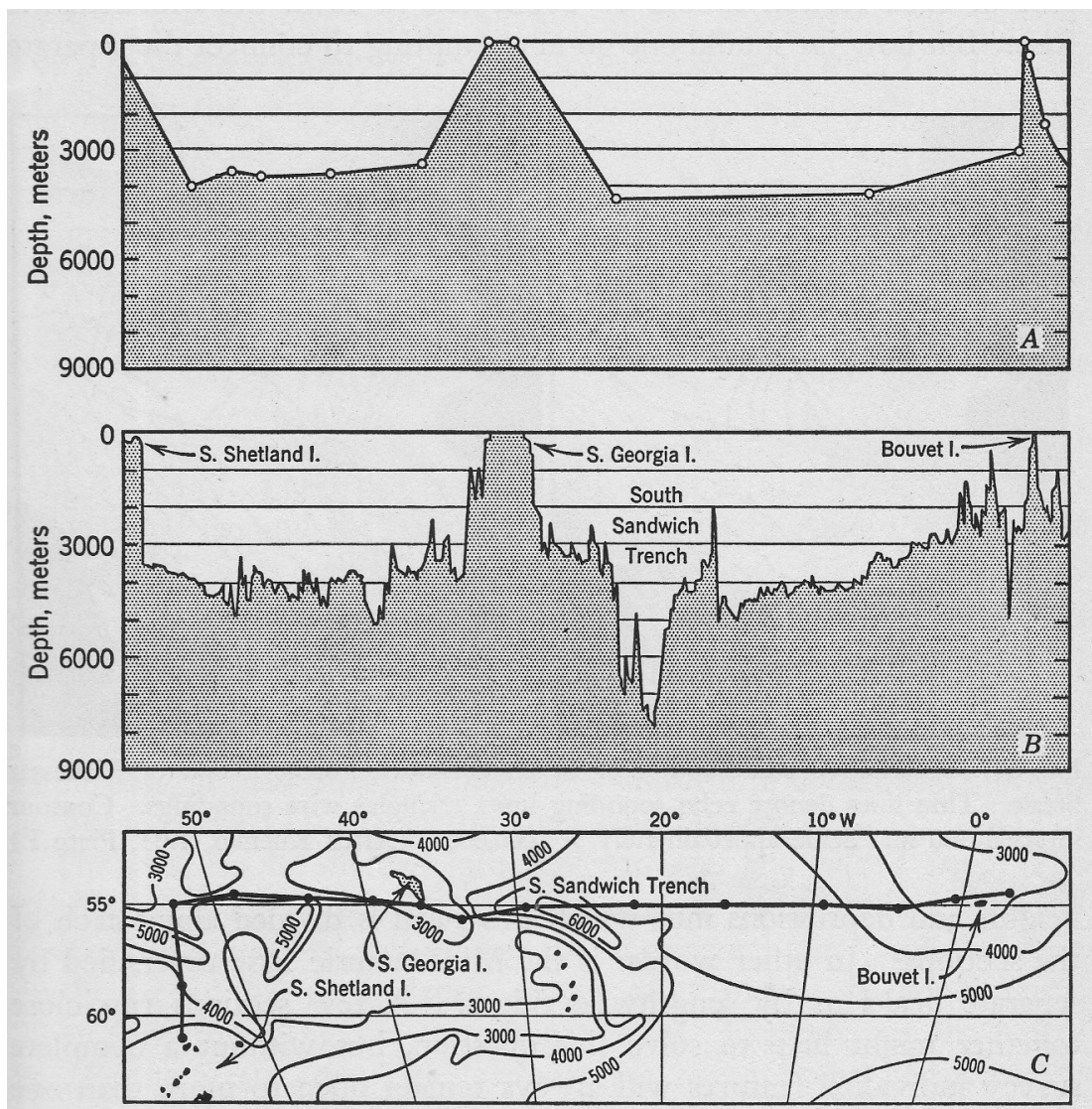
³³ Oreskes, *Rejection*, 236.

³⁴ W.F. Barzilay, "The reception of Wegener's theory in the Netherlands", in: T. van Loon en H. Doust (eds) *Dutch Earth Sciences. Development and Impact*. (Den Haag 2012) 123 – 125.

³⁵ A. Wegener, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (derde druk; Braunschweig 1922) 47 e.v.

³⁶ F.R. van Veen, *Een avontuurlijk geleerde. Gustaaf Molengraaff (1860 – 1942)* (Delft 2004) 116.

³⁷ Van der Linden en Wytéma, *Met Hr. Ms. K XIII naar Nederlandsch Indië*, 249 e.v.



Figuur 9 Van handlood naar echolood

Al tijdens de discussie over Wegener's "Continental Drift" hypothese bleek de Oceaanbodem minder vlak dan verondersteld.

Oost – West profiel van de bodem van de Zuidatlantische Oceaan ter hoogte van de Zuid Shetland Eilanden.

Boven: Profiel geconstrueerd uit 13 handmatige dieptelodingen van de "Challenger" – expeditie (1872 – 1876)

Midden: Profiel geconstrueerd uit 1300 echolodingen van de "Meteor" - expeditie (1925)

(naar Sverdrup e.a., 1942)

geofysici, zij het, dat "Continental Drift" moest plaatsvinden binnen de context van isostasie. Voor de Delftse hoogleraar Mekel (1891 - 1942) was de voorlopige uitkomst van de discussie duidelijk: "Waar geologische argumenten zouden dwingen tot acceptatie van Continentale Drift, is het aan geofysici om voor deze beweging een

verklaring te zoeken en mag de theorie niet worden verworpen alleen omdat de juiste verklaring van het mechanisme der bewegingen nog niet is gevonden." ³⁸

Van die geofysici verzette de eerder genoemde Jeffreys zich vanaf zijn eerste verhandeling over dit onderwerp in 1923 op grond van fysisch-mathematische argumenten tegen Wegener's hypothese in zijn geheel; niet alleen tegen het door Wegener voorgestelde mechanisme. Volgens Jeffreys' berekeningen had de oceanische basaltlaag en het substraat een zo hoge viscositeit, dat die lagen en het substraat als praktisch stijf moest worden verondersteld. Daarenboven concludeerde hij, dat zowel de getijdenkrachten als de "Polfluchtkracht" minimaal waren en totaal onvoldoende om verschuiving van continenten te bewerkstelligen. Zijn, vanuit die visie gevormde geofysische theorieën zouden grote invloed houden in Groot-Brittannië, hoewel ook voor die theorieën de empirische bevestiging nog op zich zou laten wachten.³⁹ De Duitse geofysicus B.Gutenberg (1889 - 1960) was het in zijn in 1925 verschenen monografie *Die Aufbau der Erde* op basis van zijn op seismische metingen gebaseerde, gelaagde aardmodel weliswaar met Wegener eens, dat circa zestig kilometer dikke continentschollen konden worden onderscheiden van een substraat van hogere dichtheid en van een oceanische korstgesteente. Maar hij verzette zich tegen de door Wegener voor laatstgenoemd gesteente veronderstelde plasticiteit.⁴⁰ En - zoals eerder beschreven - ook Vening Meinesz was er allerminst van overtuigd, dat de oceaانبodem zich als een plastisch medium zou gedragen, waarin door slechts geringe krachten continenten konden worden verplaatst. En, in het licht van de status van het indertijd gevoerde debat omtrent magma-differentiatie zullen er ook wel geologen geweest zijn, die zich het door Wegener voorgestelde scherpe contrast tussen SiAl-korst en SiMa-substraat niet goed konden voorstellen.⁴¹ Enigszins gechargeerd stelden zij, dat de granieten korst van de continenten nooit in een "vloeibare" basalt zou kunnen drijven, omdat graniet een lager smeltpunt dan basalt had. Derhalve zou de granietkorst niet in vaste toestand kunnen blijven en drijven, als de temperatuur hoog genoeg was om basalt in die mate te doen vloeien, dat drijven mogelijk was. Hiermee was dus voor hen "geologisch" aangetoond, dat de hypothese foutief moest zijn.

De argumenten voor en tegen "Wegener" veroorzaakten zoveel deining, dat in 1926 de "Association of American Petroleum Geologists" (A.A.P.G.) een symposium organiseerde onder voorzitterschap van de Nederlander W.J.A.M.van Waterschoot van der Gracht (1873 - 1943), die als geoloog en mijningenieur aan beide zijden van de oceaan zijn sporen ruimschoots had verdiend. Veel deelnemers aan het symposium beoordeelden de argumenten voor de hypothese - zoals Wegener die in zijn eerste drie edities meer op basis van interpretatie van geologische verschijnselen dan van verifieerbare feiten had gebracht - als te selectief, slordig in de details en misleidend in hun context. Vooringenomen opponenten droegen zelf nauwelijks alternatieve verklaringen aan voor de onmiskenbare geologische overeenkomsten tussen nu ver uit elkaar liggende locaties: zij speelden eerder op de man....en die was geoloog noch Amerikaan. Misschien waren ook in Europa de reacties op

³⁸ TAG 2 45 (1928) 762.

³⁹ Lawrence, *Upheaval from the abyss*, 51 e.v.

⁴⁰ Wegener, *Die Entstehung*, 49.

⁴¹ B.G.Escher, *Algemene Geologie* (vierde druk; Amsterdam 1934) 24

Wegener's hypothese in dit stadium van het Interbellum niet altijd vrij van een nationalistisch sentiment, dat zich tegen een Duitser / Oostenrijker keerde.⁴²

Afgezien van die emoties bleken de meningsverschillen tussen voor- en tegenstanders zich voornamelijk te concentreren op enig mechanisme, dat op een acceptabele manier "Continental Drift" kon ondersteunen. Onder de weinige voorstanders was maar een enkele van oordeel, dat men zich niet op "ijsbergen door de wind op stilstaand water voortgedreven" moest blind staren, maar de mogelijkheid van "ijsbergen, voortgedreven door een onderstroom" moest onderzoeken. Een van hen was de fysicus Arthur Holmes (1890 - 1965), die vooral door Wegener's analyse van de verspreiding van klimaatzones sinds het Carboon was getroffen. In zijn recensie van het symposium schreef Holmes aan Van der Gracht de gedachte toe, dat een "plastische stroming vanonder het centrum van een continentale massa naar de randen" als generator van zo'n onderstroming zou kunnen fungeren.⁴³ Holmes verwerkte die suggestie tot een vermoeden, een "hypothese", waarin opwarming in de continentale korst door de vrijkomende warmte van daarin rijkelijk aanwezige radioactieve materie tot het ontstaan van een warmtegradiënt en stroming in het substraat zou kunnen leiden in de richting van de oceanen, waar door hem de korst veel armer aan radioactieve materie en dus koeler werd gedacht. Zo'n stroming zou een in de aarde werkende kracht kunnen genereren, die de continenten uiteen kon doen scheuren met het door Wegener geschetste resultaat.⁴⁴ Hoewel zo'n "hypothese" in de ogen van een Newton wegens het ontbreken van kennis van de primaire eigenschappen van de betrokken materie eigenlijk weinig waarde zou hebben gehad en Holmes nauwelijks een beroep deed op andere aanwijzingen - zoals verschillen in gemeten temperatuur gradiënten - om zijn "hypothese" te onderbouwen, trok zijn voorstelling van zaken voor korte tijd toch wel enige aandacht.

Het toegenomen gewicht, dat geodetisch / geofysische argumenten kregen in het onder geologen gevoerde debat over continentverschuiving, demonstreerde een verschuiving in de verhouding tussen de door geofysica ingebrachte empirie en het op speculatie en intuïtieve voorstelling gebaseerde geologisch gedachtegoed met betrekking tot datgene, wat door geologen toen nauwelijks onderzocht kon worden, i.c. de diepe ondergrond in het algemeen en de oceaانبodem in het bijzonder.

Die verschuiving begon al in 1913, toen Holmes zijn op radioactief verval van instabiele elementen berustende "absolute" tijdschaal plaatste naast de op geologische speculatie berustende "relatieve" tijdschaal. Toen bleek de "speculatieve" ouderdom van het begin van het Paleozoïcum van omstreeks 250 miljoen jaar (MY) te corresponderen met een "absolute" ouderdom van omstreeks 700 MY, de "speculatieve" ouderdom der aarde (500 MY) met een "absolute" ouderdom van – eerst - 1600 MY, later 4600 MY.

Integratie van de "fysica van de vaste aarde" betekende een verruiming van het geologisch onderzoeksveld en een verdieping, omdat aan speculatie en intuïtie door empirie grenzen werden gesteld en nieuwe uitdagingen gecreëerd. In dat proces zou Vening Meinesz nationaal en internationaal met eigen onderzoek een belangrijke

⁴² Lawrence, *Upheaval*, 46 – 61.

⁴³ Arthur Holmes, "Continental Drift". (Review of the 1926 *Symposium proceedings on Continental Drift*). *Nature* 122 (1928) 431-433.

⁴⁴ B.G.Escher, *Algemene Geologie* (vierde druk; Amsterdam 1934) 454.

rol spelen. Zo gaven de resultaten van de met hem in 1928 in Amerikaanse wateren met de S 21 uitgevoerde expeditie de noodzakelijke duw daar tot oprichting van oceanografische instituten met de instelling – begin 1932 – van een "Committee on the Geophysical and Geological Study of Ocean Basins" als gremium. Maar het zou nog wel even duren, voordat geofysici en geologen over en weer elkaars bevindingen op waarde zouden weten te schatten.

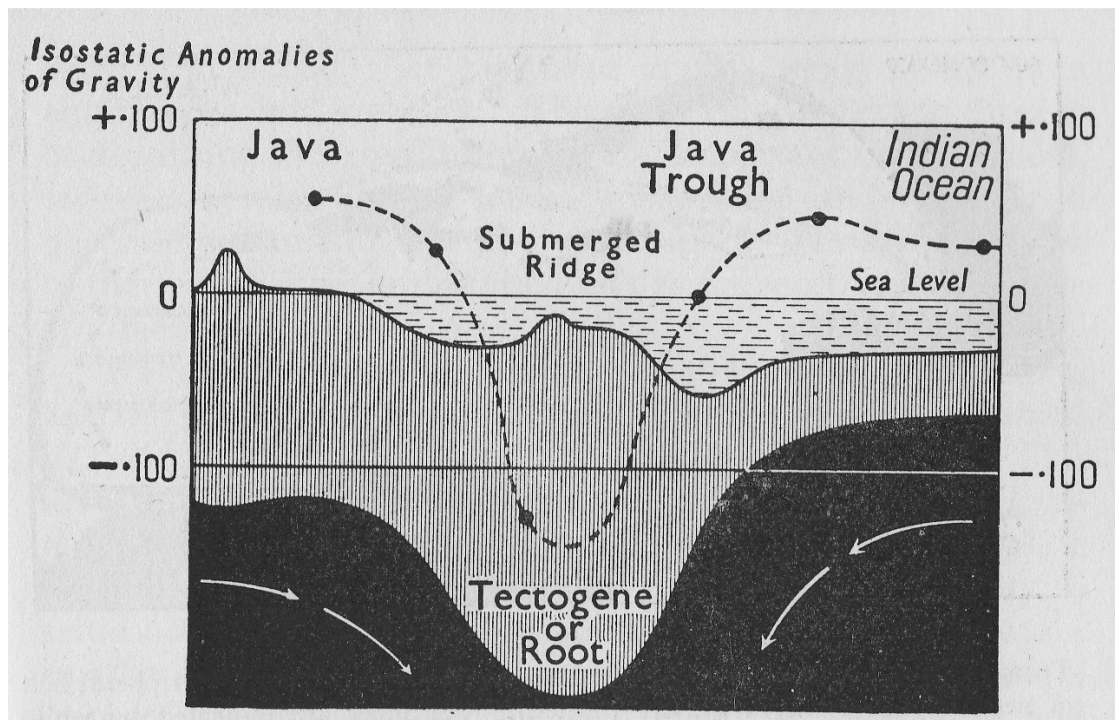
6e Gebergtevorming volgens Vening Meinesz

Toen Vening Meinesz in het begin van de jaren dertig de relatie tussen de door hem gevonden "Minus"-zone en de geologische interpretaties onderzocht, bleek hem al spoedig, dat de trend van deze zone, met aan weerszijden zwak positieve ruggen, correleerde met die van de op enige afstand aan de binnenzijde gelegen vulkanische eilandboog en met die van de epicentra van ondiepe aardbevingen.⁴⁵ Het parallisme van "Minus"-zone, seismisch actieve zone en vulkanisme sterkten het vermoeden, dat hier vrijwel zeker van een belangrijk geotectonisch verschijnsel sprake was. Gezien de veronderstelde plasticiteit van het substraat, concentreerde Vening Meinesz zijn onderzoek naar de aard van de massa's, die de anomalieën veroorzaakten; naar lagen van de "stijve" aardkorst, dieper dan die waar deformaties waren te zien; waar eventueel vereffening van massaverschillen in had kunnen plaatsvinden. Een verdere aanwijzing voor het vermoeden, dat de oorzaak op grotere diepte dan de visueel waarneembare, geologische verschijnselen suggereerden moest worden gezocht, was het ontbreken van een nauwe correlatie met het zeebodemereliëf.⁴⁶ De uit de zwaartekrachtmetingen klaarblijkelijke instandhouding van een toestand van gravitatieve onevenwichtigheid impliceerde de werking van een krachtenveld, waarin niet alleen de zwaartekracht, maar ook horizontale krachten een rol speelden. Vening Meinesz, die als pasafgestudeerde zich al had beziggehouden met problemen, die de reologische eigenschappen van de materie betroffen en zich daarbij een veelzijdig mathemaat had getoond, ontwikkelde een theoretisch model voor de vervorming onder eenzijdige compressie van een elastische plaat (een segment van de aardkorst) op een plastisch substraat, op basis waarvan hij het gevonden zwaartekrachtprofiel dwars op de "Minus"-zone dacht te kunnen verklaren. Ondanks zijn naar geologische inzichten soms wel erg ver doorgevoerde abstracties betreffende de vigerende omstandigheden was Vening Meinesz toch wel een der eersten, die geologische, kwalitatieve modellen door kwantificering op hun geofysische "geloofwaardigheid" onderzocht. Maar "geloofwaardigheid" was nog geen bewijs, dat de door hem gebruikte combinatie van parameters de juiste of zelfs de enig mogelijke was! Zo zou hij op basis van een kwantificerend model de doorbuiging berekenen voor ieder element, afhankelijk van de grootte van de compressie, van de dikte en de elastische eigenschappen van de plaat en van de eventuele belasting ervan boven het draagvermogen. Het bleek, dat onder bepaalde voorwaarden de doorbuiging in een toenemend steilere "knik" kon resulteren.⁴⁷

⁴⁵ Vening Meinesz, "Gravity anomalies", 325-329.

⁴⁶ Vening Meinesz, *Relevé gravimétrique maritime de l'archipel Indien* (Delft 1931) 4 e.v.

⁴⁷ Vening Meinesz, Umbgrove en Kuenen, *Gravity expeditions II* (Delft 1934) 48-52.



Figuur 10 De "Minus" – zone in profiel

Geschematiseerd profiel van Java naar de Indische Oceaan, waarin tot uitdrukking komt de relatie tussen zwaartekrachtsanomalieën (gebroken lijn met waarnemingspunten) en de instulping van de aardkorst in de mantel, onafhankelijk van samenstelling en reliëf van de zeebodem. De witte pijlen aan de basis van de korst geven de richting aan van de veronderstelde convectiestroming in de mantel. (Schaal: 1 cm = ong. 10 km.)

(naar Holmes, 1944)

Vening Meinesz kwam in 1931 tot de hypothese, dat waar een (gelaagde) aardkorst onder invloed van uniaxiale, horizontale compressie tot doorbuigen en vervolgens (als bekken met een sedimentaire invulling) tot inknikken werd gebracht, een opeenhoping van lichte korstmaterie in de diepte zwaarder substraat kon verdringen.⁴⁸ Een dunne bovenlaag van een paar kilometer dikte zou evenwel niet mee inbuigen, maar zich in de vorm van plooingen of overschuivingen manifesteren, zoals ook bij gebergten voorkwam. Zou in een later stadium de horizontale compressie afnemen, dan zou streven tot herstel van het isostatisch evenwicht in een uitstulping - de vorming van een gebergte - resulteren. Vooralsnog bleven bij dat proces van orogenese veranderingen in het dynamisch temperatuur-evenwicht van de aarde ter plaatse en verschillen in radioactief opwarmingspotentiaal nog buiten beschouwing. Maar voor de geschetste ontwikkeling van zo'n "tectogeen" was wel vereist, dat stroming van massa in het substraat mogelijk was.

⁴⁸ F.A.Vening Meinesz, "Over de vorming van aardkorstplooingen en ketengebergten", in: *TAG* 2 48 (1931) 813 – 826.

Vening Meinesz vatte in 1956 de resultaten van de reizen met de K XIII als volgt samen:

“[Twee problemen der geofysica werden nader tot een oplossing gebracht]:
dat van het ontstaan van plooiingsgebergten en dat betreffende het al dan niet voorkomen van grote stromingsstelsels in de mantel der aarde, dat wil zeggen in de 2900 km dikke gesteentelaag tussen de nikkelijzeren kern van de aarde en de ongeveer 35 km dikke starre aardkorst. Het bleek, dat de zuid van Java aangetroffen strook van sterk negatieve zwaartekrachtsanomalieën over de gehele archipel te vervolgen was, van west van Sumatra tot oost van de Filippijnen. De aardkorst wordt hier blijkbaar door sterke uniaxiale horizontale drukspanningen naar binnen gedrukt, waardoor de oppervlakte lagen sterk ineengeplooid en overschoven worden. Verdwijnt deze druk - hetwelk waarschijnlijk pas na vele miljoenen jaren zal geschieden - dan moet zich door oprijzing het evenwicht der naar binnen gedrukte en samen gedrukte starre aardkorst herstellen, waardoor een hooggebergte zal ontstaan met sterke plooiingsverschijnselen aan de oppervlakte. De wijze, waarop de intensiteit der negatieve zwaartekrachtsanomalieën in de as der bovengenoemde strook door de gehele archipel verandert, pleit sterk voor de aanname, dat de druk niet door contractie der aardkorst ten gevolge van afkoeling der aarde ontstaat, maar door grote stromingsstelsels in de mantel.”⁴⁹

Vening Meinesz stelde zich dus voor in het archipel gebied te maken te hebben met een plooiingsgebergte “in statu nascendi” tijdens het in en onder elkaar schuiven van delen van de aardkorst, waarbij verdringing van substraat door lichter korstmateriaal voor vorming van een “wortel” zorgdroeg, wat in een zwaartekrachtstekort tot uitdrukking kwam. Doorgaand inbuigen van diepere lagen tezamen met plooiing van van hun ondergrond losgeraakte ondiepere lagen zou tot de vorming van een onderzeese rug kunnen leiden. Relaxatie van de compressieve krachten zou een streven naar isostatisch evenwichtsherstel en geleidelijke oprijzing van het betreffend korstsegment kunnen inleiden. Bij een rijp plooiingsgebergte zou volgens Vening Meinesz het aldus ontstane massatekort gecompenseerd gaan worden door de massa van het opgerezen gebergte, maar zover was het in de Archipel nog niet gekomen. Voor dit proces waren krachten van wel duizend of meer kilogrammen per cm^2 vereist, die in de korst tot verplaatsingssnelheden van hoogstens enkele centimeters per jaar konden resulteren.⁵⁰ Op grond van de ruimtelijke uitbreiding van de anomalieën leek de conclusie gewettigd, dat de strook deel uitmaakte van een globaal geotectonisch systeem, dat van het Alpino-Himalaya systeem rond het Archipel gebied zich voortzette tot in de diepzee troggen van de Stille Oceaan.

Voor zowel het Oostindisch als het Westindisch gebied kwam Vening Meinesz terzake van de eilandbogen tot eenzelfde verklaring, dat hier een diep benedenwaarts gebogen “tectogeen” in de aardkorst was verborgen onder

⁴⁹ Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities", 321.

⁵⁰ F.A.Vening Meinesz, *Evenwichtsverstoringen in de aarde*. Inaugurele rede, uitgesproken op 2 november 1939 (Delft 1939) 11 e.v..

overschoven oppervlakte lagen. Gevraagd, waarom een gebogen eilandketen zou moeten samengaan met vulkanisme, dacht Vening Meinesz, dat dit van doen kon hebben met de benedenwaartse ombuiging en spleetvorming van de aardkorst in combinatie met de kromming van het aardoppervlak. Veel steun kreeg Vening Meinesz ook voor zijn hypothese, dat voor de creatie van zo'n "tectogeen" de oorzaak in processen diep onder de aardkorst moest worden gezocht: "...it is not without support from....terrestrial magnetism".⁵¹

In de Verenigde Staten groeide de waardering voor Vening Meinesz' concept betreffende de structuurgeologische configuratie langs de zone met zwaartekrachtstekorten, aardbevingen en vulkanisme. In 1933 commentarieerde Walter Bucher (1889 - 1965), een bekend structureel-geoloog en auteur van het toen juist gepubliceerde *The Deformation of the Earth's Crust*⁵²: ".....Meinesz' hypothesis [is] practically identical with that developed by the writer on purely geological grounds. This convergence of views derived from independent sets of data strengthens the promise of their usefulness".⁵³ Dat was ook de mening van de aan de Universiteit van Princeton verbonden geologen R.M.Field (1885 - 1961) en H.H.Hess (1906 - 1969). Laatstgenoemde schreef in het verslag van *The Navy-Princeton Gravity Expedition to the West Indies in 1932* (de door Vening Meinesz meegemaakte S-48 expeditie, zie Bijlage 8): "A thin upper layer a few miles thick does not partake of this downfolding, but folds and wrinkles upward as the underlying crust slides beneath it".⁵⁴

Toch konden de positieve reacties op Vening Meinesz' model van gebergtevorming, zijn "tectogeen", niet verhullen, dat nog een verklaring voor het ontstaan van de horizontale compressieve krachten anders dan ten gevolge van een algehele krimp van de aardkorst moest worden gevonden. En hoe diep en hoe uitgebreid moest men zich de processen, die tot de vorming van een "tectogeen" leidden, voorstellen? Dat bleek een punt van discussie tussen Vening Meinesz en Harold Jeffreys, die al jarenlang bezig was met de beantwoording van de vraag in hoeverre de feitelijke waarnemingen kwantitatief met de mathematische theorie overeenstemden. Jeffreys' bevindingen terzake van de fysische eigenschappen van het korstgesteente hadden hem doen concluderen, dat de mobiliteit van de aardkorst wel zeer gering was. En evenals Newton – die hem in de zeventiende eeuw daarin in Cambridge voorging - zou Jeffreys achterdocht blijven koesteren voor hypothesen, die niet door een kritisch experiment konden worden getoetst.

6f Duikbootexpedities in Noordzee en Atlantische Oceaan

Nadat Vening Meinesz "knik"-zones in Oost-Indië en in West-Indië had weten te correleren met gebieden, waar aardbevingen en vulkanisme de aan de oppervlakte waarneembare bijverschijnselen waren, ging hij op zoek naar andere gebieden van de oceaan, waar die combinatie van verschijnselen eveneens zou kunnen voorkomen. Dat was in de eerste plaats het gebied rond de Azoren en de Mid-atlantische Rug aldaar. Hoewel in dat gebied door Vening Meinesz gedurende

⁵¹ F.A.Vening Meinesz, "By submarine through the Netherlands East Indies", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 331-335.

⁵² W.H.Bucher, *The deformation of the earth's crust* (Princeton 1933).

⁵³ Vening Meinesz, Umbgrove en Kuenen, *Gravity expeditions II*, 133.

⁵⁴ Oreskes, *Rejection*, 245.

eerdere expedities al metingen waren gedaan, bleek de spreiding van de beschikbare gegevens te wijdmazig, nadat Vening Meinesz in Indië het bestaan van veel nauwere, anomale stroken had vastgesteld. Verdichting van het netwerk tot een meetpunteninterval van 50 - 60 mijl bleek dan ook zeer gewenst. Bovendien zou een eventuele expeditie in dat gebied met de verwerving van drie zwaartekrachtsprofielen dwars op de "as" tussen Azoren en Gibraltar - waarlangs geologen een voortzetting van de Alpiene geosynclinaal postuleerden - verder geofysisch onderzoek mogelijk maken en zou tenslotte nog een zwaartekrachtsprofiel langs de randzone tussen Atlantische oceaan en Europees vasteland kunnen worden ingemeten. Ondanks al dreigende bezuinigingen werd in maart 1931 door de Rijkscommissie voor Graadmeting toezegging van Minister Deckers verkregen voor het uitvoeren van gravimetrisch onderzoek in de Noordzee met duikboot O 12 onder commando van Ltz1 E.J.Borgesius. De bedoeling van dat onderzoek was om het in de periode 1913 - 1920 op het vasteland gemeten netwerk tot over de Noordzee uit te breiden. Maar gedurende de uitvoering bleek de Noordzee ook op diepte te ruw, zodat in eerste instantie in november 1931 slechts vier metingen konden worden gedaan; bij een tweede poging die maand werd zelfs een der hoogteroeren van de duikboot dermate beschadigd, dat van verder onderzoek dat jaar moest worden afgezien.⁵⁵

Met duikboot O 13 (zie Bijlage 9) - die nog op 25 juni 1932 met Prins Hendrik aan boord een duiktocht had gemaakt - werden eind juni in dertig uur de ontbrekende metingen in de Noordzee gedaan, waarna het schip naar de Azoren koers zette.⁵⁶ De O 13 - met een waterverplaatsing van 754 ton net iets kleiner dan de K XIII - stond onder commando van Ltz1 P.Rouwenhorst. Vening Meinesz' slingerapparaat was ditmaal voorzien van bronzen slingers van een door hem ten behoeve van een verbeterde stabiliteit gemodificeerd ontwerp, dat eerder dat jaar op de S-48 expeditie was beproefd. Het Fessenden Sonic Apparatus - bedoeld voor de onderwater communicatie tussen duikboten - was voor de echoprofilering van de zeebodem aangepast. Maar het tijdsverloop tussen uitgezonden en weerkaatst, in een hydrofoon opgevangen, signaal moest door de boordtelegrafist nog met een handstopwatch worden gemeten. Het door de expeditie bevaren traject had een totale lengte van 5300 mijl met twee onderbrekingen voor een kort verblijf aan wal. De expeditie werd begunstigd door goed weer. Maar desondanks moesten de dekluiken meestentijds gesloten blijven. De relatief korte afstanden tussen de meetpunten maakten de expeditie een inspannende zaak, daar soms drie tot vier maal per dag gedoken moest worden tot een diepte van zo'n 30 - en soms 40 - meter. Echoloding kon alleen in ondergedoken toestand worden geëffectueerd, omdat boven water de ruis van tegen de duikboot brekende golven het signaal overstemde. Bovendien kwam de horizontale gerichtheid van het systeem de ontvangst van een signaal uit de diepte niet ten goede, ondanks pogingen de oriëntatie van de hydrofoon te verbeteren. In de praktijk kon een dieptemeting per mijl worden gerealiseerd met een nauwkeurigheidsmarge van 25 - 50 meter. Het systeem als geheel had dus zowel horizontaal als vertikaal een beperkt oplossend vermogen. Uit een aantal profielen bleek niettemin, dat het zeebodemreliëf veel onregelmatiger was dan voorzien. Reden waarom verschillende zwaartekrachtmetingen herhaald

⁵⁵ RCG 1931, 6.

⁵⁶ RCG 1932, 6.

werden, mede om meer zekerheid over de toe te passen, omgevingsafhankelijke correctie-factoren te krijgen. Ook werden herhaalde malen opvolgende zwaartekrachtmetingen uitgevoerd waarbij de duikboot in oost naar west respectievelijk west naar oost richting voer om de invloed van het Eötvös effect te analyseren en de vaarsnelheid - geschat op vier knopen - te verifiëren.

Vening Meinesz constateerde gedurende de expeditie, dat de nieuwe slingers minder stabiel waren dan hij had verwacht. Voorts openbaarde zich een graduele verandering in slingertijd, een onvermoede variabiliteit van een der slingers bij vergelijking voor en na de expeditie. Ook bleek uit plotselinge, onverklaarde secondesprongen de regelmaat van een van de chronometers te wensen over te laten. Beide kwesties leidden tot nogal wat correctiewerk aan de ruwe meetgegevens. Tezamen met de altijd bestaande onzekerheid van twee zeemijl in de precieze scheepspositie werd een marge voor de nauwkeurigheid van gemiddeld 5,6 mgal afgeleid. Maar in het perspectief van anomalieën variërend van -72 tot +234 mgal was die marge nog best acceptabel.

Van het bestaan van een met de "Minus"-zone vergelijkbare, op de aanwezigheid van een geosynclinaal wijzende, strook met een groot zwaartekrachts tekort werd geen spoor gevonden: de verstoringen waren bijna allen van een positieve signatuur. Ook de aangetroffen deformaties van de korst rond de Azoren hadden een ander karakter. Het profiel langs de continentale randzone toonde - evenals de door de K XIII in 1926 gemeten profielen dwars op de Amerikaanse Westkust - een duidelijk positieve anomalie over het diepzeegebied, die in de richting van de continentale randzone verdween.

Het onderzoek van de O 13 gaf Vening Meinesz gedetailleerdere informatie betreffende de configuratie van het zwaartekrachtsveld in de omgeving van de Azoren. In samenhang met de eerder door de K XIII gemeten profielen tussen Afrika en Zuid Amerika en over de Stille Oceaan tussen San Francisco en Guam werd zo een goed beeld verkregen om algemeen geldende conclusies betreffende de omstandigheden van het zwaartekrachtsveld over de diepzee te trekken. Enerzijds raakte Vening Meinesz ervan overtuigd, dat een klaarblijkelijk massaoverschot over grote gebieden kon worden gehandhaafd dankzij de aanwezigheid van verstrekkende overdracht van horizontale compressie. Het voorkomen van aardbevingen in het gebied getuigde van de grote spanningen, waaronder die gebieden stonden. Anderzijds toonde de aanwezigheid van een isostatisch evenwicht in deltagebieden, waar een relatief snelle belasting van de korst had plaatsgevonden, dat de aardkorst op zich tot snelle aanpassing en vereffening in staat was. Ook de recente korstbelasting door de vulkanen van de Azoren had niet geresulteerd in een noemenswaardige verstoring in het zwaartekrachtsveld ter plaatse. Al deze argumenten leken dan ook Vening Meinesz' "elastische plaat" model te ondersteunen en aan te tonen, dat de (ocean)korst sterk genoeg was om zelfs over grote afstanden zeer aanzienlijke spanningen over te dragen en zeker niet "plastisch" genoemd kon worden.⁵⁷

⁵⁷ F.A.Vening Meinesz, "The gravity expedition of Hr.Ms. O 13 in the Atlantic", in: *KNAW XXXV* (Amsterdam 1932) 1143 – 1149.

6g Experimentele navolging en intuïtieve afwijzing.

De vorming van een instulping of “knik”, zoals Vening Meinesz die zich voorstelde kon in 1936 door Ph.H.Kuenen (1902 - 1976) experimenteel worden nagebootst met behulp van een model, waarbij een horizontale druk werd uitgeoefend op een paraffine laag, die op een zwaarder olieachtig substraat rustte. Zoals uit figuur 11 valt op te merken lijkt, afhankelijk van de viscositeiten der deelnemende stoffen en de mate van horizontale compressie, een min of meer asymmetrische instulping te kunnen worden gecreëerd.⁵⁸

Aan de Harvard universiteit experimenteerde D.T.Griggs (1911 - 1974) tussen 1934 en 1939 met een model, waarbij waterglas als substraat en een mengsel van olie en zand als aardkorst diende. Door – zoals figuur 12 duidelijk maakt - met horizontaal roterende cilinders in het waterglas een “convectiestroming” op te wekken wist Griggs de vorming en - vervolgens – de extrusie van een “knik”-zone te visualiseren.⁵⁹

Op grond van een extrapolatie van de met dit model bereikte resultaten met inachtnaam van de mathematische analyses van Vening Meinesz betreffende het Indisch “tectogeen”, een geologisch model van Hess en zijn eigen overwegingen betreffende de reologie van gesteente bij hoge temperatuur en druk concludeerde Griggs, dat een in het substraat opstijgende warmtestroming (zoals in het vulkanisme van Hawaï tot uitdrukking kwam) tot een onder de continenten aan weerszijden van de Stille Oceaan dalende stroming zou kunnen aanzetten. Evenals bij Kuenen’s model zouden “knik”- zones kunnen ontstaan, waar tegengestelde stromingen op elkaar stuiten; zij het, dat in Griggs’ theorie - tegen Vening Meinesz’ overtuiging in - additionele, horizontale drukkrachten geen “conditio sine qua non” meer bleken. Voorts zou er de vorming van langgerekte plooingsketens en verdikking van de korst kunnen plaatsvinden. Ook zou het voorkomen van aardbevingen in de randzones zo verklaard kunnen worden.⁶⁰

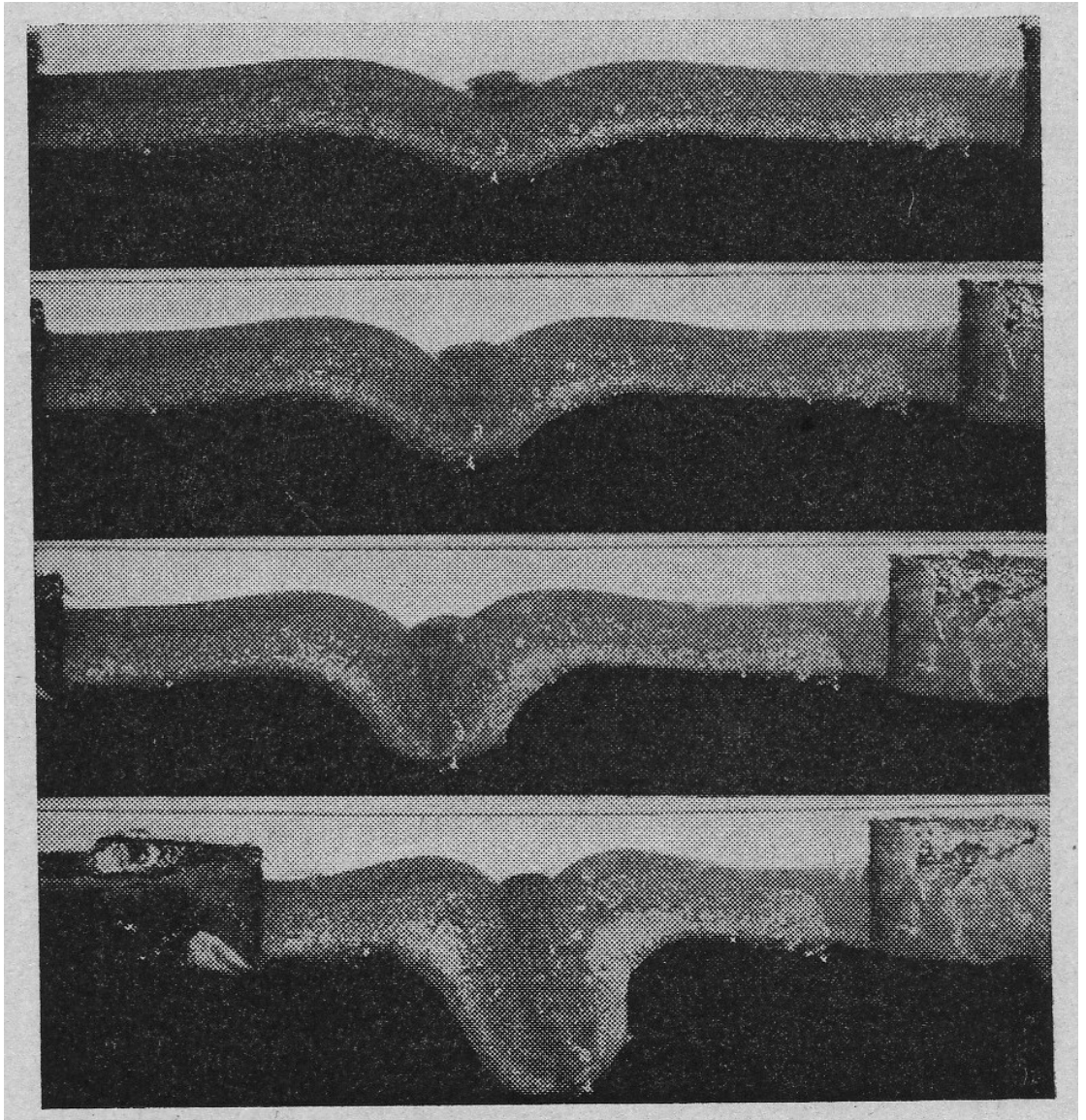
Na onderzoek van alternatieven kwam het Griggs voor, dat “thermische convectie” in een de aardmantel omvattende cel een aantrekkelijke verklaring voor de genese van een bekken als van de Stille Oceaan was. Op grond van zijn resultaten postuleerde Griggs, dat - in het geval, dat aan het mantelmateriaal pseudo-viskeuze eigenschappen konden worden toegekend - na deze stromingsfase een stagnatie in het convectieproces zou optreden, die aan de orogenese een episodisch karakter zou geven. Maar dan zou zo’n kringloopstromingsstelsel wel een groot deel van de manteldikte moeten omvatten bij een kolomdoorsnede van zo’n vierhonderd kilometer, terwijl zo’n stelsel een omloopsnelheid tot enkele centimeters per jaar zou hebben. De tot grote diepte gaande aardbevingsactiviteit in de ondergrond van Oost Indië leek empirische steun aan de omvang van Griggs’ convectiecel te geven, die veel grotere afmetingen en symmetrie had dan door Escher of door Holmes geschetst.⁶¹

⁵⁸ Ph. H.Kuenen, "The negative isostatic anomalies in the East Indies", in: *Leidsche Geologische Mededelingen* 8 (Leiden 1936) 169 – 214.

⁵⁹ D.Oldroyd, *Thinking about the earth. A history of ideas in geology* (London 1996) 184.

⁶⁰ Oreskes, *Rejection*, 250 e.v.

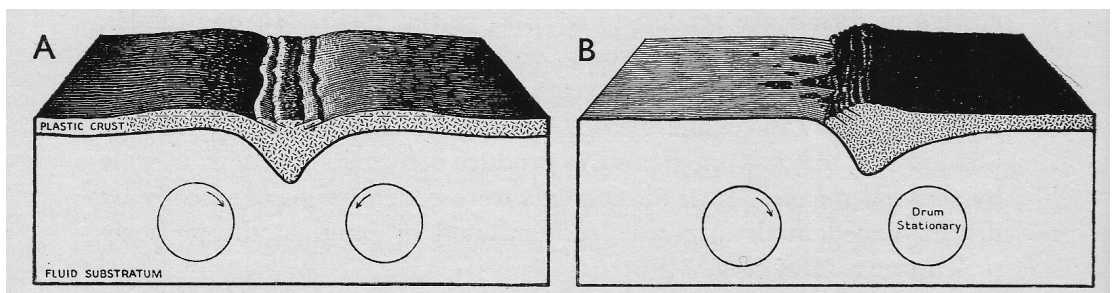
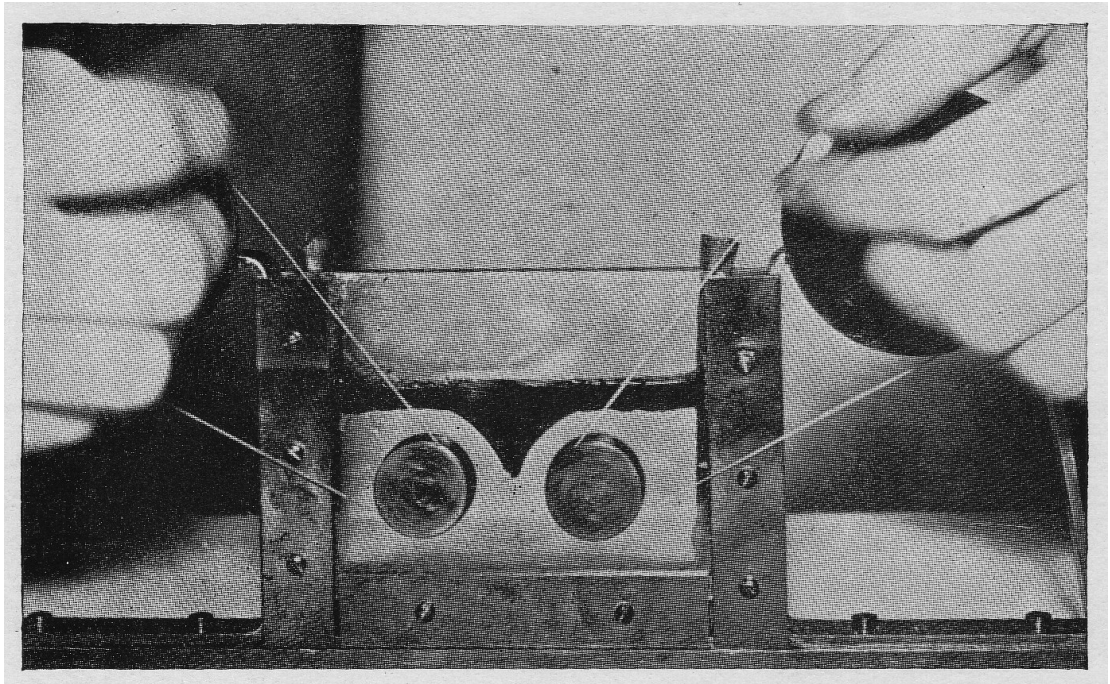
⁶¹ B.G.Escher, *Algemene Geologie*, 466.



Figuur 11 Simulatie "knik"-hypothese (volgens Kuenen)

Een laag van plastisch materiaal, drijvend op water, werd zijdelings samengeperst. Vier stadia van doorgaande compressie tonen van boven naar beneden de groei van de "knik" en de vorming van een wortel: de aanzet tot een geosynclinale plooiing. Bij afname van de compressieve kracht zou in reactie op een inzettend isostatisch evenwichtsherstel gebergtevorming volgen.

(naar Escher, 1948)



Figuur 12 Simulatie "knik" – hypothese (volgens Griggs)

Griggs relateerde de eigenschappen van de gebruikte materialen – een mengsel van olie en zand, liggend op een zeer visceus waterglas (natriumsilikaat) – en het krachtenveld – opgewekt door horizontaal roterende cylinders – aan de schaal van het model.

Situatie A : Twee convergerende convectiestromingen vormen een "knik"-zone, waar in de opvulling ondiepe overschoven lagen zichtbaar worden;

Situatie B : Een enkele convectiestroming creert (onder)schuiving van haar toplaag, resulterend in een verdikking van de korst langs de continentmarge.

(naar Griggs, 1939)

Grigg's bevindingen vonden in die tijd echter weinig weerklank. Hijzelf herinnerde zich nog jaren later, hoe hij als aankomend fysicus in 1939 op een vergadering van de G.S.A. door het "geologisch patriciaat" werd uitgelachen na een film, die zijn concept van mantelconvectie en de relatie met gebergtevorming modelmatig visualiseerde.⁶² Onder geologen was de toch al niet grote waardering voor de

⁶² K.J.Hsu, *Challenger at sea* (Princeton 1992) 56 e.v.

resultaten van experimenten op basis van schaalmodellen sinds de publikatie van M.K.Hubbert's kritische beschouwing "Theory of scalemodels as applied to the study of geological structures" in 1937 nog verder afgenomen. Geologische processen, die in werkelijkheid miljoenen jaren duren en / of onder excessieve druk plaatsvinden, zouden slechts dan geloofwaardig op schaal kunnen worden nagebootst in het laboratorium na een met de omstandigheden (tijdsduur, druk) van het experiment samenhangende op- en / of af-schaling van de betrokken fysische parameters. In Hubbert's publicatie werd de schijnbare paradox van een aardkorstvormende materie, die ondanks klaarblijkelijke sterkte toch plastisch vervormd kon worden, langs fysisch-mathematische weg opgelost.⁶³ Ondanks zulke fundamentele bijdragen aan de geologische theorievorming werd Hubbert (1903 - 1989) - na aan de Columbia Universiteit tevergeefs gedurende een tiental jaren een fusie van fysica met geologie te hebben nagestreefd - in 1940 als docent ontslagen. Hij kon bij Shell Oil aan de slag en zou later bekendheid verwerven met langetermijn voorspellingen over de beschikbaarheid van olie.

Voor Vening Meinesz en Hess bleef convectiestroming in het substraat tot aan het eind van het Interbellum weliswaar de enige, maar toch zeer speculatieve verklaring voor de vorming van een tectogeen - een oprijzend gebergte met een diep ingebogen wortelzone er onder. Dat Vening Meinesz hiervoor Holmes' "hypothese" van differentiële warmtegeneratie als oorzaak voor de ontwikkeling van stromingsstelsels in het substraat inriep, laat onverlet, dat hij - ook al liet hij zich over de geldigheid van de door Wegener aangevoerde geologische of paleontologische argumenten niet uit - in de resultaten van zijn expedities genoeg aanvullende argumenten vond voor grote twijfels aan Wegener's visie op Continental Drift. Waar Wegener een vlakke, plastisch vervormbare oceaانبodem postuleerde, had Vening Meinesz een ruw reliëf aangetroffen. Bovendien wees juist de aanwezigheid van positieve zwaartekrachtsanomalieën in het oceaangebied op het bestaan van een krachtenveld, waarvoor binnen Wegener's voorstelling van isostatisch evenwicht geen plaats was. Evenmin bleek de geologische opbouw van de oceaan - continent marge langs de westkust van Amerika op grond van de door Vening Meinesz loodrecht op de kust ingemeten profielen, zo uniform en abrupt als verwacht. Over die marge vond Vening Meinesz een duidelijk zwaartekrachtsoverschot aan de oceaanzijde, terwijl aan de continentzijde de zwaartekracht "neutrale of iets negatieve waarden" had.⁶⁴ "Voorlopig gezien schijnen zij niet met de Wegener theorie in overeenstemming te zijn; intussen op de basis van de oude contractietheorie zijn zij zeker niet beter te verklaren", schreef hij al in 1927.⁶⁵ Ook leken de krachten, die aan de basis stonden van de "Minus"-zone, orden van magnitude groter, dan die veroorzaakt door Wegener's hypothetische "Polfluchtkraft".⁶⁶

Wegener's hypothese bleek een verrijking in het debat onder Nederlandse onderzoekers over de geologische evolutie van het Indische Archipelgebied, waar

⁶³ M.K.Hubbert, "Theory of scalemodels as applied to the study of geological structures", in: *Bull G.S.A.* 96 1 (1937) 1459 – 1520.

⁶⁴ *TAG 2* 44 (1927) 311.

⁶⁵ Van der Linden en Wytéma, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch-Indië*. 251.

⁶⁶ J.J.A.Muller, "De gravimetrische opnemings van de zeeën van Nederlandsch-Indië", in: *TAG 2* 47 (1930) 705.

resultaten van geologisch onderzoek op land en van de “Snellius”- en Vening Meinesz - expedities ter zee een gedetailleerder inzicht in de regionale geologische samenhang hadden gegeven. In de loop van het Interbellum leken de “mobilisten” - zij, die geloofden, dat de positie van de continenten ten opzichte van elkaar aan verandering onderhevig kon zijn - het pleit te verliezen aan “fixisten” als Stille, die geloofden in onveranderlijkheid van die posities. In die discussie stond het regionale overzicht, zoals door de mobilisten gepresenteerd tegenover de detailkennis van de fixisten. Eerstgenoemden wezen op de vervorming van de verschillende “Banda Eilandbogen” als gevolg van een botsing tussen het Aziatisch en het Australisch continent. Maar de fixisten wilden van geen botsingszone weten en wezen met name op de vele stratigrafische overeenkomsten tussen gebieden, die aan weerszijden van de gepostuleerde botsingszone naadloos, zij het enigszins tektonisch gestoord aan elkaar leken te sluiten.⁶⁷ Dezelfde fixistische premisse zou in het vervolg het geologisch onderzoek naar de evolutie van oceanen en continenten middels de wereldwijde correlatie van regressie en transgressie perioden stimuleren. Daarbij speelde ook een rol, dat reliëfkaarten uit een periode, waarin continue echoprofilering nog nauwelijks ontwikkeld was, een suggestief beeld gaven in zake overeenkomsten in de morfologie van de Atlantische en Indische Oceaan - waar men eveneens een granitische oceaانبodem vermoedde - met die van de aangrenzende continenten.

Vening Meinesz nam onder fixisten en mobilisten een tussenpositie in. Zijn onderzoek gericht op de ontrafeling van fysische processen in het substraat, had als consequentie, dat tot op grote diepte korstsegmenten ten opzichte van elkaar enigszins horizontaal moesten kunnen verschuiven. In 1927 schreef hij, dat er geen reden was op grond van de resultaten van de K XIII expeditie, waarom “de theorie van Wegener nu onmiddellijk verworpen zou moeten worden...[of] dat het ondoenlijk zou zijn, deze theorie zoo te wijzigen, dat zij met deresultaten in overeenstemming zou komen, terwijl de grote voordelen, welke zij biedt gehandhaafd zouden blijven”.⁶⁸ Maar in een kritische beschouwing in 1939 betreffende de door Wegener ten gunste en door anderen tegen continentverschuiving ingebrachte argumenten benadrukte Vening Meinesz, dat de volgens Wegener in het Vroege Kwartair - zo’n twee miljoen jaar geleden [schatting in 1939] - plaatsgevonden afscheiding van Groenland en Noorwegen tot onacceptabele korstverschuivingsnelheden moest leiden, zodat op die gronden Wegener’s theorie moest worden afgewezen. Evenwel stelde Vening Meinesz, dat van continenten op het zuidelijk halfrond, die tijdens het Carboon / Perm gelijktijdig een ijsbedekking hadden gehad, een relatieve verplaatsing sindsdien [d.i. 300 miljoen jaar geleden (schatting in 1939)] tot de huidige posities resulteerde in verplaatsingsnelheden, die goed overeenkwamen met de door hem in het substraat gemodelleerde snelheden. Snelheden, die er op zouden kunnen wijzen, dat in dat substraat, in de aardmantel kringloopstromingssystemen werkzaam waren. “In het algemeen komt de geologie goed uit, al is het nergens zoodanig, dat men er een dwingend argument in zien moet. [Anderzijds blijkt] dat de tegenwoordige stand der geophysica nog geen duidelijke aanwijzingen geeft betreffende de theorie van Wegener. Men kan zoowel aanwijzingen zien, die pleiten voor horizontale bewegingen der continenten, als ook aanwijzingen, die de mogelijkheid van [door fixisten geprefereerde] landbruggen aannemelijk maken”. “In

⁶⁷ Ph. H.Kuenen, *Marine geology*, 179-182.

⁶⁸ Van der Linden en Wytéma, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch-Indië*. 251.

ieder geval verdient Wegener hulde voor zijn koene en breede visie op de problemen, die met zijn theorie *samenhangen...*.⁶⁹

De ooit in Nederland zo enthousiaste steun aan Wegener's hypothese bekoelde allengs gedurende het Interbellum door het ontbreken van een consensus, zodat de immer sceptische hoogleraar L.M.R.Rutten misschien wel gelijk had met zijn opmerking "dat het er weinig toe doet of een fysische theorie juist is: ze moet in de eerste plaats vruchtbaar zijn".⁷⁰ Rutten was een ervaren veldgeoloog, die weinig ophad met speculatieve hypothesen, zeker als die dan ook nog meer op symptomen dan op indirecte bewijzen waren gebaseerd.⁷¹

6h Een gewaardeerde publicist

Van 1927 tot 1933 ontwikkelde Vening Meinesz ten behoeve van zijn marien gravimetrisch onderzoek een grote organisatorische en publicitaire activiteit, die hem ook fysiek heel wat inspanning moet hebben gekost. Niet minder dan 44% van zijn tijd bracht hij door op zee, meestal op duikboten, varende onder verschillende vlaggen. Van zijn hand verschenen in dezelfde periode een drietal boeken, verschillende rapporten en talrijke verhandelingen in binnen- en / of buitenlandse wetenschappelijke tijdschriften. Zijn benoeming in 1933 tot voorzitter van de Internationale Associatie voor Geodesie getuigde van zijn status als "internationaal bekend onderzoeker", in Nederland door de regering in datzelfde jaar bezegeld met zijn benoeming tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.

Hoewel hij langzamerhand een erkend autoriteit op het gebied van zwaartekrachtmeting ter zee was geworden, bleef Vening Meinesz openstaan voor verbeteringen aan zijn waarnemingsmethodiek. Toen een student uit Cambridge in 1937 hem op een storende tekortkoming in de registratie wees, accepteerde hij die kritiek "gracieuus, zonder een spoor van irritatie en zette zich opgewekt aan het oplossen van het gerezen probleem".⁷²

Vening Meinesz, die op wetenschappelijk gebied goed "het kaf van het koren" wist te onderscheiden, bleek niettemin mild in zijn beoordeling van het werk van minder in de geofysische problematiek ingewijden. Zo suggereerde G.F.Tydeman (1859 - 1939), voormalig commandant van de "Siboga"-expeditie, in zijn "Notes on Phenomena of a Geophysical Nature", dat er een soort "tangentiële krachten" bestonden, die naast de door zon en maan uitgeoefende eb- en vloed-krachten, op de aarde een belangrijk rol zouden spelen. In een van zijn weinige recensies schreef Vening Meinesz "van deze merkwaardige publikatie over de groote verschijnselen in de aarde", dat "het natuurlijk een moeilijke stap was deze tangentiële krachten, die met de klassieke mechanica in strijd zijn, op het voetspoor van den schrijver aan te nemen, en ook zal de lezer hier en daar moeite hebben de redenering.....zonder verder bedenken te aanvaarden, doch telkens doen zich belangwekkende

⁶⁹ F.A.Vening Meinesz, "De theorie van Wegener", in: *TAG* 2 56 (1939) 453 – 457.

⁷⁰ L.M.R.Rutten, "Alfred Wegener", in: *TAG* 2 48 (1931) 936 – 937.

⁷¹ <http://www.historici.nl/Onderzoek/Projecten/BWN/lemmata/bwn1/rutten>, geraadpleegd 2 november 2012.

⁷² Nieuwenkamp, *Dictionnary*, 608.

gezichtspunten voor, die stimulerend werken”.⁷³ Ook latere opstellen van voornoemde auteur werd met een even milde pen beoordeeld. “Zij bevatten tal van origineele gedachten. Bij de bestudering stuit de geoloog en geophysicus echter op verschillende moeilijkheden om de opgestelde theorieën in overeenstemming te brengen met de gevestigde meeningen op geologisch en geofysisch gebied.....Moge het den schrijver der Opstellen gelukken deze en andere tegenstellingen op te lossen en zodoende zijne hypothesen voor den geoloog en den geophysicus aannemelijk te maken”.⁷⁴

Terwijl hij als recensent minder op de voorgrond trad, bleek Vening Meinesz in het lezingencircuit een gevraagd causeur, die op zijn manier wist bij te dragen aan de popularisatie van de aardwetenschappen. Wanneer hij niet buitengaats vertoefde, hield Vening Meinesz zo mogelijk maandelijks voordrachten voor verenigingen als “Onze Vloot” en voor andere groepen van in zijn onderzoek geïnteresseerden, zoals leraren- of padvindings-groepen. In 1931 hield hij een radiocauserie met als titel “ De onderzeeboot als wetenschappelijk hulpmiddel”. Voor de toekomstige hoogleraar O.Bottema (1901 - 1992), een jeugdige toehoorder bij een van die voordrachten, “bleef de indruk onverbleekt”.⁷⁵ De hoogleraar Bruins (1909 - 2006), toen een aankomend landmeter, wist zich nog te herinneren, hoe omstreeks 1936 de AMVJ-zaal in Amsterdam de toestroom van (betalende) toehoorders voor zo’n voordracht nauwelijks kon verwerken. En dat in crisistijd, toen elke cent moest worden “omgedraaid”.(pers. comm. Bruins)

Zo kreeg Vening Meinesz, die telkenmale veel lof toezwaaide aan de dienstbaarheid van de Marine aan zijn onderzoek, langzamerhand bij het grote publiek bredere bekendheid en waardering.

6i Resumé

Ondanks de druk tot matiging in de overheidsuitgaven besloot de regering in de onderhavige periode tot een vlootversterking, zij het, dat die pas "op termijn" effectief zou worden. Zo moest bij de Marine weliswaar op de korte termijn op materieel en personeel worden bezuinigd, maar goedkope duikboten bleven vooralsnog van stapel lopen.

Het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat in deze periode van navale "kommer en kwel" het aan de persoonlijke inzet van een natuurwetenschappelijk onderlegde Minister van Koloniën was te danken, dat in de Indische Archipel de uitvoering van zeeonderzoek zonder direct maatschappelijk nut onverminderd doorgang kon vinden. Zodoende was Vening Meinesz in staat middels opvolgende expedities dichtheid en oriëntatie van het netwerk van zwaartekrachtmeetpunten af te stemmen op een optimale oplossing van een eerder door hem gedetecteerde problematiek. Nieuw was bovendien, dat elke individuele meting een uniek identificatienummer kreeg, waardoor de samenstelling van een wereldwijde catalogus van mariene zwaartekrachtmeetpunten een stapje dichterbij kwam. Niet onvermeld blijve voorts, dat in weerwil van de van regeringszijde uitgeoefende druk op de uitgaven, Vening

⁷³ F.A.Vening Meinesz, "Note on "Notes on phenomena of a geophysical nature", in: TAG 2 53 (1936) 586 - 587.

⁷⁴ F.A.Vening Meinesz, "Inleiding tot "Vier opstellen", in: TAG 2 56 (1939) 113.

⁷⁵ Bottema, "In memoriam", 253.

Meinesz' assistenten op het K.N.M.I. na 1930 hun medewerking niet meer "in vrijen tijd", maar "in diensttijd" en betaald mochten verlenen.

Dit alles stelde Vening Meinesz in staat om zijn nog op spaarzame gegevens berustende hypothesen betreffende de "stijve" aardkorst en de gebergtevorming in de Oost- en Westindische Archipelgebieden met aanvullende gegevens te consolideren, uit te werken en, aangevuld met bijdragen van anderen over de geologie van de Indische Archipel, in 1934 te publiceren. Daarbij leek convectionstroming in de aardmantel een potentiële motor in het proces van gebergtevorming. Maar was dat een reden om niet te veronderstellen, dat ook elders andere stromingscellen tegelijkertijd of in afwisseling actief zouden kunnen zijn? Onderzoek daarnaar leek voor de hand te liggen.

Ook al beschouwde Vening Meinesz geologie als een "zich met grensvlakverschijnselen" bezig houdende wetenschap, dat vooroordeel weerhield hem er niet van om zich met de hem beschikbare gegevens betreffende de oceaانبodem te mengen in het onder geologen gevoerde debat over Wegener's continentverschuivingshypothese. Waar die hypothese het bestaan van een zeer plastische oceaانبodem impliceerde, toonde Vening Meinesz op theoretische gronden aan, dat de viscositeit van die bodem juist extreem hoog was, in staat tot overdracht van horizontale krachten. Een beeld, dat hij adstrueerde met het door hem op grond van echolodgingen gereconstrueerde ruwe reliëf. Terwijl onder geologen speculatie en giswerk hoogtij vierden, waar het de oceaانبodemontwikkeling – de mariene geologie – betrof, opende Vening Meinesz hiermee voor hen een compleet nieuw onderzoeksgebied. In de Verenigde Staten leidden Vening Meinesz' exploraties tot de oprichting van oceanografische instituten en – begin 1932 – de instelling van een nationaal "Committee on the Geophysical and Geological Study of Ocean Basins".

"Last, but not least" zou de door Vening Meinesz gevolgde empirische, (geo)fysische onderzoekspraktijk grenzen aan het onder geologen wijdverbreide speculatief denken en / of intuïtief begrijpen gaan stellen. Derhalve werd in de beschouwde periode een begin gemaakt met een grensverlegging en een verdieping, die uit de toenmalige specialismen gegroepeerd rond de geologie en de "fysica van de vaste aarde" – later gevolgd door geodesie en geografie – de "ruimtelijke wetenschappen" van nu zouden scheppen.

Hoofdstuk 7 Marine, wetenschap en samenleving (1934 - 1940)

Tegen het einde van het Interbellum ging een verslechtering van het politiek klimaat samen met een langzame verbetering van het economisch klimaat, zowel internationaal als nationaal.

Op internationaal niveau zou vanaf 1934 een reeks door Duitsland geïnstigeerde, in ernst toenemende interventies diep ingrijpen in de bestaande orde in Europa. Het door dat land met het Verenigd Koninkrijk in juni 1935 gesloten vlootverdrag, waarin het in het Verdrag van Versailles bepaalde terzijde werd geschoven en de opbouw van de Duitse oorlogsvloot tot een sterkte van de Franse vloot - zoals in de Conferentie van Washington in 1922 vastgesteld – werd aanvaard, was daarbij een belangrijk signaal. Overzee zette Japan zijn veroveringen ten koste van China voort en zegde in 1936 de door haar gesloten vlootomvang bepalende verdragen op. En terwijl de isolationistisch gestemde Verenigde Staten toekeken, ging de Volkenbond in dit politiek geweld ten onder.

Op nationaal niveau kwam de gegroeide spanning binnen een verzuild genoemde samenleving van laag tot hoog tot uitdrukking, enerzijds in uitbarstingen als het “Jordaanoproer” van 1934, anderzijds in het frequenter voorkomen van kabinetscrises. Terwijl het derde kabinet Ruijs de Beerenbrouck tussen 1929 en 1933 ongeschonden “de rit uitzat”, werden tussen 1933 en 1940 niet minder dan vier kabinetten “in en uit het zadel geholpen” door een sterk verdeelde volksvertegenwoordiging. De meeste kabinetten stonden onder leiding van H. Colijn (1869 - 1944), tevens Minister van Koloniën en tussen 1935 en 1937 Minister van Defensie ad interim; functies, die suggereren, dat Colijn en zijn crisiskabinetten zich toen meer zorgen maakten over het Japans expansionisme dan om wat zich in Europa sociaal en economisch afspeelde. Zijn regeringen hielden vast aan een neutraliteitspolitiek. Maar de eertijds onder brede lagen van de bevolking levende gedachte, dat internationale ontwapening blijvende ontspanning in de wereld zou brengen, zou onder invloed van de internationale ontwikkelingen veel aan kracht verliezen. Heerste in 1934 misschien alleen nog bij de regering terzake van de internationale situatie “grote bezorgdheid ... [over de] bijna allerwegen herlevende drang naar sterke bewapening”, in 1935 erkende ook een grote meerderheid van de volksvertegenwoordiging, dat ontwapening zinloos was als nakomen van internationale afspraken niet kon worden gegarandeerd.¹

Het zich vanaf 1936 ook in Nederland inzettend economisch herstel, de opleving van de industriële productie, kwam ook tot uitdrukking in de gunstige ontwikkelingen op de internationale grondstoffenmarkt, waarvan Nederlands-Indië profiteerde.

De gedurende de crisistijd klaarblijkelijk succesvolle economieën der dictaturen - waarvan massabijeenkomsten aldaar maar al te luidruchtig blij gaven - leidden tot een kritische herbezinning en een culturele herijking terzake van de toekomst van de democratische samenleving, die toen slechts op de prestaties van individuen als Lindbergh of Piccard kon wijzen. Of – in Nederland – op de afsluiting van de Zuiderzee.

¹ J. Beishuizen en E. Werkman, *De magere jaren* (Leiden 1976) 165, 174.

Wetenschap zou bewust of onbewust ingezet worden voor het behalen van politiek voordeel. Van het eerste getuigden de "oceanografische" expedities, die verschillende staten met het oog op een mogelijke opdeling van Antarctica, naar de (wal)visrijke gronden van het aangrenzend zeegebied, afzonden.

De vraag kan nu gesteld worden, of de aan Vening Meinesz in deze periode geboden gelegenheid tot onderzoek een bewust of onbewust samengaan was van wat politiek opportuun en wetenschappelijke wenselijk was.

7a Ontwikkelingen bij de Marine

De muiterij op "De Zeven Provinciën" had het imago van de Koninklijke Marine geen goed gedaan en tot grote verontwaardiging geleid bij de volksvertegenwoordiging.² Totdat het "Jordaanoproer" in 1934 de aandacht naar zich trok, wezen volksvertegenwoordigers over en weer met de beschuldigende vinger naar hun opposanten. Het was voor de marine "een zwarte bladzijde" in haar geschiedenis. Maar vanaf de kamerverkiezingen in mei 1933 groeide de instemming met het regeringsstandpunt, dat "orde en gezag als eersten gehandhaafd moesten worden, want zonder dezen zijn alle inspanningen gericht op herstel futiel". Binnen de marine resulteerde dit standpunt in een nieuwe personeelspolitiek, gegrond op plichten en rechten van officieren en manschappen, op vertrouwen in en samenwerking met elkaar. Vooral op de zeegaande vloot zou de kwaliteit van de geestelijke verzorging verbeterd worden door het stationeren van meer geestelijke verzorgers. Maar lidmaatschap van vakbonden werd verboden en vervangen verklaard door dat van niet-gebonden belangenverenigingen.³

Zo de door de Raad van State in 1927 gehanteerde politieke doelstellingen met betrekking tot de handhaving van 's lands neutraliteit nog geldig waren, dan onttaarde de strategische invulling ervan - mede door aanhoudende bezuinigingen, temporisatie van de aanschaf van materieel en voortschrijdend inzicht in de militair - technologische ontwikkelingen - in de onderhavige periode in een bitter, publiek debat onder marineofficieren, dat hen in de praktijk verdeelde in voor- en tegenstanders van de aanschaf van meer of minder kruisers of vliegtuigen. Achter de schermen werden de voorstanders van de aanschaf van meer vliegtuigen "aangevuurd" door hen, die aan het leger een grotere taak toedachten: vliegvelden moeten tenslotte verdedigd worden en tot de bouw van een vliegdekschip, zoals de Verenigde Staten en Japan voorbereidden, zou het wel nooit komen als er al aan werd gedacht. Dat dit debat tussen hoge marineofficieren in het openbaar werd gevoerd, zal de geloofwaardigheid van een eendrachtig optredende zeemacht bij het publiek wel niet versterkt hebben.⁴

Duikboten - of die nu als aanvals- of als verdedigings-wapens werden beschouwd - bleven nationaal en internationaal hoog op de agenda. Na het mislukken van de vlootbeperkingsonderhandelingen in 1932 (de Conferentie van Londen) leidde het Engels-Duitse Vlootverdrag van 1935 tot het Protocol van Londen in 1936, waarin het gebruik van duikboten internationaal geregeld leek, ware het niet,

² J.C.H. Blom, *De muiterij op de "Zeven Provinciën"* (Bussum 1975)

³ Van Waning, "Chronologisch overzicht", 215.

⁴ H. de Bles, "Een perscampagne", in: V. Enthoven (red.) *Een saluut van 26 schoten* (Amsterdam 2005) 65.

dat dit Protocol nog niet geratificeerd was, toen Duitsland begin 1940 de onbeperkte duikbootoorlog afkondigde.⁵

In Nederland vorderde de uitvoering van het "Vlootplan Deckers" van 1930 vanwege de overwegingen van opvolgende, terzake van bezuiniging van de rijksuitgaven ingestelde commissies en door het boven geschetste debat niet zoals bij de aanvaarding van het plan was verwacht. Niet alleen werd door de Commissie Welter in 1932 voorgesteld om het aantal duikboten te reduceren, ook bleek het Indisch gouvernement op het hoogtepunt van de economische crisis niet in staat om haar deel van de bouwkosten van twee duikboten te fourneren, zodat de fondsen voor de bouw van de K XIX en de K XX werden samengevoegd ten bate van de bouw van de O 16.

Een verandering ten goede kondigde zich bij de marine aan, toen de gevechtsgereedheid moest worden opgevoerd na de Japanse inval in Shanghai in 1933.⁶ Korte tijd daarna wees de volksvertegenwoordiging ook verdere bezuinigingen op het geheel der overheidsuitgaven af. Onder invloed van de gebeurtenissen in Europa en Oost Azië werd door de regering in 1934 haar bezorgdheid omtrent de allerwegen herlevende drang tot sterke bewapening uitgesproken. En toen de politieke stofwolken van de munitie op de "Zeven Provinciën" door die van het "Jordaanoproer" in 1934 waren vervangen, gloorde voor de marine een nieuwe dageraad met zicht op versterking van de vloot. In de loop van 1935 kon Minister Deckers - voor zijn overstap naar het Ministerie van Landbouw - en daarna regeringsleider Colijn als Minister van Defensie a.i. de onverwijld uitvoering van het "Vlootplan Deckers" doorzetten. De lichte kruiser "De Ruyter" - in 1933 op stapel gezet - kon eind 1936 in dienst worden gesteld en kwam in de lente van 1937 in Indië aan om de kruiser "Java" af te lossen. Dit alles binnen het raam van een vlootpolitiek, waarin aan de dreiging, die van een Duitse herbewapening uitging, minder aandacht werd geschonken dan aan het Japans expansionisme in de richting van Indië.⁷ Ook al hadden verschillende commissies tot het eind van het Interbellum hun voorkeur voor de inzet aldaar van slagkruisers uitgesproken, zolang die voorkeur niet gematerialiseerd was, bleef in Nederlands-Indische wateren de duikboot het wapen, bestemd om op te treden tegen vijandelijke eskaders, al of niet in combinatie met vliegtuigen of andere middelen.⁸

Omdat dus een aanzienlijk deel van de oorlogsvloot in de Indische wateren rondvoer, was het geen wonder, dat in Scheveningen in september 1938 een toeschouwer van de vlootshow van het nog in Nederland aanwezige materieel met verbazing zich afvroeg: "Is dat nou alles wat wij hebben?"⁹

Hoewel er niet verder bespaard werd en er weer aanbestedingen voor nieuwbouw - ook voor duikboten - kwamen, zou al datgene, wat na de begroting van 1937 op stapel kon worden gezet, in 1940 juist in Duitse handen vallen.

⁵ C.J.W. van Waning, "Vredesillusies, oorlogsdestructies en vlootwetdiscussies", in: Idem e. a. (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 33 e.v.

⁶ Van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 160.

⁷ Flip Bosscher, "Jaren van loutering", in: L.Akveld e.a. (red.) *In het kielzog* (Amsterdam 2003) 38.

⁸ Anten, *Navalisme nekt onderzeeboot. De invloed van internationale zeestrategieën op de Nederlandse zeestrategie voor de defensie van Nederlands Indië, 1919 – 1942*, passim.

⁹ Van Waning, "Chronologisch overzicht", 275.

7b Van graadmeting naar geodesie

Gedurende het Interbellum waren er naast de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing enkele stedelijk of landelijk opererende landmeetkundige of kadastrale diensten ontstaan, die op verschillende schaal en niveau het soort metingen uitvoerden, die traditioneel aan de Rijkscommissie waren gedelegeerd, maar waarvan haar taak betreffende de Waterpassing al aan Rijkswaterstaat was toevertrouwd. Daarom zag de Rijkscommissie voor zichzelf langzamerhand meer een taak weggelegd als adviesorgaan voor vraagstukken van wetenschappelijke of praktische aard (en zonodig uitvoerder van werkzaamheden) op geodetisch gebied; en als coördinerende geodetische organisatie. Maar het zou nog tot 5 oktober 1937 duren, alvorens Koninklijk Besluit nr 52 betreffende de nieuwe stijl Rijkscommissie voor Geodesie zou worden gepubliceerd. De uitvoering van dat besluit lag in handen van de Ministers van Onderwijs, Kunsten en Wetenschap en van Defensie. Ondertussen was de omvang van de Commissie sterk verminderd, doordat - hangende een nieuwe taakomschrijving - geen nieuwe leden waren benoemd, terwijl zittende leden om verschillende redenen waren afgehaakt.

Bij de reorganisatie in 1937 werd Vening Meinesz tot voorzitter en de Delftse hoogleraar en adviseur bij Rijkswaterstaat Dr.Ir.W.Schermerhorn (1894 - 1977) tot secretaris van de nieuwe Rijkscommissie benoemd. Schermerhorn - die al jaren Vening Meinesz' professorale verplichtingen gedurende diens expedities waarnam - deelde diens wetenschappelijk inzicht en praktische uitvoering, ondermeer in door hem geconstrueerde fotogrammetrische instrumenten tot uitdrukking komend. Hij was ook politiek actief en wel in de vereniging "Eenheid door Democratie", waarin "vertegenwoordigers van diverse politieke pluimage zich vereend vonden in hun strijd tegen de dictatuur van rechts en van links" en die al spoedig zo'n 30 000 leden telde. Mede dankzij de inzet van mensen als Schermerhorn werden de verkiezingen van 1937 een overwinning van de democratie op bewegingen als de NSB.¹⁰ In overeenstemming met het verleende mandaat werden gewone leden van de Rijkscommissie benoemd op grond van hun merites op geodetisch gebied. Maar op de achtergrond van zo'n persoonsgebonden lidmaatschap speelde Vening Meinesz', al in zijn Inaugurele rede van 1927 geuite, wens mee tot een betere terugkoppeling te komen tussen geodesie, geofysica en geologie bij de oplossing van evenwichtsproblemen in de aardkorst.¹¹ Daarom werd ook Dr.J.H.F.Umbgrove (1899 - 1954), hoogleraar geologie in Delft, tot gewoon lid benoemd. Ambtshalve lidmaatschap werd verleend aan de hoofden van respectievelijk de Kadastrale, de Topografische, de Terreinmeetkundige Dienst en aan die van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine alsmede aan de hoofddirecteur van het K.N.M.I. Het leger - vertegenwoordigd door een subalterne officier van de terreinmeetdienst van de Artillerie - hechtte kennelijk minder belang aan dat lidmaatschap dan de marine, die al spoedig door een vlagofficier als Chef van de Hydrografische Dienst zou worden vertegenwoordigd! Maar het leger gebruikte dan ook een afwijkend kaartprojectie systeem.

Van eenzelfde streven naar integratie van natuurwetenschappelijke disciplines ten behoeve van de geodesie had Vening Meinesz vanaf zijn benoeming tot voorzitter

¹⁰ Beishuizen, *Magere jaren*, 177 e.v.

¹¹ Vening Meinesz, *De verhouding van Geodesie tot Geophysica*, passim.

van de Internationale Geodetische Associatie in 1933 blijkt gegeven. Dat streven resulteerde tijdens de vergadering van die Associatie in 1936 in Edinburgh in de vorming van enige commissies bestaande uit vertegenwoordigers uit de kring der geodeten, geofysici en / of geologen om integraal, geselecteerde en op de aardkorst betrekking hebbende vraagstukken te onderzoeken. Zulk onderzoek betrof variaties in het gemiddeld niveau der verschillende zeeën, "oceanic and continental structures" en problemen betreffende de atmosfeer.¹² Uit deze vorm van samenwerking zou later het "Committee on the Physics of the Earth's Interior" (C.O.P.E.I.) voortkomen, een voorloper van de "International Association of Seismology and Physics of the Earth", waarvan nog later de "European Seismological Commission" een onderafdeling werd. Vening Meinesz zou over de jaren in de vorming van al deze groeperingen een sturende hand hebben.¹³

Ook nam de Associatie vanaf de oprichting in 1936 door W.A.Heiskanen (1895 - 1971) financieel deel aan het aan diens Geodetisch Instituut te Helsinki, Finland - een neutrale natie - verbonden Internationaal Isostatisch Instituut, dat zou gaan zorg dragen voor de isostatische reductie van wereldwijd verzamelde zwaartekrachtgegevens volgens een uniforme procedure. "Last but not least" maakte de associatie enkele van haar wetenschappelijke bijeenkomsten toegankelijk voor het publiek.¹⁴

De laatste vergadering van de associatie vond plaats in de neutrale Verenigde Staten daags na het uitbreken van de oorlogshandelingen in Europa in september 1939. Vanwege de politieke situatie, die de aanwezigheid van nogal wat landsvertegenwoordigers verhinderde, kon ook nu het congres zich meer met "wetenschap" dan met administratieve zaken bezighouden.¹⁵ Na nog het Pacific Science Congress in San Francisco te hebben bezocht, zou Vening Meinesz – volgens *Het Vaderland* van 11 oktober 1939 - met een vrijgeleide als diplomatiek koerier voor de Nederlandse gezant in Washington ongehinderd via Groot-Brittannië naar Nederland teruggekeerd zijn.

7c De K XVIII expeditie

Bij de totstandkoming van de K XVIII expeditie in 1934 / 35 (zie Bijlage 10) hebben zowel wetenschappelijke als technisch-operationele overwegingen een rol gespeeld.

De wetenschappelijke justificatie voor een expeditie, zoals Vening Meinesz die al in 1932 aan de minister voorstelde, om tussen Zuid Amerika en Australië zoveel als mogelijk langs eenzelfde parallel een aaneengesloten serie van zwaartekrachtmetingen te doen berustte op twee argumenten. Ten eerste hadden de tot dan toe, voornamelijk op het Noordelijk Halfrond verkregen mariene zwaartekrachtmetingen nog niet ieder er van kunnen overtuigen, dat de aarddoorsnede in het equatorvlak een cirkelvorm had. Daaraan droeg bij het feit, dat het verloop van de zwaartekracht rond Ceylon slecht gedefinieerd en voor tweeërlei uitleg vatbaar leek. Een ander argument was gelegen in het feit, dat de massa der continenten ongelijk over het aardoppervlak was verdeeld, met een opeenhoping op het Noordelijk Halfrond. De

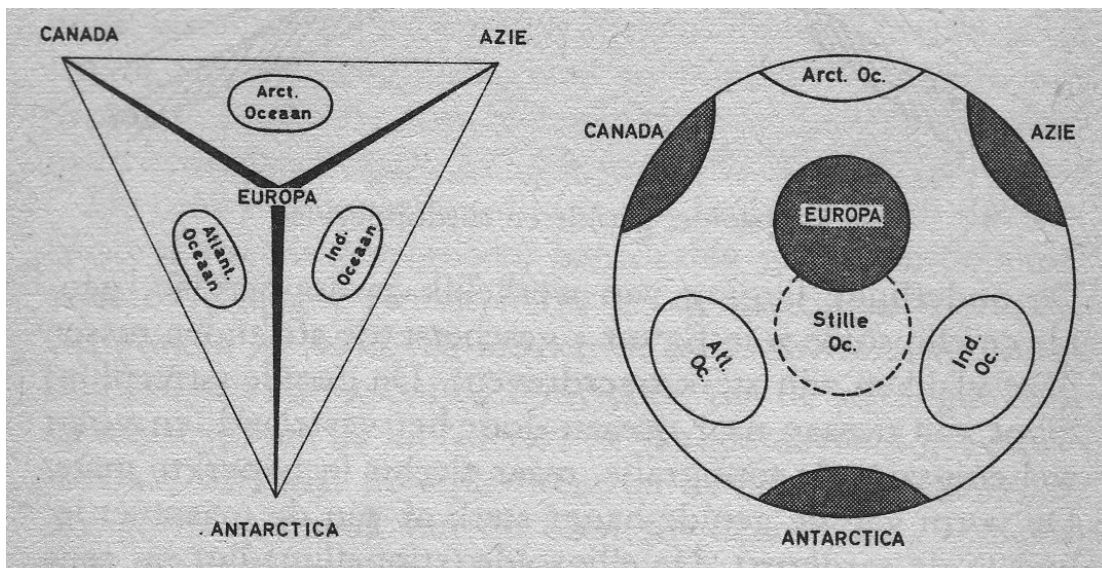
¹² RCG 1936, 3 e.v.

¹³ Stoneley, "International co-operation in geodesy and geophysics", xxxvi.

¹⁴ D.J.Warner, "Political geodesy; the Army, the Airforce and the World Geodetic System of 1960", in: *Annals of Science* 59 (2002) 376.

¹⁵ RCG 1939, 6.

vraag kon dus gesteld worden of het daar aanwezige massa-exces niet gecompenseerd zou kunnen zijn door een massatekort in het Indische Oceaan gebied op het Zuidelijk Halfrond, waardoor genoemde cirkelvorm toch nog afgeplat zou kunnen zijn? Vragen dus, die voor de Rijkscommissie reden waren de Minister van Defensie te benaderen voor de realisatie van een zwaartekrachtsexpeditie over de Atlantische en de Indische Oceaan op het Zuidelijk Halfrond, toen bekend werd, dat drie duikboten naar Indië zouden worden gezonden. Eind december 1932 kreeg zij daartoe in beginsel een toezegging, ondanks dat ook op de Onderzeedienst toen nog steeds bezuinigd moest worden.



Figuur 13 Tetraedische ligging van continenten en oceanen

Niet alleen in de natuurkunde, ook in de geologie zocht men in het Interbellum naar symmetriën in verschijnselen.

Met zijn zwaartekrachtonderzoek aan boord van de K XVIII op het Zuidelijk Halfrond trachtte Vening Meinesz een antwoord te geven op de vraag of bovenstaande antisymmetrische ligging der continenten en oceanen ook uitdrukking vond in het zwaartekrachtveld aldaar.

Het tetraeder-concept zal later weer in de distributie van mantelconvectiecellen opduiken.

(naar Holmes, 1944)

Van operationele zijde was - behalve versterking van de vloot in Oost-Indië en de training van bemanningen - een belangrijke reden voor de expeditie de mogelijkheid tot uitvoerige beproeving van een nieuw ontwerp duikboot, waarvan de dieselmotoren met een nieuw systeem van brandstofinspuiting waren uitgerust.

Toch was zwaartekrachtmeting de belangrijkste rechtvaardiging voor het mede door Vening Meinesz voorgestelde vaarplan, hoewel dat plan hier en daar om logistieke redenen in de loop der tijd werd gemodificeerd. Zo vroegen Nederlanders in Uruguay en Argentinië in het vaarschema ook een plaatsje in te ruimen voor een bezoek aan die landen. Tenslotte werd op verzoek van de Britse regering ook nog een bezoek aan Tristan da Cunha toegevoegd. Dientengevolge was de definitieve

vaarroute vergelijkbaar met die, zoals door V.O.C. schepen op weg naar Indië werd bezeild. Maar pas in de loop van 1934 kregen de plannen die vaste vorm, want de bouw van de voor de expeditie bestemde duikboot was vertraagd door te late aflevering van geschut en door brand op de werf van Wilton-Feyenoord in 1933.



Figuur 14 "Het wetenschappelijk werk aan boord van de K XVIII: Professor Vening Meinesz brengt zijn toestel aan boord."

(Wytema, 1936)

En toen werd nog besloten, dat - gezien haar verlate vertrek - de K XVIII ook nog wel op de Atlantische Oceaan als relaisstation kon fungeren voor de eerste Kerstpostvlucht van de K.L.M. naar West-Indië.¹⁶

Onder commando van Ltz1 D.C.M. Hetterschij (1891 - 1948) verliet de K XVIII, de laatste van een serie van drie, iets meer dan duizend ton metende duikboten, met een bemanning van 35 koppen, inclusief Vening Meinesz, op 14 november 1934 Den Helder. Behalve Vening Meinesz hadden van hen ook oudste officier Ltz2 M.S. Wytema en Machinist C. van der Linden in 1926 / 27 de vermaarde expeditie met de K XIII meegemaakt. De K XVIII had een nieuw systeem van brandstof-verstuiving / -injectie in dieselmotoren, die haar een maximum snelheid boven water van achttien en onderwater van negen knopen gaf; haar actieradius bedroeg ruim tienduizend mijl. *Het Vaderland* van 12 november 1934 meldde, dat voor de expeditie "de dekbuizen niet met torpedo's, maar met aardappelen en uien volgestouwd... waren. Voor den professor was een buitenmodel kooi gemaakt....Teneinde meer brandstof te kunnen innemen is de achterste watertank met olie gevuld...Tropenkleding [was] vooruitgestuurd naar Dakar, "donkergoed" naar Montevideo, "witte pakken" naar

¹⁶ A.W.P. Angenent (red), *Alles wel; geen bijzonders !! Gedenkboek ter herinnering aan de vermaarde wereldreis van Hr. Ms. Onderzeeboot K XVIII van 14 november 1934 tot 11 juli 1935* (Den Helder 1935) 137 e.v.

Kaapstad". Want veel ruimte voor persoonlijke uitrusting was er niet voor de bemanning, die tezamen nauwelijks tweehonderd vierkante meter leef- en werkruimte had.¹⁷

Voor de nauwkeurige opname van het bodemprofiel was de K XVIII uitgerust met een "Fessenden Sonic Signalling" trilplaten- en een "Atlas" piezo-electrisch echolood. Behalve zijn slingerapparaat had Vening Meinesz op deze expeditie drie chronometers, waarvan er een geleend was van de Franse Marine. Voorts het "toestel van Boullitte ten behoeve van de tijdseinvergelijking, dat zeer nauwkeurige uitkomsten biedt, maar door de grote gevoeligheid wel eens moeilijkheden opleverde".¹⁸ De draagbare Holweck - Lejay gravimeter voor meting van de zwaartekracht te land had Vening Meinesz van de Bataafsche Petroleum Maatschappij geleend. Tenslotte was in de commandotoren een "donker hoekje" ingeruimd om de fotoregistraties van het slingertoestel te kunnen ontwikkelen. Professor Clay's (1882 - 1955) "Kollhörster electrometer" met zelfregistrerende meting van de intensiteit van de kosmische straling was - zonder ooit onder de aldaar heersende omstandigheden beproefd te zijn - in de hekbuiskamer opgesteld, waar de torpedomaker er een wakend oog over hield.¹⁹

De K XVIII voltooide na 150 dagen op zee te hebben doorgebracht en 239 duiken "voor de wetenschap" te hebben gemaakt haar expeditie; zij het, dat het gehele traject niet zonder kleinere of grotere storingen werd afgelegd. Zelfs raakten op een dag meerdere machine-onderdelen in het ongereede. Compressorproblemen bij de dieselmotoren zouden tegen het einde van de reis beperkingen aan de duikfrequentie opleggen. Maar het technisch personeel bleek altijd weer in staat om gebreken tijdig te herstellen. Een gebroken kabeltje in de radiozender / - ontvanger zorgde enige dagen voor grote onrust aan het thuisfront: daar gold niet "geen nieuws is goed nieuws"! Ziekenhuisopname van een enkel bemanningslid leidde tot enige vertraging in het vaarschema, maar bleef zonder verdere gevolgen.

Het Atlas echolood onderscheidde zich van het eerder tot dieptemeter aangepaste "Fessenden Sonic Signalling" toestel door het uitzenden van schelle (hoogfrequente) fluittonen; met de daarmee bereikte resolutie van 25 meter was het apparaat dan ook heel wat beter dan het "Fessenden" toestel. Anderzijds had de bemanning er wel een extra "kopzorg" bij, liet *Het Vaderland* op 6 december 1934 weten. Scheepstrillingen en de hoge omgevende vochtigheid werden als oorzaak genoemd, waarom - ondanks de inspanningen van de torpedomaker - Clay's intensiteitsmeting van de kosmische straling zonder resultaat bleef. Het toestel werd daarom in Rio de Janeiro uitgebouwd.²⁰ De werking van Vening Meinesz' slinger-toestel liet niets te wensen over. IJking van het slingertoestel na afloop van de expeditie in Soerabaja wees uit, dat de slingers iets gesleten waren.²¹ Met de toen vrij nieuwe Holweck - Lejay gravimeter kon Vening Meinesz met succes enkele op zee opgenomen zwaartekrachtsprofielen landinwaarts continueren. Dat daarbij officieel protocol en wetenschap soms naadloos in elkaar overgingen bleek tijdens een

¹⁷ M.S.Wytema, "Klaar voor onderwater!" *Met Hr.Ms. K XVIII langs een omweg naar Soerabaja* (Amsterdam 1936) 32.

¹⁸ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 137.

¹⁹ Ibidem, 26 e.v.

²⁰ H.Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 64.

²¹ F.A.Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 - 1939* Vol III (Delft 1941) 23 e.v.

excursie op Madeira. Tijdens de onderbreking van een autoritje met de lokale gouverneur "vond [Vening Meinesz] een goed gefundeerde vloer,... stelde zijn minuskuul kleine apparaatje op enzagen wij hem het gehele volgende uur, in zijn jacket, af en toe op de knieën liggende, over het toestel gebogen".²²

In de verschillende aanloophavens van Zuid Amerika hadden de autoriteiten een lokaal ingevoerde liaisonofficier en officiële ontvangsten voor officieren van de K XVIII geregeld. Ontvangende marineofficieren werden met duikdemonstraties verrast. Verder werden aan daartoe in aanmerking komende personen fotoalbums betreffende Nederland in het algemeen en scheepswerven in het bijzonder cadeau gedaan.²³ Voor de Nederlandse kolonie, die zich zeer inspande om de bemanning een zorgeloos oponthoud te bieden, werden door Wytéma met groot enthousiasme en succes films over Rotterdam, de Zuiderzeewerken of Indië vertoond.²⁴

Vening Meinesz gaf in verschillende plaatsen lezingen over zijn werk en dat van de Internationale Geodetische Associatie, waarvan hij sinds 1933 voorzitter was. In de Latijnsamerikaanse verslaggeving over het duikbootbezoek viel de nadruk eerder op "wetenschap" dan op "techniek", omdat journalisten daar de vloeiend Frans sprekende Vening Meinesz beter verstonden en begrepen dan het Engels van Hetterschij, die dat dan ook niet erg prettig vond. In anglofiel Zuid Afrika viel de nadruk meer op het "sportieve" en "avontuurlijke" element van de vaartocht en vond Hetterschij voor zijn verhaal een willig gehoor. Evenzo reageerde men in Australië, waar de burgemeester van Fremantle bovendien wees op de rol van de V.O.C. in de ontdekking van Australië en van Fremantle's Swan River in het bijzonder.²⁵

Voor commandant Hetterschij en oudste officier Wytéma stonden vlagvertoon en representatie gedurende de expeditie voorop. Daarom wensten zij de K XVIII in tiptop conditie te houden. Daaraan droeg ook Vening Meinesz bij, getuige enige foto's, waarop hij met een verfkwast in de hand werd vereeuwigd.²⁶ Maar niettemin was voor laatstgenoemde het risico op schade, dat duiken in "zwaarder weer" met zich mee bracht, ondergeschikt aan zijn streven om het maximale voor de wetenschap uit de expeditie te halen. Verschillen in inzicht dienaangaande leidden tot wat spanning in de leiding, maar die hield dat wel "onder de pet".²⁷

Voor Vening Meinesz was uiteraard de goede werking van instrumenten en een nauwkeurige tijd- en plaatsbepaling erg belangrijk. Hij kon goed samenwerken met torpedomakers en telegrafisten. Voor machinist Reitsma was Vening Meinesz "...een graag geziene figuur aan boord...Dezen grooten man, die voor ons allen een vriendelijk woord heeft en voor ons een vraagbaak is in dingen, die wij nog niet konden omvatten en begrijpen betreffende zijn wetenschappelijk werk, was geen moeite teveel om aan ons leken dit duidelijk te maken".²⁸ Ook navigatieofficier Ter Poorten zette zich voor Vening Meinesz in, maar zijn inzet kende grenzen. Voor hem

²² Wytéma, "Klaar voor onderwater!", 53.

²³ Ibidem, 122.

²⁴ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 39.

²⁵ Ibidem, 212 e.v.

²⁶ Ibidem, t/o 81.

²⁷ H.Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit", 65.

²⁸ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 172.

bleek Vening Meinesz “.....een typische well-to-do vrijgezel, wat zelfzuchtig, maar wanneer je hem dat ronduit zei, was er geen vuiltje aan de lucht”.²⁹

7d De O 16 expeditie

Met het beschikbaar komen van de O 16 (zie Bijlage 12) brak een nieuwe periode van duikbootbouw aan. Bij de optimalisatie van de bootvorm hadden de ontwerpers van de O 16 kunnen profiteren van het in 1932 beschikbaar komen van een eigen sleeptank, zodat van die in Wenen geen gebruik meer behoefde te worden gemaakt (en de “concurrentie” van informatie verstoken bleef).

Bij de bouw van duikboot O 16 werden voor het eerst op grote schaal lasconstructies in plaats van klinkverbindingen en ook andere noviteiten op het gebied van de scheepsbouw toegepast.³⁰ Mede door de verbeterde vorm van de nu ook gedeeltelijk gelaste romp kon de grotere O 16 met eenzelfde vermogen als de K XVIII een hogere bedrijfssnelheid ontwikkelen en was het schip wendbaarder. Als een der eerste duikboten was de O 16 uitgerust met een geruispeiler (actief horizontaal, ultrasoon echolood), maar van de inbouw van een continue registrerend echolood – zoals door de Britse Admiraliteit ontwikkeld – was nog geen sprake. De beschikbaarheid van zo'n apparaat zou Vening Meinesz' inzichten in de aard van het zeebodemreliëf wel te stade zijn gekomen!

Het verblijfscomfort was verbeterd door de beschikbaarheid van koelkast, wasbakken met stromend warm en koud water en afvoer naar een vuilwater tank.³¹ Na de in dienststelling - eind oktober 1936 - was de marine er dan ook alles aan gelegen om de boot met een stevige “shake-down cruise” onder extreme omstandigheden in het eerste kwartaal van 1937 te beproeven tijdens een retourtocht naar Washington over de Noordatlantische Oceaan.

Eind 1936 werd het verzoek van de Rijkscommissie om op deze tocht in dat nog onverkende gebied ook zwaartekrachtmetingen te mogen doen door Colijn, de toenmalige Minister van Defensie a.i., gehonoreerd.³² Zodoende kon de al bijna vijftigjarige Vening Meinesz deze “cruise” mee maken, waarvan het voorziene vaartraject ter wille van het zwaartekrachtsonderzoek nog wat was aangepast. Behalve die aanpassing werd voor de terugreis een nog noordelijker route gekozen op verzoek van Vening Meinesz, wiens “onweerstaanbare gave van de volmaakte gentleman - bedelaar.....nog een extra rondje rond de Azoren ”afdwong”, zodat nog meer aanvullende gegevens rond dat gebied konden worden verzameld.³³

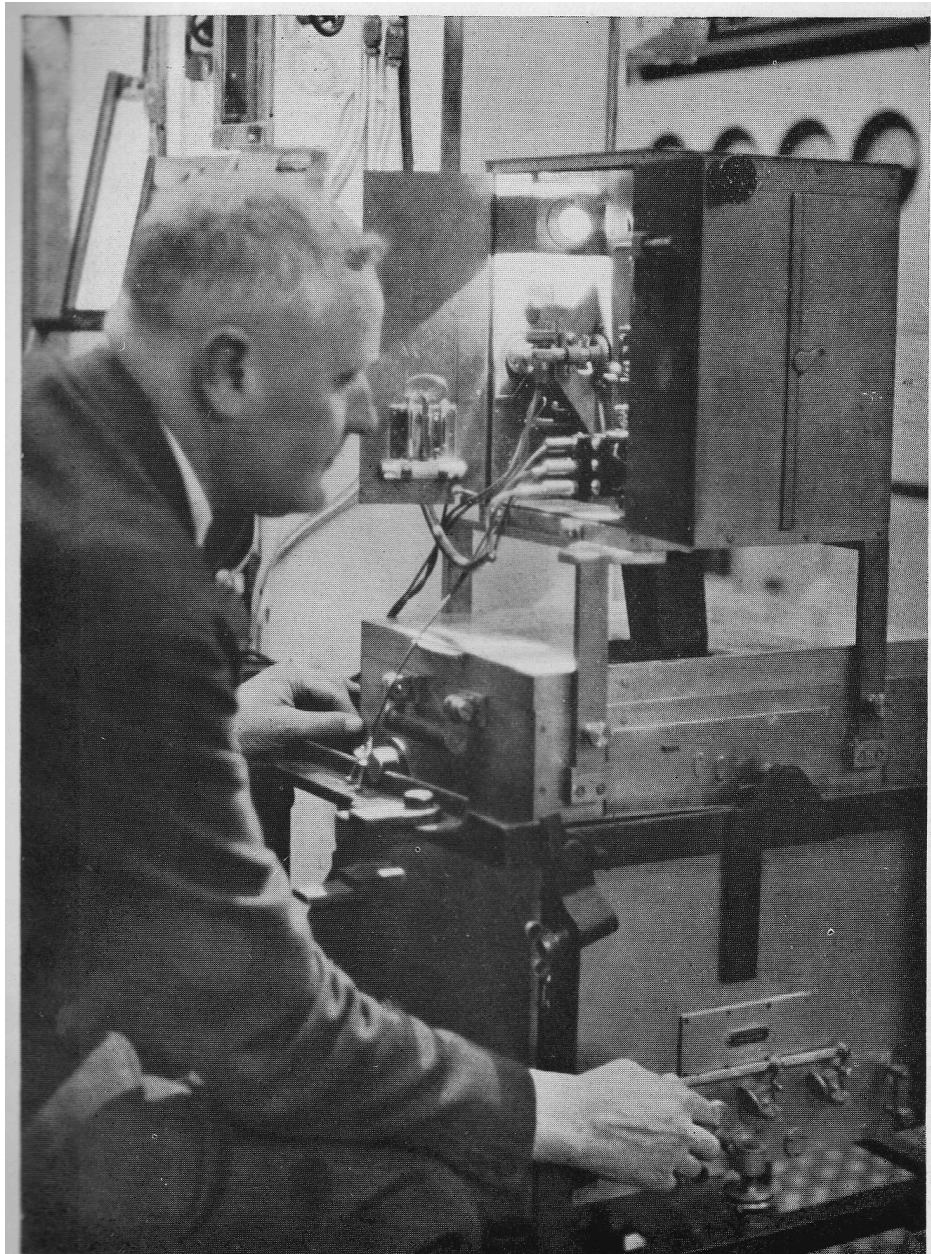
²⁹ H.Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekracht metingen genomen door Prof.Dr.Ir. F.A.Vening Meinesz van September 1923 tot augustus 1939", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam1982) 61.

³⁰ P.C.Jalhay, *Nederlandse Onderzeedienst 75 jaar* (Bussum 1982) 117.

³¹ G. de Rooij en S.J.A.Heemstra, "De scheepsbouwkundige ontwikkeling van de onderzeeboot", in: C.J.W.van Waning e.a. (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906–1966* (Den Haag z.j.) 541 e.v.

³² F.A.Vening Meinesz, "The gravity expedition of Hr.Ms. Submarine O 16 in the North Atlantic. January 11 – March 16 1937", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 382.

³³ Van Waning, "Chronologisch overzicht", 257.



Prof. Vening Meinesz aan het slingertoestel aan boord „O 16”, 1937.

Foto „Modern”, Den Helder

Figuur 15

Op grond van door de O 16 ontvangen instructies ter zake van convoyering in de Straat van Gibraltar ten gevolge van daar ontstane spanningen vanwege de Spaanse Burgeroorlog, moest Vening Meinesz met zijn instrumentarium in Lissabon worden ontscheept. Maar de snelle mobilisatie van de O 16 demonstreerde wel, dat de marine ook bij “shake-down cruises” met een wetenschappelijk tintje niet schipperde met de inzetbaarheid van haar schepen.

Met Ltz1 C.J.W. van Waning (1901 - 1989) als commandant van schip en bemanning van 35 koppen verliet de O 16 met Vening Meinesz op 11 januari 1937 Den Helder. In de loop der jaren had Vening Meinesz dan wel “geleidelijk de boten groter en beter verzorgd zien worden”, maar toch bleven mangaten van een duikboot te klein om koffers en dozen met instrumenten door te laten; ook

binnenboord was veel te weinig ruimte om daarvan iets te stouwen. Telkenmale - in weer en wind - stond de kade dus vol met een assortiment losse instrumenten..... Ook nu moest weer in de duikboot een plaatsje gevonden worden voor het "Gouden Kalf", een drietal chronometers, tijdseinvergelijkingsapparatuur en echolood, aangepast voor gebruik als dieptemeter, waarbij het tijdsverloop tussen uitgaand en gereflecteerd signaal handmatig met een stopwatch moest worden gemeten.

Gedurende de drie weken durende heenreis hield stormweer onverflauwd aan, waarbij enkele dagen een (tegen)windkracht elf werd gemeten. Daardoor halveerde de snelheid en verdubbelde het brandstofverbruik van de duikboot dermate, dat extra brandstof in Bermuda moest worden ingenomen. Ook op de terugreis stormde het hevig, maar de rugwind maakte toen wel een positief verschil in de duur van de tocht. Het hechte teamverband aan boord bleek uit de toegewijde inzet van de plaatsvervangers van de door zeeziekte gevelde bemanningsleden. De constructie van de kooien bleek evenwel toch zodanig, dat bij hevig rollen ook Vening Meinesz "eenmaal onzacht op den vloer" terecht kwam. Overigens doorstond het materieel de "shake-down cruise" grotendeels intact.

De commandant bleek het bij duikmanoeuvres in zware zeegang vereiste, grote zeemanschap te bezitten; dan immers was de stabiliteit van de duikboot minimaal. Onder zulke weersomstandigheden bleek de invloed van de wervelingen van het water op de naar 60 meter diepte gedoken boot uit het rollen van de duikboot tot acht (exceptioneel twaalf) graden. Meten van de zwaartekracht was dan ook een moeizaam karwei. Verwerking van de gegevens al na een week van stormen uitputtend. Papieren, vulpennen "kwamen [nu weleens] op de vloer terecht en gewoonlijk in de olieachtigheid, die van stuurboord naar bakboord heen en weer gutste Enkele dagen ging de boot [zelfs] zo te keer, dat wijop den grond leefden; het had geen zin te trachten op stoeltjes te blijven zitten, waarmede men onophoudelijk onderste boven ging. Nu kon men tenminste probeeren zich met de beenen dwarsscheeps vast te houden. Een dergelijke reis is zeker niet gunstig voor kleeren en roerende eigendommen. Slechts gedurende enkele dagen van allerzwaarsten storm met windkracht elf was duiken uitgesloten.....Gelukkig heeft dit geen ernstigen afbreuk aan het succes van het onderzoek gedaan". Soms bleek het zelfs wenselijk om ten behoeve van de veiligheid van kok en de integriteit van de "pantry" voor langere tijd ondergedoken in "rustiger vaarwater" te verkeren! Derhalve liet de precisie der metingen wel enigszins te wensen over.³⁴

Vergelijking van de ijkresultaten van het slingertoestel van voor en van na de expeditie in De Bilt gaven aan, dat het toestel niet had geleden onder de doorstane beproevingen. Meting van de diepte tot de zeebodem was vanwege de plaatsing van de hydrofonen onder de vigerende omstandigheden niet mogelijk bij de vaart boven water. Onderwater kon het bodemprofiel uit metingen met een tussenruimte van minder dan anderhalve kilometer worden samengesteld. Onder de beschreven weersomstandigheden vereiste "zonnetje schieten" - terwijl boven de toren een wolkenlaag wild voortjoeg - acrobatische toeren van de met navigatie belaste officier,

³⁴ F.A.Vening Meinesz, "Een stormreis met Hr.Ms. "O – 16" naar Washington in 1937", in: *Veertig jaar Onderzeedienst 1906 – 1946* (Amsterdam 1947) 51 – 69.

maar het was voor de plaatsbepaling een onmisbare noodzaak. Vening Meinesz schatte de foutmarge in de plaatsbepaling op minder dan twee (zee)mijl.³⁵

De O 16 bracht - afgewisseld met enige korte perioden van verlof aan wal - 45 dagen op zee door, waarbij onder moeilijke omstandigheden 88 metingen diep ondergedoken werden gedaan. Maar toen had commandant Van Waning - vanwege zijn energieke en zeer doelgerichte persoonlijkheid ooit getypeerd als "Jumbo" - Vening Meinesz ervaren als ".....volhardend, gelijkmatig, opgewekt, inschikkelijk, hulpvaardig, een goede ship-mate".³⁶ En omgekeerd had Vening Meinesz een goed gevoel over Van Waning, zoals hij in zijn hierboven aangehaald, in 1946 geschreven relaas deed blijken.

7e Een historische ontmoeting?

Vanwege hun latere, op de voorgrond tredende bijdragen aan een beter begrip voor de structurele evolutie van de aardkorst was de ontmoeting, die Vening Meinesz gedurende het oponthoud van de O 16 in de haven van Washington had met de onderzoekers Hess, Ewing en Bullard een gedenkwaardige. Die onderzoekers waren daags tevoren met USS "Barracuda" (zie Bijlage 11) teruggekeerd van een expeditie naar de Caribische Zee, waartoe de geoloog Richard M. Field, hoogleraar in Princeton, het initiatief had genomen.³⁷

Onder auspiciën van het "Committee on the Geophysical and Geological Study of Ocean Basins" van de American Geophysical Union (A.G.U.) hadden zij de "United States Navy - American Geophysical Union Expedition" uitgevoerd om de structuurgeologische (tectonofysische) overeenkomst tussen het gebied rond de Kleine Antillen en de ABC eilanden met die van de door Vening Meinesz onderzochte Oostindische Archipel te onderzoeken.³⁸ Bij dat onderzoek was gebruik gemaakt van een origineel, door Ewing gemodificeerd "Vening Meinesz" slingertoestel, waarvan later - met toestemming van Vening Meinesz - nog minstens twee kopieën werden gemaakt. In het slingertoestel was een door American Bell Telephone Laboratories ter beschikking gestelde "crystal chronometer" geïntegreerd, die de precisie tijdwaarneming sterk bleek te verbeteren. In een volgende expeditie zou ook Vening Meinesz over dat apparaat kunnen beschikken.

Maurice Ewing (1906 - 1974), inventief fysicus en begiftigd organisator, zou al spoedig met de ontdekking van het SOFAR (Sound Fixing and Ranging)-kanaal mariene geofysica blijvend hoog op de agenda van het National Defense Research Centre in de Verenigde Staten plaatsen. Na de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde hij als leider van het Lamont-Doherty Laboratorium van de Columbia Universiteit een scala van geofysische technieken en nam hij actief deel aan talloze expedities, waarvan de resultaten - systematisch verwerkt - het empirisch fundament voor het

³⁵ F.A.Vening Meinesz, "The gravity expedition of Hr.Ms.Submarine O 16 in the North Atlantic. January 11 – March 16 1937", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 384 e.v.

³⁶ Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen", 61.

³⁷ Oreskes, *Rejection*, 264.

³⁸ M. Ewing, "Gravity measurements on the USS "Barracuda", in: *Trans. Am. Geoph. Union 18* (1937) 66 – 69.

platentektonisch concept zouden vormen. Ewing zelf zou evenwel nog lang aan de permanentie van oceaانبekkens vasthouden.³⁹

Met de geoloog Harry H. Hess (1906 - 1969) had Vening Meinesz in 1932 op de S - 48 expeditie al kennis gemaakt. In de Verenigde Staten was Hess een proponent van Vening Meinesz' tectogeen - theorie geworden, die verder door hem in verschillende publicaties zou worden uitgewerkt. In 1960 zou Hess aan de wieg staan van de theorie der "seafloor spreading", die - met convectiestroming als alternatief voor het door Wegener voorgestelde mechanisme - in staat bleek om vele van Wegener's opponenten te pacificeren en tot "continentverplaatsing" te bekeren.

Tussen Ewing, de "behoudend argumenterende" fysicus, en Hess, de "brutale, speculatief interpreterende" geoloog, zou volgens Bruce Heezen (1924 – 1977) op deze reis een diep, nooit meer verdwenen antagonisme zijn ontstaan.⁴⁰

Tenslotte moet ook de Britse (Sir) Edward Bullard (1907 - 1980) vermeld worden. Hij was als "kwantumfysicus" afgestudeerd, maar "in de magere jaren dertig" terecht gekomen op het Geofysisch / Geodetisch Instituut van Jeffreys en Lennox - Conyngham in Cambridge. Na de oorlog zou hij op basis van astronomisch-geodetische gegevens en het toen verkregen beter begrip betreffende de interne dichtheidsverdeling van de aarde de tot 1958 beste bepaling van de afplatting van de aarde afleiden.⁴¹ Na een kort verblijf in de Verenigde Staten zou hij in 1956 naar Cambridge terugkeren om daar het marien-geofysisch onderzoek nieuw leven in te blazen. Uit zijn school zouden velen met een sterk mathematische achtergrond de ontwikkeling van het platentektonisch concept verder helpen; vaak overigens als onderzoekers in de Verenigde Staten.⁴²

Dat Vening Meinesz met genoemde onderzoekers in Washington inderdaad contact heeft gehad bewijst wel de bij Vening Meinesz' O 16 expeditieverslag gevoegde kaart, waarop het traject van de "Barracuda"-expeditie is geprojecteerd. Ook moet hij toen van Bullard een prepublicatie gekregen hebben van de in Cambridge werkende, al eerder vermelde "demonstrator" B.C. Browne betreffende de theoretische rechtvaardiging van het door Vening Meinesz in de praktijk gehanteerde protocol voor de meting van de zwaartekracht op zee.⁴³ Browne zou nog datzelfde jaar Vening Meinesz ervan weten te overtuigen, dat dat protocol voor waarnemingen onder omstandigheden van zware deining aangevuld moest worden en aan de praktische realisatie ervan meewerken.

7f Latere duikbootexpedities

De latere expedities hadden allen ten doel instrumentele verbeteringen aan het slingerapparaat op hun merites in de praktijk te kunnen beoordelen.

³⁹ Naomi Oreskes (red.), *Plate Tectonics. An insider's history of the modern theory of the earth* (Cambridge 2001) 204 e.v.

⁴⁰ A.O. Allwardt, "Evolution of the tectogene concept, 1930 – 1960". In: K. Benson en P. Rehbock (eds), *Oceanography. The Pacific and beyond* (? 1995) 490 noot 29

⁴¹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 56.

⁴² Oreskes, *Plate Tectonics*, 173.

⁴³ F.A. Vening Meinesz, "Second order disturbance terms in pendulum observations at sea", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 650 – 653.

Naar aanleiding van Browne's desideratum om meer rekening te houden met de invloed van substantiële, relatief trage wervelingen van water op grotere diepte ten gevolge van zware deining aan het wateroppervlak, voegde Vening Meinesz een stelsel van lang-periodische horizontale slingers toe aan het cardanisch opgehangen slingertoestel en verifieerde hij de bruikbaarheid van de gevonden oplossing voor genoemd probleem tijdens een proefvaart op de Zuiderzee en daarna tijdens de expeditie met de O 12 (zie Bijlage 13) van Curaçao naar Den Helder. (De toenmalige commandant van de O 12, Ltz1 H.C.W.Moorman, zou tussen 1949 en 1959 als Staatssecretaris van Marine een opportuun aanspreekpunt blijken voor Vening Meinesz bij het organiseren van expedities in die periode.) Voorts werd onder verschillende, van duikdiepte, zeegang en koers relatief tot deiningrichting afhankelijke omstandigheden het fysisch model voor de ontwikkeling van zulk soort wervelingen aan de praktische ervaring getoetst.⁴⁴ Ondanks problemen met de veerophanging waren de resultaten met het proeftoestel om de scheepsbewegingen te meten bevredigend, zowel voor het verkrijgen van gegevens voor de constructie van een toestel in definitieve vorm als voor het verkrijgen van een eerste inzicht in de scheepsbeweging van een duikboot, ondergedoken in woelig water. Een basis was gelegd om in ruwe zee verkregen gegevens te corrigeren en - op basis van gegevens uit de dagjournalen van eerdere expedities - ook gegevens van oudere datum te herzien. Door de angewende methodiek konden voor het eerst ook gegevens over de golfbewegingen in de diepere waterlagen van de oceaan worden verkregen, waarover Stokes ooit had getheoretiseerd. De chronometers bleken op deze expeditie helaas minder regelmatig dan men gewend was, zodat een aanzienlijke foutmarge in aanmerking moest worden genomen. De definitieve versie van het lang-periodisch slinger systeem maakte in mei 1938 gedurende een korte expeditie met de O 13 (zie Bijlage 14) door het Kanaal haar "maidentrip".⁴⁵

Hoewel Vening Meinesz, die inmiddels de vijftigjarige leeftijd was gepasseerd, nog vol plannen zat, voelde hij zo langzamerhand wel, dat lange expedities te veel van zijn krachten zouden gaan vergen en dat assistentie van een jongere onderzoeker gezocht moest worden. Daarvoor kwam Dr.W.Nieuwenkamp (1903 - 1979) in aanmerking. Nieuwenkamp was in 1932 op onder supervisie van de kristallograaf Bijvoet uitgevoerd onderzoek bij Rutten in Utrecht gepromoveerd. Na een korte stage bij de industrie was hij assistent geworden bij Rutten en daarna bij J.L.J.M. Schmutzer (1882 - 1946), hoogleraar in de mineralogie, alvorens in 1937 als Ingenieur bij de Rijkscommissie voor Geodesie in dienst te treden.

Voor maart 1939 was een grote expeditie met de O 16 via Kaapstad (?) naar Nederlands-Indië voorzien, mede om ook op dat traject de effecten van zware deining te kunnen analyseren. Maar de internationale politieke ontwikkelingen verhinderden de uitvoering van dit plan. Dat was voor Nieuwenkamp als beoogd waarnemer een grote teleurstelling. Hij zou slechts gedurende de enkele dagen durende "shake-down cruise" van de O 19 (zie Bijlage 15) in juli 1939 nog in de gelegenheid zijn om het slingertoestel uitgerust met een "kristaltijdmeter" en het door Ewing geconstrueerde adaptatiemechanisme uit te proberen. In het licht van toenemende politieke spanningen werd van de commandant van de O 19 verwacht in drie dagen zich ervan

⁴⁴ Vening Meinesz, "Second order disturbance terms".

⁴⁵ RCG 1938, 5.

te overtuigen, dat zijn juist in dienst gestelde duikboot zonder mankeren ongeconvoyeerd de reis naar Oost-Indië kon volbrengen Zodoende werd aan Nieuwenkamp maar weinig tijd geboden tot onderzoek met de gecompliceerde uitrusting. Hij kon dan ook maar op een meetpunt in de Noordzee in een waterdiepte van 90 m metingen doen, respectievelijk op diepten van 20 en 40 m. Desalniettemin bleek het toen mogelijk - in de relatief ondiepe Noordzee - het effect van zware deining aan het wateroppervlak op de bewegingen van het bodemwater te analyseren. Dankzij het precies werkende tijdmechanisme kon met een grotere zekerheid de geldigheid van de dempingtheorieën - speciaal die voor ondiepwater, zoals door Laplace ontwikkeld - worden bevestigd en konden derhalve voorhanden ruwe gegevens dienovereenkomstig worden gecorrigeerd.

7g Resultaten en verder onderzoek

Met de expeditie van de K XVIII en de O 16 had Vening Meinesz het onderzoeksprogramma, zoals hij zich dat in zijn inaugurele rede in Utrecht in 1927 had voorgesteld, goeddeels kunnen afsluiten.

De wetenschappelijke problemen, die tijdens de K XVIII expeditie konden worden onderzocht betroffen primair de bevestiging van de twee-assige omwentelings-ellipsoidale vorm van de aarde. Het door de K XVIII min of meer langs de 35 graden Zuiderbreedte parallel oostwaarts van Buenos Aires via Kaapstad naar Fremantle bevaren en opgemeten traject had, ondanks een niet optimale verdeling van de meetgegevens over de Indische Oceaan, duidelijk gemaakt, dat ook daar slechts van een licht (oceanisch) zwaartekrachtsexces sprake was. Zo kon het vigerend model van de aardvorm in stand blijven.

Het nog tijdens de expeditie aangepaste vaartraject van de K XVIII expeditie stelde Vening Meinesz in staat om zwaartekrachtmetingen te doen over de recentelijk in de Atlantische Oceaan ontdekte, seismisch actieve equatoriale diepzee"trog" - het Romanche diep. Zowel de seismische activiteit als de grote diepte deed hem vermoeden, dat men hier met een analogon van de Oostindische diepzeetroggen te doen zou kunnen hebben. Maar uit het uiteindelijk verkregen zwaartekrachtsprofiel bleek, dat het Romanche diep een substantieel massatekort ontbeerde. Mede daarom zocht Vening Meinesz het ontstaan van de trog in een caldera-type genese, vergelijkbaar met die van het Tobameer of van de Krakatau na de explosie van 1888, maar van een grotere omvang. Overigens leken er maar weinig diep ingesneden troggen in het Atlantische oceaangebied te bestaan. Onderzoek van zwaartekracht en bodemtopografie wees uit, dat de aardkorst in het studiegebied geen scherp gedefinieerde inbuigingen had ondergaan, "zoals die voorkomen in de gebieden, waar zich plooiingsgebergten gevormd hebben, doch dat er een net van scheuren door den geheelen oceaan schijnt te lopen langs welke verschuivingen zijn opgetreden. De topografie maakt den indruk in hoofdzaak van vulkanischen aard te zijn, waarbij men mag veronderstellen, dat de genoemde scheuren in de aardkorst aan het dieper gelegen magma de gelegenheid hebben gegeven om naar buiten te treden. In het bijzonder komen vulkanen voor op die plaatsen, waar scheuren van verschillende richtingen elkander snijden; de Azoren- en Madeira-archipels zijn

hiervan voorbeelden".⁴⁶ Vening Meinesz was van mening, dat vanwege hun rechtlijnigheid de scheuren niet onder invloed van compressie tot stand waren gekomen, want dan zou de strekking van de scheuren een buiging te zien moeten geven. Hij was meer geneigd om er een patroon van in een schuifspanningsveld ontstane breuken te zien.⁴⁷ *Het Vaderland* van 16 mei 1936 berichtte over een van Vening Meinesz' voordrachten, dat "de grote, plastische aardkern omgeven was door een vrij dunne korst. Er is reden te vermoeden, dat de schaal soms de neiging heeft zich rond de zachtere kern te verplaatsen, er als het ware omheen te slippen, zodat de polen bijvoorbeeld ten opzichte van het aardinnerlijk niet steeds op dezelfde plaats blijven". Dat zou dan tot het ontstaan van die schuifspanningsbreuken kunnen leiden.

In het oceaangebied bleken de bekkens ten oosten en ten westen van de Mid-atlantische Rug een zwaartekrachtexces van omstreeks 40 mgal te hebben; zij het, dat de storingseffecten door de ruwe zee tijdens de O 16 expeditie daar soms aanzienlijk leken. Over die Rug bleek - tegen de verwachting in - een mogelijk zwaartekracht overschot echter minimaal. En de fluctuaties in het ruwe bodemreliëf van duizenden meters wezen eerder op een vulkanische oorsprong van de Rug dan op een plooiingsgebergte.

Vanaf de Azoren waren in zuidoostelijke richting de (kleine) excessen onregelmatig verdeeld, zo deelde Vening Meinesz mede.⁴⁸ Maar het bleef nog onduidelijk of Iberische of Marokkaanse bergketens op de bodem van de Atlantische Oceaan hun voortzetting hadden. Het reliëf van de diepe oceaانبodem bleek in alle gevallen veel ruwer dan op grond van Wegener's hypothese verwacht. Het voorkomen van uitgebreide velden van relatief kleine zwaartekrachtsanomalieën bleef nog onverklaard. De uitgebreidheid van de zwaartekrachtsanomalieën suggereerde evenwichtsverstoring op grote diepte als oorzaak. Maar de relatieve zwakte van de anomalieën zou evenzeer op een ondiepe oorzaak van de verstoring kunnen wijzen: daarover was het laatste woord nog niet gezegd.⁴⁹

De expedities stelden Vening Meinesz in staat op verschillende plaatsen over de overgangszone van oceaan naar continent zwaartekrachtsprofielen te construeren. Maar het karakter van de overgangszone op zwaartekrachtsprofielen bleek toch verre van uniform. Terwijl de overgangszone vaak nogal abrupt was, leek die zone zich vanaf de Braziliaanse oostkust - evenals bij de Noordamerikaanse oostkust het geval was - zeewaarts over honderden kilometers uit te strekken. Dat vermoeden zou decennia later bevestigd worden met de ontdekking van tot ver onder zee doorlopende olierijke bekkens.

Tenslotte mag als een laatste resultaat - met name van de expeditie met de O 16 - niet onvermeld blijven, dat de ook nog op grote diepte heersende wervelingen in het zeewater ten gevolge van de stormachtige deining aan het wateroppervlak door het slingerapparaat konden worden geregistreerd als variabelen in de zwaartekracht met een golflengte van honderden meters: een verdere uitbreiding aan fysisch-

⁴⁶ F.A.Vening Meinesz, "Topography and gravity in the North Atlantic ocean", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 120 - 125.

⁴⁷ F.A.Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 - 1938 Vol IV* (Delft 1948) 138.

⁴⁸ *TAG 2* 55 (1938) 145 e.v.

⁴⁹ F.A.Vening Meinesz, *Evenwichtsverstoringen in de aarde*. Inaugurele rede, uitgesproken op 2 november 1939 (Delft 1939) 20 e.v.

oceanografisch onderzoek, waardoor nu golfmeting op volle zee kon worden gerealiseerd, was gevonden.

Behalve met de uitwerking van de gedurende de expedities verkregen waarnemingen hield Vening Meinesz zich in de onderhavige periode bezig met de theoretische onderbouwing van het door hem voorgestane model van plooiingstectogenese, in het bijzonder met de analyse van de reologische eigenschappen van aardkorst en aardmantel.

Bij de uitwerking van de in 1926 rond Hawai verkregen zwaartekrachtgegevens was het Vening Meinesz gebleken, dat een isostatische reductie volgens een der bekende, lokale schema's minder goed voldeed dan een reductieschema op regionale basis. Regionale isostatische reductie van zwaartekrachtmetingen rond geïsoleerde vulkanische eilanden als Hawai resulteerde in overtuigender uitkomsten dan wanneer lokale isostatische reductie volgens het model van Airy was toegepast: ".....de zwaartekracht komt aldus in goede overeenstemming met de waarden, die op zee in de nabijheid zijn gevonden. Dit resultaat leidt tot de merkwaardige gevolgtrekking, dat deze eilanden als belasting op een ongebroken aardkorst moeten worden beschouwd....[met] schattingen voor de dikte der starre korst... van 30 tot 45 kilometer". Een stijve korst, die als een elastische plaat onder de belasting van een vulkaaneiland was doorgebogen; geen plastisch medium, zoals Wegener veronderstelde daar aanwezig te zijn en waarin zo'n eiland zou kunnen zijn verzonken. "Wanneer de isostatische compensatie van Hawai inderdaad lokaal was (en een zwaartekrachtsanomalie een plus van 200 mgal zou hebben), zou het eiland ten gevolge van het zwaartekrachtoverschot met een snelheid van 80 cm / eeuw in het lichte korstmateriaal moeten zinken. (Men kan dat afleiden uit de postglaciale rijzing van Scandinavië). Maar het tegendeel is het geval: Hawai is ten opzichte van de zeespiegel in rijzende beweging, zoals blijkt uit strandterrassen. Worden de metingen niet lokaal maar regionaal gereduceerd, dan verdwijnt de anomalie vrijwel geheel. Dus lijkt de aardkorst onder de last van de vulkanische massa over een groot gebied doorgebogen".⁵⁰ Naar door Vening Meinesz opgestelde modellen voor regionale isostatische reductie en dankzij het werk van drie rekenaars van het K.N.M.I. konden respectievelijk in 1941 en in 1946 tabelaria worden gepubliceerd, waarmee Vening Meinesz voor anderen de berekening van de lokale respectievelijk regionale isostatische reductie wist te vergemakkelijken.⁵¹

Voor een studie naar de omstandigheden, waaronder relaxatie en isostatische evenwichtsherstel van een door compressie ingebogen elastische korst en een plastisch vervormde bovenmantel tot stand kwam, richtte Vening Meinesz zich op de evolutie van Scandinavië, waar na de laatste ijstijd een kilometers dikke ijskap snel was afgesmolten. Uit het verloop van het isostatische evenwichtsherstel op basis van een reconstructie van de verschuiving van de kustlijn (bij een gefixeerd zeeniveau) langs de Bothnische Golf gedurende het laatste tiental millennia, leidde hij de snelheid af van een subcrustale onderstroom in de mantel benevens informatie over de viscositeit van de ondiepe mantelmaterie. Die informatie werd door Vening

⁵⁰ J.Veldkamp, "Zwaartekracht", in: B.G.Escher e.a. (red.) *E.N.S.I.E.V.* (Amsterdam 1948) 39 e.v.

⁵¹ F.A.Vening Meinesz, *Tables for regional and local isostatic reduction (Airy system) for gravity values* (Delft 1941).

Meinesz vervolgens gebruikt voor een formule, waarin de relaxatietijd van een proces aan de horizontale afmetingen van een gebied met een zwaartekrachtstekort werd verbonden.⁵² Zoals eerder vermeld, waren het de plastische eigenschappen van de ondiepe mantelmaterie, waarover hij met Jeffreys diepgaand van mening verschilde.

Op Vening Meinesz' instigatie bestudeerde Bijlaard het elasto-visceus gedrag van een als dunne, maar uitgestrekte plaat voorgestelde "korst" onder invloed van in kracht toenemende uniaxiale compressie om vragen te beantwoorden naar de aard van en de hoek(en) waaronder deformatie zou kunnen plaatsvinden en naar het patroon van schuifspanningen, dat zich zou kunnen ontwikkelen in een omgeving, waar een zwaartekrachtstekort heerste. Bijlaard toonde aan, dat als de compressie van een elastische plaat groot genoeg was - ver boven de elasticiteitslimiet van het gesteente - plastische deformatie tot stand kwam, zodat laterale verschuiving op grote schaal mogelijk werd.⁵³ Een conclusie, die Vening Meinesz zou overnemen.

Succesvolle uitwisseling van ervaringen en de van verschillende kanten aangedragen suggesties om het slingertoestel en de gegevens verwerking te verbeteren demonstrenen, dat Vening Meinesz zich in de loop der tijd door een effectief (inter)nationaal netwerk van geofysische onderzoekers wist te omringen. Uit zijn streven om naast geofysici ook specialisten uit andere disciplines - geologen als Umbgrove of reologen als Bijlaard - aan zijn onderzoek te doen bijdragen, spreekt ook zijn drang naar een meer alomvattend begrip voor wat zich diep in de aarde afspeelde.⁵⁴

7h Marine en samenleving (1934 – 1940)

Hoewel de toestemming voor een grote marien-gravimetrische expeditie op het Zuidelijk Halfrond al in december 1932 was afgekomen, zou pas eind 1934 duikboot K XVIII daartoe beschikbaar komen. In de tussentijd hadden ontwikkelingen binnen het Koninkrijk – de munterij op "De Zeven Provinciën", gevolgd door Tweede Kamer verkiezingen en het "Jordaanoproer" – en in Duitsland de gemoederen danig bezig gehouden. Dan zou zo'n expeditie na de officiële "Willem van Oranje" herdenkingen in 1933 en 1934 symbolische invulling aan diens devies "Saevis Tranquillus in Undis" ("Kalm temidden van de grimmige golven", zie achteromslag) kunnen geven. In ieder geval kondigde nu de Regeringspersdienst en niet die van de marine het aanstaande vertrek van de K XVIII expeditie aan.⁵⁵ Niet alleen om in den lande aandacht te trekken voor dit evenement, maar misschien ook wel in het buitenland, waar men hoopte orders voor nieuwbouw van duikboten te verwerven. Commandant Hetterschij had vanaf 1931 de militair-technische afwerking van de nieuwe serie duikboten op de werf Feijenoord begeleid en kende dus zijn boot van haver tot gort. Mogelijk was het dan ook op zijn initiatief, dat oudste officier Wytéma - een enthousiast filmer - ruim voor vertrek contact had opgenomen met de Polygoon Filmfabriek voor het maken

⁵² F.A.Vening Meinesz, "The determination of the earth's plasticity from the post-glacial uplift of Scandinavia; isostatic adjustment", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 654 – 662.

⁵³ P.P.Bijlaard, "Theorie des deformations plastiques et locales par rapport aux anomalies negatives de la gravite, aux fosses oceaniques, aux geosynclinaux etc.", in: *Rapport Congr Edinbourg UGGI* (z.p. 1936).

⁵⁴ Vening Meinesz, *Evenwichtsverstoringen in de aarde*, 12.

⁵⁵ *NA; Arch. Marinestaf 1886 – 1942* 2.12.18 inv 204.

van een film over de K XVIII expeditie. Directeur B.D.Osche had zich daartoe bereid verklaard en had vervolgens ook de daarvoor benodigde medewerking van de marineautoriteiten verkregen.⁵⁶ De filmindustrie had in 1933 door uit Duitsland gevluchte regisseurs een sterke impuls tot grote producties gekregen: de succesvolle film *Willem van Oranje*, begin 1934 uitgebracht, was de eerste substantiële, in Nederland geproduceerde zwart-wit geluidsfilm.⁵⁷ En verfilming van een duikboot expeditie naar vreemde landen leek een aantrekkelijk onderwerp voor een (jeugdig?) publiek, dat zich - ondanks de heersende crisis - meer en meer op reizen naar het buitenland richtte. Daarvan gaven ook de door het ss "Tarakan" van de Stoomvaart Maatschappij "Nederland" in die tijd uitgevoerde "jeugdherberg"-reizen blijk. Om zoveel mogelijk de belangstelling voor de expeditie vast te houden, hadden de marineautoriteiten er ook geen bezwaar tegen, dat enkele bemanningsleden door dagbladen als "reisbrievenschrijver" waren aangetrokken.⁵⁸

Vanwege het late vertrek van de K XVIII en daarmee samenhangende nog verdere vertraging, had de marine wel voorzien, dat mogelijk het Sinterklaasfeest en zeker het Kerstfeest - tegen de gewoonte bij de marine in - op zee zouden moeten worden doorgebracht. In anticipatie daarop had de Onderzeedienst onder het mom van "studieboeken voor de Professor" al wel enige geschenkpakketjes aan boord gebracht, door familieleden van de bemanning en enkele bedrijven samengesteld.⁵⁹ Maar veel verder ging op het moment van vertrek het initiatief van de autoriteiten om deze lange, recordbrekende reis nog in de publieke belangstelling te houden niet.

Dat initiatief werd overgenomen door het ad hoc georganiseerde Comité "Onze Marine" onder aanvoering van de in hoofdstuk 6 genoemde Angenent. Hij werd daartoe aangezet door het bijna onverklaarbare enthousiasme in den lande voor de prestaties van de "Uiver". Dit K.L.M. toestel was in oktober 1934 als tweede geëindigd in de Londen - Melbourne vlieg race en winnaar van de handicap categorie geworden. Landelijk werd dat enthousiasme ondermeer uitgedragen door Uiver - speldjes, Uiver - sigaren, Uiver - liederen, Uiver - souvenir - borden.⁶⁰ In een persbericht van 22 november stelde het Comité zich voor als schakel tussen "het Nederlandse Volk en de opvarenden van de K XVIII" te fungeren onder het motto: "Toont met de daad Uw belangstelling".⁶¹ Het resultaat van deze oproep was in natura en in harde munt verrassend groot, zodat in de loop van de expeditie vier colli met verrassingspakketten voor de bemanning naar evenzovele aanloophavens konden worden verzonden. Omdat de civiele boordradio van de K XVIII het in eerdere aanloophavens nogal eens had laten afweten, arrangeerde het Comité ook nog, dat PHilips Omroep Holland Indië - Phohi - met medewerking van KRO - in de loop van 1935 een kortegolf radio-uitzending naar Mauritius kon verzorgen. Philips had sinds maart 1927 voor de Phohi-zender een zendvergunning voor proefuitzendingen op de korte golf naar Oost- en West-Indië.⁶² Die uitzending maakte het mogelijk voor de bemanning van de K XVIII, die toen ten huize van de Philips vertegenwoordiger te

⁵⁶ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders*, 105.

⁵⁷ K. Dibbets en F. van der Maden (red.), *Geschiedenis van de Nederlandse Film en Bioscoop tot 1940* (tweede druk; Houten 1986) 110.

⁵⁸ Wytema, "Klaar voor onderwater!", 39.

⁵⁹ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders*, 44.

⁶⁰ G.Mak, *De eeuw van mijn vader* (Amsterdam 2003) 173.

⁶¹ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders*, 46 e.v.

⁶² Beishuizen, *Magere jaren*, 246.

Mauritius bijeen was, naar de stemmen van hun in Nederland achtergebleven familieleden, die ze al bijna een half jaar niet hadden gehoord, te luisteren.⁶³

Nog gedurende de expeditie had het Comité “Onze Marine” voor de kazernes van de Onderzeedienst in Den Helder en Soerabaja gedenkramen doen ontwerpen en uitvoeren, die de herinnering aan de expeditie van de K XVIII levend moesten houden. Ook werd door het Comité het gedenkboek “*Alles wel, geen bijzonders !!*” - ondermeer met bijdragen van de bemanning van de K XVIII - samengesteld en in de loop van 1935 gepubliceerd om verantwoording van haar activiteiten af te leggen. Voorzover dat nodig was. Want het thuisfront was door de K XVIII expeditie als in een roes geraakt blijkens de rage van herdenkings-speldjes, -borden en -vaantjes, die was losgebrosen, en de vele bedrijven, die trachtten met reclames, verwijzend naar de succesvol afgelopen expeditie, hun voordeel te doen.⁶⁴ Het moet voor de marineautoriteiten dan ook een hard gelag geweest zijn om onder de veelal uit journalistieke kring samengebrachte leiding van het Comité de namen van de heren Angenent en Alink – de door eerdergenoemde verguisde ex-bestuursleden van St. Christophorus – aan te treffen.....

Bij aankomst in Soerabaja werd de K XVIII - begeleid door vliegtuigen - verwelkomd door een haag van schepen. Van Koningin Wilhelmina werd een gelukwens telegram ontvangen. Minister van Defensie Deckers richtte zich kort daarop met een direct door de radio uitgezonden dankwoord vanuit Nederland tot de bemanning. Daarbij kregen enkele officieren en bemanningsleden van hem te horen, dat hen met hun rang corresponderende koninklijke onderscheidingen waren verleend. Alle bemanningsleden kregen de Draagpenning van de Rijkscommissie voor Graadmeting 1935 uitgereikt. Voorts werd er een officiële gedenkpenning geslagen.

Onmiddellijk na afloop van de expeditie keerde Wytema per vliegtuig naar Nederland terug om te assisteren bij de samenstelling van de film *20 000 mijlen Over Zee*, de eerste, door Polygoon geproduceerde (bedrijfs)documentaire film met geluid. Bij de ingesproken tekst vormde de door Peter van Anrooij (1879 - 1954) in 1911 gecomponeerde en door Max Tak voor de film gearrangeerde “Piet Hein Rapsodie” de achtergrondmuziek. Gedragen door de heersende publieke bijval voor de K XVIII expeditie slaagde Polygoon-directeur Ochse erin ter aanbeveling van de film een Erecomit  samen te stellen met regeringsleider Colijn als voorzitter. Dat zal er in niet geringe mate aan toe hebben bijgedragen, dat Koningin Wilhelmina bereid bleek bij de première van de film in Den Haag aanwezig te willen zijn. En in een tijd van sociaal-economische malaise bleek het publiek ontvankelijk voor het avontuur en de spanning, die de film verschaftte. Die was dan ook een groot succes.⁶⁵

Colijn, die in 1934 aan het Antirevolutionnaire beginselprogramma het eerder genoemde motto “kalm temidden van grimmige golven” had gegeven, zal zeker de daaraan op de film van de duikboot-expeditie gegeven invulling niet zijn ontgaan. In tegenstelling tot de symbolische waarde, die Korteweg toedicht aan de Nederlandse

⁶³ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders*, 142 – 159.

⁶⁴ Ibidem, 177.

⁶⁵ NA; Arch. Marinestaf 1886 – 1942 2.12.18 inv 204.

zeesleepvaart,⁶⁶ lijkt de door de media veroorzaakte opflakking van publiek enthousiasme voor de K XVIII expeditie alle kenmerken van een "mediahype avant la lettre" te hebben gehad. In hoeverre de door de K XVIII geleverde en in 1936 door de film den volke getoonde prestatie aan de populariteit van regerings- en partij-leider Colijn kan hebben bijgedragen is onbekend. Colijn werd echter op de Antirevolutionaire affiches voor de verkiezingen van 1937 wel neergezet als de wakkere stuurman aan het roer van het schip van staat en - in weerwil van de niet zo beste sociaal-economische toestand van het land - bleek zijn aanhang bij die verkiezingen inderdaad aanzienlijk gegroeid te zijn. Aan Vening Meinesz' opgang naar de status van op vijf na bekendste Nederlander in 1939 (zie Inleiding) zal de film zeker hebben bijgedragen.

Het succes van de film bevorderde de verkoop van Wytéma's - met instemming van het departement van Defensie uitgegeven - reisverslag "*Klaar voor Onderwater!*", zodat de verkoopcijfers ervan die van Huizinga's *In de Schaduwen van Morgen* voorbij streefden.⁶⁷ Succesvol als filmer en auteur keerde Wytéma een loopbaan als marineofficier de rug toe en vervolgde zijn carrière in 1936 in de civiele scheepvaartsector.

Ook in het buitenland werd vertoning van de verfilming van de expeditie van de K XVIII een groot succes. Van het filmscript verscheen in 1938 zelfs een Duitse bewerking in boekvorm, opgedragen aan Koningin Wilhelmina. De bewerker, de Oostenrijkse (!) Ktz Hans Sokol, weidde - anders dan Wytéma - in zijn bewerking uit over de Japanse dreiging in het Verre Oosten en concludeerde zonder Vening Meinesz te noemen: "Einem der kleineren seefahrenden Völker, den Holländern, bleibt das Verdienst gewahrt, die Verwendungsfähigkeit des Unterseebotes um wissenschaftliche Ziele bereichert zu haben". Voor Sokol en vele anderen was de expeditie van de K XVIII een bewijs van technisch-wetenschappelijk kunnen der Nederlanders, een weerspiegeling van hun culturele kracht.⁶⁸

Vening Meinesz besteedde gedurende de beschreven periode dan wel wat minder tijd op zee, maar des te meer bleek hij een gevraagd causeur op bijeenkomsten van verenigingen als "Onze Vloot", wetenschappelijke genootschappen of volksuniversiteiten. Bij die causerieën complimenteerde hij telkens weer de Koninklijke Marine voor haar inzet en betreunde hij de geringe bereidwilligheid van het Nederlandse volk die Marine adequaat te bekostigen. Nochtans toonde het publiek veel instemming met de daden van de Marine en het was dan ook geen verrassing, dat tijdens de jaarvergadering van het Koninklijk Aardrijkskundig Genootschap eind 1935 schout-bij-nacht T.L.Kruis kon vaststellen "dat [Vening Meinesz'] onderzoekingen aan de Marine de gelegenheid had geschonken het Nederlandsche Volk te toonen, dat zij nog tot grote dingen in staat is, waardoor de zwarte bladzijde uit haar bestaan was omgeslagen".⁶⁹

Behalve de al genoemde gedenkramen werd namens "Onze Marine" ter herinnering aan de vruchtbare samenwerking tussen Wetenschap en Zeemacht een monument

⁶⁶ J.Korteweg, *Hollands Glorie ? De Nederlandse zeesleepvaart als nationaal symbool* (Amsterdam 2000).

⁶⁷ Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon", 70.

⁶⁸ H.H.Sokol, *20 000 Meilen im U-Boot* (Wenen 1938) 14.

⁶⁹ *TAG* 2 53 (1936)136 e.v.

met een bronzen plaat "Marine en Wetenschap" op stenen sokkel op het terrein van de Onderzeedienstkasernen te Den Helder opgericht en een gedenkplaat aan een binnenmuur van het Geografisch Instituut aan de Drift te Utrecht aangebracht.⁷⁰

En wat Angenent betrof..... Hij zou onder het pseudoniem Albert Chambon - familienaam van zijn moeder - nog een serie boeken over de marine publiceren, waarin matroos Vandersteng de hoofdrol speelde. Voor het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog kwam als een deel van die serie het "levendig geschreven" boek *100 000 zeemijl per onderzeeboot* over Vening Meinesz' expedities van de pers. Gedurende de bezetting bleef Angenent met de lezerskring van het toen verboden "Onze Marine" in contact via gedrukte brieven, waarin versluierd "informatie over de strijd ter zee, inclusief de namen van gesneuvelden en vermisten" voorkwam. Op het zilveren jubileum van "Onze Marine" in 1946 werd hij "geridderd" en in 1947 mocht hij het genoegen smaken, dat onder het toezicht van admiraal Helfrich de tewaterlating van het motorschip "Vandersteng", publiekstrekker voor de Stichting "Onze Marine", kon plaatsvinden. Met zijn dood in 1952 zou helaas ook de geldstroom, die exploitatie van dit schip mogelijk maakte, opdrogen.⁷¹

Terwijl de expeditie van de K XVIII vooral het imago van de Koninklijke Marine in Europa had verbeterd, zou de expeditie van de O 16 kunnen gelden als een visitekaartje, dat de Marine afgaf aan de isolationistisch ingestelde Verenigde Staten. "...als vlagvertoon ongetwijfeld een groot succes. Doordat de Potomac voor groote schepen niet bevaarbaar is, komt vlagvertoon door een buitenlandsch oorlogsschip in Washington slechts uiterst zelden voor; de groote schepen bezoeken New York....Des te meer trok het bezoek van Hr Ms "O 16" in Washington aandacht en het feit, dat deze reis tevens dienstbaar gemaakt werd aan wetenschappelijk onderzoek gaf er nog meer reliëf aan".⁷² "Bij wijze van hoge uitzondering en onder het motief, dat het een "wetenschappelijke expeditie" betreft, worden Prof. Vening Meinesz en de commandant [Van Waning] in audiëntie ontvangen door President Franklin D. Roosevelt, wiens marinehart duidelijk spreekt".⁷³ In zijn tweede inaugurele rede van 20 januari 1937 had Roosevelt zich ongerust getoond, dat zonder tussenkomst van de regering de natuurwetenschappen eerder een meedogenloze meester dan een nuttige dienaar van de samenleving zouden worden.⁷⁴ Maar Roosevelt twijfelde er evenzeer aan of na tussenkomst van de regering de verschaften fondsen voor onderzoek wel goed zouden worden besteed. En juist zo'n door hem gewenste vruchtbare samenwerking leek tussen Vening Meinesz en de Koninklijke Marine gerealiseerd te zijn.

Zo bleek de symbiose van Marine en Vening Meinesz deuren te kunnen openen, die anders misschien wel gesloten zouden zijn geweest. En zou het mede dankzij bovenstaande ontmoeting zijn geweest, dat - tegen de verwachtingen in - spoedig marineattachés door de twee regeringen zouden worden uitgewisseld?

⁷⁰ Albert Chambon, *100 000 zeemijl per onderzeeboot met professor Vening Meinesz* (Den Helder 1939) 171.

⁷¹ Dekkers, "C. den Boer Jr.", 261.

⁷² Vening Meinesz, "Een stormreis met Hr. Ms. "O 16", 62.

⁷³ Van Waning, "Chronologisch overzicht 1916 - 1940", 256.

⁷⁴ Kevles, *The physicists*, 264.

7i Resumé

In de onderhavige periode kreeg Vening Meinesz bij herhaling van de Marine de kans om gegevens over door hem nog onbevaren trajecten te verzamelen en met aanvullende metingen op reeds onderzochte trajecten zijn meettechniek te verbeteren.

De expeditie van de K XVIII stelde Vening Meinesz in staat uit metingen op het zuidelijk halfrond de vorm van de aarde verder te analyseren. Door anderen - verontrust over de status van de oorlogsvloot - werd de expeditie aangegrepen om middels de media steun voor de Marine te verwerven. En dat gebeurde met zoveel effect, dat van een "mediahype avant la lettre" zou kunnen worden gesproken, toen duizenden de van de expeditie gemaakte film gingen zien. Het zou de zittende regeringsleider in de verkiezingen van 1937 geen windeieren brengen.

Ook de "shake-down cruise" van de O 16 over de Noordatlantische Oceaan had voor de regering een onvoorzien succes in petto met een ontvangst voor Vening Meinesz en marineofficieren bij President Roosevelt, gevolgd door het aanhalen van de diplomatieke betrekkingen tussen een (neutraal) Nederland en de isolationistische Verenigde Staten.

Behalve aan deze, om hun publicitair succes vermelde expedities nam Vening Meinesz ook deel aan een aantal overtochten naar West-Indië om het actuele probleem van dissociatie van de door zware deining geïnduceerde component uit de ruwe zwaartekrachtmeting op te lossen. De door hem bedachte oplossing via een in het "Gouden Kalf" aangebracht kruis van twee langperiodische horizontaalslingers die component te berekenen bleek goed te werken. Dat dientengevolge amplitude en lengte van oceaangolven midden op zee konden worden gemeten, was een "bijvangst" bij routinematig zwaartekrachtsonderzoek, waarmee de (civiele) techniek later haar voordeel bleek te kunnen doen.

De door zijn expedities in toenemend detail aan het licht gebrachte gravitatieve "Minus"-zone van grote massatekortingen werd door Vening Meinesz geïnterpreteerd als een ten gevolge van uniaxiale compressie scherp ingebogen zone in de aardkorst buitenlangs de "Gordel van Smaragd", waar, met de ingeplooidesedimentaire bekkenvulling tot een tectogeen vervormd, naar verwachting in de loop der tijd – na relaxatie van de compressiekrachten – door isostatisch evenwichtsherstel oprijzing en vorming van een gebergte zou kunnen plaatsvinden. De rol, die in dat proces (kringloop)stromingen in de plastische mantel van de aarde speelden, kon dan wel modelmatig worden gedemonstreerd, maar Vening Meinesz was zich er bewust van, dat overtuigender bewijs van hun bestaan vooralsnog ontbrak. Onderwijl hadden zijn bevindingen hem ervan overtuigd, dat de oceaانبodem ruwer en aanmerkelijk minder plastisch was dan door Wegener terzake van de mogelijkheid van snelle verschuiving van continenten over grote afstanden was verondersteld. Anderzijds wees het inknikken van die bodem langs randen van sommige continenten toch wel op enige vervormbaarheid en de mogelijkheid van een langzame (over)schuiving van korstsegmenten, zodat toch nog niet van een totaal stijve korstschil kon worden gesproken. Daarom hield Vening Meinesz aan het einde van het Interbellum zijn opties over de schaal van verschuivingen in ruimte en tijd nog even open.

Het Interbellum was voor Vening Meinesz een periode, die hij in 1956 beschreef als

“.....een gouden tijd in mijn leven, tijdens hetwelk ik wetenschappelijk materiaal kon verzamelen in een omvang, als zelden aan onderzoekers ten deel valt; op 844 stations werd de zwaartekracht bepaald. Door de bereidwilligheid der Koninklijke Marine het vaarprogramma aan de wetenschappelijke problemen aan te passen, was dit materiaal bovendien bij uitstek geschikt om die problemen aan te pakken. Aan vele kanten zijn daardoor resultaten van grote betekenis verkregen. Met grote dankbaarheid denk ik aan die hulp en medewerking terug, die commandanten, officieren en bemanningen mij steeds gaven bij de uitvoering der onderzoeken; ook aan de vriendschap, die ik daarbij persoonlijk ondervond.”⁷⁵

Terecht kreeg de Koninklijke Marine een grote plaats in die herinneringen. Want alleen door een efficiënte synergie tussen een armlastige Rijkscommissie, die haar bestaan met wetenschappelijk onderzoek op zee trachtte te rechtvaardigen en de Koninklijke Marine, die haar publieke imago trachtte op te vijzelen om verder beperkingen in haar budget te voorkomen, kon het door beide partijen gewenste resultaat gerealiseerd worden op een manier, die ieders bewondering afdwong. Een zichtbare bezegeling hiervan was wel de aanwezigheid van vice-admiraal Furstner, Bevelhebber der Zeestrijdkrachten en van vice-admiraal Vos, Chef Materieel op 2 november 1939 bij Vening Meinesz' oratie na zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in de geodesie aan de Technische Hoogeschool te Delft.

Gedurende het Interbellum was overheidsbemoeyenis met grensverleggend wetenschappelijk onderzoek eerder uitzondering dan regel. Maar door expedities als die van Vening Meinesz met de K XVIII en de daarop gebaseerde film - waarin onder de tonen van de Piet Hein Rapsodie de kracht van een vorig geslacht verbonden kon worden met staaltjes van hedendaags "Hollands" doorzettingsvermogen, technisch kunnen en wetenschappelijk vernuft - zou in de "crisistijd" het imago van de Nederlandse regering in binnen- en buitenland aanmerkelijk verbeterd en Vening Meinesz een zeer Bekende Nederlander worden.

⁷⁵ Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", 323.

Hoofdstuk 8 Tussen bezetters en onderduikers (1940 - 1945)

Voor Vening Meinesz, die de laatste jaren van het Interbellum goeddeels “buitengaats” had doorgebracht, vormden de bezettingsjaren een periode van afgedwongen rust. Maar wel een periode, waarin de omstandigheden er toe leidden, dat van hem kwaliteiten aan het licht konden komen, die anders misschien onderbelicht zouden zijn gebleven. Waar door de gewijzigde omstandigheden de aanwas van mariene zwaartekrachtgegevens stagneerde, kreeg Vening Meinesz de tijd om de bewerking ervan af te ronden en zich te verdiepen in het wezen en het verloop in verleden en heden van die processen, die volgens hem aan de bestudeerde waarnemingen en andere geofysische verschijnselen ten grondslag zouden kunnen liggen.

Want sinds Holmes mantelstromingsprocessen als verklarend mechanisme voor het “voortdrijven der continenten” had aangemerkt, was daarnaar nog nauwelijks onderzoek gedaan. Misschien wel, omdat Wegener’s hypothese van continentverschuiving in de loop der tijd in diskrediet was geraakt.

8a “Berg”-bewoner en natuurbeheerder

Nog lang na de afsluiting van zijn studie in Delft zou Vening Meinesz bij Amersfoort blijven wonen op landgoed “De Heiligenberg”, waar ook zijn broer Cornelis Anne en zijn moeder verbleven. Samen met die broer had Fik Vening Meinesz al vanaf zijn studententijd opgravingen gedaan in delen van dat landgoed, waar klaarblijkelijk al in de tiende eeuw een klooster was gevestigd. De resultaten van die opgravingen, aangevuld met archiefonderzoek over de latere geschiedenis van het huis werden door hem in 1965 gepubliceerd.¹ Overigens is er over die Cornelis Anne weinig bekend. Was hij misschien de “Heer Vening Meinesz uit Amersfoort”, die zijn automobiel op de Naarderweg te Laren wilde keren bij het naderen van de Gooische Tram? En - vervolgt *De Eembode* van 26 september 1913 - “terwijl de auto achteruit een tuin uitreed zag noch zichzelf aan het stuur noch zijn chauffeur die tram.... De auto werd totaal vernield, de tram liep aanzienlijke schade op en stond dwars op de rails...” Wel is bekend, dat Fik Vening Meinesz later veel fietste, zelf geen auto bestuurde, maar als “bijrijder” van een dienstauto gebruik maakte.

Zijn moeder Cornelia zou tot op hoge leeftijd veel activiteiten op sociaal en filantropisch gebied ontwikkelen, ter erkenning waarvan zij tot Ridder in de Orde van Oranje-Nassau werd benoemd. In Rotterdam was zij (mede)oprichtster van de Industrieschool voor Meisjes geweest. Ook had zij een hand gehad in de oprichting van de Nederlandse Vereniging ten behoeve van Zeelieden van elke Nationaliteit, waaruit de bouw van het hospitaal / kerk schip “De Hoop” voortkwam. Als landelijk presidente van de Algemene Nederlandse Vrouwen Vereniging “Arbeid Adelt” werd zij aan het begin van de Eerste Wereldoorlog door Koningin Wilhelmina betrokken bij de oprichting in 1915 van het “Comité voor Werkverschaffing”, dat middels de instelling van 68 sub-comité’s er in slaagde door betaalde huisarbeid enige verlichting te brengen in de door oorlogsomstandigheden teruggelopen werkgelegenheid voor

¹ F.A.Vening Meinesz, “De Heiligenberg”, in: *FleHITE* 1, 3 (Amersfoort 1965) 38 – 48.

vrouwen.² Na de opheffing van dat Comité bleef zij nog tot haar dood op 27 juni 1928 - daags na het overlijden van Cornelis Anne - fungeren als voorzitter van de afdeling Amsterdam van "Arbeid Adelt", memoreerde de *Nieuwe Rotterdamsche Courant*. "De Heiligenberg" werd na hun dood door de drie overgebleven kinderen verkocht aan de familie De Beaufort, die rond Amersfoort veel landerijen bezat.

In 1929 kon Vening Meinesz op de kruin van de Amersfoortse Berg het blijkbaar unieke perceel Potgieterlaan 5 kopen en toestemming van de gemeente Amersfoort krijgen voor de bouw van villa "De Bremberg". (Mogelijk is die naam - afgezien van een verwijzing naar de begroeiing ter plaatse - ook een verbastering van de plaatsnaam Bromberg (ten zuidwesten van Gdansk), waar grootvader Den Tex ooit een landgoed bezat.)³ Tot het midden van de twintigste eeuw was dit gebied weinig (of hoogstens met "brem") begroeid en was het uitzicht over de Leusderheide en de Gelderse Vallei adembenemend. Tegenwoordig belemmeren hoog opgeschoten dennen dat uitzicht. De verkoop en bouw vond indertijd dan ook niet zonder protest plaats. Henri Polak, lid van de Eerste Kamer, uitte op 12 juni 1931 in *De Eembode* zijn ongenoegen, dat ".....men een groot en breed huis had gebouwd, zoo gelegen dat het de helft van het vergezicht afsloot. Men deelde mij mede, dat het professor Vening Meinesz is, die aldaar gebouwd en dus tallozen een stuk vreugde en geluk ontnomen heeft....Men mag hem niets verwijten, Hij heeft gekocht, betaald en dus het recht verworven om zijn medemenschen te beroven van hetgeen allerbezit behoorde te wezen.... Maar wien men wel.... een zeer ernstig verwijt mag maken is het gemeentebestuur van Amersfoort.....", waarna woorden als "versjacheren" en "verkwanselen" van een ooit voor ieder toegankelijk uitzicht volgden. Maar misschien wist Vening Meinesz toen al deuren te openen, die voor anderen gesloten bleven. De eind 1930 begonnen bouw van het door de lokale architect M.J.Klijnstra (1881 - 1949) in een aan de "Amsterdamsche School" verwante stijl ontworpen landhuis werd in 1932 voltooid, waarna de villa door de bouwheer en metterwoon ook door zijn zuster Coba, weduwe van de in 1918 overleden jurist J.C.van Marle, betrokken werd.

De landgoederen "De Eelerberg" en "Schuijlenburg", die zich vanaf de Sallandse Heuvelrug tot over de rivier de Regge uitstrekten, bleven na 1928 buiten een boedelscheiding en in gezamenlijk bezit van de erfgenamen. Voorts blijkt uit zijn functie als Hoogheemraad van het Grootwaterschap Bijleveld en Meerndijk (1925) en een aanvraag voor de bouw van een schuur in Reijerscop (1937), dat (de familie?) Vening Meinesz ook nog grond beheerde ten zuiden van Harmelen.

"De Eelerberg" was - na een kleine verbouwing in 1913 onder toezicht van de in Baarn werkzame architect J.H.W.Leliman (1878 - 1921) - in opdracht van de moeder van Vening Meinesz in 1920 door dezelfde architect geheel gerestaureerd met toevoeging van "speelse veranda's" rondom. Maar de architect - een oprichter van "Heemschut" - en de opdrachtgeefster waren eensgezind om datgene van het interieur te behouden, dat van historische waarde was. Zodoende zou uiteindelijk ook het interieur een beschermd monument worden, ondermeer vanwege de "vele nagelvaste onderdelen met een duidelijke gebruiksfunctie". Daarbij moet dan vooral aan de negentiende eeuwse uitmontering van werkruimten zoals de keuken worden gedacht.⁴

² V.van de Loo, *Toekomst door traditie* (Zutphen 1996) 91 e.v.

³ Den Tex, *Erfgenamen*,132.

⁴ R.Stenvert e.a., *Monumenten in Nederland. Overijssel* (Zwolle 1998) 172 e.v.

Met medewerking van opvolgende rentmeesters zou Vening Meinesz, wiens oudere broer in 1941 zou overlijden, zich met het onderhoud en ontwikkeling van de gronden bezighouden. Vooral in de eerste decennia van de twintigste eeuw werd de bosbouw voortvarend ter hand genomen, waarbij Vening Meinesz een evenwicht trachtte te bereiken tussen economische en landschappelijke waarden. Naast beplanting met door hem uit vele hoeken der aarde meegebrachte exoten - onder anderen een laan met de nu hoogste Douglassparren (Oregon Pine) van de Heuvelrug - droeg hij volgens een informatieblad van Staatsbosbeheer zorg voor een "rijke begroeiing met zowel loof- als naaldhout met veel zogenaamde natuurlijke verjonging". Zo ontwikkelde hij daar ter plaatsing onder de Natuurschoonwet 1928 volgens het *Vaderland* van 28 januari 1932 "...een fraai oud dennenbosch, waarin door de hoge ligging fraaie uitzichten voorkomen. De bossen vormen met toestemming der eigenaaren de wandelplaats voor patiënten van sanatorium Hellendoorn. De "Schuilenburg", op de westoever van de Regge gelegen, bezit verspreid liggende houtopstanden tussen bouw- en weilanden, terwijl naar het Westen grotere aaneengesloten dennenbossen voorkomen.....Alleen voor een periode van maximaal drie maanden per jaar - als het huis bewoond is - wordt een klein deel rondom het huis van [openbare] wandeling uitgesloten...". De omstreeks 1920 in een soort van "Chalet"-stijl gebouwde rentmeesterswoning, gelegen op een beeldbepalende plaats aan het eind van een der zichtassen vanuit het huis "De Eelerberg" werd - evenals het huis zelf - in 1999 tot Rijksmonument, vallend onder Monumentenzorg, verklaard. Hoewel bouwen in "Chalet"-stijl niet ongewoon was in het begin van de twintigste eeuw - het was zelfs de "huisstijl" van het nabijgelegen Sanatorium - versterkte plaats (in een zichtlijn) en tijd van de bouw (na afloop van een langdurig ziekteverlof van Vening Meinesz) de bij professor Bruins op basis van herinneringen aan Vening Meinesz gevormde indruk, dat laatstgenoemde dat verlof deels in Zwitserland zou hebben doorgebracht om van een longaandoening te herstellen.⁵

Op de landgoederen zou Vening Meinesz zich actief met het beheer en de ontwikkeling van de houtopstand blijven bezighouden. Ondermeer door jaarlijks de aanwas te (doen) meten van de stamdoorsnede van geselecteerde bomen. (pers.comm. van Marle-van Riemsbergen) Over bomen was Vening Meinesz niet snel uitgepraat, getuige een anekdote van de eerder genoemde Heiskanen, die met Vening Meinesz een kort uitstapje dacht te maken "...to see the lauded fall colors of Ohio at their best....We made some short side trips over the hilly landscape by foot, and Vening Meinesz found so many different varieties of trees, leaves and caves, and had so much to tell about them...", dat het "uitstapje" geen zes maar tien uur duurde!⁶ Met name terzake van de geschiedenis van het goed "Schuilenburg" verrichtte Vening Meinesz in de loop der jaren uitgebreid archiefonderzoek vanwege zijn vermoeden, dat hier op een landtong langs de rivier de Regge ooit een kasteelcomplex zou hebben gestaan, waarvan de ter plaatse aanwezige hoeve met

⁵ G.J.Bruins, "Professor Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz: bij de herdenking van zijn 100ste geboortejaar", in: *Geodesia* (1987) 455.

⁶ W.A.Heiskanen, "Some personal glimpses of professor Vening Meinesz", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xxxii.

die naam een overblijfsel was. De resultaten van dat onderzoek werden in 1958 onder de titel "Het kasteel Schuilenburg bij Hellendoorn vroeger Ter Molen geheten" gepubliceerd.⁷

De Duitse inval in Nederland maakte aan dit onbezorgde bestaan ruw een einde. De strategische ligging van Amersfoort - aan de rand van de Gelderse Vallei een Stelling van de Grebbelinie - dwong in de eerste oorlogsdagen tot evacuatie van de gehele bevolking, waarna artilleriebeschietingen vanaf de "Berg" begonnen.⁸

Na de capitulatie kon de bevolking al snel weer terugkeren, bleek ook "De Bremberg" onbeschadigd en leek het leven in Amersfoort haar dagelijkse gang weer te kunnen hernemen. Zo berichtte het *Amersfoortsch Dagblad* van 20 mei 1940, dat Vening Meinesz met onder anderen Professor Dr.J.van Dam (1896 - 1979) tot gecommitteerde bij het in juni af te nemen eindexamen van het RK Lyceum voor Meisjes in Amersfoort was benoemd. Maar toch werden begin juni 1940 al de eerste ontslagen van joden afgedwongen en werden anderen, die – zoals de eerder genoemde Utrechtse hoogleraar Schmutzer - voor de oorlog de joodse zaak waren toededaan, gearresteerd.

Na de wapenstilstand met Frankrijk nam het aantal in Amersfoort gelegerde Duitse troepen aanzienlijk toe vanwege haar strategische ligging en de aanwezigheid van verscheidene kazernes. Op een van die kazernes had "De Bremberg" een direct uitzicht. Het in 1939 ten behoeve van de legering van Nederlandse eenheden als "Boskamp" aan de rand van de Leusderheide opgerichte kampement zou in de loop van 1941 tot het beruchte "Polizeiliches Durchgangslager Amersfoort" (PDA) worden omgebouwd. En toen door een stunt van het verzet de gehele Leusderheide zwart was afgebrand met het doel de daar opgeslagen voorraad vliegtuigbommen te vernietigen, was van het mooie uitzicht van "De Bremberg" maar weinig meer over. Dat had er de bezetter niet van weerhouden om in de loop van 1940 vele, bij voorkeur grote villa's in het Bergkwartier ten behoeve van de huisvesting van militaire instanties en personeel te vorderen. Ook "De Bremberg" ontkwam hieraan niet. Maar terwijl het voorste gedeelte van de villa door Duitse officieren werd bezet, wist Vening Meinesz het achterste deel met een achteringang voor eigen gebruik te behouden: "De achterdeur was mijn entree en daar waakte ik geducht over".⁹

In de loop van 1941 nam de geleidelijke gelijkschakeling van de lokale overheid in Amersfoort een aanvang en begon het net zich rond de joden nauwer te sluiten. Deportatie van laatstgenoemden nam in 1942 een aanvang. Het oprollen van de Landelijke Ordedienst - die met relatief veel leden onder de oud-militairen in Amersfoort sterk vertegenwoordigd was -, hun "berechting" in 1941 in het plaatselijke Berghotel en de executie van hun voormannen in 1942, lieten niet na op de gemeenschap diepe indruk te maken. Een van de gefusilleerden was een Delftse collega en geestverwant van Vening Meinesz. Dr.J.A.A.Mekel (1891 - 1942), hoogleraar in de historische geologie, was in 1928 in Delft gepromoveerd op een, in

⁷ F.A.Vening Meinesz, "Het kasteel Schuilenburg bij Hellendoorn, vroeger Ter Molen geheten" in: *Verlagen en Mededelingen van de Vereniging tot Beoefening van Overijsselsch Regt en Geschiedenis*, 73 (1958) 123 – 160.

⁸ J.L.Bloemhof, *Amersfoort '40 – '45* (Amersfoort 1990) 31.

⁹ G.J.Bruins, "Professor Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz: bij de herdenking van zijn 100ste geboortejaar", 456.

de Achterhoek uitgevoerd, tectonisch-gravimetrisch onderzoek¹⁰ en had in 1929 zijn ambt aanvaard met een inaugurele rede getiteld “Dikte en Samenstelling van de Aardkorst”.

Amersfoort had vooralsnog nauwelijks oorlogsschade opgelopen, tenzij veroorzaakt door het neerstorten van een enkel vliegtuig. Maar de bombardementen op het nabijgelegen vliegveld van Soesterberg zouden vanaf 1943 daarin verandering brengen. Ook het strategisch gelegen spoorwegemplacement van Amersfoort werd door de luchtmacht niet ontzien. De resulterende vernielingen bemoeilijkten het treinverkeer van en naar het westen, zodat Vening Meinesz in de loop van 1943 niet meer naar Delft zou “sporen”, al was vernieling toen niet de enige reden. Utrecht was toen trouwens voor hem vaak ook alleen per bus bereikbaar. Met de spoorwegstaking van 1944 kwam aan het reizen per spoor al helemaal een einde. Na de capitulatie duurde het nog tot 8 mei 1945 voor Canadese militairen in Amersfoort het heft in handen namen, ontwapening van de bezetter kon beginnen en de weg naar herstel kon worden ingeslagen.

8b Commissies en Genootschappen

Door de bezetter zou vooralsnog niet getornd worden aan de activiteiten van de Rijkscommissie voor Geodesie, waarvan Vening Meinesz sinds 1937 de voorzitter was. Die activiteiten betroffen voornamelijk het rijksdriehoeksmetingsnetwerk en de waterpassing, ondermeer om een oog te houden op de bodembeweging van Nederland.

Maar de secretaris van die Commissie, de eerder genoemde hoogleraar Schermerhorn, zou hem in die functie niet erg lang meer bijstaan. Sinds de oprichting in 1935 had Schermerhorn tezamen met Professor P.C.A.Geyl (1887 - 1966) de leiding gehad van het genootschap “Eenheid door Democratie”, indertijd met zo’n 30 000 leden de grootste antifascistische organisatie in Nederland. Tevens werd hij al voor mei 1940 beschouwd als “schaduw Rector Magnificus” in Delft, waar de feitelijke Rector Magnificus, de hoogleraar Veraart, een proces wegens belediging van Hitler boven het hoofd hing. In die rol ontwikkelde Schermerhorn zich - speciaal na de wilde studentenstaking van 23 november 1940 - tot adviseur en toeverlaat van de studentenvertegenwoordiging in hun relatie tot het bestuur van de Hogeschool.¹¹ Ook zijn pogingen om de Topografische Dienst te beschermen tegen Duitse inmenging maakte hem niet erg geliefd bij de bezetter. In mei 1942 werd hij als gijzelaar dan ook opgesloten in Sint-Michielsgestel, van waaruit hij pas eind december 1943 - zonder opgaaf van redenen - werd vrijgelaten. Ontslagen als hoogleraar zou hij als onderduiker tot aan het eind van de oorlog in verschillende illegale organisaties actief blijven.¹² In de Rijkscommissie zou het secretariaat door J.M.Tienstra (1895 - 1951), hoogleraar landmeten in Delft, tijdelijk en - na Schermerhorn’s eervol ontslag - in 1946 definitief worden bezet. De Commissie zou vanaf 1942 tot het eind van de bezetting rapporteren aan de directeur-generaal van het departement van Opvoeding,

¹⁰ J.A.A.Mekel, *Theorie van het tectonisch-gravimetrisch onderzoek* (Delft 1928).

¹¹ H.Baudet, *De lange weg naar de Technische Universiteit Delft. De Delftsche Ingenieurschool en haar voorgeschiedenis* (2 dln; Den Haag 1992) 65, 299.

¹² W.Drees e.a. (red.), *Prof.Dr.Ir.W.Schermerhorn. Minister-President van herrijzend Nederland* (Naarden 1977) 278 e.v.

Kultuurbescherming en Wetenschap, de professor van Dam, die Vening Meinesz als medegecommitteerde al in 1940 had ontmoet en met wie hij ook in andere hoedanigheden nog wel eens de degen zou kruisen.

Door de omstandigheden moest aan het zwaartekrachtonderzoek ter zee wel een einde komen. “In de bezettingsjaren leefde bij de medewerkers [van het K.N.M.I.] een aandoenlijke bezorgdheid voor de vermaarde slingerapparatuur, welke onder de hoede van enkele getrouwen verhuisde van woning tot woning om deze aan het oog van de vijand te onttrekken. Aan hen danken we de ongeschonden staat, waarin het aan de duistere greep van de bezetter ontglipte”. Maar van de diensten van enkele door de oorlogsomstandigheden niet altijd drukbezette leden van de staf van het K.N.M.I. maakte Vening Meinesz - sinds 1937 lid van het Curatorium van deze instelling - dankbaar gebruik voor het verrichten van aan zijn zwaartekracht-onderzoek gerelateerd rekenwerk.¹³

Het sinds enkele jaren bij tijd en wijle en op semi-regionale schaal met een in een auto ingebouwde Holweck – LeJay gravimeter uitgevoerd zwaartekrachtsonderzoek rond het IJsselmeer, kon nu worden geïntensiveerd en uitgebreid dankzij samenwerking tussen Utrechtse en uit Leiden overgekomen studenten onder leiding van L.U.de Sitter en de Bataafsche Petroleum Maatschappij. Want het door Vening Meinesz ooit ingemeten landelijk netwerk van 51 punten was veel te wijdmazig gebleken voor een evaluatie van de geologische configuratie van de ondergrond des lands ten dienste van een eventuele exploratie naar het voorkomen van olie of steenkool. Daartoe was een netwerk van meetpunten op onderlinge afstand van minder dan zes kilometer nodig. De BPM stelde daartoe toen kosteloos een Thyssen statische gravimeter ter beschikking, die de Commissie in staat stelde ook in veengebieden gedetailleerd zwaartekrachtsonderzoek te doen, “daar zijzelf niet over een toestel.....beschikt, waarmede in slappe terreinen van het westen des lands goede waarnemingen kunnen worden verricht”.¹⁴ Hoewel Vening Meinesz ooit tot het ontwerpen van zijn slingerapparaat was aangezet om verstoringen in de zwaartekrachtmeting veroorzaakt door dat soort terrein te elimineren, bleek het toestel in definitieve vorm dus wel te log om op slappe bodem te worden gebruikt! Toen “den Dienst weinig of geen benzine toegewezen werd, zoodat het transport op allerlei primitieve en tijdroovende manieren moest plaatsvinden” werd door de Commissie een bakfiets aangeschaft met een voor de Thyssen gravimeter geconstrueerde transportophanging: een mobiel systeem, waarmee studenten in staat waren binnen de landsgrenzen (geofysisch) veldwerk te verrichten, zoals dat over de grenzen - gegeven de situatie - voor hen niet meer mogelijk was.¹⁵ Als een van die studenten kon Robbert de Vletter (1916 - 2008) nog tot in de zomermaanden tot 1944 vooral ten zuiden van de grote rivieren werkzaam blijven, waar hij in de loop van de tijd slechts onder een gefingeerde naam en beroepsaanduiding zijn werk kon blijven doen en wegens transportproblemen vaak dagenlang bij boeren moest bivakkeren. (pers.comm. De Vletter) Van het onderzoeksgebied werd de Peelhorst en omgeving onder toezicht van de Rijkscommissie, en Zuid-Limburg onder toezicht van de Geofysische Dienst van de Staatsmijnen bewerkt. Aan laatstgenoemde dienst zou

¹³ RCG 1942, 3 e.v.

¹⁴ RCG 1940, 7.

¹⁵ RCG 1943, 2.

De Sitter in 1949 een integraal eindverslag van het onderzoek uitbrengen.¹⁶ Vanwege de gevoeligheid van de Thyssen gravimeters voor temperatuurswisselingen moesten metingen snel worden herhaald om tot betrouwbare resultaten te komen. Bovendien kostte vereffening en sluiting in de knooppunten van het netwerk nog eens veel extra tijd door de heersende transportrestricties. Toch leek de nauwkeurigheidsmarge der metingen binnen de twee milligal te liggen.¹⁷ Maar tijdens de snelle opmars van de geallieerden in Zuid Nederland ging uiteindelijk het hele instrumentarium verloren en kwam het werk stil te liggen. Tot eind 1943 waren op 240 punten metingen gedaan, waarvan de berekeningen en vereffeningen onder leiding van Dr. Nieuwenkamp in Utrecht waren afgemaakt.¹⁸

Hoewel Vening Meinesz' officiële termijn van zes jaar als voorzitter van de Internationale Associatie voor Geodesie in 1939 was afgelopen, werd tijdens de vergadering in september van dat jaar te Washington besloten om wegens de omstandigheden geen verkiezingen te houden en Vening Meinesz' voorzitterschap tot de volgende bijeenkomst te continueren. Uiteindelijk bleek een volgende vergadering pas in december 1945 in Oxford te kunnen plaatsvinden en werd Vening Meinesz door de Amerikaan W.D.Lambert (1879 - 1968) opgevolgd. Gedurende de bezetting bleken bestuursleden als Vening Meinesz in Nederland en Lambert in de Verenigde Staten voldoende met elkaar en met generaal Perrier, de secretaris-generaal van de Associatie, die in Parijs bureau hield, te kunnen corresponderen ten behoeve van het onderhouden van de activiteiten van de Associatie. Vanuit Parijs kon zodoende tot D-Day bij tijd en wijle het in de Franse taal gestelde *Bulletin Géodésique* nog verspreid worden met wetenschappelijke bijdragen van onder meer de voorzitter zelf.¹⁹

Begin 1940 had Vening Meinesz niet zonder bedenkingen het voorzitterschap van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap (K.N.A.G.), waarvan hij sinds 1933 erelid was, geaccepteerd. Het initiatief voor de oprichting van dit Genootschap in 1873 stelde op de gedachte, dat "de aardrijkskunde een bij uitnemendheid praktische wetenschap [was, die] vooral bij een handeldrijvend volk, dat steeds nieuwe middelen en wegen voor winstgevende betrekkingen zoekt, algemeene belangstelling moet vinden"; Handel volgt Wetenschap.²⁰ Het Genootschap - waar kooplieden, koloniale bestuurders en officieren hun stempel op hadden gedrukt - was lang de enige door de regering gesubsidieerde publieke wetenschapsorganisatie. Zijn

¹⁶ L.U.de Sitter e.a., *Eindverslag van het geofysisch onderzoek in Z.O.Nederland door de Geologische Dienst der Staatsmijnen* (Maastricht 1949).

¹⁷ A. van Weelden, "History of gravity observations in the Netherlands" in: A. van Weelden (red.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Deel XVIII van de Geologische Serie van de *Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 307.

¹⁸ *RCG 1944 – 1946*, 6 e.v.

¹⁹ P.Tardi, "Le Professeur F.A.Vening Meinesz. President de l'A.I.G.(1933 – 1945)", in: A.van Weelden (red.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de *Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xlii.

²⁰ A. Wentholt, (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen / Utrecht 2004) 16 e.v.

leden hadden tijd, geld, contacten en, door hun vroege pensionering, ook nog ambitie en energie. Maar zij waren in de ogen van professionele geografen - ook - hobbyisten.

Tot het einde van het Interbellum was de organisatie van expedities een van de speerpunten van het K.N.A.G. tot verwezenlijking van zijn doelstellingen. De laatste van die expedities - onder de leiding van de temperamentvolle C.C.F.M. Le Roux (1885 - 1947) naar Nieuw Guinea - was bij Vening Meinesz' aantreden in 1940 juist beëindigd, maar de uitwerking van de gegevens en de publicatie ervan in boekvorm zouden hem gedurende zijn voorzitterschap nog vele hoofdbreken kosten.²¹ Voorts publiceerde het K.N.A.G. een *Tijdschrift*, verzorgd door de Redactie-commissie, waarvan destijds de Utrechtse hoogleraar L.M.R. Rutten (1884 - 1946) voorzitter was.

Hoewel politieke gezindheid tot de bezetting nauwelijks een rol had gespeeld in de gelederen van het Genootschap, veranderde dat, toen secretaris E.J. Voute - door de bezetter daags na de Februaristaking in 1941 tot burgemeester van Amsterdam aangesteld - zijn politieke stempel op het (K.)N.A.G. - het predikaat "Koninklijk" zou in 1941 moeten verdwijnen - wilde drukken. Nochtans kon ook hij niet verhoeden, dat begin 1942 de SD alle boeken en kaarten van Rusland in bezit van het Genootschap in beslag nam. Door een vanwege de bezetter tezelfdertijd uitgevaardigde herordering van niet-commerciële verenigingen en stichtingen werd een oplossing in bovenstaand gezindheidsverschil geforceerd, waarbij Voute - afgetreden als secretaris - tot "gemachtigde van den Commissaris voor niet-commerciële Vereenigingen en Stichtingen voor het Genootschap" werd aangesteld en kon althans het *Tijdschrift* "in onveranderden geest worden verzorgd en uitgegeven". Zo kon het *Tijdschrift* gedurende de gehele bezetting als bindend element voor de leden van het Genootschap blijven fungeren onder het traditionele "Plancius"-vignet, waarin "Koninklijk" rustig was blijven staan. Lezingen waren niet langer toegestaan. Trouwens, het oorlogsgeweld bemoeilijkte ook in toenemende mate het bijwonen van bestuurs- of leden-vergaderingen, waarvan gedurende de bezetting de laatste in december 1944 plaatsvond "maar de voorzitter kan Amsterdam niet bereiken...." Nadat Vening Meinesz op 22 november 1945 tijdens de eerste ledenvergadering na de bevrijding verslag had uitgebracht over het onder zijn verantwoordelijkheid gevoerde beleid, verwoordde een der leden het algemeen sentiment, dat "degenen, die aanbleven den goeden weg bewandeld hebben. Zij hebben de buien afgewacht, de reis aangedurfd en daarmee het Genootschap door groote moeilijkheden heen, zonder schade in de veilige haven gebracht".²² Na Vening Meinesz' aftreden zou de metamorfose van de K.N.A.G. van geleerd gezelschap tot een organisatie, waarin professionele geografen de hoofdrol speelden, nog lang duren, maar tenslotte in 1967 haar beslag krijgen.

²¹ Wentholt, *In kaart gebracht met kapmes en kompas*, 103.

²² (Anon.), "De jaren 1940 tot 1945", in: *Geografisch Tijdschrift* VIII (1974) 296 – 300.

8c De Universiteit

Onder Professoren

In 1927 was Vening Meinesz benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de Geodesie en Kartografie aan het Geografisch Instituut te Utrecht als opvolger van Prof.Dr. J.J.A.Muller, toentertijd voorzitter van de Rijkscommissie. De leerstoel Geodesie en Kartografie behoorde tot de opleiding Fysische Geografie, onderdeel van de “Verenigde Faculteiten”, waarin de faculteiten der Wis- en Natuurkunde en der Letteren samenwerkten bij het aanstellingsbeleid. Vening Meinesz was een der representanten van de faculteit der Wis- en Natuurkunde. In respons op een groeiende vraag vanuit de mijnbouwindustrie verzocht in 1936 de al genoemde hoogleraar Rutten - voor wie de praktische inzetbaarheid van zijn studenten even belangrijk was als hun wetenschappelijke kwalificaties - Vening Meinesz om voor geologen de colleges geofysica te initiëren, die in de loop der tijd een vast onderdeel van het geologisch curriculum zouden gaan vormen. In 1939 volgde Vening Meinesz' benoeming tot buitengewoon hoogleraar in de Geodesie aan de afdeling Waterbouwkunde van de Technische Hoogeschool te Delft, waar hij ooit de eerste schreden op het pad naar (toegepast) onderzoek had gezet.

In Utrecht kon de cursus 1939 - 1940 na de verwickelingen van de meidagen nog zonder verdere interventies worden afgesloten en leek aan de Universiteit de normale gang van zaken zich te hernemen. Daarin bracht de internering op 13 juli 1940 van enige hoogleraren, waaronder Dr.J.I.J.M.Schmutzer (1882 - 1946) - als hoogleraar in de petrologie en aanverwante vakken in Utrecht een naaste collega van Vening Meinesz op het Geologisch Instituut –, geen verandering: zijn arrestatie was toch het gevolg van door hem voor de oorlog verleende hulp aan vluchtelingen uit Duitsland....? Nog onbewust van dreigender onheil was – naar *Het Vaderland* pas op 14 november 1940 meldde - onder voorzitterschap van Vening Meinesz eind juli opgericht de “Werkgemeenschap voor Wetenschap” met het doel wetenschappelijk onderzoek tijdens de bezetting te coördineren, de resultaten van wetenschappelijk onderzoek te populariseren en de aanschaf van buitenlandse tijdschriften te vergemakkelijken. Pas na de rectoraatsoverdracht aan de chemicus H.R.Kruyt (1882 - 1959) in september 1940 werden de eerste anti-joodse maatregelen uitgevaardigd. Maar waar het door de bezetter aangezegde ontslag van joodse hoogleraren bij de Universiteit van Leiden en aan de Technische Hoogeschool te Delft tot heftige reacties en sluiting van die instellingen leidde, waren het in Utrecht behalve de studentenorganisaties alleen de hoogleraren V.J.Koningsberger (1895 - 1965), zoon van de eerder genoemde minister, en M.Minnaert (1893 - 1970), die onmiddellijk een gepassioneerd protest lieten horen. (Minnaert werd uiteindelijk op 4 mei 1942 en Koningsberger op 13 juli daaropvolgend in gijzeling genomen.) De echo's van die protesten bleven echter niet lang hangen en werden niet door verdere acties gevolgd. Het invloedrijkste deel van de Utrechtse universitaire gemeenschap verwachtte toen nog meer van intellectueel verzet van de denkende mens tegen dom en redeloos geweld. Van bestuurszijde werden echter zelden de veelal onduidelijke instructies van hogerhand ten faveure van de erdoor getroffen en geïnterpreteerd. Terwijl de “universitaire vrijheden” door de bezetter steeds verder werden beknot, bleef het Rectoraat na afloop van Kruyt's termijn onbezet, totdat tegen het eind van 1941 L. van Vuuren (1873 - 1951), hoogleraar Sociale Geografie, als zodanig

"wederrechtelijk" door de overheid werd aangesteld. Hij zou die functie tot het eind van de bezetting uitoefenen, ervan onbewust, dat nog door Kruyt "Dubbel Zeven" in het leven was geroepen: een groep van telkens twee uit elk der faculteiten gerekruteerde anti-Duitse hoogleraren, die - in de hoop verdere uitholling van het Hoger Onderwijs te voorkomen - aan Van Vuuren's eigengereide beleid tegenspel zou moeten bieden binnen de Academische Senaat. Voor de faculteit van Wis- en Natuurkunde waren Rutten en Koningsberger de afgevaardigden, totdat door de internering van laatstgenoemde in 1942 Vening Meinesz in diens plaats trad.²³ (In het dagelijks leven waren Van Vuuren en Vening Meinesz - beiden werkzaam in hetzelfde Instituutsgebouw aan de Drift - geen vreemden voor elkaar...)

Vening Meinesz meest bekende optreden was terzake van de op 6 februari 1943 bij overvallen op universiteitsgebouwen gevangen genomen studenten en de op 10 maart aangekondigde "loyaliteitsverklaring" onder bedreiging met gedwongen tewerkstelling. Tegen het tekenen van die verklaring bestond niet alleen binnen de Senaat grote oppositie; Vening Meinesz had toen al het woord "onaanvaardbaar" geuit. "Beseffend hoe sterk die oppositie zou zijn, had Van Vuuren [voorafgaand aan de Senaatsvergadering van 22 maart 1943 de secretaris - generaal van het Departement van Wetenschap] Van Dam uitgenodigd..... om - voor de Senaatsvergadering officieel begon - zijn beleid toe te lichten en op adhesie aan te dringen." Na het vertrek van Van Dam betuigde Van Vuuren gedurende de vergadering zijn steun aan de loyaliteitsverklaring, maar daarna werd nog door vele opposanten het woord gevoerd, zodat aan het slot van de zitting de door Vening Meinesz en anderen ingediende motie, waarin aangedrongen werd op volledige intrekking van de loyaliteitsverklaring, zonder meer werd aangenomen. Bij weigering van het in die motie gestelde werd inwilliging van een aantal minder verstrekkende voorwaarden geëist, alsmede de vrijlating van de zich nog in gevangenschap bevindende studenten, voordat van hervatting van de colleges sprake kon zijn.²⁴ Gedurende de erop volgende maanden hielden de partijen voet bij stuk, zodat aan het eind van 1943 het hoger onderwijs in Utrecht nog slechts op papier bestond. En dat was in andere centra van hoger onderwijs nauwelijks anders. Overigens had studeren vanaf begin februari 1943 al geen zin meer, want vanwege de razzia's op studenten waren er al wekenlang haast geen colleges of practica meer. In Delft staakte in begin 1943 een tiental (van veertig) hoogleraren - en de sectie Landmeetkunde in zijn geheel - het onderwijs.²⁵

Vening Meinesz zou noch in Delft, noch in Utrecht na juni 1943 colleges geven of senaatszittingen bijwonen. Sindsdien zouden vertegenwoordigers van "Dubbel Zeven" plannen voor de toekomstige organisatie, de civitas academica en het curriculum van hoger onderwijs te Utrecht bespreken met een groep van ondergedoken studenten, die vanaf oktober 1943 voor het verschijnen van het illegale studentenblad *Sol Iustitiae* verantwoordelijk waren. Die besprekingen vonden om redenen van veiligheid te Amersfoort plaats, ten huize van Vening Meinesz.²⁶

²³ H.Jamin, *Kennis als opdracht. De Universiteit Utrecht 1636 – 2001* (Utrecht 2001) 179 e.v.

²⁴ L. de Jong, *Het Koninkrijk der Nederlanden in de Tweede Wereldoorlog VI tweede helft* (Den Haag 1975) 715 e.v.

²⁵ Baudet, *De lange weg*, 316.

²⁶ F.A.Vening Meinesz en V.J.Koningsberger, "Memorandum", in: H.Wagenvoort (red.) *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Utrecht 1952 – 1953* (Utrecht 1953) 147 e.v.

Onder Studenten

Sinds zijn benoeming in 1927 had Vening Meinesz in Utrecht eens per week aan het Geografisch Instituut een uur college gegeven in de Kartografie. Terwijl zijn studenten onder "Kartografie" toch eerder verstonden "het op de kaart tot uiting brengen van wat gedacht werd", werd "Kartografie" door Vening Meinesz opgevat als alles, wat met kaartprojecties samenhang; m.a.w. hoe de realiteit op het plattevlak kon worden geprojecteerd.²⁷ Voor wie HBS-B wiskunde had verwerkt was dat college minder problematisch dan voor wie dat niet had. Voor laatstgenoemden had Vening Meinesz met medewerking van de hoogleraar Tienstra de collegestof gebundeld in het later nog herdrukte *Kort Overzicht der Kartografie* (Groningen, 1941). Ook voor Delftenaren was sinds Vening Meinesz' aantreden in 1938 een nieuwe wereld opengedaan: "Ik herinner mij, dat Vening Meinesz in de eerste collegeperiode in Delft...omstreeks 1938.... het idee [van loodrechte projectie van punten van het ene ruimtelijke oppervlak naar het andere] lanceerde. Voor ons studenten was dat ook een schok, want wij hadden geleerd in het platte vlak en op het bijna platte vlak van een referentie-ellipsoïde te rekenen, en nu werden wij plotseling geconfronteerd met een ruimtelijke manier van denken...".²⁸

De behandeling van de geofysische materie gedurende de op initiatief van de geoloog Rutten in Utrecht door Vening Meinesz gegeven hoorcolleges voor geologie-studenten muntte uit door de duidelijkheid, waarmee een en ander werd uitgelegd en door de toegankelijkheid en het enthousiasme van de docent, zo herinnerde Robbert de Vletter zich in september 2004. Een enthousiasme, dat trouwens het hele scala der aardwetenschappen betrof. Zijn achterneef, de latere hoogleraar in de petrologie E. den Tex prees zich gelukkig, dat Vening Meinesz "mij hielp mijn vader te overtuigen van het nut van een studie in de geologie".²⁹

Ondanks de soms voor hen moeilijk te verwerken stof zagen geografie-studenten als Gerard Hoekveld (1934 - 2011) niet op tegen Vening Meinesz' mondelinge tentaminatie, die vaak te zijnen huize in Amersfoort plaatsvond. "Als je aanbelde, werd je opengedaan door de huishoudster. En het tentamen zelf..... Vening Meinesz wilde graag, dat je slaagde. Je kreeg een atlas voorgelegd en dan moest je van de daarin opgenomen kaarten zeggen welke projectie was gebruikt. Maar dat stond in de kleine lettertjes onder de kaart. Daar moest je je hand opleggen, maar iedereen las eerst stiekem even de tekst. Vening Meinesz had dat wel door, maar vond het niet erg."³⁰ Het verhaal gaat, dat zijn judicium minstens "uitstekend" was, wanneer de student blijk gaf het collegedictaat te hebben gezien en "uitmuntend" kon zijn als de student het dictaat nog bestudeerd had ook.³¹

Hoewel Vening Meinesz slechts een "part-time" docent was, leefde hij wel degelijk mee met wat zich afspeelde op het Geografisch Instituut, waar een door het

²⁷ B. de Pater, *Een tempel der kaarten* (Utrecht 1999) 106 e.v.

²⁸ W. Baarda, "Geodetische aspecten van het werk van Vening Meinesz", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A. Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 5.

²⁹ E. den Tex, "Dankwoord", in: *Geologie en Mijnbouw* 68 (1989) 154.

³⁰ De Pater, *Tempel*, 107.

³¹ J. Veldkamp, "De betekenis van Felix Andries Vening Meinesz voor geodesie en geofysica", in: *Zenit* 14 2 (1986) 58.

Comité “Onze Marine” aangeboden en in 1938 onthulde gedenkplaat aan zijn duikbootreizen herinnerde. Medeleven ervoer een joodse abituriënte, die mede op aandringen van de wetenschappelijke staf in 1939 onder de Duitse dreiging naar Nederlands-Indië vluchtte. “Op het station van Utrecht stapte ze in de trein, die haar naar de boot zou brengen, uitgewuifd door.....professor Vening Meinesz.”³² Gedurende (maar ook na) de bezetting zou hij een nauwe band met zijn studenten blijven onderhouden. In 1942 liet de 17-jarige Herman Verstappen zich inschrijven voor de cursus geografie. “Er zijn dan maar twee studenten fysieke geografie aangekomen, die van Vening Meinesz college kartografie krijgen: je kunt je dan ook van die colleges niet “drukken”. Maar op straat neemt Vening Meinesz zelfs voor deze [pas-aangekomen] student wel zijn hoed af!..... Eens was er een avondlezing in het Botanisch Laboratorium aan de Lange Nieuwstraat, waar Vening Meinesz over zijn zwaartekrachtmetingen met de duikboten K XIII en K XVIII sprak; nogal emotioneel, waardoor het geheel een anti-Duitse lading kreeg. Aan het eind gekomen, kreeg Vening Meinesz een staande ovatie; hij was erg geëmotioneerd en pinkte bij het verlaten van de zaal nog een traantje weg”.³³ Ook de student Cor Koeman (1918 - 2006) - de latere opvolger van Vening Meinesz in Utrecht - nam uit Delft soortgelijke impressies mee: “Ontmoetingen met Vening Meinesz riepen de omgangssfeer van de negentiende-eeuwse aristocratie op. Hoffelijk en correct, altijd gekleed in een zwart, driedelig kostuum, royaal handenschuddend bewoog hij zich onder de studenten”.³⁴

Het studentenleven lag - na de opheffing van alle algemene studentenverenigingen - in 1942 dan wel stil, maar de geografische faculteitsvereniging V.U.G.S. slaagde erin om met Wim Eggink (1920 - 1945) als voorzitter toch nog uitbundig lustrum te vieren. Dat gebeurde o.a. met de organisatie van een tentoonstelling over ‘de ontwikkeling van de wereldkaart’. “Veel van de tentoongestelde kaarten waren afkomstig van professor Vening Meinesz.....Hij zei tegen ons “je mag bij mij thuis in Amersfoort alle kaarten van de muur halen die je maar gebruiken kan, mijn huishoudster weet ervan.” Eggink, die als hoofdvakstudent sociale geografie op goede voet stond met Van Vuuren, de opgedrongen Rector Magnificus, speelde toen al een dubbelrol. Er is verondersteld, dat hij met anderen ten huize van Vening Meinesz verzetsvergaderingen - “K18 bijeenkomsten” - belegde.³⁵ Daar poogde Vening Meinesz waarschijnlijk op dezelfde wijze vertegenwoordigers van de studenten aan te sturen als in Delft gebeurde, waar studenten zich tegen voorstellen van het Hogeschoolbestuur keerden “met in het diepste geheim de raad en steun van Schermerhorn op de achtergrond”.³⁶ In ieder geval stond Eggink met de Leidse student Han Gelder, die hij had leren kennen op een litteraire avond, georganiseerd door de aan de Tolsteegsingel woonachtige hispanist Dr. Johan Brouwer, zomer 1943 aan de wieg van het illegale blad *Ons Volk*. Ook werd hij vanaf oktober 1943 de uitgever van de Utrechtse *Sol Iustitiae*. Eggink

³² De Pater, *Tempel*, 76.

³³ H.Verstappen, *Zwerftocht door een wereld in beweging* (Assen 2006) 5.

³⁴ De Pater, *Tempel*, 119 noot 32.

³⁵ Ibidem, 81 passim.

³⁶ Baudet, *De lange weg*, 91.

viel op 21 januari 1944 in Duitse handen en werd na een veroordeling naar een tuchthuis in Duitsland overgebracht, waar hij begin april 1945 overleed.³⁷

Niet alleen Vening Meinesz' onverdachte, want door Duitse officieren (deels) gevorderde huis in Amersfoort, maar ook het achteraf gelegen huis "De Eelerberg" heeft een rol gespeeld in het verzetswerk van een van zijn studenten. In dit geval was het de achttienjarige Ankie Stork, die in 1942 als studente sociale geografie kennis met Vening Meinesz in Utrecht maakte en wier vader directeur van de – nabij "De Eelerberg" gevestigde - Nederlandsche Stoom Bleekerij te Nijverdal was. Gemotiveerd door de beperkingen aan Alice Heksch - haar Joodse pianolerares - opgelegd, raakte Ankie al spoedig betrokken bij het verzet. In Utrecht vormde het Utrechts Kinder Comité, dat zich bezig hield met de plaatsing van Joodse kinderen in onderduikgezinnen, een van de kernen van dat verzet. Met een groeiend aantal in Amsterdam, in afwachting van transport naar Westerbork gedetineerde Joden, nam ook het aantal van daar aan Duits toezicht onttrokken Joodse kinderen toe. Deze konden dan wel - in het bijzonder na de stakingen van april / mei 1943 - in boeregezinnen op het platteland worden opgenomen, maar niet zo snel en in zulke grote groepen. Als "tussenstation" werd daarom van vakantiehuizen gebruik gemaakt. Bij een dreigende overval op een zo'n huis - "Het Weeversnest" nabij Ommen - moest snel een wijkplaats in de buurt worden gevonden. Ankie Stork vond die bij haar Utrechtse hoogleraar Vening Meinesz op "De Eelerberg": "Ik heb de zaak uitgelegd. En ik heb gevraagd of wij dat huis konden krijgen voor die kinderen uit "Het Weeversnest". Want die moesten weg... Het werd daar levensgevaarlijk. Dat was niet direct "ja". En toen zijn we er nog een keer geweest en toen was het "ja". En toen zijn die kinderen vervoerd per wagen... Daar waren de Lemelaren dan niet te beroerd in, die deden dat zonder meer, 't rijden naar die Eelerberg". Een van die kinderen, Lion Bakker, herinnerde zich die verhuizing: ".....We namen onze evacuatiekoffertjes; de inhoud daarvan was het enige dat wij van onze eigendommen konden redden, en vertrokken per fiets naar onze vrienden met de Joodse kinderen op de Eelerberg in Hellendoorn. Hier genoten wij met goetvinden van de familie, die bewoonster was van dit grote huis, echtgenote [?] van Professor Vening Meinesz, een paar dagen gastvrijheid, in afwachting van een nieuw tehuis, dat voor ons gezocht werd. Ook in dit afgelegen huis maakten we enige spannende uren mede. Van bevriende zijde werd de leidster gewaarschuwd, dat de Grüne Polizei in een auto naar ons tijdelijk verblijf onderweg was. Op dit alarm gingen we allen - kinderen, leidster en wij - diep de bossen in en verborgen ons tot 's avonds laat in het dichte gewas. Gelukkig was de Polizei voorbij getrokken en kwamen wij er met de schrik vanaf". Aan het verblijf van de kinderen moest een einde komen, toen de leiding in de loop van juni 1944 zijn twijfels kreeg over de betrouwbaarheid van een omwonende. Maar gelukkig werden voor de kinderen in het oosten des lands andere adressen gevonden.³⁸ (Tijdens het interview met de met een neef van Vening Meinesz getrouwde Mevr. van Marle - van Riemsbergen op 17 februari 2004 bleek, dat zij na de oorlog nog enige van die schuilplaatsen in de omringende bossen had bezocht.)

³⁷ De Pater, *Tempel*, 84 e.v.

³⁸ B.J.Flim, "Omdat hun hart sprak". *Geschiedenis van de georganiseerde hulp aan Joodse kinderen in Nederland, 1942 – 1945* (Kampen 1995) 275-278; 286.

Overigens zouden vanaf de zomer 1944 door de bezetter voorbereidingen worden getroffen om vanaf het landgoed V-2 raketten richting Antwerpen te lanceren: de eerste - afgevuurd op 16 november 1944 - stortte al na enkele seconden neer, zonder evenwel andere dan wat glasschade aan "De Eelerberg" aan te richten.

8d Van empirie naar theorie

De gewijzigde omstandigheden zouden een 'pur sang' wetenschapper als Vening Meinesz er niet van kunnen weerhouden zijn onderzoeken - zij het nu van achter een bureau - voort te zetten. Al bemoeilijkten de ontwikkelingen in de loop van de bezetting de mogelijkheden tot publicatie, helemaal tot stilstand kwam zijn productie niet.

Behalve het al genoemde boekje *Kort overzicht der Kartografie* voltooide Vening Meinesz in 1941 nog *Gravity Expeditions at Sea (1934 – 1939)* als Deel III van de door hem geschreven verslagen met die naam.³⁹ Na een feitenrelaas van de in die periode uitgevoerde expedities (zie hoofdstuk 7) volgde een opsomming van individuele meetresultaten zoals locatie en waarde van de meting, toegepaste correcties voor systematische en externe factoren, de halve som van en het verschil tussen de twee slingertijden, afleiding van de gemiddelde fout en het verschil tussen de gevonden en de uit de Internationale Zwaartekrachtsformule berekende waarde. Hoewel hij verwachtte de geologische interpretatie van de gegevens in Deel IV binnen korte tijd te kunnen publiceren, slaagde hij daar door de omstandigheden niet in. Publicatie zou tot 1948 moeten wachten.

Eveneens in 1941 verscheen de tweede editie van *Theory and Practice of Pendulum Observations at Sea*, waarin mede aandacht werd besteed aan de registratie van en de correctie voor relatief langzame, maar desondanks zeer storende rolbewegingen van de duikboot door de diep doordringende waterbewegingen als gevolg van een zware zeegang met grote golf-hoogte en / of - lengte.⁴⁰ Over het daaraan ten grondslag liggend onderzoek zou Dr.Ir.J.A. Ringers (1885 - 1965) op 13 maart 1942 in Delft bij zijn herdenkingsrede *De betekenis van een eeuw civiele ingenieursopleiding* opmerken: "Wij hebben nationaal bijvoorbeeld in de werking en de amplitudes van golven beter inzicht gekregen, onder andere door de beroemde zwaartekrachtmetingen van Prof. F.A.Vening Meinesz, waarbij hij in een Nederlandse onderzeeër (fraai voorbeeld van een vredestaak voor duikboten) golfhoogten bepaalde....".⁴¹

De regionale isostatische compensatie

Gedurende de bezetting kreeg Vening Meinesz meer tijd en aandacht voor zijn uit 1931 daterende hypothese terzake van regionale isostatische reductie, die hij met Hawaï als voorbeeld in 1937 nader had uitgewerkt. (zie Hoofdstuk 7) Hoewel in de meeste situaties lokale isostatische reductie van zwaartekrachtmetingen volgens het Airy-model tot de conclusie leidde, dat aldaar isostatisch evenwicht bestond, bleken er gebieden te zijn, waar - ten gevolge van doorbuiging dan wel opheffing van de

³⁹ F.A.Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 – 1939* Vol III (Delft 1941).

⁴⁰ F.A.Vening Meinesz, *Theory and practice of pendulum observations at sea* Vol II (Delft 1941).

⁴¹ Baudet, *De lange weg*, 278.

aardkorst op regionale schaal onder een snelle, locale belasting dan wel ontlasting van gesteenten met afwijkende dichtheden - die reductie geen lokaal, maar een regionaal karakter leek te hebben. Scandinavië, sinds de laatste ijstijd ontdaan van een dikke ijsbedekking, zou een voorbeeld van zo'n gebied zijn en vulkanisch Madeira een ander. Onderzeese terrassen bij laatstgenoemd eiland suggereerden, dat hier de aardkorst met een snelheid van 25 cm / eeuw doorboog.⁴²

Waar Airy uitging van een beperkt gebied beïnvloedende, storende massakolommen en een navenant reductiemechanisme toepaste, was Vening Meinesz er in gevallen, zoals de bovenstaande, meer toe geneigd om de door een massa van beperkte uitgebreidheid veroorzaakte zwaartekrachtsanomalie op regionale schaal isostatisch te reduceren op basis van een model van doorbuiging van een, op een plastisch substraat drijvende elastische aardkorst van voldoende sterkte. Zich baserend op de resultaten van theoretisch en experimenteel onderzoek door R.H.Hertz (1857 - 1894) naar de invloed van een lokale belasting op een ijslaag drijvend op water, leidde Vening Meinesz een in de praktijk bruikbare rekenmethode voor regionale isostatische reductie af. Het is tekenend voor Vening Meinesz, dat hij er van afzag om dit nieuw inzicht en de bijbehorende methodiek als iets anders dan een variant op Airy's rekenmodel te beschouwen.⁴³ De aan bovenstaand model voorafgaande premisse, dat de aardkorst elastische en het substraat plastische eigenschappen zou bezitten - eigenschappen, die o.a. door Jeffreys aan de aarde in zijn huidige vorm werden ontzegd - had Vening Meinesz met de resultaten van zijn in 1937 gepubliceerde onderzoek "The determination of the Earth's plasticity from the post-glacial uplift of Scandinavia: Isostatic Adjustment" onderbouwd.⁴⁴

Vergelijking tussen de uitkomsten na reductie van de meeste zwaartekracht metingen op zee viel echter nog steeds uit ten gunste van het Airy-model van lokale isostatische reductie, speciaal waar het de metingen langs de Atlantische kusten betrof. In die overgangszone leek de lichte, granitische bovenlaag van de aardkorst van continent naar oceaan plotseling zo'n 16 - 20 kilometer dunner te worden. Wel dunner, maar zonder helemaal te verdwijnen. Die continuïteit van zo'n starre korst onder continenten en oceanen betekende, dat significante continentverschuiving over een plastische oceaankorst, zoals door Wegener voor het huidig geologisch tijdvak verondersteld, voor Vening Meinesz wel heel moeilijk te aanvaarden was geworden.⁴⁵

Voor de afleiding van de (geodetische) rekenellipsoïde had de door Vening Meinesz voorgestane methode van regionale isostatische reductie, die de soms excessieve - lokale - isostatische anomalieën tot aanvaardbare proporties terugbracht, tot gevolg, dat een alternatieve massaverdeling tot stand kwam, die in een nieuw equipotentiaal oppervlak, een nieuwe geoïde resulteerde. De zwaartekrachtswaarden van de uitgangsgeoïde moesten dan ook gereduceerd worden naar dat nieuwe oppervlak, dat met de nieuwe massadistributie rekening hield. Voor de oplossing van dat probleem leidde Vening Meinesz de nodige

⁴² F.A.Vening Meinesz, "Gravity over the Hawaiian archipelago and over the Madeira area; conclusions about the earth's crust", in: *KNAW XLIV* (1941) 2 – 5.

⁴³ A.B.Watts, *Isostasy and flexure of the lithosphere* (Cambridge 2001) 65.

⁴⁴ F.A.Vening Meinesz, "The determination of the earth's plasticity from the post-glacial uplift of Scandinavia; isostatic adjustment", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 654 – 662.

⁴⁵ F.A.Vening Meinesz, "De aardkorst onder de oceanen", in: *TAG 2 58* (1941) 1033 – 1038.

vergelijkingen af in "The equilibrium figure of the earth and the indirect isostatic or Bowie reduction".⁴⁶

In opvolgende publicaties in 1944, 1945 en tenslotte in 1950 met als titel "Nieuwe formules voor schietloodafwijkingssystemen en het theorema van Laplace" ging Vening Meinesz in op de veranderingen, die de schietloodafwijking zou ondergaan bij de benutting van een andere dan de oorspronkelijke referentie-ellipsoïde, die nochtans aan dezelfde geoïde was gerelateerd. Formules ter berekening van die veranderingen werden door hem afgeleid, zowel voor verandering in positie als voor verandering in afmeting van de betreffende referentiesellipsoïden. Het idee achter deze gedachtegang was om conversie van astronomisch-geodetisch verankerde netwerken via de geoïde en de daarbij behorende "best fitting" referentie-ellipsoïde tot een Wereldwijd Geodetisch Systeem (WGS) te geraken, waarbij de correctieformules voor schietloodafwijkingen volgens een door Vening Meinesz ontwikkelde methodiek werden afgeleid.⁴⁷ "Vening Meinesz stelde voor dit via projectie van de ene "referentiefiguur" op de andere te bereiken, waarbij de transformatie-elementen uit de coördinaatverschillen in de verbindingspunten konden worden afgeleid".⁴⁸

De regionale evaluaties

Waar door de aanwezigheid van vele vulkanische eilanden in het Indische Archipelgebied regionale isostatische reductie van de zwaartekrachtmetingen een aantrekkelijk alternatief voor lokale isostatische reductie was, paste Vening Meinesz zijn methodiek toe met als fundamenteel model een elastische korst (plaat) van 30 kilometer dikte en een dichtheid van 2,67 in evenwicht met een plastische mantel met dichtheid 3,27, waarbij de regionale compensatie zich binnen een straal van 174 kilometer afspeelde. De resulterende "regionale" zwaartekrachtkaart van het Archipelgebied zou een wijde verspreiding krijgen. Synthese van geologische gegevens terzake van de ondiepe ondergrond met een interpretatie van de gravimetrische, op de diepere korstontwikkeling betrekking hebbende resultaten leidde Vening Meinesz tot de conclusie, dat bovengenoemd plaatmodel in het Archipelgebied onder invloed stond van actieve horizontale, naar het zuidzuidoosten gerichte compressieve krachten en van verticale krachten, voortspruitend uit de tendens tot herstel van isostatisch evenwicht. En omdat de dwarsdoorsnede van het blok, dat het Indische Archipel gebied omvatte, meer dan 3000 km mat en de randen enigszins taps toeliepen, leek het erop dat het convectiestromingsstelsel continentale afmetingen had.⁴⁹ Voorts berekende hij, dat onder invloed van zo'n krachtenspel de elastische plaat golfvormig kon worden gedeformeerd, waarbij periodieke verandering in de verhouding tussen genoemde krachten in een periodieke verandering in de topografie tot uitdrukking zou kunnen komen.⁵⁰ Pas jaren later zouden refractie - en reflectie - seismische onderzoeken aantonen, dat de door Vening Meinesz voor

⁴⁶ F.A.Vening Meinesz, "The equilibrium figure of the earth and the indirect isostatic or Bowie reduction", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 611 – 615.

⁴⁷ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 302 e.v.

⁴⁸ Baarda, "Geodetische aspecten van het werk van Vening Meinesz", 9.

⁴⁹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 397.

⁵⁰ F.A.Vening Meinesz, "The earth's crust deformation in the East Indies", in: *KNAW XLIII* (1940) 278 – 293.

het regionale compensatiemodel veronderstelde eenvoudige dichtheidsverdeling van het gesteente onder de zeebodem aanzienlijk complexer was.⁵¹

In 1942 voltooide Vening Meinesz de geofysische evaluatie van het Azoren platform. Naast alle in het gebied van de Azoren verkregen zwaartekrachtmetingen kon hij daartoe ook nog beschikken over van derden verkregen gegevens over het bodemreliëf en over de bodemsamenstelling, waarbij gegevens verkregen met het door Ewing c.s. in 1938 nieuw ontwikkeld, zelfstandig weer opduikend zeebodemkernapparaat een belangrijke plaats lijken te hebben ingenomen. Isostatisch gereduceerde meetresultaten suggereerden dat het betreffend gebied een dikke korst had onder een dunne (continentale) granietlaag. Het gebied werd verder gekenmerkt door een snel wisselend reliëf van de zeebodem, de aanwezigheid van horsten en slenken reflecterend, die het resultaat leken te zijn van een patroon van westnoordwest naar oostzuidoost lopende breuken, doorsneden door secundaire, van noordoost naar zuidwest lopende breuken. Vening Meinesz meende in zo'n patroon van breuken loodrecht op de korst de uitwerking te kunnen zien van horizontale compressie met een sterk oostelijke component en rek in een richting daar loodrecht op: mogelijk was daarlangs (onderzees) vulkanisch gesteente uitgevloeid.⁵² Voorbij de overgangszone tussen dit gebied en de Midatlantische Rug dacht Vening Meinesz, dat een belangrijke noord-zuid lopende breuk de grens vormde met een lager gelegen Westatlantisch oceanisch bekken. Er kwamen daar wel aardbevingen voor, maar niet van een orde als hij van de Indische Archipel kende. Bovendien was de Midatlantische Rug zelf min of meer in isostatisch evenwicht. Daarom leek een "knik"-zone hier afwezig.⁵³

Desiderata, die Vening Meinesz na de herziening van al zijn zwaartekrachtmetingen had, betroffen met name nieuw zwaartekrachtsonderzoek in het zeegebied en op de daarin gelegen eilanden tussen het Australisch platform en Celebes; meer specifiek, de voortzetting daar van de "Minus"-zone(s), die Matuyama vanaf Japan via Yap en Palau tot aan Nieuw-Guinea had weten te traceren. Ook was hij geïnteresseerd in onderzoek in de Indische Oceaan om de ontwikkeling van de 'Minus'-zone vanaf noordwest Sumatra naar de Nicobaren en de Andamanen te kunnen analyseren. En in de Caribische Zee was het gebied tussen Curaçao en Trinidad nog nauwelijks onderzocht net zo min overigens als de westkust van Midden- en Zuid-Amerika.⁵⁴

De mantelprocessen

Met regionaal onderzoek, zoals hierboven beschreven, verwijlde Vening Meinesz al dicht bij het grensvlak tussen geofysica en geologie. Geen wonder, dat discussies met geologen hem inspireerden tot verder onderzoek om het bestaan van kringloopstromingen op een globale schaal aan te tonen.

⁵¹ W.Hamilton, *Tectonics of the Indonesian Region* USGS Prof. Paper 1078 (Washington 1979) 31.

⁵² J.Veldkamp, "Zwaartekracht", in: B.G.Escher e.a. (red.) *E.N.S.I.E V* (Amsterdam 1948) 39.

⁵³ F.A.Vening Meinesz, "Topography and gravity in the North Atlantic ocean", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 120 - 125.

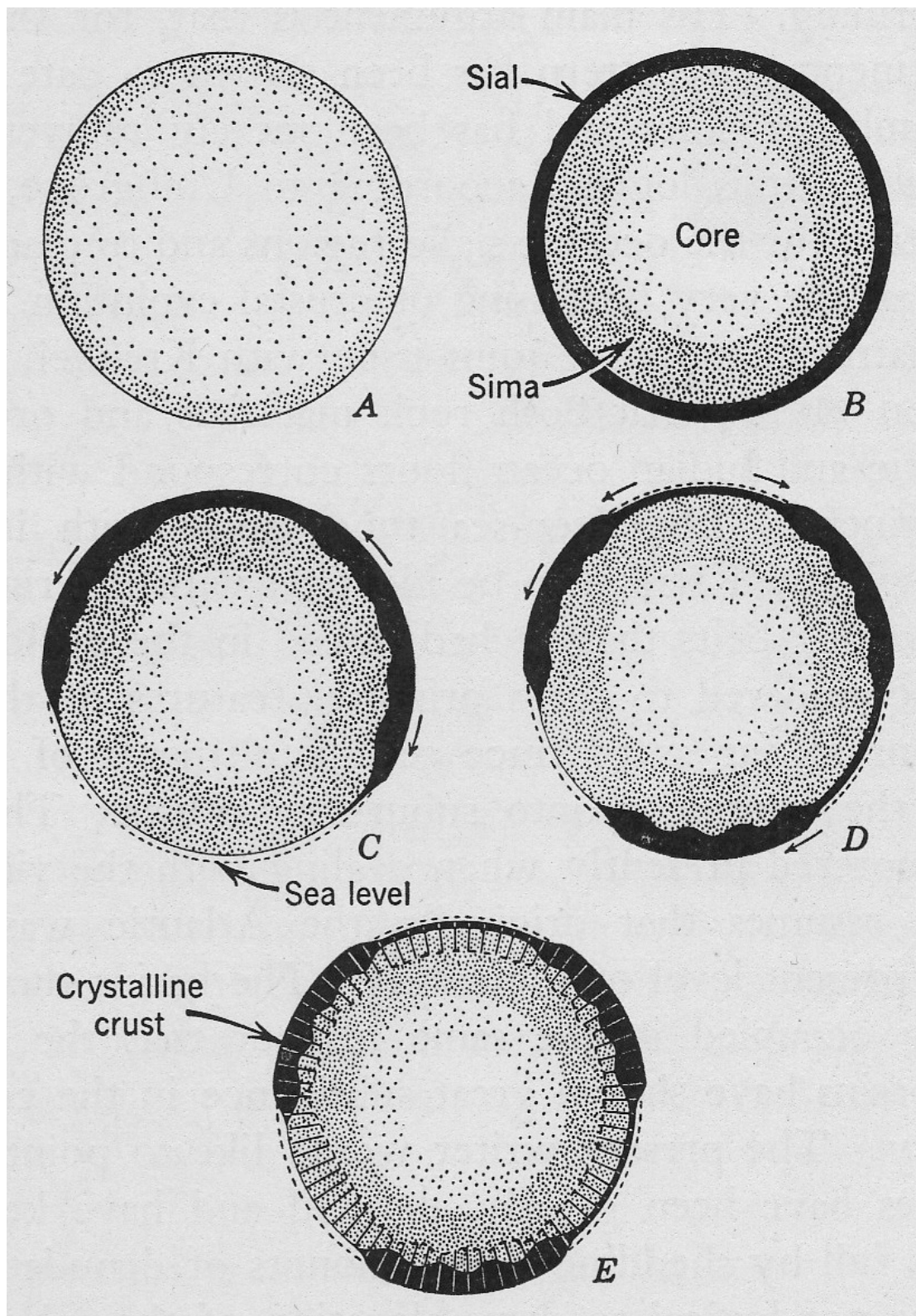
⁵⁴ F.A.Vening Meinesz, "Het zwaartekrachtveld in Oost- en West Indië; desiderata voor verder zwaartekrachtsonderzoek in die gebieden", in: *Handelingen 28ste Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres* (Utrecht 1941) 255 – 257.

Voor Vening Meinesz was de belangrijkste van die geologen de Delftse hoogleraar J.H.F. Umbgrove (1899 - 1954), die in 1934 al een bijdrage had geleverd aan Vening Meinesz' publicatie *Gravity Expeditions at Sea (1923 – 1932)* en sinds 1937 als enig geoloog van de Rijkscommissie deel uitmaakte. Umbgrove wees de Theorie van Wegener af om reden, dat het dan wel een schijnbaar elegante en eenvoudige verklaring van een aantal verschijnselen was, maar niet in overeenstemming met de bestaande kennis van de bodems van de Atlantische en Indische Oceaan noch voldoende aandacht schonk aan contra-indicaties. Umbgrove was van mening, dat - in tegenstelling tot de basaltachtige samenstelling van het bodemgesteente van de Stille Oceaan - het bodemgesteente van de Atlantische en de Indische Oceaan granitisch van samenstelling was, zij het dunner gelaagd dan op het continent. (zie Hoofdstuk 3) Die mening – ondermeer stoelend op een intuïtief inzicht in de aard en de draagwijdte van een toestand van globale isostasie - deelde hij met de eerder genoemde A.L. du Toit, die van zijn kant op grond van de aangetoonde isostatische evenwichtstoestand laatstgenoemde oceanen niet wenste te identificeren als een door breuken begrensde mega-slenk noch door de Theorie van Wegener was overtuigd, die volgens hem het fysisch fundament voor de gepostuleerde horizontale aandrijfkrachten ontbeerde. Zo kwam ook Du Toit tot de conclusie, dat genoemde oceaانبekkens ten gevolge van rek in de korst moesten zijn ontstaan, waarbij de ten gevolge van fysisch-chemische processen in de mantel gecreëerde Midatlantische Rug een secundaire rol had gespeeld.⁵⁵ De weinige geologen, wier doen en denken toen niet volledig in beslag werd genomen door de oorlogsinspanningen of door het oplossen van kleinschaliger problemen, voortvloeiend uit regionale (veldwerk) studies, lijken het toen in grote lijnen daarmee wel eens te zijn geweest.

In Umbgrove's visie zou de plastische aardmantel geheel omgeven zijn door een ononderbroken "steenschaal" (korst), die perioden van toenemende compressie afgewisseld door perioden van rek zou kennen. De naar Vening Meinesz' hypothese door Griggs experimenteel gesimuleerde cycliciteit van een kringloopstroom - waarbij een benedenwaartse, plooi-vormende daalstroom na een halve slag en een rustperiode in een gebergtevormende stijgstroom overging - leek die visie te ondersteunen. Vandaar de titel van Umbgrove's in 1942 gepubliceerde standaardwerk "*The Pulse of the Earth*", waarmee hij wereldbekend zou worden als verbreider van Stille's (1876 - 1966) theorieën terzake van de episodische en cyclische voortgang van geologische processen en van zijn eigen - mede op onderzoek in Nederlands-Indië berustende - (over)gedetailleerde verdeling van daarmee samenhangende verschijnselen in ruimte en tijd.⁵⁶ De paleontoloog Umbgrove was een aanhanger van het door de Amerikaanse paleontoloog R.S. Lull (1867 – 1957) geschetste orthogenetisch wereldbeeld van een doelgerichte evolutie der soorten. Diens voorstelling van zaken trachtte Umbgrove in zeker opzicht in "*Pulse*" op de evolutie van "Moeder Aarde" te projecteren. Een onderneming, die door heel wat intuïtieve begripsvorming werd begeleid. Of zoals John F. Dewey - die in 1970 bekend werd met publicaties over orogenese in het licht van platentektoniek – in naam van een hele na-oorlogse generatie studenten oordeelde over Umbgrove's classificatie van met orogenese samenhangende tektonische eenheden "a nightmare,

⁵⁵ A.L. du Toit, "The origin of the Atlantic – Arctic Ocean", in: *Geol. Rundschau* 30 (1939) 138 – 147.

⁵⁶ J.H.F. Umbgrove, *The pulse of the earth* (Den Haag 1942).



Figuur 16 Evolutie der aardkorst (volgens Umbgrove)

Vening Meinesz benutte dit concept voor zijn gedachte – experimenten over de evolutie van convectiestromingscellen.

(naar Kuenen, 1950)

necromantic world of geosynclines and tectogenes...., that few geologists really believed in and that, consequently, [threw them] back into smaller-scale geology to understand history and process".⁵⁷ Toch was het uiteindelijk op basis van dit evolutionair concept - dat zich in de grond van de zaak verzette tegen het wezen der fysica - , dat Vening Meinesz de weerbarstigheid van de structurele geologie, het wezen van die "gecompliceerde grensvlakverschijnselen", zou trachten te vatten in wiskundige abstractie en idealisering. Maar om dit evolutionair concept van aardkorst en substraat te beschrijven zou hij zodanig ingewikkelde mathematische modellen gebruiken, dat het nauwelijks meer tot diepgaande discussie, laat staan samenwerking met geologen zou komen.

In Umbgrove's visie had de buitenste schil van de aardkorst al zeer snel na het ontstaan van de aarde een vaste vorm, continuïteit en permanentie gekregen: de continenten zouden dus bijna vanaf hun ontstaan in een vaste positie relatief tot elkaar "gefixeerd" zijn gebleven. En sindsdien waren de op die schil werkzame krachten enkel het gevolg van subcrustale processen, zodat plaatselijk compressie respectievelijk rek verantwoordelijk waren voor verdikking van de schaal bij de continenten respectievelijk verdunning ervan onder oceanen.⁵⁸

Analyse van de verspreiding in ruimte en tijd van glaciële afzettingen deed Umbgrove concluderen, dat de huidige klimatologische omstandigheden niet de normale waren, maar behoorden tot de met een zekere periodiciteit optredende extremen. Terwijl Wegener verspreiding van de glacialia voornamelijk toeschreef aan een verschuiving van continenten, was continentverschuiving voor Umbgrove anathema en moest genoemde verspreiding wel aan poolverplaatsing worden toegeschreven.⁵⁹

Om de huidige verspreide voorkomens van tezelfdertijd in het Boven Carboon ontstane glaciaties in ondermeer India, Zuid Afrika en Zuid Amerika te verklaren schatte Umbgrove in, dat sindsdien de aardschaal een rotatie van 70 graden langs de 90 graden oosterlengte meridiaan (overeenkomend met een rotatie vanaf Calcutta tot de huidige poolpositie van de starre aardschaal) ten opzichte van het plastisch substraat zou moeten hebben ondergaan.

Al in 1934 had Vening Meinesz het vermoeden geuit, dat (toen nog) hypothetische kringloopstromingssystemen mogelijk verschuivingen van de (afgeplatte) aardkorst ten opzichte van de aardkern tot stand zouden kunnen brengen.⁶⁰ Daarna had onderzoek naar de reologische eigenschappen van korst en mantel hem ervan overtuigd, dat mantelmaterie op een regionale schaal - zoals onder Scandinavië - tot stroming kon worden verleid, maar had hij toch nog nauwelijks aanwijzingen duidend op de mogelijkheid van het bestaan van een wereldomspannend systeem van (mantel) stromingen.

De door Umbgrove inmiddels aangeleverde gegevens brachten Vening Meinesz tot een gedachte-experiment om de stressverschijnselen en het daaruit resulterend breukpatroon te berekenen, dat in de aardkorst zou ontstaan als gevolg van de door Umbgrove veronderstelde, algehele rotatie van de korst ten opzichte van

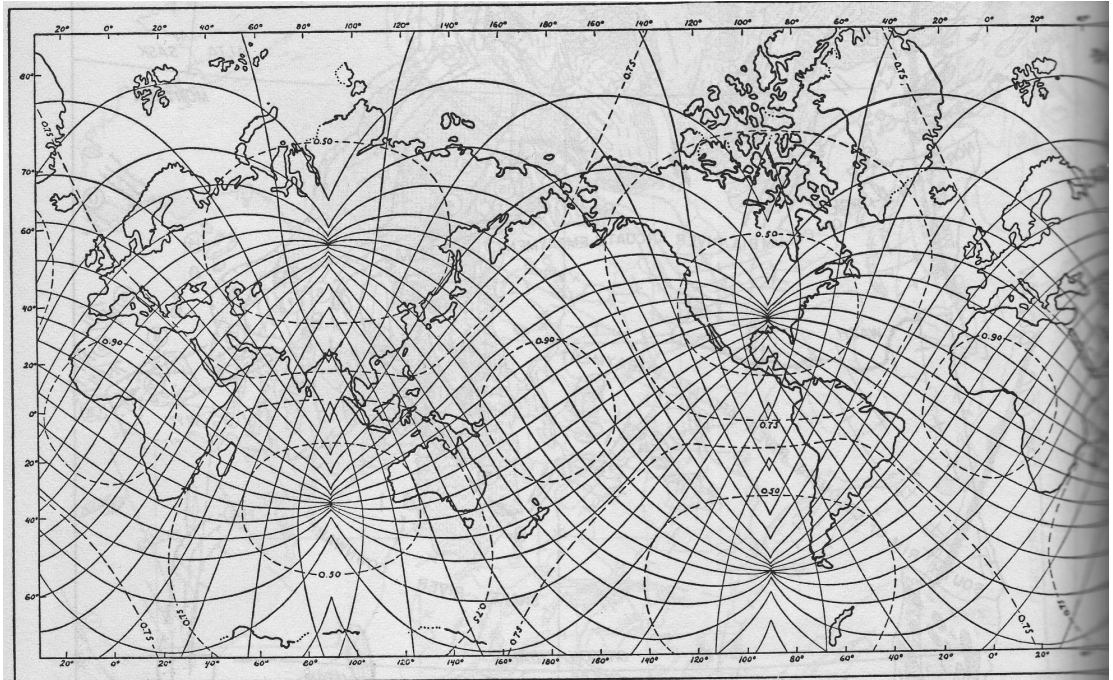
⁵⁷ Oreskes, *Plate Tectonics*, 238.

⁵⁸ J.H.F.Umbgrove, *Pulse*, 106.

⁵⁹ *Ibidem*, 125.

⁶⁰ F.A.Vening Meinesz, "Gravity and the hypothesis of convection-currents in the earth", in: *KNAW XXXVII* (Amsterdam 1934) 44.

de draaiingsas van de aarde, benevens een verandering in de afplatting onder invloed van zo'n – alsnog hypothetisch - stromingenstelsel. Vening Meinesz kwam tot de conclusie, dat de korst in blokken uiteen zou kunnen zijn gevallen, waarvan de begrenzingen een verrassende correlatie met het huidig patroon van kustlijnen vertoonden.⁶¹



Figuur 17 Schuifspanningsnetwerk in de aardkorst (resultaat van een gedachte-experiment)

Volgens berekeningen van Vening Meinesz zou in de aardkorst dit schuifspanningsnetwerk ontstaan ten gevolge van haar meridionale rotatie rond de aardmantel van een veronderstelde poolpositie bij Calcutta naar de huidige poolpositie.

Vening Meinesz observeerde, hoe de belangrijkste breukrichtingen langs de continentale marges veeleer met de richting van de bissectrices van de getoonde netwerkhoecken samenvielen.

(naar Vening Meinesz, 1948)

Aangezien de waarschijnlijkheid van toeval in de klaarblijkelijke overeenkomst tussen die kustlijnen buitengewoon laag was,⁶² terwijl de "Poolvlucht"-kracht veel te klein bleek⁶³ om zo'n verschuiving tot stand te brengen, moest er dus wel een systeem van stromingen in de mantel voor verantwoordelijk zijn.⁶⁴ "Het resultaat is verrassend..... Gezien het groote aantal der overeenstemmingen lijkt het moeilijk aan zuiver toeval te

⁶¹ F.A.Vening Meinesz, "Spanningen in de aardkorst ten gevolge van poolverschuivingen. (with a short abstract in English)" in: (K)NAW XLVI (Amsterdam 1943) 185 – 195.

⁶² H.Dorrestein, "Over de betekenis van de gelijkenis der kusten aan weerszijden van de zuidelijken Atlantische Oceaan als argument voor de hypothese der continentverschuiving", in: TAG 2 57 (1940) 89.

⁶³ H.Kuiper, *Poolbewegingen ten gevolge van Poolvluchtkracht* (Amsterdam 1943).

⁶⁴ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 453.

denken, hoewel de schrijver dit niet geheel zou willen uitsluiten".⁶⁵ Met begeleidende vertalingen in Duits en Engels in het verslag lijkt Vening Meinesz het belang hebben te willen onderstrepen, dat hij aan de resultaten toedacht. Want dit resultaat - een mathematische analyse, leidend tot een correlatie met de huidige, zij het gestileerde vorm van de continenten - zou welhaast uitsluiten, dat van een relatieve verplaatsing van continenten ten opzichte van elkaar, zoals Wegener speculeerde, sprake kon zijn. De vorming van de continenten had een veel langere voorgeschiedenis. Zo leidde correlatie tussen uitkomsten van een modelstudie en de verschijnselen in de natuur Vening Meinesz tot een klaarblijkende causaliteit; in geologie, waar causale verbanden soms ver te zoeken zijn, ongewoon.

Terwijl de door Vening Meinesz hierbij aangewende, uitgebreide mathematisch-fysische behandeling zich grotendeels onttrok aan de oordeelsvorming van terzake onvoldoende onderlegde geologen, had de bekende Amerikaanse geoloog W.Bucher (1889 - 1965) nog in 1955 alle lof voor deze eerste poging om de betekenis van lineamenten mathematisch te doorgronden, waarnaar al sinds de negentiende eeuw werd gezocht.⁶⁶ In aansluiting op de theorie van de lineamenttektoniek van Sonder (1939) - waarin breuken als de belangrijkste deformatiedragers werden aangemerkt - speculeerden Bucher en anderen erop, dat vulkanische of orogenetische processen in een recentere periode die barsten als voorkeursrichtingen zouden hebben benut met de huidige morfologie van continenten en oceanen als resultaat.

De bijval, die Vening Meinesz kreeg voor zijn model, waarin een starre aardschaal van variabele dikte al vroeg in de geschiedenis van de aarde - waarvan de ouderdom indertijd op minder dan 1,5 miljard jaar werd geschat - zijn morfologie had gekregen, stimuleerde hem tot het oplossen van de vraag, hoe tot dat moment de tetraedische juxtapositie van continenten en oceanen - die al eerder ter sprake is gekomen als een van de aspecten van onderzoek tijdens de expeditie met de K XVIII - tot stand zou kunnen zijn gekomen. In het licht van de kringloopstromingshypothese veronderstelde Vening Meinesz, dat in een primitieve, ongedifferentieerde aardkloot een primaire, toroïde-vormige kringloopstroming ontstaan zou kunnen zijn, waaruit door differentiatie der materie een aardkern van hogere dichtheid en een aardkorst van lagere dichtheid als ongedeeld supercontinent aan het buitenoppervlak zou zijn gecreëerd, terwijl na dit embryonaal stadium alleen aan de mantelmaterie nog plastische eigenschappen zouden kunnen worden toegeschreven. Om het zich na deze differentiatie evoluerende patroon van kringloopstromingen bij een zekere temperatuurgradiënt te kunnen verklaren, opteerde Vening Meinesz voor Rayleigh's convectie-theorie, hoewel die slechts gold voor een in horizontale zin onbegrensde kolom van een ideale vloeistof en slechts van toepassing zou kunnen zijn geweest gedurende het embryonale stadium van aardevolutie; niet voor een aan beide zijden begrensd bolschil, zoals de aardmantel. (Die problematiek is ook nu nog verre van opgelost. Experimenten betreffende de vorming van stromingspatronen in zo'n bolschil, gegenereerd onder invloed van een verticale temperatuurgradiënt waren nog recentelijk onderwerp van studie in het International Space Station.)

⁶⁵ F.A.Vening Meinesz, "Spanningen in de aardkorst ten gevolge van poolverschuivingen. (with a short abstract in English)" in: *(K)NAW XLVI* (Amsterdam 1943) 193.

⁶⁶ W.H.Bucher, "Deformation in orogenic belts", in: A. Poldervaart (red.) *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 364.

Om uit de thermische instabiliteit [in een staande kolom] de snelheid van beweging te berekenen maakte Rayleigh voor zijn tweedimensionaal model gebruik van harmonische functies. Analoot daaraan zou Vening Meinesz de differentiaalvergelijkingen van de beweging voor het driedimensionale model oplossen met behulp van bolfuncties met poolcoördinaten als onafhankelijk variabelen en de snelheid alleen afhankelijk van machten van de voerstraal.⁶⁷ Door het invoeren van Rayleigh's theorie nam Vening Meinesz afstand van zijn eerdere opvatting, dat convectie in de mantel alleen zou kunnen zijn ontstaan dankzij de horizontale temperatuurgradiënt aan de basis van de aardkorst: een verstoring in aansluiting op de bestaande, verticale temperatuurgradiënt was vereist om een kringloopstroming te initiëren in de mantel. Ondanks de door Rayleigh's theorie gestelde randvoorwaarden zou Vening Meinesz ervan overtuigd raken, dat - gegeven een minimale temperatuurgradiënt, de door hem voor de mantel afgeleide kinematische viscositeit en verdere, algemeen geaccepteerde coëfficiënten van terzake dienende parameters - zich in de mantel vier rijzende en vier dalende systemen in een antipodale oriëntatie zouden vormen, zodat ieder systeem een octant bezette met de draaiings-as als gedeeld stromingskanaal. Dientengevolge zou het dan al verstarde supercontinent kunnen zijn opgebroken en de huidige, al in hoofdstuk 7 vermelde tetraedische, constellatie van continenten gevormd middels relatieve verplaatsing door het nog plastisch medium van de mantel.⁶⁸ Opstijgende (warme) pluimen van de kringloopssystemen zouden de plaats van de relatief hoger gelegen continenten gaan markeren, terwijl oceanen de gebieden markeerden, waar dalende stroming plaatsvond.

Voortgaande afkoeling en uitkristallisatie van de mantel zou een periode inluiden, waarin een veel complexer systeem van kleinere, gelokaliseerde convectiecellen, corresponderend met lokale onevenwichtigheden in de temperatuursverdeling in de mantel, zich zou kunnen ontwikkelen en bekkens en andere geologische configuraties, zoals in de Indische Archipel aangetroffen, zou kunnen creëren. De invloed van een serie kleine, aangrenzende cellen zou zich daarbij ook kunnen verraden door een opeenvolging van druk- en rek- verschijnselen in de aardkorst.⁶⁹

Op zijn zoektocht naar een op een complex van kringloopstromingen in de plastische aardmantel wijzend argument voor de verdeling en "chorografie" van continenten en oceanen had het Vening Meinesz getroffen, dat in de door Prey op basis van de omstreeks 1922 beschikbare land- en zee kaarten afgeleide sferisch harmonische reeksontwikkeling van de globale topografie bepaalde oneven en hogere termen domineerden over even en lagere termen. Zoals in de toonkunst elke toon mathematisch kan worden voorgesteld door een harmonische reeks, beginnend bij de "grondtoon" en gevolgd door een serie hogere termen ("boventonen") met hun bijbehorende "sterkten" (amplituden), kan een niet-analytische functie langs een gesloten twee- respectievelijk driedimensionaal oppervlak door een harmonische reeks worden voorgesteld, waarvan de 0-term de gemiddelde functie langs een cirkel respectievelijk bol voorstelt en waarbij iedere hogere term een deviatie met een

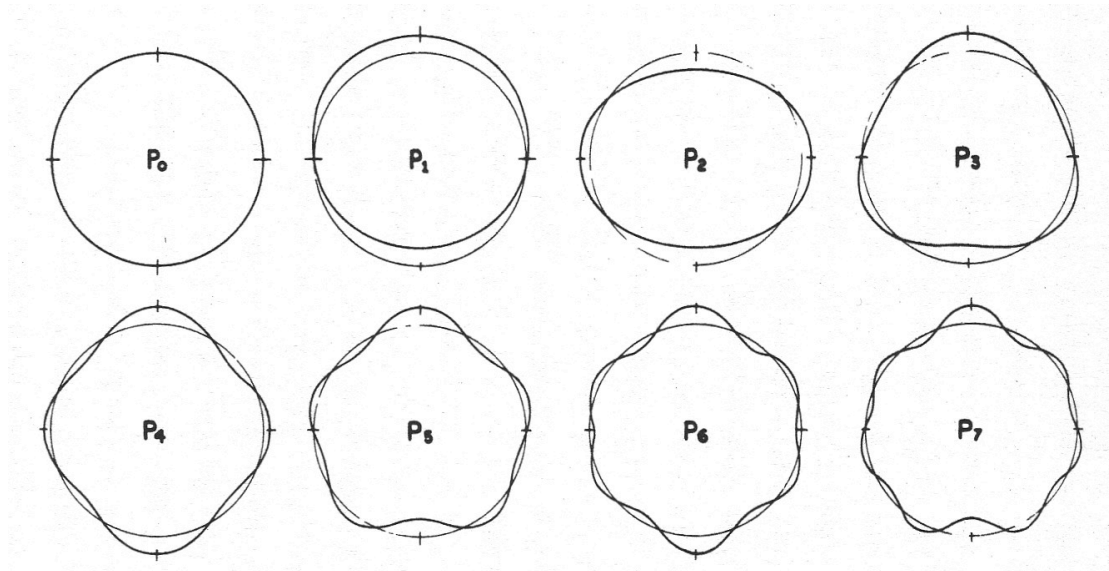
⁶⁷ G.J. Bruins, "Professor Dr. Ir. F.A. Vening Meinesz", 454.

⁶⁸ F.A. Vening Meinesz, "De verdeling van continenten en oceanen over het aardoppervlak", in: (K)NAW XLVII (Amsterdam 1944) 151 – 159.

⁶⁹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 436.

harmonisch karakter van het gemiddelde aangeeft, corresponderend met een kleinere "horizontale" afmeting van de aberratie ten opzichte van het gemiddelde en de bijbehorende amplitude de grootte.

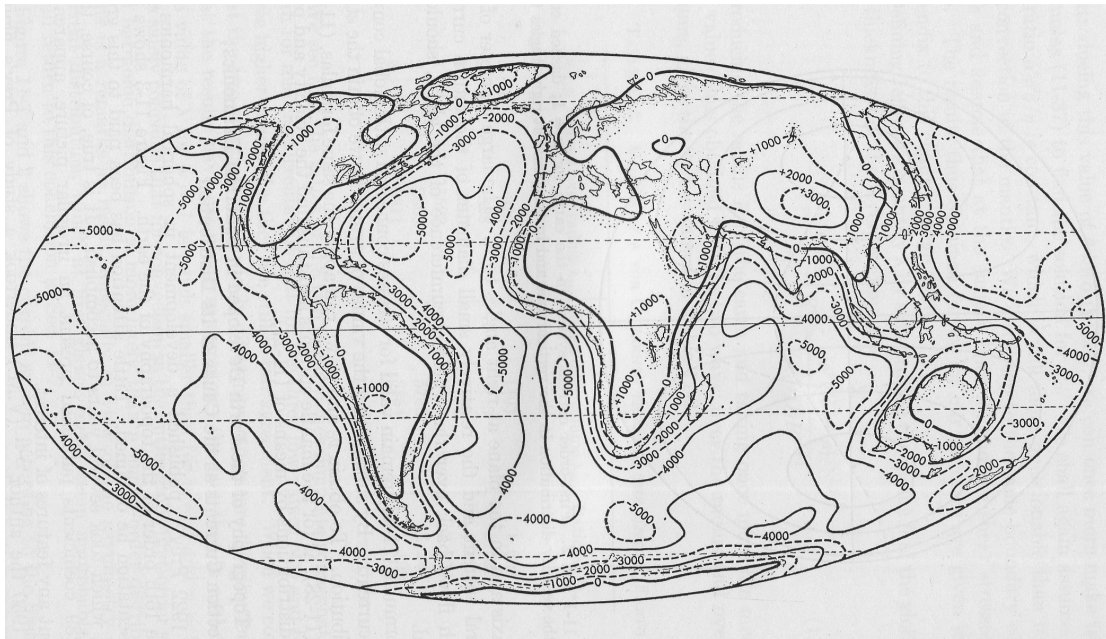
Om een eventueel verband te kunnen leggen tussen topografische expressie (gedacht te corresponderen met verdikking of verdunning van een korst in isostatisch evenwicht) en de evolutie van convectiestromingen in de mantel zou Vening Meinesz zich na de bevrijding verder gaan verdiepen in de mechanica van die stromingen. Nochtans bleken de "bewegingsvergelijkingen van stromingen veroorzaakt door thermische onevenwichtigheden [in een staande kolom] slechts op te lossen door aan te nemen, dat die beweging een harmonische was in horizontale coördinaten. In een bol moet die beweging dan beschreven worden door een sferisch harmonische functie van lengte en breedte vermenigvuldigd met een functie voor de afstand tot het centrum van die bol. In Vening Meinesz' uitwerking blijken nu enkele, [hogere] termen van de sferisch harmonische reeksontwikkeling boven andere vertegenwoordigd te kunnen zijn".⁷⁰



Figuur 18 Harmonische reeksontwikkeling (2 – D)

Ruimtelijk wordt de afgeplatte bolvorm van de aarde gerepresenteerd in de P2 – term, de peervorm in de P3 – term van een oneindige harmonische reeksontwikkeling, die mathematisch uitdrukking zal geven aan de feitelijke vorm van de aarde. Satellieten zullen verdere informatie verschaffen over de bijdragen van de hogere orde termen.

⁷⁰ G.J.Bruins en J.G.J.Scholte. "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* Vol 13 (1967) 302.



Figuur 19 Reliëf van de top van de lithosfeer

Een reconstructie met behulp van de eerste zestien termen van een sferisch – harmonische reeks, ontwikkeld uit een topografische databank.

(naar Prey; in Heiskanen en Vening Meinesz, 1958)

Vening Meinesz was tot de conclusie gekomen, dat de omstandigheden in de aardmantel zodanig waren, dat een Immer complexer systeem van convectiestromingen in de ontwikkeling van de aardkorst in zijn huidige vorm en toestand van isostatisch evenwicht zijn uitdrukking moest hebben gevonden: een hoog reliëf nu corresponderend met een stijgende, een laag reliëf met een dalende stroming in de mantel.

[Op de door Vening Meinesz met behulp van de eerste vijf termen van Prey's harmonische reeksontwikkeling gereconstrueerde topografische kaart doet het ontbreken van enige aanwijzing naar het bestaan van een Midatlantische Rug vermoeden, dat Prey's databank al in 1922 grote leemten vertoonde.⁷¹]

Het leek een rekenkundige bevestiging van het bestaan van convectiestromingen en – in het licht van het ook door Prey gevonden patroon in de dominantie der coëfficiënten – een bevestiging van Vening Meinesz' vermoedens betreffende de evolutie van de aardkorst. Zo scheen het Vening Meinesz, dat hij er langs een weg van grote mathematische complexiteit in geslaagd was om vanuit de huidige topografische constellatie de evolutie van oceanen en continenten te reconstrueren. Zelfs leek daarbij nog ruimte voor de idee, dat de Atlantische Oceaan zou kunnen zijn ontstaan door het uiteenscheuren van de granietkorst onder invloed van een zich

⁷¹ F.A.Vening Meinesz, "A remarkable feature of the earth's topography, origin of continents and oceans", in: *KNAW LIV* (Amsterdam 1951) 229.

naar weerszijden uitspreidende pluim van een mantelstroom, waarover ook anderen - zelfs Wegener – hadden gespeculeerd. Anderzijds maakte de door Vening Meinesz gevonden wetmatigheid (in de verdeling van oceanen en continenten) het voor hem toch wel erg onwaarschijnlijk, dat die tot stand zou zijn gekomen langs de door Wegener veronderstelde weg.⁷² [Dat in die hypothese door Vening Meinesz in de evolutie van de oceaankorst eerst ook nog een plaats werd ingeruimd voor de extrusie van de Maan om de gemiddeld grotere diepte en de ronde vorm van de Stille Oceaan te verklaren bleek een gril van het geologisch denken rond 1950. Want toen was onder geologen zo'n idee wijdverspreid als verklaring voor het vermoedelijk ontbreken van een granietlaag in de diepste delen van de door een "Ring of Fire" omgeven Stille Oceaan, terwijl heel wat geofysici de hypothese van Jeffreys steunden, dat uit dat gebied de massa afkomstig kon zijn, waaruit gedurende een interplanetaire "near miss" die Maan zou zijn gecreëerd.⁷³] En ondanks de soms verrassende resultaten van door hem uitgevoerde deelstudies was Vening Meinesz zich welbewust van het speculatieve karakter van zijn hypothese over de evolutie van de aardkorst in de vroegste periode van de aardgeschiedenis.⁷⁴

Terwijl Vening Meinesz zich in de bezettingstijd toch nog met deze problemen van de theoretische geofysica kon bezighouden, werden zijn collegae overzee actief ingezet bij de oorlogsvoering.

In de Verenigde Staten diende Hess als marineofficier bij operaties in de Stille Oceaan en werd Ewing belast met onderzoek naar de geluidsvoortplanting in zee. In Groot-Brittannië moest Bullard zich bezighouden met demagnetisatie problemen van schepen en mijnen en werd Holmes ingezet bij de instructie van luchtmacht-personeel. Nochtans wist laatstgenoemde nog in 1944 zijn *Principles of Physical Geology* te voltooien, dat tot het verschijnen van een tweede editie in 1965 achttien herdrukken kreeg. In weerwil van het klaarblijkelijk succes van zijn boek werd Holmes - van origine een fysicus - nog lang onder Angelsaksische geologen beschouwd als een buitenbeentje, die er toch niet helemaal bijhoorde. In zijn argumenten ter zake van Wegener's "Continental Drift" hypotheese conformeerde hij zich aan hun overtuiging, dat parallellisme van kustlijnen op zich geen bewijs van continentverschuiving kon zijn; dat het gesteente van eilandjes in de Atlantische Oceaan erop wees, dat de lange S-vormige onderzeese rug voornamelijk uit continentale korst was opgebouwd; dat IJsland "in de weg" stond bij een eventuele reconstructie; en dat paleontologische gegevens in tegenspraak schenen.⁷⁵ In een brief aan R.A.Daly (1871 - 1957), een aan Harvard verbonden proponent van Wegener's hypotheese, schreef Holmes in 1943: "I have been hesitating whether or not to put continental drift into the book. On the whole, I think not. I am still doubtful about it....We really need a first class palaeontologist to assess the biological evidence at its true value".⁷⁶ In weerwil van zijn voornemen in 1931, dat "als die

⁷² F.A.Vening Meinesz, "A remarkable feature of the earth's topography, origin of continents and oceans", in: *KNAW LIV* (Amsterdam 1951) 212 – 229.

⁷³ F.A.Vening Meinesz, "De aardkorst onder de oceanen", in: *TAG 2 58* (1941) 1033 – 1038.

⁷⁴ F.A.Vening Meinesz, "Convection currents in the earth and the origin of the continents" 3 dln, in: *KNAW LV* (Amsterdam 1952) 551.

⁷⁵ A.Holmes, *Principles of physical geology* (eerste druk; London 1944) 496.

⁷⁶ C.Lewis, *The dating game* (Cambridge 2000) 181.

hypothetische kringloopstromingen deel van het hele [vormings]proces van de aarde uitmaken, we zorgvuldig naar mogelijk bewijs van hun bestaan moeten zoeken”,⁷⁷ had Holmes tot 1943 ter ondersteuning van zijn hypothese, dat zulke stromingen de motor achter het uiteendrijven van continenten zouden kunnen zijn, nog nauwelijks enig onderzoek gedaan. “The convection current” hypothesis is plausible, but as yet it is no more than an intelligent guess”.⁷⁸

De resultaten van de door Umbgrove op geologische gronden verdedigde en door Vening Meinesz in een mathematisch-mechanistische vorm uitgewerkte modellen terzake van de evolutie van de aardkorst en haar daarop volgende rotatie ten opzichte van de aardmantel hadden laatstgenoemde ervan overtuigd, dat oceanen en continenten reeds lang geleden min of meer hun huidige gedaante moesten hebben gekregen, waarbij alleen langs de marges nog ruimte voor inbuiging of opvloeiing onder invloed van kringloopstromingsprocessen was: continenten waren ten opzichte van elkaar dan wel niet geheel "gefixeerd" (en dus enigszins "mobiel"), maar van een verschuiving – zoals door Wegener gepostuleerd – kon nu bij Vening Meinesz geen sprake meer zijn. Volgens Collette had Vening Meinesz wel degelijk aan de theorie van verschuivende continenten gedacht. “Maar hij heeft die gedachte laten varen op aanraden van Umbgrove, die hem zei, dat als er al van continentverschuiving sprake was geweest, dit lang geleden in het PreCambrium plaatsgevonden moest hebben”.⁷⁹

Waar de Theorie van Wegener om allerlei redenen aan kracht had ingeboet, leek voor Vening Meinesz’ “knik”-hypothese als oorzaak van gebergtevorming ruimte te blijven binnen de groeiende kring van hen, die hun kaarten op de permanentie van oceanen en continenten hadden gezet.

8e Geloof en wetenschap

In bijdragen, die daartoe de gelegenheid boden, zou Vening Meinesz steeds helderder van zijn Protestants - Christelijke geloofsovertuiging blijk geven. Terwijl van die overtuiging in zijn inaugurele rede van 1927 nog nauwelijks iets doorklinkt, eindigde hij in 1938 zijn oratie in Delft met de bede om “met God’s hulp zijn beste krachten te wijden” aan de invulling van de hem verleende opdracht. Tijdens een interview met de Amerikaanse journalist Fraser verhaalde Vening Meinesz, hoe hij in 1934 ‘s nachts alleen met een roerganger op de brug van de K XVIII onder een sterrehemel gespiegeld in de zee naar een “innerlijke stem” luisterde, een omslagpunt in zijn geestelijke leven.⁸⁰ Zo gebeurde het “na de lange, zware reis met de K XVIII, toen de menselijke moeilijkheden en spanningen aan boord soms zwaarder gingen wegen dan de wetenschappelijke problemen”, dat hij zich openlijk aansloot bij [het vrijzinnige deel van] de Nederlands Hervormde Kerk, de Bergkerk in

⁷⁷ C.Lewis, *The dating game* (Cambridge 2000), 160.

⁷⁸ A.Holmes, *Principles*, 21.

⁷⁹ B.J.Collette, "Vening Meinesz' knik-hypothese en de Theorie van Wegener", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 32.

⁸⁰ R.Fraser, "Seventy-six years young. A portrait of F.A.Vening Meinesz", in: *ICSU Review of World Sciences* 6 (Amsterdam 1964) 114.

Amersfoort.⁸¹ In zijn in 1946 voor het jubileum van de Onderzeedienst geschreven verslag "Een stormreis met Hr Ms "O 16" naar Washington in 1937" getuigde hij "diep doordrongen te zijn van de nietigheid van den mensch tegenover de machten, die rondom hun geweld bot vierden en men voelde in God's hand te zijn".⁸² Toen hem van de zijde van Dr.K.H. Miskotte (1894 - 1976) in het voorjaar van 1944 het verzoek bereikte voor een voordracht over zijn werk, schreef Vening Meinesz op 6 juni "...dat ik het liever gedragen zou doen zijn door een getuigenis, al zal het nuchter intellectuele betoog er niet in ontbreken". Miskotte was het, die in maart 1943 in zijn "Doornsche Stellingen" ten behoeve van de Nederlands Hervormde Kerk het Christelijk Geloof en Nationaal - Socialisme als onverzoenlijke tegenstellingen had bestempeld. In 1951 zou hij vanwege dat kerkgenootschap zitting nemen in een studiegroep "Geloof en Natuurwetenschap". Over laatstgenoemd onderwerp hield Vening Meinesz op 8 maart 1953 een voordracht in de Bergkerk te Amersfoort. Daarbij stelde hij, dat de Natuurkunde werkte met begrippen van de werkelijkheid, terwijl het wezen ervan nog niet gekend werd. Als voorbeeld haalde hij het electron aan: een puntmassa met lege ruimte rondom of / en een golfverschijnsel, dat de gehele ruimte vult. Voor Vening Meinesz twee strijdige begrippen, waarvan het maar de vraag was of men in staat zou zijn de diepere principes te doorgronden. Maar waarden als "goed en kwaad" kwamen in de niet-levende natuur niet voor en werden door Vening Meinesz aangemerkt als van een hogere orde te zijn. De voordracht had volgens een der aanwezigen - Dr.J.van der Horst, die toen leiding gaf aan het Hervormd Vormingsinstituut "Kerk en Wereld" - inderdaad vaak het karakter van een getuigenis, zo berichtte het *Dagblad van Amersfoort* op 9 maart 1953. Voor zijn naaste omgeving was Vening Meinesz "een overtuigd Christen, die een diepe indruk van openheid en ontwapenende eerlijkheid achterliet", oordeelde Mevrouw van Marle – van Riemsbergen in 2004.

8f Resumé

Gedurende de bezettingstijd wist Vening Meinesz - letterlijk onder de ogen van de bezetter - in zijn "bovengrondse" werkzaamheden als bestuurder en onderzoeker een zekere - zij het langzaam afnemende - voegzaamheid te simuleren, waardoor hij aan "ondergrondse" zaken - zelfs die, waarop strenge straffen stonden - datgene kon bijdragen, waartoe hij zich in staat achtte en waartoe zijn geloofsovertuiging hem drong.

Analyse van voorhanden zwaartekrachtgegevens leidde hem tot een nieuw model van regionale isostatische compensatie, waarin de viscositeit van de aardmantel een belangrijke rol speelde. Sterk mathematisch georiënteerde gedachte-experimenten, gemaakt op basis van Umbgrove's concept terzake van de evolutie van de aarde, zouden Vening Meinesz doen overtuigen van de realiteit van kringloopstromings-systemen in de mantel. Op grond van de resultaten van die studies zouden door hem de aan de aardkorst waargenomen verschijnselen - sterk geschematiseerd - in verband worden gebracht met de activiteiten van kringloopstromingen: correlatie leidde tot causaliteit. De verschillende benaderingen, die Vening Meinesz ondernam

⁸¹ A.A.Thiadens, "Meinesz, Felix Andries", in: *Biografisch Woordenboek van Nederland 2* (Den Haag 1985) 388.

⁸² Vening Meinesz, "Een stormreis", 53.

in de "bewijsvoering" ten gunste van zijn model van kringloopstroming in de mantel, verraadden, hoe - bij het ontbreken van nadere gegevens terzake - hij met gedachte-experimenten op een "eenvoudige" manier via het verloop van het vormingsproces van de aarde aan zijn voorstelling van de werkelijkheid vorm trachtte te geven, waar het hem niet was gegeven het korst-mantel terugkoppelingssysteem "wie es eigenlijk (gewesen) ist" te bestuderen: in de geologie geen ongewone situatie. De evaluatie van voorhanden gegevens en verschijnselen gaf hem de overtuiging, dat de plastische mantel, waarin vanaf de oertijd kringloopstroomsystemen tot ontwikkeling waren gekomen, praktisch geheel door een starre aardkorst was omgeven. Kringloopstromingssystemen moesten verantwoordelijk worden geacht voor de vorming van de huidige configuratie van continenten en oceanen, zonder dat van een aanmerkelijke relatieve positieverandering van de continenten ten opzichte van elkaar meer sprake was. In Vening Meinesz' visie was voor de hypothese van Wegener nauwelijks meer plaats.

Hoofdstuk 9 Tussen graniet en satelliet (1945 - 1957)

Hervatting van marien zwaartekrachtonderzoek volgens het door hem in 1941 geschetste programma was in de op de bevrijding volgende periode voor Vening Meinesz voorlopig niet weggelegd: het land was ontredderd, de omringende zeeën waren nog vol van ongeëxplodeerde mijnen, de politieke ontwikkelingen, met name in het Indisch Archipelgebied waren ongewis en de enkele nog operationele duikboten van de Koninklijke Marine zouden vooralsnog voor urgentere taken dan wetenschappelijk onderzoek worden ingezet.

Al direct na de bevrijding werd Vening Meinesz tot Hoofddirecteur van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (K.N.M.I.) aangesteld om zijn wetenschappelijke / organisatorische talenten in te zetten bij de uitbouw van dit eerbiedwaardig instituut tot een actieve speler op gebieden van theoretisch en xplodeerdetoegepast (geo)fysisch onderzoek te land, ter zee en in de lucht.

Tezelfdertijd en mede om reden van zijn uitgebreid kennisnetwerk in de Verenigde Staten verzocht de regering hem om aldaar informatie in te winnen over de ontwikkeling van het wetenschappelijk onderzoek sinds 1940, het ontstaan van nieuwe theorieën en denkbeelden, benevens de oprichting van nieuwe bijzondere instituten.

Als voorzitter van de Rijkscommissie voor Geodesie stimuleerde hij de integratie van het geodetisch onderzoek van de landen ten westen van het "IJzeren Gordijn". Uiteindelijk wist hij zijn eigen marien zwaartekrachtonderzoek in het gebied van de Atlantische Oceaan vanaf 1949 weer nieuw leven in te blazen.

Dat Vening Meinesz desondanks de tijd vond om tussen 1946 en zijn emeritaat in 1957 - het jaar, dat de eerste "kunstmanen" werden gelanceerd - regelmatig over nieuw verworven inzichten op geologisch, geofysisch of geodetisch gebied te publiceren getuigt van zijn grote werklust en concentratievermogen.

In het licht van het scala van door hem uitgevoerde studies - variërend van onderwerpen betreffende de petrologie in de diepe aarde tot adviezen aan de Amerikaanse Luchtmacht over de ontwikkeling van het zwaartekrachtveld langs vluchttrajecten van ballistische projectielen - lijkt bovenstaande titel "Tussen graniet en satelliet" volledig verantwoord.

9a Aan de wieg van Z.W.O.

Na de in zijn eerste radiotoespraak als minister-president op 27 juni 1945 geuite zorgen over de toestand des lands - waarbij ook de status van het natuurwetenschappelijk onderzoek ter sprake kwam - voegde Schermerhorn op 15 september de daad bij het woord met een eerste ministerieel beraad over een toekomstige organisatie ter bevordering van grensverleggend wetenschappelijk onderzoek als verhoopte aanjager van industriële en agrarische activiteiten. Bij dat beraad was Vening Meinesz aanwezig. In een interview op 29 juli 1972 met Dr. G. Puchinger bracht Schermerhorn in de herinnering, dat hij "toen hem [Vening Meinesz] gevraagd [heeft] een reis te willen maken naar Amerika, en gebruik te maken van zijn talloze relaties aldaar om uit te vinden op welke gebieden wij bepaald achter waren".¹

¹ G.Puchinger, "Gesprekken met Dr.G.Puchinger over het minister-presidentschap" in: W.Drees e.a. (red.) *Minister-President in herrijzend Nederland* (Naarden 1977) 108.

Ook werd hem verzocht om daar de ontwikkeling van het wetenschappelijk onderzoek sinds 1940, het ontstaan van nieuwe denkbeelden en bijzondere instituten te inventariseren en om de mogelijkheden tot uitwisseling van onderzoekers en de wenselijkheid van het zenden van wetenschappelijke vertegenwoordigers te evalueren. Voor de uitvoering van die opdracht maakte Vening Meinesz tussen eind oktober 1945 en april 1946 een studiereis, waarbij hij ondermeer vele "Ivy-League" universiteiten bezocht en discussies voerde met vertegenwoordigers van onderzoek faciliterende (financiële) instellingen.² Hoewel Vening Meinesz door zijn collegae gastvrij werd onthaald, wierp de "anti-Nederlandse retoriek van de Indonesische nationalisten" een schaduw over zijn bezoek.³

Terwijl aan het begin van de twintigste eeuw wetenschappelijk onderzoek in de Verenigde Staten voornamelijk een zaak was van privaat gefinancierde universiteiten, waren er daar in de loop van de eeuw enkele grote particuliere, extramurale organisaties ter bevordering van wetenschappelijk onderzoek bij gekomen zoals het "Carnegie Institution" en de "Rockefeller Foundation". Ook was het aandeel van militair - industrieel wetenschappelijk onderzoek daar gedurende het Interbellum sneller gegroeid dan in Nederland, waar vergelijkbaar, vanwege de "Commissie voor Physische Strijdmiddelen" door civiel personeel uitgevoerd onderzoek pas na 1924 traag van de grond kwam. En dan nog alleen op aandringen van de volksvertegenwoordiging, die verontrust was door - naar later bleek loze - geruchten, dat onze Oosterburen over een "dodende straal" zouden beschikken, waarmee vliegtuigen op afstand konden worden neergehaald.⁴ Het standpunt van de Nederlandse regering was toen dan ook, dat wetenschappelijk onderzoek bij ontbreken van industrieel onderzoek op breed terrein zaak van de Universiteit was. Vanaf 1930 zou de regering met de ontwikkeling van de Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (T.N.O.) er naar streven om verkregen algemeen inzicht praktisch toe te doen passen tot nut van de samenleving en dus langzaam afstand van haar eerdere standpunt nemen, maar veel vooruitgang was met de realisatie van dat streven aan het einde van het Interbellum nog niet gemaakt.

In de Verenigde Staten was eind 1939 door Vannevar Bush (1890 - 1979), voormalig President van het "Carnegie Institution", bij President Roosevelt aangedrongen op een verdergaande mobilisatie van burgeronderzoek ten dienste van de nationale verdediging. Maar het duurde nog wel even, voordat de argwaan tot deelname aan zo'n initiatief bij de elkaar naar het leven staande en door duplicatie van onderzoeksactiviteiten inefficiënte onderdelen van de krijgsmacht kon worden weggenomen. Uiteindelijk werd dan toch het direct onder de President ressorterend "Office of Scientific Research and Development" (OSRD), waarvan Bush als "Chief Scientist" voorzitter was, de belangrijkste organisatie terzake van de financiering van wetenschappelijk onderzoek, dat - voor wat de natuurwetenschappen betrof - vooral op de nationale verdediging was gericht. De organisatie voerde het beheer over meer dan 2000 programma's van onderzoek en ontwikkeling in grote bedrijven,

² F.A.Vening Meinesz, "Indrukken opgedaan in Amerika", in: *TAG* 2 56 (1947) 128 – 132.

³ W.J.Jong, "In memoriam Prof.Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz", in: *Geogr. Tijdschrift* 19 (1966) 193 – 194.

⁴ A.T.de Hoop, "Wisselende stromen en krijtformules", in: K.F.Wakker (red.) *Delfts goud. Leven en werken van achttien markante hoogleraren* (Delft 2002) 51.

universiteiten en krijgsmacht. Nochtans werd omwille van de nationale veiligheid een strenge compartimentalisatie van die projecten gehandhaafd, waardoor alleen de OSDR Raad van Advies overzicht hield bij de toedeling van contracten.⁵ De belangrijkste projecten betroffen het nucleair onderzoek, radar en navigatie systemen en 'operations research' ten dienste van de duikbootoorlog. En op het gebied van die "oorlogswetenschappen", zo meldde het *Amersfoorts Dagblad* van 24 oktober 1946, waren grote vorderingen gemaakt.

In het zicht van de beëindiging van de vijandelijkheden had Bush van President Roosevelt de opdracht weten los te krijgen tot het schrijven van een ontwerp voor de naoorlogse wetenschapspolitiek. Met als titel "Science - The endless frontier" kreeg zijn opvolger, President Truman, Bush' ontwerpvoorstel, dat een federaal ondersteund programma van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek en onderricht aan universiteiten en instituten - met inbegrip van onderzoek voor 's lands verdediging - onder burger toezicht behelsde. Zo'n programma zou de beschikbaarheid van gekwalificeerde onderzoekers moeten verzekeren en de volkswelvaart garanderen.⁶ Het was Bush' streven om het geëntameerde onderzoek na de oorlog de vrije hand te geven met ruime financiering van staatswege en een op te richten National Science Foundation als bemiddelaar. De ontwikkelingen in de politieke situatie lieten echter niet toe aan Bush' oproep "keep politics as far from science as possible" te voldoen. Zo werd het nucleair onderzoek voor het leger al snel onder de hoede van het Atomic Energy Committee (AEC) geplaatst en dat voor de marine onder het Office of Naval Research (ONR). Al met al zou het nog tot 1950 duren voor een tot de financiering van grensverleggend wetenschappelijk onderzoek beknotte National Science Foundation met een door de President benoemde leiding zijn beslag kreeg.

Maar vooralsnog nam binnen Bush' OSDR het National Defense Research Committee (NDRC) misschien wel de belangrijkste plaats in. Het is wel zeker, dat F.E. Wright, die ooit op de S-21 expeditie met Vening Meinesz meevoer, als "Special Advisor" van de NDRC en tevens bestuurder van de National Academy of Sciences de man was, die voor Vening Meinesz tijdens zijn bezoek aan de Verenigde Staten in Washington "vele deuren, die anders gesloten zouden zijn gebleven" wist te openen.⁷

Ter plaatse ervoer Vening Meinesz, dat de oorlog in nog sterkere mate dan men in Nederland vermoedde een technisch-wetenschappelijke oorlog was geweest en dat de grootste vooruitgang in de natuurwetenschappen daar was geweest, waar zij dienstbaar leken aan de oorlogsinspanning. Op die gebieden zou dan ook een grote inhaalslag moeten worden gemaakt. Maar de indruk bestond, dat velen in Nederland nog wars waren van een te intieme verstrengeling tussen grensverleggend onderzoek en defensie. Op basis van zijn oriëntatie over de verschillende manieren, waarop in de Verenigde Staten gelden voor onderzoek werden toegedeeld, oordeelde Vening Meinesz "dat een strikte scheiding tussen onafhankelijk bestuur, dat onderzoeksfondsen toewijst, en de groepen van wetenschappelijke onderzoekers, die plannen ontwerpen, onderzoeken en voorstellen, een gelukkige gedachte was". De invloed van grote maatschappijen bleek in die vorm buiten de deur te kunnen worden gehouden. Van de stichtingen, die de middelen bezaten om op grote schaal

⁵ Kevles, *Physicists*, 299 e.v.

⁶ Ibidem, 347.

⁷ Dagboek Vening Meinesz, Universiteitsmuseum Utrecht Arch. Nr 215.5.

onderzoek te stimuleren, subsidieerde de “Rockefeller Foundation” onderzoek door derden en de uitwisseling van onderzoekers. Maar met zo’n vorm van steun had het “Carnegie Institution” juist slechte ervaringen opgedaan: zij investeerde daarom haar middelen praktisch volledig in eigen onderzoeksinstituten. Bij Vening Meinesz kreeg evenwel eerstgenoemd financieringsmodel de voorkeur, hoewel hij minder ingenomen was met een financiering op basis van een jaarlijkse begroting, waardoor de continuïteit van langer durend onderzoek wel eens van ondoorzichtige machinaties afhankelijk kon worden.

Om van door anderen bereikte resultaten een goed gebruik te kunnen maken zou het noodzakelijk zijn, jonge wetenschappers met de zelfstandige uitvoering van grensverleggend onderzoek hetzij hier te lande, hetzij in het buitenland vertrouwd te maken. Afgezien van stimulering van onderzoek wachtte Nederland volgens Vening Meinesz ook een inhaalslag op onderwijsgebied. Terwijl de Verenigde Staten konden beschikken over een afgestudeerde per vijftig inwoners was die ratio in Nederland een op zeventien. Mede om de belangstelling voor uitwisseling of tewerkstelling van hoogleraren in Nederland te toetsen bezocht Vening Meinesz dan ook universiteiten rond Michigan, centrum van Nederlandse immigratie. Daar ervoer hij, dat de universiteiten ter plaatse ook al overvol waren met gedemobiliseerden, die een studie (weer) opnamen. Voor Nederland was de toestand des te ernstiger, omdat volgens Vening Meinesz de bestaande universitaire studie nauwelijks voldoende was om iemand tot volwaardig zelfstandig onderzoeker te vormen en een langer verblijf als assistent aan de universiteit daartoe nodig was.⁸

Om over de resultaten van wetenschappelijk onderzoek in dienst van de oorlogsvoering op gebieden, waarin hijzelf thuis was, beter geïnformeerd te worden, bezocht Vening Meinesz een reeks van Amerikaanse universiteiten. Na zijn bezoek aan Michigan had Vening Meinesz in het nabijgelegen Wisconsin de aldaar aan de universiteit werkzame geofysicus G.P. Woollard bezocht voor een gedachtewisseling over diens recente werk betreffende de geologische interpretatie van door hem in de Verenigde Staten onderzochte zwaartekrancht anomalies. [Later zou Woollard naam maken met een door hem gevolgde methodiek om op basis van onregelmatig verdeelde metingen op uniforme wijze het uitwendig zwaartekrachtsveld van de aarde af te leiden] De technieken voor plaatsbepaling ter zee en voor de oplossing van moeilijke problemen van driehoeksmeting bij het opmeten van zeearmen leken door de komst van radionavigatiesystemen als radar, loran en shoran welhaast opgelost.⁹

Voorts was veel kennis over oceaanstromingen verkregen bij de voorbereiding van amfibische operaties. Die informatie zou spoedig ter beschikking komen bij de - vanwege dienstgeheimen tot na de oorlog vertraagde - publicatie van het standaardwerk *The Oceans*, waarvan Harold Sverdrup de eerste auteur was.¹⁰ Sverdrup, die Vening Meinesz eerder in 1931 bij de organisatie van Wilkins’ “Nautilus” expeditie ontmoet had en die hij ook aan het begin van de studiereis in Washington al had gesproken, was nu werkzaam bij het Scripps Institute of

⁸ NA/ AOK / AZ / KMP, inv nr 2.01.03 / 5703.

⁹ Vening Meinesz, "Indrukken opgedaan in Amerika", 130.

¹⁰ H.U.Sverdrup, M.W.Johnson en R.Fleming, *The oceans; their physics, chemistry and general biology* (Englewood Cliffs 1942).

Oceanography, dat gelieerd was met de eveneens door Vening Meinesz bezochte Universiteit van Californië.

Tenslotte bezocht Vening Meinesz aan de Amerikaanse Oostkust enige universiteiten en onderzoeksinstituten. Op de Princeton Universiteit had Hess - sinds de S-48 expeditie een actief proponent van Vening Meinesz' "knik"-hypothese - een grote verzameling continue echolodingsprofielen van het Stille Oceaan gebied bijeengebracht. Gestimuleerd door zijn ervaringen in 1932 was Hess in 1934 als reserve-officier tot de Amerikaanse marine toegetreden. Na zijn mobilisatie eind 1941 had hij zich eerst met duikbootdetectie moeten bezig houden, alvorens van de marine het commando te krijgen over een bevoorradingsschip. Door zorgvuldig zijn routes over de Stille Oceaan naar de verschillende landingszones te kiezen en gebruik te maken van een modern continue registrerend echoloodstelsel, kreeg Hess een serie bodemprofielen van die Oceaan, die in 1946 de basis voor zijn publicatie over "guyots" (vlak afgeknotte, diep afgezonken fossiele vulkanen met een reliëf van 3 - 4000 meter) zou vormen.¹¹ In 1948 zou Hess de resultaten van een regionaal morfologisch onderzoek publiceren, waarin de structuur der diepzeetroggen van de Stille Oceaan overeenkomstig de ideeën van Vening Meinesz en Umbgrove was geclassificeerd.¹²

Op de Columbia Universiteit was ondermeer Maurice Ewing, die voor de oorlog aan Vening Meinesz een "crystal chronometer" had geleend en diens slingerapparaat had gekopieërd, zijn gesprekspartner. Ewing was in 1940 door het National Defense Research Committee gecontracteerd om op het "Woods Hole Oceanographic Institution" onderzoek te doen naar de geluidsvoortplanting onderzee als functie van de (dagelijks fluctuerende) watertemperatuur, zoutgehalte en druk. Dat onderzoek met behulp van een door Ewing zelf ontworpen "bathythermograaf" had ondermeer als resultaat de ontdekking van het "Sound Fixing and Ranging (SOFAR) Channel". Bovendien had hij in oorlogstijd een reeks seismometrische instrumenten en fotoapparatuur voor diepzeesonderzoek ontwikkeld. Gesprekken bleven niet tot Ewing's werkkamer beperkt. "The two men could not stop discussing geophysics, and Vening Meinesz apologized repeatedly to Mrs Ewing for it. When she said, that she was accustomed to shoptalk, Vening Meinesz replied "But we are not talking shop, we are talking a whole department store".¹³

Na zijn terugkeer in Nederland bleek in het licht van de naderende verkiezingen van juni 1946 de door de regering Schermerhorn - Drees gehoopte doortastende besluitvorming verzand in een breed uitwaaierende discussie. Daaraan droeg bij, dat men zich ook al op de hoogte had gesteld van de organisatie van fundamenteel onderzoek over de grenzen binnen Europa.

Zo was in België al in het Interbellum een "Fonds National de la Recherche Scientifique" opgericht, dat ook model kon staan voor een toekomstig ZWO. Dat "Fonds" had toen ondermeer de financiering van de stratosfeerballon FNRS - 1 van Auguste Piccard (1884 – 1962) bekostigd. Na de bevrijding zou het "Fonds" garant staan voor de constructie van de FNRS – 2, een experimenteel, onbemand

¹¹ Lawrence, *Upheaval*, 148 – 158.

¹² Kuenen, *Marine geology*, 100 e.v.

¹³ B.J.Collette, "In memoriam Prof.Dr.Ir.Felix Andries Vening Meinesz", in: *Geologie en Mijnbouw* 45 (1966) 287.

duiktoestel. In samenwerking met de Franse overheid zou later onder leiding van Piccard en de Franse, aan de "Groupement des Recherches Sous-Marines" verbonden marineofficier Jacques Cousteau (1910 – 1994) dat ontwerp verbeterd worden en als bemande "bathyscaaf" uitgevoerd de aanzet blijken te zijn geweest tot een tot heden voortgaande ontwikkeling van R.O.V.'s (Remotely Operated Vehicles). In die ontwikkeling zou na aankoop van de FNRS – 3 en kennisoverdracht terzake in 1958 ook het Office of Naval Research in de Verenigde Staten een belangrijke speler worden.

Het door de binnenlandse politieke ontwikkelingen veroorzaakte verlies aan momentum had tot gevolg, dat in Nederland na 1 augustus 1946 door een nieuwe ambtelijke Commissie tot Voorbereiding van de Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek de beraadslagingen over een ontwerp "Wet ten behoeve van het Wetenschappelijk Onderzoek" zouden worden voortgezet. Het prefix "Zuiver" was al los gelaten, want in een periode, waarin aller inspanning was gericht op (industriële) herstel van een gehavende samenleving, was de benaming "zuiver" in de zin van "zonder direct maatschappelijk nut" misschien wel prijzenswaardig, maar daarmee nog niet acceptabel in een naar egaliteit strevende samenleving, waaraan ieder zijn steentje moest bijdragen, zich "nuttig" moest maken.

In die Commissie bleef Vening Meinesz zich binnen het kader van de aan hem door de overheid gegeven opdracht en voorzover zijn andere taken dat toelieten bezighouden met de ontwikkeling van plannen ter stimulering van fundamenteel onderzoek in Nederland. Hij ervoer toen, dat verschillende instellingen, zoals de stichting "Fundamenteel Onderzoek der Materie", waarin Universiteit en Industrie samenwerkten en het "Fysisch Laboratorium voor Militaire Research - TNO" - verre nazaat van de eerder genoemde "Commissie voor Fysische Strijdmiddelen" - zich organisatorisch en financieel slecht verhielden tot wat hem voor ogen stond: een college, dat voorstellen voor (vooral) aan universiteiten uitgevoerd fundamenteel wetenschappelijk onderzoek beoordeelde en financierde. Maar ook de ruimte voor financiële ondersteuning door de overheid bleek beperkter dan verwacht, reden waarom Vening Meinesz zich afvroeg of "de wetenschappelijke mogelijkheden in Nederland toch kleiner waren dan men gedacht had".¹⁴ Een realiteit, waarvan professor Van der Leeuw - in 1946 minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschap - in zijn uit 1947 stammend pamflet met de titel *Nationale Cultuurtaak* vaststelde: "Zonder onbaatzuchtig en slecht beloond wetenschappelijk onderzoek vervallen binnen korte tijd alle economische waarden". Een stelling, waar de eindexamenkandidaten van 1960 nogmaals mee werden geconfronteerd in hun tekstbehandeling!

Hoewel de keuze voor een "Rockefeller Foundation" - achtige opzet snel was gemaakt, kreeg Vening Meinesz maar weinig steun voor zijn idee door middel van "fellowships" een opleiding tot volwaardig onderzoeker te realiseren. Daarin zou het met de Verenigde Staten in 1949 overeengekomen programma mogelijk weten te voorzien, dat onder verantwoordelijkheid van de "US Educational Foundation in the Netherlands" zou worden uitgevoerd en waarvan Vening Meinesz tot een der bestuursleden werd benoemd. Pas in april 1950 kwam een "Stichting voor Zuiver

¹⁴ A.E.Kersten, *Een organisatie van en voor onderzoekers: de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) 1947 – 1988* (Assen 1996) 48.

Wetenschappelijk Onderzoek" (Z.W.O.) tot stand met het doel om projecten met grensverleggend en tot breder begrip leidend potentieel op basis van kwaliteitsbeoordeling door een landelijke commissie met overheidsfinanciering buiten de gewone universitaire begrotingen om te faciliteren en in het bestaande stramien van zich met onderzoek bezighoudende instellingen te integreren. Terwijl men "ZWO" eerst nog als een voorlopige organisatie beschouwde met een beperkt budget en onduidelijke beoordelingscriteria, groeide de organisatie met allengs ruimere middelen uit tot een vaste pijler in het onderzoeksbeleid. Een ontwikkeling, die Vening Meinesz - nog tot augustus 1958 lid van de grotendeels door vertegenwoordigers van de universiteiten en hogescholen gevormde Raad van Bestuur - stellig verheugd zou hebben.¹⁵

Was men in Nederland ten behoeve van de oprichting van "ZWO" al niet over een nacht ijs gegaan, ook in de in 1946 terzake zoveel beter voorbereide Verenigde Staten duurde het tot 1950, voordat Bush' voorstel van 1945 in de oprichting van de "National Science Foundation" ter stimulering van sociaal veelbelovende onderzoeksprojecten resulteerde.¹⁶

9b Een nieuwe lente voor het K.N.M.I.

Hoewel vanaf de mobilisatie in 1939 de publieke weerdiensten van het K.N.M.I. waren gestaakt, kon daar wetenschappelijk onderzoek - zij het in afnemende mate - nog wel doorgang vinden tot september 1944, toen bijna het gehele instrumentarium en delen van het archief van het Instituut werden geplunderd en afgevoerd. Het Instituut kon dan ook per maart 1945 voor het personeel worden gesloten, maar heropende zijn poorten weer direct na de bevrijding. Mede omdat de zittende Hoofddirecteur in 1944 pensioengerechtigd was geworden, riep men "om een figuur van onomstreden wetenschappelijk talent en samenbindend vermogen", die in staat zou zijn "de wrakke schuit, die in ondiep water was terecht gekomen en moeizaam zijn kiel met horten en stoten over de bodem voortbewoog, naar dieper en veiliger water te slepen". Die kwaliteiten dacht het Curatorium toe aan Vening Meinesz, Curator sinds 1937 en in 1944 pleiter voor nieuwbouw ten behoeve van een doeltreffender organisatie van de meteorologische diensten. Dat Vening Meinesz ook leefde in de harten van allen, die met hem eerder hadden samengewerkt bleek wel "...uit de aandoenlijke bezorgdheid, die in de bezettingsjaren leefde voor de vermaarde slingerapparatuur, welke onder de hoede van enkele getrouwen verhuisde van woning naar woning om deze aan het oog van de bezetter te onttrekken..." Zijn aanstelling op 14 mei 1945 tot Hoofddirecteur van dit vrij unieke, op praktisch alle gebieden der geofysica werkzame onderzoeksinstituut werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat per 1 juli daaropvolgend bekrachtigd.¹⁷

¹⁵ J.Veldkamp, "De betekenis van Felix Andries Vening Meinesz voor geodesie en geofysica", in: *Zenit* 14 2 (1986) 58.

¹⁶ Kevles, *Physicists*, 356 e.v.

¹⁷ C.J.Warners, "Vening Meinesz en het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap (Den Haag 1957) xlv - lv.

Vanaf haar stichting in 1854 had het K.N.M.I. zich in de voetstappen van de Duitse traditie van geofysisch onderzoek - waarbij geen scherpe afbakening tussen atmosferisch en terrestrisch onderzoek bestond - ontwikkeld tot een van de universiteiten onafhankelijk instituut voor theoretisch en toegepast onderzoek op geofysisch gebied in de uitgebreidste zin. Hoewel de doelstelling van het K.N.M.I. onveranderd "meteorologische waarnemingen..... met eenvormigheid te doen plaatshebben en de uitkomsten.....te verzamelen en uit te geven" was gebleven bij de verhuizing van het Instituut van Utrecht naar de Bilt in 1893, hadden sindsdien de weerdiensten, de klimatologie en de maritieme meteorologie een schaalvergroting ondergaan en waren nieuwe afdelingen voor geomagnetisch (1894), seismologisch (1904) en gravimetrisch onderzoek gecreëerd alsmede een afdeling "instrumentele research" met instrumentmakerij (1903), die elk voor hun activiteiten geschikte ruimten opeisten. Ondanks de inspanningen van het in 1899 ingestelde College van Curatoren voldeed omvang en inrichting van het bestaande complex in 1945 niet meer aan de behoeften van een organisatie voor geofysisch onderzoek in de breedste zin, die noch in Nederland noch over de grenzen haar evenbeeld kende.¹⁸ Bovendien hadden elders vanwege het militair-strategisch belang gedurende de oorlog de ontwikkeling van weersvoorspellende programma's, van onderzoek van circulatiepatronen in de hogere atmosfeer - die het weer tot op zeeniveau beïnvloedden en dus voor de luchtvaartontwikkeling belangrijk waren - en van de oceanografie een extra impuls gekregen.¹⁹

Zonder zijn inspanningen voor andere afdelingen van het K.N.M.I. te kort te doen, demonstreerde de uitbouw van de afdeling "Maritieme Meteorologie en Oceanografie" Vening Meinesz' voortvarendheid om zijn instituut weer aansluiting te geven bij het internationale geofysisch onderzoek. Al voor het einde van 1946 - na zijn definitieve terugkeer van de missie naar de Verenigde Staten en na het bestuur van het K.N.M.I. te hebben overgenomen van de vigerende president curator - maakte Vening Meinesz een onderzoeker vrij om gedurende de eerste helft van 1947 een studiereis naar de Verenigde Staten te ondernemen en daar eerst op het "Scripps Institute" in LaJolla (Californië) en vervolgens op het "Woods Hole Oceanographic Institution" (Massachusetts) kennis te nemen van de belangrijkste ontwikkelingen op oceanografisch gebied. Mede door in 1948 een gepensioneerd vlagofficier van de marine aan te trekken en als hoofd van die afdeling aan te stellen, faciliteerde Vening Meinesz de samenwerking met de marine en stelde zodoende enkele fysici in staat om aan boord van Hr Ms "Soemba" in 1948 oceanografisch onderzoek te doen, 's lands bijdrage aan onderzoek onder auspiciën van de "Internationale Raad voor Onderzoek der Zee". De resultaten zouden in een inmiddels in De Bilt gevestigd laboratorium verder worden onderzocht en tot voornamelijk theoretisch georiënteerde publicaties uitgewerkt. Naast dat soort non-routine werkzaamheden behoorde ondermeer de verzorging van getijdentafels voor havens langs de kust ten behoeve van Rijkswaterstaat tot de jaarlijks terugkerende bezigheden van deze afdeling van het K.N.M.I.²⁰

¹⁸ H.G.Cannegieter (red.), *Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut 1854 – 1954* (Den Haag 1954) 56 e.v.

¹⁹ P.J.Bowler, *The environmental sciences* (London 1992) 396 e.v.

²⁰ Cannegieter, *Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut*, 225 – 232.

Ten behoeve van de intercontinentale luchtvaart werden er op verzoek van de Verenigde Naties door de "World Meteorological Organisation" vanaf 1947 op een dozijn locaties in de corridor tussen Ierland en Groenland weerscheppen gestationeerd. Met door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat van de Verenigde Staten verkregen en vervolgens omgebouwde en door de marine bemande fregatten - de "Cirrus" (1947 - 1970) en de "Cumulus" (1950 - 1963) - bezette Nederland een of twee van die locaties, waarbij telkens een uit zeven personen bestaande groep waarnemers van het K.N.M.I. aan boord voor de metingen zorg droeg. Dagelijkse waarnemingen op oceanografisch gebied betroffen de bathythermografie ten behoeve van de Onderzeedienst en de Visserij, golfhoogtemeting en zeewaterbemonstering tot een diepte van 300 meter, terwijl incidenteel planktononderzoek werd uitgevoerd. Daarnaast kende ook het aantal zeeschepen, dat weerrapportages doorgaf, die door de afdeling Maritieme Meteorologie ten behoeve van de intercontinentale luchtvaart werden verwerkt, een aanzienlijke groei, nadat in 1949 voor het eerst een standaard scheepscade was geïntroduceerd. Tenslotte verleende Vening Meinesz persoonlijk aan de Rijksluchtvaartdienst nog zijn medewerking als adviseur van de Luchtvaartongevallen Onderzoeksraad en bij de installatie van meteorologische observatoria in Curaçao en Suriname, waartoe hij soms op korte termijn enkele reizen van langere duur moest ondernemen.

Het was dan ook niet onverwacht, aldus het *Amersfoorts Dagblad* van 1 maart 1951, dat nieuwbouw noodzakelijk bleek om aan de eisen te kunnen blijven voldoen, die door de sterk uitgebreide taak voor wederopbouw, defensie, luchtvaart, landbouw, visserij en samenleving als geheel aan het K.N.M.I. gesteld werden. "Met vindingrijkheid, voortvarendheid en doordringend vermogen om de talrijke ambtelijke instanties voor zijn ideeën [over de nieuwbouw] te winnen..." kon Vening Meinesz een compromis tussen ontwerpen, wensen en bouwkosten [in 1950 werd om elke baksteen gevochten] bereiken, zodat in september van dat jaar de nieuwbouw op gang kwam. Daartoe moest ook de sinds 1893 functionerende meetmast worden verplaatst en de meetmethodiek aangepast, waardoor een breuk in de trendschatting van de temperatuur optrad, waarmee immer nog de discussie over een broeikas-effect zich bezig houdt.

Het spreekt vanzelf, dat voorbereiding van de bouw op departementaal niveau alsmede de vervulling van andere verplichtingen zijnerzijds in het westen des lands een efficiënt agendabeheer van Vening Meinesz eisten, want de verbindingen waren zo direct na de oorlog nog niet wat ze waren geweest. Daarom combineerde hij bezoeken aan "Den Haag" met die aan de Rijkscommissie en aan de Hogeschool in Delft, waar hij op vrijdag een uur college geodesie - toen nog "landmeten" geheten - gaf. Hij arriveerde daar dan in de loop van de middag per dienstauto - gezeten naast de chauffeur - om op de van hem bekende, gezag uitstralende doch prettige manier de best wel moeilijke materie te doceren. En voor de terugreis naar Amersfoort had Vening Meinesz er geen bezwaar tegen om een der studenten - op diens verzoek - 'en route' een lift naar huis in de Krimpenerwaard te geven. In de auto ontspan zich dan meestal wel een gezellig gesprek tussen die passagier op de achterbank en de zich steeds omdraaiende Vening Meinesz. (pers. comm. Van Vliet)

Hoewel de uitbouw van het K.N.M.I. tot een volwaardig onderzoeksinstituut met een verviervoudigde personeelsbezetting van 340 man Vening Meinesz veel voldoening zal hebben geschonken, wilde hij zich toch weer geheel aan zijn

wetenschappelijk onderzoek kunnen wijden. Hem werd dan ook op eigen verzoek per 28 februari 1951 eervol ontslag verleend. Het *Utrechts Nieuwsblad* van 1 maart berichtte, dat tijdens de afscheidsreceptie - waarop Vening Meinesz vergezeld werd gezien door zijn zuster Coba van Marle - Minister Spitzen van Verkeer en Waterstaat hem dankte voor "de offervaardigheid en de blijmoedigheid, waarmee hij opbouw en reorganisatie van het K.N.M.I. ter hand nam in vijf zeer moeilijke naoorlogse jaren". Opvolging van iemand als Vening Meinesz was niet gemakkelijk. Tot Hoofddirecteur van een wetenschappelijk instituut als het K.N.M.I. werd - in weerwil van een door het Curatorium gewenste vakmeteoroloog - nu Ir. C.J. Warners benoemd, die als voormalig Minister van Verkeer, Energie en Mijnwezen in Nederlands-Indië eerder in het management van organisaties als op wetenschapsgebied zijn sporen had verdiend. Zo'n benoeming wekte in het K.N.M.I. toch wel enige ongerustheid, die op departementaal niveau zeker niet onopgemerkt zal zijn gebleven, zo schreef het *Dagblad van Amersfoort* op 29 mei 1951. Het is niet onwaarschijnlijk, dat mede om die commotie Vening Meinesz al spoedig - op 12 november 1951 - tot president-curator van het K.N.M.I. werd benoemd.

9c Een nieuwe start voor de Rijkscommissie voor Geodesie

Vanwege zijn eerder genoemde drukke werkzaamheden zou Vening Meinesz in juni 1947 het voorzitterschap van de Rijkscommissie overdragen aan de Delftse hoogleraar J.M. Tienstra (1895 – 1951), die al sinds de gijzeling van Schermerhorn in 1942 als secretaris was opgetreden. Maar na het voortijdig overlijden van Tienstra nam Vening Meinesz die taak vanaf september 1951 weer waar en werd 24 mei 1952 officieel herbenoemd als voorzitter van de Rijkscommissie voor Geodesie, een functie, die hij tot 14 februari 1957 - aan de vooravond van zijn emeritaat - zou bekleden. Na het overlijden in 1954 van de geoloog Umbgrove, hoogleraar te Delft, zouden de persoonlijke leden van de Commissie allen op een aan geodesie verwant terrein werkzaam zijn.

Drukke werkzaamheden waren voor Vening Meinesz ook de reden om eind 1945 te bedanken voor een nieuwe termijn als voorzitter van de Association Géodesique Internationale. Zijn opvolger werd de Amerikaanse geodeet W.D. Lambert (1879 - 1968), die in de voorafgaande periode vice-voorzitter was geweest. Gedurende de oorlog kon hij - tegen de verwachting in - gedurig contact houden met Vening Meinesz en de gedemobiliseerde generaal G. Perrier (1872 - 1946) in Frankrijk, die als secretaris-generaal van de Association in staat bleek - ondanks censoriale en communicatieve restricties - het *Bulletin Géodesique* tot het eind van de oorlog regelmatig te doen verschijnen met bijdragen van alle bij de oorlog betrokken partijen!²¹

Toen in 1948 Vening Meinesz' andere werkzaamheden in een rustiger vaarwater leken te zijn gekomen bleek het hem wel mogelijk een benoeming tot voorzitter van de overkoepelende "Union Géodesique et Geophysique International" voor de periode tot 1951 te aanvaarden. In die functie stimuleerde Vening Meinesz de evolutie van het uit 1936 daterende "Committee on the (Geological and Geophysical) Study of Ocean Basins" tot "Committee on the Physics of the Earth's Interior"

²¹ C.A. Whitten, "W.D. Lambert (1879 – 1968)", in: *Biographical Memoir of the National Academy of Sciences* (1973) 150.

(COPEI), dat vervolgens bijna jaarlijks een internationale conferentie zou organiseren. Uit COPEI kwam later de "International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior" voort en de daarmee verbonden "European Seismological Commission".²² Ook nam Vening Meinesz nog het initiatief tot de instelling van enkele andere studiegroepen, wat op nationaal niveau haar weerslag zou vinden in een herschikking van verantwoordelijkheden binnen de Rijkscommissie. Een van die nieuw gevormde studiegroepen was de Internationale Zwaartekracht Commissie, die ten doel had internationaal de uniformiteit in opname en reductie van zwaartekrachtmetingen te bevorderen.

De na "Dolle Dinsdag" sterk gereduceerde activiteiten van de Rijkscommissie trokken na de bevrijding snel aan, omdat talloze meetpunten van het Rijksdriehoeksmetings-netwerk zwaar beschadigd waren of helemaal verdwenen, zodat ze opnieuw moesten worden ingemeten, terwijl elders dringend behoefte bleek te bestaan aan nieuwe meetpunten ten behoeve van de wederopbouw.²³ Ook herstel van door oorlogshandelingen verloren gegane peilmerken werd ter hand genomen. Terwijl de evaluatie van de tot 1940 uitgevoerde Tweede Nauwkeurigheidswaterpassing nog niet was voltooid, werd - mede omdat men op kringsluitfouten was gestoten - in 1951 besloten tot een Derde Nauwkeurigheidswaterpassing.²⁴ Daarmee zou dan ook het aantal diepverankerde peilmerken in het westen van Nederland - waar peilmerken vanwege de aard van de ondergrond relatief dun gezaaid waren vergeleken met gebieden, waar die merken in de zandige ondergrond gemakkelijker konden worden verankerd - aanmerkelijk kunnen worden uitgebreid. Maar de watersnoodramp in 1953 zou de uitvoering hiervan wel enigszins vertragen.

In de loop van 1952 werden binnen de Rijkscommissie verschillende subcommissies ingesteld ten behoeve van beter toegesneden adviezen op uiteenlopende terreinen. Tot de subcommissies, waarin Vening Meinesz een stem had, behoorden die, belast met

- de bestudering van theoretische problemen bij berekeningen van grootschalige driehoeksmetingen, waarbij de vorm der geoïde een rol speelde;
- de reductie van zwaartekrachtmetingswaarden ten behoeve van hun benutting in de formule van Stokes;
- de interpretatie van zwaartekrachtsanomalieën;
- de bepaling van korstbewegingen te land door middel van alle mogelijke geodetische technieken.²⁵

Hoewel deze ontwikkeling zeker tot minder belasting van de Commissie als geheel zal hebben geleid, doorkruiste het de door Vening Meinesz gewenste integratie van specialismen. Overigens werd in 1957 een Subcommissie Zwaartekrachtsonderzoek ingesteld met coördinatie van alle activiteiten op dat gebied als doel.

Van vervlechting van onderzoek met onderwijs – zoals die nog tijdens de bezetting had bestaan - was toen nauwelijks meer sprake op Hogeschool of

²² R.Stoneley, "International co-operation in geodesy and geophysics", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de *Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xxxvi.

²³ *RCG 1945*, 4 e.v.

²⁴ *RCG 1951*, 5.

²⁵ *RCG 1952*, 2 e.v.

Universiteit, ook al voelde Vening Meinesz niet voor een scheiding tussen een “onderzoeks” en een “docerend” professoraat. Het verband tussen Fysische Geodesie - de door Vening Meinesz in Delft gedoceede wetenschap terzake van de invloed van de zwaartekracht op de vorm van de aarde - en de door Tienstra gegeven Landmeetkunde werd nog nauwelijks gelegd.²⁶ [Evenzo memoreerde overigens de Utrechtse hoogleraar Nieuwenkamp, dat ondanks de inspanningen beiderzijds “de afstand tussen goed geordende, uit directe observaties verkregen geologische kennis en de op indirecte wijze verkregen geofysische inzichten maar moeilijk te overbruggen bleek”.²⁷]

Politieke ontwikkelingen binnen Europa maakten uniformering en aansluiting van de verschillende nationale driehoeksmetingnetwerken tot een gemeenschappelijk Europees driehoeksmetingnetwerk urgent. In Duitsland hadden de geallieerden de hand weten te leggen op de complete inventaris van geodetisch en cartografisch materiaal van de Wehrmacht alsmede van materiaal, dat gedurende de oorlog op het Russisch leger was buitgemaakt. Vanuit geallieerd militair - strategisch oogpunt was met de beschikbaarheid van dit materiaal de creatie van een uniform Centraal Europees Driehoeksnet opportuun.²⁸

In de Rijkscommissie werden dan ook ideeën geopperd over de wijze waarop een gewenste koppeling tot stand zou kunnen worden gebracht. Vening Meinesz - die zich gedurende de bezetting (zie Hoofdstuk 8) met de relatie tussen geoïde en enig oppervlak, waaraan geodetische berekeningen refereerden, had bezig gehouden - stelde zich hierbij voor, de conversie van de op verschillende referentie oppervlakken gebaseerde stafkaarten naar een coördinaatstelsel “te bereiken via projectie van de ene referentiebol op de andere, waarbij de transformatie-elementen uit de coördinaatverschillen in de verbindingpunten zouden kunnen worden afgeleid”. Weliswaar een omvangrijke berekening, maar niet zo onuitvoerbaar als de traditionele afwikkelingsmethode.²⁹

Op uitnodiging van de Amerikaanse regering bezochten Vening Meinesz en Tienstra in 1949 het “Army Map Centre” en de USC&GS om deze methodiek ten behoeve van de integratie van nationale driehoeksmetingnetwerken toe te lichten. Ondanks de goede indruk, die deze oplossing op de Amerikaanse autoriteiten maakte en de pogingen om het rekenwerk in Nederland uit te doen laten voeren, koos de US Army Map Service uiteindelijk toch voor de installatie van een rekeninstituut in West Duitsland, waar werkkraft en een wijd verspreide kennis van de klassieke geodesie beschikbaar was.³⁰ Niettemin bleef er voor de Rijkscommissie zelf toch nog wel wat werk in de marge over zoals het “tot stand brengen van een verbinding tussen de primaire netten van Nederland en België”.³¹

²⁶ W.Baarda, "Zonder titel. Jacob Menno Tienstra", in: K.F.Wakker (red.) *Delfts goud. Leven en werken van achttien markante hoogleraren* (Delft 2002) 131.

²⁷ W.Nieuwenkamp, "Herdenking van Felix Andries Vening Meinesz", in: *Jaarboek 1966 der KNAW* (Amsterdam 1967) 369.

²⁸ D.J.Warner, "Political geodesy; the Army, the Airforce and the World Geodetic System of 1960", in: *Annals of Science* 59 (2002) 365.

²⁹ Baarda, "Geodetische aspecten", 9.

³⁰ Baarda, "Zonder titel" 128.

³¹ *RCG 1949*, 5.

9d Zwaartekrachtsonderzoek

De Nederlandse expedities.....

Bij het veertigjarig bestaan van de Onderzeedienst in 1946 en de plechtigheden rondom de uitreiking van de Militaire Willemsorde aan die Dienst in 1947 bleek de herinnering aan Vening Meinesz nog onvervaagd. "De reizen van de onderzeeboten K XIII, K XVIII en O 16, waarop Professor Vening Meinesz op bijna alle oceanen zijn onderzoekingen verrichtte, vestigden reeds voor de oorlog alom ter wereld de reputatie van Nederland op onderzeebootgebied", aldus Koningin Wilhelmina toen. Overigens bleek uit de arrestatie van een fraudeur, die zich van de schuilnaam "Vening Meinesz" bediende, dat ook zelfs de onderwereld hem niet vergeten was, aldus het *Utrechtsch Nieuwsblad* van 24 februari 1948.

Hoewel volgens het *Dagblad van Amersfoort* van 24 oktober 1946 Vening Meinesz de hoop koesterde snel zijn marien zwaartekrachtsonderzoek te kunnen hervatten in de zeegebieden tussen India en Japan en zelfs anticipeerde op een verdeling van onderzoeksgebieden, zou die hervatting althans vanuit Nederland nog jaren op zich laten wachten. Vooreerst had de wederopbouw van een in materieel en personeel opzicht op de haar opgedragen taak berekende zeemacht prioriteit. Hoewel door de Onderzeedienst een nieuwbouwproject van vier onderzeeboten al in een kort na de bevrijding ingediend vlootplan was opgenomen, kon door de slechte economische situatie daarvoor pas in de begroting van 1949 - 1952 een plaats gevonden worden. En dan nog leidde dat slechts tot een keuze voor een enkele, driecilinder, "hunter-killer" type onderzeeboot, waarvan de bouw nog weer wegens gebrek aan middelen moest worden uitgesteld tot 1954.³² Wel vond in 1952 de indienststelling van de hydrografische onderzoeksvaartuigen Hr. Ms. "Luymes" en Hr. Ms. "Snellius" plaats. Maar militair-strategisch (oceanografisch) onderzoek door die vaartuigen in de kustwateren van Nieuw-Guinea en Suriname zou voorlopig nog de mogelijkheid voor civiel-wetenschappelijk onderzoek blokkeren.

In de periode 1949 - 1959 was H.C.W. Moorman (1899 - 1971)

Staatssecretaris van Marine binnen het Ministerie van Defensie (Oorlog). Moorman had als Ltz1 het commando gevoerd over de O 12, waarmee Vening Meinesz in 1937 de oversteek van "de West" naar Nederland had gemaakt. Hij lijkt als Staatssecretaris een excellent aanspreekpunt voor Vening Meinesz te zijn geweest, wanneer laatstgenoemde - soms vergezeld van de latere hoogleraar G.J. Bruins (1909 – 2007) - het departement van Marine bezocht om de mogelijkheden voor een expeditie te onderzoeken en dan voor de uitvoering ervan zonder meer een duikbootreis toegezegd kreeg. "Daags daarna volgde dan de schriftelijke bevestiging". (pers. comm. Bruins)

In 1946 werd het slingerapparaat, dat dankzij de goede zorgen van personeelsleden van het K.N.M.I. uit handen van de bezetter was gebleven, uitgeleend aan de Subfaculteit van Geodesie en Geophysica van de Universiteit van Cambridge voor de expeditie met HMS "Tudor" in de wateren rond Ierland; een

³² J.H. baron Mackay, "De geschiedenis van de onderzeeboot", in: C.J.W. van Waning e.a. (red.), *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906– 1966* (Den Haag z.j.) 449 e.v.

onderzoek, dat eerder door de Engelse vlootmobilisatie in 1938 was gefrustreerd.³³ Op die expeditie assisteerde Nieuwenkamp bij observaties en gegevens verwerking.

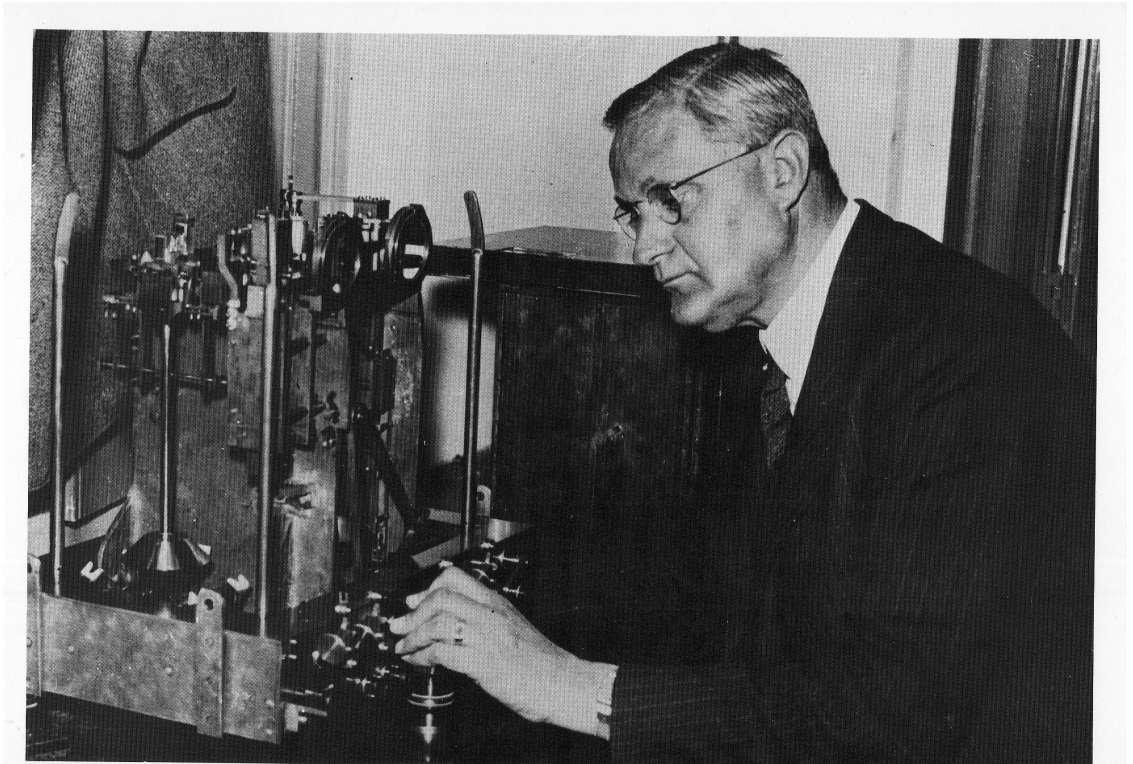
Op het K.N.M.I. werd door Drs H.J.A.Vesseur in samenwerking met de P.T.T. en Philips intussen een “kwartsklok” met reductiemechanisme geconstrueerd, welk instrument in 1948 haar “maidentrip” naar de Antillen zou maken als onderdeel van de meetapparatuur. In 1949 en 1951 volgden verdere expedities met een nog verbeterde versie van deze elektronische chronometer. Het slingerapparaat werd tussen 1953 en 1956 uitgeleend aan de University of California in Los Angeles om zwaartekrachtmeting op de Stille Oceaan door die Universiteit te stimuleren. Voor Nederlands onderzoek werd Vening Meinesz’ apparaat in 1957 voor het laatst gebruikt in de wateren aan weerszijden van de landengte van Panama. Tijdens dat onderzoek kwamen er al tekenen van slijtage aan de cardanische ophanging van het slingerapparaat en aan de zetting van individuele slingers aan het licht. Daar kwam nog bij, dat de inwendige configuratie van duikboten van de Koninklijke Marine zodanig gewijzigd zou worden, dat voor het slingerapparaat geen plaats meer was in het metacentrum van de boot. Bovendien bleken oppervlakteschepen minstens zo goed in staat tot zwaartekrachtsonderzoek op zee met de nieuwere modellen zee-gravimeters, die hetzij als op de zeebodem geplaatste en op afstand bedienbare toestellen, hetzij als in een schip op een gestabiliseerd platform geplaatste en continue registrerende meetinstrumenten konden worden ingezet.³⁴

De in het najaar van 1948 en in het voorjaar van 1949 over de Atlantische Oceaan tussen Europa en de Antillen met de O 24 uitgevoerde expedities (zie Bijlagen 16 en 17) hadden tot doel door aanvullende metingen van bodemreliëf en zwaartekracht het netwerk van meetpunten over dat traject te verdichten. Daarbij hoopte men met de inzet van de bij het K.N.M.I. geconstrueerde kwartsklok de precisie van de opnamen aanzienlijk te verbeteren. Toch vielen de resultaten tegen, omdat na ontwikkeling de fotografische registraties in toenemende mate onderbelicht bleken. De oorzaak hiervan bleek een op de optiek van het slingerapparaat afgezette dunne zoutfilm te zijn. Het ontstaan daarvan bleek te moeten worden gezocht in de bij de duikoperaties toen sinds kort toegepaste routine van binnenboordse ontluchting van de duiktanks. Ondanks de persoonlijke interventie van Vening Meinesz tijdens de expeditie kon op die oorzaak pas naderhand de vinger worden gelegd, waarna voorzieningen werden getroffen, die de optiek beter tegen deze aanslag zouden beschermen. Dat de toen gevonden voorzieningen afdoende waren, kon op grond van de in 1951 tijdens de expeditie met Hr. Ms. “Tijgerhaai” (zie Bijlage 18) - de laatste duikbootexpeditie, waaraan Vening Meinesz deel nam - verkregen goede resultaten worden geconcludeerd: alleen aan de marges lieten de registraties nog iets te wensen over. De meetgegevens van beide expedities werden voor de invloed van het zeebodemreliëf gereduceerd en (lokaal respectievelijk regionaal) isostatisch gecompenseerd, waarvoor de berekeningen door de Geofysische Afdeling van de Bataafsche Petroleum Maatschappij werden uitgevoerd.³⁵

³³ B.C.Browne, "The British submarine gravity survey of 1946", in: *Monthly Notices Royal Astron.Soc.* 840 (1947) 173 – 176.

³⁴ J.Veldkamp, *History of geophysical research in the Netherlands and its former overseas territories*, Deel 32 der Verhandelingen der KNAW, afd. Natuurkunde (Amsterdam 1984) 85 e.v.

³⁵ *RCG 1952 – 1955*, 12 e.v.



Figuur 20 Het slingertoestel onthuld

Ook als Hoofddirecteur van het K.N.M.I. werd Vening Meinesz nog geroepen "zijn" slingertoestel te reviseren.

Zo zou dan toch ook laatstgenoemde expeditie volledig voldoen aan de door Vening Meinesz tijdens een interview met Radio Nederland Wereldomroep op 21 oktober 1950 geuite verlangens naar vergroting van kennis van zich diep in de aarde afspelende processen middels zwaartekrachtmetingen in die gebieden van de Atlantische Oceaan, waar aardbevingen en gebergtevorming van de aanwezigheid van die processen getuigden.³⁶ Maar hijzelf zou met de door ziekte gevelde waarnemer Bruins Hr. Ms. "Tijgerhaai" in Lissabon verlaten om via Genève terug naar Nederland te vliegen. Volgens Bruins wist Vening Meinesz op die vlucht de piloot tot een "omweggetje" over de Alpen over te halen. (pers. comm. Bruins) Kennelijk was Vening Meinesz' overtuigingskracht aan die van Ewing gewaagd: "what he wanted was not only what he wanted, but what the Good Lord would have done".

Aan boord van Hr. Ms. "Zeeleeuw" (zie Bijlage 19) werden in 1956 in de diepere wateren van de Noordzee ten noorden van 58 graden noorderbreedte met het slingerapparaat zwaartekrachtmetingen gedaan ter aanvulling van een onderzoek in de ondiepere wateren van die zee, dat in 1955 met het fregat Hr. Ms. "Vos" was uitgevoerd met behulp van een door de Bataafsche Petroleum Maatschappij beschikbaar gestelde stationaire, op afstand bedienbare zeegravimeter. Doel van die expeditie was onderzoek naar aanwijzingen in het zwaartekrachtsveld van de

³⁶ <http://blogs.rnw.nl/haa>, geraadpleegd op 28 februari 2012.

Noordzee voor een verband tussen de postglaciale oprijzing van Scandinavië en bodemdaling van Nederland, waaraan door Vening Meinesz de overstromingsramp in Zeeland in 1953 werd toegeschreven. Ook andere geologen wezen intuïtief op die samenhang in het licht van hun observatie, dat de daling van Nederland sinds de ijstijd vele malen sneller leek dan de dalingsnelheid gemiddeld over een zeer veel langere periode. Voorts verschafte de expeditie een mogelijkheid om de driehoeksmetingnetwerken van aan de Noordzee grenzende staten aan elkaar aan te sluiten.

Op grond van theoretische modellen terzake van de korstdeformatie met inachtnaam van de materiële eigenschappen, die aan het substraat konden worden toegedicht, verwachtte Vening Meinesz, dat de snelle ontlasting ten gevolge van afsmelten van de ijsbedekking en het daarna ingezette isostatisch evenwichtsherstel van Scandinavië zou leiden tot een eeuwenlang, gedurig afnemende daling van randgebieden. Voor Nederland schatte hij die daling toen op zo'n twee millimeter per jaar, waaruit een zwaartekrachtsdeficit van omstreeks dertien mgal zou moeten resulteren, zoals voorhanden gegevens in het Waddengebied ook suggereerden. Tegenover die veronderstelde daling als reactie op de rijzing van Scandinavië stelde Vening Meinesz evenwel de ook door geologen onderschreven rijzing van het Ardenner Massief als uitvloeisel van de Alpiene orogenese.³⁷ "Discussies terzake van de verandering in de positie van de zeespiegel had Vening Meinesz al sedert maart 1954 met onderzoekers uit België, Duitsland en Texas gevoerd..... Mede op grond van studies door de Finse onderzoeker Niskanen voorspelde Vening Meinesz, dat de daling omstreeks het jaar 2000 ten einde zou komen en in rijzing zou overgaan; maar de bodembewegelijkheid is niet overal dezelfde.....," aldus het *Dagblad van Amersfoort* van 6 maart 1954.

Interpretatie van de resultaten van het integrale onderzoek door Collette resulteerde in een kaart van de geologische configuratie van de diepe ondergrond onder de Noordzee – in 1960 een der eerste kaarten van de ondergrond van dit gebied. De kaart gaf geen aanwijzingen over het bestaan van een met het Scandinavië samenhangende structurering buiten de depressie, gevormd door Skagerrak en Norwegian Channel. De kaart van isostatische anomalieën, die de configuratie van de sedimentaire invulling van de ondergrond zou kunnen representeren, gaf ruwweg het bestaan aan van later door boringen aangetoond verborgen reliëf zoals het oost-west lopend "Mid-Noordzee Hoog" en de zich in noordelijke richting verdiepende (later olierijk bevonden) "Viking Graben".³⁸

De door Hr. Ms. "Walrus" in 1957 (zie Bijlage 20) aan weerszijden van de isthmus van Panama uitgevoerde expeditie vervulde een door Vening Meinesz al in 1941 uitgesproken wens tot nader zwaartekrachtsonderzoek in dit gebied, waar op land de noord - zuid lopende Andesketens door een oost- west lopende - onder andere de rechtslaterale Oca- en El Pilar-breuken omvattende - zone worden doorsneden. Met het slingerapparaat werd nu een commercieel leverbare kwartsklok met

³⁷ F.A.Vening Meinesz, "Earthcrust movements in the Netherlands resulting from Fennoscandian postglacial isostatic re-adjustment and alpine foreland rising", in: *KNAW LVII* (Amsterdam 1954) 148 - 150.

³⁸ B.J.Collette, "The gravity field of the Northsea", in: G.J.Bruins (ed.) *Gravity expeditions at sea 1948 - 1958 Vol V* (Delft 1960) 63.

synchronisatie mechanisme ingezet. Hoewel in de loop van het onderzoek zowel de cardanische ophanging van het slingerapparaat als een der secundaire slingers door slijtage in hun werking werden belemmerd, bleken de uiteindelijke resultaten goed overeen te komen met de door verschillende Amerikaanse onderzoekers - met name Ewing en Hess - na de Tweede Wereldoorlog in dit gebied verkregen resultaten. Interpretatie van de door de expeditie verkregen informatie over het zwaartekrachtsveld ten westen van de isthmus van Panama in samenhang met de door anderen al verkregen resultaten terzake van het zwaartekrachtsveld in de Caribische Zee deed Vening Meinesz - mede op grond van zijn interpretatie van het zeebodemreliëf - concluderen, dat de structurele configuratie van het gebied werd veroorzaakt door compressie vanuit een noordnoordoostelijke richting ten gevolge van verschuiving van het Zuid-Amerikaans continent in die richting ten opzichte van het Caribisch gebied. Daarentegen leek de aanwezigheid van breuken met een zijwaartse verschuivingscomponent in westelijke richting langs de Noordkust van Venezuela in combinatie met de aanwezigheid van diepzeetroggen en negatieve zwaartekrachtsanomalieën ten westen van de Andesketens te wijzen op sleuring van het continent in die richting. Het gehele spectrum van verkregen inzichten versterkte bij Vening Meinesz de perceptie, dat een onder het Zuid-Amerikaans continent vanuit de mantel opwellende en zijwaarts neerdalende kringloopstroming voor deze verschijnselen verantwoordelijk kon worden gesteld.³⁹

..... en de internationale context.

Zoals beschreven werd in 1936 mede op initiatief van Bowie (voorzitter van de International Union of Geodesy and Geophysics) en van Vening Meinesz (voorzitter van de International Association of Geodesy) de stichting van een Internationaal Isostatisch Instituut ondersteund als beheerder van een databank voor wereldwijd verkregen zwaartekracht gegevens, die op uniforme wijze voor topografische (bathymetrische) effecten gereduceerd en isostatisch gecompenseerd waren. Het doel was om over een zodanige databank van zwaartekrachtsgegevens te kunnen beschikken, dat op voldoende nauwkeurige manier middels de Internationale Zwaartekrachtsformule en de toepassing van het Theorema van Stokes de afstand van de Internationale Ellipsoïde tot de geoid bepaald zou kunnen worden. Maar hiertoe zou men bij voorkeur moeten kunnen beschikken over tenminste een enkele zwaartekrachtswaarde per tienduizend km² van het aardoppervlak.⁴⁰ Van de oceaangebieden, die zeventig procent van de aarde bedekten, waren toen echter nog pas een kleine duizend door Vening Meinesz gedane observaties beschikbaar, minder dan een enkele procent van het benodigde.⁴¹

Genoemd Internationaal Instituut werd in Helsinki - hoofdstad van neutraal Finland - gevestigd met W.A.Heiskanen als directeur. Onder zijn leiding had in 1934 Hirvonen al een eerste poging gedaan met de voorhanden gegevens de golvingen

³⁹ F.A.Vening Meinesz, "Interpretation", in: G.J.Bruins (ed.) *Gravity expeditions at sea 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 28 – 34

⁴⁰ W.A.Heiskanen, "International co-operation in physical geodesy", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap (Den Haag 1957) 177 – 181.

⁴¹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 240 e.v.

van de geoïde te berekenen en Tanni, die in 1948 over meer materiaal kon beschikken, had dat resultaat al weer verder kunnen detailleren.⁴²

Onder invloed van de politieke ontwikkelingen in Finland en elders achtten Heiskanen en Vening Meinesz - tussen 1948 en 1951 voorzitter van de International Union of Geodesy and Geophysics - het raadzaam om het Instituut naar een locatie met betere vooruitzichten terzake van fysisch-geodetisch onderzoek te verplaatsen, zoals verwoord in Heiskanen's *Proposal for Relocation of the Isostatic Institute of the International Association of Geodesy* (1949).⁴³ Aldus arriveerde Heiskanen met zijn databank in 1950 bij de Ohio State University (OSU) te Columbus, Ohio (V.S.), waar het Universitair Instituut voor Geodesie, Fotogrammetrie en Kartografie al tijdens de Tweede Wereldoorlog een belangrijke uitvoerder van militair-geodetisch onderzoek was geweest. Deze informatie en de nu volgende reconstructie van ontwikkelingen bij het Amerikaans militair-geodetisch onderzoek, relevant voor de rol van dit Instituut aan het begin van de "Koude Oorlog", is geput uit Deborah Warner's "Political Geodesy: the Army, the Air Force, and the World Geodetic System of 1960" in *Annals of Science*, 59 (2002), 363 – 389.

Met steun van de IUGG (Vening Meinesz) bereidde Heiskanen na zijn aankomst in de Verenigde Staten een onderzoeksvoorstel voor in lijn met de doelstellingen van zijn Instituut. Dat voorstel vond weinig steun bij de (US) "Army Map Service", die toen bezig was met verbeteringen aan te brengen aan de in 1924 geadopteerde Internationale Ellipsoïde van Hayford, ondermeer door de meridiaan tussen Cairo en Kaapstad opnieuw astro-geodetisch en de afstand tussen Afrika en Amerika met behulp van de zonne-eclips van 1952 in te meten. Voor het Amerikaans leger leek een referentie ellipsoïde berustend op een astro-geodetisch bepaalde ellipsoïde en - met behulp van statistische en harmonische analyse van zwaartekrachtgegevens verkregen - globale inschattingen van anomalieën, dan ook voldoende accuraat voor de in hun strategie voorziene intercontinentale, met bemande strategische bommenwerpers uit te voeren vluchten.

De pas na de Tweede Wereldoorlog verzelfstandigde Amerikaanse luchtmacht had nog geen gevestigde traditie op het gebied van geodesie. Een belangrijk deel van haar routine militaire werkzaamheden werd als contractonderzoek bijvoorbeeld aan de OSU of aan andere civiele ondernemingen uitbesteed. En daarin zouden zij zeer succesvol blijken.⁴⁴ Voor de luchtmacht leek in een vroeg stadium kennis van het zwaartekrachtsveld van groot belang met het oog op het te verwachten gebruik van onbemande, ballistische projectielen, die met behulp van traagheids- of inertie-navigatiesystemen hun koers aanpasten en dus afhankelijk waren van de richting van de feitelijke versnelling van de zwaartekracht. En in een later stadium van rakettechnologie leek kennis van de ontwikkeling en van formules voor de afleiding van de zwaartekrachtspotentiaal buiten de aarde - zoals door Vening Meinesz in 1928 onderzocht - belangrijk voor de initiële berekening van satellietbanen.⁴⁵ Ook de werkgroep "Navigatie van (Intercontinentale) Geleide en Ballistische Projectielen" van de Research and Development Board van de krijgsmacht, waarvan

⁴² Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 282 – 294.

⁴³ D.J.Warner, "Political geodesy; the Army, the Airforce and the World Geodetic System of 1960", in: *Annals of Science* 59 (2002) 377 noot 62.

⁴⁴ J.K.Galbraith, *The new industrial state* (New York 1968; vierde druk) 318.

⁴⁵ Veldkamp, *Geofysica*, 39.

W.Lambert - Vening Meinesz' opvolger als voorzitter van de International Association of Geodesy - lid was, bleek in April 1951 ervan overtuigd, dat de verschillen tussen de door het leger gebruikte ellipsoïde en de geoïde tot substantiële vergissingen in de plaatsbepaling konden leiden, reden waarom in ieder geval toch nauwkeuriger kennis van de vorm van de geoïde noodzakelijk was. Mede op grond van berichten omtrent in de Sovjet Unie uitgevoerd gravimetrisch onderzoek besloot de leiding van de krijgsmacht om "datgene te financieren, dat bijdroeg aan de berekening van schietloodafwijkingen ten Oosten van de lijn Leningrad - Moskou - Stalingrad"; het niet in kaart te brengen gebied, dat restte van de Sovjet Unie na de verwerking van het - zoals eerder opgemerkt - door het Amerikaanse leger van de Duitse Wehrmacht verkregen kaartmateriaal

Aldus werd het "Air Research and Development Command", Dayton, Ohio aangewezen als begeleider van Heiskanen's onderzoek "*Application of Gravity Data to the Determination of the Geoid in Eurasia*", uit te voeren in het aan OSU's Research Foundation verbonden "Mapping and Charting Research Laboratory". Over zijn betrokkenheid bij het opzetten van dit "Gravity Program of Mapping / Charting Research" meldde het *Dagblad van Amersfoort* bij Vening Meinesz' vertrek - begin september 1952 - naar de Verenigde Staten, dat hij als adviseur voor de US Airforce het kortelings ervoor opgerichte "Mapping and Charting Research Lab" (Columbus, Ohio) zou bezoeken "waar alle driehoeksmetingen en kaarteringen uit de gehele wereld geüniformeerd zullen worden verwerkt.... De door Vening Meinesz verrichte onderzoeken zullen de basis vormen voor de arbeid van het nieuwe Amerikaanse Instituut". In feite zou Vening Meinesz adviseren om wereldwijd het netwerk van zwaartekrachtmetingen te verdichten om daardoor met meer succes het Theorema van Stokes te kunnen toepassen om schietloodafwijkingen te bepalen en de kennis van vorm en afmetingen van de Internationale Ellipsoïde met hetzelfde volume als de geoïde substantieel te verbeteren. Tijdens zijn bezoek gaf Vening Meinesz ook een serie colleges over zijn zwaartekrachtonderzoek aan officieren van de luchtmacht, die in 1954 de exclusieve verantwoordelijkheid voor de uitvoering van de voornaamste ballistische programma's zou krijgen.⁴⁶

Na zijn terugkeer uit de Verenigde Staten en in aansluiting op de aldaar verkregen informatie over in de Sovjet Unie uitgevoerd, vergelijkbaar onderzoek, pleitte Vening Meinesz in december 1952 in de *Verhandelingen van de KNAW* voor een op fysische in plaats van op enkel geometrische consideraties gebaseerd plaatsbepalingssysteem, waarin het probleem om het centrum van de Internationale Ellipsoïde te doen samenvallen met het zwaartepunt van de aarde en het probleem om de verscheidene nationale geodetische netwerken te integreren tot een "World Geodetic System" zouden zijn opgelost. En dat kon enkel door consequent van een dicht, de gehele aarde bestrijkend netwerk van zwaartekrachtmetingen gebruik te maken. Maar het ontging Vening Meinesz niet, dat voor de realisatie van dit idee er nog veel te weinig (mariene) zwaartekrachtmetingen waren; hij twijfelde er echter niet aan, dat het uiteindelijke resultaat - kennis van de Internationale Ellipsoïde, waarvan het volume met dat van de geoïde zou overeenkomen - de benodigde inspanning zou rechtvaardigen.⁴⁷ Binnen het bepleite systeem zou mogelijk de eenheid van hoogte

⁴⁶ Clair E.Ewing, "Research and development in the field of geodetic science", in: *USAF Surveys in geophysics* 124 (1960).

⁴⁷ F.A.Vening Meinesz, "Physical geodesy", in: *KNAW LVI* (Amsterdam 1953) 19 - 33.

niet meer een (geo)metrische, maar een fysische grootheid - de eenheid van potentiële energie - moeten zijn..... Over de moeilijkheid een verbinding tussen een geometrische en een fysische eenheid te leggen, zou de Commissie nog jaren lang delibereren.⁴⁸

Als voorzitter van de International Union of Geodesy and Geophysics (1948 - 1951) was Vening Meinesz een van de initiatiefnemers van de organisatie van jaarlijks terugkerende internationale bijeenkomsten ten behoeve van de invoering van een universeel geaccepteerd isostatisch reductie model, op basis waarvan Heiskanen zijn onderzoeksproject zou kunnen uitvoeren. Tenslotte kostte een berekening van de isostatische reductie en de eventueel daaropvolgende compensatie van een meetpunt wel een dag rekenwerk met de toentertijd beschikbare rekenmachines en er waren duizenden meetpunten te bewerken.⁴⁹ Ook na zijn voorzitterschap bleef Vening Meinesz lid van verschillende subcommissies van die Union, die zich met de vormbepaling van de geoïde, interpretatie van zwaartekrachtsanomalieën, geodetische meting van continentverplaatsing en cartografische projectieschema's bezig hielden. Vanaf 1952 werden de meest terzake doende zwaartekracht-correctiesystemen op internationale zwaartekrachtsconferenties te Londen (1952), Columbus (1953) en Rome (1954) doorsproken, totdat in Toronto (1957) het Airy-Heiskanen systeem van regionale isostatische reductie universeel werd geadopteerd.⁵⁰ Zo'n regionale isostatische reductie - die tot gevolg heeft, dat de in de berekening gebruikte geoïde niet verder als resulterend equipotentiaalvlak zou kunnen worden beschouwd – zou tot een regionale isostatische compensatie moeten leiden; de zwaartekrachtswaarden van de gebruikte geoïde zouden nu gecorrigeerd (gecompenseerd) moeten worden tot die van het nieuwe equipotentiaaloppervlak - de co-geoïde -, die de nieuwe massadistributie omgeeft. In 1946 publiceerde Vening Meinesz een fundamentele verhandeling over dit probleem, waarvan in 1949 een vereenvoudigde samenvatting volgde.⁵¹

Ondanks de voldoening, die het in Toronto genomen besluit Vening Meinesz zal hebben gegeven, zou hij in 1958 toch opmerken, dat "ondanks het feit, dat er vele voorbeelden kunnen worden gegeven van berg- of oceaan-gebieden, waar een toestand van isostatisch evenwicht zich lijkt te hebben ingesteld, met andere woorden, dat isostasie een wereldwijd verschijnsel is, blijken er nog altijd onderzoekers te bestaan, die het streven naar een isostatisch evenwicht ontkennen".⁵² Maar wel was er toen al enige twijfel ontstaan over de geldigheid van het korstmodel, waarop de berekeningen voor reductie en compensatie waren gebaseerd.

Door het Amerikaanse leger werden in 1958 de eerste satellieten Explorer -1 en Vanguard - 1 in een baan om de aarde gebracht, waarvan de parameters op basis van de door het leger gemodificeerde Ellipsoïde van Hayford waren berekend. Maar

⁴⁸ RCG 1961 – 1963, 15.

⁴⁹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 176.

⁵⁰ Ibidem, 245 e.v.

⁵¹ F.A.Vening Meinesz, "The indirect isostatic or Bowie reduction and the equilibrium figure of the earth", in: *Bull Geod., N.S.* 1 (1946).

⁵² Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 198.

al spoedig na de lancering traden oscillaties in de excentriciteit van de baan van Vanguard - 1 op, waarvan de periode gelijk was aan die van de draaiingsas van de baanellips in haar vlak. Omdat de baan van een satelliet in hoofdzaak wordt bepaald door het zwaartekrachtsveld kunnen gevonden onregelmatigheden van de baan in verband met de vorm van de geoïde worden gebracht. Op den duur zouden baanvergelijkingen en verstoringen tot op aarde onmogelijk te verkrijgen inzichten leiden in de componenten van het zwaartekrachtsveld met een lange golflengte, zodat men tot de conclusie kwam, dat de feitelijke vorm van de geoïde iets "peervormiger" was dan door de Army Map Service voorspeld: een afplatting van het zuidelijk halfmond, waar vanwege de aanwezigheid van grote wateroppervlakken nu juist de astro-geodetische controle dun gezaaid was.⁵³

Mede omdat aan de legerleiding eerder was opgedragen haar artilleristische activiteiten tot projectielen met een reikwijdte tot 200 km te beperken, kwam toen al snel een einde aan het vanwege het leger uitgevoerde ruimtevaartprogramma en kreeg de luchtmacht met haar onderzoek bij het "Mapping and Charting Research Laboratory" ruim baan. Dat organiseerde in 1960 dan ook een eerste militaire conferentie over satellietgeodesie om tot een compromis over een voor alle partijen aanvaardbaar "World Geodetic System" te komen, in eerste instantie bedoeld om militair-strategische doelen voldoende nauwkeurig te lokaliseren.

Terwijl in 1948 de 840 observaties van Vening Meinesz bijna de enige informatie vormden, die Heiskanen toen over de zwaartekracht op zee bezat, was in 1958 het totale aantal hem ter beschikking staande mariene zwaartekrachtobservaties gegroeid tot omstreeks vier duizend, bijna alle verkregen dankzij de over verschillende oceanen ontplooide activiteiten van expedities, uitgerust met kopieën van Vening Meinesz' slingertoestel en gefinancierd door de Naval Hydrographic Office van de Verenigde Staten.

In het licht van het bovenstaande lijkt het minder voor de hand te liggen, dat toch niet de Amerikaanse luchtmacht maar de Amerikaanse marine omstreeks 1962 de belangrijkste gebruiker van dat "World Geodetic System" (WGS) zou blijken te zijn. Want toen werd op haar, door admiraal Rickover zo duur bevochten, met Polaris raketten uitgeruste, nucleaire onderzeebootvloot, het op WGS toegesneden NavSat-systeem voor plaatsbepaling geïnstalleerd. Een tiental jaren later zouden voor de positiebepaling van allerlei grenzen op het continentaal platform satellieten worden geïntroduceerd, die de bestaande - door het gebruik van Decca-radionavigatie bepaalde - nauwkeurigheidsmarge van tweehonderd meter tot minder dan tien meter zouden reduceren. En dat zou ondermeer in het licht van de distributie van olievelden over de Noordzee van groot economisch belang blijken te zijn.

Dat de ideeën van de jonge Ltz. Rickover over onderzeeboottechnologie en van de jonge hoogleraar Vening Meinesz over het praktisch gebruik van fysische geodesie op deze wijzen na de oorlog tot wasdom zouden komen, zullen zij tijdens de S-48 expeditie in 1932 zeker niet vermoed hebben. Maar - evenals de ontwerper - zouden het originele slingerapparaat (in Delft) en kopieën ervan (in de Verenigde Staten) spoedig met emeritaat gaan. Van die kopieën werd er een aan het Scripps Institution in Californië en twee aan de Columbia Universiteit (New York) toebedeeld.

⁵³ Veldkamp, *Geofysica*, 39.

Laatstgenoemde instrumenten werden later geschonken aan het Geoscience Centre van de Society of Exploration Geophysicists in Tulsa (Okla.), waar zij in de museumcollectie historische gravimeters zijn opgenomen en op internet van het "virtual museum" deel uitmaken, waar tevens in een gebruiksaanwijzing de uitvoering van de waarnemingen uitgebreid beschreven is.⁵⁴

9e Aan de vooravond van een doorbraak

Behalve met onderzoek naar de vorm van de aarde besteedde Vening Meinesz vanaf 1945 zijn tijd ook aan onderzoek naar het wezen en werking van kringloopstromingsstelsels in de aardmantel, waarvan volgens hem de oorzaak zou liggen in thermale evenwichtsverstoringen. Zijn publicaties over dit onderwerp zijn enerzijds theoretische beschouwingen over ontstaan en ontwikkeling van dat soort stromingen, anderzijds interpretaties van waargenomen verschijnselen, die hij beschouwde als product van een mechanistisch proces, waarin stromingen, gravitatief evenwichtsherstel en – ook - fysisch-chemische omzettingen in de mantel een rol speelden.

De theoretische beschouwingen hadden met elkaar gemeen, dat Vening Meinesz het bestaan van een wereldomspannend systeem van kringloopstromingen in de mantel deduceerde met behulp van een reologische argumentatie toegepast na een oversimplificatie van het gegevensbestand, zoals bijvoorbeeld in zijn voorstelling van een "tetraëder"-configuratie van de continenten tot uitdrukking kwam. Maar aan wat voor Vening Meinesz theoretisch misschien verklaarbaar was, ontbraken nog veel concrete, op bevindingen berustende argumenten en het daaruit voortvloeiend, op inductie berustend bewijs. Een belangrijke aanwijzing vormde uiteraard voor Vening Meinesz het feit, dat de trend van de 'Minus'-zone grotendeels samenviel met een van de door hem uit de korstrotatie - die middels kringloopstromingen in de mantel tot stand zou kunnen zijn gekomen - afgeleide schuifspanningsrichtingen. Maar ook leek Vening Meinesz het, uit een vergelijking van kaarten uit 1912 en 1942 volgend, verloop van de seculaire variatie van het aardmagneetveld een ondersteunend argument te geven voor de aanwezigheid van trage mantelstromen. Dat aardmagnetisch veld zou opgewekt kunnen worden door materiële stromingen in de buitenkern van de aarde. Vening Meinesz vond het niet ondenkbaar, dat die klaarblijkelijk relatief snelle stromingen in staat waren om langzamer kringloopstromingen in de mantel te genereren, die op hun beurt invloed op de korst zouden kunnen uitoefenen. Het viel hem in ieder geval op, hoe het langzaam westwaarts verschoven noord-zuid georiënteerd patroon van de seculaire variatie correleerde met een eveneens noord-zuid strekkend patroon van belangrijke, recent gevormde gebergtekets als de Andes.⁵⁵

"Levend" bewijs voor kringloopstromingsactiviteit in de mantel dacht Vening Meinesz in 1946 te kunnen ontleen aan de door Visser gevonden distributie van aardbevingshaarden in Nederlands-Indië.⁵⁶ Met name in het door de Kleine Soenda Eilandenboog begrensde Banda Zeegebied kon door Visser – en naderhand door

⁵⁴ <http://www.mssu.edu/seg-vm/picto553.html>, geraadpleegd op 27 februari 2007.

⁵⁵ F.A.Vening Meinesz, "Correlation between geomagnetic field and tectonic movements?", in: *KNAW LVII* (Amsterdam 1954) 395 – 399.

⁵⁶ S.W.Visser, "On the distribution of earthquakes in the Netherlands East Indian Archipelago", in: *Verh. Kon. Magn. Met. Obs, Batavia* 22 (1930).

Berlage⁵⁷ – de distributie van aardbevingshaarden gedetailleerd in kaart worden gebracht. Die haarden lagen in het kustgebied van die boog vlak onder het oppervlak, maar leken over een met 45 graden naar het noorden afhellend vlak tot een diepte van omstreeks 600 km geclusterd voor te komen. Op basis van dwarsprofielen door dit gebied, voorzien van relevante geologische informatie, correleerde Vening Meinesz de oprijzing van de eilandboog enerzijds en de klaarblijkelijke daling van de Banda Zee bekken anderzijds met de aanwezigheid van een convectie cel in het substraat. Spreiding, samengaan met spanningsontlading boven het stijgend en uitwaaiierend stromingskanaal zou ondiepe aardbevingen onder de eilandboog veroorzaken, terwijl een te verwachten drukontlasting aan de basis van het neergaande stromingskanaal de enkele, in de diepte optredende aardbevingen teweeg zou kunnen brengen.⁵⁸

Was daarmee in geofysische zin het gehele orogenetisch proces verklaard? Geenszins! Geologen waren indertijd van mening, dat bekkenvorming en opvulling – waarbij het Ganges-bekken als voorbeeld diende en model stond voor de creatie van een "Minus"-zone – synchroon moest verlopen met de vorming van een aangrenzend gebergte. Dat leek ook in het bovenvermelde Banda Zee gebied het geval. Maar er waren niettemin duidelijke aanwijzingen, dat tussen de opvulling van een bekken en de aanzet tot gebergtevorming daaruit een aanzienlijke rustperiode lag. Aan de uitwerking van zijn visie en de ontwikkeling van een geofysisch model, dat de evolutie van een geosynclinaal tot een gebergte kon verklaren, zou Vening Meinesz in 1947, 1948, 1950 en 1957 enkele publicaties wijden. Met als uitgangspunt de geologische configuratie en de geofysische gegevens van Nederlands-Indië kwam hij kort samengevat tot het volgend concept, gebaseerd op de aanname, dat een excès aan radioactieve materie in de continentale korst in vergelijking tot die van de aangrenzende oceanische korst tot een hogere temperatuur in de bovenste lagen van het continentaal substraat en tot een laterale temperatuurgradiënt en een materiële, convectieve stroming (van enkele centimeters per jaar) in de richting van het oceanisch substraat zou moeten leiden. Genoemde convectieve stroming zou in compressie van de bovenliggende korst resulteren, waarna – als de samendrukkende kracht voldoende was aangegroeid – een (mogelijk asymmetrische en door breukvorming begeleide) inbuiging ("knik", bekkenvorming) zou volgen. Doorgaande inbuiging en sedimentaire opvulling met elders geërodeerd, relatief licht, korstmateriaal zou niet alleen een gravitatieve "Minus"-zone creëren, maar ook een naar de diepte groeiende kolom van radioactieve materie. Warmte-uitwisseling tussen die kolom en het omgevend substraat zou – over een lange periode van schijnbare inactiviteit aan het aardoppervlak – het vertikaal temperatuursverloop in de convectiecel zodanig beïnvloeden, dat deze stroming uiteindelijk geheel tot stilstand kwam, compressie van de korst verdween en relaxatie inzette, waarna isostatisch evenwichtsherstel tot een relatief snelle opwelling van het bekken en uiteindelijk gebergtevorming zou leiden.

Na Hess' ontdekking van de aanwezigheid van diepzeetroggen in oceaangebied – waar geen substantiële continentale korstontwikkeling werd

⁵⁷ H.P. Berlage, "A provisional catalogue of deep-focus earthquakes in the Netherlands East Indies 1918 – 1936", in: *Gerlands Beitrage zur Geophysik* 50 (1936) 7 – 17.

⁵⁸ F.A. Vening Meinesz, "Deep-focus and intermediate earthquakes in the East Indies", in: *KNAW XLIX* (Amsterdam 1946) 855 – 865.

verwacht – zou Vening Meinesz de werking van zijn geosynklineaal ontwikkelingsmodel tot die gebieden uitbreiden.⁵⁹ Daarbij kregen de bodem-sedimentatie en de verschillen in fysische eigenschappen tussen continentale en oceanische korst een belangrijke plaats in de aard en mate van inbuiging en vervolgens opwelling ten gevolge van het verloop in de ontwikkeling van het compressief krachtenveld. Vening Meinesz verwachtte, dat de opwelling, de vorming van een oceanische rug hoogstens tot een reliëf van enkele honderden meters zou leiden.⁶⁰ Waar een geosynklineaal zich zou ontwikkelen op de grens tussen continent en oceaan, zou het lichtere continentale korstsegment mogelijk over het zwaardere oceanische korstsegment kunnen schuiven, zoals door Benioff in 1951 op grond van aardbevingsgegevens was vastgesteld.⁶¹

Voor Vening Meinesz was de configuratie van het Oostafrikaanse Slenkgebied een cruciaal voorbeeld van hoe een onder een continent opstijgende en uitwaaiierende mantelpluim rek en vulkanisme teweeg kon brengen. Toch kwam de eerdergenoemde Bullard – medewerker van Jeffreys in Cambridge, die aan de mantel die plastische eigenschappen ontzegde, die voorwaarde waren voor convectorie – in 1936 op grond van een zwaartekrachtsprofiel tot de conclusie, dat krimp in plaats van rek in dit gebied een hoofdrol speelde. Een visie, die mogelijk aan Vening Meinesz' aandacht zou zijn ontsnapt, als Holmes in zijn in 1944 verschenen *Principles* niet enkele bladzijden (438 – 441) had gewijd aan dit "product of deep-seated compression" als alternatieve verklaring voor de evolutie van dit gebied. Nu moest Vening Meinesz wel in het geweer komen. In "Les "graben" africaines resultats de compression ou de tension dans la croute terrestre?" wist Vening Meinesz zichzelf en anderen op basis van dezelfde morfologische en gravitatieve gegevens ervan te overtuigen, dat genoemde horst-en-slenk structuur evenzeer als het gevolg van rek konden worden geïnterpreteerd, terwijl het begeleidende, zij het discontinue vulkanisme wel degelijk in verband met kringloopstromingen kon worden gebracht. Ook speelden bij de interpretatie van de zwaartekrachtsprofielen structuur – geologische overwegingen een rol: de randbreuken, die de slenk begrensd, bleken onmogelijk beschouwd te kunnen worden als de ondiepstekende overschuivingsvlakken, zoals Bullard in zijn interpretatie had aangegeven.⁶²

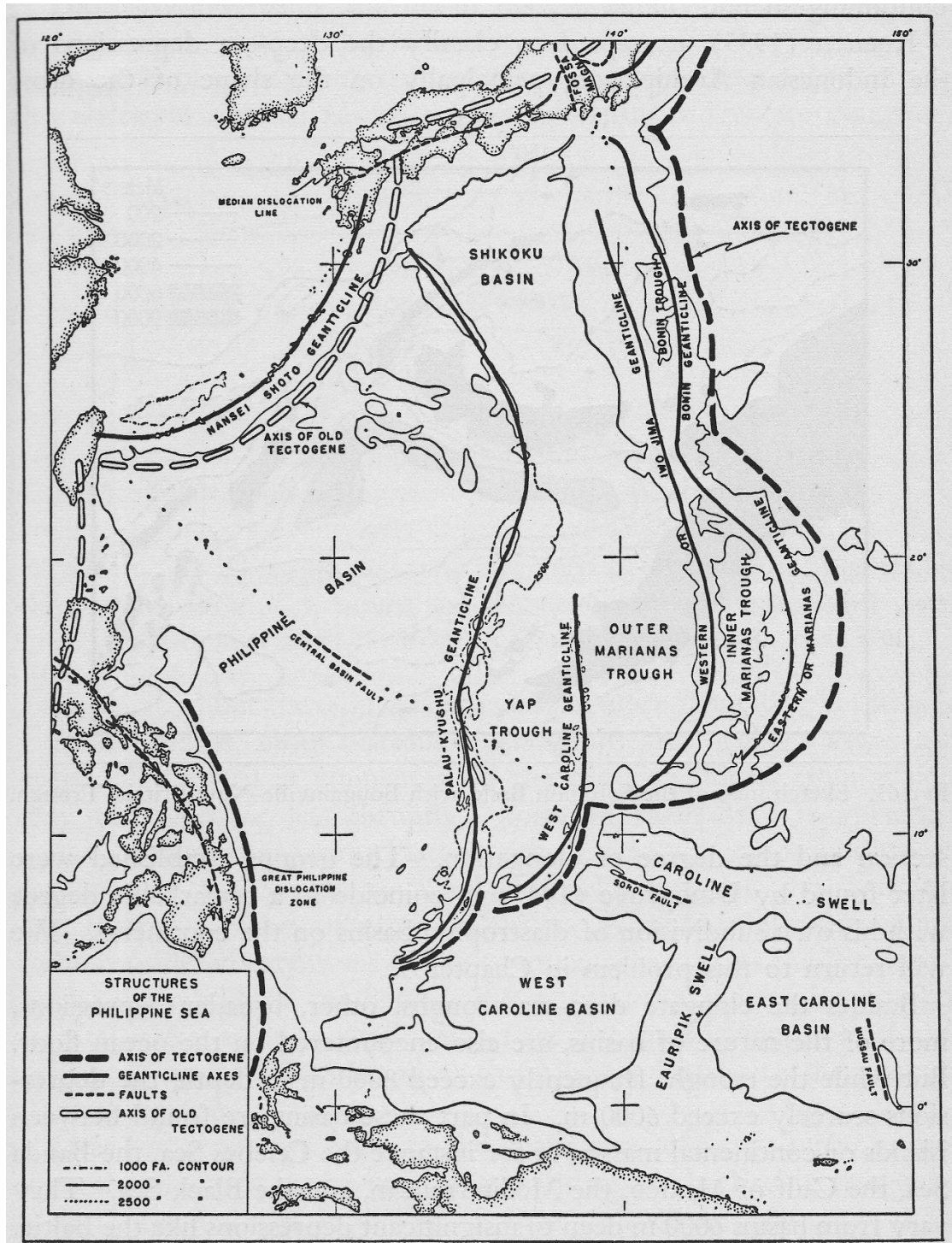
Maar er kwamen ook indicaties aan het licht, die tegen kringloopstroming op grote schaal pleitten; voornamelijk van de kant van seismometrie. Door intensieve bestudering van (aardbevings-)seismogrammen, verkregen door een sterk gegroeid netwerk van observatoria, was de consensus over een ongecompliceerde driedeling van korst, mantel en kern onder druk gekomen. Meer detailinformatie had geleid tot een verdergaande onderverdeling van de plastische mantel in zones, waaraan onderscheiden fysisch – chemische en derhalve convectieve stromings-eigenschappen konden worden toegedicht. Hoe gecompliceerder de zonering, des te ingewikkelder het patroon van convectiekernen.

⁵⁹ H.H.Hess, "Major structural features of the Western Northern Pacific", in: *Bull. Geol. Soc. America* 59 (1948) 417 – 446.

⁶⁰ F.A.Vening Meinesz, "The geophysical history of a geosyncline", in: *KNAW LX* (Amsterdam 1957) 126 – 140.

⁶¹ H.Benioff, "Seismic evidence for crustal structure and tectonic activity", in: Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 69.

⁶² F.A.Vening Meinesz, "Les graben africaines resultat de compression ou de tension dans la croute terrestre?", in: *Kon. Belg. Kol. Inst. Bull. der Zittingen XXI* 2 (1950) 539 – 552.



Figuur 21 Bodemreliëf van de Noordwestelijke Stille Oceaan (volgens Hess)

Al spoedig na het einde van de Tweede Wereldoorlog had Hess de uit het Stille Oceaangebied beschikbaar gekomen echoprofielen geïnterpreteerd en belangrijke nieuwe "tectogenen" op de kaart gezet.

(naar Kuenen, 1950)

Zo kwam in 1951 Birch tot de conclusie, dat tussen 900 en 200 kilometer diepte onder de aardkorst zich een overgangslaag moest bevinden, gekenmerkt door een

dichtheidsverandering, die – naar oppervlakteomstandigheden van temperatuur en druk gerekend – zou kunnen worden toegeschreven aan een over genoemd interval plaatsvindende drukontlasting, die in een faseverandering van een dichtere naar een lichtere vorm van een mineraal als olivijn kon resulteren. Aangezien kringloopstromingen van de soort, die Vening Meinesz tot dan had bestudeerd, zich alleen in een homogene laag konden afspelen, betekende Birch's ontdekking, dat er meerdere stromingsstelsels van een kleinere uitgebreidheid en over meerdere opvolgende lagen verdeeld in het spel zouden kunnen zijn.⁶³

Zo bleek door het combineren van gegevens van onderscheiden invalshoeken als magnetometrie, gravimetrie, seismometrie en warmtemeting een nieuw elan aan het onderzoek naar de aard van het inwendige van de aarde te kunnen worden gegeven met een snelle opeenvolging van nieuwe ideeën als gevolg. Maar tot een synthese van die ideeën binnen een door velen gedeeld concept ter zake van de evolutie van een geosynclinaal tot een gebergte kwam het niet.

In Nederland vond in de onderhavige periode een soort van markering van het geofysisch domein plaats, die bijvoorbeeld in de indexering door de K.N.A.W. tot uitdrukking kwam. Waar eerder voor Vening Meinesz' verhandelingen een plaatsje werd ingeruimd onder trefwoorden als “mathemathiek”, “geodesie”, “fysica” of zelfs “geologie”, kregen zij voortaan onder het trefwoord “geofysica” de ruimte!

Permanentie van continenten en oceanen vormde vooralsnog het geologisch denkkader. Compressie en onderschuiving waren naar veler overtuiging de oorzaak van plooiingen en gebergtevorming. Met de steun van Griggs' experimenten (zie Hoofdstuk 7) paste Vening Meinesz' “knik”-hypothese, waarin convectiestroming door warmtegeneratie in het inwendige van de aarde een hoofdrol speelde, redelijk wel in dat stramien. Door andere geologen werden echter zich in de ondiepe mantel afspelende fysisch-chemische processen als fundamentele oorzaak van gebergtevorming gezien. Een van hen was R.W.van Bemmelen (1904 - 1983), sinds 1950 buitengewoon hoogleraar in de economische geologie in Utrecht en voor zijn studenten in het veld een inspirerend geoloog. In de mede op zijn ervaringen als vulkanoloog in Indië gebaseerde “Undatietheorie” (1932) verdedigde hij de stelling, dat in de overgangszone tussen continent en oceaan zich boven in de aardmantel een (evenwichtsverstoring) proces van fysisch-chemische differentiatie in lichtere en zwaardere fracties afspeelde, waardoor vanuit de ondiepe mantel opwaarts welvingen (“buoyant blisters”) in de aardkorst werden gecreëerd, op een vergelijkbare wijze als door expanderende dampbellen in kokend water. Als gevolg van het aan het aardoppervlak ontstane reliëf zou het daar aanwezig dikker of dunner gesteentepakket kunnen afglijden, overschuiven of verplooiën onder invloed van de zwaartekracht. Primair in deze visie staan (differentiële) verticale bewegingen, secundair zijn de horizontale bewegingen.⁶⁴

Voor Vening Meinesz was de onhoudbaarheid van Van Bemmelen's, op diens Indische ervaring stoelend orogenetisch model duidelijk: “The western part of this (downbuckled) belt has a remarkable linear character, which again provides an

⁶³ F.A.Vening Meinesz, "A phase-transition layer between 200 and 900 kilometer depth in the earth?", in: *KNAW LIX* (Amsterdam 1957) 1 – 10.

⁶⁴ R.W.van.Bemmelen, "De undatie theorie; hare afleiding en toepassing op het westelijk deel van den Soendaboog", in: *Nat. Tijdschr. Ned. Indie* 92 (Batavia 1932) 85 – 242; 373 - 402

argument in favor of the buckling hypothesis; if chemical differentiation processes were the cause of the anomaly belt (Van Bemmelen), a more patchy and less linear pattern would have to be anticipated".⁶⁵ Vening Meinesz en Van Bemmelen zouden dan ook moeilijk tot een consensus kunnen komen. Peter van Toor - een van de toehoorders bij een professoraal colloquium in 1952 - stond hun discussie nog levendig voor de geest. "Professor Vening Meinesz verdedigde een stelling die tot dan toe voor onwaar werd gehouden: gebergten ontstaan niet plaatselijk door (vulkanische) druk van onderaf, maar rijzen op doordat continentale platen tegen elkaar aan schuiven. Dit denkbeeld ging veel te ver voor zijn collega, professor Van Bemmelen. De discussie ontwikkelde zich op het scherp van de snede... Het duurde eindeloos. Daar stonden ze, voor het bord, elk met hun eigen aanwijsstok te zwaaien. Het leek er even op dat ze elkaar met die stokken te lijf zouden gaan. Tegen drieën werd het ons te gortig. We riepen: 'honger!, honger!'. Het debat eindigde onbeslist".⁶⁶

9f Auteur en causeur

In 1948 voltooide Vening Meinesz deel IV van *Gravity Expeditions at Sea*, waarin alle waarnemingen uit de periode 1923 - 1938 waren verwerkt en geïnterpreteerd.⁶⁷ Onderdelen van die interpretatie waren al eerder - gedurende de bezetting of kort daarna - als tijdschriftartikelen verschenen.

Van het *Kort Overzicht van de Kartografie* verscheen in 1950 een tweede editie.

In 1958 werd door Vening Meinesz in samenwerking met W.A.Heiskanen *The Earth and its Gravity Field* voltooid.⁶⁸ Dit, door de uitgeverij McGraw - Hill in de serie *Geological Sciences(!)* uitgegeven boek, behandelde een scala van met zwaartekrachtsonderzoek samenhangende problemen en de door de schrijvers voorziene manier om die op te lossen. Die behandeling van een onderzoeksveld zich uitstrekkend van astro-geodesie tot het inwendige van de aarde, spitste zich toe op geodetische zaken, maar bracht ook veel geofysische problemen ter sprake en werd gekenmerkt door een hoog mathematisch gehalte.

En daaraan kunnen nog het zestigtal publicaties – voornamelijk in de *Proceedings* van de K.N.A.W. – worden toegevoegd, waarvan in het voorafgaande de belangrijkste de revue zijn gepasseerd.

Van de sprekers op het in 1954 ter gelegenheid van de 200ste dies van de Columbia Universiteit in Washington georganiseerde Symposium, waarop een overzicht van de stand van zaken op het gebied van de kennis van de aardkorst werd gegeven, waren er 55 uit Amerika en slechts vijf uit Europa afkomstig. Nederland was hier met Vening Meinesz en Kuenen dus relatief ruim vertegenwoordigd. (Bovendien had de redacteur van de resulterende bundel - A.Poldervaart (1919 - 1964) - deels in Nederland zijn opleiding genoten.⁶⁹) Voor hen was een betere erkenning van hun internationale status als actief onderzoeker nauwelijks denkbaar. Een status, die - voor wat Vening

⁶⁵ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 373.

⁶⁶ (Anon.), *Illuster*, Utrechts Universiteitsblad, juni 2002.

⁶⁷ F.A.Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1938 Vol IV* (Delft 1948).

⁶⁸ W.A.Heiskanen en F.A.Vening Meinesz, *The earth and its gravity field* (New York 1958).

⁶⁹ Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955)

Meinesz betref - in 1955 werd bezegeld door de verlening van een ere-doktoraat door bovengenoemde universiteit. Evenals bij de uitreiking van andere wetenschappelijke onderscheidingen zal bij deze gelegenheid Vening Meinesz wel "een hoffelijk dankwoord, dat het eerbewijs aanvaardde met een voldoening, die gedempt werd door een stijlvolle en terughoudende eenvoud" gesproken hebben".⁷⁰ Maar de indruk die hij dan maakte, zou niets aan het feit afdoen, dat in de wetenschappelijke discussie Vening Meinesz "koppig, volhardend kon blijven, waar hij het gelijk aan zijn zijde dacht te hebben,..... veeleisend en ongeduldig".⁷¹ Niettemin bleek hij - doelgericht in handelen en sociaal in de omgang - een effectief bestuurder van een sterk groeiende organisatie als het K.N.M.I. Bovendien was hij een begaafde communicator: "...te weinig zien we nog figuren van dit formaat op TV..." aldus het *Amersfoortsch Dagblad* van 25 juli 1957.

Bij universitaire colloquia op het Geografisch Instituut bleek Vening Meinesz in uiterlijke verschijning en omgang de aristocraat, die "hoffelijk en correct, altijd gekleed in een zwart, driedelig kostuum, royaal handenschuddend zich onder de studenten bewoog".⁷² Zijn voor- en na-candidaats colleges op het Geologisch Instituut in Utrecht muntten uit in duidelijkheid, zodat zij - ondanks het hoog wiskundig karakter - toch goed te volgen waren. Zijn toewijding aan de onderwijstaak ging zelfs zo ver, dat hij gedurende een lange periode van ziekte zijn studenten - dat waren er omstreeks 1955 in totaal een stuk of zeven (!) - te zijnen huize in Amersfoort college gaf. (pers.comm. H. Wensink dd 27 maart 2004) Want de last van jaren op zee was niet zonder gevolgen gebleven. Niet alleen had Vening Meinesz last van zijn knieën gekregen, die door de lange perioden van geknield meten in een duikboot (en op land?) nogal versleten waren. (pers. comm Den Tex) Ook zijn gezichtsvermogen werd – tot een operatie dit verhielp - door staar gehinderd.

Toch belette dat Vening Meinesz - wars van eigendunk als hij was - niet om met studenten zo nu en dan het veld in te gaan. Zo ging hij in 1955 mee op een geologische excursie naar de Ardennen met een (door een jongerejaars gedragen) stoeltje om de lange praat sessies in het veld vol te houden. Ook op die excursie onderscheidde Vening Meinesz' relatief formele uitmonstering (colbertkostuum) zich van zijn collegae als de fysicus Veldkamp (in hemdsmouwen met das) en de geologen Van Bemmelen (in hemdsmouwen zonder das) en Rutten (in veldtenue).⁷³ "Hij was nog steeds onovertroffen in het improviseren. Hij leerde ons bij wijze van spreken, hoe je met een bijl een appeltje kon schillen", herinnerde zich de eerder aangehaalde Peter van Toor.⁷⁴ Anderen - waarschijnlijk geografie studenten - dachten overigens, dat hij meer belangstelling had voor het landschap dan voor de geografische problematiek. Maar ook hen boezemde hij ontzag in. G.A.Hoekveld (1934 - 2011), indertijd een van die studenten, herinnerde zich later "hoe Vening Meinesz een lezing kwam bijwonen, waarvoor ook studenten waren opgetrommeld..... Daar zakte Vening Meinesz door de stoel, waarop hij was gaan zitten, en ook de

⁷⁰ Bottema, "In memoriam F.A.Vening Meinesz", 253.

⁷¹ Veldkamp, "Betekenis", 58.

⁷² B.de Pater, *Een tempel der kaarten* (Utrecht 1999) 119 noot 32.

⁷³ (Anon.), *Almanak 1987 der UGV* (Utrecht 1987), t/o 67.

⁷⁴ (Anon.), *Illuster*, Utrechts Universiteitsblad, juni 2002.

tweede stoel begaf het. Maar zijn aanzien was zo groot, dat daar niemand om lachte. Dat durfde je niet".⁷⁵

Of de last der jaren, de wens zich volledig aan studie te kunnen wijden of de toename van de wettelijke verplichtingen omtrent het beheer van landgoederen de reden was, is niet zeker. Maar, zo meldde het *Amersfoortsch Dagblad* van 25 augustus, in 1951 was "dankzij de medewerking van Vening Meinesz de Staat erin geslaagd tegen een vijfde deel van de geschatte waarde in het bezit te komen van een gedeelte [254 ha] van de landgoederen "De Eelerberg / Schuilenburg". Dat deel was Vening Meinesz in 1951 toegefallen bij de verdeling van het sinds het overlijden van zijn vader in 1909 onverdeelde bezit van de familie. Het was ook het deel, waarop hij met veel toewijding gedurende de voorgaande decennia de houtopstand had verzorgd. Zo, dat hij jaarlijks aan de hand van de groei het volume van de aanwas taxeerde en de productie van hout reguleerde. De overdracht moet hem dus wel aan het hart gegaan zijn, maar zijn zorgen hebben verlicht. Vening Meinesz had met de andere twee erfgenamen, die ook delen aan de Staat hadden geschonken, evenwel bedongen, dat het huis "De Eelerberg" met de omgevende tuin nog tot het einde van de eeuw kosteloos ter beschikking van hen en hun kinderen zou blijven, ook al realiseerden zij zich, dat het geslacht Vening Meinesz haar einde naderde: "Er zijn er nog maar weinig over.....". (pers. comm. Van Marle – van Riemsbergen) Voorts werd er het een en ander bepaald over het beheer van het complex als een landgoed, dat nu deel uitmaakt van Staatsboswachterij "De Sallandse Heuvelrug".

Zo werd "De Bremberg" in Amersfoort tot Vening Meinesz' voornaamste verblijf, waar zijn zuster Coba met een huishoudster er wel voor zorgden, dat het de in huiselijke kring veeleisende geleerde en zijn hondje "Toepel" aan niets ontbrak. (pers. comm. Van Marle – van Riemsbergen)

Collegae van over de hele wereld zouden er een gastvrij onthaal vinden en na een maaltijd in de studeerkamer verder praten: "Having politely listened to me, he would say: "and now let us discuss mantle currents" and would take me through the detailed arguments the force of which in the mid-1950s I did not appreciate".⁷⁶ Maar "als hij eenmaal dat stokpaardje beklom, viel het niet mee een eind aan het gezellig samenzijn te maken".⁷⁷

9g Afscheid

Eind mei 1957 beëindigde Vening Meinesz met afscheidscolleges te Delft en Utrecht zijn ambtelijke carrière, die bijna 47 jaar eerder was begonnen, toen hij zijn voorkeur voor het bedrijfsleven liet varen voor een (tijdelijke) tewerkstelling bij de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, van welks rechtsopvolger hij nu als Voorzitter tevens afscheid nam. Op bijna een halve eeuw wetenschappelijke arbeid terugziend blijkt, dat Vening Meinesz met name gedurende de naoorlogse periode internationaal erkenning kreeg voor zijn onderzoekingen. Die erkenning kwam tot uitdrukking in eredoctoraten van de universiteiten van Luik (1947), Helsinki

⁷⁵ De Pater, *Tempel*, 120 noot 35.

⁷⁶ S.K.Runcorn, "Vening Meinesz and convection in the earth's mantle: from static to dynamic models of the earth's interior", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A. Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 44.

⁷⁷ Veldkamp, "Betekenis", 58.

en Brussel (1949), Straatsburg (1950) en Columbia (NY) (1955), welke laatste hem "een pionier in donkere diepten, die nieuw licht wierp op oude problemen" noemde. Daarnaast had Vening Meinesz het (corresponderend) lidmaatschap van een dertiental buitenlandse Academies van Wetenschappen verworven, o.a. dat van de Royal Society (1936) en van de Academi dei Lincei (1947), waar men geleerden als Newton respectievelijk Galilei onder zijn illustere voorgangers telde. De "Van Waterschoot van der Gracht" penning van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap (K.N.G.M.G., 1950), benevens de "Penrose Medal" van de Geological Society of America (1945), de "Bowie Medal" van de American Geophysical Union (1947) ("for distinguished service in geophysics and outstanding contribution to the advancement of cooperative research in the field of science") en de "Agassiz Medal" van de National Academy of Sciences (Washington) (1949) ("voor een oorspronkelijke bijdrage tot de wetenschap der oceanografie" in de vorm van het door hem uitgevonden apparaat) vormden evenzovele blijken van waardering door wetenschappelijke organisaties.

Tijdens de receptie op 21 mei, bijgewoond door vertegenwoordigers van de vele organisaties, die Vening Meinesz op zijn pad door de wereld van de wetenschap de weg had gewezen, deelde de Minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, mr J.M.L.Th.Cals hem zijn bevordering tot Commandeur in de Orde van Oranje-Nassau mede. Maar de Minister was te kort van stuk om hem de daarbij behorende versierselen anders dan onder couvert te kunnen overhandigen. De afgevaardigde van de Koninklijke Marine memoreerde, hoe Vening Meinesz "...als hoogleraar aan boord [wist] te komen en als vriend van de gehele bemanning die weer [wist] te verlaten..." Vanwege het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap werd aan hem de "Plancius"- medaille uitgereikt "...voor bijzondere onderzoeken met betrekking tot de kennis van het aardrijk".

Maar misschien was wel de meest blijvende herinnering het met een dertigtal bijdragen van de hand van een internationaal gezelschap van gerenommeerde geleerden gevulde *Gedenkboek*, dat in de Geologische Serie van het K.N.G.M.G. als Deel XVIII verscheen. De laatste bijdrage daarin was verzorgd door eindredacteur Ir. A. van Weelden, die namens de Bataafsche Petroleum Maatschappij een nieuwe zwaartekrachtskaart van Nederland aanbood. Bij de constructie van deze kaart was niet van de 51 punten, waarop Vening Meinesz in 1923 zijn kaart had gebaseerd, gebruik gemaakt, maar van een totaal van 25 205 meetpunten. Vening Meinesz zou zeer tevreden geweest kunnen zijn....⁷⁸

9h Resumé

Gedurende de eerste fase van de "Koude Oorlog" maakte de oceanografische wetenschap een sterke groei door, vooral door de inzet van de Verenigde Staten, waar om militair - strategische redenen een hechte, op onderzoekscontracten gebaseerde samenwerking tussen marine, luchtmacht en civiele oceanografische instituten als Woods Hole, Lamont - Doherty en Scripps tot stand was gekomen.

⁷⁸ W.A.Visser,"The advance of geophysics in exploration", in: Idem e.a. (red.), *Seventy-five years of geology and mining in the Netherlands (1912 – 1987)* (Den Haag 1987) 173.

Vening Meinesz' visie terzake van het belang van een gedetailleerde kennis van het zwaartekrachtsveld wereldwijd om de vorm van de aarde voldoende nauwkeurig te kunnen bepalen vond een vroege erkenning bij een belangrijk deel van de Amerikaanse krijgsmacht en zou naderhand overtuigend bevestigd worden door het gedrag van de eerste "kunstmanen".

In Nederland waren de politieke en sociaal-economische omstandigheden na de bevrijding van dien aard, dat voorlopig nog niet gedacht kon worden aan grensverleggend marien-geofysisch onderzoek op andere dan incidentele schaal. Voor de twee opname-vaartuigen, waarover de marine kon beschikken, was in de kustwateren van Oost- en West-Indië nog veel routine-hydrografisch werk te doen. In het licht van de eisen voor de wederopbouw des lands zocht de regering naar wegen om grensverleggend wetenschappelijk onderzoek zonder direct maatschappelijk nut, waarin zij een aanjager zag van nieuwe industriële en agrarische activiteiten, te stimuleren. Vening Meinesz werd daartoe als een van haar adviseurs ingezet om, gebruikmakend van zijn grote netwerk in de Verenigde Staten, de ontwikkelingen terzake aldaar te verkennen voor een toekomstige organisatie van Z.W.O., die uiteindelijk in 1950 haar beslag kreeg.

Als Hoofddirecteur van het K.N.M.I. kreeg Vening Meinesz evenwel de gelegenheid om in zo'n, mede op grensverleggend geofysisch onderzoek gericht instituut zijn eigen denkbeelden dienaangaande in de praktijk te brengen; ondermeer door uitbouw van de afdeling "Maritieme Meteorologie en Oceanografie" en het in de vaart brengen van twee weerschepen.

Nieuwe technieken maakten het verschil tussen wat in 1945 en in 1957 beschikbaar was voor geofysisch / geologische evaluaties. Ononderbroken profielen van de oceaانبodem konden routinematig door continue echoloding gemaakt worden en de gegevens stapelden zich dan ook duizendvoudig op. Mariene seismometrie en magnetometrie genereerden niet alleen honderden profielen met nieuwe informatie over de fysische eigenschappen van het gesteente onder de zeebodem, maar ook over de geologische configuratie. Terwijl men in 1945 nog slechts over een duizendtal - voornamelijk door Vening Meinesz uitgevoerde - mariene zwaartekrachtsgegevens beschikte, was dat aantal in 1957 vooral door de inzet van Amerikaanse duikboten meer dan verviervoudigd.

In Nederland lijkt het K.N.M.I. voorlopig nog het kenniscentrum van de mariene geofysica en diepzeeonderzoek te zijn gebleven, waar bovendien ook nog nieuwe instrumenten in eigen beheer werden ontwikkeld. Op haar twee, op de Atlantische Oceaan gestationeerde weerschepen werd incidenteel oceanografisch onderzoek uitgevoerd. Maar met het stijgen der jaren nam Vening Meinesz' bemoeienis met geofysisch onderzoek op zee af en liet hij de feitelijke operaties aan anderen over. Mede daardoor verloor het toch al tot mariene gravimetrie beperkte marien-geofysisch onderzoek van Nederland momentum en werd in een internationale context "een pionier voorbijgestreefd door ontwikkelingen elders".

Gedurende de onderhavige periode bleef Vening Meinesz verder werken aan een synthese tussen "knik"-hypothese en gebergtevorming en de rol, die de warmtehuishouding in de continentale korst en in het substraat speelde. Door het sterk toegenomen gegevensbestand was van de eertijdse "monotonie" van de oceaانبodem weinig meer over, maar over haar evolutie was nog veel onduidelijk. Warmtestroming onder de oceaan leek in eerste instantie niet anders dan onder de continenten, maar er waren nog te weinig meetpunten. In tegenstelling tot hen, die er

van overtuigd waren, dat Holmes' convectietheorie "gebaseerd op het bestaan van een warmtegradiënt tussen continent en oceaan nu gefalsificeerd ..." was, zag Vening Meinesz nog genoeg ruimte om zijn concept van kringloopstromingsstelsels en zijn "knik"-hypothese tegen verschillende contra-argumenten met succes te verdedigen.

Hoofdstuk 10 Rusteloze emeritus (1957 - 1966)

Terwijl vooral in de Verenigde Staten en in mindere mate in het Verenigd Koninkrijk marien geofysisch onderzoek met elan ter hand werd genomen en in omvang en breedte zelfs toenam, lijkt dergelijk, door Nederlandse onderzoekers georganiseerd onderzoek - met name na het emeritaat van Vening Meinesz - een aflopende zaak te zijn geworden. Waarom dat kon gebeuren is een van de vragen, die in dit hoofdstuk aan de orde zal komen. Want de resultaten voortvloeiend uit nieuw onderzoek elders bleken tot mijlpalen te leiden in de ontwikkeling van een nieuw geotektonisch model, dat aan de verguisde Theorie van Wegener deed denken, maar in tegenstelling daarmee wel leidende geologen op een lijn zou krijgen, waar het de evolutie van zeeën en de configuratie van continenten betrof. In dat model werd aan kringloopstromingen in de mantel de hoofdrol toebedacht, die in een nog dynamischer ontwikkeling van de aardkorst resulteerde, en kregen "Minus"-zone en Midoceanische Rug een andere functie, zodat ook anders tegen gebergtevorming zou worden aangekeken.

Van zijn kant was Vening Meinesz er hogelijk in geïnteresseerd om van alle nieuwe ontwikkelingen op de hoogte te blijven en – waar mogelijk – in zijn eigen concepten in te passen. Dat gold zowel voor de resultaten van de mariene geofysica als ook van die van de satellietgravimetrie. De distante ontwikkeling van het zwaartekrachtsveld zou mogelijk immers aanwijzingen kunnen geven omtrent de massaverdeling diep in de mantel van de aarde.

Maar de uiteindelijke discussie over alternatieve modellen was nog nauwelijks op gang gekomen, toen Vening Meinesz op 79-jarige leeftijd in 1966 overleed.

10a Internationale ontwikkelingen aangaande de mariene geofysica

De nieuwe relatie tussen de Verenigde Staten en West-Europa, die na de Tweede Wereldoorlog in de oprichting van de NAVO uitdrukking kreeg, dwong ondermeer tot het zekerstellen van de bevoorradingsrouten over de wereldzeeën door de aan die organisatie deelnemende landen. Onderdeel van die zekerstelling vormde de onderzeebootbestrijding. De voor een effectieve bestrijding benodigde wetenschappelijke kennis van die zeeën zou met name door de Verenigde Staten verkregen worden, waar een frequente en nauwe samenwerking op projectbasis tussen de enkele gevestigde oceanografische instituten en de "US Navy Office of Naval Research" (ONR) tot stand was gekomen. Dit soort van symbiose zou later een zuil gaan vormen van wat als het militair-industrieel complex bekend werd: een bundeling van de belangen van politieke, militaire en wapenindustriële leiders. Dankzij ONR-fondsen en particuliere (financiële) steun zouden Amerikaanse oceanografische instituten dan ook een sterke uitbreiding van hun zeegaande vloot, van personele bezetting en van hun onderzoeksveld laten zien. Dat laatste geholpen door al gedurende de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde nieuwe waarnemings-technieken en een verbeterde coördinatie in planning en uitvoering van het onderzoek. Resultaten van onderzoekingen op het gebied van mariene magnetometrie en seismometrie, zeebodemprofielering en warmtestroommeting zouden in de loop van de jaren vijftig beschikbaar komen en tot nieuwe percepties omtrent de evolutie van de oceaانبodem leiden.

Tot in de Tweede Wereldoorlog nam men van de warmtehuishouding in de aarde aan, dat warmtestroming ("heat-flow") door de oceaanbodem veel lager was dan door de continentale korst van het vaste land, waar bijdragen van de aan radioactieve bestanddelen veel rijkere (want dikkere) granietsokkel een belangrijke toevoeging aan de in het binnenste van de aarde gegenereerde warmte zouden moeten vormen. Maar de vanaf 1949 door medewerkers van het Scripps Institute in de bodem van de Stille Oceaan gemeten warmtestromingswaarden bleken systematisch zeer vergelijkbaar met continentale waarden.¹ Hoewel Bullard in zijn direct op hun bevindingen in *Nature* volgend commentaar wel instemde met hun conclusies, tekende hij er bij aan, dat er volgens hem – en in de voetstappen van zijn mentor, Jeffreys – slechts van warmteoverdracht door geleiding, niet door convectieve stroming sprake moest zijn. In 1960 wees aanvullend onderzoek, gepresenteerd in een dwarsprofiel over een Midoceanische Rug uit, dat oceanische warmtestroming over zulke Ruggen hoger dan gemiddelde waarden over de culminaties, maar lager dan gemiddelde waarden langs de flanken bereikte; een gedrag, dat tot op zekere hoogte slechts door convectie kon worden verklaard.

De gemiddeld tussen continent en oceaan vergelijkbare warmtestroming legde evenwel een bijl aan de wortels van de bestaande theorie van kringloopstromings-generatie, die juist berustte op het bestaan van een verschil, een horizontale gradiënt in warmtestroming tussen continent en oceaan als aanzet tot het ontstaan van zo'n stroming onder continenten. Zouden diegenen, die zich tegen dit model hadden verklaard, dan toch hun gelijk krijgen? Volgens Kuenen was Vening Meinesz nog in 1957 de mening toegedaan, dat de in de oceanen gemeten, hoger dan verwachte warmtestroming slechts een kortstondig fenomeen was, in verband staand met een omslag in een convectieve stroming in het substraat.²

Meting van het aardmagnetisch veld op zee werd na de Tweede Wereldoorlog voor oceanografische instituten mogelijk met magnetometers, die gedurende de oorlog ontwikkeld waren ten behoeve van duikboot- en mijn-detectie. Het leek zelfs theoretisch mogelijk met een door een opnemingsvaartuig gesleept, gyro-gestabiliseerd platform, waarop een magnetometer gemonteerd was, de sterkte van de verschillende componenten van het veld te meten. Maar de praktische uitvoerbaarheid van die meetmethodiek liet voorlopig nog zo te wensen over, dat pas na jaren van experimenteren die metingen routinematig konden worden gedaan. "Een door A. Raff ontworpen mariene magnetometer, die op aanzienlijke afstand achter de boot werd aangesleept, werd in 1955 voor het eerst beproefd a / b USC&GS onderzoeksvaartuig "Pioneer" om de magnetische intensiteit rond de Juan de Fuca Rug [ten zuidwesten van Vancouver] te meten." Maar pas beschikbaarheid van gegevens van een groter zeegebied, een dichter netwerk van metingen en een grondiger interpretatie bleken in een overtuigend patroon van magnetische anomalieën te resulteren. Kaarten, resultaat van een door een twaalfal expedities onder auspiciën van het Scripps Institute uitgevoerd onderzoek over een groot gebied in de zeeën ten westen van Noord-Amerika, trokken dan ook de aandacht vanwege het opvallend, lineaire patroon der anomalieën van afwisselend positieve en

¹ R.Revelle en R.Maxwell, "Heat-flow through the floor of the eastern Pacific Ocean", in: *Nature* 170 (1952) 199 – 200.

² Ph.H.Kuenen, "No geology without marine geology", in: *Geol. Rundschau* 47 (1957) 2.

negatieve signatuur.³ "Tot 1963 werd verondersteld, dat zo'n patroon hetzij uit de magnetische respons van basalten van variabele kwaliteit hetzij als relict van een historisch spanningsveld op het moment van solidificatie van die basalten resulteerde".⁴

Daartegen had men in West Europa wel wat bezwaren, die mettertijd – gerijpt - op een geheel andere ontstaansoorzaak zouden wijzen. Met name in Groot-Brittannië was vanaf 1950 paleomagnetisme als nieuwe loot aan de stam van geofysisch / geologisch onderzoek tot wasdom gekomen. Vrijwel alle gesteenten blijken van nature magnetische eigenschappen te hebben. Dankzij een relatieve aanrijking aan ijzerhoudende bestanddelen is de magnetisatie van vulkanisch gesteente - zoals basaltlava - soms zo sterk ontwikkeld, dat een kompasnaald er zichtbaar door wordt aangetrokken. (Vermoedelijk was dit effect de aanleiding voor de in Hoofdstuk 1 vermelde "Carnegie"-expedities.) Maar behalve door een geïnduceerde magnetisatie van genoemde bestanddelen onder invloed van de richtende werking van het tijdens de meting aanwezige aardmagneetveld, blijkt er veelal een onderliggende, remanente, magnetisatie aanwezig te zijn, die in het gesteente een vaste richting en grootte heeft en tot stand blijkt te zijn gekomen tijdens of kort na de vorming en solidificatie van het gesteente onder invloed van het toenmalig (paleo-) magneetveld. In het laboratorium moeten deze magnetisatierichtingen van elkaar worden gescheiden, waarna met een speciale, sinds begin jaren vijftig beschikbare magnetometer het zwakkere (paleo)-magneetveld meestal kan worden geanalyseerd op haar (paleo)-poolpositie.⁵ Beslissend voor deze voorstelling van zaken en voor de bruikbaarheid van (paleo)-magnetisme in verder historisch-geologisch onderzoek is, dat het geomagnetisch veld, genomen over duizenden jaren, in wezen vergelijkbaar is met het veld van een met de aardas min of meer samenvallende dipool, waarin episodisch een polariteitsomkering zou kunnen plaatsvinden. Even eenvoudig en overtuigend als die redenering lijkt, waren de tegenwerpingen, die een direct verband met een geomagnetisch veld bestreden en zich op de gevolgen van (bio)-fysische en -chemische omzettingen in het gesteente richtten. De discussie tussen voor- en tegenstanders zou nog jaren duren, zodat paleomagnetisme als aanvaarde methode in de geologie pas in het begin van de jaren zestig algemeen ingang vond.

Inmiddels had door de Brit S.K. Runcorn (1922 – 1995) geleid onderzoek van de basaltlavas van IJsland de door Brunhes in 1909 in oudere basalten van het Massif Central ontdekte omgekeerde magnetisatie bevestigd. Meting van de remanente magnetisatie in een verticale opeenvolging van lavas maakt het mogelijk een chronologie van de polariteitswisselingen van het geomagnetisch veld op te stellen, terwijl de bijbehorende declinaties daar verklaard zouden kunnen worden uit een beweging van de magnetische pool over het aardoppervlak. Vergelijking van de declinatie in evenoude gesteenten van verschillende continenten wees evenwel op van elkaar op eenzelfde moment verschillende magnetische poolposities. Zou men aannemen, dat rotatie- en dipool-as van de aarde sinds de oertijd niet van positie

³ A.D.Raff en R.G. Mason, "Magnetic survey off the West coast of North America", in: *Bull. Geol. Soc. America* 72 (1961) 1267 – 1270.

⁴ P.C.Badgley, *Structural and tectonic principles* (New York 1965) 500.

⁵ Veldkamp, *Geofysica*, 130

zouden zijn veranderd, dan zou relatieve verschuiving van continenten ten opzichte van elkaar de waargenomen discrepanties kunnen verklaren.

Aan de andere kant van de Atlantische Oceaan had Ewing van het met de Columbia Universiteit verbonden Lamont-Doherty Geological Observatory, gesteund door particuliere fondsen en door projecten ten behoeve van de ONR, een geolied oceanografisch instituut opgebouwd. Zijn zeegaande vloot was bijna zonder onderbreking buitengaats bezig. Zo hadden Ewing en Worzel in 1954 op grond van seismometrische analyse van de voortplantingssnelheden van geluidsgolven in oceaانبodemgesteente geconcludeerd, dat zowel voor de Atlantische als voor de Stille Oceaan een "typisch oceaانبodem profiel" werd gevormd door een in dikte tot een kilometer oplopende sedimentlaag (dichtheid 2,0), waaronder een 3 - 5 kilometer dikke basaltkorst (dichtheid 3,0), liggend op subcrustale materie (dichtheid 3,3). Ook hadden Ewing c.s. op grond van eenzelfde soort onderzoek in 1955 geconcludeerd, dat de deken van sediment over een Oceanische Rug wel uitermate dun was en dat het daaronder liggend korstgesteente een geringere dichtheid had dan van een gemiddelde basaltkorst zou mogen worden verwacht. Was hier soms sprake van een gesteentekolom, opgebouwd uit een afwisseling van sedimenten en basalt-lavas? Hess zou - ook op basis van seismometrische gegevens - de suggestie doen, dat - waar de overgang van de "elastisch - stijve" korst naar de "plastische" mantel (de Mohorovicic discontinuïteit ofwel Moho) onder continenten op een diepte van omstreeks 35 km lag - die overgang onder oceanen wel eens op een diepte van slechts vier tot zes km onder de oceaانبodem zou kunnen liggen; en dat er een direct, omgekeerd verband bestond tussen de diepte van de oceaan en die van de Moho, welke laatste Hess als isostatisch referentieniveau zou willen beschouwen. Lag het niveau van de Moho hoger dan was er sprake van ondercompensatie en lag het dieper dan was er sprake van overcompensatie.⁶

Naast onderzoeker was Ewing een goed organisator, die voor een toegankelijke opslag en een efficiënte verwerking tot wetenschappelijke publicaties van de duizenden waarnemingen en profielen zou zorgen. Zodoende konden vanaf 1952 Bruce Heezen (1924 - 1977) en Mary Tharp (1920 - 2006) op zijn instituut de duizenden routinematig geregistreerde bodemprofielen van de Atlantische Oceaan systematisch tot kaarten verwerken. Al in een vroeg stadium kreeg Tharp de indruk, dat wat op enkele, ver uit elkaar gelegen, parallelle dwarsprofielen op een tot meer dan 3000 meter diepe depressie ter plaatse van de culminatie van de Midatlantische Rug leek, een herkenbaar en continue correleerbaar verschijnsel - een "rift valley" - was. Toen na 1957 alle profielen waren verwerkt tot een morfologische kaart, ging de bodem van de Atlantische Oceaan op een minstens zo scherp als een Zwitsers gebergte afstekend landschap lijken, waarin de aanwezigheid van genoemde "rift valley" of Centrale Slenk duidelijk tot uitdrukking kwam, hoewel de continuïteit ervan frequent doorbroken bleek door een dwars op de richting van de Midatlantische Rug staand systeem van breuken, waarvan ondermeer de reeds genoemde "Romanche Trog" deel uit maakte. Dit breukensysteem bleek in geen enkele relatie te staan tot

⁶ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 209.

enige structuur op de aangrenzende continenten.⁷ (Militair - strategische overwegingen verhinderden tot 1962 de publicatie van meer gedetailleerde positionele en bathymetrische gegevens.)

De zone, waarin de Centrale Slenk zich bevond, leek volgens Heezen vrij van sedimenten, was mogelijk van recente oorsprong en suggereerde rek in de aardkorst ter plaatse. Voeg daaraan toe, dat zijn superieur Ewing op grond van de interpretatie van seismische refractieopnamen al eerder had geconcludeerd, dat de dikte van de korst onder een diepzeetrog zeer gereduceerd was, en vorming van zo'n trog als resultaat van rek leek bewezen.⁸ Die bevindingen waren voor Heezen dan ook voldoende om de door S.W.Carey (1911 - 2002) in 1956 verdedigde hypothese van een expansie van de oceaan-gebieden en dientengevolge van de aarde in zijn geheel te ondersteunen, zeer tegen de intuïtie van Ewing zelf overigens.⁹

Ook Arthur Holmes leek de overtuiging toegedaan, dat het door hem voorgestane idee van continentverschuiving onder invloed van convectieve stroming met dat van een expanderende aarde kon worden verbonden als ware het elkaar aanvullende processen.¹⁰

Ewing en vele anderen wezen krimp of expansie van de aarde af, maar mogelijk bleef de discussie over zulke fundamentele problemen toen nog even op de achtergrond in het licht van al de nieuwe ontdekkingen op vele, de geologie rakende gebieden. Zo bleef de evolutie van de geosynkлинаaal als door Vening Meinesz en Umbgrove geschetst voorlopig nog wel model staan als aanzet tot gebergtevorming, waarin oceaangebieden een passieve rol speelden, afgezien van het in Midoceanische Ruggen tot uiting komend vulkanisme. "Tot in 1966 liet Ewing [aan wie in 1958 een eredoctoraat in Utrecht was uitgereikt] zijn schepen zoeken naar plaatsen - langs de Midoceanische Rug, waar ouder sediment onder vulkanisch gesteente zou verdwijnen, zoals hij mij op weg naar Amersfoort voor zijn laatste bezoek aan Vening Meinesz vertelde", memoreerde Collette in een voordracht in 1987.¹¹ "Maar weinigen onderschreven in 1957 nog Wegener's hypothese van drijvende continenten. Argumenten, die er tegen pleitten, waren deels van geologische aard, maar rustten ook wel op de fysiek van de diepzeebodem en de dikke deken van sedimenten daarop. Overigens bleven ettelijke argumenten ten gunste van Wegener's hypothese nog onvoldoende weerlegd. Voortgezet onderzoek zou misschien wel tot een meerbelovende hypothese kunnen leiden".¹²

De al eerder genoemde Hess, die in 1932 met Vening Meinesz een duikbootexpeditie had meegemaakt en nu als geoloog werkzaam was aan de Universiteit van Princeton, was de eerste, die het veronderstelde rekverschijnsel in de Midoceanische Ruggen op zodanige wijze in zijn hypothese van "seafloor-spreading" in verband bracht met de - ook door Vening Meinesz geïmpliceerde - korstverkorting

⁷ M.Tharp, "Mapping the oceanfloor: 1947 - 1977", in: R.A. Scrutton en M.Talwani (eds) *The ocean floor* (London 1982) 19 - 31.

⁸ J.L.Worzel en G.L.Shurbet, "Gravity interpretations from standard oceanic and continental crustal sections", in: Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 93.

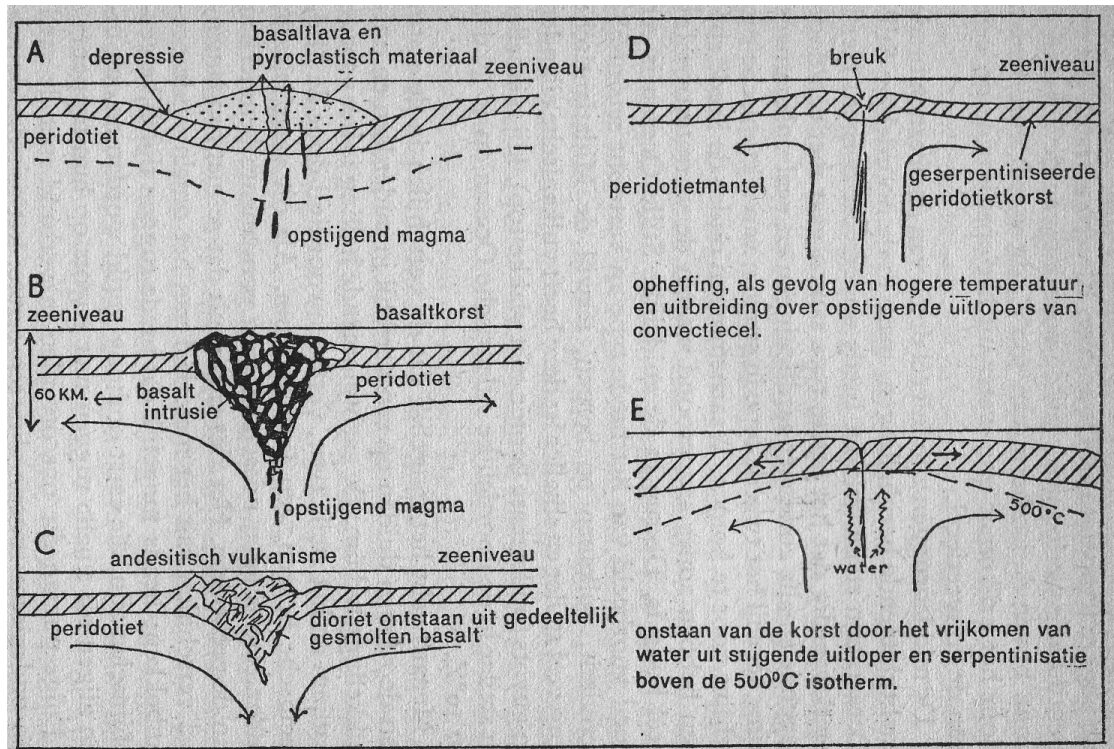
⁹ S.W.Carey, "A tectonic approach to continental drift", in: S.W.Carey (ed.) *Continental Drift. A symposium* (Hobarth 1958) 117 - 355.

¹⁰ A.Holmes, *Principles of physical geology* (tweede druk; London 1964) 967.

¹¹ Collette, "Vening Meinesz' knik-hypothese", 34.

¹² Kuenen, "No geology without marine geology", 3.

in diepzeetroggen, dat de totale omvang van de aarde onveranderd bleef. De hoge "heat-flow" en de morfologie van de Midatlantische Rug - en evenzo van andere oceanische Ruggen - deden Hess denken aan de resultaten van Griggs's experimenten (zie Hoofdstuk 6) met convectieve stromingsmodellen, gebaseerd op een opwellende mantelpluim.



Figuur 22 Multipele werkhypothesen over het ontstaan van een onderzeese rug

Over de wijzen, waarop onderzeese ruggen in de oceaan gevormd zouden kunnen worden, deden in de decade voor "seafloor spreading" en "platentektoniek" al heel wat vermoedens de ronde. Hierboven zijn enkele schetsen van Hess uit 1954 weergegeven.

Maar Hess was ook bekend met de uit Vening Meinesz' analyses blijkende onverwachte regelmatigheden in de sferisch-harmonische reeksontwikkeling van de topografie, die konden worden toegeschreven aan een tamelijk regelmatig systeem van convectiecellen, welke continenten naar hun huidige plaatsen zouden kunnen hebben voortgedreven. Hess, een expert op het gebied van basaltpetrologie, schreef de geringere dichtheid van het korstgesteente, dat de ondergrond van de Mid Atlantische Rug vormde, niet – zoals Ewing - toe aan een afwisseling van sediment en vulkanisch gesteente, maar aan de aanwezigheid van een gehydrateerde halo rond een kern van mantelgesteente. "The mid-ocean ridges could represent the traces of the rising limbs of convection cells, whilst the circum-Pacific belt of deformation and volcanism [zoals een 'Minus'-zone] represents descending limbs. The Mid-Atlantic Ridge is median because the continental areas on each side of it have moved away from it at the same rate... This is not the same as continental drift. The continents do not plow through oceanic crust.....they rather ride passively on mantle material as it comes to the surface at the crest of the ridge and than moves laterally away from it". Zo luidde zo ongeveer Hess' beredeneerde gissing, de

“seafloor spreading” hypothese, die in 1960 al circuleerde, maar pas in 1962 in druk verscheen, zodat al te afwijzende reacties inmiddels wel gepacificeerd zouden kunnen zijn, want ook Hess kon nog geen onomstotelijk bewijs leveren of van alle vergezellende tectonische verschijnselen een ontstaansoorzaak doorgrondde.¹³ Toen was het – door het werk van Heezen en Tharp - duidelijk geworden, dat een systeem van Oceanische Ruggen de wereldzeeën doortrok en een lengte van wel 40 000 km had.

Het bewijs, dat een door Hess voorgestaan mechanisme van continent-verschuiving werkzaam was, zou al spoedig aangeleverd worden op basis van - onder andere - het soort van lineaire patronen van magnetische anomalieën in de oceaانبodem, zoals door Raff als eerste in kaart gebracht. Het zich waarschijnlijk achter dat mechanisme verschuilend proces van convectiestromingen bleef vooralsnog echter onopgehelderd.

Gezien het feit, dat omstreeks 1960 veel van Griggs' - in wezen op Vening Meinesz' model berustende - bevindingen bevestigd leken te worden, vond ook Hess het onvoorstelbaar, hoe weinig weerklank zij hadden gekregen, toen Griggs zijn onderzoeksresultaten in 1939 publiceerde.¹⁴

Hoewel bovenstaande beschrijving van het mechanisme van "seafloor spreading" uit de pen kwam van Hess, was de feitelijke naamgever Robert Dietz (1914 - 1995), werkzaam bij het ONR: een indicatie, hoe innig de band tussen “Mars en Mercurius” toen in de Verenigde Staten was.

10b Ontwikkelingen aangaande de mariene geofysica in Nederland

Ten tijde van zijn emeritaat in 1957 was Vening Meinesz' marien zwaartekrachtsonderzoek - een vruchtbare combinatie van een nieuwe techniek, van theorie en empirie, waarvan de realisatie in niet geringe mate door externe factoren en zijn persoonlijke netwerk werd geholpen - welhaast voldragen. In de periode na 1957, die internationaal gekenmerkt werd door een snelle evolutie in geologische concepten, gevoed door de ontwikkelingen op marien-geofysisch gebied, zouden zijn opvolgers de mogelijkheden voor verder grensverleggend onderzoek op dit terrein verkennen, waartoe zij bij gelegenheid van marine of civiele (“gecharterde”) vaartuigen gebruik zouden maken. Maar het zou nog lang duren, voordat zich weer de omstandigheden aandienenden tot het uitvoeren van marien-geofysisch / fysisch-oceanografisch onderzoek op andere dan incidentele wijze. Zodoende leek het erop, dat een pionier tot trendvolger was gedevalueerd; was dit een voorbeeld van de "wet van de vertragende voorsprong"?

De Nederlandse Commissie voor Geodesie, waarin vertegenwoordigers van alle bij zeeonderzoek betrokken instanties zij het op persoonlijke titel zij het ambtshalve zitting hadden, was het gespreksforum bij uitstek voor het aftasten van mogelijkheden tot en de coördinatie van marien geofysisch onderzoek. Maar na Vening Meinesz' aftreden als Voorzitter zou deze Commissie - blijkens de

¹³ Lawrence, *Upheaval*, 195.

¹⁴ H.H.Hess, "History of the ocean basins" in: A.E.J.Engel en H.L.James (eds) *Petrologic Studies; a volume to honor A.F.Buddington* (Denver 1962) 599 – 620.

doelstellingen van de vele, toen tot stand gekomen Subcommissies - zich meer richten op (toegepaste) geodesie met zwaartekrachtonderzoek in een nationale context. Nochtans werden in dit gremium incidenteel nog wel eens de eerste contacten ter realisatie van de een of andere expeditie gelegd, maar bleven impulsen uit om op termijn tot planmatig en vernieuwend marien-geofysisch onderzoek te komen.

Aan de universiteit in Utrecht was het onderwijs binnen de geologische subfaculteit dan wel aanmerkelijk verbreed, maar erkenning van geofysica als een zelfstandige discipline met zijn eigen noden in die subfaculteit creëerde een diepgaand meningsverschil, dat pas in de jaren tachtig overbrugd zou worden.¹⁵ Vening Meinesz' leerstoel werd na zijn emeritaat in 1957 gesplitst in een - voor het land unieke - voltijd-leerstoel Algemene Geofysica en deeltijd-leerstoelen voor Seismologie, Gravimetrie, Magnetometrie en Exploratie Geofysica. Ook kwam toen de oprichting van een Laboratorium voor Paleomagnetisch Onderzoek tot stand, waarin geologisch en geofysisch onderzoek samen zouden kunnen gaan, maar dat werd slechts als een kleine handreiking ten behoeve van het geofysisch onderzoek in het algemeen ervaren. Omdat de geofysische subfaculteit een eigen instrumentmakerij ontbeerde, werd de nodige apparatuur ontwikkeld door het K.N.M.I., dat tevens voor een voorlopig onderdak van genoemd Laboratorium zorg droeg.¹⁶

Vooralsnog zou het universitair marien-geofysisch onderzoek dus kleinschalig blijven, niettemin het beschikbare budget ruim overschrijden en niet tot een op een eigen werkhypothese berustend onderzoeksproject leiden. En de kloof tussen de plaats, die aan de geofysische studie werd toebedeeld in het curriculum van de aardwetenschappelijke subfaculteit, waarvan zij deel uitmaakte, en tussen de aspiraties van de geofysische staf en de hun toegemeten mogelijkheden (financieel, structureel) om die te verwezenlijken, groeide. Het afdelingshoofd, hoogleraar J.G.Scholte (1907 – 1970), beschreef in december 1967 de ontstane situatie met de woorden: "We hebben nu al een grote achterstand vergeleken met het buitenland. Volgens mij raakt de studie in de geofysica in het slop, als er niet gauw wat gebeuren gaat".¹⁷ En actie bleef uit, toen ten gevolge van een door de regering afgedwongen reorganisatie van het geologisch onderwijs in den lande de geologische subfaculteiten zich in de bestaande situatie ingroeven.

Het merendeel van de nieuwe leerstoel-houders was en bleef bij het K.N.M.I. in De Bilt als onderzoeker werkzaam. Het was dan ook op dat Instituut, dat zij hun zwaartekracht- en ander geofysisch onderzoek, waartoe vooral in de overzeese rijkdelen waarnemingen werden gedaan, voortzetten. Bovendien bezat het K.N.M.I. - zoals eerder vermeld - een instrumentmakerij, die - waar nodig - in eigen beheer de voor geofysisch onderzoek gewenste apparaten kon construeren. Zo werd er een protonmagnetometer ontwikkeld, die aan het eind van de onderhavige periode op zee zou worden gebruikt.¹⁸ Ook bleef het K.N.M.I. met haar weerscheppen actief op het gebied van de fysische oceanografie. En op dat terrein was er tussen het K.N.M.I. en

¹⁵ E. den Tex, "Education in geology and mining engineering", in: W.A.Visser e.a. (red.), *Seventy-five years of geology and mining in the Netherlands (1912 – 1987)* (Den Haag 1987) 72.

¹⁶ J.Veldkamp, *History of geophysical research in the Netherlands and its former overseas territories*, Deel 32 der *Verhandelingen der KNAW*, afd. Natuurkunde (Amsterdam 1984) 38.

¹⁷ H. van Berkestijn, "Geofysica in het slop", in: *Utrechts Studentenblad Trophonios* (december 1967).

¹⁸ Veldkamp, *History*, 32.

het Zoölogisch Station der Nederlandse Dierkundige Vereniging in Den Helder incidenteel enige samenwerking.

Sinds 1876 werd door dit Station met financiële steun van de overheid "veldwerk" op het gebied van de mariene biologie uitgevoerd. Maar zijn (soms slechts tijdelijk) beschikbare "zeegaande vloot" was toegesneden op onderzoek in de nabije, ondiepe kustwateren, temeer omdat zijn onderzoekers bij voorkeur over een "dagvangst van verse specimen" wilden kunnen beschikken. De watermonsters - tijdens de "Snellius"-expeditie van 1929 / 1930 verzameld en bij het K.N.M.I. onaangeroerd bewaard - waren in 1956 overgedragen en in een van de onderafdelingen van het Station bewerkt, evenals de monsters, die de twee weerschepen van het K.N.M.I. op de Atlantische Oceaan hadden verzameld. Delen van het ondiepwater biologisch onderzoek gingen samen met het wadden-sedimentologisch onderzoek van de Universiteit van Groningen onder leiding van Kuenen, die naam had gemaakt met studies over troebelingsstromen en diepwaterafzettingen. [Een andere belanghebbende bij biologisch / bacteriologisch, chemisch en / of hydrografisch onderzoek van de zee was het sinds 1902 ten behoeve van de Visserij actieve Rijksinstituut.]

Tenslotte is er een vermoeden, dat na de bevrijding de Koninklijke Marine - afgezien van haar hydrografische activiteiten in de kustwateren van de overzeese rijkdelen, die zo nu en dan gelegenheid boden tot civiel marien-geofysisch onderzoek - waarschijnlijk ook wel onderzoek zal hebben gedaan op het gebied van de mariene geofysica (akoestiek), omdat optimalisering van luistertechnieken ter zee van groot belang moet zijn geweest voor een effectieve vervulling van de aan de Koninklijke Marine opgedragen taken.¹⁹

In 1956 diende het Zoölogisch Station bij het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen een voorstel in tot uitbreiding van het Station, waar toen multidisciplinair zeeonderzoek deels door - middels Z.W.O.-fondsen - tijdelijk aangesteld personeel werd uitgevoerd. Het gevraagde budget van fl. 36 miljoen kwam al in 1957 op de begroting van genoemd Ministerie, waardoor het mogelijk leek spoedig door een uitbreidingsplan het Zoölogisch Station op te waarderen van een facilitair bedrijf voor de biologische faculteiten tot een interuniversitair Instituut voor alle relevante exacte studierichtingen. Het in 1960 tot Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (N.I.O.Z.) herdoopte Station kwam onder de hoede te staan van een grote "Wetenschappelijke Commissie", waarin alle deelnemende partijen hun zegje hadden, maar moest het vooralsnog zonder de gewenste nieuwbouw stellen: de "Bestedingsbeperking" had een rem gezet op de overheidsuitgaven....²⁰

Over de aanschaf, onderhoud en uitreding van een civiel oceanografisch onderzoeksvaartuig legde in 1962 de Nederlandse Commissie voor Zeeonderzoek - waarin Kuenen en J.Verwey, directeur van genoemd Station, zitting hadden en als landelijk vertegenwoordigers van het in 1957 tot stand gekomen, internationale "Scientific Committee on Oceanographic Research" optraden - aan het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen een in eerste instantie goed ontvangen verzoek voor.

¹⁹ P.C. Jalhay, *Nederlandse Onderzeedienst 75 jaar* (Bussum 1982) 65

²⁰ J. van Bennekom, *Geschiedenis van het zoologisch station en het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee* (Den Burg 2001) 63 passim.

Om ook in die territoriale wateren onderzoek te kunnen doen, die voor marinevaartuigen gesloten zouden kunnen zijn, gingen de gedachten toen uit naar een civiel vaartuig. Maar het zou eveneens ten gevolge van de “Bestedingsbeperking”, de voorgenomen reorganisatie van de geologische faculteiten en de algehele studentenonrust aan het eind van de jaren zestig nog wel even duren, voordat de Minister tijd zou krijgen om tot een definitief besluit te komen.....

Ook zag het er vooralsnog niet naar uit, dat het tot een consensus zou kunnen komen tussen genoemde, op het brede terrein van de fysische oceanografie, evenwel voornamelijk in het Noordzeegebied werkzame, organisaties met hun zo verschillende organisatorische en financiële achtergronden. Of tussen hun vertegenwoordigers met zo uiteenlopende eisen ter zake van het onderzoeksvaartuig, dat “zowel van een glazen boeg moest worden voorzien als geschikt voor operaties in ijsgebieden moest zijn. Regelmatig moest het ontwerp worden bijgesteld, kortom het schoot echt niet op”.²¹ De juiste "chemie" ontbrak aan de onderhandelingstafel.

Mogelijk zou het op dit moment voor de partijen nuttig geweest zijn om kennis te hebben genomen van en lessen te hebben geleerd uit de ontwikkelingen in Engeland tussen 1944 en 1950. In Engeland was nog voor het einde van de Tweede Wereldoorlog de internationaal toonaangevende Hydrografische Dienst van de Royal Navy overstelpt met verzoeken van civiele zowel als van militaire zijde om oceanografische informatie, terwijl ten behoeve van het naoorlogs herstel van de zeevisserij er ook veel vragen bestonden op het terrein van de fysische oceanografie. Het was dan ook op initiatief van de Chef van de Hydrografische Dienst, dat de regering toen besloot om advies over de gerezen problematiek te vragen aan het “National Committee for Geodesy and Geophysics”, een subcomité van de Royal Society en - evenals in Nederland - een gremium, waarvan de leden vele relevante instituten ambtshalve vertegenwoordigden of op persoonlijke titel hun bijdragen leverden. Voorshands bestond bij die leden grote twijfel of er wel voldoende fondsen voor het in de vaart brengen en houden van een oceanografisch onderzoeksvaartuig beschikbaar konden worden gemaakt. Daarbij dacht de Admiraliteit aan bedragen in de orde van £ 50 000, terwijl voor de meeste andere instellingen £ 10 000 wel het maximaal haalbare leek. Ook maakte de voorgenomen multidisciplinariteit van het onderzoek de zaak er niet gemakkelijker op: men vreesde, dat een nadruk op “visserij” ten koste van vooruitgang op andere terreinen zou gaan. Een lichtpunt was, dat het Ministerie van Koloniën omstreeks 1945 wel van het haar opgedragen Antarctisch- en walvis-onderzoek met het daarbij behorende onderzoeksvaartuig, afwilde. Omdat “onderzoek” van regeringszijde geen taak voor de overheid, noch last voor “Defensie” mocht zijn, ontstond een patstelling: wel mogelijk een vaartuig beschikbaar, maar onvoldoende fondsen. Slechts dankzij de persoonlijke inzet van een aantal sleutelfiguren kon uiteindelijk in 1950 een “National Oceanographic Council” worden gecreëerd, die op voldoende - voornamelijk door de admiraliteit en het Ministerie van Koloniën voor een langere termijn gefourneerde - fondsen kon beschikken. Inmiddels was een aan de Admiraliteit toebehorend gebouw -

²¹ Van Bennekom, *Geschiedenis van het zoologisch station*, 101.

halverwege tussen Londen en Southampton gelegen - beschikbaar gemaakt als basis voor het "National Oceanographic Institute".²²

In Nederland kwam aan het begin van de jaren zeventig van de kant van de marine die doorbraak met een door haar als alternatief, binnenskamers ontworpen nieuw hydrografisch onderzoeksvaartuig, dat voor 20% van de beoogde vaartijd geheel ter beschikking van civiel zeeonderzoek zou kunnen komen te staan op kosten van het Ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen. Deze geste vond instemming bij een ambtelijke werkgroep temeer, omdat uitreding en logistieke ondersteuning zo eenvoudig ingepast konden worden in het marinebedrijf.²³ Het schip, Hr. Ms. "Tydeman", kwam in 1976 in de vaart. En omdat voor het, op gebruik van kunstmatig opgewekte schokgolven berustende seismische onderzoek veelal andere schepen gecharterd konden worden, was Hr. Ms. "Tydeman" (sinds haar uitdienststelling in 2004 tot ms "Plancius" herdoopt) een lang leven beschoren. Maar op een hernieuwde poging tot toenadering om de tot dan toe vruchtbare samenwerking op het gebied van Wadden- en Noordzee-onderzoek met het oprichten van een gezamenlijk te exploiteren N.I.O.Z.-afdeling "Fysische en Chemische Oceanografie" te bekronen, was het antwoord van de toenmalige Hoofddirecteur van het K.N.M.I. kortaf "Nee".²⁴

Achteraf bezien, lijkt de schaalverbreding van marien-geofysisch naar fysisch-oceanografisch onderzoek in Nederland sinds de bevrijding met veel meer horten en stoten te zijn gegaan dan bijvoorbeeld in Engeland, hoewel daar de uitgangssituatie vergelijkbaar lijkt te zijn geweest met die in Nederland. Het tekent de cruciale rol, die Vening Meinesz als instrument-ontwerper, empiricus, theoreticus en organisator speelde voor zijn, op een symbiose met de marine berustende onderzoek. Die ingrediënten waren afzonderlijk mogelijk voorhanden bij de verschillende op fysisch-oceanografisch terrein werkzame onderzoekers, maar uit institutionele en andere overwegingen kennelijk moeilijk tot een vruchtdragende combinatie samen te brengen. Bovendien vraagt het ontwerpen en uitreden van een "general purpose" research vaartuig – boven genoemde specialistische kennis - ook inzicht in de maritieme bedrijfsvoering.

10c Paleomagnetisch onderzoek in Nederland

Vanaf het midden van de twintigste eeuw zou ook in Nederland studie van het "fossiel" gesteentemagnetisme zich tot een belangrijk geologisch-geofysisch onderzoeksgebied ontwikkelen met significante implicaties aangaande Vening Meinesz' perceptie van de relatieve positie der continenten.

Al in 1950 had Jan Hospers op initiatief van de hoogleraren Van Bemmelen en Nieuwenkamp zich aangesloten bij een onder leiding van Runcorn uitgevoerd Brits onderzoek naar fossiel remanent magnetisme in basaltlavas op IJsland. Op grond van eigen evaluaties concludeerde Hospers, dat omkeringen in de polariteit van het geomagnetisch veld van nature voorkwamen en geen andere fysische of chemische oorzaak behoeften te hebben, en dat het geomagnetisch veld axiaal bleef

²² A.Laughton e.a., *Of seas and ships and scientists. The remarkable history of the UK's National Institute of Oceanography 1949 – 1973* (Cambridge 2010) 11 - 32.

²³ Van Bennekom, *Geschiedenis van het zoologisch station*, 101.

²⁴ Ibidem, 80.

onafhankelijk van de polariteit. Omdat uit de richting van het fossiele magnetisme de positie van de toenmalige magnetische pool en daaruit de locatie van de geografische pool kon worden gededuceerd, zou uit gesteentemonsters van verschillende geologische tijdvakken en van verschillende continenten mogelijk de respectievelijke, relatieve "poolbanen" kunnen worden vastgesteld. Uit Hospers' interpretatie dienaangaande concludeerde Vening Meinesz in 1955, dat paleomagnetische gegevens goed aansloten bij zijn eigen idee van een rotatie van de aardkorst in zijn geheel relatief tot de aardas.²⁵

Maar een op basis van meer gedetailleerde analyses uitgevoerde reconstructie van de poolbanen berekend uit analyses van respectievelijk uit Noord Amerika en uit Europa afkomstige gesteentemonsters toonde Runcorn in 1956 aan, dat Europa en Noord Amerika wel ooit met elkaar waren verbonden, maar dat was wel veel langer geleden dan door Wegener verondersteld; en ook leken de polen zich ieder een eigen koers "varend" te verplaatsen.

Hoewel Runcorn's conclusies niet onmiddellijk door iedereen werden onderschreven, leek paleomagnetisme als terrein van onderzoek voldoende uitdagend voor de Utrechtse hoogleraren Veldkamp (1909 - 1994) en Rutten (1912 - 1970) om het al genoemde Laboratorium voor Paleomagnetisch Onderzoek te creëren. De eerste resultaten lieten niet lang op zich wachten, toen Rutten en Wensink in 1960 op grond van een correlatie tussen miljoenen jaren oude en door een sindsdien op IJsland gevormde ("Midoceanische") slenk een honderdtal kilometers van elkaar verwijderde basalten concludeerden, dat die slenk aan weerszijden met een gemiddelde horizontale snelheid van omstreeks een centimeter per jaar was uiteengegroeid. Van over de gehele wereld bijeengebrachte, georiënteerde ijzerhoudende gesteentemonsters werd de "fossiele magnetisatie" geanalyseerd, waarna de resultaten tezamen met de ouderdom van het gesteente werden verwerkt om in groter detail het "fossiel vaartraject" van de afzonderlijke (delen van) continenten te ontrafelen. Statistische bewerking van die resultaten leidde mettertijd tot het inzicht, dat van een relatieve verplaatsing en rotatie van de afzonderlijke continenten over het aardoppervlak - zoals al door Wegener was gesuggereerd - inderdaad sprake was.²⁶

Het idee van een aanzienlijke mate van mobiliteit van continenten was dan ook zo langzamerhand geen anathema meer. Toch zou in 1963 Rutten nog wel waarschuwen, dat het er maar van af hing, welke geologische gegevens [observaties] een "drifter" of een "fixist" het aannemelijkst voorkwamen. "De uit een geologische kaart te abstraheren kennis was afhankelijk van het theoretisch kader van de maker".²⁷ (Al moet daarbij worden aangetekend, dat zelfs een doorgewinterde "fixist" als Stille na 1955 een naar mobilisme neigende visie zou ontwikkelen, waarin voor zijn geosynkлинаaal concept geen plaats meer was. Vooral daarna hadden de metingen van het "fossiel magnetisme" substantieel nieuwe informatie verschaft.) De enige

²⁵ F.A.Vening Meinesz, "A phase-transition layer between 200 and 900 kilometer depth in the earth?", in: *KNAWLIX* (Amsterdam 1957) 2.

²⁶ M.J.Dekkers e.a. "Analysis of paleomagnetic data: a tribute to Hans Zijdeveld", in: *Geologie en Mijnbouw* 76 1-2 (1997) 1.

²⁷ M.G.Rutten, "Paleomagnetism and Tethys" in: *Geol. Rundschau* 53 (1964) 9 – 16.

manier om nog “fixist” te blijven was paleomagnetisme te negeren; iets, dat naarmate de tijd verstreek en de methodiek verbeterde, ongemakkelijker zou worden.²⁸

10d Vening Meinesz als organisator

Gedurende zijn emeritaat bleef Vening Meinesz nog tot september 1958 aan als lid van de Raad van Bestuur van Z.W.O. en tot 1966 president-curator van de Raad van Advies van het K.N.M.I., waardoor hij zich kon blijven inzetten ten behoeve van de organisatie van grensverleggend en toegepast onderzoek.

Als persoonlijk lid van de onder auspiciën van het K.N.A.W. werkzame Rijkscommissie voor Geodesie, meer speciaal als lid van de Subcommissie voor Zwaartekrachtonderzoek, bleef hij contacten met de “International Gravimetric Commission” van de “Union Geodesique et Geophysique Internationale” onderhouden. Van laatstgenoemde Commission was hij in 1960 rapporteur terzake van de ontwikkelingen betreffende de “Internal Constitution of the Earth”, die in 1962 leidden tot de creatie van het “Upper Mantle Project”, dat als doel had in internationaal verband onderzoek te doen naar de “fysische eigenschappen van de buitenmantel en de invloed, die die eigenschappen op de samenstelling uitoefenen”. Ook in de instelling door de K.N.A.W. van een “Commissie voor Geofysica en Ruimteonderzoek” zal Vening Meinesz - naast zijn collegae Veldkamp en Bruins - wel een hand hebben gehad. Maar het was toen al wel duidelijk geworden, dat de kosten van satellietmissies de universiteiten buiten spel zouden zetten.

Voorbeelden van zijn sturende initiatieven op breder natuurwetenschappelijk terrein zijn de coördinatie - middels een onder auspiciën van de K.N.A.W. opgericht comité - van onderzoek in het raam van het Internationaal Geofysisch Jaar (1957 / 1958) en de realisatie van een natuurwetenschappelijke expeditie naar het binnenland van (Nederlands) Nieuw-Guinea.

Het Internationaal Geofysisch Jaar (juli 1957 - december 1958)

Als gevolg van de snelle vooruitgang, die was geboekt in het fysisch onderzoek van aarde en dampkring, drong zich wereldwijd de behoefte op om tijdens de periode 1957 / 1958 - halverwege de 50 - jarige “Pooljaar-onderzoek” cyclus en samenvallend met een periode, waarin een maximum aan zonneactiviteit werd verwacht - in internationaal verband een niet tot de polen beperkt, maar een de gehele aarde omvattend onderzoek te entameren op het gebied van meteorologie, aardmagnetisme, poollicht, ionosfeer, zonneactiviteit, kosmische straling, lengte- en breedtebepaling, glaciologie, seismologie, zwaartekracht en radioactiviteit van lucht en water. Onder auspiciën van het International Council of Scientific Unions (ICSU) werd een “Comité Special de l’Année Geophysique Internationale” (CSAGI) opgericht, in Nederland vanaf 1954 door een nationaal comité onder voorzitterschap van Vening Meinesz gerepresenteerd met als doel de Nederlandse activiteiten ten behoeve van het internationale onderzoeksprogramma te coördineren. Die activiteiten betroffen onderzoek naar de radioactiviteit van de dampkring, naar radiostraling van de zon en haar invloed op de ionosfeer en op storingen in radiosignalen. In de overzeese

²⁸ 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) 321.

rijksdelen moesten daarvoor - en voor gravimetrie en magnetometrie - observatoria worden ingericht. “De periodieke aantrekking van zon en maan produceert ook getijden verschijnselen in de vaste aarde. De grootte van dat verschijnsel is een goede maat voor de stijfheid van het binnenste van de aarde. Daarom zijn die verschijnselen goed bestudeerd en zullen dat weer worden gedurende het Geofysisch Jaar met behulp van zeer gevoelige gravimeters”.²⁹ Bovendien werden op Curaçao en op Nieuw-Guinea speciaal ingerichte stations voor lengte- en breedtebepaling gevestigd als onderdeel van een de wereldomsluitende keten van veertig stations, die onderzoekers in staat zouden moeten stellen om uit variaties in genoemde grootheden kleine schommelingen met betrekking tot de rotatie-as en onregelmatigheden in de omwentelingsnelheid van het aardlichaam af te leiden.

Voor de uitvoering van de hem gegeven opdracht moest Vening Meinesz een hechte samenwerking tussen K.N.M.I., P.T.T. en Sterrenwachten smeden en fondsen van Z.W.O. aantrekken. Maar gelukkig bleek hij bij publieke optredens nog steeds een goede vertolker van de hem gegeven taken. Over een door hem gegeven inleiding op het BBC televisie programma “The restless sphere” ter gelegenheid van het Internationale Geofysisch Jaar oordeelde het *Amersfoortsch Dagblad* van 25 juli 1957: “... te weinig zien we nog figuren van dit formaat op TV...”

In twee - respectievelijk in Moskou en in Washington gevestigde - “World Data Centres” werden alle waarnemingen uiteindelijk bijeengebracht en opgeslagen. Interpretatie van die gegevens leidde ondermeer tot de indruk, dat de morfologie van Antarctica onder de ijskap leek op een continentaal schildgebied, omzoomd door een eilandenrijk. Voorts slaagde men erin, meer detaillering in de oceanische stromingspatronen aan te brengen. Dat het “gelukt was om kunstmatig poollicht te verwekken met atoombomexplosies op zeer grote hoogte” was reden tot grote tevredenheid! Terwijl wel de mogelijkheid werd benut om de elektrische stromen in de ionosfeer ter plaatse te meten door middel van raketten, was er begin 1957 nog geen zicht op zoiets als een kunstmaan. Maar naar later zou blijken, voerden van de zeven tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar door de Verenigde Staten gelanceerde kunstmanen er vijf stralingsmetingen uit, hield er een zich (deels) bezig met de bepaling van het geomagnetisch veld en een met de bepaling van de vorm van de aarde.³⁰

De toen ontstane internationale samenwerking op het terrein van de oceanografie leidde binnen het kader van de “International Council of Scientific Unions” tot de oprichting van het “Scientific Committee on Oceanographic Research” (SCOR). Nederland werd hierin vooreerst vertegenwoordigd middels een door de K.N.A.W. ingestelde Subcommissie, die in 1962 opging in de eerder vermelde Nederlandse Commissie van Zeeonderzoek.

De Nieuw-Guinea-expeditie (1959)

Na de soevereiniteitsoverdracht van het grootste deel van het Oostindische Archipelgebied in 1949, bleef vooralsnog aldaar het Nederlandse deel van Nieuw-Guinea beschikbaar voor natuurwetenschappelijk onderzoek. Stelselmatige exploratie

²⁹ Heiskanen en Vening Meinesz, *The earth and its gravity field*, 120.

³⁰ Veldkamp, *Geofysica*, 374 – 386; 394.

van het binnenland van Nieuw-Guinea was eerst tussen 1907 en 1915 op gang gekomen met militair-strategische verkenningen, uitgevoerd op advies van de kapitein - de latere regeringsleider - H. Colijn. Voor het Interbellum ten einde was, waren die verkenningen door meerdere expedities gevolgd. Laatstelijk nog in het seizoen 1939 / 1940, toen de met veel etnografica in Nederland teruggekeerde leden op een geslaagde, ruim binnen budget voltooide K.N.A.G. expeditie naar Nieuw-Guinea konden wijzen, mede dankzij de kosteloze medewerking van leger en marine. (Overigens zou met de uitwerking der resultaten van deze expeditie gedurende het K.N.A.G.-voorzitterschap van Vening Meinesz en de daaropvolgende publicatie tussen 1947 en 1950 een bedrag gemoeid zijn, dat de kosten van de expeditie ver overtrof en dat slechts met de medewerking van het Ministerie van Koloniën en van Z.W.O. kon worden opgebracht)

Nochtans werd in 1953 het initiatief tot een expeditie naar het ten oosten van het in 1939 onderzochte gebied gelegen Sterrengebergte genomen door Vening Meinesz, bestuurslid van de K.N.A.G. en al sinds 1946 voorzitter van de "Treub - Maatschappij". Deze "Maatschappij" vond zijn oorsprong in de op initiatief van Melchior Treub (1851 - 1910) in 1888 ingestelde "Commissie ter bevordering van het Natuurkundig Onderzoek in de Nederlandsche Koloniën", die de efficiëntie van (grootschalig) wetenschappelijk onderzoek in Nederlands-Indië wilde verbeteren door de aanwending van door de regering beschikbaar gestelde fondsen en de uitvoering van het onderzoek te coördineren en daartoe vertegenwoordigingen in Nederland en overzee had. Daarnaast kwam het tot de oprichting van een "Maatschappij ter bevordering van het Natuurkundig Onderzoek der Nederlandsche Koloniën", die het door particulieren beschikbaar gestelde werkkapitaal zou moeten beheren. In 1909 kwam een fusie tussen Commissie en Maatschappij tot stand onder de naam "Treub - Maatschappij".³¹

Op het door Vening Meinesz in 1953 genomen initiatief volgde in 1955 de oprichting van de Stichting "Expeditie Nederlands Nieuw-Guinea", waarin de initiatiefnemers, "wetenschap" en marine waren vertegenwoordigd. Evenals tijdens de expeditie van 1939 / 1940 stond multidisciplinair (fysisch-geografisch / botanisch / etnografisch) onderzoek centraal. Men vertrouwde erop, dat door een efficiënte logistiek - waarin te land en in de lucht de Koninklijke Marine een belangrijke rol speelde - een programma van internationale allure kon worden afgewerkt. Maar de financiële onderbouwing van de gehele onderneming liet maar weinig ruimte voor tegenvallers, zoals die al tijdens een voorverkenning in 1957 aan het licht zouden komen, toen de luchtsteun van de Koninklijke Marine tot ieders verrassing slechts op papier bleek te bestaan. Ook bij de eigenlijke expeditie in 1959 bleek vertrouwen op vervoer door de lucht met helikopters en vliegtuigen financieel dubieus. Slechts dankzij scheepsbouwer C.Verolme, die persoonlijk voor fl. 200 000 borg stond, kon een voortijdige einde van de expeditie voorkomen worden. Maar van het wel en wee van de twintig onderzoekers en vijftig man ondersteunend personeel werd de bevolking dan ook terdege op de hoogte gehouden door de pers en door het door de expeditieleiders Brongersma en Venema geredigeerde boek *Het witte hart van Nieuw Guinea* (Amsterdam 1960), een populair expeditie verslag. Helaas kwam het niet tot de publicatie van een wetenschappelijk verantwoord boekwerk. De resultaten - die

³¹ (Anon.). "De handel volgt de wetenschap", in: A. Wentholt (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen /Utrecht 2004) 30 e.v.

best wel de aandacht zouden hebben getrokken - werden slecht gepresenteerd en het verzamelde materiaal verdween in musea. Een laag rendement voor een investering van ruim een miljoen gulden, die de expeditie uiteindelijk in 1965 bleek te hebben gekost.³²

10e Vening Meinesz als natuuronderzoeker

In zijn eigen onderzoek speelde voor Vening Meinesz de ontrafeling van de interne constitutie van korst en mantel de hoofdrol, maar de dageraad van het tijdperk der ruimtevaart verleidde hem ook tot enige beschouwingen over de externe ontwikkeling van het zwaartekrachtsveld van de aarde.

Gewoontegetrouw bleef Vening Meinesz onderzoeksresultaten publiceren in de *Proceedings* van de K.N.A.W.. In chronologische volgorde geplaatst geven de in talloze artikelen besproken onderwerpen de indruk, dat hij gelijktijdig aan wel zeer diverse problemen werkte. Daarnaast kwam in 1958 zijn - samen met Heiskanen geschreven - overzicht *The Earth and its Gravity Field* van de pers. Zelf verzorgde hij in 1964 de publicatie van *Interpretation of gravity anomalies on the west coast of South America and in the Caribbean* (Delft 1964) en *The Earth's Crust and Mantle* (Amsterdam 1964), waarin de nadruk op de geologische en geofysische aspecten van het zwaartekrachtsonderzoek valt, maar waaraan een mathematisch doorwrocht hoofdstuk over de ontwikkeling van het zwaartekrachtsveld binnen en buiten de aarde is toegevoegd, speciaal met het oog op de snelle ontwikkelingen in ruimtevaart en satelliettechnologie.

Het hieronder volgende overzicht vat - minder in chronologische dan in thematische volgorde - de studies van de emeritus Vening Meinesz samen, vanaf studies betreffende het externe zwaartekrachtsveld tot die terzake van het inwendige van de aarde.

Van zwaartekrachtsvelden...

Dat na het in een baan om de aarde brengen van satellieten Vening Meinesz zich zou gaan bezighouden met de vraag in welke mate anomale massaverdelingen op zekere afstand buiten het aardoppervlak nog meetbaar zouden blijken te zijn, zal wel niemand verbazen. Uit zijn (geocentrische) benadering van het probleem zou blijken, dat door topografie veroorzaakte onvolledig gecompenseerde massaverschillen op hoogten boven de vijftig kilometer nauwelijks meer een rol speelden. Maar afwijkingen in de veronderstelde regelmatige gelaagde dichtheidsverdeling binnen de aarde, die een veel wijdere uitgebreidheid bezaten - zoals mantelpluimen - zouden nog wel tot een hoogte van vier- tot vijfhonderd kilometer als afwijkingen in de modelvorm van de geoïde merkbaar zijn, evenals anomalieën van de omvang van die van de "Minus"-zone.³³

³² (Anon.), "Sterrengebergte", in: A.Wentholt (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen /Utrecht 2004) 104 – 117.

³³ F.A.Vening Meinesz, "The outside gravity-field up to great distance from the earth", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 109 – 114.

Terwijl de opwaartse omrekening vanaf een als bekend verondersteld zwaartekrachtsveld op aarde naar dat op satelliehoogte geen probleem is, is de “neerwaartse” omrekening van satelliehoogte naar het aardoppervlak een “delicaat” proces.³⁴ Toch was dat laatste wel gewenst vanwege de nog vele openstaande vragen betreffende de opbouw van het zwaartekrachtsveld van de aarde. Waar het zeeoppervlak als equipotentiaaloppervlak fungeert, zou het resultaat van precisie-meting van de afstand tussen satellietbaan en zeeoppervlak via een “Inverse Vening Meinesz Formule” zwaartekrachtanomalieën aan het licht kunnen brengen. (In 1928 had Vening Meinesz immers uitgewerkt, hoe uit de vorm en grootte van een zwaartekrachtanomalie de afstand tot het geoïde-oppervlak was te berekenen. Nu lag berekening via de omgekeerde weg meer voor de hand.) Zodoende kon men flexuren met een golflengte van meer dan honderd kilometer op basis van satellietmetingen natrekken, terwijl kleinere anomalieën met directe zwaartekracht-meting konden worden getraceerd. Verrassenderwijs bleken er toen brede, maar minder scherpe opwelvingen van het zeeniveau aanwezig te zijn; niet aan een duidelijk onderzees reliëf te relateren verschijnselen, die mogelijk aan de aanwezigheid van een opstijgende mantelpluim zouden kunnen worden toegeschreven!

“A further paradox is that Vening Meinesz rejected Sir Harold Jeffreys’ discovery - from surface observations of “*g*” - of the long-wavelength non-hydrostatic gravity anomalies, because he (and Heiskanen) assumed none would exist with a viscous mantle. The confirmation and great detail in the geoid from satellite observations proved Jeffreys correct and caused me to explain them by convection. Thus Vening Meinesz would have seen that the Earth’s gravityfield, to which he made such notable contributions, became the fundamental evidence for convection in the mantle. In about his last year he became convinced by the evidence of continental drift”.³⁵

Voortgaande ontwikkelingen op het gebied van satellieten en waarnemings-technieken hebben het sinds kort mogelijk gemaakt om frequent vanuit de ruimte het zwaartekrachtsveld van de aarde in kaart te brengen.³⁶ De verwachting is dan ook, dat langzame veranderingen daarin ten gevolge van massaverplaatsingen (convectie-stromingen?) binnen de aarde mogelijk op den duur zullen kunnen worden gedetecteerd.

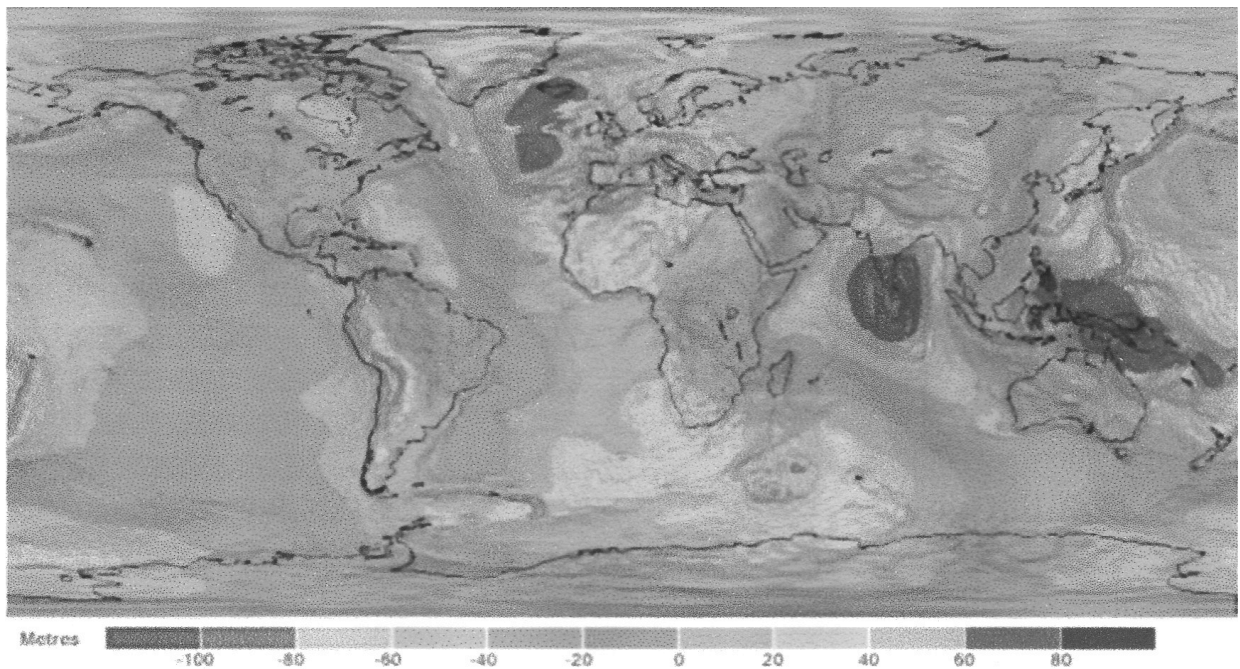
.....naar convectiestromingssystemen....

Een van de problemen, waar Vening Meinesz nu bij zijn onderzoek naar de processen van warmteoverdracht in de aardmantel mee te maken kreeg, was – zoals in Hoofdstuk 9 beschreven - de uit seismometrisch onderzoek gebleken grotere

³⁴ E.Berkers, "De aarde als planeet", in: E.Berkers e.a.(red), *De aarde verdeeld en verbeeld, berekend en getekend* (Zutphen 2004) 36.

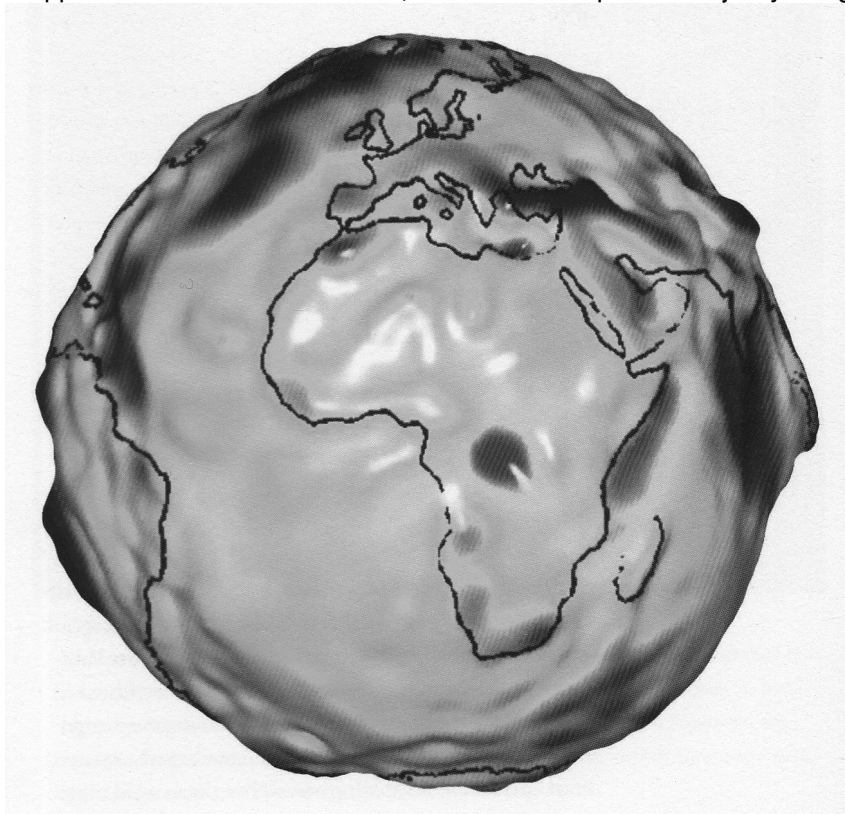
³⁵ S.K.Runcorn, "Vening Meinesz and convection in the earth's mantle: from static to dynamic models of the earth's interior", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 44.

³⁶ E.Berkers, "De aarde als planeet", in: E.Berkers e.a.(red), *De aarde verdeeld en verbeeld, berekend en getekend* (Zutphen 2004) 31.



Figuur 23 Satellietgravimetrie: zwaartekrachtsveld (boven) en geoïde (onder)

- Boven: Het zwaartekrachtsveld van de aarde, gededuceerd met behulp van twee satellieten, die op een hoogte van 500 km elkaar volgen, waarbij variaties in hun relatieve positie de benodigde basis-informatie verschaffen.³⁷
- Onder: Computer-animatie van de op grond van het zwaartekrachtsveld afgeleide geoïde; een oppervlak vol hobbels en kuilen, waarvan de diepste kuil bij Ceylon ligt.



³⁷ <http://www.popsci.com/science/article/2010-06/esa>, geraadpleegd 13 november 2012.

fysische en fysieke heterogeniteit van de betrokken materie in de mantel, waarvan de dimensies uiteenliepen van uiterst klein tot uiterst groot. Correlatie tussen de voortplantingssnelheden van geluidsgolven in en de dichtheid van een gesteente leidde tot de conclusie, dat het gesteente in de bovenste 200 kilometer van de aardmantel een naar oppervlaktetemperatuur en druk gecorrigeerde constante dichtheid van 3,3 had en dat het gesteente dieper dan 900 kilometer in de mantel evenzo gecorrigeerd een dichtheid van 4,0 had tot aan de overgang naar de aardkern. En dat in de zone tussen genoemde intervallen er sprake van was, dat de dichtheid van de daar aanwezige "ultrabasische" materie sneller toenam dan op grond van de toename van de druk alleen verwacht mocht worden. Hiervoor werden twee alternatieve oplossingen aangedragen: een menging van twee chemisch verschillende mineralen of een faseovergangsvorm van een lossere naar een dichtere pakking van een mineraal met eenzelfde chemische samenstelling. Vening Meinesz postuleerde in 1955, dat van laatstgenoemde mogelijkheid het geval was, omdat hij van mening was, dat in de mantel een op warmte-uitwisseling gebaseerd kringloopstromingssysteem niet zou kunnen bestaan als er halverwege een verschil in chemische samenstelling zou optreden, terwijl een faseovergang in het gesteente daartoe geen belemmering behoefde te vormen.³⁸ Met het verder onderzoek naar de mogelijke aanwezigheid van zo'n overgangslaag, een verklaring voor het ontstaan ervan en de invloed, die veranderingen in temperatuur en druk op de stabiliteit van die faseovergang kon hebben, zouden behalve Vening Meinesz ook de eerder genoemde Nieuwenkamp - sinds 1946 hoogleraar in petrologie / geochemie - en een tweetal aan het Philips Research Laboratorium verbonden chemici (J.L.Meijering en C.J.M.Rooijmans) zich een tijdlang bezig houden. Laatstgenoemden concludeerden, dat in een geïdealiseerde omgeving alleen al onder toenemende druk olivijn met een rhombische pakking - zoals al in de diepere aardkorst aanwezig - getransformeerd zou kunnen worden tot spinel, dat een dichtere, kubische pakking had maar qua chemische samenstelling vergelijkbaar was. Bij zo'n transformatie zou het volume afnemen en door de vrijkomende warmte de temperatuur toenemen. (Bij afnemende druk zou spinel weer in olivijn kunnen worden omgezet, waarbij het volume zou toenemen en de temperatuur dalen vanwege de opname van warmte) Zo'n transformatie leek geen beletsel voor kringloopstroming te vormen en - indien de vrijkomende warmte een grenswaarde te boven zou gaan - het ontstaan van kringloopstroming kunnen bevorderen, zoals door Griggs (1939) in zijn experiment was gesimuleerd.³⁹

In 1959 zou Vening Meinesz de hierboven beschreven bevindingen tezamen met de toenmalige kennis van warmtestroming te land en ter zee integreren in een nieuwe beschrijving van de werking van een mantelconvectiecel, waarin zowel temperatuur- als druk- veranderingen de hun toekomstige plaats kregen. Een concept, dat vanwege de gesuggereerde, episodisch veranderende bewegingsrichting van de stroming in de cel de naam "halve slag"- hypothese zou krijgen. De vraag, waarom soms een uit een diepzeetrog / geosynkлинаaal bekken

³⁸ F.A.Vening Meinesz, "A phase-transition layer between 200 and 900 kilometer depth in the earth?", in: *KNAW LIX* (Amsterdam 1957) 1 – 10.

³⁹ J.L.Meijering en C.J.M.Rooijmans, "On the olivine – spinel transition in the earth's mantle", in: *KNAW LXI* (Amsterdam 1958) 333 – 344.

opgerezen gebergte dan wel nu zo ver landinwaarts kon liggen, dacht Vening Meinesz te kunnen beantwoorden uit de algehele rotatie van de aardkorst ten opzichte van de mantel, waarin zich het betreffend convectieproces destijds had afgespeeld.⁴⁰

.....naar sferisch-harmonische analyse;

De snel gegroeide kennis van het zeebodemreliëf en de beschikbaarheid van computers met een grote reken capaciteit waren voor Vening Meinesz reden om op zijn eerder uitgevoerde sferisch-harmonische analyse van het oppervlaktereliëf van de lithosfeer in groter detail terug te komen, ervan uitgaande, dat het huidige reliëf zich had ontwikkeld in respons op eertijdse en tegenwoordige activiteiten van (sectoriële) kringloopstromingen in de aarde. [Een hypothese, waarop de recente rijzing van Scandinavië ten gevolge van een isostatisch evenwichtsherstel dan wel de uitzondering zal zijn geweest, die de regel moest bevestigen] Dankzij de Delftse hoogleraar Bruins kreeg Vening Meinesz een database van 40680 punten (overeenkomend met een waarde per 22500 km²) en - via ZWO - de fondsen voor het gebruik van de computer van het Mathematisch Centrum in Amsterdam. Ditmaal werd de sferisch-harmonische analyse uitgevoerd tot de 31ste orde, waarbij alle bij een bepaalde orde behorende coëfficiënten door Vening Meinesz in een getal werden gerepresenteerd. Oceanisch en continentaal reliëf kon zowel categorisch als tezamen worden geëvalueerd.⁴¹

Evenals in zijn vroegere analyse was Vening Meinesz van mening, dat de hoogste orde termen de evolutie van de aarde uit een roterend, aan de buitenkant afkoelend, ongedifferentieerd viskeus lichaam reflecteerden, waaruit middels een alomvattende, toroïde kringloopstroming na verloop van tijd een zware kern en een rigide lichte korst - een oercontinent, dat nu dertig procent van het aardoppervlak besloeg - waren gedifferentieerd uit wat als viskeuze mantelmaterie overbleef. In een volgend stadium, waarin zich een systeem van acht kleinere, slechts de gehele mantel beroerende convectiecellen - gerepresenteerd door termen van de derde tot de vijfde orde - ontwikkelde, werd het oercontinent uiteengereten en formeerde zich de huidige, antipodale constellatie van continenten en oceanen, totdat consolidatie van de oceaankorst - omstreeks het begin van het Paleozoicum - verdere drift over grote afstanden onmogelijk maakte, terwijl de mantelmaterie de karakteristieke aannam van een pseudo-viskeus medium. De ditmaal in de analyse relatief duidelijk herkenbare zevende orde term in de topografie van de oceaانبodem schreef Vening Meinesz toe aan het verschijnsel van de oceanische ruggen, gecreëerd door een opstijgende stroming ter plaatse. De aanwezigheid van zo'n mantelpluim daar - halverwege een meer dan vier duizend kilometer brede oceaan - was daarom weer niet zo verrassend, omdat de maximale horizontale afmeting van een convectie cel de dikte van de mantel van 2900 kilometer niet te boven leek te kunnen gaan. Differentiële rotatie van de aardkorstschil ten opzichte van het substraat werkte het

⁴⁰ F.A.Vening Meinesz, "The difference of the tectonic development on the east and the west side of the Pacific", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 26 – 31.

⁴¹ F.A.Vening Meinesz, "The results of the development of the earth's topography in spherical harmonics up to the 31st order. Provisional conclusions I & II", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 115 – 136.

ontstaan in de hand van een schuifspanningsbreukenstelsel, dat Vening Meinesz verantwoordelijk achtte voor de bestaande morfologie van continentale marges. Mantelstromings-stelsels van meer recente origine en stelselmatig kleinere afmetingen zouden plooiingsgebergten hebben doen ontstaan, waar de aardkorst alleen ter plaatse van zwaktezones door convectiestelsels kon worden verschoven.

Voor het modelleren van laatstgenoemd stromingsgedrag in een pseudo-viskeus / kristallijn medium, dat uit een homogeen viskeus medium zou zijn voortgekomen, moest Vening Meinesz de aanwezigheid van een verticale geleiding in eerstgenoemd medium veronderstellen. Uit zijn berekeningen bleek hem, dat het ontstaan van een convectiestromingssysteem in zo'n meergelaagd medium veel meer van de temperatuurgradiënt aan de kern - mantel grenslaag afhing dan van die aan de mantel - korst grenslaag. Zodoende kwam Vening Meinesz tot de conclusie, dat na voltooiing van een, de gehele dikte van de viskeuze mantel omvattende "halve slag" rotatie in een convectiecel gedurende het Tertiair, de daar toen aan de kern - mantel grenslaag gecreëerde hoge temperatuurgradiënt in de dan pseudo-viskeuze / kristallijne mantelmaterie een reeks van vertikaal gestapelde convectiecellen van kleinere afmetingen zou hebben kunnen doen ontstaan, die correspondeerden met de lagere termen in zijn sferisch-harmonische analyse.⁴²

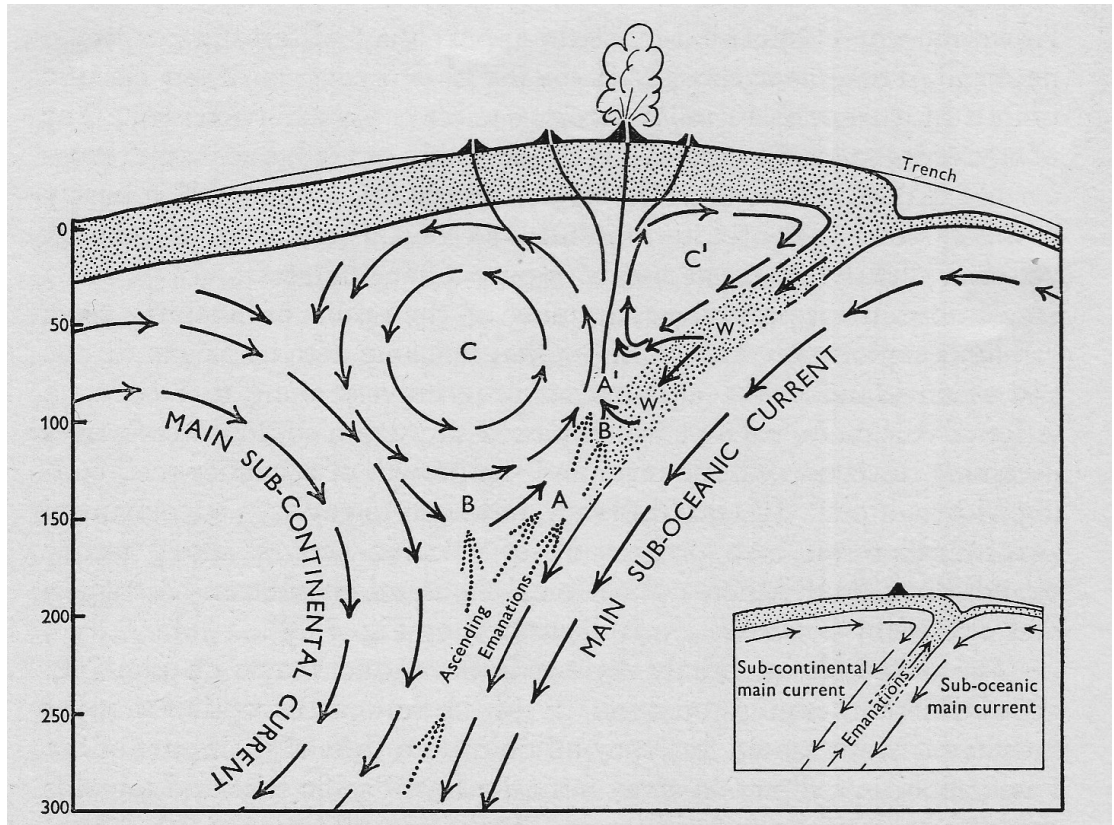
Vening Meinesz' voorstelling van de interne structuur van een Midoceanische Rug blijkt uit zijn commentaar op een door Ewing gemaakte interpretatie van een op seismometrie gebaseerd dwarsprofiel. Op basis van een vergelijking tussen de voortplantingssnelheden van geluidsgolven door zo'n rug en de daarop gebaseerde dichtheden der lagen in combinatie met het zwaartekrachtsprofiel had Ewing gepostuleerd, dat onder de culminatie van zo'n rug anomaal lichte materie (sedimenten?) omsloten door mantelmateriaal van normale dichtheid aanwezig zou zijn. Vening Meinesz bestreed die interpretatie niet, maar schreef de configuratie toe aan de invloed van de opstijgende mantelstroming in een kringloopstromingscel, waardoor ten gevolge van drukontlasting de opgevoerde zwaardere kristallijne olivijnfractie in een lichtere basaltachtige fractie kon overgaan, samengaan met een volume-expansie, welk proces bij laterale spreiding en afkoeling in een omgekeerde zin zou kunnen plaatsvinden.⁴³ In Ewing's profiel bleef de integriteit van de bovenliggende stijve korst in zijn geheel bewaard, maar het is de vraag of Vening Meinesz - die stelde, dat "this convection-current....below the rigid crust flows to both sides"- het met dat inzicht wel volledig eens was. Want al eerder had hij - ook op andere gronden - aan de korst een zekere mate van mobiliteit toegeschreven als wel de verwachting uitgesproken, dat oceaankorst met een neergaande kringloopstroming weer in de mantel kon worden opgesmolten.⁴⁴ Over de opbouw van de aardkorst onder de oceanen liet Vening Meinesz zich nochtans in voorzichtige termen uit. "Men neemt aan, dat die korst wordt gevormd door een tot tien kilometer dikke serie basaltlagen, waarop maximaal een paar kilometer sedimenten zouden kunnen zijn afgezet. Maar alomtegenwoordig vulkanisme deponeerde er ook veel

⁴² Vening Meinesz, "The earth's topography in spherical harmonics", 134.

⁴³ F.A.Vening Meinesz, "Origin of the crustal structure of the mid-ocean ridges", in: *KNAW LXVIII* (Amsterdam 1965) 114 – 116.

⁴⁴ F.A.Vening Meinesz, "Relative movements of continents", in: *KNAW LXVI* (Amsterdam 1963) 3 – 7.

onderzeese lavas. Nog minder duidelijk is de opbouw van (mid)-oceanische ruggen, waaronder mogelijk mantelpluimen oprijzen".⁴⁵



Figuur 24 Kringloopstromings"knooppunt"?

Ook omstreeks 1965 bleken de problemen aangaande de dynamiek van de processen in het substraat onder de continentale marge - zelfs op grote schaal - nog verre van opgelost.....

(naar Holmes, 1965)

10f En van paleomagnetisme...

In Runcorn's, op analyse van het gesteentemagnetisme berustende, voorlopige conclusies, waaruit zou kunnen worden opgemaakt, dat de magnetische noordpool sinds het Carboon een kromme vanaf het midden van de Stille Oceaan via Japan naar de huidige positie had beschreven, dacht Vening Meinesz een bevestiging te kunnen vinden van zijn hypothese van een integrale rotatie van de korst ten opzichte van de vaste draaiingsas van mantel en kern sindsdien, mogelijk gemaakt en afgewikkeld door een systeem van convectie stromingen in de mantel.⁴⁶ Later zou Vening Meinesz - geconfronteerd met een sterk toegenomen hoeveelheid paleomagnetische data - ook niet meer uitsluiten, dat - afhankelijk van de interactie

⁴⁵ F.A.Vening Meinesz, *The earth's crust and mantle* (Amsterdam 1964) 9.

⁴⁶ F.A.Vening Meinesz, "Convection-currents in the mantle", in: *KNAW LXIV* (Amsterdam 1961) 507.

tussen aangroei van de oceaankorst hier en opsmelten van die korst elders - de plaats van de continenten aan verandering onderhevig kon zijn, zij het dat een en ander alleen gedurende episoden van kringloopstromingsactiviteit / gebergtevorming kon plaatsvinden.^{47, 48}

....naar een globaal orogenetisch concept

In zijn handboek *Structural Geology* (New York, 1956) werd door de Leidse hoogleraar L.U. de Sitter (1902 - 1980) boven hypothesen van contractie van de aarde, van continentverschuiving of undaties de hypothese van convectiestroming als de meest waarschijnlijke aangemerkt ter verklaring van gebergtevorming, mede omdat de omvang en aard, waarmee zulke stromingen in de aardmantel zouden optreden met de schaal, waarop orogenese plaatsvond, vergelijkbaar was. Voor Vening Meinesz stond orogenese, zoals die zich volgens zijn onderzoeken in Zuidoost Azië voltrok en waarover hij uitgebreid nog tot 1964 publiceerde, model voor de opvolging der orogenetische stadia gedurende een convectiestromingscyclus. (zie Hoofdstuk 9) Maar, zoals eerder door mensen als Runcorn werd opgemerkt, Vening Meinesz' gedachten, die van een episodische dynamiek van onder continenten actieve subcrustale kringloopstromingssystemen uitgingen, waren aan het eind van zijn leven zeker niet meer in graniet gebeiteld. Dat hing samen met de invloedrijke, zich toen onder onderzoekers wereldwijd plaatsvindende heroriëntatie op een nieuw dynamisch structuurgeologisch model, dat zich op een continue dynamiek van voornamelijk onder de oceanen actieve subcrustale kringloopstromingssystemen baseerde, waarvan het fundament door Hess' "seafloor spreading" these was gelegd.

Op basis van de intuïtief door Umbgrove en anderen ontwikkelde periodiciteit van gebergtevorming en op basis van eigen inzichten terzake van de vigerende fysische omstandigheden kwam Vening Meinesz tot de volgende driedeling in de chronologie van de geosynklinale ontwikkeling.

In het eerste, bekkenvormend stadium zou door een gedurende twintig miljoen jaar aanhoudende, tot vele honderden Bar olopende, uniaxiale horizontale compressieve druk onder invloed van een convectiestroming in de mantel een "knik"-zone in de korst kunnen ontstaan, die zich – bij aanhoudende druk – na nog eens vijftien miljoen jaar tot een meer dan 7,5 kilometer diepe en geheel door sedimenten opgevulde trog zou kunnen hebben ontwikkeld. In het daaropvolgend stadium van aan het aardoppervlak klaarblijkelijke tektonische inactiviteit plaatste Vening Meinesz het langzaam tot staan komen van de convectiestroming in de mantel ten gevolge van de inzettende warmte-uitwisseling tussen de in de mantel doorgedrongen, aan radioactief sediment rijke materiekolom met het omgevend substraat. Deze periode zou niet minder dan zo'n honderd miljoen jaar duren. Met het inzetten van een tegenstroming in de mantel en relaxatie van de compressieve krachten zou met opwelling van de trogvulling het derde stadium beginnen, waarbij isostatisch evenwichtsherstel de gebergtevorming kon bespoedigen. De duur van dit stadium schatte Vening Meinesz op niet minder dan tien tot vijftien miljoen jaar, een kort

⁴⁷ Vening Meinesz, *The earth's crust and mantle*, 52, 76.

⁴⁸ Veldkamp, *History of geophysical research*, 88.

tijdsbestek in het geheel van de geosynklinale evolutie. Hij was zich er – met de recente vorming van de Alpen in het achterhoofd – dan ook bewust van in een bijzonder tijdsgewricht te leven. Overigens zouden vanwege de kleinere fysieke verschillen tussen oceaانبodem- en mantel- gesteente de uit de geosynklinale evolutie resulterende verschijnselen in een oceanische omgeving minder uitgesproken zijn.⁴⁹

Langs de lijnen van dit model zou Vening Meinesz in opvolgende studies de invloed van in de mantel onder de continentale korst oprijzende en lateraal uitvloeiende stromingen op het reliëf van de omgevende (continentale) marges beschrijven. Zo dichtte hij op grond van een onder het Oostaziatisch continent oprijzende mantelpluim de aanwezigheid toe van de langs de continentale marge tot Australië bijna ononderbroken opeenvolging van Westpacificische eilandbogen / troggen - convex gekromd naar de oceaan toe - en de eilandbogen / troggen van het Indisch Archipelgebied, terwijl de afwezigheid van zulke systemen rond Australië een argument was tegen het bestaan van een duidelijk kringloopstromingssysteem onder laatstgenoemd continent.⁵⁰

Uitgaande van de door hem al eerder als expressie van rek in de aardkorst aangemerkte Centraal-Afrikaanse Slenk, postuleerde Vening Meinesz voortzetting van deze slenk via de Rode Zee, de Golf van Suez en de Middellandse Zee tot in de Adriatische Zee en de Po-vallei. De geplooid, uit een geosynclinaal voortkomende Tertiaire orogenen als de Atlas-gebergten, de Sierra Nevada en de Balearen zouden wijzen op de invloed van onder het Afrikaans continent nog actieve stromingen, gedreven door een van onder genoemde Slenk uitwaaijende mantelpluim. Daarentegen zou de aanwezigheid van een dikke laag sedimenten in de Adriatische Zee en de Po-vallei, grenzend aan het Alpiene orogeen, er op kunnen duiden, dat de invloed van een opstijgende mantelpluim hier al enige tijd tanend was en dat de door Vening Meinesz geprefereerde “halve slag cyclus” hier al een tweede stadium zou zijn ingegaan, nadat een verschuiving in de balans tussen horizontale rek- en horizontale druk- krachten tot uitstulping van het Alpiene geosynklinale bekken zou hebben geleid. Tevens zou verplaatsing van diffuse korstmaterie van de Alpiene wortelzone door radiale onderstroming in westelijke en noordelijke richting tot korstverdikking en opheffing van het Centraaleuropese Mittelgebirge hebben geleid. De invloed van dat proces was nog aan een waaier van (seismisch actieve) breuken in de Boven-Rijn slenk en in zuidoost Nederland merkbaar. Bovendien had waterpassing in laatstgenoemd gebied in de periode van 1875 tot 1940 een noordwaarts afnemende kanteling vastgesteld.⁵¹ In ieder geval wees het karakter van de verschillende, onder invloed van de eerder genoemde mantelpluim gecreëerde structuren - de Alpen, het genetisch ermee verbonden Mittelgebirge en de Karpaten - er volgens Vening Meinesz op, dat er onder Europa nu geen kringloopstromingssysteem actief was.⁵²

⁴⁹ F.A.Vening Meinesz, "The geophysical history of a geosyncline", in: *KNAW LX* (Amsterdam 1957) 136.

⁵⁰ Vening Meinesz, *The earth's crust and mantle*, 89 e.v.

⁵¹ F.A.Vening Meinesz, "The subcrustal current-system between Alps and North Sea in the present period", in: *KNAW LXIX* (Amsterdam 1966) 230 – 234.

⁵² F.A.Vening Meinesz, "Mantle-currents below the Mediterranean area", in: *KNAW LXVII* (Amsterdam 1964) 215.

Op grond van zijn interpretatie van zwaartekrachtsgegevens in het oostelijk Middellandse Zeegebied vermoedde Vening Meinesz, dat hier wel eens sprake zou kunnen zijn van een interferentie tussen invloedssferen van Afrikaanse en Aziatische kringloopstromingssystemen. In een grote boog ten zuiden rond het eiland Kreta blijkt een groot massadeficit te bestaan, dat zou kunnen wijzen op een recente structuur, gecreëerd onder invloed van horizontale compressie uit noordoostelijke richting, dus vanuit (Centraal) Azië. Volgens Vening Meinesz toentertijd het enige bekende geval van zo'n vorm van interferentie van kringloopstromingssystemen.⁵³

Ook onder de beide Amerikaanse continenten zouden zich uitwaaiende pluimen van mantelconvectiestromingen bevinden, maar de langs de randen van die continenten dalende stromingen ervan werden beïnvloed door de eveneens dalende stromingen, die van de onder oceaanruggen oprijzende en zijwaarts uitstromende mantelpluimen afkomstig waren. Het resultaat van die confluentie was, dat het Noordamerikaans continent in een zuidzuidoostelijke richting werd voortgeschoven, wat in verschuivingen langs de San Andreas breukzone en meer specifiek in de Anchorage aardbeving (28 maart 1964) tot uitdrukking was gekomen.⁵⁴

De vorming van een diepe trog met begeleidend vulkanisme in het Chileense kustgebied en de uitstulping van het Peruviaans Andesgebergte ten noorden ervan werden door Vening Meinesz toegeschreven aan de invloed van een van onder de Midpacifische Oceaanrug in de richting van genoemd gebergte uitstromende mantelpluim. Het zwaartekrachtsdeficit in het Bartholomew Deep en de deels sterk verplooid en overschoven aardlagen in de Andes waren attributen, die ook in het Indische archipelgebied een "knik"-zone karakteriseerden. Met deze uitleg suggereerde Vening Meinesz, dat hij voor de configuratie van de continenten aan de activiteiten van mantelstromingen van onder oceaanruggen als deel van een globaal systeem een iets belangrijker rol toedichtte. De trend van het Venezolaans kustgebergte zou erop wijzen, dat het Zuidamerikaans continent in zijn geheel in een noordoostelijke richting kon zijn verschoven, waaruit de knik in de isthmus van Panama te verklaren viel.⁵⁵ Maar tot die conclusie zou Vening Meinesz misschien niet gekomen zijn als hij de aard en verzet van de belangrijke, het gebied in een oost-west richting doorsnijdende Oca breuk – onderwerp van verhit debat onder geologen te dien tijde - in aanmerking had genomen.

Ook al leek het Runcorn, dat hij Vening Meinesz op grond van paleomagnetische gegevens aangaande continentverschuiving, geïnitieerd door van onder het oceaangebied opwellende convectiestromingen, overtuigd had, in Vening Meinesz' analyses van [de genese van de configuratie van] de continenten speelde die visie aangaande continentverschuiving vermoedelijk toch nog steeds nauwelijks een rol.⁵⁶ Kennelijk worstelde hij ermee om opkomende visies een plaats te geven in het door hem ontwikkelde concept. Tot het einde toe bleef bij Vening Meinesz het door convectie stromingen onder continenten gegenereerde krachtenveld centraal staan in zijn dynamisch model van de evolutie van de

⁵³ F.A.Vening Meinesz, "The area where the two parts of the Alpine – Himalayan geosyncline meet each other", in: *KNAW LXIX* (Amsterdam 1966) 55 – 57.

⁵⁴ F.A.Vening Meinesz, "The Anchorage earthquake", in: *KNAW LXVII* (Amsterdam 1964) 339 – 340.

⁵⁵ Vening Meinesz, *The earth's crust and mantle*, 83.

⁵⁶ B.J.Collette, "Vening Meinesz' knik-hypothese en de Theorie van Wegener", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 33.

aardkorst. Oceaanruggen als zichtbare getuigen van daar onder het oppervlak werkzame kringloopstroming systemen speelden voor hem voor de evenwichtige (op de "tetraëdische" positie der continenten gebaseerde (zie Hoofdstuk 8)) verdeling van zulke stelsels in de mantel weliswaar een mogelijke, maar nog geenszins onmisbare rol.

10g Meester en leerling

Gedurende zijn emeritaat ontwikkelde Vening Meinesz nogal wat organisatorische en publicitaire activiteiten. Vooralsnog leek hem de "last der jaren" weinig reden tot zorg te geven. En dat was toch wel verrassend, want al op vijftienjarige leeftijd was bij hem het "tachycardia" syndroom geconstateerd, dat met een "hoge lichaamstemperatuur en een te snelle hartslag" gepaard gaat, waardoor Vening Meinesz soms enkele dagen rust had moeten nemen. Ook had in de periode van 1910 tot 1920 zijn werk in bedompte, vochtige kelders hem niet alleen tot een ziekteverlof van anderhalf jaar genoopt, maar ook tot een vroegtijdige ontwikkeling van artritis in zijn knieën. Dat het lichamelijk verval daarna niet sneller was gegaan schreef Vening Meinesz toe aan zijn zeer matige eet-, drink- en rook- gewoonten, zijn gezonde levensstijl. Pas op latere leeftijd zou hij een staaroperatie moeten ondergaan en ging hem ook het lopen wat moeilijker af.⁵⁷ Maar ook toen bood zijn met hem samenwonende zuster Coba – "een bijzonder aardige vrouw" - hem de "helpende hand", zoals haar al van jongs af aan door haar moeder geleerd was te doen". (pers. comm. Van Marle – van Riemsbergen)

Nadat de in 1951 door de wetenschappelijke staf van het K.N.M.I. met argwaan tegemoet getreden opvolger van Vening Meinesz in 1965 was gepensioneerd en de toen aantredende Hoofddirecteur een meteorologische achtergrond bleek te hebben, kwam Vening Meinesz ertoe om zijn laatste publieke functie van president-curator / voorzitter van de Raad van Advies van het K.N.M.I. ter beschikking te stellen.

De snelle ontwikkelingen op het gebied van de geofysische instrumentatie en de daarop voortbouwende waarnemingsresultaten bleven de aandacht van Vening Meinesz trekken. Hij liet zich dan ook middels langdurige telefoongesprekken met de velen, waarmee hij een diepgaand contact hield, daarover op de hoogte houden. Maar het waren niet alleen vrienden uit de wereld van de wetenschap, die de weg naar Amersfoort wisten te vinden. Ook oudgedienden van de Koninklijke Marine, zoals de gepensioneerde Ktz. Van Waning, lieten hun oud-varensgezel niet in de steek. En als het even kon, liep Vening Meinesz bij een oude bekende aan, zoals Peter van Toor ondervond, toen bij hem de huisbel ging: "Op een dag werd er aangebeld. Daar stond Vening Meinesz. Ik had hem sinds 1955 niet meer gezien, maar hij sprak mij nog met mijn volledige naam aan...Ik was perplex: na negen jaar kende hij mij nog!"⁵⁸

Wie bij Vening Meinesz thuis op de lunch was genood, moest rekenen op een langdurig bezoek in een informele sfeer: als van de door Mien, de nog uit het ouderlijk huis afkomstige huishoudster, toebereide maaltijd ook "Toepeltje", het hondje van

⁵⁷ R.Fraser, "Seventy-six years young. A portrait of F.A.Vening Meinesz", in: *ICSU Review of World Sciences* 6 (Amsterdam 1964) 112 – 115.

⁵⁸ *Illuster*, Utrechts Universiteitsblad (juni 2002).

onbestemde afkomst, zijn deel werd toegeworpen, schiep baasje Fik daarin een kinderlijk genoeg. Maar na de lunch volgde een indringend gesprek over zaken de wetenschap betreffend.⁵⁹ Ook de Britse hoogleraar Runcorn was sinds het midden van de jaren vijftig een geziene gast bij Vening Meinesz en herinnerde zich van een van die vroege bezoeken: "When I was invited to dinner at his home in Amersfoort he invited me to tell him about the new results of palaeomagnetism: polar wandering evidence was welcomed - the developing evidence for continental drift was puzzling and hard to accept. For having concluded that the continent - ocean distribution was fixed by the mantle convection pattern.... continental drift did not fit in".⁶⁰ Overigens was Vening Meinesz er niet wars van om zijn hypothesen te toetsen en eventueel bij te stellen als argumenten hem voldoende overtuigden. Een samenvatting van *The Earth Crust and Mantle* leidt tot de conclusie, dat ten tijde van de publicatie in 1964 Vening Meinesz op basis van meer aansprekende paleomagnetische gegevens de mogelijkheid van grotere horizontale verschuivingen van continenten serieus bestudeerde, waarbij korstelementen door plooiing of opsmelting teloor zouden kunnen zijn gegaan. Maar zo'n, door convectieve stromingen gedreven proces zou niet continue, maar slechts episodisch gedurende een orogene periode plaats kunnen vinden.⁶¹

Met het heengaan van naaste familieleden werd het wel wat stiller op Vening Meinesz' "Bremberg": "Er zijn er nog maar weinigen over...." verzuchtte hij eens. Maar zelfs het overlijden van zijn zuster Coba van Marle - Vening Meinesz (op 9 oktober 1965) weerhield hem er niet van de eerste daaropvolgende maandelijkse bijeenkomst van de K.N.A.W. op 30 oktober een nieuwe studie voor te leggen. Maar nieuwe artikelen zouden wel minder frequent gaan verschijnen. In aardwetenschappelijke kringen raakte zijn naam niet snel in de vergetelheid. Integendeel. In 1959 werd hem de "Leopold von Buch"-medaille van het Deutsche Geologische Gesellschaft toegekend en in 1963 de "Wollaston"-medaille van de Londense Geological Society. Tot slot zou in maart 1965 Vening Meinesz' lijst van eerbewijzen afgesloten en bekroond worden door de verlening van de "Eremedaille in Goud voor Voortvarendheid en Vernuft van de Huisorde van Oranje" (niettegenstaande zijn in dat jaar openlijk beleden ongenoegen met het voorgenomen huwelijk van Prinses Beatrix met de Duitse Claus von Amsberg).

De meeste voldoening zal hem echter in 1962 de toekenning van de "Vetlesen Prize" voor het onderzoeksgebied "geologie / geofysica / geodesie" hebben gegeven. Ten behoeve van een publieke erkenning van wetenschappelijke prestaties, die een beter begrip van de aarde, haar evolutie en relatie tot het universum bevorderden, had Georg Unger Vetlesen (1889 - 1959), een Amerikaanse reder van Noorse afkomst, middels de naar hem genoemde "Foundation" in 1959 die prijs ingesteld. Hij had een door de Columbia Universiteit in New York aan te wijzen "Committee" belast met de verkiezing der prijswinnaars, die aldaar dan ook een acceptatie - rede moesten houden. Vetlesen hoopte, dat de prijs op den duur het aanzien en de

⁵⁹ Veldkamp, "De betekenis van Felix Andries Vening Meinesz", 58.

⁶⁰ S.K.Runcorn, "Vening Meinesz and convection in the earth's mantle: from static to dynamic models of the earth's interior", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 44.

⁶¹ Veldkamp, *History of geophysical research in the Netherlands*, 88.

betekenis van een "Nobelprijs op het gebied van de aardwetenschappen" zou verwerven. In ieder geval vormde het aan de prijs verbonden geldbedrag van US\$ 100 000 daartoe geen obstakel! (Dat bedrag werd door Vening Meinesz aan Z.W.O. ter beschikking gesteld als basis voor een naar hem te noemen prijs ter aanmoediging van onderzoek door een minder dan vijf jaar afgestudeerde. Kennelijk was zijn, al direct na de bevrijding geuite bezorgdheid over een te korte duur van de opleiding tot volwaardig onderzoeker nog niet verminderd.)



Figuur 25 1962 "Vetlesen Prijs" laureaat

Vening Meinesz (li.) met zijn opponent Harold Jeffreys
In 1962 na de uitreiking van de Vetlesen – medaille, de
"Nobelprijs" voor de Aardwetenschappen.

Walter H.Munk, een latere recipiënt van de "Vetlesen Prize", hoorde ooit uit de mond van Runcorn, dat Vening Meinesz in zijn dankwoord indertijd zijn visie ontvouwde, die "vagelijk deed denken aan wat als "platentektoniek" - [het geologisch concept, dat enkele jaren later zijn beslag zou krijgen] - zou kunnen worden bestempeld. Sir Harold Jeffreys, toen de recipiënt van de prijs voor het onderzoeksgebied "geofysica / astronomie", zou na Vening Meinesz gesproken hebben en diens gehele verhaal "nonsens" genoemd hebben.⁶²

⁶² <http://www.Ideo.columbia.edu/Ideo>, geraadpleegd 27 februari 2007.

10h Resumé

Vooral in de Verenigde Staten zou om militair – strategische redenen op grote schaal de samenwerking tussen Marine, Luchtmacht en Academia op marien-geologisch en geofysisch terrein worden voortgezet. De wens om middels een convergerende redenering de interpretatie van indirect verkregen fysische gegevens te ondersteunen, had zich in de ontwikkeling van een arsenaal aan marien-geofysische instrumenten vertaald. Zo werd aldaar mariene geofysica een uitdagend terrein van onderzoek, waartoe velen zich aangetrokken zouden voelen. En, zoals H. Menard later zou schrijven, het zou een groot voordeel blijken te zijn, dat zovelen – "insiders" binnen een onzichtbaar netwerk – in een periode van snelle wetenschappelijke ontwikkeling zoveel informatie al jaren eerder dan de "outsiders" elders ter inzage en ter overdenking beschikbaar hadden.⁶³ Van die synergie was de door Vening Meinesz' oud-leerling Hess in 1960 geconcipeerde "seafloor spreading" hypothese, waarin aan Midoceanische Ruggen een hoofdrol was toebedeeld, een van de geologisch meest belangrijke resultaten. De ontwikkeling en toepassing van satellietnavigatie een andere.

In Nederland daarentegen bleef de samenwerking met de Koninklijke Marine incidenteel en het marien-geofysisch onderzoek vooralsnog tot gravimetrie beperkt, waar de erfenis van Vening Meinesz zwaar op rustte. De Nederlandse Geodetische Commissie – het gremium, waarin voorheen ook marien-geofysische plannen ter sprake werden gebracht – zou zich na 1957 in toenemende mate richten op programma's, waarbij satelliet-informatie centraal stond. Als gremium voor marien-geofysische zaken zou na 1962 het N.I.O.Z. gaan fungeren, zij het vooralsnog minder efficiënt dan gehoopt.

Waar de toekomstmogelijkheden voor aardwetenschappers hier te lande laag werden ingeschat, kreeg de (mariene) geofysica in tegenstelling tot een studie in natuurkunde of scheikunde het stigma van een studie met een onzekere toekomst. Ondanks de ontdekking van het Slochteren gasveld werd die situatie er niet beter op, toen de regering eerst een algemene bestedingsbeperking invoerde, die door het Ministerie van Onderwijs werd gevolgd door een verordening tot herstructurering van het aardwetenschappelijk onderwijs. Waar nu eendrachtige samenwerking was gewenst, volgde een bestand, waar institutionele of personele synergie ontbrak en het nog jaren zou duren, voordat een adequaat geacht onderzoeksvaartuig beschikbaar zou komen. Vanuit zo'n status quo was de oprichting in 1957 van een relatief goedkoop te exploiteren Laboratorium voor Paleomagnetisch Onderzoek in Utrecht (in combinatie met een leerstoel Theoretische Geofysica met ondersteunend onderwijs in Gravimetrie en Aardmagnetisme) niet zo'n slecht idee geweest om praktisch geofysisch onderzoek enigermate te continueren, temeer omdat het K.N.M.I. de ontwikkeling van nieuwe instrumenten bleef steunen.

Afgezien van zijn functie als president-curator van dat K.N.M.I. bleef Vening Meinesz op organisatorisch gebied actief in leidende posities bij de uitvoering van onderzoek in het kader van het Internationaal Geofysisch Jaar 1957 / 1958 en van de Nederlandse Nieuw-Guinea Expeditie 1959. Maar onderzoek naar processen in de aardkorst en mantel bleven de meeste aandacht krijgen. Hij was met name geïnteresseerd in wat op relevante terreinen aan inzichten terzake werd ontwikkeld

⁶³ W.H.Menard, *The ocean of truth; a personal history of global tectonics* (Princeton 1986).

en worstelde er mee, hoe die nieuwe inzichten – wanneer hij van hun juistheid was overtuigd – een plaats te geven in het door hem ontwikkelde "halve slag" concept van gebergtevorming. Daarbij beschouwde hij zwaartekrachtanomalieën en diepzeetroggen als fundamenteel voor tektonische processen en speelden Mid-oceanische Ruggen een ondergeschikte rol. Zijn wetenschappelijke resultaten werden in 1962 bekroond met de "Vetlesen Prijs", een aan de Nobelprijs equivalent geachte publieke erkenning voor prestaties op geologisch / geofysisch / geodetisch gebied.

Waar voor Vening Meinesz de onder continenten opwellende en spreidende mantelkringloopstromingen aan de basis van de door hem geschetste dynamiek stonden, schiepen dat soort kringloopstromingen – maar nu onder Midoceanische Ruggen opwellend – voor het "seafloor spreading" concept de vereiste omstandigheden.

Of laatstgenoemd concept Vening Meinesz uiteindelijk toch tot een nieuwe werkhypothese zou hebben verleid, is een vraag, die onbeantwoord moet blijven. 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 1966 - voorafgegaan door een kerkdienst in de Bergkerk te Amersfoort - zijn ter aarde bestelling in het familiegraf op begraafplaats "Zorgvlied" te Amsterdam.

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 blijkende, slechte publieke imago en anderzijds in het samengaan van trainingseisen voor duikbootbemanningen met de door Vening Meinesz gewenste waarnemingsomstandigheden tijdens (ongeconvoyeerde) expeditie naar de overzeese koloniën. Daarvan waren met name de expeditie 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 overheidsbemoediging met wetenschap zonder direct maatschappelijk nut nog ongewoon was - de transitie gemaakt van negentiende eeuwse, multidisciplinair oceanografisch onderzoek middels groots opgezette "one-off" expeditie 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 oceaankwater 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 geode - 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 geode 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 anomalies 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 zwaartekracht-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 omvattende 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 diepzeetroggen 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 "mobiliër" 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 "bekeren", 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 redentatie 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.

Summary

Felix Andries Vening Meinesz (1887 – 1966) was the youngest son of a former mayor of Amsterdam. In 1910 he was employed as a young engineer by the forerunner of the present Dutch Geodetic Committee to measure the acceleration due to gravity in order to assist in astro-geodetic arc measurements. Relative measurement of the period of one swinging pendulum would usually – given a sufficiently long period of observation - suffice for this, because "swinging is a controlled, slowed-down way of falling under gravitational pull". But in the Netherlands it became clear that interference from other sources thwarted the proper execution of this technique. Vening Meinesz developed an alternative method of measurement using pairs of isochronous pendulums swinging in the same plane with equal amplitude but in opposite phase. He later perfected that design to incorporate the use of an optical signal-stacking process so that the difference in the angles of elongation of the swinging pendulums could be photographically recorded; a result that may be considered as the angle of elongation of a fictitious pendulum, not disturbed by horizontal accelerations, and isochronous with the original pendulums.

Earlier attempts to "measure gravity" in this way on board of a steamship had met with no success. But, by serendipity, Vening Meinesz was made aware that a submerged submarine, powered by electromotors, would provide an ideal stabilised platform for such measurements at sea. Vening Meinesz was, at short notice, offered the opportunity to bring that idea successfully into practice thanks to the close connections of his employer with the Dutch Navy.

One of the reasons that the Dutch Navy and her Submarine Service continued to support Vening Meinesz, whose family motto was "Nunquam Deorsum" ("Never Down"), in his "Ever Deeper" scientific diving expeditions was a deeply felt need to improve her dented image, proof of which was the rejection of the proposed "Vlootwet" (Naval Rebuilding Project) by the Dutch Parliament in 1923. Another reason was the concomitance between the training requirements of the new submarine crews on their way to the Dutch overseas colonies and Vening Meinesz's scientific research programme. Expeditions with Submarine K XIII in 1926-27 and in 1929-30 raised considerable interest in scientific circles, whilst the K XVIII 1934-35 expedition provided the Dutch government with welcome publicity to support the acceleration of its fleet-rebuilding programme. The symbiotic relationship between Government, Navy, Science and Industry – Vening Meinesz's marine gravimeter had become industrially produced on a small scale – appears to reflect in a nutshell the postwar "military – industrial" complex developed in the United States, where, in an early stage, Vening Meinesz's research had resulted in the foundation of several marine-geophysical / oceanographic institutions.

In this way, during the interwar period of very restricted government interference with the sciences, Vening Meinesz pioneered the transition from a nineteenth century pattern of large-scale, comprehensive, multidisciplinary, "one-off" oceanographic expeditions to a more regular pattern of specialised marine-geophysical / oceanographic expeditions along a continuously updated line of investigation carried out more or less annually.

Through Vening Meinesz' innovative approach concerning marine-gravimetric instrumentation and procedures, new insight would be obtained in geodetic and

geological problems. Besides, that approach provided – quite unexpectedly - the first opportunity to measure the characteristics of oceanic wave movements.

The global pattern of marine-gravimetric observations, systematically carried out during the interwar period and obtained by him in the course of several expeditions, improved his understanding of the distribution of, and the forces acting upon, the masses in the earth and, as a consequence, his understanding of the shape of the equipotential surface of the earth at mean sea level – the geoid – and its nearest mathematical representation – the oblate ellipsoid of revolution or "spheroid" used for geodetic longitude and latitude measurements.

Using the International Gravity Formula corresponding with that "spheroid", Vening Meinesz derived formulae to determine locally the distance between geoid and "spheroid" and developed a technique to convert one national geodetic grid system into another. His derivation – well before the age of satellites - of a formula to extrapolate the earth's gravity field at mean sea level to a height of several hundreds of kilometres now appears to us farsighted.

Until the beginning of the twentieth century the shape of the earth had been derived by extrapolating continental arc-measurements and depended on where, how, and by whom those measurements had been executed. Consequently, there was little agreement about the actual position of non-natural boundaries between adjacent states with differing opinions about this subject. That problem existed, for example, along the common boundaries between Canada – still part of the British Empire – and the United States, each of which used their own geodetic system. At the end of the nineteenth century – coinciding with the Gold-rush to Klondike, a state-boundary town – the joint and detailed North American Geodetic Survey had been initiated to resolve matters and determine unambiguously the position of shared-state boundaries. Whilst earlier surveyors in smaller mountainous areas, such as the Andes and Himalayas, were able to take into consideration the influence of such obviously uneven mass distributions, the much larger area of the Great Plains had no such markers. The surveyors there had to assume that, here as elsewhere, "an elastic earth-crust floated on a denser, plastic substrate in a state of hydrostatic equilibrium" except, presumably, where affected by very recent erosion or sedimentation. However, the only person who had already proved that such a large area could be in isostatic equilibrium was Vening Meinesz; during the K XIII expedition of 1926-27 he had shown that the weighted average of all gravity anomalies was close to zero across the Atlantic and Pacific oceans and therefore that an isostatic equilibrium over large areas did exist.

A repeat expedition with a US submarine, conducted by Vening Meinesz in 1928 at the request of American surveyors, confirmed that a state of isostasy existed in the Gulf of Mexico, even in areas of recent sedimentation such as the Mississippi delta.

Other navies invited Vening Meinesz to install and demonstrate his apparatus and even to conduct marine-gravimetric surveys. A deep knowledge of the theory and practice of marine gravimetry, an innate "savoir-vivre", and a recognised organisational talent were to make Vening Meinesz a leading authority in the international geodetic community, providing him with an extensive research network. He also initiated unique co-operation between geologists and geophysicists. This would raise marine geological research from an intuitive to an empirical scientific discipline.

Whilst expedition results in the Gulf of Mexico had shown that region to be in isostatic equilibrium, elsewhere Vening Meinesz had found areas ("Minus"-zones, a pun on the name of the discoverer), where the existence of large negative gravity anomalies suggested that forces other than gravity alone had to be active in order to maintain such large scale gravitational imbalances. Many of these zones coincided with deep-sea troughs forming part of elongated sediment-filled basin-complexes. Some of these ran outside of, but parallel to, the seismically active volcanic island arcs of the East and West Indies. But both types appeared as relatively narrow, elongated arcs with a large gravity deficit; a "Minus"-zone for geophysicists; a "geosyncline" for geologists. The fact that the "Minus"-zone of the East Indies extended to the relatively seismically quieter foothills of the Himalayas and the Ganges basin strengthened the impression that this zone could be a mountain range "in statu nascendi". American geologists spoke in the same vein about the West Indian island arc, when, in the course of the interwar period, results of further marine gravitational exploits became available.

At about the same time the debate about Wegener's "Continental Drift" hypothesis reached, for the time being, its climax. Wegener had argued, based on terrestrial, mainly qualitative (paleogeographical, paleoclimatological and geological) data, that the continents could have moved as "rigid rafts" through a "viscous oceanic substrate" in the same way as "icebergs ploughing through water". As a consequence, mountain chains, such as the Rocky Mountains or the Andes, might be considered as an expression of a "ship's bow-wave" and deep-sea troughs as corresponding with a "ship's wake". But the exogenous tidal and centrifugal forces invoked by Wegener were proved to be insufficient by far to realise the movements he suggested. For Vening Meinesz, moreover, Wegener's notion of a "viscous oceanic substrate" appeared incompatible with the rugged relief he had interpreted from his echo-soundings. These and other objections kept many convinced that mountain-formation or orogeny occurred worldwide in an episodic but synchronous fashion, proceeding from geosynclines on the boundary between fixed, rigid continents and their sunken counterparts, the oceans; an arrangement created by the shrinking of a rigid lithosphere in reaction to a cooling down and compacting viscous substrate. Most geologists dismissed the few researchers who assumed that one or other endogenous dynamic process – such as convection current systems – could be behind Wegener's "Drifting of Continents". Among these few was Vening Meinesz, who not only became a fierce proponent of such endogenous dynamism, but also an energetic researcher seeking convincing evidence in support of those – for the time being – elusive current systems, which he thought to be crucial in the process of orogeny.

Vening Meinesz interpreted the above-mentioned "Minus"-zone as the gravitational expression of a bulge of lighter crustal material, protruding into the underlying, heavier substrate (mantle) which was created by horizontal compressional forces in the crust and sustained by currents generated in a convection cell in the substrate. The pattern of temperature gradients required for such convection was considered to be created by an enrichment of heat-generating radio-active material in the continental crust relative to that in the oceanic crust or the substrate. Vening Meinesz thought that, depending on the rheological characteristics of the surrounding crust and the orientation of the convection current, the appearance

of the protrusion in cross-section might vary between a (faulted) kink to an inclined overthrust. Afterwards he amplified this hypothesis by invoking a subsequent, reverse halfturn rotation of the convection current to restore the imbalance in the temperature / density relationship, resulting from the presence of lighter crustal material deeply protruding in surrounding heavier mantle material. As a consequence, sedimentary infill would bulge upwards to form a mountain-chain.

As a first step in support of this hypothesis, Vening Meinesz successfully determined the viscosity of the mantle-rock – a critical value to be used in future modelling exercises – by analysing the evolution of the isostatic rebound of Scandinavia since the last ice-age. Helped by his thorough grounding in rheological theory of elasto-plastic materials, he carried out further modelling exercises, invoking very much simplified assumptions regarding the processes involved. He was, after all, convinced that the complexity of the geological phenomena at an interface such as the earth's crust belied the simplicity of the actual processes. Dutch and American researchers developed working models of the evolution of a "Minus"-zone in an attempt to simulate the course of events leading to mountain formation as perceived by Vening Meinesz. Although their results tended to confirm Vening Meinesz's theory, hardly any geologist in the prewar period gave them serious consideration.

Vening Meinesz thought that he could deduce evidence for the existence of convection in the earth from a slowly westwards-shifting major anomaly in the earth's magnetic field, which had been measured in 1912 and again in 1942. In addition, he correlated the spatial pattern of earthquake hypocentres in the East Indies with shear-zones thought to occur within a convection current in the mantle. The geologist Umbgrove provided Vening Meinesz with a further supporting argument when he suggested that a rotation of a rigid lithosphere around the plastic substrate / mantle could be driven by a system of convective cells. A slow but considerable meridional rotation would then account for the relocation of Upper Carboniferous, ice-age relicts in India, South Africa and South America from their original position – assumed by Umbgrove to be within a present-day area of glaciation - to their current geographic position. Given the oblateness and the rigidity of the earth's crust such rotation would, according to Vening Meinesz, result in a pattern of shear fractures, which happened to delineate the present outline of continents. Vening Meinesz derived further support for his belief in the existence of convection cells in the earth from the correlation between the present relief of the lithosphere, as resolved in terms of a spherical-harmonic analysis, and the evolution of the earth from an initially homogenous mass to the present tripartite arrangement of crust, mantle and core. This he interpreted as the result of the differentiation caused by the development of an increasing number of convection cells in the mantle.

In combining his own observations, simulations and geological insight, Vening Meinesz became convinced that the present distribution of continents and oceans had not changed for millions of years. Mountain building was a short-lived and rare occurrence as a part of a slowly unfolding geosynclinal cycle; the present was therefore an exceptional period! He considered negative gravity anomalies, deep-sea troughs, earthquakes and volcanoes caused by convection currents active beneath the continents as fundamental to tectonic processes, such as orogeny. At the end of the interwar period it was clear, that relative shifting of entire continents over large distances had become anathema for Vening Meinesz.

During the war gaps in the detailed knowledge of the oceans had become obvious to the naval, commercial and scientific communities and were to give the impulse to a renewed effort in marine-geophysical research. The United States in particular would increase such research efforts as it deemed necessary to meet its military strategic objectives.

As to oceanographic research, the results of marine-geophysical techniques, such as heat-flow measurements and seismometry, would throw new light on the composition of the ocean floor. The results of marine magnetometry revealed an intriguing pattern of magnetic anomalies in the oceanic substrate. In about 1960, Harry Hess – one-time "student" of Vening Meinesz – came up with the hypothesis of "sea-floor spreading", based on lateral correlations of the typical topography of the Central Rift in the Mid-Atlantic Ridge area. This hypothesis focused less on continents, but rather on Mid-Oceanic Ridges as being zones where hot, relatively less dense (sub)crustal material ascended from the mantle and, by spreading laterally and consolidating, forced the ocean to open, apparently "shifting continents".

The lack of global geodetic control experienced during the war called for further developments in geometrical geodesy. This kind of surveying was concerned with arc-measurements and large-scale triangulation in order to improve knowledge about the shape and size of the reference-ellipsoid, assuming that the earth's geometrical and gravitational centres coincided. But, as Vening Meinesz had expected, the deflection of the vertical and the acceptance of the theory of isostasy and related matters assumed greater importance. This stimulated further acquisition of marine-gravimetric data in order to combine continental / topographical arc-measurements and a worldwide network of gravity data within the framework of physical geodesy. Eventually, data obtained by the first earth satellites proved to be instrumental in forcing through the introduction of a Worldwide Geodetic System (W.G.S.) based on that concept. The availability of such a System in conjunction with the arrangement of the satellites, would allow the positioning of non-natural (imaginary) boundaries – such as "mid-coast lines" - with an, until then, unequalled accuracy.

Immediately after the liberation in 1945 the Dutch government realized that it had to rectify the country's arrears in matters scientific and charged Vening Meinesz with carrying out a "fact finding mission" to the United States. There he was welcomed by his wide circle of friends in high places, who assisted him in his investigations into the organisational, financial and implementational aspects of fundamental research.. After his return he was to act as one of the advisors to the government concerning the foundation of an organisation for the advancement of pure scientific research, which was eventually established in 1950.

At the same time Vening Meinesz was appointed director-in-chief of the Royal Dutch Meteorological Institute (K.N.M.I.), a post he held until 1951. He then became President of its Board until 1966, committing himself to all aspects of research carried out at the Institute. In the former capacity he created a separate oceanographic department and oversaw the commissioning of two weather-ships to be stationed at alternating locations in the North Atlantic Ocean. At the same time the Dutch Navy commissioned two oceanographic vessels. However, for operational, financial and personnel reasons, the opportunities to carry out marine-gravity research dwindled. Paleomagnetism – the study in magnetic properties of rocks in order to determine the relative intensity and direction of the earth's magnetic field at the time the rock

concerned was magnetised – provided, in time, a feasible and interesting substitute field of geophysical and geological research in the Netherlands. Results of research there and elsewhere, based on rocks of different ages and continents, were to show, that the polarity of the earth's magnetic field had changed episodically; and that either the magnetic poles were fixed in place and the continents were moving in time relative to each other, or that the continents were fixed in place in which case the magnetic poles would have moved in time along pathways, which differed from continent to continent. The former solution appeared to many to be the more acceptable and, towards the end of his life, even Vening Meinesz seemed inclined to support it.

Bullard's 1964 reconstruction of the movement of continent-size "plates" – the term may have been coined by Vening Meinesz in 1928 – over a spherical surface had once again convincingly demonstrated the fit of the edges of the continental shelves on both sides of the Atlantic, leading to the conclusion that the Atlantic Ocean had been closed in the past, provided – as Professor Rutten remarked – that Iceland was left out of the equation.¹ The question whether Iceland might indeed be considered a recently created, exposed part of the Mid-Atlantic Ridge System was answered in 1966, when Vine showed the correlation between the pattern of positive and negative magnetic anomalies on both sides of the Central Rift of the nearby, submarine Reykjanes Ridge.² Magnetostratigraphic analyses of that pattern suggested the rate of spreading away from the Central Rift of Iceland to be in the order of 1 cm/yr in each direction, resulting in a maximum age of creation of Iceland of about 16 – 18 million years, well after the opening of the Atlantic.

Bullard's reconstructions and Vine's deductions confirmed Hess's "sea-floor spreading" hypothesis. In 1968 this evolved into the theory of "Plate Tectonics", which, in its simplest form, states that the earth's crust is made-up of a number of discrete plates. Each plate is composed of continental and oceanic crust material of such rigidity that, when being moved by convection currents in the substrate, deformation is most likely to occur along its edges. Most geologists agreed that the creation of crust in one place must result in destruction of crust elsewhere (ignoring those, who claimed the earth to be an expanding body). Deep-sea troughs appeared to be the loci where one plate could disappear below the other; the physical and chemical reactions created by that process would result in the occurrence of earthquakes, volcanism and orogeny. The theory of Plate Tectonics became the leading model in global tectonics as soon as it appeared that the data from boreholes, drilled under the supervision of the Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling (JOIDES) Committee, confirmed the prognoses based on marine-geophysical data, interpreted according to that theory. But, as usually is the case, the theory is a simplification of a much more complex reality and many new questions came up and are awaiting answers.

The well known geologist Van Bemmelen later explained graphically how his views concerning the evolution of the earth from a static ("fixist"), episodically reactive body to a continuously dynamic ("mobilst") entity were influenced by developments in

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

marine-geophysical research.³ His doctorate, written in 1927 under the strict supervision of the Delft Professor Molengraaff, a follower of Wegener, reveals a "mobilistic" view. However, by 1930, Wegener's hypothesis had already become discredited and Dr. Van Bemmelen turned "fixist". Only at the end of the 1960s did he convert again to some sort of "mobilism", that interpreted "Continental Drift" quite differently from Wegener.

Whilst Jeffreys continued to be an opponent of "Plate Tectonics", pending conclusive prove by experiment, it appears a quirk of fate that none of the other "founding fathers" of global geophysics – Vening Meinesz, Holmes, Hess and Ewing – would live to experience the full acceptance of that dynamic theory by the geological community.

Vening Meinesz contributed significantly to the rapid advancements in the geosciences which started in the interwar period.

Through his marine-gravimetric surveying techniques he enabled the integration of continental arc-measurements and world-wide gravimetric data in a physical geodetic network to determine the shape and the internal mass-distribution of the earth. (Ref. Chaps. 4e and 9d)

As to other branches of the geosciences, Vening Meinesz kept an eye open for the implications of the results of his dedicated oceanographic research, which contrasted with the multi-disciplinary approach to such research which was usual in the early twentieth century. Consequently his empirical data put him in a position to temper the speculations and intuitive thoughts of other geoscientists. (Ref. Chap. 6d)

By means of a converging way of reasoning he demonstrated the conversion of indirect observations – such as those interpreted from his gravity measurements – to knowledge about the configuration of the ocean floor and its substrate, and opened these domains for (marine)-geological research. (Ref Chap. 6e)

Finally by using imaginative thinking to reconcile geologists' intuition with geophysical observations and theory, Vening Meinesz attempted to resolve the evolution of the intractable structure and behaviour of the earth's crust. He deduced that the deformation and segmentation of a rigid lithosphere was a consequence of its wholesale rotation under the influence of convection currents in a viscous mantle. (Ref. Chap. 8d)

Vening Meinesz's exploits, however, contributed not only to the progress in the geosciences, but also, especially during the Interwar period, to the gradual improvement in public appreciation of the Dutch Navy.

His earlier expeditions with a submarine were – most likely – only made possible due to the close personal relationship between the Secretary of the Navy, Cdr. (ret.) Westerveld, and Capt. Luymes, Chief of the Hydrographic Service of the Navy, who was also a member of the above mentioned Geodetic Committee, the employer of Vening Meinesz. These expeditions went off unnoticed, but their results were internationally well received, prompting both the Navy to greater openness in its affairs and the Government to continue its efforts to overcome public cries for disarmament and parliamentary opposition against the rebuilding of the fleet. (Ref. Chap. 4)

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

In the light of developments in Germany the K XVIII expedition of 1934 / 35 proved to be a successful move by the Government (cleverly further exploited by the media) to overcome the bad publicity from an armed raid in the West Indies (1929) and the mutiny of "De Zeven Provinciën" (1933). The resulting "media hype" made Vening Meinesz a well known public figure, and contributed to further public appreciation of the Navy and to gains for the governing parties in the 1937 parliamentary elections in spite of the worldwide political and economic crises. (Ref. Chap. 7h)

Vening Meinesz was by no means a desk-bound scientist and he was actively involved in marine-gravimetric research on board submarines until an advanced age. His intellectual curiosity was combined with an intrinsic and imaginative problem-solving power, which served him well in unveiling the secrets hidden within his findings. He proved to be able to think "out of the box" of geodesy and he stimulated a younger generation to do likewise. He was an "artful dodger", who performed difficult tasks without obvious effort. Disinterested exchanges of ideas, datasets or experiences and true friendships characterised the Christian-humanistic ideals Vening Meinesz embodied. Once, at the end of his life, Vening Meinesz remarked ironically how he had failed as an engineer.⁴ After all, engineers ought to be pragmatic and distance themselves from hypothesising. But it was, in actual fact, through combining observation and imagination that he worked out the hypothesis of mountain formation that later on would appear to have been a foundation stone for the hypothesis of "seafloor spreading" and, consequently, of Plate Tectonics.

In spite of the extensive network of internationally renowned researchers and other friends he built up and kept in touch with during his lifetime, Vening Meinesz continued to live as a bachelor, committed to scientific study. He established his emotional "pied-a-terre" at his home in Amersfoort which he shared with his sister Coba and his loyal housekeeper. After Coba passed away in 1965 life became for him more lonely, despite his close family-circle.

Vening Meinesz died on 10th August 1966 as a consequence of medical complications which had arisen during a lengthy stay in hospital after he broke a hip in a fall. His interment in the family-grave at the "Zorgvlied" cemetery in Amsterdam and followed the service of thanksgiving in the "Bergkerk" in Amersfoort on 15th August.

It has been said that those who wish to have influenced the life of others in a positive way, should have planted a tree, have made a long expedition and have written a book. With his planting of several woods, some fifteen expeditions and ten books Vening Meinesz certainly more than met these criteria!

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

Curriculum Vitae

Theo van Hengel werd in 1940 in Utrecht geboren. Na een gymnasiale schoolopleiding en de vervulling van de dienstplicht studeerde hij vanaf 1962 Geologie met keuzerichtingen Geofysica en Bedrijfseconomie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, waar hij vanaf 1964 aan het Vening Meinesz Laboratorium voor Geofysica en Geochemie was verbonden als student-assistent van professor W.Nieuwenkamp. Na zijn afstuderen in 1969 was hij tot 1996 in binnen- en buitenland werkzaam in dienst van de Kon./Shell Groep in verschillende functies op het gebied van Exploratie of Productie.

Na zijn pensionering begon hij in 1996 aan de Universiteit te Leiden de studie Geschiedenis met het specialisme Zeegeschiedenis en keuze-richtingen (Maritieme) Archeologie en Geschiedenis der Natuurwetenschappen, waarvan het doctoraal examen in 2002 werd afgelegd en waarvan deze dissertatie de afsluiting is.

Geraapleegde Bronnen en informanten

KAW	<i>Verslagen en Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.</i>
KNAW	<i>Proceedings of the Section of Natural Sciences of the Royal Dutch Academy of Sciences.</i>
KNGMG	<i>Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch – Mijnbouwkundig Genootschap, Geologische Serie.</i>
NA	<i>Nationaal Archief</i>
RCG	<i>Jaarverslag van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing {vanaf 1937 Nederlandse Commissie voor Geodesie}.</i>
TAG	<i>Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, Tweede Serie.</i>

Overige informatieverschaffers

Over familie-achtergronden en het milieu, waarin Vening Meinesz opgroeide, gaven Ursula den Tex' *Erfgenamen* (2009) en enkele andere publikaties over toentertijd in vergelijkbare omstandigheden verkerende families een goede impressie. Het daaruit gevormde beeld kon worden aangevuld met mondeling verkregen herinneringen uit een recenter verleden van de volgende personen:

Prof, Dr.E.den Tex (1918 – 2012), gesprek op 23 september 2003;

Prof.Ir.G.J.Bruins (1909 – 2007), gesprek op 27 januari en op 3 februari 2004;

Mevr. P.J.H.van Marle - van Riemsbergen (1921 – 2008), gesprek op 17 februari 2004;

Dr.D.R. de Vletter (1916 – 2008), gesprek op 11 september 2004;

Ir.J.van Vliet, telefonisch onderhoud op 4 februari 2005.

In het Depôt van de Nederlandse Commissie voor Geodesie in Delft is materieel erfgoed - zoals Vening Meinesz' slingerapparaat, vele van zijn waarnemingsregistraties, zijn koffer met gravimetrisch opnamemateriaal en de bijbehorende lichtdichte opbergblikken en enkele notitieboekjes uit de periode tussen 1910 en 1939 - aanwezig, terwijl diktaten van de periode 1936 – 1956, notitieboekjes over de periode 1948 – 1959 en enig "curiosa" in de Bibliotheek aldaar worden bewaard.

In het Museum van de Universiteit te Utrecht zijn enkele fotoboeken en een dagboekje van Vening Meinesz, bijgehouden gedurende zijn reis naar de Verenigde Staten eind 1945, aanwezig.

Alfabetische literatuuropgave

Aardoom, L., "Over het drie-slingertoestel van professor F.A.Vening Meinesz: dat het vraagstuk der slingerwaarnemingen op zee geacht kan worden definitief te zijn opgelost", in: *De Hollandsche Cirkel* 3 (2007) 91 – 108.

Aken, H.M. van, "Dutch oceanographic research in Indonesia in colonial times", in: *Oceanography* 18, 4 (2005).

Allwardt, A.O., "Evolution of the tectogene concept, 1930 – 1960". In: K.Benson en P. Rehbock (eds), *Oceanography. The Pacific and beyond* (? 1995) 480 - 92

- Angenent, A.W.P. (red), *Alles wel; geen bijzonders !! Gedenkboek ter herinnering aan de vermaarde wereldreis van Hr.Ms. Onderzeeboot K XVIII van 14 november 1934 tot 11 juli 1935* (Den Helder 1935).
- (Anon.), "De zwaartekrachtbepalingen van prof. Vening Meinesz", in: *TAG* 2 44 (1927) 310 – 311 ; 654 – 655.
- (Anon.), "De jaren 1940 tot 1945", in: *Geografisch Tijdschrift* VIII (1974) 296 – 300.
- (Anon.). "De handel volgt de wetenschap", in: Wentholt, A, (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen /Utrecht 2004) 16 - 38.
- (Anon.), "Sterrengebergte", in: Wentholt, A, (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen /Utrecht 2004) 104 – 117.
- Anten, J., *Navalisme nekt onderzeeboot. De invloed van internationale zeestrategieën op de Nederlandse zeestrategie voor de defensie van Nederlands Indië, 1919 – 1942* (Amsterdam 2011).
- Baarda, W., "Geodetische aspecten van het werk van Vening Meinesz", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 4 – 24.
- Baarda, W., "Zonder titel. Jacob Menno Tienstra", in: K.F.Wakker (red.) *Delfts goud. Leven en werken van achttien markante hoogleraren* (Delft 2002) 122 – 134.
- Backer Dirks, F.C., *De gouvernementsmarine in het voormalige Nederlands Indië 1861 - 1949* (Bussum 1986).
- Badgley, P.C., *Structural and tectonic principles* (New York 1965).
- Bakker, M. e. a. (red.). *Amsterdam in de tweede Gouden Eeuw* (Bussum 2000).
- Bank, Jan en Maarten van Buuren, *1900. Hoogtij van burgerlijke cultuur* (Den Haag 2000).
- Baudet, H., *De lange weg naar de Technische Universiteit Delft. De Delftsche Ingenieursschool en haar voorgeschiedenis* (2 dln Den Haag 1992).
- Barzilay, W.F., "The reception of Wegener's theory in the Netherlands", in: T. van Loon en H. Doust (eds) *Dutch Earth Sciences. Development and Impact*. (Den Haag 2012) 123 – 125.
- Beishuizen, J., en E.Werkman, *De magere jaren* (Leiden 1976).
- Bemmelen, R.W. van. "De undatie theorie; hare afleiding en toepassing op het westelijk deel van den Soendaboog", in: *Nat. Tijdschr. Ned. Indië* 92 I (Batavia 1932) 85 – 242.
- Bemmelen, R.W. van. "De undatie theorie; hare afleiding en toepassing op het westelijk deel van den Soendaboog", in: *Nat. Tijdschr. Ned. Indië* 92 II (Batavia 1932) 373 – 402.
- Bemmelen, R.W.van, "The undation theory", in: *Geologie & Mijnbouw* 56 (Den Haag 1977) 263 – 269.
- Benioff, H., "Seismic evidence for crustal structure and tectonic activity", in: Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 61 - 74.
- Bennekom, J.van, *Geschiedenis van het zoölogisch station en het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee* (Den Burg 2001).
- Berkel, K. van, *In het voetspoor van Stevin* (Amsterdam 1985).
- Berkel, K. van, *Citaten uit het boek der natuur* (Amsterdam 1998).

- Berkel, K. van, *De stem van de Wetenschap. Geschiedenis van de KNAW, dl II (1914 - 2008)* (Den Haag 2011).
- Berkers, E. e.a., *De aarde verdeeld en verbeeld, berekend en getekend* (Zutphen 2004).
- Berkers, E., "De aarde als planeet", in: E.Berkers e.a.(red), *De aarde verdeeld en verbeeld, berekend en getekend* (Zutphen 2004) 23 – 51.
- Berlage, H.P., "A provisional catalogue of deep-focus earthquakes in the Netherlands East Indies 1918 – 1936", in: *Gerlands Beitrage zur Geophysik* 50 (1936) 7 – 17.
- Beunders, H.J.G., *Weg met de vlootwet* (Bergen 1984).
- Bles, H. de, "Een perscampagne", in: (V. Enthoven (red.) *Een saluut van 26 schoten* (Amsterdam 2005) 53 – 66.
- Bloemhof, J.L., *Amersfoort '40 – '45* (Amersfoort 1990).
- Blom, J.C.H., *De mouterij op de "Zeven Provinciën"* (Bussum 1975).
- Blusse, L. en Ilonka Ooms (red.), *Kennis en compagnie* (Amsterdam 2002).
- Boom. B.van der, "Fascisten in de polder", in: (Dennis Bos e.a. (red)) *Harmonie in Holland* (Amsterdam 2007) 194 – 215.
- Bosscher, Flip, "Jaren van loutering", in: (L.Akveld e.a. (red.) *In het kielzog* (Amsterdam 2003) 30 – 39.
- Bottema, O., "In memoriam F.A.Vening Meinesz", in : *De Gids* 129, 9 (Amsterdam 1966) 252 - 253.
- Botting, D., *Humboldt and the Cosmos* (New York 1973).
- Boyle, Robert, *Tracts written by the Honourable Robert Boyle. About the cosmicall qualities of things. Cosmicall suspitions. The temperature of the submarine regions. The temperature of the subterranean regions. The bottom of the sea* (Oxford 1671).
- Bowie, W., "A survey of research problems in Geophysics", in: *Proceedings of the National Academy of Sciences VI*, 10 (1920) 547.
- Bowler, P.J., *The environmental sciences* (London 1992).
- Broberg, G., *Carl Linnaeus* (Stockholm 2006).
- Browne, B.C., "The British submarine gravity survey of 1946", in: *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* 840 (1947) 173 – 176.
- Bruin, K., *Een Herenwereld ontleed* (Amsterdam 1980).
- Bruins, G.J. (ed.), *Gravity expeditions at sea 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960).
- Bruins, G.J., "Professor Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz: bij de herdenking van zijn 100ste geboortejaar", in: *Geodesia* (1987) 442 – 456.
- Bruins, G.J., en J.G.J.Scholte. "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society Vol 13* (1967) 295 – 308.
- Bruyne A. de, e. a., "De verslagen omtrent den tocht met de "Willem Barents" naar en in de IJszee", in: *TAG I,4. Bijbladen 5 & 6* (Amsterdam 1880).
- Bucher, W.H., *The deformation of the earth's crust* (Princeton 1933).
- Bucher, W.H., "Deformation in orogenic belts", in: (A. Poldervaart (red.) *Crust of the earth. A symposium.* Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 343 – 368.
- Buijze, W., *G.E,Rumphius' reis naar Portugal 1645 – 1648* (Den Haag 2002).
- Bijlaard,P.P., "Theorie des deformations plastiques et locales par rapport aux anomalies negatives de la gravité, aux fosses oceaniques, aux geosynclinaux etc.", in: *Rapport Congr Edinbourg UGGI* (z.p. 1936).

- Cannegieter, H.G. (red.), *Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut 1854 – 1954* (Den Haag 1954).
- Carey, S.W., "A tectonic approach to continental drift", in: S.W.Carey (ed.) *Continental Drift. A symposium* (Hobarth 1958) 117 – 355.
- Chambon, Albert, *100 000 zeemijl per onderzeeboot met professor Vening Meinesz* (Den Helder 1939).
- Chaplin, J.E., *The first scientific American* (New York 2006).
- Charnock, H., "'HMS Challenger' and the development of marine science", in: *Journal of navigation* 25,1 (1973) 5.
- Chun, C., *Uit de diepte der wereldzee* (Zutphen 1903).
- Cohen, F., *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam 2007).
- Collette, B.J., "The gravity field of the Northsea", in: G.J.Bruins (ed.) *Gravity expeditions at sea 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 47 – 77.
- Collette, B.J., "In memoriam Prof.Dr.Ir. Felix Andries Vening Meinesz", in: *Geologie en Mijnbouw* 45 (1966) 285 – 290.
- Collette, B.J., "Vening Meinesz' knik-hypothese en de Theorie van Wegener", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 26 – 38.
- Coster, H.P., *The gravity field of the Western and Central Mediterranean* (Amsterdam 1945).
- Dawson Adams, F., *The birth and development of the geological sciences* (New York 1954).
- Deacon, G.E.R. (red.), *Oceans. An atlas-history of man's exploration of the deep* (London 1969).
- Deacon, Margaret. *Scientists and the sea 1650 – 1900. A study of marine science* (London 1997).
- Deacon, M.B., "How the science of oceanography developed", in: C.P. Summerhayes, en S.A.Thorpe (red.), *Oceanography* (London 1998) 9 – 26.
- Dekkers, C.A., "C. den Boer Jr.; honderd jaar drukker van Marineblad", in: (D.C.L. Schoonoord (red.) *Honderd Jaargangen Marineblad* (Den Haag 1990) 248 – 263.
- Dekkers, M.J. e.a. "Analysis of paleomagnetic data: a tribute to Hans Zijderveld", in: *Geologie en Mijnbouw* 76 1-2 (1997) 1 – 8.
- Dibbets, K. en F. van der Maden (red.), *Geschiedenis van de Nederlandse Film en Bioscoop tot 1940* (tweede druk: Houten 1986).
- Dissel, A.M.C.van, "Koninklijke Marine – In dienst van de Wetenschap", in: Wentholt,A, (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen / Utrecht 2004) 350 – 357.
- Dorrestein,H., "Over de betekenis van de gelijkenis der kusten aan weerszijden van de zuidelijken Atlantische Oceaan als argument voor de hypothese der continentverschuiving", in: *TAG 2* 57 (1940) 89.
- Drees, W, e.a. (red.), *Prof.Dr.Ir.W.Schermerhorn. Minister-President van herrijzend Nederland* (Naarden 1977).
- Duncan, F., *Rickover.The struggle for Excellence* (Annapolis 2002).
- Escher, B.G., *Algemene Geologie* (vierde druk; Amsterdam 1934).

- Ewing, Clair E., "Research and development in the field of geodatic science", in: *USAF Surveys in geophysics* 124 (1960).
- Ewing, M., "Gravity measurements on the USS "Barracuda", in: *Trans. Am. Geoph. Union* 18 (1937) 66 – 69.
- Ewing, M. et al., "Gravity observations at sea in US submarines Barracuda, Fisk, Conger, Argonaut and Madregal", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch- Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 49 – 115.
- Field, R.M., "Symposium on the application of geophysics to ocean basins and margins", in: *Trans Am, Geoph. Union* 13 (1932) 11 – 12.
- Field, R.M., "Felix Alexander Vening Meinesz; exponent of international cooperation through geoscience", in: P.Honig and F.Verdoorn, (red.) *Science and scientists in the Netherlands Indies* (New York City 1945) 99 – 104.
- Flim, B.J., "*Omdat hun hart sprak*". *Geschiedenis van de georganiseerde hulp aan Joodse kinderen in Nederland, 1942 – 1945* (Kampen 1995).
- Fraser, R., "Seventy-six years young. A portrait of F.A.Vening Meinesz", in: *ICSU Review of World Sciences* 6 (Amsterdam 1964) 112 – 115.
- Galbraith, J.K., *The new industrial state* (New York 1968; vierde druk).
- George, J.L., *History of warships* (London 1999).
- Hall, M.C.van, *Drie eeuwen. De kroniek van een Nederlandse familie* (Amsterdam 1961).
- Hamilton, W., *Tectonics of the Indonesian Region* USGS Prof. Paper 1078 (Washington 1979).
- Hazelhoff Roelfzema, H., "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen genomen door Prof.Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz van September 1923 tot augustus 1939", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 55 – 61.
- Hazelhoff Roelfzema, H., "Vlagvertoon en publiciteit tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 62 – 71.
- Heath, B., *Discovering the Great Southland* (z.p. 2005).
- Heiskanen, W.A., "Some personal glimpses of professor Vening Meinesz", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xxxii.
- Heiskanen, W.A., "International co-operation in physical geodesy", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 177 – 181.
- Heiskanen, W.A. en F.A.Vening Meinesz, *The earth and its gravity field* (New York 1958).

- Hengel, T.J.C. van, "F. A. Vening Meinesz; the Diving Dutchman", in: T. van Loon en H. Doust (eds) *Dutch Earth Sciences. Development and Impact*. (Den Haag 2012) 120 – 22; 256 – 57.
- Hess, H.H., "Geological interpretation of data collected on the USS "Barracuda". Preliminary results", in: *Trans. Am. Geoph. Union* 18 (1937) 69 – 77.
- Hess, H.H. "Major structural features of the Western Northern Pacific", in: *Bull. Geol. Soc. America* 59 (1948) 417 – 446.
- Hess, H.H., "The Vening Meinesz negative gravity-anomaly belt of island-arcs 1926 – 1956", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 183 -188.
- Hess, H.H., "History of the ocean basins" in: A.E.J.Engel en H.L.James (eds) *Petrologic Studies; a volume to honor A.F.Buddington* (Denver 1962) 599 – 620.
- Holmes, A., *Principles of physical geology* (eerste editie; London 1944).
- Holmes, A., *Principles of physical geology* (tweede editie; London 1964).
- Holmes, Arthur, "Continental Drift. (Review of the 1926 *Symposium proceedings on Continental Drift*) . *Nature* 122 (1928) 431 e.v.
- Hoop, A.T.de, "Wisselende stromen en krijtformules", in: K.F.Wakker (red.) *Delfts goud. Leven en werken van achttien markante hoogleraren* (Delft 2002) 40 - 53.
- Hooijkaas, R., "De natuurwetenschap in de eeuw der genootschappen", in: H.A.M.Snelders en K. van Berkel (red) *Natuurwetenschappen van Renaissance tot Darwin* (Den Haag 1981) 131 – 167.
- Hsu, K.J., *Challenger at sea* (Princeton 1992).
- Hubbert, M.K., "Theory of scalemodels as applied to the study of geological structures", in: *Bull G.S.A.* 96 1 (1937) 1459 – 1520.
- Huxley, R. (red.), *Great naturalists* (Londo 2007).
- Irwin, W.D., "Oddball S-Boat", in: Paul Stilwell (ed.) *Submarine Stories* (z.p. 2007) 62 – 66.
- Jalhay, P.C., *Nederlandse Onderzeedienst 75 jaar* (Bussum 1982).
- Jamin, H., *Kennis als opdracht. De Universiteit Utrecht 1636 – 2001* (Utrecht 2001).
- Johnston, P.F., "Antikythera wreck", in: J.P.Delgado (red.), *Encyclopedia of underwater archaeology* (London 1997).
- Jong, W.J., "In memoriam Prof.Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz", in: *Geogr. Tijdschrift* 19 (1966) 193 – 194.
- Jong, L.de, *Het Koninkrijk der Nederlanden in de Tweede Wereldoorlog VI tweede helft* (Den Haag 1975).
- Jungslager, J., *Recht zo die gaat* (Den Haag 1991).
- Kahn, M.A., "Gravimetry", in: G.A.Good (red.), *Sciences of the earth I*, (London 1998).
- Kersten, A.E., *Een organisatie van en voor onderzoekers: de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) 1947 – 1988* (Assen 1996).
- Kevles, D.J., *The physicists. The history of a scientific community in modern America* (New York 1997).

- Klein, A.J. en J.Visser, "Genealogie (Vening) Meinesz", in: *Gens Nostra* 27 (1972) 132 – 3.
- Korteweg, J., *Hollands Glorie ? De Nederlandse zeesleepvaart als nationaal symbool* (Amsterdam 2000).
- Kroon, L.D.de en Haye Thomas, *Van linesschip tot vliegekampship* (Amsterdam 1964).
- Kuenen, Ph. H., *Marine geology* (New York 1950).
- Kuenen, Ph. H., "The negative isostatic anomalies in the East Indies", in: *Leidsche Geologische Mededelingen* 8 (Leiden 1936) 169 – 214.
- Kuenen, Ph.H., "No geology without marine geology", in: *Geol. Rundschau* 47 (1957) 1 – 10.
- Kuhn, T.S., *The structure of scientific revolutions* (Chicago 1996).
- Kuiper, H., *Poolbewegingen ten gevolge van Poolvluchtkracht* (Amsterdam 1943).
- Laar, J.N. van, "*De Eelerberg*". *Bosontwikkeling en bosbeheer van een landgoed op de Sallandse Heuvelrug* (z.p. 1993).
- Laar, P. van de, *Stad van formaat. Geschiedenis van Rotterdam in de negentiende en twintigste eeuw* (Zwolle 2000).
- Lambert, W.D., "Stokes' formula in geodesy", in: *Nature* 129 (1932) 831 – 832.
- Lane-Fox, R., *The classical world. The epic history of Greece and Rome* (London 2005).
- Laudan, R., "Oceanography and geophysical theory in the first half of the twentieth century. The Dutch School", in: M. Sears en D. Merriman (eds), *Oceanography. The Past* (New York 1980) 656 - 666
- Laughton, A. e.a., *Of seas and ships and scientists. The remarkable history of the UK's National Institute of Oceanography 1949 – 1973* (Cambridge 2010).
- Lawrence, D.M., *Upheaval from the abyss* (New Brunswick 2002).
- Leakey, R.E. en L.J.Slikkerveer, *Man – ape, ape – man. The quest for human's place in nature and Dubois' "missing link"* (Leiden 1993).
- Leeuw, M. den en M.Pruys (red.), *De Gouden Bocht van Amsterdam* (Den Haag 2006).
- Leeuw, G.van der, *Nationale cultuurtaak* (Den Haag 1947).
- LeGrand, H.E, *Drifting continents and shifting theories* (Cambridge 1988).
- LeRoy Ladurie, E., *The ancien regime: a history of France 1610 – 1774* (Oxford 1996).
- Lewis, C., *The dating game* (Cambridge 2000).
- Linden, C. van der en M.S.Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch-Indië. Een onderzeeboottocht van meer dan 20 000 zeemijlen* (Amsterdam 1927).
- Loo, V. van de, *Toekomst door traditie* (Zutphen 1996).
- Mackay, J.H. baron, "De geschiedenis van de onderzeeboot", in: C.J.W. van Waning e.a. (red.), *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906–1966* (Den Haag z.j.) 466 – 499.
- Mak, G., *De eeuw van mijn vader* (Amsterdam 2003).
- Maury, M.F., *The physical geography of the sea and its meteorology* (? 1855).
- Marsili, L.F. *Histoire physique de la mer. Ouvrage enrichi de figures dessinées d'après le naturel* (Amsterdam 1725).
- Meijer, B. "Leven aan de Bocht in de negentiende eeuw", in: M. den Leeuw en M.Pruys (red.), *De Gouden Bocht van Amsterdam* (Den Haag 2006) 236.

- Mekel, J.A.A., *Theorie van het tectonisch-gravimetrisch onderzoek* (Delft 1928).
- Menard, W.H., *The ocean of truth; a personal history of global tectonics* (Princeton 1986).
- Meijering, J.L. en C.J.M.Rooijmans, "On the olivine – spinel transition in the earth's mantle", in: *KNAW LXI* (Amsterdam 1958) 333 – 344.
- Molengraaff, G.A.F., "The coral reef problem and isostasy", in: *KNAW XIX* (Amsterdam 1916) 610 – 27.
- Molengraaff, G.A.F., "Geologie", in: J.P.van der Stok (red.) *De zeeën in Nederlandsch Oost Indië* (Leiden 1922) 285 – 300.
- Mörzer Bruyns, W.F.J. (red), *De eerste tocht van de Willem Barents naar de Noordelijke IJszee 1878: De dagboeken van Antonius de Bruijne en Bastiaan Gerardus Baljé*. 2dl. Werken uitgegeven door de Linschoten Vereeniging; vols. 84-85. (Zutphen 1985).
- Muller, J.J.A., *Het tegenwoordig standpunt der geodesie* (Leiden 1909).
- Muller, J.J.A., "De gravimetrische opneming der zeeën van Nederlandsch-Indië", in: *TAG 2 47* (1930) 702 – 707.
- Muller, J.J.A., "Het werk van Prof. Dr. F.A.Vening Meinesz", in: A.W.P.Angenent (ed), *Alles wel; geen bijzonders !! Gedenkboek ter herinnering aan de vermaarde wereldreis van Hr.Ms. Onderzeeboot K XVIII van 14 november 1934 tot 11 juli 1935* (Den Helder 1935) 137 – 141.
- Nieuwenkamp, W., "Herdenking van Felix Andries Vening Meinesz", in: *Jaarboek 1966 der KNAW* (Amsterdam 1967) 364 – 370.
- Nieuwenkamp, W., "Felix Andries Vening Meinesz", in: *Dictionnary of scientific biography XIII* (1976) 605 - 611.
- Obbema, P.F.J., "De dierenwereld", in: R.Breugelmans (red.), *Goed gezien* (Leiden 1987).
- Oldroyd, D., *Thinking about the earth. A history of ideas in geology* (London 1996).
- Oosterwijk, B., *Vlucht na victorie. Lodewijk Pincoffs (1827 – 1911)* (Rotterdam 1979).
- Oreskes, Naomi, *The rejection of Continental Drift* (New York 1999).
- Oreskes, Naomi (red.), *Plate Tectonics. An insider's history of the modern theory of the earth* (Cambridge 2001).
- Oreskes, Naomi, "Eleanor Lamson and the reduction of marine gravity data", in: *Osiris 11* (New York 1996) 90 – 102.
- Otterspeer, W., en J.Schuller tot Peursum – Meijer, *Wetenschap en wereldvrede. De Koninklijke Akademie van Wetenschappen en het herstel van de internationale wetenschap tijdens het Interbellum* (Amsterdam 1997).
- Pater, B.de, *Een tempel der kaarten* (Utrecht 1999).
- Pfannenstiel, M., "Das Meer in der Geschichte der Geologie", in: *Geol. Rundschau 60* (1970) 3 – 72.
- Plinius the Elder, *Natural history. A selection* (London 1991).
- Poldervaart, Arie (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955).
- Ponsteen, A., *Het kerkdorp Hellendoorn in vroeger eeuwen* (z.p. 1970).
- Puchinger, G., "Gesprekken met Dr.G.Puchinger over het minister-presidentschap" in: W.Drees e.a. (red.) *Minister-President in herrijzend Nederland* (Naarden 1977) 37 – 118.

- Puchinger, G., *Nederlandse Minister-Presidenten van de twintigste eeuw* (Amsterdam 1984).
- Pyenson, L., *Empire of reason; Exact sciences in Indonesia, 1840 – 1940* (Leiden 1989).
- Pyenson, L. en Susan Sheets-Pyenson, *Servants of nature. A history of scientific institutions, enterprises and sensibilities* (London 1999).
- Raff, A.D. en R.G. Mason, "Magnetic survey off the West coast of North America", in: *Bull. Geol. Soc. America* 72 (1961) 1267 – 1270.
- Revelle, R. en R. Maxwell, "Heat-flow through the floor of the eastern Pacific Ocean", in: *Nature* 170 (1952) 199 – 200.
- (Riel, P.M.van), "Een Nederlandsche oceanografische expeditie in de zeeën van Nederlandsch Indië", in: *TAG* 2 45 (1928) 370 – 372.
- Rigby, N. en P.van der Merwe, *Captain Cook in the Pacific* (London 2002).
- Rod, E., "Strike-slip faults of Northern Venezuela", in: *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.* 40 (1956) 457 – 476.
- Rooij, G.de, en S.J.A.Heemstra, "De scheepsbouwkundige ontwikkeling van de onderzeeboot", in: C.J.W.van Waning e.a. (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906–1966* (Den Haag z.j.) 520 – 545.
- Runcorn, S.K., "Vening Meinesz and convection in the earth's mantle: from static to dynamic models of the earth's interior", in: *Verslag van de bijzondere zitting van de afdeling Natuurkunde op vrijdag 18 december 1987 ter ere van de herdenking van de 100ste geboortedag van F.A.Vening Meinesz* (Amsterdam 1987) 43 – 45.
- Rutten, L.M.R., "Alfred Wegener", in: *TAG* 2 48 (1931) 936 – 937.
- Rutten, M.G., "Paleomagnetism and Tethys" in: *Geol. Rundschau* 53 (1964) 9 – 16.
- Rutten, M.G., "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.
- Savours, Ann, *The voyages of the Discovery* (London 1994).
- Schade van Westrum, L.C., *Amsterdam per vigilante* (Utrecht 1963).
- Schatzkin, P., *Defying gravity. The parallel universe of T. Townsend Brown* (e-book 2011).
- Schermerhorn, W., "Gesprekken met Dr.W.Puchinger over het minister-presidentschap", in: Drees, W., e.a. (red.), *Prof.Dr.Ir.W.Schermerhorn. Minister-President van herrijzend Nederland* (Naarden 1977) 37 – 118.
- Schleinitz, G.E.G.von en D.Rottok (red.), *Die Forschungsreise S.M.S."Gazelle"* (Berlin 1889).
- Schouten, M.G.C., *Spiegel van de natuur* (Utrecht 2005).
- Schraaf, N. van der (red.), *The centenary of the Netherlands Geodetic Commission* (Delft 1979).
- Schaffer, S., "Joseph Priestley", in: Lissa Roberts (red.) *Wetenschap is Cultuur* (Amsterdam 2005) 141 – 151.
- Shepard, F.P., *Submarine geology* (New York 1948)
- Sitter, L.U.de, e.a., *Eindverslag van het geofysisch onderzoek in Z.O. Nederland door de Geologische Dienst der Staatsmijnen* (Maastricht 1949).
- Sluysen, M. et al. (red.), *Twaalf Burgemeesters; 500 jaar Amsterdam* (Amsterdam 1939).
- Sokol. H.H., *20 000 Meilen im U-Boot* (Wenen 1938).
- Stenvert, R., e.a., *Monumenten in Nederland. Overijssel* (Zwolle 1998).

- Stoneley, R., "International co-operation in geodesy and geophysics", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A. Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xxxv – xxxvii.
- Summerhayes, C.P. en S.A. Thorpe (red.), *Oceanography* (London 1998).
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson en R. Fleming, *The oceans; their physics, chemistry and general biology* (Englewood Cliffs 1942).
- Swarte, J.L., "Honderd jaargangen belangenbehartiging", in: D.C.L. Schoonoord (red) *Honderd Jaargangen Marineblad* (Den Haag 1990) 224 - 238.
- Tardi, P., "Le Professeur F.A. Vening Meinesz. President de l'A.I.G. (1933 – 1945)", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A. Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xlii.
- Tavenraat, J.J., "In memoriam Burgemeester Meinesz", in: *Rotterdamsch Jaarboekje* 9 (Rotterdam 1911) 3-4.
- Tex, E. den, "Education in geology and mining engineering", in: W.A. Visser e.a. (red.), *Seventy-five years of geology and mining in the Netherlands (1912 – 1987)* (Den Haag 1987) 67 – 79.
- Tex, E. den, "Dankwoord", in: *Geologie en Mijnbouw* 68 (1989) 154.
- Tex, U. den, *Anna baronesse Bentinck (1902 – 1989). Een vrouw van stand* (Amsterdam 2003).
- Tex, U. den, *Erfgenamen. Het verhaal van een Nederlandse familie van aanzien en vermogen* (Amsterdam 2009).
- Tharp, M., "Mapping the ocean floor: 1947 – 1977", in: R.A. Scrutton en M. Talwani (eds) *The ocean floor* (London 1982) 19 – 31.
- Thiadens, A.A., "Meinesz, Felix Andries", in: *Biografisch Woordenboek van Nederland 2* (Den Haag 1985) 386 – 389.
- Thomson, C.W. en J. Murray (red.), *The report on the scientific results of the exploring voyage of HMS Challenger during the years 1873 – 1876. Narrative of the voyage* (London 1885).
- Toit, A.L. du, "The origin of the Atlantic – Arctic-Ocean", in: *Geol. Rundschau* 30 (1939) 138 – 147.
- Treub, M.W.F., "Bij het portret van Mr. S.A. Vening Meinesz", in: *Eigen Haard* (Amsterdam 1897) 356.
- Umbgrove, J.H.F., *The pulse of the earth* (Den Haag 1942).
- Veen, F.R. van, *Een avontuurlijk geleerde. Gustaaf Molengraaff (1860 – 1942)* (Delft 2004).
- Veldkamp, J., *Geofysica* (Utrecht 1965).
- Veldkamp, J., *History of geophysical research in the Netherlands and its former overseas territories*, Deel 32 der *Verhandelingen der KNAW*, afd. Natuurkunde (Amsterdam 1984).
- Veldkamp, J., "Zwaartekracht", in: B.G. Escher e.a. (red.) *E.N.S.I.E.V* (Amsterdam 1948) 33 – 41.
- Veldkamp, J., "De betekenis van Felix Andries Vening Meinesz voor geodesie en geofysica", in: *Zenit* 14 2 (1986) 50 – 58.
- Verstappen, H., *Zwerftocht door een wereld in beweging* (Assen 2006).

- Vine, F.J., "Spreading of the ocean floor: new evidence", in: *Science* 154 (1966) 1405 – 15.
- Visser, W.A., "The advance of geophysics in exploration", in: Idem e.a. (red.), *Seventy-five years of geology and mining in the Netherlands (1912 – 1987)* (Den Haag 1987) 167 – 198.
- Visser, S.W., "On the distribution of earthquakes in the Netherlands East Indian Archipelago", in: *Verh. Kon. Magn. Met. Obs, Batavia* 22 (1930).
- Waalewijn, A., *Drie eeuwen Normaal Amsterdams Peil* (Den Haag 1986).
- Waning, C.J.W.van, "Vredesillusies, oorlogsdestructies en vlootwetdiscussies", in: Idem et al (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 29 – 85.
- Waning, C.J.W. van, "De groei van de onderzeedienst", in: Idem et al (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906–1966* (Den Haag z.j.) 110 – 168.
- Waning, C.J.W.van, "Chronologisch overzicht 1916 - 1940", in: Idem et al (red,) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906– 1966* (Den Haag z.j.) 169 - 314.
- Warner, D.J., "Political geodesy; the Army, the Airforce and the World Geodetic System of 1960", in: *Annals of Science* 59 (2002) 363 – 389.
- Warners, C.J., "Vening Meinesz en het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut", in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch- Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) xlv - lv.
- Watts, A.B., *Isostasy and flexure of the lithosphere* (Cambridge 2001).
- Weber – van Bosse, A., *Een jaar aan boord H.M."Siboga"* (Amsterdam, 2000).
- Weelden, A. van, "History of gravity observations in the Netherlands" in: A. van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz. Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 305 – 309.
- Wegener, A., "Die Entstehung der Kontinente", in: *Geol. Rundschau* 3 (1912) 276 – 292.
- Wegener, A., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (derde editie; Braunschweig 1922); in de Engelse vertaling van J. Biram: "*The origin of continents and oceans*". *Revised edition* (London 1966).
- Wegener, A., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (vierde editie; Braunschweig 1929).
- Wentholt, A, (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen / Utrecht 2004).
- Whitten, C.A., "W.D.Lambert (1879 – 1968)", in: *Biographical Memoir of the National Academy of Sciences* (1973) 147 – 161.
- Wilford, J.N., *The mapmakers* (London 2000).
- Worzel, J.L., en G.L.Shurbet, "Gravity interpretations from standard oceanic and continental crustal sections", in: Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 87 - 100.
- Wytema, M.S., "*Klaar voor onderwater!*" *Met Hr.Ms. K XVIII langs een omweg naar Soerabaja* (Amsterdam 1936).
- Zandvliet, K., *Mapping for money* (Amsterdam 1998).

Publikaties van F.A.Vening Meinesz, geraadpleegd voor deze dissertatie

- Bijdragen tot de theorie der slingerwaarnemingen* (Amsterdam 1915)
Observations de pendule dans les Pays – Bas, 1913 – 1921 (Delft 1923).
Theory and practice of pendulum observations at sea (Delft 1929).
(met F.E.Wright) *The gravity measuring cruise of the US Submarine S-21, with an appendix on computational procedure by Miss Eleanor A.Lamson* (Washington 1930).
- Relevé gravimétrique maritime de l'archipel Indien* (Delft 1931).
Gravity expeditions at sea 1923 – 1930 Vol. I (Delft 1932).
(met J.H.F.Umbgrove en Ph.H.Kuenen) *Gravity expeditions at sea 1923 – 1932 Vol II* (Delft 1934).
Gravity expeditions at sea 1934 – 1939 Vol III (Delft 1941).
Tables for regional and local isostatic reduction (Airy system) for gravity values (Delft 1941).
- Kort overzicht der kartografie* (Groningen 1941).
Theory and practice of pendulum observations at sea Vol II (Delft 1941).
Gravity expeditions at sea 1923 – 1938 Vol IV (Delft 1948).
(met W.A.Heiskanen) *The earth and its gravity field* (New York 1958).
"Interpretation", in: G.J.Bruins (ed.) *Gravity expeditions at sea 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 28 – 34.
Interpretation of gravity anomalies on the west coast of South America and in the Caribbean (Delft 1964).
The earth's crust and mantle (Amsterdam 1964).
- De verhouding van Geodesie tot Geophysica*. Inaugurele rede, uitgesproken op 28 november 1927 (Utrecht 1927).
Evenwichtsverstoringen in de aarde. Inaugurele rede, uitgesproken op 2 november 1939 (Delft 1939).
- "The determination of gravity at sea in a submarine", in: *Geographical Journal* LXV (London 1925) 501 - 521.
"Provisional results of determinations of gravity, made during the voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java", in: *KNAW XXX* (Amsterdam 1927) 743 – 755.
"Gravity survey by submarine via Panama to Java", in: *Geographical Journal* LXXI (London 1928) 144 – 161.
"A formula expressing the deflection of the plumbline in the gravity anomalies and some formulae for the gravity-field and the gravity-potential outside the geoid", in: *KNAW XXXI* (Amsterdam 1928) 315 – 331.
"A gravity expedition of the U.S.Navy", in: *KNAW XXXII* (Amsterdam 1929) 94 – 99.
"Gravity anomalies in the East Indian Archipelago", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 323 – 337.
"By submarine through the Netherlands East Indies", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 338 – 349.
"Over de vorming van aardkorstplooiingen en ketengebergten", in: *TAG* 2 48 (1931) 813 – 826.

- "The gravity expedition of Hr.Ms. O 13 in the Atlantic", in: *KNAW XXXV* (Amsterdam 1932) 1143 – 1149.
- "Gravity and the hypothesis of convection-currents in the earth", in: *KNAW XXXVII* (Amsterdam 1934) 37 – 45.
- "De voorlopige resultaten van het zwaartekrachtsonderzoek tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *KNAW XXXVIII* (Amsterdam 1935) 108 – 109.
- "Note on "Notes on phenomena of a geophysical nature", in: *TAG 2 53* (1936) 586 - 587.
- "Wat de reis van Hr.Ms. K XVIII voor den vorm van de geoïde opleverde", in: *TAG 2 54* (1937) 3 – 6.
- "The gravity expedition of Hr.Ms. Submarine O 16 in the North Atlantic. January 11 – March 16 1937", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 382 – 389.
- "Second order disturbance terms in pendulum observations at sea", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 650 – 653.
- "The determination of the earth's plasticity from the post-glacial uplift of Scandinavia; isostatic adjustment", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 654 – 662.
- "Inleiding tot "Vier opstellen", in: *TAG 2 56* (1939) 113.
- "De theorie van Wegener", in: *TAG 2 56* (1939) 453 – 457.
- "The earth's crust deformation in the East Indies", in: *KNAW XLIII* (1940) 278 – 293.
- "Gravity over the Hawaiian archipelago and over the Madeira area; conclusions about the earth's crust", in: *KNAW XLIV* (1941) 2 – 12.
- "De aardkorst onder de oceanen", in: *TAG 2 58* (1941) 1033 – 1038.
- "Het zwaartekrachtsveld in Oost- en West Indië; desiderata voor verder zwaartekrachts onderzoek in die gebieden", in: *Handelingen 28ste Ned. Natuur- en Geneeskundig Congres* (Utrecht 1941) 255 – 257.
- "Topography and gravity in the North Atlantic ocean", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 120 - 125.
- "The equilibrium figure of the earth and the indirect isostatic or Bowie reduction", in: *KNAW XLV* (Amsterdam 1942) 611 – 615.
- "Spanningen in de aardkorst ten gevolge van poolverschuivingen. (with a short abstract in English)" in: *(K)NAW XLVI* (Amsterdam 1943) 185 – 195.
- "De verdeling van continenten en oceanen over het aardoppervlak", in: *(K)NAW XLVII* (Amsterdam 1944) 151 – 159.
- "Deep-focus and intermediate earthquakes in the East Indies", in: *KNAW XLIX* (Amsterdam 1946) 855 – 865.
- "The indirect isostatic or Bowie reduction and the equilibrium figure of the earth", in: *Bull Geod., N.S.* 1 (1946).
- "Indrukken opgedaan in Amerika", in: *TAG 2 56* (1947) 128 – 132.
- "Een stormreis met Hr.Ms. "O – 16" naar Washington in 1937", in: *Veertig jaar Onderzeedienst 1906 – 1946* (Amsterdam 1947) 51 – 69.
- "Les graben africaines resultat de compression ou de tension dans la croute terrestre?", in: *Kon. Belg. Kol. Inst. Bull. der Zittingen XXI 2* (1950) 539 – 552.
- "A remarkable feature of the earth's topography, origin of continents and oceans", in: *KNAW LIV* (Amsterdam 1951) 212 – 229.
- "Convection currents in the earth and the origin of the continents" 3 dln, in: *KNAW LV* (Amsterdam 1952) 527 – 553.
- "Physical geodesy", in: *KNAW LVI* (Amsterdam 1953) 19 - 33.

- "The second order corrections for pendulum observations at sea", in: *KNAW LVII* (Amsterdam 1953) 218 – 227.
- "Earthcrust movements in the Netherlands resulting from Fennoscandian postglacial isostatic re-adjustment and alpine foreland rising", in: *KNAW LVII* (Amsterdam 1954) 142 – 155.
- "Correlation between geomagnetic field and tectonic movements ?", in: *KNAW LVII* (Amsterdam 1954) 395 – 399.
- "Plastic buckling of the earth's crust: the origin of geosynclines", in: Arie Poldervaart (red.), *Crust of the earth. A symposium*. Geol. Soc. America Special Paper 62 (New York 1955) 319 - 330.
- "A phase-transition layer between 200 and 900 kilometer depth in the earth?", in: *KNAW LIX* (Amsterdam 1957) 1 – 10.
- "The geophysical history of a geosyncline", in: *KNAW LX* (Amsterdam 1957) 126 – 140.
- "Het kasteel Schuilenburg bij Hellendoorn, vroeger Ter Molen geheten" in: *Verslagen en Mededelingen van de Vereeniging tot Beoefening van Overijsselsch Regt en Geschiedenis*, 73 (1958) 123 – 160.
- "The difference of the tectonic development on the east and the west side of the Pacific", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 26 – 31.
- "The outside gravity-field up to great distance from the earth", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 109 – 114.
- "The results of the development of the earth's topography in spherical harmonics up to the 31st order. Provisional conclusions I & II", in: *KNAW LXII* (Amsterdam 1959) 115 – 136.
- "Convection-currents in the mantle", in: *KNAW LXIV* (Amsterdam 1961) 501 – 511.
- "Continental and ocean-floor topography; mantle convection-currents. Revised paper.", in: *KNAW LXIV* (Amsterdam 1961) 512 – 527.
- "Pattern of convection-currents in the earth's mantle", in: *KNAW LXV* (Amsterdam 1962) 131 – 143.
- "Relative movements of continents", in: *KNAW LXVI* (Amsterdam 1963) 3 – 7.
- "Mantle-currents below the Mediterranean area", in: *KNAW LXVII* (Amsterdam 1964) 215 – 219.
- "The Anchorage earthquake", in: *KNAW LXVII* (Amsterdam 1964) 339 – 340.
- "Origin of the crustal structure of the mid-ocean ridges", in: *KNAW LXVIII* (Amsterdam 1965) 114 – 116.
- "The area where the two parts of the Alpine – Himalayan geosyncline meet each other", in: *KNAW LXIX* (Amsterdam 1966) 55 – 57.
- "The subcrustal current-system between Alps and North Sea in the present period", in: *KNAW LXIX* (Amsterdam 1966) 230 – 234.
- "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 315 – 325.
- "De Heiligenberg", in: *FleHITE* 1, 3 (Amersfoort 1965) 38 – 48.
(met V.J.Koningsberger) "Memorandum", in: H.Wagenvoort (red.) *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Utrecht 1952 – 1953* (Utrecht 1953) 123 – 161.

Bijlagen

De K II Expeditie (Den Helder 18/9/1923 - Batavia 24/12/1923)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1930 Vol.1* (Delft 1932) 11 – 30.

Doelstelling

Evaluatie van de bruikbaarheid van duikboten als stabiel platform voor zwaartekrachtmeting op zee met behulp van slingerapparatuur;
Vestiging van zwaartekrachtbasis-stations in Nederlands-Indië.

Vaarroute

Den Helder - Gibraltar - Tunis - Alexandrië - Suezkanaal - Aden - Colombo - Sabang - Batavia

Op zee werden op onderlinge afstanden van tussen 100 en 400 zeemijlen 26 metingen en, afgemeerd in havens, nog eens zeven metingen gedaan.

Personeel

Ltz. 1 L.A.C.M.Doorman voerde het commando over de bemanning van 29 koppen, waarvan - behalve Vening Meinesz - nog twee navigatie- en twee machinekamer-officieren tot de "etat major" behoorden.

Middelen

De duikboot K II was een dubbelschroefs duikboot naar buitenlands ontwerp van 649 ton waterverplaatsing met diesel/electrische voortstuwing, een actieradius van 3500 mijl en een duikdiepte tot 40 meter. De duikboot beschikte over een radio-ontvanger, maar niet over een specifiek echolood. De generator, beschikbaar om door geluidsoverdracht met andere (ondergedoken) duikboten te communiceren, kon voor dieptepeilingen ten nutte gemaakt worden. (Het in het *Marine Jaarboek 1924* gegeven verslag suggereert, dat aan zwaartekrachtmeting een lage prioriteit werd gegeven: onderwater sein- en slinger-proeven werden veelal uitgevoerd gedurende oponthoud ten gevolge van machine- of andere pech.)

Het in de commandoruimte tussen de periscopen, overdwars opgestelde slingerapparaat was van het gemodificeerde Von Sterneck-Stueckrath type, dat door een koperen kooi tegen de beïnvloeding door elektrische en magnetische velden kon worden afgeschermd. Dit apparaat kon tezamen met het opgelijnde fotoregistratie-apparaat tegen storende lichtinval worden afgeschermd door een lichtdichte hoes, van waaronder Vening Meinesz de apparaten kon manipuleren.

De enige voorhanden chronometer kon eenmaal per dag op het gehoor gekalibreerd worden met radiotijdseinen van Parijs (golflengte 2200 m), Lyon (golflengte 14000 m), Bordeaux (golflengte 23000 m) of Calcutta.

Uitvoering der metingen

Terwijl de duikboot op de gewenste diepte bleef afgetrimd - waarbij enige snelheid moest worden behouden om de noodzakelijke druk op de duikroeren te houden - werd het slingerapparaat geopend om de stootkussentjes van de slingergewichten te verwijderen. Na vervolgens het apparaat weer gesloten te hebben, werd het licht- en het sluitercircuit getest. Vervolgens werden de slingers in hun steunen afgehangen en - per paar - in beweging gebracht in tegengestelde fase. De fotoregistratie van die bewegingen nam daarna ruim een kwartier in beslag, terwijl aan begin en eind van de cyclus de temperatuur, vochtigheid en luchtdruk binnen het apparaat werd afgelezen. Tenslotte werden de voorbereidende handelingen in omgekeerde volgorde uitgevoerd en het apparaat weer in vervoersstand gebracht, nadat de belichte filmstrook in een koker was opgeborgen. De ontwikkeling van die film vond plaats in de aanloophavens, zodat Vening Meinesz frequent de bruikbaarheid van het geregistreerde – zij het achteraf - kon controleren, maar dus gemiste metingen niet kon herhalen.

Resultaten

Voor een uitvoerbaarheids-evaluatie van zwaartekrachtmetingen met slingerapparaat op zee was de K II bij uitstek geschikt, gezien “dat het [reserve]drijfvermogen (15%) van deze boot voor langdurig gebruik in open zee te gering is....Dit vermindert natuurlijk in hoge mate de bewoonbaarheid. Van zee dwars in ondervindt de boot niet de minste last.” Een commentaar, dat de Ltz Schorer eerder met betrekking tot duikboot KI gaf, maar dat door bovenstaande herinnering van Vening Meinesz lijkt te worden bevestigd.¹ Plaatsing van het slingerapparaat in het stabiele middendeel van de duikboot, de druk bezette commandoruimte, maakte manipulatie door Vening Meinesz onder zijn verduisteringskleed een warm karwei, ook al omdat in de K II nog geen “airconditioning” aanwezig was. Bovendien bleek het wenselijk, dat - terwille van het bewaren van de stabiliteit - de bemanningsleden tijdens een meting zich niet zouden verroeren.

Het slingerapparaat voldeed pas, nadat het in een in Gibraltar geconstrueerde “schommel” was geplaatst, waarvan de draai-as evenwijdig aan de “kiel” van de duikboot liep, zodat de invloed van kortdurende verstoringen veroorzaakt door het rollen van de duikboot kon worden geëlimineerd. Afhankelijk van externe invloeden en van de scherpte van de registraties, op basis waarvan de periode van de ongestoorde slinger kon worden bepaald - een tijdrovend karwei - kon, met een nauwkeurigheid variërend van 1:125 000 tot 1: 200 000, de zwaartekracht worden afgeleid. Hierbij vormden de temperatuur, de regelmaat van de chronometer en de scheepssnelheid de voornaamste onzekerheden. Bovendien valt te bedenken, dat de onzekerheid in scheepspositie een tot twee mijl was, corresponderend met enkele milligal. Nochtans kon de nauwkeurigheid der metingen worden bevestigd op basis van de grootte van het Eötvös-effect: het verschil tussen twee zwaartekrachtmetingen, uitgevoerd over eenzelfde oost-west lopend traject, gevaren

¹ C.J.W. van Waning, "De groei van de onderzeedienst", in: Idem et al (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906–1966* (Den Haag z.j.) 134 e.v.

in tegenovergestelde richtingen, met als gevolg een met de vaar-snelheid en -richting samenhangende verandering in de geocentrifugale versnelling, component van de totale gemeten zwaartekracht. Ook metingen gedaan in afgemeerde toestand in havenplaatsen, waar de zwaartekracht al eerder op andere wijze was gemeten, bevestigden die nauwkeurigheid.

Vening Meinesz keerde in maart 1924 naar Nederland terug, na in het Meteorologisch Instituut te Batavia een zwaartekracht basis-station voor Nederlands-Indië te hebben gevestigd. Op de terugreis met een van de lijnboten van de Mij. "Nederland" heeft hij nog enige experimenten gedaan met het slingerapparaat, maar het bleek, dat zelfs bij rustige zee zo'n vaarttuig geen stabiele basis voor zwaartekrachtmeting vormde. Na zijn terugkeer verifieerde hij de werking van het slingerapparaat nogmaals op het basisstation in De Bilt en bevond, dat het de reizen goed had doorstaan.

De K XI Expeditie (Den Helder 15/10/1925 - Port Said 12/11/1925)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1930 Vol.1* (Delft 1932) 31 – 40.

Doelstelling

Evaluatie werking drieslingerapparaat met separate fotoregistratie voor zwaartekrachtmeting ter zee.

Vaarroute

Den Helder - Sevilla - Tunis - Alexandrië - Port Said, waar Vening Meinesz de K XI verliet, die haar reis ongeconvoyeerd naar Soerabaja voortzette.

Personeel

De bemanning van de duikboot was met 30 koppen (vier officieren en 25 manschappen onder commando van Ltz1 G.E.V.L.Beckman) tezamen met Vening Meinesz voltallig.

Middelen

De K XI was een recent opgeleverde, dubbelschroefs duikboot naar Nederlands ontwerp. De waterverplaatsing (onder water) was 827 ton. De diesel / elektrische voortstuwing gaf de duikboot een actieradius van 3500 mijl bij een snelheid van acht knopen. Haar maximum duikdiepte was zestig meter. De boot was uitgerust met een Fessenden onderwater membraan zender, die als echolood kon worden benut. Hiertoe moest met een handchronometer het tijdsverloop tussen uitgaand en van de zeebodem gereflecteerd signaal met een marge van 0,1 - 0,2 seconde gemeten worden. Boordtelefonisch konden de via de radio-installatie ontvangen radiotijdseinen van Parijs of Bordeaux naar de bij de zwaartekrachtmeting betrokken twee chronometers voor hun synchronisatie worden doorgegeven.

De schommel, waarin het drieslingerapparaat was opgesteld, was in Den Helder aan de ombuizing van een periscoop bevestigd, terwijl het fotoregistratietoestel in het verlengde van de schommelas op afstand was opgesteld, zodat de invallende en gereflecteerde stralenbundels binnen de verbuizing van spreidlicht waren afgeschermd. Dankzij een systeem van spiegels en prisma's behoefde van het drieslingerapparaat de beweging van elke slinger niet meer individueel te worden geregistreerd, maar kon de verschilbeweging van twee slingers direct geregistreerd worden door "optische stapeling". Buiten genoemde slingers waren nog twee hulpslingers - "aanvullende bewegingsmelders" - in gebruik. In het nieuwe apparaat konden de slingers gemanipuleerd worden zonder dat hun omhulsel behoefde te worden verwijderd; zodoende bleef de temperatuur van het inwendige beter op een constant niveau. Het uurwerk, dat de spoelen met het lichtgevoelig papier aandreef, kon - om papier te besparen - nu ook in een lagere versnelling worden gezet.

Uitvoering der meting

Alle metingen ter zee werden ondergedoken op een diepte van dertien respectievelijk vijftwintig meter uitgevoerd. Na trimming werden de slingers afgehangen uit hun vervoersstand. Na het testen van belichtings- en chronometer-circuits werden de slingers voor de meting gereed gemaakt en geactiveerd met de buitenste slingers in tegenfase en bij beste benadering gelijke amplitude. Fotoregistratie vond dan plaats met de verschillende spoelsnelheden, zoals in het protocol voorzien. De totale tijdsduur van zo'n meting was minder dan drie kwartier, maar met de gehele duikoperatie kon toch nog wel twee uur gemoeid zijn, zo berichtte de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* van 1 december 1925.

Resultaten

Gedurende de gehele tocht waren de weersomstandigheden uitstekend en op tien nieuwe locaties kon de zwaartekracht worden gemeten.

Aan het begin van de reis vertoonde de schommel een frictie in de lagering, die in Sevilla door de technische staf aan boord kon worden verholpen. Daarna voldeed het nieuwe toestel uitstekend, behoudens enige frictie in de vrije werking van de twee hulpslingers. Gedurende de meting kon de bemanning zich "vrijelijker bewegen" en behoefde er minder stringente eisen aan de horizontale ligging van de duikboot te worden gesteld.

De grootte van het Eötvös-effect en de precisie van de tijdmeting bleken nu de grootste onzekerheden bij de uitwerking van de ruwe meetresultaten.

De op de reis met de K II in de Alboran Zee gevonden afwijkingen in de verwachte zwaartekracht werden tijdens de reis met de K XI bevestigd.

De door Vening Meinesz tijdens de reis vanuit Tunis en Alexandrië gedane mededelingen werden in verschillende avondbladen gemeld.

Met zijn apparatuur verliet Vening Meinesz op 22 november 1925 in Port Said de K XI, die ongeconvoyeerd haar reis naar Soerabaja voortzette en daar op 14 januari van het volgend jaar aankwam. Hijzelf keerde met het ss "Koningin der Nederlanden" op 6 december 1925 in Nederland terug en verifieerde nog diezelfde dag de correcte werking van zijn instrumenten op het basis-station in De Bilt.

**De K XIII Expeditie a (Den Helder 27/05/1926 - Soerabaja 13/12/1926)
b (Soerabaja 03/02/1927 - Soerabaja 10/03/1927)**

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1930* Vol.1 (Delft 1932) 41 – 66.

Doelstellingen

De operationele doelstelling was het beproeven van het uithoudingsvermogen van bemanning en schip gedurende langdurige, ongeconvoyeerde vaart naar Indië via Panama. Sinds 1922 bestonden hiertoe plannen, maar pas sinds de succesvolle overtocht van de K XI via het Suezkanaal achtte men de bedrijfszekerheid van duikboten voldoende en de uitvoering dan ook technische verantwoord.¹

De wetenschappelijke doelstelling, die mede tot de feitelijke realisatie van bovengenoemde doelstelling aanzet gaf, was het doen van marien-gravimetrisch onderzoek, gericht op sluiting van een wereldomspannende keten van zwaartekrachtmetingen, op de ontrafeling van complexe geodetische en structuur-geologische vraagstukken, zoals de bepaling van enige, van de geografische lengte afhankelijke term in de internationale zwaartekrachtsformule, de status van het isostatisch evenwicht op de oceanen en de relatie tussen zeebodemreliëf en zwaartekracht.

Vaarroute

- a Den Helder - Horta - Las Palmas - Curaçao - Colon - Panama - San Francisco - Honolulu - Guam - Yap - Manilla - Ambon - Soerabaja.
De totale lengte van de gevaren route was 20939 mijl, waarbij in 116,5 uur onderwater 111 metingen werden gedaan. Voorts, afgemeerd in havens, nog vijftien metingen.
- b Soerabaja - Christmas Island - Soerabaja.
De totale lengte van de gevaren route was 2544 mijl, waarbij 26 metingen werden gedaan.²

Personeel

De organieke duikbootbemanning van 31 koppen - vier officieren en 26 manschappen, aan wie Vening Meinesz "boven de sterkte" was toegevoegd, - stond onder commando van Ltz1 L.G.L.van der Kun.

Middelen

¹ C. van der Linden en M.S.Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch-Indië. Een onderzeeboottocht van meer dan 20 000 zeemijlen* (Amsterdam 1927) 17.

² Ibidem, na 252.

Duikboot K XIII was een recent (29 maart 1926 !) door de werf “Fijenoord” opgeleverde duikboot, gebouwd volgens met de K XI vergelijkbare technische specificaties. De actieradius was 3500 mijl bij een bovenwater vaarsnelheid van acht knopen. Over speciale reddingsmiddelen voor de ongeconvoyeerde vaart werd nauwelijks gerept: een jol lag vastgesjord op het achterdek.....

Voor de gewenste, gedetailleerde opname van het zeebodem reliëf was een door de Britse Admiraliteit beschikbaar gestelde “Hughes Sonic Depthfinder” als echolood daags voor vertrek ingebouwd. Daarnaast beschikte men over het Fessenden onderwater communicatie systeem.

In het drieslingertoestel was voor deze reis het fotoregistratie apparaat geïntegreerd, zodat het geheel nu cardanisch kon worden opgehangen in een frame, dat aan de ombuizing van de achterste periscoop was bevestigd. Dit liet ondermeer een grotere bewegingsvrijheid voor de bemanning gedurende de metingen toe.

Ervan uitgaande, dat ontvangst van radiotijdseinen van Parijs of Bordeaux in het Atlantische Oceaan gebied verzekerd was, had men voor de doorgifte van zulke seinen in het Stille Oceaan gebied zich van de medewerking van de Nederlandse Indische Radio Omroep (N.I.R.O.) verzekerd.

Uitvoering

De voorgenomen vaarroute was een compromis tussen scheepstechnische mogelijkheden en verlangens van de zijde der wetenschap. Het buiten de routine-vaarroute liggende traject van Las Palmas naar Curaçao (3635 mijl in 17 dagen) over de Atlantische Oceaan en dat van Honolulu naar Guam (3470 mijl in 18 dagen) over de Stille Oceaan vroeg - met de dagelijks weerkerende duik oefeningen - het uiterste van schip (actieradius!) en bemanning. Maar deze vaarroute zou - met het door de K II over de Indische Oceaan gevolgde traject - bij benadering het zwaartekrachtsveld over een groot deel van de aarde in een zone tussen de tien en twintig graden noorderbreedte op regelmatige afstanden kunnen bemonsteren.³ Het aanlopen van San Francisco was nodig voor een dokbeurt om met de verwijdering van ongewenste algengroei aan de sloopshuid de vaarcapaciteit van de duikboot weer te herstellen en - zoals ook bij andere aanloophavens het geval was - aan de bemanning gelegenheid tot ontspanning te geven. Zij spendeerde 112 dagen op zee, waarbij 108 maal duik”oefeningen” werden gehouden, en 88 dagen aan wal. Zelden liet de zeegang toe, dat een dekluk voor ventilatie voor langere tijd geopend bleef, zodat onderdeks de atmosfeer vaak te snijden was. En vanwege de dagelijkse duik was aanbrengen van een tentdak als verkoeling tegen de felle tropenzon aan dek niet realistisch.....

Dagelijks werden in de vroege ochtend en avond posities astronomisch bepaald en de chronometers aan de radiotijdseinen geverifieerd. Overdag werd dan ook nog een aantal malen het “zonnetje geschoten”, want men vertrouwde op een geheel metalen duikboot niet al te zeer op het kompas... Inderdaad bleken “deadreckoned” positie - afgeleid van de op basis van schroefomwentelingen

³ F.A.Vening Meinesz, "Provisional results of determinations of gravity, made during the voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java", in: *KNAW XXX* (Amsterdam 1927) 744.

geschatte snelheid - en feitelijke positie nogal eens te verschillen, zodat twijfel aan de betrouwbaarheid van het berekende Eötvös-effect bij de ruwe zwaartekrachtgegevens kon ontstaan. In de middag werd gewoonlijk de duik oefening met een zwaartekrachtmeting uitgevoerd. Daarbij werd - afhankelijk van de deining en haar invloed op het cardanisch opgehangen slingertoestel - tot diepten variërend tussen de dertien en veertig meter diep gedoken. Alleen op het traject tussen Panama en San Francisco - waar frequent korte profielen dwars op de kust moesten worden ingemeten - werd meerdere keren per dag gedoken.⁴ Daarbij "moet de bemanning steeds, en vooral onderwater varende, ernstig zijn en zich stipt aan de voorgeschreven regels houden. Daarom werd het gewone 'oorlam' der marine aan boord niet uitgereikt" vertelde een bezorgde commandant Van der Kun in een interview met de *New York Times* op 30 augustus 1926. Maar.... de duiktoelage, accumulerend uit 108 duiken ten behoeve van de zwaartekracht metingen zal wel veel goed gemaakt hebben bij de bemanning, die Vening Meinesz' bronskleurig toestel al gauw het "Gouden Kalf" noemde. En Vening Meinesz zelf verraste de bemanning zo nu en dan op een praatje over het werk, waarmee hij bezig was, en over wat hem daarbij was opgevallen.⁵ Zo verdiende hij al voor het einde van de reis bij de marine zijn titel "Professor", waarvan de officiële bevestiging nog wel enkele maanden op zich zou laten wachten.

Resultaten

De ongeconvoyeerde overtocht van de K XIII naar Nederlands-Indië via Panama was in scheepstechnisch opzicht een onverdeeld succes. De duikboot legde in totaal een afstand van zo'n 23 500 mijl af zonder noemenswaardige mankementen. Tenzij het de "ijsmachine" betrof, die de temperatuur "onderdeks" nog enigszins dragelijk [dat is beneden de 35 graad Celsius] diende te houden en waarvan weigering dat twee weken lang onmogelijk maakte. En slechts eenmaal - onderweg van Java naar het Christmas Island - ging er iets mis met de duikroutine, toen de duikboot tot tachtig meter diep - dus beneden de maximaal gespecificeerde duikdiepte - afzonk, maar daaraan zelf noch de bemanning nare consequenties aan over hield.

De 'Hughes Sonic Depthfinder' voldeed al ras niet aan de verwachtingen, zodat het Fessenden systeem voor de bepaling van het zeebodemreliëf werd gebruikt.

Op twee na werden alle zwaartekrachtmetingen met succes op film geregistreerd en de resultaten bewezen de bedrijfszekerheid van het slingerapparaat in zijn toenmalige vorm. De directe registratie van de beweging van de fictieve slinger bracht de tijd nodig voor de uitwerking van de gegevens van twee dagen tot enkele uren terug. De meetresultaten bleken minder grillig variërend dan die verkregen bij metingen op land. Want de oceaanwaterlaag als medium, waar gemeten in werd, is dikker en homogener, verstoringe massa's verder verwijderd dan op land. Bovendien is erosie als onvoorspelbare agens in korstvervorming afwezig. De K XIII expeditie resultaten wezen uit, dat de Stille Oceaan gemiddeld zwak positief anomaal was met een gemiddelde anomalie van zes mgal. Waar het net van metingen voldoende dicht

⁴ F.A.Vening Meinesz, "Gravity survey by submarine via Panama to Java", in: *Geographical Journal* LXXI (London 1928) 148.

⁵ Van der Linden en Wytéma, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indië*, 165.

was, kon geconstateerd worden, dat de positieve anomalieën in velden en de negatieve anomalieën in smalle stroken opraden.⁶ Desondanks stuitte Vening Meinesz op soms aanzienlijke verschillen tussen gemeten, isostatisch gereduceerde zwaartekrachts-waarden en de normaalwaarde van de zwaartekracht.

Met de metingen van de K II vormden de metingen van de KXIII een rond de wereld sluitende keten van metingen tussen 20 °+/- 10 ° noorderbreedte, waar het zwaartekrachtsveld op het niveau van de geode elke tweehonderd zeemijl was bemonsterd. Uit de ontwikkeling van dit veld concludeerde Vening Meinesz, dat de doorsnede van de aarde in het vlak van de evenaar beter door een cirkel dan door een ellips kon worden gerepresenteerd.⁷ Dit in tegenstelling tot de conclusies van Helmert in 1915 en Heiskanen in 1925, beiden enkel gebaseerd op landgegevens.

In een verdere stap verwerkte Vening Meinesz - in de vooronderstelling, dat de gevonden zwaartekrachtswaarden representatief zouden zijn voor een strook van 20 breedtegraden langs de evenaar - die gegevens in het indertijd geldig geachte wereldwijde zwaartekrachtsmodel. Hoewel dus de vooronderstelling niet met de werkelijkheid kon overeenstemmen, was het toch aannemelijk, dat de zo gevonden afwijkingen van de geode van dezelfde grootte orde als de werkelijk optredende moesten zijn. Het was dan ook heel verrassend voor Vening Meinesz te moeten concluderen, dat de regionale afwijkingen in voornoemde strook tussen geode en referentie-ellipsoïde veel groter dan gedacht bleken en dat een gemiddelde waarde - en geen eenduidig bedrag - aan de afplatting van de aarde moest worden gegeven.

Maar over het algemeen gaven de resultaten van Vening Meinesz' expedities tot dan toe voldoende overtuigende argumenten - ook voor diegenen, die daar nog aan mochten twijfelen - ten gunste van het bestaan van een toestand van isostasie, waarvan het aantonen enkel gebaseerd op zwaartekrachtmetingen te land met "addertjes onder het gras" was bezaaid.

Marine en samenleving

De tocht van de K XIII bleek voor de Koninklijke Marine van grote propagandistische waarde. "Dat op 27 mei 1926 de K XIII de Hollandsche wateren had verlaten, zal op dien datum tot weinige landgenoten doorgedrongen zijn, daar pas na de groote ruchtbaarheid, die de Amerikaansche bladen aan de reis gegeven hadden, er ook in Nederland belangstelling ontstond".⁸ Die "ruchtbaarheid" kwam in de Verenigde Staten waarschijnlijk mede tot stand dankzij de Science Service, een in 1919 ontstaan samenwerkingsverband tussen de Amerikaanse Associatie ter Bevordering van de Wetenschappen (A.A.A.S.) en Scripps Newspaper Enterprise Association, die populair-wetenschappelijke artikelen als "Scientist to weigh the floating earth. Dutch geodesist will use submarine to test truth of new theory" efficiënt over de landelijke pers zoals *The New York Times* van 20 september 1925 wist te verspreiden.⁹ De aankomst van de K XIII omstreeks Koninginnedag 1926 in de mistige haven van San Francisco was niet alleen het eerste bezoek sinds 1919 van een Nederlands

⁶ J.Veldkamp, "Zwaartekracht", in: B.G.Escher e.a. (red.) *E.N.S.I.E.V* (Amsterdam 1948) 40.

⁷ Vening Meinesz, "Provisional results", 752.

⁸ Van der Linden en Wytema, *Met Hr.Ms.K XIII naar Nederlandsch Indië*, 38.

⁹ D.J.Kevles, *The physicists. The history of a scientific community in modern America* (New York 1997) 171.

marineschip aan de Amerikaanse westkust, maar ook een “bewijs van durf, dat grote indruk in dit sportland maakte” zoals in Nederland *Het Vaderland* zes (!) weken later rapporteerde. Na aankomst wachtte “de bemanning een ontvangst, zoals men nooit had durven verwachten”, schreef de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* van 29 september 1926. Met berichten als deze raakte het publiek in Nederland ook meer geïnteresseerd in het wel en wee van de K XIII: de enkele – daags voor het vertrek - aan de K XIII gewijde kranteartikelen werden vanaf oktober 1926 gevolgd door een kleine twintig artikelen tot de terugkeer in april 1927 van Vening Meinesz; die werd toen zelfs namens de Minister van Marine a.i. verwelkomd! Hij was, met commandant Van der Kun, onmiddellijk na aankomst van de K XIII in Soerabaja - waar men nog nauwelijks van de schok van de November-opstand bekomen was - door de regering benoemd tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau uit waardering voor de geleverde prestatie en erkenning, dat de samenleving daarbij baat had gevonden. Baat, die in een grotere waardering van de bevolking voor de Koninklijke Marine en een verbeterde verstandhouding met de Verenigde Staten tot uitdrukking was gekomen. Met de door de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing aan de individuele bemannings-leden uitgereikte Draagmedaille ter herinnering aan de tocht met de K XIII werd hun onmisbare bijdrage aan het succes gehonoreerd.

Als uitvloeisel van de verbetering in de relatie tussen Marine en samenleving lijkt de benoeming te liggen tot Commandant van Willemsoord van schout-bij-nacht L.J.Quant, “een uitnemend gastheer, die bovendien beter als zijn meeste tijdgenoten de grote waarde begreep van goede betrekkingen met “de wal” in het algemeen en met de pers in het bijzonder”.¹⁰ Ltz2 D.C.M.Hetterschey, die als commandant van de K XVIII later nog een rol in Vening Meinesz’ leven zou gaan spelen, werd toen tot Quant’s adjudant aangesteld. Dezelfde Quant zou nog in juni 1927 tijdens een door de AVRO uitgezonden “Radio-marine avond” wijzen op “de schitterende reis om de wereld van de K XIII”. Zonder twijfel stimuleerde hij ook de uitgave van het door C.van der Linden en M.S. Wytéma - beiden officieren van de K XIII (en later ook op de K XVIII) - “fris van de lever vertelde relaas *Met Hr.Ms. K XIII naar Nederlandsch-Indië*, een levendig, pakkend, uitermate humoristisch” geschrift volgens de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* van 28 november 1927.

¹⁰ C.J.W. van Waning, "De groei van de onderzeedienst", 156.

De S-21 expeditie (Hampton Roads 2/10/1928 - Hampton Roads 30/11/1928)

Op initiatief van de USC&GS, het Carnegie Institution en de National Academy of Sciences in samenwerking met de US Navy werd Vening Meinesz in 1928 uitgenodigd voor demonstratie-zwaartekrachtsonderzoek in Amerikaanse wateren. In de lente van 1928 benaderden USC&GS' William Bowie en Arthur Day, Head Geophysical Laboratory Carnegie Institution, hiertoe de superintendent van het Naval Observatory met het verzoek om een duikboot beschikbaar te stellen. Aan dat verzoek hechtte in juni 1928 de Minister van Marine, Curtis Wilbur zijn goedkeuring. Voor de kosten stelde het Carnegie Institution zich garant, voor de calibratie der instrumenten en de berekeningen voor de data-reductie stelde de USC&GS mankracht beschikbaar.¹

Doelstellingen

De primaire doelstelling van de expeditie was verificatie van het isostatisch model, zoals door Hayford en Bowie gehanteerd bij de afleiding van de ellipsoïde van Hayford (1910). De implicaties van hun voorstelling van zaken daaromtrent was, dat de aardkorst niet anders dan geringe spanningen kon verdragen en – behalve in gebieden met een snelle erosie of sedimentatie - in isostatisch evenwicht moest zijn. Op de tweede plaats kwam het verkrijgen van praktische ervaring met Vening Meinesz' drieslingerapparaat en het doen van zwaartekrachtonderzoek ter zee door staf van het Carnegie Institution, onder wie F.E.Wright.² die een speciale belangstelling voor de relatie tussen zwaartekracht-anomaliën en vulkanisme had. Tenslotte zou transfer van Vening Meinesz' apparaat naar de Verenigde Staten bepaling van de zwaartekrachtsrelatie tussen De Bilt en Washington (USC&GS) mogelijk maken.

Vaarroute

Het onderzoekstraject liep vanaf Hampton Roads (Washington) langs de Oostkust van de Verenigde Staten via de Florida Keys naar de Golf van Mexico, waar profielen dwars op de Mississippi delta werden ingemeten; vandaar in zuidoostelijke richting naar de Puerto Rico trog en terug rond Haïti naar Hampton Roads.

Middelen

Aan de expeditie namen de duikboot S-21 en twee, 500 tons oppervlakte schepen (US Eagle 58 en US Eagle 35) deel. De commandant van laatstgenoemd schip stond aan het hoofd van de expeditie. Tevens waren op dat schip medische voorzieningen

¹ Naomi Oreskes, *The rejection of Continental Drift* (New York 1999) 238 e.v.

² F.A.Vening Meinesz, "Zwaartekracht expedities met Nederlandse onderzeeboten 1923–1954", in: C.J.W.van Waning e.a.(red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906 – 1966* (Den Haag z.j.) 321.

aanwezig, waarvan Vening Meinesz in de loop van de expeditie voor de genezing van een opgelopen infectie dankbaar gebruik zou maken, zo berichtte *Het Vaderland* op 12 december 1928.

De S-21 was een dubbelschroefs duikboot, met een waterverplaatsing van 1062 ton ruimer dan de K XIII. Maar zij was voorbestemd om te worden opgelegd onder de termen van de Conferentie van Washington en daarom al van het een en ander ontdaan. Haar maximale duikdiepte was 60 meter. Door de US Navy was een recent ontworpen echolood installatie gemonteerd. Een "airconditioning" systeem, zoals in Nederlandse K-boten aanwezig, ontbrak.

Personeel

Naast de duikbootbemanning onder commando van Ltz J.L.Fisher waren Vening Meinesz, F.E.Wright (Carnegie Institution) en E.B.Collins (Principal Scientist Hydrographic Office US Navy) als onderzoekers aan boord van de S-21.

Uitvoering

De voorgenomen vaarroute was gekozen in de verwachting hiermee bestaande vragen op het gebied van de isostasie (Atlantisch kustgebied, Caribische eilandkusten) en vragen terzake van de geologische en geofysische duiding van lokaal reliëf (Mississippi delta, onderzeese slenken en troggen) te kunnen beantwoorden.

Door een verbeterde afstelling van de cardanische opgehangen wieg konden nog bij een "rol" van zeven graden metingen worden gedaan. Nadat op zee soms wel vijf metingen per dag waren gedaan op een periscoopdiepte van dertien meter, werden in de aanloophavens de filmopnamen ontwikkeld en op voorlopige basis geïnterpreteerd.

Mede om Wright de nodige ervaring in het praktisch gebruik van apparatuur en verwerking van de gegevens te geven, werd aan boord volgens Vening Meinesz' vaste procedures in waarneming en USC&GS' procedures in reductie gewerkt, zodat voorlopige resultaten al snel beschikbaar kwamen.³

"The operation of the gravity apparatus is made as simple as possible so that the observer makes each measurement almost mechanically, starts the apparatus, records the temperature, the barometric pressure, and so on, and has only to take care that no essential step is omitted. The single difficult task is the determination of the rates of the chronometers by comparison with the radio time signals. This operation, which is quite independent of the gravity measurements, requires a high degree of skill on the part of the observer. [But] it is possible that a method can be devised [in the future] for making this comparison mechanically with the aid of a radio set-up, thus eliminating the personal factor in the method".⁴

³ F.A.Vening Meinesz, "A gravity expedition of the U.S.Navy", in: *KNAW XXXII* (Amsterdam 1929) 96.

⁴ F.A.Vening Meinesz en F.E.Wright, *The gravity measuring cruise of the US Submarine S-21, with an appendix on computational procedure by Miss Eleanor A.Lamson* (Washington 1930) 5.

Vele jaren later zou Vening Meinesz nog bewonderend schrijven over het aanpassingsvermogen van de 50-plusser Wright aan de condities aan boord, waar de tropische hitte regelmatige wisseling van lijfgoed eiste en waar khaki werkkleding vanwege alle olie en smeer te prefereren viel boven "blue collar and tie". Wright zelf had nogal wat last van chronische hoofdpijn ten gevolge van het inademen van uitlaatgassen.⁵

Gedurende het onderzoek liep de temperatuur aan boord op tot zeer hoge waarden en door Vening Meinesz werd airconditioning dan ook node gemist. In weerwil van het feit, dat hij in de S-21 rechtop kon blijven staan en men zijn kooi aan zijn lengte had doen aanpassen konden "..... buitenlandse duikboten - volgens de professor - qua inzet en prestatie niet geheel het niveau bereiken van de Nederlandse boten".⁶

In nauwelijks twee maanden tijds werd een afstand van zo'n 7000 mijl afgelegd, waarbij vier zwaartekrachtmetingen op land werden uitgevoerd en 45 op zee, sommige in profielen dwars op de kust. De meetlocaties werden genummerd van 1 tot 49. Van zeegang had men weinig last behalve in het Caribisch zeegebied. Het echolood produceerde bodemprofielen van aanmerkelijk hogere resolutie dan bij eerdere onderzoeken.⁷

Resultaten

De definitieve resultaten van de S-21 expeditie vonden al snel hun neerslag in F.A.Vening Meinesz en F.E.Wright's *The Gravity Measuring Cruise of the US Submarine S-21, with an Appendix on Computational Procedure by Miss Eleanor Lamson* (Washington DC, 1930) Hierin komt Wright tot de volgende conclusies. Ten eerste blijkt een zwaartekrachtstekort de loop van de rand van het continentale plat langs de Atlantische Oceaan te volgen.

Vervolgens blijkt ondanks de recente belasting met een kilometers dikke sedimentlaag het Mississippi deltagebied in tegenstelling tot de verwachting in isostatisch evenwicht;

daarentegen blijkt over het gehele gebied, waar de bodem van de Golf van Mexico nauwelijks enig reliëf vertoont, een zwaartekrachtsexces te heersen.

Tenslotte werd het bestaan van de door Vening Meinesz gedurende de K XIII expeditie gevonden grote, negatieve anomalie over de Puerto Rico trog bevestigd. Ook over twee in het Caribisch gebied gelegen en als fossiel beschouwde slenken werden negatieve anomalieën gevonden. Met betrekking tot de vorm van de troggen kon uit de echolood profielen worden opgemaakt, dat de wanden van die troggen hellingen tot veertig graden vertoonden, maar dat de bodems vlak waren.⁸

Conclusies

De resultaten van de S-21 expeditie zette Bowie's perceptie van isostasie op zijn kop. Waar hij verstoring van evenwicht door recente, snelle sedimentatie had verwacht,

⁵ D.M.Lawrence, *Upheaval from the abyss* (New Brunswick 2002) 116.

⁶ H.Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen genomen door Prof.Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz van september 1923 tot augustus 1939", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 56, noot.

⁷ Vening Meinesz, "A gravity expedition of the U.S.Navy", in: *KNAW XXXII* (Amsterdam 1929) 95 e.v.

⁸ *Ibidem*, 96.

bleek de situatie in isostatisch evenwicht (Mississippi delta). En waar volgens hem oude, geheel "gravitatief gecompenseerde" breuken lagen werd een zwaartekrachtsdeficit gemeten. Tenslotte bleek, waar hij evenwicht had verwacht, omdat een vlak reliëf daarop zou duiden, een breed gebied met zwaartekrachtsexces te bestaan. De volledige compensatie, zoals in het Mississippi delta gebied bereikt, zou erop wijzen, dat de aardkorst zeer elastisch was. Maar het brede zwaartekrachtsexces in de Golf van Mexico wees juist op een stijve korst, tot overdracht van een regionaal krachtenstelsel in staat.

Het vermoeden rees derhalve, dat het Pratt-model van isostatische compensatie - hoewel eenvoudiger in toepassing - minder betrouwbaar was dan verondersteld, en dat meer gewicht zou moeten worden gegeven aan het complexere Airy-model, waarin de diepte van het compensatieniveau van plaats tot plaats varieerde. Het leek er wel op, of er misschien een soort van regionaal compensatie mechanisme bestond. Maar voor het bewijs en de berekening ervan zouden in de loop der tijden nog verschillende wegen bewandeld worden.

Overige hoogtepunten

Het vertrek van de S-21 werd opgeluisterd door de aanwezigheid van Curtis D. Wilbur (Secretary of the US Navy), Admiral Hughes (Chief of Naval Operations) en Rear Admiral Leigh (Chief of the Bureau of Navigation), zo berichtte *Het Vaderland* op 6 november 1928.

Na terugkeer werd een officieel banket in het National Museum in Washington aangericht, waarbij als officiële gasten naast Vening Meinesz - die aldaar een demonstratie van zijn gravimeter gaf -, Bowie en Wright ook Curtis Wilbur en C.S. Freeman (Superintendent van het US Naval Observatory) aanzaten.⁹

Een en ander wijst er wel op, dat Vening Meinesz' manier van zee-onderzoek niet aan de aandacht van de regering was ontgaan.

Verdere ontwikkelingen

Mede als gevolg van de door de S-21 expeditie verkregen nieuwe inzichten realiseerden onderzoekers in de Verenigde Staten, dat er buitengaats een groot werkerterrein voor geofysische en geologische research aanwezig was.

Het Carnegie Institution besloot al in de loop van 1929 een Vening Meinesz gravimeter op haar 323 tons, gedemagnetiseerd onderzoeksvaartuig - het zeegaande zeil / motor jacht "Carnegie" - te installeren. Aan onderzoek daarmee nam Vening Meinesz niet in persoon deel, maar wel verleende de Rijkscommissie er haar medewerking aan door enkele slingers voor de gravimeter ter beschikking te stellen.¹⁰ Zwaartekrachtmeting aan boord van dit oppervlakteschip was weinig succesvol vanwege de allesoverheersende, storende werking van de zeegang, zodat slingers regelmatig uit hun ophanging raakten. In de haven van Apia (Samoa) ging door een explosie het schip in November 1929 verloren, waarbij twee doden vielen te betreuren.

⁹ Albert Chambon, *100 000 zeemijl per onderzeeboot met professor Vening Meinesz* (Den Helder 1939) foto t/o 144.

¹⁰ *RCG 1929*, 2.

Voorts leidde de realisatie van het S-21 expeditie mede tot verwezenlijking van de sinds 1927 bij de National Academy of Sciences bestaande plannen tot stichting van een permanent, onafhankelijk, "non-profit" instituut voor oceanografisch onderzoek. In de schaduw van de "Great Depression" toch nog gesubsidieerd door de Rockefeller Foundation met een gift van drie miljoen US dollars, kon het "Woods Hole Oceanographic Institution" (Mass) in 1930 haar poorten openen en al in 1931 haar eerste opnameschepen - de zeil / motor-schepen "Atlantis I" en "Asterias" - in gebruik nemen. "Woods Hole" - zoals het zou worden aangeduid - zou een nauwe associatie met de universiteiten van Harvard en Princeton blijven houden.

De “Snellius”-expeditie (Soerabaja v.v.1929 - 1930)

Inleiding

In 1925 stelde het hoofd van de Hydrografische Dienst van de Koninklijke Marine, de Ktz J.L.H.Luymes (1869 - 1943), ambtshalve lid van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, aan het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap voor om in de Indische Archipel een fysisch en chemisch oceanografisch onderzoek te doen. Want tijdens de “Siboga”-expeditie (1899/1900), waarover tijdens en zelfs nog na het Interbellum studies zouden verschijnen, was de nadruk van het onderzoek vooral op biologische aspecten gevallen. Bovendien was in de loop van de twintigste eeuw de dieptebepaling - vroeger met loodlijnen, maar sinds de Eerste Wereldoorlog met een echolood, dat eens per kwartier een peiling kon doen - zoveel efficiënter geworden, dat een gedetailleerdere opname van de zeebodem-morfologie binnen bereik was gekomen. De opzet van de voorgestelde expeditie werd mede door de Duitse “Meteor”-expeditie (1925 - 1927) beïnvloed in zoverre, dat wederom een beperkt zeegebied zou worden onderzocht met focus op de zeebodem-morfologie en circulatie en chemische samenstelling van het zeewater, terwijl het geologisch onderzoek aan koraalriffen kon worden voortgezet.¹

De Indische regering bleek bereid middelen en een in aanbouw zijnd hydrografisch opnamevaartuig, de “Willibrord Snellius”, voor genoemd onderzoek ter beschikking te stellen. Dat die middelen - ondanks hangende bezuinigingen – uiteindelijk ook beschikbaar kwamen was denkkelijk mede te danken aan de tussenkomst van de partijloze Minister van Koloniën Dr J.C.Koningsberger (1867 - 1951), befaamd natuuronderzoeker en voorstander van een ethische politiek. Overigens verwachtte ook hij, dat de nog ontbrekende fondsen wel uit particuliere bronnen zouden kunnen worden gefourneerd.

Organisatie

Leider van expeditie en wetenschappelijke staf van vijf academici en zeven assistenten was de gepensioneerde marineofficier P.M.van Riel, hoofd van de afdeling Oceanografie en Maritieme Meteorologie van het K.N.M.I. De scheepsbemanning telde 110 koppen en stond onder commando van de Ltz1 F.Pinke.

Uitvoering

Tussen juli 1929 en november 1930 legde de “Willibrord Snellius” in het gebied van de Oostindische diepzeebekkens ruim dertig duizend mijl af, waarbij ruim 33 000 echolodgingen werden uitgevoerd. Daardoor werd de zeebodem morfologie veel

¹ (P.M.van Riel), "Een Nederlandsche oceanografische expeditie in de zeeën van Nederlandsch Indië", in: TAG 2 45 (1928) 370 – 372.

gedetailleerder bekend. Voorts werden van honderden locaties temperaturen, watermonsters en bodemonsters verzameld en was er tijd voor (sleep)netvisserij.

Uit brieven van commandant Pinke is af te leiden, dat de samenwerking aan boord met wetenschappers niet altijd gladjes verliep: "...er is een neiging bij de stafleden over schip en instrumenten te schrijven. (De wetenschappelijke lui willen zoo graag publiceren)...De schrijvers kunnen niet voldoende op de hoogte zijn, doch matigen zich gauw een oordeel aan". Ook over de schepelingen was hij weinig te spreken: "de oude opname-matros is helaas vrijwel verdwenen. Ik heb veel van die jongens aan boord, die geen kompas kennen, niet kunnen sturen, zich niet thuis voelen in een sloep..." Maar Pinke was dan ook een ambitieus hydrograaf, wat koppig en misschien eigenzinnig, maar zeker erg toegewijd. Desondanks kwam naderhand ook zijn eigen studie terzake van de verschillende methoden van het echoloden niet af.²

Resultaten

Na terugkomst liep bij deze expeditie de verwerking van de verzamelde informatie grote vertraging op, omdat in het budget geen rekening met de betaling van de benodigde arbeidskrachten was gehouden.

De eerste publikaties door staf van de "Snellius"-expeditie betroffen de bodemgesteldheid in de Indische Archipel, verschenen in 1934 en waren van de hand van Van Riel. Het laboratorium onderzoek van het verzamelde aan flora, fauna en gesteente kon "voorlopig" voortgang vinden, maar ook daarin kwam de klad na 1934 door de pensionering bij het K.N.M.I. van expeditieleider Van Riel. Pinke's samenwerking met hem eindigde in een verschil van mening over inhoud en wijze van publikatie van het aandeel van eerstgenoemde aan het expeditieverslag.³ De 23 delen tellende reeks rapporten van de "Snellius"-expeditie kon pas lang na de bevrijding worden afgesloten met twee delen, die de samenstelling en de stroming van het zeewater beschreven. Hoewel.....resultaten van het geologisch onderzoek zouden nog tot in 1978 in losse publikaties verschijnen.

Niettemin waren de resultaten van deze expeditie en de later door Vening Meinesz op zee opgedane ervaringen betreffende zee-stromingen en -systemen zodanig, dat na de oorlog de afdeling "Oceanografie" binnen het K.N.M.I. werd losgekoppeld van die van de "Mariene Meteorologie". De leider van de nieuw gevormde afdeling zou op instigatie van Vening Meinesz, de toenmalige hoofddirecteur van het K.N.M.I., begin 1947 eerst een studiereis naar de Verenigde Staten maken. Hij bracht o.a. geruime tijd door aan het "Scripps Institution of Oceanography" in La Jolla (Calif), waarvan H.U.Sverdrup - die Vening Meinesz in 1930 in Bergen aan boord van de "Nautilus" al had ontmoet - de directeur was. Daarna volgde nog een stage bij het "Woods Hole Oceanographic Institution" in Woods Hole (Mass.), waar toentertijd Ewing leiding gaf.⁴

² A.M.C.van Dissel, "Koninklijke Marine – In dienst van de Wetenschap", in: A.Wentholt (red.), *In kaart gebracht met kapmes en kompas* (tweede druk; Heerlen / Utrecht 2004) 357.

³ Ibidem, 357.

⁴ H.G.Cannegieter (red.), *Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut 1854 – 1954* (Den Haag 1954) 229.

De geoloog Kuenen beschreef zijn herinneringen aan de “Snellius”-expeditie in *Kruistochten over de Indische Diepzeebekkens* (Den Haag 1941), dat (in oorlogstijd verschenen) een ruim lezerspubliek vond.

De K XIII expeditie (Soerabaja v.v.12/06/1929 – 15/02/1930)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1930 Vol.1* (Delft 1932) 67 - 109.

Eerste deel (12/06 - 12/08/1929) / 7000 mijl / 105 meetpunten. Via de Banda Zee langs de kusten van de kleine Soenda Eilanden, Nieuw-Guinea, de Molukken en Halmaheira tot Mindanao. Onderbreking in Ambon.

Tweede deel (08/10 - 14/11/1929) / 4000 mijl / 65 meetpunten. Rondom Celebes. Onderbreking in Makassar.

Derde deel (02/01 - 15/02/1930) / 5000 mijl / 62 meetpunten. Rond langs Java en Sumatra. Onderbreking in Belawan.

Inleiding

Toen evaluatie van de in 1926/27 in de Oostindische Archipel en ten zuiden van Java gemeten zwaartekrachtsprofielen meer vragen dan antwoorden terzake van de relatie tussen geologische configuratie en zwaartekracht hadden opgeworpen, kreeg in 1928 de wens gestalte in dit gebied een gedetailleerder onderzoek uit te voeren. Inleidende besprekingen tussen leden van de Rijkscommissie en de Minister van Koloniën, Dr.J.C.Koningsberger - zelf een onderzoeker van naam - en de toevallig in Nederland aanwezige Commandant Zeemacht in Indië leidden er eind 1928 toe, dat Vening Meinesz na het bijwonen van het Vierde Pan Pacific Science Congress in Bandoeng met de K XIII het door hem gewenste onderzoek kon gaan uitvoeren. "Aanvankelijk bestond er bezwaar het schip zolang aan zijn eigenlijke dienst te onttrekken, maar wegens de groote wetenschappelijke betekenis der waarnemingen is dat bezwaar terzijde gesteld".¹

Dat kort na een regionaal, verkennend onderzoek het daarbij verkregen nieuw inzicht zo snel in een voorstel tot systematisch detailonderzoek kon worden uitgewerkt en gerealiseerd was een doorbraak in oceanografisch onderzoek!

Vening Meinesz onderzoeksvoorstel was erop gebaseerd om over het geologische gecompliceerde Oostelijk deel van de Indische Archipel een netwerk van meetpunten te leggen, die onderling niet meer dan zo'n honderd kilometer van elkaar verwijderd waren. Die afstand kwam overeen met en was waarschijnlijk mede gebaseerd op de door velen toentertijd als maximaal geschatte dikte van de stijve aardkorst. Met zo'n netwerk zou hij in staat zijn later in verschillende richtingen door equidistante controlepunten zwaartekrachts profielen te construeren. Waar op grond van geologisch inzicht de richting van de tectonische activiteit kon worden vermoed, zette Vening Meinesz profielen uit in de werkrichting van die krachten; zoals bijvoorbeeld langs de Zuid- en Westkusten van Java en Sumatra.²

¹ J.J.A.Muller,"De gravimetrische opnemings van de zeeën van Nederlandsch-Indie", in: *TAG* 2 47 (1930) 703.

² F.A.Vening Meinesz, *Relevé gravimétrique maritime de l'archipel Indien* (Delft 1931) 3.

Uit het door Vening Meinesz gewenste netwerk van meetpunten en het operationeel realiseerbare zou daags voor vertrek een definitief routeplan worden opgemaakt, waarbij veel medewerking van de Commandant Zeemacht in Indië werd verkregen. Want bij een acht maanden durende operatie in tropische wateren moet een duikboot toch ook regelmatig een haven opzoeken voor motorisch onderhoud en voor verwijdering van overmatige algenaangroei aan de scheepshuid. En daar duikdiensten in tropische wateren veel van de bemanning vergen, had die ook wel recht op enig verlof....

Doelstellingen

Van het wetenschappelijk onderzoek was de belangrijkste doelstelling de bepaling van de relatie tussen (zwaartekracht) en tektoniek van de aardkorst: waar de toestand van isostasie is verstoord, moeten krachten werkzaam zijn, die in de geologische configuratie gereflecteerd zijn. Die relatie kon op basis van de resultaten van het eerder verkennend onderzoek nog niet worden vastgesteld. Adequate profilering van het zeebodemreliëf met behulp van het echolood was voorts een vereiste voor de adequate reductie van de ruwe zwaartekrachtgegevens. Voor de marine was het opdoen van ervaring met navigatie en met frequente duikoperaties in tropische wateren bezaaid met mogelijk niet nauwkeurig in kaart gebrachte koraalriffen ongetwijfeld een uitdaging gedurende het maandenlange onderzoek.

Personeel

Gedurende de gehele expeditie voerde Ltz2 G.Mante (1898 - 1942) in een goede verstandhouding met Vening Meinesz het commando over een bemanning van vijf officieren en 26 manschappen, waaronder zeven Inlanders.

Middelen

De materiële uitrusting voor deze expeditie verschilde nauwelijks van die van de door de K XIII in 1926/27 uitgevoerde expeditie. Terwijl door de "Willebrord Snellius" nog verschillende echolood apparaten werden beproefd, moest men op de K XIII het doen met een gemodificeerd Fessenden onderwater communicatie systeem. Maar Vening Meinesz had nu tenminste de beschikking over twee chronometers en een slingerapparaat met een verbeterd registratiesysteem.

Uitvoering

Omdat de meetpunten relatief dicht bij elkaar lagen en een volledige duikoperatie een uur of twee duurde, kon er tweemaal 's nachts en tweemaal overdag worden gedoken, terwijl in de vroege ochtend en de vroege avond de chronometers met de vanuit het Bosscha Observatorium te Lembang verzonden radiotijdseinen konden worden geijkt. Dit programma trok een zware wissel op de bemanning. Temeer, daar tijdens het eerste deel van de expeditie vanwege een te ruwe zee de dekluiken nauwelijks geopend konden worden en de binnenatmosfeer alles behalve fris riekte ondanks de inspanningen van het "airconditioning" systeem. Zo'n omgeving was ook

niet echt bevorderlijk voor het doen van reken- en denkwerk, dat gravimetrisch onderzoek met zich meebrengt. Gelukkig was de zee gedurende de verdere expeditie redelijk kalm, het leefklimaat minder onaangenaam. Niettemin bracht - waar mogelijk - een groot deel van de bemanning een deel van de dag op het torendek (3 m x 1,2 m) door.³

Onverlet de plaatselijke zeestromingen werd tijdens de een half uur durende meting voor de berekening van het Eötvös effect een snelheid van 3,2 - 3,6 knopen aangehouden, overeenkomend met 135 schroefomwentelingen per minuut. Deze aanname werd enkele malen metend langs hetzelfde traject in beide richting varend, gecontroleerd. Waar de zeebodem vlak bleek werden enkele malen opvolgende metingen gedaan om de robuustheid van de instrumentatie te bevestigen. Ontwikkeling van de fotografische registraties kon nog alleen in de thuishaven worden gedaan. Toen bleek op basis van plotseling afwijkende slingertijden, dat aan het eind van de eerste tocht door onbekende reden een van de slingers in het ongerede was geraakt. Een afwijking, die Vening Meinesz naar beste kunnen op de Technische Hogeschool te Bandoeng corrigeerde, maar die niettemin in een iets grotere foutmarge voor de rest van de metingen resulteerde.

Gedurende het eerste deel van de expeditie functioneerde het Fessenden echolodingsstelsel niet naar behoren. Slecht werkende hydrofonen - als oorzaak aangemerkt - werden in Soerabaja door nieuwe vervangen, waarna het euvel opgelost bleek. Toen gedurende het laatste deel van de expeditie de met de operatie van het echolood belaste telegrafist door ziekte indisponibel was, namen commandant Mante en Vening Meinesz zijn taken waar.⁴

Resultaten

Uitwerking van de ruwe waarnemingen tot bruikbare meetgegevens werd verricht door personeel van het K.N.M.I. "in vrijen tijd".⁵ Waar hierbij betrouwbare gegevens over de diepte van de zee ontbraken, gebruikten zij informatie door de "Snellius" expeditie vergaard.

Al op basis van zijn eigen, voorlopige berekeningen meende Vening Meinesz - een foutmarge van 10 - 20 mgal hanterend - een vijfduizend kilometer lange en minder dan honderd kilometer brede strook van aanzienlijk negatieve zwaartekrachtanomalieën vanaf noordwest Sumatra rond de Soenda Eilandenboog via de Molukken langs Halmaheira naar de Mindanaotrog te kunnen traceren. In dwarsdoorsnede bleek de grote negatieve anomalie aan weerszijden van een positieve "schouder" van variabele amplitude vergezeld te gaan.

De wijze, waarop de intensiteit van de negatieve anomalie in de as van de "Minus"-zone door de gehele archipel veranderde, zou sterk pleiten voor de aanname, dat de zijdelingse druk niet door contractie van de aardkorst ten gevolge van afkoeling en krimp ontstond. Ook lijken de krachten, die de zijdelingse druk

³ F.A.Vening Meinesz, "By submarine through the Netherlands East Indies", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 339.

⁴ Muller, "De gravimetrische opnemingen der zeeën van Nederlandsch-Indië", 704.

⁵ *RCG* 1930, 14.

realiseren, orden van magnitude groter, dan die veroorzaakt door Wegener's hypothetische "Polfluchtkraft".⁶

Op grond van de ruimtelijke uitgebreidheid van de anomalieën leek de conclusie gewettigd, dat de "Minus"-zone deel uitmaakte van een geotectonisch systeem, dat van het Alpino-Himalaya systeem via het Archipelgebied zich voortzette tot in de diepzeetroggen van de Stille Oceaan. De processen, die aan de basis van dat systeem lagen, leken ook dieper te liggen en eenvoudiger van aard te zijn dan de visueel waarneembare (geologische) verschijnselen suggereerden. Op basis van een snelle berekening leek het te gaan om processen, die zich op een diepte tot veertig kilometer afspeelden.⁷

Besluit

Internationaal was de respons op de resultaten van de K XIII expeditie positief. Niet alleen was er veel bewondering voor de man, die zo'n groot onderzoek onder moeilijke omstandigheden tot een goed einde wist te brengen, maar ook voor de interpretatie door hem van de resultaten. Een voordracht voor de Royal Geographical Society op 10 november 1930 leidde tot de volgende reacties.⁸

"...the discovery of this great line of negative anomalies, is the greatest geodetic discovery made since 1901..." (de geodeet Sir Lenox-Conyngham). Ook de door Vening Meinesz geconstateerde correlatie van "Minus"-zone en vulkaanketens (en aardbevingszones) in de Indische Archipel leek op enig moment in de geologische evolutie van de Britse eilanden een tegenhanger te kunnen vinden. (Sir John Flett) Veel steun kreeg Vening Meinesz ook voor zijn hypothese, dat de oorzaak voor de creatie van "this great line" in processen diep onder de aardkorst moet worden gezocht: "...it is not without support from....terrestrial magnetism..." (de geofysicus Chapman).

⁶ Muller, "De gravimetrische opneming der zeeën van Nederlandsch-Indië", 705.

⁷ Vening Meinesz, *Relevé gravimétrique maritime de l'archipel Indien*, 5.

⁸ F.A.Vening Meinesz, "Gravity anomalies in the East Indian Archipelago", in: *Geographical Journal* LXXVII (London 1931) 332 – 337.

De “Nautilus”-expeditie (New York 24/03/1931 - Bergen 20/11/1931)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan J.J.Ahern, *Low road to the pole. The 1931 Nautilus expedition to the North pole* (Washington 2000) via <http://www.amphilsoc.org/library/exhibits/nautilus/pole.htm> geraadpleegd op 15 augustus 2005.

Doelstellingen

In het begin van de twintigste eeuw werd arctisch onderzoek uitgevoerd middels oppervlakte-schepen of luchtvaartuigen. Dankzij de gegroeide bedrijfszekerheid van duikboten begonnen poolonderzoekers als Hubert Wilkins (1888 - 1958) zich na de Eerste Wereldoorlog als doel te stellen te onderzoeken in hoeverre zo'n vaartuig gebruikt kon worden als tijdelijke wetenschappelijke onderzoeksbasis in openingen tussen poolijsstromen of als transportmiddel onder het ijs van de Noordelijke IJszee.

Middelen

Nadat Wilkins zich had verzekerd van de financiële steun van het Carnegie Institution, het Woods Hole Oceanographic Institution, het Noors Geofysisch Instituut, de American Geographical Society en het Cleveland Museum, kon hij voor de somma van een dollar per jaar voor een periode van vijf jaar van de US Navy de ontmantelde duikboot O-12 (SS-79) huren. Deze nauwelijks driehonderd ton metende duikboot was al sinds 1924 opgelegd en in eerste instantie bedoeld om te worden verschrot als uitvloeisel van het Verdrag van Washington. Maar voor deze nieuwe missie moest zij eerst in de Verenigde Staten worden aangepast door onder andere de brugopbouw te verwijderen en vervolgens haar uit te rusten met een flexibele boeg, een ingebouwde drukcabine en elektrische drillboren, 'ijssmelters' en lanceerinrichtingen voor springladingen om onder wisselende omstandigheden door poolijs heen te kunnen breken. Want men voorzag, dat niet langer dan drie dagen onafgebroken onder ijs kon worden gevaren. De hiertoe dan in een 'drooggelegde' werf uitgeruste duikboot werd herdoopt tot “Nautilus”, verwijzing naar Jules Verne's fictieve *20 000 mijlen Onderzee* - boot.

Vaarroute

Vanuit de Verenigde Staten op weg naar Noorwegen kreeg “Nautilus” halverwege de Atlantische Oceaan motorische averij en moest naar Davenport (Engeland) worden gesleept voor reparatie. Begin augustus 1931 deed zij Bergen (Noorwegen) aan, waar de Noorse wetenschappelijke staf aanmonsterde en ondermeer een van de Nederlandsche Seintoestellen Fabriek (N.S.F.) aangekocht slingertoestel werd geïnstalleerd. Vanaf de tweede helft van augustus tot in september voer “Nautilus” in en - soms onder - de IJszee bij Spitsbergen. Technische mankementen forceerden haar terugkeer naar Bergen op 20 september. Zij werd op 20 november 1931 doelbewust tot zinken gebracht in een Noorse fjord.

Personeel

Terwijl Wilkins de expeditie leidde, was Sloan Danehower voor de bereddering van de duikboot en Harold U. Sverdrup (1888 – 1957) voor het wetenschappelijk onderzoek verantwoordelijk. In totaal maakten vanaf Bergen een twintigtal koppen de expeditie mee. Bernhard Villinger was als wetenschappelijk assistent belast met het meten van de zwaartekracht.. Hij werd daartoe ter plaatse in het gebruik van het slingertoestel geïnstrueerd door Vening Meinesz, die eerder in Hilversum dat apparaat had afgeregeld.

Uitvoering

Op vijf augustus 1931 uit Bergen vertrokken, arriveerde de “Nautilus” - zij het niet zonder kleine averijen - op de vijftiende van die maand voor een laatste inspectie bij Spitsbergen. Daags daarna werd pakijs waargenomen en voorbereidingen getroffen voor een eerste duik. Maar van duiken moest op het laatste moment worden afgezien vanwege een hangende uitlaatklep van een ballasttank. Na reparatie hiervan bleek bij een volgende duikmanoeuvre, dat het duikroer niet aanwezig was (gemaakt?). Tussen de bedrijven door werd nog wel door een duiker een monster van de zeebodem opgehaald, waarbij de drukcabine goede diensten bewees. Maar met de boot kon alleen nog worden gedoken onder een zeer kleine hoek door overdacht gebruik te maken van de afvulling van de ballasttanks. Toen men zodoende eindelijk onder een ijslaag van een meter dik wist te duiken, bleken de ijsboren niet op hun taak berekend. In het licht van de geringe vooruitgang (en de talloze gebreken?) en van het inmiddels naderende einde van de voor onderzoek gunstige weerssituatie werd begin september besloten de expeditie af te blazen. Op Spitsbergen werden expeditieleider en wetenschappelijke apparatuur ontscheept en terugkeer naar Bergen voorbereid. Daar aangekomen kon de bemanning eind september afmonsteren en werd bericht ontvangen, dat de “Nautilus” ver in zee tot zinken moest worden gebracht. Maar toen ook dat vanwege het slechte weer op een veilige manier niet haalbaar bleek, kreeg de door averijen geplaagde “Nautilus” eind november 1931 onder het oog van een vloot van scheepjes in een fjord nabij Bergen op een diepte van 350 meter eindelijk haar laatste rustplaats.

Resultaten

Aan marien-gravimetrisch onderzoek lijkt de “Nautilus”-expeditie nauwelijks te zijn toegekomen. Toch was voor Vening Meinesz in een opzicht zijn medewerking aan de expeditie niet zonder gevolgen. De leider van het wetenschappelijk onderzoek, Harold U.Sverdrup, was ten tijde van de expeditie al een befaamd poolonderzoeker en oceanograaf en in Bergen aan het particuliere Christian Michelsen Instituut als full-time onderzoeker werkzaam. In 1936 werd Sverdrup benoemd tot hoofd van het Scripps Institution of Oceanography, een in 1931 verzelfstandigd onderdeel van het particulier gefinancierde Scripps Institution for Biological Research, gevestigd in La Jolla (Californië). Met de onmiddellijke vervanging van verouderd materieel door een modern onderzoeksvaartuig bracht Sverdrup daar onderzoek en onderwijs snel tot grote hoogten, smeedde gedurende de Tweede Wereldoorlog een hechte samenwerking tussen Instituut en US Navy en gaf - in associatie met de Universiteit

van Californië - vorm aan de grote naoorlogse expansie van oceanografisch onderzoek in de Stille Oceaan.¹

¹ <http://scrippsarchives.ucsd.edu/sio/archives/siohstry/sverdrup-blog.html>, geraadpleegd op 28 februari 2007.

De S 48 expeditie (Guantanamo 7/2/1932 - Miami 17/3/1932)

Doelstellingen

Onder auspiciën van de USC&GS en met medewerking van de US Navy werd onder gezag van R.M.Field (1885 - 1961), hoogleraar aan de geologische faculteit van de Universiteit van Princeton, een plan voor een mariene zwaartekrachtsexpeditie gerealiseerd met als doel de aard van het korstgesteente onder de ondiepe afzettingen in de zeeën rond de Bahama's, Jamaica en Cuba te onderzoeken. Sponsors van de expeditie waren - behalve bovengenoemde instellingen - de Geological Society of America (GSA) en de American Geophysical Union (AGU).¹ Transfer naar de Verenigde Staten van zijn slingertoestel gaf Vening Meinesz als beoogd instructeur een nieuwe gelegenheid om een vergelijking tussen de in Washington en de in De Bilt gemeten zwaartekrachtswaarden te treffen.²

Vaarroute

De beoogde vaarroute leidde vanuit Guantanamo (Cuba) met de klok mee rond Jamaica en Cuba, rond de Caicos eilanden en vervolgens langs de Oost- en Noordkust van de Bahama eilanden naar Miami.

Middelen

Voor de expeditie stonden twee vaartuigen ter beschikking. Duikboot S 48 met een waterverplaatsing van 1500 ton was aanmerkelijk groter dan enige duikboot, waarop Vening Meinesz eerder had gewerkt. Dat kwam, doordat aan de duikboot een middensectie was toegevoegd gedurende een twee jaar durende dokbeurt, nadat zij in 1925 aan de grond gelopen en zwaar beschadigd was. De boot stond dan ook als "ongeluksboot" bekend. Na beëindiging van de expeditie zou zij weer een grote dokbeurt moeten ondergaan. Op deze boot werd de slingerapparatuur dus geplaatst.³ De duikboot werd begeleid door "tender and rescueship (!?)" US "Chewink", waar men zich met de echolodgingen bezighield.

Personeel

Lt. Cmdr. Olton R. Bennehoff voerde op de S 48 het commando over een bemanning van 38 koppen. Oudste officier was Hyman G. Rickover (1900 - 1986), de latere "vader van de nucleaire onderzeeboot". Hoewel zijn achtergrond die van een electrotechnicus was, deed Rickover op de S 48 tussen 1931 en 1933 zijn (enige) ervaring als nautische (duikboot) officier op.

¹ R.M.Field, "Felix Alexander Vening Meinesz; exponent of international cooperation through geoscience", in: (P.Honig and F.Verdoorn, red.) *Science and scientists in the Netherlands Indies* (New York City 1945) 102.

² RCG 1932, 6.

³ W.D.Irvin, "Oddball S-Boat", in: Paul Stilwell (ed.) *Submarine Stories* (z.p. 2007) 62 – 66.

Als wetenschappelijke staf waren, behalve Vening Meinesz en R.M. Field, ook H.H.Hess (1906 - 1969), een latere decaan van de geologische faculteit te Princeton, en matroos / technicus T.T.Brown (1905 – 1985) van het US Naval Research Laboratory aan boord. Laatstgenoemde moest door Vening Meinesz in het gebruik van het slingerapparaat worden geïnstrueerd.⁴

Aan boord van US "Chewink" was E.B.Collins (US Navy Hydrographic Office) voor de uitvoering van de echolood / diepte metingen verantwoordelijk.

Uitvoering

Al voor de aanvang van de expeditie - de S 48 lag in Guantanamo te ravitailleren en de opvarenden waren in een hotel in Santiago ondergebracht - bracht een zware aardbeving bijna een voortijdig einde aan het onderzoek: onder de ruïne van het Casa Grande Hotel, maar "beschermd" door de constructie van zijn bedstee werd Vening Meinesz haast ongedeerd door o.a. Hess gevonden en in veiligheid gebracht, voordat een na-schok ook van het restant van het hotel een puinhoop maakte.⁵ Maar Hess, die deze episode later boekstaafde, merkte op, dat het niet het enige "ongemak" was, dat Vening Meinesz ten deel viel.

Ook al was de S 48 van een recent ontwerp, haar prestaties in vreedstijd lieten te wensen over. Al direct na haar tewaterlating in 1921 bleek een der balasttanks dienst te weigeren en zonk de boot zo langzaam maar zeker, dat de bemanning nog net het vege lijf kon redden. Ook bij het onderhavig onderzoek raakte eens de boegballast- tank defect met gevolg, dat de boot een duik tot haar maximale duikdiepte van 50 meter maakte, voordat corrigerende actie effect kreeg. Van de duikboot werd klaarblijkelijk gedurende de expeditie zoveel geest, dat de commandant in Miami een grote dokbeurt noodzakelijk achtte.

Elke vier tot vijf uur werd gedoken tot diepten varieerend van periscoopdiepte tot zo'n veertig meter, zodat er nauwelijks meer tijd voor zelfs een hazeslaapje was. Voor het uitvoeren van de zwaartekrachtmetingen was matroos T.T.Brown door het Naval Research Laboratory aangewezen, terwijl aan Hess de geofysisch / geologische duiding van de resultaten was toevertrouwd. In de aanloophavens werden de filmopnamen ontwikkeld en voorlopig geïnterpreteerd. Radiotijdsignalen werden dagelijks enige malen verwerkt voor de correctie van chronometertijden.

Resultaten

Gedurende de expeditie werden 54 zwaartekrachtmetingen uitgevoerd, genummerd - in aansluiting op het onderzoek van de S 21 - van 50 tot 103. Hiermee werd ook in de Verenigde Staten de traditie gecreeërd om - onafhankelijk van boot, waarnemer of zeegebied - aan iedere, door "Woods Hole" gedane mariene zwaartekrachtmeting een uniek nummer te geven. Een traditie, die blijkens publikaties zeker tot 1948 stand zou houden.

⁴ P.Schatzkin, *Defying gravity. The parallel universe of T.Townsend Brown* (e-book 2011).

⁵ H.H.Hess, "The Vening Meinesz negative gravity-anomaly belt of island-arcs 1926 – 1956", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 183.

De uitkomsten van de S 48 expeditie toonden aan, dat de ondergrond van het Bahama-eilandenrijk niet met die van de Antillenboog te vergelijken leek en dus waarschijnlijk niet van vulkanische oorsprong was. En voorts, dat het gebied ook structureel niet verwant of gerelateerd kon worden aan dat van de Westindische Archipel. De rol, de positie van Cuba in de geologische ontwikkeling van de Golf van Mexico enerzijds en het Caribische Zeegebied anderzijds zou nog onopgelost blijven. De resultaten werden gepubliceerd in R.M.Field e.a. *The Navy-Princeton Gravity Expedition to the West Indies in 1932* (US Navy Hydrographic Office, Washington, 1933), waarin Hess de geologische / geofysische paragraaf voor zijn rekening nam.

Reminiscenties

Volgens Irvin was Bennehoff een rekenkundig genie, maar als duikboot - commandant nogal wispelturig. Met Rickover, die de bemanning tegen hem vaak in bescherming moest nemen, zou hij onophoudelijk geargumenteed hebben. Rickover was voor Irvin een "fine and respected shipmate". In 1933 zou Rickover's Engelse vertaling van Hermann Bauer's *Das Unterseeboot* (Berlijn, 1931) verschijnen en vanaf dat moment tot de Tweede Wereldoorlog de standaard tekst voor de Amerikaanse onderzeedienst vormen. Bauer (1875 - na 1928) verwerkte in die publikatie zijn inzichten opgedaan als admiraal van de Duitse duikbootvloot in de Eerste Wereldoorlog. Gesprekken met Vening Meinesz gaven Rickover de intellectuele stimulus, die hij in de US Navy node miste. "Ik ben blij met deze vrienden", schreef hij zijn vrouw, "Ze zijn zo anders dan marineofficieren, aan wie geen filosofische gedachte besteed is. ...Ik heb Vening Meinesz een steuntje gegeven. Hij was nogal pessimistisch, maar nu heb ik zijn optimisme weer teruggebracht".⁶ Vening Meinesz' ervaringen met de S 48 deden hem inderdaad de voorkeur aan Hollandse duikboten geven.⁷

Al met al ervoer Hess zijn intensieve contacten met Vening Meinesz gedurende deze expeditie als een verbond tussen leraar en leerling, tussen onderzoeker en assistent, die het geluk had om juist toen zo'n veelbelovend, nieuw gebied van onderzoek te mogen betreden. Zij zouden verder nauwe contacten blijven houden.⁸

Matroos T. Townsend Brown, die ook aan het expeditie rapport zou meewerken, merkte naderhand, dat "Dr. Vening Meinesz a man with friends in high places... applied his quiet influence in the background to recommend *Lieutenant* Brown for his next assignment at sea".

Verdere ontwikkelingen

Toen de resultaten van de S 21 en de S 48 expedities op de Jaarvergadering van de Geological Society of America in december 1932 ter sprake kwamen, wekten zij de interesse van enkele vooraanstaande structureel-geologen als Bailey Willis en Walter

⁶ F.Duncan, *Rickover. The struggle for Excellence* (Annapolis 2002) 44-47.

⁷ H.Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen genomen door Prof.Dr.Ir.F.A.Vening Meinesz van September 1923 tot augustus 1939", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 56.

⁸ Hess, "The Vening Meinesz negative gravity-anomaly belt", 183.

Bucher. Onder auspiciën van de American Geophysical Union (AGU) was in 1932 al onder voorzitterschap van R.M.Field een "Committee on Geophysics and Tectonics (later Geological Study) of Ocean Basins" opgericht om activiteiten op genoemd gebied te initiëren en / of te coördineren. Als resultaat van de zich nu verbredende belangstelling in marien zwaartekrachtsonderzoek werd in een samenwerking tussen Britse en Amerikaanse onderzoekers, de USC&GS, de GSA, de AGU en de US Navy een nieuwe expeditie voorbereid om het gebied langs de Antillenboog en de Venezolaanse kust nader te onderzoeken; een expeditie, die in de winter van 1936-37 haar beslag zou krijgen.

Ten gevolge van de aanloop naar en uitbreken van de Tweede Wereldoorlog kreeg laatstgenoemde expeditie geen direct vervolg, maar na de Tweede Wereldoorlog zou mariene gravimetrie met medewerking van de US Navy gedurende de "Koude Oorlog" een hoge vlucht nemen als deel van strategisch georiënteerd militair-technologisch zee-onderzoek.

De O 13 expeditie (Den Helder v.v. 5/7/1932 - 14/8/1932)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1923 – 1932 Vol.II* (Delft 1934) 65 – 79, aangevuld met gegevens uit F.A. Vening Meinesz, "The gravity expedition of Hr.Ms. O 13 in the Atlantic", in: *KNAW XXXV* (Amsterdam 1932) 1143 – 1149.

Inleiding

Maart 1931 werd door de Rijkscommissie de toezegging van Minister van Defensie Deckers verkregen, dat duikboot O 12 onder commando van Ltz1 E.J.Borgesius beschikbaar zou komen om gravimetrisch onderzoek in de Noordzee uit te voeren. De bedoeling van dat onderzoek was om het in de periode 1913 - 1920 op het vasteland verkregen netwerk van zwaartekrachtmetingen tot over de Noordzee uit te breiden. Maar bij de uitvoering van de metingen in de herfst van 1931 bleken de wateren van de Noordzee tot op de bodem te ruw, zodat bij een eerste poging in november slechts vier metingen konden worden gedaan; bij een tweede poging in diezelfde maand werd een der hoogteroeren van de duikboot dermate beschadigd, dat van verder onderzoek dat jaar moest worden afgezien.¹

Met de O 13 - waarmee op 25 juni 1932 Prins Hendrik nog een duik had gemaakt - werden aan het eind van die maand in dertig uur de ontbrekende metingen gedaan alvorens de expeditie naar de Atlantische Oceaan vertrok.²

Doelstellingen

Doel van de expeditie was het uitvoeren van gravimetrisch onderzoek in het gebied van de Mid Atlantische Rug in de omgeving van de Azoren, waar vulkanisme en aardbevingshaarden een met het Oostindisch Archipelgebied vergelijkbare geologische configuratie suggereerden. In aansluiting op dit onderzoek zouden enkele zwaartekrachtsprofielen kunnen worden verkregen dwars op de "as" van de Azoren naar Gibraltar, waar geologen zich een voortzetting van de Alpiene geosynclinaal voorstelden. Op de terugreis zou tenslotte een zwaartekrachtsprofiel over de overgangszone van oceaan naar continent worden ingemeten.

Hoewel in het onderhavig gebied door Vening Meinesz gedurende eerdere expedities al metingen waren gedaan, bleek het voorhanden netwerk van gegevens te wijdmazig, nadat Vening Meinesz in Indië het bestaan van veel smallere, anomale stroken had vastgesteld. Verdichting tot een meetpuntenafstand van 50 - 60 mijl bleek gewenst.

Route

Het programma voorzag in de acquisitie van twee profielen dwars op de Mid-atlantische Rug, respectievelijk ten noorden en ten zuiden van de Azoren. Voorts van

¹ RCG 1931, 6.

² RCG 1932, 6.

drie profielen tussen de Azoren en Gibraltar en tenslotte van een continue serie metingen 'en route' van Funchal naar Den Helder over de marge tussen oceaan en continent.

De expeditie had een totale lengte van 5300 mijl en viel in drie delen uiteen:

- Den Helder - Ponta Delgada (5 - 13/7), 11 metingen;
- Ponta Delgada - Funchal (19 - 31/7), 31 metingen;
- Funchal - Den Helder (6 - 14/8), 17 metingen.

Middelen

Duikboot O 13 - met een waterverplaatsing van 754 ton net iets kleiner dan de K XIII - stond onder commando van Ltz1 P.Rouwenhorst.

Vening Meinesz' slingerapparaat was ditmaal voorzien van bronzen slingers van een door hem ten behoeve van een verbeterde stabiliteit gemodificeerd ontwerp, dat eerder op de S 48 expeditie was beproefd.

Het Fessenden Sonic Apparatus - bedoeld voor de onderwatercommunicatie tussen duikboten - was voor de echoprofielering van de zeebodem aangepast. Het tijdsverloop tussen uitgezonden en weerkaatst, in een hydrofoon opgevangen, signaal moest door de boordtelegrafist met een handstopwatch worden gemeten.

Uitvoering

De expeditie werd begunstigd door goed weer. Maar desondanks moesten de dekluisen meestentijds gesloten blijven. De relatief korte afstanden tussen de meetpunten maakten de expeditie een inspannende zaak, daar soms drie tot vier maal daags gedoken moest worden tot een diepte van zo'n 30 - en soms 40 - meter.

Echoprofielering kon alleen in ondergedoken toestand worden ge-effectueerd, omdat boven water de ruis van tegen de duikboot brekende golven het signaal overstemde. Bovendien kwam de horizontale gerichtheid van het systeem de ontvangst van een signaal uit de diepte niet ten goede, ondanks pogingen de oriëntatie van de hydrofonen te verbeteren. In de praktijk kon een dieptemeting per mijl worden gerealiseerd met een foutmarge van 25 - 50 meter. Het systeem van echoprofielering had dus maar een beperkt horizontaal en vertikaal oplossend vermogen. Uit een aantal profielen bleek niettemin, dat het zeebodemreliëf veel onregelmatiger was dan voorzien.

Dat was dan ook de reden, waarom verschillende zwaartekrachtmetingen herhaald moesten worden om meer zekerheid omtrent hun geldigheid te krijgen. Ook werden herhaalde malen opvolgende zwaartekrachtmetingen uitgevoerd waarbij de duikboot van oost naar west en daarna in omgekeerde richting voer om de invloed van het Eötvös effect te analyseren en de vaarsnelheid te verifiëren. Die laatste werd geschat op zo'n vier knopen gedurende een meting van dertig minuten.

Vening Meinesz constateerde gedurende de expeditie, dat de nieuwe slingers minder stabiel waren dan hij zich had voorgesteld.

Gedurende de expeditie bleek uit plotselinge, onverklaarde seconde sprongen de regelmaat van een van de chronometers te wensen over te laten. Ook bleek uit een vergelijking voor en na de expeditie een graduele verandering in slingertijd, een onvermoede variabiliteit van een der slingers. Beide kwesties leidden tot nogal wat correctiewerk aan de ruwe meetgegevens. Tezamen met de altijd bestaande

onzekerheid van twee zeemijl in de precieze scheepspositie werd een marge voor de nauwkeurigheid van gemiddeld 5,6 mgal afgeleid. Maar tegen een achtergrond van anomalieën variërend van -72 tot +234 mgal was die marge nog best acceptabel.

De K XVIII expeditie (Den Helder 14/11/1934 - Soerabaja 11/07/1935)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 – 1939 Vol.III* (Delft 1941) 10 – 37 en aan *Gravity expeditions at sea 1923 – 1938 Vol.IV* (Delft 1948) 123 – 130.

Inleiding

De resultaten van de K XIII (1926/27) expeditie over de Atlantische en Stille Oceaan gebieden van het Noordelijk Halfrond leidden bij velen tot de overtuiging, dat de aarddoorsnede in het equatorvlak een cirkelvorm had. Maar niet ieder was daarvan overtuigd, om reden van het feit, dat de massa der continenten ongelijk over het aardoppervlak was verdeeld, met een opeenhoping op het Noordelijk Halfrond. Bij hen leefde de vraag of zo'n massa-exces daar niet gecompenseerd zou kunnen zijn door een massa-tekort in het Indische Oceaangebied op het Zuidelijk Halfrond, waardoor genoemde cirkelvorm toch zou kunnen zijn afgeplat?

Deze vraag was voor de Rijkscommissie reden de Minister van Defensie te benaderen voor de realisatie van een zwaartekrachtsexpeditie over de Atlantische en de Indische Oceaan op het Zuidelijk Halfrond, toen bekend werd, dat drie duikboten naar Indië zouden worden gezonden. Eind december 1932 kreeg zij daartoe de toezegging in beginsel, want ook op de Onderzeedienst moest toen bezuinigd worden. In de loop van 1934 kregen de plannen vastere vorm.¹

Doelstellingen

Van operationele zijde was - behalve versterking van de vloot in Nederlands-Indië en de training van bemanningen - een belangrijke reden voor de expeditie de mogelijkheid tot uitvoerige beproeving van een nieuw ontwerp duikboot, waarvan de dieselmotoren met een nieuw systeem van brandstofinspuiting waren uitgerust.

Toch vormde de insteek om tot beantwoording van bovenvermelde vraagstelling te komen de belangrijkste rechtvaardiging voor het door Vening Meinesz voorgestelde vaarplan, waarin uitbreiding van het netwerk van zwaartekrachtgegevens over het Zuidelijk Halfrond voorop stond om de vorm van de equatoriale aarddoorsnede te kunnen verifiëren. Maar dat plan zou hier en daar nog om logistieke redenen in de loop der tijd moeten worden aangepast.² Voorts ging de belangstelling uit naar de verwerving van profielen dwars op de kust om de overgang van continentale naar oceanische korst te kunnen analyseren en werd onderzoek naar de gravimetrische respons van enkele bijzondere structuren zoals de (recentelijk ontdekte) Romanche Trog en de Walvis Rug aan het programma toegevoegd. Het vaartraject stelde tenslotte Vening Meinesz in staat om de bodemprofielen, zoals jaren tevoren door de Duitse "Meteor"-expeditie in de Zuidatlantische Oceaan waren

¹ J.J.A.Muller, "Het werk van Prof. Dr. F.A.Vening Meinesz", in: A.W.P.Angenent (red), *Alles wel; geen bijzonders !! Gedenkboek ter herinnering aan de vermaarde wereldreis van Hr.Ms. Onderzeeboot K XVIII van 14 november 1934 tot 11 juli 1935* (Den Helder 1935) 137.

² NA; Arch. Marinestaf 1886 – 1942 2.12.18 inv 204.

verkregen, te completeren en om iets van het bodemprofiel van de Indische Oceaan te leren kennen. Afgezien van metingen ten behoeve van het zwaartekracht-onderzoek was ook voorzien in meting van de intensiteit van de kosmische straling.

Voorts werd werk gemaakt van vlagvertoon en representatie speciaal in die landen van Zuid-Amerika, waarvan eventuele orders ten behoeve van een daar voorgenomen vlootuitbreiding konden worden verwacht. Met het oog daarop hadden bedrijven geschenkboeken ingebracht en waren een aantal Nederlandse documentaire films aan boord. Waar in die mate in het buitenland de publiciteit werd gezocht zou het wel verklaarbaar zijn, dat de directie van Polygoon er voldoende mogelijkheden in zag om de marineautoriteiten toestemming te vragen deze expeditie op de film te doen laten vastleggen. Daartoe werd een der dekkofficieren zes weken voor de afvaart bij genoemd bedrijf gesecondeerd.

Route

Vaststelling van de definitieve vaarroute had nogal wat voeten in de aarde gehad. Uiteindelijk bleek dat met aanloophavens als Dakar (Goree), Pernambuco, Kaapstad, Mauritius en Fremantle een traject gevolgd te worden langs plaatsen, waar in de Gouden Eeuw door de Republiek "iets groots was verricht". Naderhand werden aan het traject Rio de Janeiro, Montevideo en Buenos Aires toegevoegd, zetels van regeringen, van wie mogelijk orders voor (oorlogs)materieel waren te verwachten. Van de Britse regering was inmiddels een verzoek ontvangen om post te bezorgen en poolshoogte te nemen terzake van de toestand op het geïsoleerd in de Zuidatlantische Oceaan gelegen eiland Tristan da Cunha. Toen de definitieve vertrekdatum van de K XVIII was vastgesteld, bleek het mogelijk de duikboot onderweg te doen functioneren als een vooruitgeschoven bak in zee voor de eerste transatlantische (kerstpost)vlucht van het KLM toestel "Snip" in december 1934.

Uiteindelijk bleek de expeditie volgens het volgende schema te zijn gerealiseerd:

Vertrekhaven	Datum	Datum	Aankomsthaven	Aantal meetpnt	Traject (mijl)
Den Helder	14/11/1934	24/11/1934	Funchal	21	1688
Funchal	05/12/1934	12/12/1934	St.Vincent	18	1242
St.Vincent	16/12/1934	28/12/1934	Dakar	23	2004
Dakar	05/01/1935	17/01/1935	Pernambuco	32	2135
Pernambuco	24/01/1935	31/01/1935	RioJaneiro	12	1260
RioJaneiro	12/02/1935	18/02/1935	Montevideo	12	1175
Montevideo	22/02/1935	23/02/1935	Buenos Aires	1	137
BuenosAires	02/03/1935	03/03/1935	MardelPlata	1	304
MardelPlata	07/03/1935	02/04/1935	Kaapstad	52	4656
Kaapstad	29/04/1935	04/05/1935	Durban	17	1189
Durban	13/05/1935	22/05/1935	Mauritius	14	1615
Mauritius	31/05/1935	20/06/1935	Fremantle	21	3429
Fremantle	02/07/1935	11/07/1935	Soerabaja	15	1733
TOTAAL				239	22567

Nadat ten behoeve van haar functioneren als radiobaken voor de "Snip" al eerder het traject St.Vincent naar Dakar was gewijzigd, werd op verzoek van Vening Meinesz na het overvliegen van de "Snip" een verder wijziging goedgekeurd, die het

hem mogelijk maakte zwaartekrachtmetingen te doen in het gebied van de toen recentelijk ontdekte Romanche Trog.

Hoewel het lijkt, dat per honderd mijl een zwaartekrachtmeting kon worden gedaan, fluctueerde in feite de gemiddelde dichtheid per tussentraject van een meting per zeventig tot een meting per honderdzestig mijl. De laatstgenoemde, geringste dichtheid werd behaald op het traject van Mauritius naar Fremantle, toen de duikboot niet alleen met slecht weer, maar ook met motorische problemen had te kampen.³

Personeel en uitrusting

Ltz1 D.C.M.Hetterschij (1891 - 1948) voerde het commando over de organieke bezetting van 34 koppen, waaraan Vening Meinesz boven de sterkte was toegevoegd. Van hen hadden Ltz2 C. ter Poorten (belast met de navigatie), Sgt-Maj. Torpedomaker G.A. van Westerop (belast met instrument-onderhoud) en Sgt. Seiner C.Verstraten met Korp. Seiner A.Bauw (belast met de ontvangst der draadloze tijdseinen en de uitvoering van de echo-lodingen) naast de commandant het meeste met de zwaartekrachtmetingen van doen. De oudste officier Ltz2 M.S.Wytema maakte gedurende de reis de filmopnamen, waarbij hij ook Vening Meinesz met zijn slinger toestel in beeld bracht. Zowel Wytema als ook OMSD2 C.van der Linden hadden met Vening Meinesz in 1926/27 de roemruchte K XIII expeditie meegemaakt. Daar zal niet vreemd aan zijn geweest, dat de commandant van die expeditie – L.G.L van der Kun – nauw bij de plannen voor de K XVIII expeditie was betrokken.

Met een lengte van 75 meter, een breedte van 6,5 meter en een holte van 5,8 meter had duikboot een waterverplaatsing (ondergedoken) van 1045 ton. Haar maximum snelheid boven water was achttien knopen, onderwater negen; haar actieradius bedroeg ruim tienduizend mijl. Afbouw van de duikboot, die onder toezicht van Hetterschij had plaatsgevonden, was vertraagd door problemen met de aflevering van geschut en brand in de werf van Wilton-Feyenoord in 1933.

Volgens *Het Vaderland* van 12 november 1934 waren voor de expeditie “de dekbuizen niet met torpedo’s, maar met aardappelen en uien volgestouwd....Voor den professor was een buitenmodel kooi gemaakt....Teneinde meer brandstof te kunnen innemen is de achterste watertank met olie gevuld...Tropenkleding vooruitgestuurd naar Dakar, “donkergoed” naar Montevideo, “witte pakken” naar Kaapstad”. Want veel ruimte voor persoonlijke uitrusting was er niet voor de bemanning van 35 koppen, die tezamen nauwelijks tweehonderd vierkante meter leef- en werkruimte hadden.⁴

Speciaal voor de opname van het bodemprofiel was de K XVIII uitgerust met een Atlas echolodinstoestel van een type, dat eerder tijdens de “Snellius”-expeditie was gebruikt en nu op expliciet verzoek van Vening Meinesz was getest.⁵

Behalve zijn slingerapparaat had Vening Meinesz op deze expeditie drie chronometers, waarvan er een geleend was van de Franse marine. Voorts het “toestel van Boullite ten behoeve van de tijdseinvergelijking, dat zeer nauwkeurige uitkomsten biedt, maar door de grote gevoeligheid wel eens moeilijkheden

³ H.Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 65.

⁴ M.S.Wytema, "Klaar voor onderwater!" *Met Hr.Ms. K XVIII langs een omweg naar Soerabaja* (Amsterdam 1936) 32.

⁵ NA; Arch. *Marinestaf 1886 – 1942* 2.12.18 inv 204.

opleverde".⁶ Een draagbare Holweck - Lejay gravimeter voor meting van de zwaartekracht te land was hem door de Bataafsche Petroleum Maatschappij geleend. Tenslotte was in de commandotoren een "donker hoekje" ingeruimd om de fotoregistraties van het slingertoestel te kunnen ontwikkelen.⁷

Professor Clay's (1882 - 1955) "Kollhörster electrometer" met zelfregistrerende meting van de intensiteit van de kosmische straling was - zonder ooit onder die omstandigheden beproefd te zijn - in de hekbuis kamer opgesteld, waar de torpedomaker er een wakend oog over hield.⁸

Uitvoering

Dat de K XVIII de expeditie ongehavend voltooide, betekende nog niet, dat het gehele traject ook zonder kleinere of grotere storingen werd afgelegd. Zelfs raakten op een dag meerdere machine-componenten in het ongereede. Maar het technisch personeel bleek altijd weer in staat om ze tijdig te herstellen. Een gebroken kabeltje in de radiozend - ontvanger zorgde enige dagen voor grote onrust aan het thuisfront: voor hen gold niet "geen nieuws is goed nieuws"! Ziekenhuisopname van een enkel bemanningslid leidde tot enige vertraging in het vaarschema, maar bleef zonder verdere gevolgen.

Het Atlas echolood onderscheidde zich van het eerder tot dieptemeter aangepaste "Fessenden Sonic Signalling" toestel door het uitzenden van schelle (hoogfrequente) fluittonen: met de daarmee bereikte resolutie van 25 meter was het apparaat dan ook heel wat beter. Anderzijds had de bemanning er wel "een extra kopzorg bij....", schreef *Het Vaderland* op 6 december 1934. Waar een ruw zeebodemreliëf werd vermoed, werd de gebruiksfrequentie van het Atlas echolood tot meer dan eenmaal per twee uur opgevoerd.

Scheepstrillingen en de hoge omgevende vochtigheid werden als oorzaak genoemd, waarom - ondanks de inspanningen van de torpedomaker - Clay's intensiteitsmeting van de kosmische straling zonder resultaat bleef. Het toestel werd daarom in Rio de Janeiro uitgebouwd.⁹

Onder goede weersomstandigheden kon soms per etmaal wel driemaal gedoken worden. Maar er waren ook dagen, dat het zo stormde, dat geen enkele meting kon worden gedaan. En hoewel met de overtocht over de Indische Oceaan de marine haar "horizon" had vergroot, bleken naderhand gedetailleerde meteorologische rapporten van de expeditie onvindbaar.¹⁰

Compressorproblemen bij de dieselmotoren zouden tegen het einde van de reis beperkingen aan de duikfrequentie opleggen.

Op zee werd op een duikdiepte van bijna dertig meter bij een snelheid van vier knopen de zwaartekrachtmeting uitgevoerd, die dan bijna een kwartier in beslag nam. Eenmaal werd een vergelijking tussen twee opvolgende zwaartekrachtmetingen

⁶ Muller, "Het werk van Prof. Dr. F.A.Vening Meinesz", 137.

⁷ A.W.P.Angenent (red), *Alles wel; geen bijzonders !! Gedenkboek ter herinnering aan de vermaarde wereldreis van Hr.Ms. Onderzeeboot K XVIII van 14 november 1934 tot 11 juli 1935* (Den Helder 1935) 26.

⁸ H.Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 64.

⁹ Ibidem, 64.

¹⁰ NA; Arch. Marinestaf 1886 - 1942 2.12.18 inv 204.

gedaan, waarvan de uitkomsten evenwel zo identiek bleken, dat aan de juiste werking van het slingertoestel toen niet behoefde te worden getwijfeld. In Kaapstad werd het slingertoestel uitgebouwd om vergelijking met voorhanden metingen op het plaatselijk Observatorium mogelijk te maken. IJking van het slingertoestel na afloop van de expeditie in Bandoeng wees uit, dat de slingers iets gesleten waren. Op basis van de door Ter Poorten verschaftte gegevens werd de positionele marge op een zeemijl geschat en de hoogte van het Eötvös effect bepaald.

Met de toen vrij nieuwe Holweck - Lejay gravimeter kon Vening Meinesz met succes enkele op zee opgenomen zwaartekrachtsprofielen landinwaarts continueren. Dat daarbij officieel protocol en wetenschap soms naadloos in elkaar overgingen bleek tijdens een excursie op Madeira. Tijdens de onderbreking van een autorij met de lokale Gouverneur "vond [Vening Meinesz] een goed gefundeerde vloer... stelde zijn minuskuul kleine apparaatje op enzagen wij hem het gehele volgende uur, in zijn jacket, af en toe op de knieën liggende, over het toestel gebogen".¹¹

In de verschillende aanloophavens van Zuid Amerika hadden de autoriteiten een lokaal ingevoerde liaison officier en officiële ontvangsten voor officieren van de K XVIII geregeld. Hun marineofficieren werden met duikdemonstraties verrast. Verder werden aan daartoe in aanmerking komende personen fotoalbums betreffende Nederland in het algemeen en scheepswerven in het bijzonder aangeboden.¹² Voor de Nederlandse kolonie, die zich zeer inspande om de bemanning een zorgeloos oponthoud te bieden, werden door Wytéma met groot enthousiasme en succes films over Rotterdam, de Zuiderzeewerken of Indië vertoond.¹³

Vening Meinesz gaf in verschillende plaatsen lezingen over zijn werk en dat van de Internationale Geodetische Associatie, waarvan hij sinds 1933 voorzitter was. In de Latijnsamerikaanse verslaggeving over het duikbootbezoek viel de nadruk eerder op "wetenschap" dan "techniek", omdat journalisten ter plaatse de helder Frans sprekende Vening Meinesz beter verstonden en begrepen dan de Engels sprekende Hetterschij, die dat dan ook niet erg prettig vond. In anglofiel Zuid Afrika viel de nadruk meer op het "sportieve" en "avontuurlijke" element van de vaartocht en vond Hetterschij voor zijn verhaal een willig gehoor. Evenzo reageerde men in Australië, waar de burgemeester van Fremantle bovendien wees op de rol van de V.O.C. in de ontdekking van Australië en van Fremantle's Swan River in het bijzonder.¹⁴

Persoonlijke Indrukken

Voor commandant Hetterschij en oudste officier Wytéma stonden vlagvertoon en representatie gedurende de expeditie voorop. Daarom wensten zij de K XVIII in tiptop conditie te houden. Daartoe bleek ook Vening Meinesz best wel bereid, getuige enige foto's, waarop hij met een verfkwast in de hand werd vereeuwigd.¹⁵ Maar niettemin was voor hem het risico op schade, dat duiken in "zwaarder weer" met zich mee bracht, ondergeschikt aan zijn streven om het maximale voor de wetenschap uit

¹¹ Wytéma, "Klaar voor onderwater!", 53.

¹² Ibidem 122.

¹³ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 39.

¹⁴ Ibidem, 213 e.v.

¹⁵ Ibidem, foto t/o 81.

de expeditie te halen. Verschillen in inzicht dienaangaande leidden tot wat spanning in de leiding, maar die hield dat wel "onder de pet".¹⁶

Voor Ter Poorten was Vening Meinesz "...een typische well-to-do vrijgezel, wat zelfzuchtig, maar wanneer je hem dat ronduit zei, was er geen vuiltje aan de lucht".¹⁷

Voor Maj.- machinist W.Reitsma was Vening Meinesz "...een graag geziene figuur aan boord...Dezen grooten man, die voor ons allen een vriendelijk woord heeft en voor ons een vraagbaak is in dingen, die wij nog niet konden omvatten en begrijpen betreffende zijn wetenschappelijk werk, was geen moeite teveel om aan ons leken dit duidelijk te maken".¹⁸

Wetenschappelijke resultaten

De uiteindelijke berekeningen van de ruwe zwaartekrachtsgegevens werden in het K.N.M.I. in De Bilt volgens het door Vening Meinesz in 1929 vastgestelde protocol uitgevoerd door daarvoor geautoriseerde rekenaars. Daarvoor werkten zij ook nieuwe tabellen uit voor de reductie der resultaten volgens een nieuw model van Vening Meinesz voor regionale isostatische compensatie, geldig voor verschillende uitgestrektheden der regionale verdeling en voor verschillende diktes der aardkorst.¹⁹

De zwaartekracht over de oceanen bleek systematisch een licht exces te vertonen, iets groter dan op de continenten, waarnaartoe een scherpe overgang op de continentrand optrad. Deze evenwichtsafwijkingen in de opbouw van de aardkorst bleken niet overeen te stemmen met de hypothese van een afplatting van de aarde in het equatorvlak, doch eerder met de verdeling van oceanen en continenten over het aardoppervlak.

Het langs de Westkust van Europa en van Afrika verkregen zwaartekracht-profiel suggereerde, dat de korstplooingen van het Iberisch schiereiland en van Marokko (het Atlas Gebergte) niet in de oceaan doorliepen. Deze bevinding leek de veronderstelling van een vroegere continuïteit der continenten als verklaring voor de overeenkomsten van flora, fauna en geologie aan weerszijden van de Atlantische Oceaan te weerleggen, terwijl de klaarblijkelijke stijfheid van een scherp geprofileerde oceaanbodem evenmin ruimte liet voor een model van continentverschuiving, zoals door Wegener voorgesteld.

De Romanche Trog, die met haar grote diepte en haar aardbevingscentra een evenbeeld van de Pacifische diepteetroggen leek te zijn, bleek - voorzover de te schaarse meetpunten die conclusie toelieten - isostatisch gecompenseerd en niet met een grote korstplooiing vergelijkbaar.²⁰ De trog gaf - ondanks wel heel steile wanden - de indruk vergelijkbaar te zijn met een vulkanische caldera zoals het Toba Meer in Sumatra. De aardbevingen leken hier zowel als elders in de oceaan meer het gevolg van verschuivingen langs breukvlakken, die tot uitdrukking kwamen in een groot aantal rechthoekige ruggen van vulkanische oorsprong. Daarbij moet wel worden opgemerkt, dat het reliëf van grote delen van de Atlantische Oceaan door gebrek aan

¹⁶ Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit", 65.

¹⁷ Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen", 61.

¹⁸ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 172.

¹⁹ *RCG 1937*, 8.

²⁰ F.A.Vening Meinesz, "De voorlopige resultaten van het zwaartekrachtsonderzoek tijdens de reis van Hr.Ms. K XVIII", in: *KNAW XXXVIII* (Amsterdam 1935) 108 – 109.

gegevens nog niet erg betrouwbaar in kaart was gebracht. Door ververwijderde punten met elkaar te verbinden kon al snel een gewenst patroon worden gesuggereerd.

De enkele zwaartekrachtsprofielen over de Midatlantische Rug suggereerden, dat deze regionale verheffing lokaal gecompenseerd zou kunnen zijn en mogelijk een met de continentale vergelijkbare korst zou hebben. Op de regionale topografische trend was regionaal gecompenseerd vulkanisch reliëf gesuperponeerd.

Een in zuidoostelijke richting, van continent naar oceaan over 500 kilometer lengte, dwars over Rio de Janeiro naar een onderzees plateau ingemeten zwaartekrachtsprofiel, vertoonde in topografische en gravimetrische expressie een grote overeenkomst met een zuidoostwaarts lopend profiel vanaf de Noordamerikaanse Oostkust, de continentale randzone bij Virginia. Waar laatstgenoemd gebied als verzonken sedimentair bekken werd beschouwd, vermoedde Vening Meinesz – naar later zou blijken terecht - eenzelfde origine voor genoemd onderzees plateaugebied bij Rio de Janeiro. Met de mogelijk hiermee corresponderende, zich vanaf de Afrikaanse kust in zuidwestelijke richting voortzettende Walvis Rug, leek het zwaartekrachtsprofiel te wijzen op verzonken elementen van een “landbrug”, die ooit Afrika met Zuid Amerika zou hebben verbonden.

Het door Vening Meinesz vanuit de Indische Oceaan tot zo'n 230 km ten oosten door Fremantle ingemeten profiel suggereerde, dat hier een vlakke zeebodem vanuit een diepte van vijfduizend meter via een nauwe kustzone een honderdtal meters oprees naar een laag continentaal plateau, de Darling Range. Maar in vergelijking tot dat ongecompliceerde reliëf bleken de zwaartekrachtsanomalieën verrassend groot. Evenzo als langs de Sumatraanse kust vermoedde Vening Meinesz dan ook de aanwezigheid in dit gebied van langs het aardoppervlak, in een richting dwars op het profiel verschoven breukblokken.

Reacties van het Thuisfront

Anders dan bij eerdere expedities het geval was, had nu de Regeringspersdienst daags tevoren het komend vertrek van de K XVIII expeditie doen aankondigen. En de marineautoriteiten bleken er geen bezwaar tegen te hebben, dat enkele bemanningsleden door dagbladen als “reisbrievenschrijver” waren aangetrokken.²¹

Vanwege het late vertrek van de K XVIII en de daarmee samenhangende verdere vertraging als gevolg van haar aanwijzing tot (radio)baken tijdens de Kerstpostvlucht van de “Snip”, had men voorzien, dat mogelijk het Sinterklaasfeest en zeker het Kerstfeest - tegen de gewoonte van de Koninklijke Marine in - op zee zouden moeten worden doorgebracht. In anticipatie daarop had de Onderzeedienst onder het mom van “studieboeken voor de Professor” al wel enige geschenkpakketjes aan boord gebracht, door familieleden van de bemanning en enkele bedrijven samengesteld.²²

Maar veel verder ging op dat moment het initiatief van de autoriteiten om deze lange, recordbrekende reis vanaf van vertrek in de publieke belangstelling te houden

²¹ Wytéma, *"Klaar voor onderwater!"*, 39.

²² Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 44; 53.

niet. Die taak werd op zich genomen door het ad hoc georganiseerde Comité “Onze Marine”. Zij werd daartoe aangezet door het bijna onverklaarbare enthousiasme voor de prestaties van de “Uiver”. Dit KLM toestel was enige weken tevoren als tweede geëindigd in de Londen - Melbourne vliegace en winnaar van de handicap categorie geworden. Landelijk werd dat enthousiasme ondermeer uitgedragen door Uiver - speldjes, Uiver - sigaren, Uiver - liederen, Uiver - souvenir - borden.²³ In een persbericht op 22 November stelde het Comité zich voor als schakel tussen “het Nederlandse Volk en de opvarenden van de K XVIII” te fungeren onder het motto: “Toont met de daad Uw belangstelling”.²⁴

Het resultaat van deze oproep was in natura en in harde munt verrassend groot, zodat in de loop van de expeditie vier colli met verrassingspakketten voor de bemanning naar evenzovele aanloophavens konden worden verzonden.

Omdat de civiele boordradio van de K XVIII het in eerdere aanloophavens nogal had laten afweten, arrangeerde PHilips Omroep in Hllversum - Phohi - met medewerking van KRO en Wereldomroep in de loop van 1935 zelfs een kortegolf radiuitzending naar Mauritius. Die uitzending maakte het mogelijk voor de bemanning van de K XVIII, die ten huize van de Philips vertegenwoordiger bijeen was, naar de stemmen van hun in Nederland achtergebleven familieleden, die ze al bijna een half jaar niet hadden gehoord, te luisteren.²⁵

Bij aankomst in Soerabaja werd de K XVIII - begeleid door vliegtuigen - verwelkomd door een haag van schepen. Van Koningin Wilhelmina werd een geluks-telegram ontvangen. Minister van Defensie Deckers richtte zich kort daarop met een direct door de radio uitgezonden dankwoord vanuit Nederland tot de bemanning. Daarbij kregen enkele officieren en bemanningsleden van hem te horen, dat hen met hun rang corresponderende koninklijke onderscheidingen waren verleend. Alle bemanningsleden kregen de Draagpenning van de Rijkscommissie voor Graadmeting 1935 uitgereikt. Voorts werd er ook een officiële gedenkpenning geslagen.

Het Comité “Onze Marine” had voor de kazernes van de Onderzeedienst in Den Helder en Soerabaja gedenkramen doen ontwerpen en uitvoeren, die de herinnering aan de expeditie van de K XVIII levend moesten houden. Ook werd door het Comité het gedenkboek “*Alles wel, geen bijzonders!!*” (Den Helder 1935) met bijdragen van de bemanning van de K XVIII samengesteld, waarin zij verantwoording van haar activiteiten aflegde. Voorzover dat nodig was. Want het thuisfront was door de K XVIII expeditie als in een roes geraakt blijkens de rage van herdenkings-speldjes, -borden en -vaantjes, die was losgebroken, en de vele bedrijven, die trachtten met reclames, verwijzend naar de succesvol afgelopen expeditie, hun voordeel te doen.²⁶

Het was dan ook geen verrassing, dat tijdens de jaarvergadering van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap in november 1935 schout-bij-nacht T.L.Kruys kon vaststellen “dat [Vening Meinesz] onderzoeken aan de Marine de gelegenheid had geschonken het Nederlandsche Volk te toonen, dat zij nog tot grote dingen in staat is, waardoor de zwarte bladzijde uit haar bestaan was omgeslagen”.²⁷

²³ G.Mak, *De eeuw van mijn vader* (Amsterdam 2003) 173.

²⁴ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 46 e.v.

²⁵ Ibidem, 142 – 159.

²⁶ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, foto t/o 177.

²⁷ (Anon), in: *TAG 2 53* (1936)136 e.v.

Beeldvorming

Op initiatief van Hetterschij had Wytéma ruim voor vertrek contact opgenomen met de Polygoon Filmfabriek voor het maken van een film over de K XVIII expeditie. Directeur B.D.Ochse had zich daartoe bereid verklaard en had vervolgens ook de daarvoor benodigde medewerking van de marineautoriteiten verkregen.²⁸

Onmiddellijk na afloop van de expeditie keerde Wytéma per vliegtuig naar Nederland terug om te assisteren bij de samenstelling van de film "*20 000 mijlen Over Zee*", de eerste, door Polygoon geproduceerde (bedrijfs)documentaire film met geluid. Bij de ingesproken tekst vormde de door Peter van Anrooij (1879 - 1954) in 1911 gecomponeerde en door Max Tak voor de film gearrangeerde "Piet Hein Rapsodie" de achtergrondmuziek.

Gedragen door de publieke bijval voor de K XVIII expeditie slaagde Ochse er in een Erecomité ter begeleiding van de publieke filmvertoning samen te stellen, waarvan regeringsleider Colijn voorzitter werd. Dat zal er wel in niet geringe mate toe hebben bijgedragen, dat Koningin Wilhelmina persoonlijk bij de première van de film eind januari 1936 in Den Haag aanwezig wilde zijn.

In een tijd van sociaal-economische malaise bleek het publiek ontvankelijk voor het avontuur en de spanning, die de film verschaftte. Die was dan ook een groot succes zowel binnen als buiten de landgrenzen.

Dat succes bevorderde de verkoop van Wytéma en Van der Linde's - met instemming van het departement van Defensie uitgegeven - reisbeschrijving "*Klaar voor Onderwater!*" (Amsterdam 1936) zo, dat de verkoopcijfers die van Huizinga's *In de Schaduwen van Morgen* voorbij streefden.²⁹ Succesvol als filmer en auteur keerde Wytéma een loopbaan als marineofficier de rug toe en vervolgde zijn carrière in 1936 in de civiele scheepvaartsector.

Van het filmscript verscheen in 1938 een Duitse bewerking in boekvorm, opgedragen aan Koningin Wilhelmina (!). De bewerker, de Oostenrijkse (!) Ktz Hans Sokol, weidde - anders dan Wytéma – verder uit over de Japanse dreiging in het Verre Oosten, maar negeerde Vening Meinesz' onderzoek.

²⁸ Angenent, *Alles wel; geen bijzonders !!*, 105.

²⁹ Hazelhoff Roelfzema, "Vlagvertoon en publiciteit", 70.

De “Barracuda”- expeditie (Panama 30/11/1936 – Philadelphia 14/01/1937)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan W.M.Ewing e. a., "Gravity observations at sea in US submarines Barracuda, Fisk, Conger, Argonaut and Madregal", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A.Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de *Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap* (Den Haag 1957) 57 - 62.

Doelstellingen

Onder auspiciën van het “Committee on the Geophysical and Geological Study of Ocean Basins” organiseerde Dr.R.M.Field deze United States Navy - American Geophysical Union Expedition als zwaartekrachtsexpeditie in de Caribische Zee om de structuur-geologische (tectonofysische) overeenkomst tussen het gebied rond de Kleine Antillen en de ABC eilanden met de door Vening Meinesz onderzochte Oostindische Archipel te onderzoeken.

Sponsors van deze expeditie waren de U.S.Navy, de USC&GS, de GSA, de American Philosophical Society en Woods Hole Oceanographic Institution. Laatstgenoemde instelling was een in 1930 met een subsidie van de Rockefeller Foundation opgerichte onafhankelijke non-profit organisatie voor diepzeeonderzoek, gevestigd aan de Amerikaanse Oostkust en met contacten met de aldaar gevestigde universiteiten, waaronder Harvard en Princeton.

Uitvoering en resultaten

USS "Barracuda" stond onder commando van Ltz W.A.Gorry. Vanuit Panama naar Philadelphia - haar thuishaven - legde de “Barracuda” bijna 4200 mijl af in het onderzoeksgebied en verzamelde de bemanning informatie op 59, ongelijk over het gebied verdeelde, meetpunten. Voor het begin en na afloop van de expeditie werd het slingertoestel in Washington door de USC&GS geijkt, laatstelijk eind januari 1937.

Van de wetenschappelijke staf onder de leiding van R.M. Field, was Harry H.Hess - die in 1932 met Vening Meinesz op de S 48 had gevaren - de expert op geologisch gebied. R.J.Hoskinson (USC&GS) was belast met de zwaartekrachtmetingen onder toezicht van de electro-technicus W. Maurice Ewing (1906 - 1974), die met de door American Bell Telephone Laboratories beschikbaar gestelde “crystal chronometer” en enige zelf aangebrachte verbeteringen het tijdmeet-mechanisme van het naar Vening Meinesz¹ ontwerp gekopieërde slingertoestel zeer had verbeterd. Verder maakte de Britse fysicus Edward C.Bullard (1907 - 1980), die onder Harold Jeffreys aan de Universiteit van Cambridge (GB) werkzaam was, deel van die staf uit.¹ Hoewel Ewing al in 1937 de voorlopige geofysische resultaten van dit onderzoek publiceerde, duurde het nog twintig jaar, voordat hij zijn bevindingen volledig had uitgewerkt. Toch was aan Hess en Field al snel gebleken, dat de zwaartekracht

¹ Naomi Oreskes, *The rejection of Continental Drift* (New York 1999).264.

verdeling in het gebied van de Westindische eilandboog in tectonofysisch opzicht een evenbeeld was van die in Oost-Indië.²

Besluit

Door het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog werd de specifieke kennis van de leden van de staf op andere gebieden van marien-fysisch onderzoek aangewend.

Ewing zou met zijn kennis van en ervaring met de voortplanting van geluidsgolven in zee de ontdekker worden van de strategisch belangrijk gebleken SOFAR (Sound Fixing And Ranging) waterlaag, waarin ten gevolge van de fysische omstandigheden geluidsgolven door herhaalde (interne) reflectie gevangen blijven, zodat geluiden nog op grote afstand kunnen worden gehoord. Niet alleen door walvissen, maar ook door duikboten. Na de oorlog speelde Ewing als wetenschappelijk leider van het Lamont - Docherty Laboratorium van de Columbia Universiteit een vooraanstaande rol in de ontwikkeling van de oceanografie in de breedste zin.

Hess, die al in 1935 was toegetreten tot de US Naval Reserve, bracht het in die oorlog tot de rang van luitenant ter zee eerste klas en bevoer de gehele Stille Oceaan. Aan boord hadden de profielen van het continue registrerende echolood - gedurende het Interbellum ontwikkeld uit het Asdic toestel - zijn grote belangstelling. Op basis van de hieruit verkregen informatie ontwikkelde hij na de oorlog gedurende zijn professoraat aan de Universiteit van Princeton een theorie omtrent de systematiek van het verschijnsel der guyots - onderzeese, geïsoleerd voorkomende "tafel"bergen. Daarop voortbouwend en verrijkt met nieuwe inzichten over het reliëf, de interne configuratie en de zwaartekrachtsverdeling van het oceaانبodemgesteente zou hij aan het begin van de zestiger jaren tot de theorie der "seafloor spreading" komen.

Bullard werd aan het begin van de Tweede Wereldoorlog in Groot-Brittannië belast met de ontwikkeling van demagnetisatie-uitrustingen voor schepen ter beveiliging tegen magnetische mijnen. Na de oorlog hernam hij zijn (marien)-geofysisch onderzoek aldaar en vervolgens in de Verenigde Staten en werd in 1964 tenslotte aangesteld om het Geodetisch en Geofysisch Onderzoek in Cambridge (GB) te leiden. Toen publiceerde hij met zijn medewerkers de "Bullard Fit", een computer gestuurde reconstructie, die aantoonde, dat de huidige vorm de continenten met hun randzee-gebieden door rotatie en ontmanteling van de tussentijds gevormde oceaankorst op een pre-continentale drift constellatie van een haast naadloos aangesloten supercontinent kon worden teruggevoerd.

"Seafloor spreading" en "Bullard Fit" zouden belangrijke ingrediënten voor de ontwikkeling van de hypothese van de platentectoniek vormen. Tegen het licht van die latere ontwikkelingen in het geofysisch (diepzee)onderzoek was de "Barracuda"-expeditie en de ontmoeting van haar wetenschappelijke staf met Vening Meinesz - die in 1928 het civieltechnische begrip "plaat" zou hebben geïntroduceerd - na afloop een zeer opmerkelijke!³

² R.M.Field, "Felix Alexander Vening Meinesz; exponent of international cooperation through geoscience", in: (P.Honig and F.Verdoorn, red.) *Science and scientists in the Netherlands Indies* (New York City 1945) 102.

³ Oreskes, *Rejection*, 241.

De O 16 (Den Helder 11/01/1937 - Lissabon 16/03/1937)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A.Vening Meinesz, "The gravity expedition of Hr.Ms. Submarine O 16 in the North Atlantic. January 11 – March 16 1937", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 382 – 389 en aan F.A. Vening Meinesz, "Een stormreis met Hr.Ms. "O – 16" naar Washington in 1937", in: *Veertig jaar Onderzeedienst 1906 – 1946* (Amsterdam 1947) 51 – 69.

Doelstellingen

Bij de bouw van duikboot O 16 werden voor het eerst op grote schaal lasconstructies in plaats van klinkverbindingen benut, terwijl ook andere noviteiten op het gebied van de scheepsbouw werden toegepast.¹ Na de in dienststelling eind oktober 1936 was het voor de Marine daarom van groot belang om de duikboot onder extreme omstandigheden in een stevige "shake down cruise" grondig op de proef te stellen. Eind november 1936 werd het verzoek van de Rijkscommissie om op deze tocht in het nog onverkende Noordatlantische Oceaangebied zwaartekrachtmetingen te mogen doen door H.Colijn, als Minister van Defensie, gehonoreerd. Zodoende kon de toen al bijna vijftigjarige Vening Meinesz deze "cruise" mee maken, die hem in de gelegenheid stelde om de tectono-fysische configuratie van aardkorst en substraat nader te analyseren en voorts het meetpuntennetwerk rondom de Azoren te verdichten om de aard van dit deel van het Midatlantische Rugggebied beter te kunnen bestuderen. Dat gebied werd wel beschouwd als een relict continentale korst, maar de relatie tot de continenten aan weerszijden was onzeker. De door Vening Meinesz in het *Amersfoorts Dagblad* van 26 november 1936 uitgesproken verwachting was, dat de Rug de gedaante van een opgeplooid gebergte zou hebben met mogelijk een (klein?) zwaartekrachtoverschot. Meer specifiek, zou een dichter net van meetpunten de tectonofysische configuratie en hun eventuele correlatie met plooingsgebergten van het Iberisch Schiereiland kunnen ophelderen.

Route

Den Helder	11/01	- 20/01 Horta	17 metingen
Horta	25/01	- 05/02 Bermuda	24 „
Bermuda	10/02	- 15/02 Washington	8 „
Washington	24/02	- 07/03 P.Delgada	28 „
P.Delgada	08/03	- 12/03 Lissabon	11 „
		Totaal	88 „

Ook in de aanloophavens werden enkele metingen gedaan. Voor de terugreis van Washington werd een noordelijker route gekozen op verzoek van Vening Meinesz,

¹ C.J.W.van Waning, "Chronologisch overzicht 1916 - 1940", in: Idem et al (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906– 1966* (Den Haag z.j.) 238.

wiens “onweerstaanbare gave van de volmaakte gentleman bedelaar.....[ook] nog een extra rondje rond de Azoren ”afdwong” volgens de commandant.²

Vanwege door de O 16 ontvangen instructies ter zake van convoyering in de Straat van Gibraltar met het oog op de daar ontstane spanningen ten gevolge van de Spaanse Burgeroorlog, scheidde de wegen van O 16 en Vening Meinesz zich in Lissabon.

Personeel en uitrusting

Ltz1 C.J.W. van Waning voerde het commando over de bemanning van 35 koppen, onder wie Ltz2 H.A.W.Goossens voor de plaatsbepalingen, Sgt-Maj. C.van Schieveen voor het instrumenteel onderhoud en Sgt Zweistra en Korp. Major voor de echo-profilering en de tijdseinregistratie van bijzondere betekenis voor Vening Meinesz bleken.

Duikboot O 16 had een (onder)waterverplaatsing van 1194 ton en een actieradius van tienduizend mijl bij twaalf knopen boven water, van 26 mijl bij krap negen knopen onderwater en een maximale duikdiepte van tachtig meter. Ook al was de expeditie (gedeeltelijk) gewijd aan zwaartekrachtsonderzoek, op de standaard uitmonstering voor een operationele inzet van bemanning, materieel en bewapening was niet beknibbeld. Dit bleek ondermeer aan het einde van de expeditie uit de onmiddellijke inzet van de O 16 vanuit Lissabon om de vaarroutes in de Straat van Gibraltar te beveiligen tegen acties van de in Spanje elkaar bestrijdende partijen.

Gedurende zijn carrière op zee had Vening Meinesz “geleidelijk de boten groter en beter verzorgd zien worden”. Toch bleven mangaten van een duikboot te klein om koffers en dozen met instrumenten door te laten; ook binnenboord was veel te weinig ruimte om daarvan iets te stouwen. Men moest dus nog steeds op de wal uitpakken voor en inpakken na het verlaten van de duikboot.

Voor zwaartekrachtsonderzoek had Vening Meinesz - behalve over zijn slingertoestel - ditmaal de beschikking over een drietal chronometers, waaronder een geleend van de Leides universiteit, een “Boullitte” registratietoestel ten behoeve van tijdseinvergelijking en een “Fessenden Sonic Signalling” instrument, aangepast voor gebruik als dieptemeter, waarbij het tijdsverloop tussen uitgaand en door de zeebodem gereflecteerd signaal handmatig met een stopwatch moest worden gemeten.

Uitvoering

Gedurende de ruim vier weken durende heenreis hield stormweer onverflauwd aan, waarbij enkele dagen een (tegen)windkracht elf werd gemeten. Daardoor halveerde de snelheid en verdubbelde het brandstofverbruik van de duikboot zo, dat extra brandstof in de Bermuda's moest worden ingenomen. Ook op de terugreis stormde het hevig, maar toen resulteerde de rugwind in een kortere duur van de overvaart. Het hechte teamverband aan boord bleek ondermeer uit de inzet van gezonde bemanningsleden op plaatsen van door zeeziekte gevelden. De constructie van de kooien bleek evenwel nog zo, dat bij hevig rollen ook Vening Meinesz “eenmaal

² Van Waning, "Chronologisch overzicht 1916 – 1940", 257.

onzacht op den vloer” terecht kwam. Het materieel doorstond overigens de vuurproef grotendeels intact.

De commandant bleek het bij duikmanoeuvres in zware zeegang vereiste, grote zeemanschap te bezitten; dan immers was de stabiliteit van de duikboot minimaal. Meten van de zwaartekracht was - ook op zestig meter diepte - bij het hevig rollen van de duikboot een moeizaam karwei. Verwerking van de gegevens al na een week van stormen uitputtend. Papieren, vulpennen “kwamen [nu weleens] op de vloer terecht en gewoonlijk in de olieachtigheid, die van stuurboord naar bakboord heen en weer gutste Enkele dagen ging de boot [zelfs] zo te keer, dat wijop den grond leefden; het had geen zin te trachten op stoeltjes te blijven zitten, waarmede men onophoudelijk onderste boven ging. Nu kon men tenminste probeeren zich met de beenen dwarsscheeps vast te houden.....Een dergelijke reis is zeker niet gunstig voor kleeren en roerende eigendommen.....Slechts gedurende enkele dagen van allerzwaarsten storm met windkracht elf was duiken uitgesloten.....Gelukkig heeft dit geen ernstigen afbreuk aan het succes van het onderzoek gedaan”. Soms bleek het zelfs wenselijk om ten behoeve van de veiligheid van kok en “pantry” voor langere tijd ondergedoken in “rustiger vaarwater” te verkeren! Onder deze omstandigheden vereiste “zonnetje schieten” - terwijl meestal daarboven een wolkenlaag wild voortjoeg - acrobatische toeren van de met navigatie belaste officier, maar het was voor de plaatsbepaling een onmisbare noodzaak. Vening Meinesz schatte de foutmarge in de plaatsbepaling op minder dan twee mijl.

Onder de gedurende de expeditie heersende weersomstandigheden bleken - ook al was het schip tot 60 meter diep gedoken - de bewegingen van het water op die diepte uit het rollen van de duikboot tot acht (exceptioneel twaalf) graden. Derhalve liet de precisie der metingen wel enigszins te wensen over. Vergelijking van de ijkresultaten van het slingertoestel van voor en van na de expeditie in De Bilt gaven aan, dat het toestel niet had geleden onder de doorstane beproevingen.

Meting van de diepte tot de zeebodem was vanwege de plaatsing van de hydrofonen onder de vigerende omstandigheden bij de vaart boven water niet mogelijk. Onderwater kon het bodemprofiel uit metingen met een tussenruimte van minder dan anderhalve kilometer worden samengesteld.

Wetenschappelijke resultaten

Ondanks de voor zwaartekrachtmeting ongunstige omstandigheden kon Vening Meinesz na de expeditie toch beschikken over twee redelijk complete zwaartekrachtsprofielen dwars over de Noordatlantische Oceaan en aanvullende gegevens voor een (synthetisch) profiel door het Kanaal naar de Azoren.

Op basis van de fluctuaties tussen de tijdmarkeringen op het slingerregistratiefotogram wist Vening Meinesz af te leiden, dat de golflengte van de deining aan het zee-oppervlak gedurende een storm toenam tot meer dan 400 meter: een nieuwe mogelijkheid tot fysisch-oceanografisch onderzoek was geboren.

Gedurende de enkele keren, dat de duikboot een langere tijd diep ondergedoken bleef, was het Vening Meinesz mogelijk om twee opvolgende metingen te doen op locaties, die zo'n vijftien mijl van elkaar verwijderd waren. De tweede waarneming werd door Vening Meinesz geïnterpreteerd als controle op de eerste. Mede ten gevolge van het door hem gevolgde reductie protocol lijkt dit te bevestigen, dat het lateraal oplossend vermogen betreffende de zwaartekracht voor

dit soort metingen niet minder dan zo'n dertig mijl kan zijn geweest. Tevens bleek het reliëf van de zeebodem behoorlijk te veranderen; met andere woorden, de zeebodem bleek veel ruwer, dan zelfs op grond van de nauwkeurigste zeekaarten mocht worden verwacht.

In het oceaangebied bleken de bekkens oost en west van de Midatlantische Rug een zwaartekracht overschot van omstreeks 40 mgal te hebben; zij het, dat de storingseffecten door de ruwe zee aanzienlijk leken. Over de Rug zelf leek het zwaartekracht overschot echter minimaal. Vanaf de Azoren waren in zuidoostelijke richting de (kleine) excessen onregelmatig en nauwelijks trendmatig verdeeld.

Onderzoek van zwaartekracht en bodemtopografie wees uit, dat de aardkorst in het studie gebied geen scherp gedefinieerde inbuigingen had ondergaan, "zoals die voorkomen in de gebieden, waar zich plooiingsgebergten gevormd hebben, doch dat er een net van scheuren door den geheelen oceaan schijnt te lopen langs welke verschuivingen zijn opgetreden. De topografie maakt den indruk in hoofdzaak van vulkanischen aard te zijn, waarbij men mag veronderstellen, dat de genoemde scheuren in de aardkorst aan het dieper gelegen magma de gelegenheid hebben gegeven om naar buiten te treden. In het bijzonder komen vulkanen voor op die plaatsen, waar scheuren van verschillende richtingen elkander snijden; de Azoren- en Madeira-archipels zijn hiervan voorbeelden."

Als de leiding van de Onderzeedienst in die jaren een beter inzicht in de beschikbare nautische hulpmiddelen had gehad, dan ware de O 16 in 1937 niet met een "ultra sonoren echo-zender en een perifoon" van Duitse makelij uitgerust geweest, maar met een nieuwe generatie Sonar- of Asdic-apparaat, waarmee ook een continue zeebodemprofiel kon worden verkregen.³ Beschikbaarheid toen van zo'n apparaat zou een vroegtijdig inzicht in de complexiteit van de zeebodem hebben kunnen geven!

Representatie en Communicatie

"Het negendaagsch verblijf [te Washington] was wel het hoogtepunt van de reis. Doordat de Potomac voor groote schepen niet bevaarbaar is, komt vlagvertoon door een buitenlandsch oorlogsschip in Washington uiterst zelden voor.....Des te meer trok het bezoek van Hr.Ms. "O 16" in Washington de aandacht en het feit, dat deze reis tevens dienstbaar gemaakt werd aan wetenschappelijk onderzoek gaf er nog meer reliëf aan." Bij wijze van hoge uitzondering en onder het motief dat het een "wetenschappelijke expeditie" betrof, werden Vening Meinesz en de Commandant vergezeld van de Nederlandse gezant in audiëntie ontvangen door President Roosevelt, die toen net aan zijn tweede ambtstermijn was begonnen. Bij zijn inaugurele rede had Roosevelt zich erover bezorgd getoond, dat zonder inmenging van het federaal bestuur er weinig hoop was "to create those moral controls over the services of science which are necessary to make science a useful servant instead of a ruthless master of mankind".⁴ Ook de Minister van Marine en de admiraals Leahy en Freeman - oude bekenden van Vening Meinesz - gaven "acte de presence". Een

³ C.J.W. van Waning, "De groei van de onderzeedienst", in: Idem et al (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906-1966* (Den Haag z.j.) 161 e.v.

⁴ D.J.Kevles, *The physicists. The history of a scientific community in modern America* (New York 1997) 264.

van de resultaten van die ontmoetingen was mogelijk de spoedig daarop volgende uitwisseling van marine-attaché's tussen de twee regeringen.⁵

Vanwege de recente terugkeer van USS "Barracuda" (zie Bijlage 11) van een zwaartekrachtsexpeditie in het Caribisch Zeegebied kreeg het verblijf van Vening Meinesz in Washington een extra dimensie. De "Barracuda" had onder auspiciën van het Committee on the Geophysical and Geological Study of Ocean Basins van de AGU deze United States Navy - American Geophysical Union Expedition uitgevoerd om de structuur-geologische (tectonofysische) overeenkomst tussen het gebied rond de Kleine Antillen en de ABC eilanden met die van de door Vening Meinesz onderzochte Oostindische Archipel te onderzoeken. Daarbij was gebruik gemaakt van een slingertoestel van de National Science Foundation, dat door Ewing gemodificeerd was om te functioneren met een door American Bell Telephone Laboratories ter beschikking gestelde "crystal chronometer", waardoor de precisie tijdwaarneming sterk werd verbeterd. Ook Vening Meinesz zou over dat apparaat in een volgende expeditie kunnen beschikken.

Met Ewing en Hess bediscussieerde Vening Meinesz de voorlopige resultaten van de "Barracuda"-expeditie, waarover eerstgenoemden in de loop van 1937 in de *Transactions of the American Geophysical Union* zouden publiceren, terwijl de betreffende locatiekaart tesamen met die van de O 16 expeditie door Vening Meinesz in de opgenoemde KNAW publicatie werd gebruikt. Via Bullard kreeg Vening Meinesz de voorpublicatie van een artikel van diens collega B.C.Browne, waarin enige aspecten van het tot dan toe door Vening Meinesz gehanteerde waarnemingsprotocol ter discussie werden gesteld, met name betreffende waarnemingen uitgevoerd bij een heftige deining aan het zee-oppervlak. Browne zou nog datzelfde jaar met Vening Meinesz het standaardprotocol voor metingen in een onstuimige zee modificeren, waartoe Vening Meinesz nog een nieuw instrument zou ontwikkelen.

Persoonlijke indrukken

De extreme omstandigheden, waarmee Vening Meinesz bij zijn onderzoek aan boord van de O 16 te maken kreeg, hebben niet nagelaten diepe indruk op hem te maken. Zijn persoonlijke ervaringen aan boord van de O 16 gedurende een stormachtige overtocht met een onverwacht einde stelde Vening Meinesz op schrift in het bovenvermelde gedenkboek *Veertig jaren Onderzeedienst, 1906 – 1946*. "Diep werd men dan doordrongen van de nietigheid van den mensch tegenover de machten, die rondom hun geweld botvierden, en men voelde in God's hand te zijn".

De commandant van de O 16, Ltz1 C.J.W.van Waning (1901 - 1989), vanwege zijn energieke en zeer doelgerichte persoonlijkheid ooit getypeerd als "Jumbo", ervoer Vening Meinesz als ".....volhardend, gelijkmatig, opgewekt, inschikkelijk, hulpvaardig, een goede ship-mate".⁶ En omgekeerd had Vening Meinesz - zoals uit zijn in 1946 geschreven relaas blijkt - een goed gevoel over Van Waning, die nog zijn hele verdere leven met Vening Meinesz contact zou blijven houden.

⁵ C.J.W.van Waning, "Chronologisch overzicht 1916 - 1940", in: Idem et al (red.) *Wegduiken....! De Nederlandse Onderzeedienst 1906– 1966* (Den Haag z.j.) 256.

⁶ H.Hazelhoff Roelfzema, "De betekenis van de zwaartekrachtmetingen genomen door Prof.Dr.Ir. F.A.Vening Meinesz van September 1923 tot augustus 1939", in: *Jaarverslag Vereniging Nederlandsch Historisch Scheepvaart Museum* (Amsterdam 1982) 61.

**De O 12 expeditie a (Curaçao 22/11/1937 - 24/12/1937 Den Helder)
b (Den Helder 26 - 28 /01/1938)**

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 – 1939 Vol III* (Delft 1941) 16 – 19; 44 – 48.

Inleiding

Nog tijdens de O 16 expeditie had Vening Meinesz via Bullard de voorpublicatie in de *Monthly Notices R.Astron.S.* (september 1937) van een verhandeling van B.C.Browne, assistent bij Jeffreys' Laboratorium voor Geofysica en Geodesie in Cambridge ontvangen, waarin Browne de juistheid van Vening Meinesz' veronachtzaming van hogere termen in de harmonische reeksontwikkeling van de slingerbeweging aanvocht. De gemeten (versnelling van de) zwaartekracht kon immers beïnvloed zijn door horizontale en verticale versnellingen van de als een stabiel platform beschouwde, ondergedoken duikboot onder invloed van diep onderwater nog niet geheel gedempte effecten van zware en lange (ocean)deining. Terwijl de invloed van daardoor veroorzaakte, kortstondige versnellingen verwaarloosbaar was, konden fouten van meer dan tien mgal geïntroduceerd worden door versnellingen met een periode, die lang was in vergelijking met die van de (gedempte) slingers. In theorie zou de grootte van de eventuele fout kunnen worden afgeleid uit fluctuaties tussen de tijdmarkeringen op het slingerfotogram. Maar Vening Meinesz zag een en ander graag eerst empirisch bevestigd. Daartoe liet hij in de tussenruimte tussen slinger-inrichting en registratie-apparaat van het cardanisch opgehangen toestel twee lang-periodische (30 - 40 secs), horizontale slingers aanbrengen, waarvan de respons op hetzelfde fotogram kon worden geprojecteerd en waaruit de verticale onderwaterversnelling kon worden berekend.

Doelstellingen

Doel van de expeditie met de O 12 was om met bovenbeschreven instrument onder verschillende omstandigheden (duikdiepte, zeegang en koers relatief tot deiningrichting) de theorie aan de praktische ervaring te toetsen. Zou deze toetsing positief verlopen, dan stond niets in de weg om ook reeds gemaakte metingen voor de "Browne Term" te corrigeren.¹ Als secundaire doelstelling gold verificatie van de voortzetting van een trend van sterk negatieve zwaartekrachtsanomalieën langs de noordkust van Venezuela, zoals door Hess werd gepostuleerd op grond van de door hem tijdens de "Barracuda"- expeditie langs de Antillenboog gedane metingen.

¹ F.A.Vening Meinesz, "Second order disturbance terms in pendulum observations at sea", in: *KNAW XL* (Amsterdam 1937) 650 – 653.

Route

Curaçao 22/11	-23/11 Curaçao	3 metingen (proefvaart)
Curaçao 26/11	-29/11 San Juan (P.R.)	4 „
San Juan (P.R.) 01/12	-15/12 P.Delgado	12 „ (storm)
P.Delgado 17/12	-24/12 Den Helder	3 „
	Totaal	22 nieuwe metingen

Personeel en Uitvoering

De O 12 was met een waterverplaatsing van 754 ton heel wat kleiner dan Vening Meinesz toen gewend was en bovendien minder geschikt om bij stormweer onder te duiken.²

Commandant van de expeditie was de Ltz1 H.C.W. Moorman, de latere staatssecretaris voor Defensie. Behalve met hem had Vening Meinesz veel te maken met Sgt-Torpedomaker P.A.Plas, die hem zowel bij werk in de instrumentmakerij van de plaatselijke Shell raffinaderij als op zee assisteerde met de vervolmaking van de ophanging van de lang-periodische horizontaal-slingers. Verder was de door Vening Meinesz gebruikte uitrusting identiek aan de door hem op de O 16 gebruikte; en met dezelfde beperkingen terzake van de bodemprofilering.

De waarnemingen ter bepaling van de invloed van langperiodische slingeringen werden uitgevoerd bij verschillende koersen ten opzichte van de heersende deining en op duikdiepten van twintig en van veertig meter. Zij duurden dan ook heel wat langer dan gewoonlijk: de duikboot moest well zo'n drie tot vier uur onderwater blijven koersen.

Resultaten

Ondanks problemen met de veerophanging waren de resultaten met het proeftoestel om de scheepsbewegingen te meten bevredigend, zowel voor het verkrijgen van gegevens voor de constructie van een toestel in definitieve vorm als voor het verkrijgen van een eerste inzicht in de scheepsbeweging van een duikboot, ondergedoken in woelig water. Met die informatie kon een begin gemaakt worden aan de correctie van in ruwe zee verkregen gegevens en konden - op basis van perifere gegevens uit dagjournalen - ook oudere zwaartekrachtmetingen worden herzien.

Door de aangewende methodiek kon voor het eerst ook empirisch iets over de eigenschappen van de golfbewegingen in de diepere waterlagen van de oceaan worden vastgesteld.

De chronometers bleken op deze expeditie helaas minder regelmatig dan men gewend was, zodat een aanzienlijke foutmarge in aanmerking moest worden genomen.

Ter zake van de continuatie van de zone met een groot zwaartekrachtstekort rond de Antillenboog resulteerde de expeditie in de vaststelling, dat genoemde boog

² NA; Arch. Marinestaf 1886 – 1942 2.12.18 inv 204.

al tientallen kilometers ten noorden van Trinidad naar het Westen omhoog en tot aan Curaçao doorliep.³

b Den Helder 26/01/1938 - 28/01/1938

In de loop van 1937 had Vening Meinesz gemerkt, dat zijn inspanningen bij het zwaartekrachtsonderzoek ter zee wel wat teveel van zijn krachten gingen eisen. Hij had met het oog op een toekomstige assistering daarom de aanstelling per 1 oktober 1937 van Dr.W.Nieuwenkamp (1903 - 1979) tot ingenieur bij de Commissie voor Geodesie kunnen realiseren. Om laatstgenoemde met het werk aan boord vertrouwd te maken ondernamen Vening Meinesz en Nieuwenkamp tezamen een korte vaart met de O 12 op de Noordzee, waarbij dezelfde uitrusting als eerder op de boot gebruikt werd meegenomen. Na afloop kon op het K.N.M.I. met de vervaardiging van de definitieve versie van het toestel met horizontaal slingers worden begonnen.⁴

³ TAG 2 55 (1938) 508 e.v.

⁴ RCG 1938, 4.

De O 13 expeditie (Den Helder 03/05/1938 - 10/05/1938)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 – 1939 Vol III* (Delft 1941) 19 – 21; 44 – 48.

Doelstellingen

Onderzoek naar de praktische bruikbaarheid van het nieuw geconstrueerde, in het cardanisch opgehangen slingertoestel geïncorporeerde lang-periodische horizontaal slingerapparaat was het primaire doel van de expeditie. Van dat laatste toestel was de ophanging met veren, zoals gebruikt op de O 12, op advies van B.C.Browne door de K.N.M.I. instrumentmaker D.van Lunteren naar een ondersteuning met messen gemodificeerd. Voorts zouden gegevens omtrent de aard van de woelingen onderwater bij ruwe zee in respectievelijk ondiep en diep water moeten worden verkregen. Een en ander speciaal met het oog op te maken correcties van archief gegevens.

Route

Op het vaartraject van Den Helder naar de “gronden” aan het eind van het Kanaal en de Atlantische Oceaan en weer terug werd op een zevental punten de zwaartekracht gemeten op diepten van twintig en - waar mogelijk - veertig meter. Daarbij maakte de ondergedoken duikboot langzaam varend rond het meetpunt een volle cirkel om onder verschillende hoeken de invloed van de lange deining op de lang-periodische horizontaal slingers te kunnen analyseren.

Personeel en Uitvoering

Met Ltz1 G.B.M.van Erkel als commandant van de O 13 – een zusterschip van de O 12 - voerden Vening Meinesz en Nieuwenkamp de voorgenomen instrumentproeven uit. Gedurende de hele expeditie hield de zee zich kalm. Mede daardoor kon een zevental uitgebreide metingen worden verricht, waarvan twee in waterdiepten van omstreeks veertig meter. Het bleek, dat de horizontale slingers en de registratie van hun bewegingen – fotografisch geprojecteerd tesamen met die van de verticale slingers - aan de verwachtingen voldeden.

Maar de tijdmeting met twee chronometers bleek minder succesvol, waardoor toch weer een aanzienlijke foutmarge kon binnensluipen. Daardoor konden de verschillen tussen de zwaartekracht als gemeten op 20 respectievelijk 40 meter ten gevolge van de hogere orde versnellingen door scheepsbewegingen niet nauwkeurig genoeg worden bepaald.

Wetenschappelijke Resultaten

De resultaten stelden Vening Meinesz wel in staat om met behulp van de scheepsjournalen ook eerder verzamelde zwaartekracht gegevens te corrigeren voor

verstoringen ten gevolge van scheeps-bewegingen van langere duur. De berekeningen en daaruit voortvloeiende tabellen, waarmede toekomstige waarnemingen ter plaatse zouden kunnen worden gecorrigeerd, werden door personeel van het K.N.M.I. gemaakt.

Onder het voorbehoud van de marginale chronometrage was Vening Meinesz van oordeel, dat in diepwater golfbewegingen vanaf het oppervlak naar grotere diepten werden gedempt, zoals door Stokes berekend, terwijl voor ondiep water de relatie leek te gelden, zoals door Laplace voorspeld. Bestaande ruwe gegevens zouden dus ook dienovereenkomstig voor de invloed van de deining kunnen worden gecorrigeerd.

De O 19 expeditie (Den Helder 10/07/1939 - 13/07/1939)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan F.A. Vening Meinesz, *Gravity expeditions at sea 1934 – 1939 Vol III* (Delft 1941) 21; 46 – 48.

Inleiding en doelstelling

De ervaringen met de afleiding van de invloed van de grootte van de hogere orde versnellingen op de fout in de zwaartekrachtmeting hadden aangetoond, dat de gebruikte tijdmeters de zwakste schakel in de procedure waren, maar dat het registratie mechanisme op zich goed werkte. Laatstgenoemd aspect was dan ook reden voor het verzoek van de Universiteit van Cambridge het complete slingertoestel in de zomer van 1938 te mogen gebruiken aan boord van een door de Royal Navy beschikbaar gestelde duikboot. Helaas moest al enkele dagen na vertrek in september 1938 die expeditie worden afgeblazen vanwege de mobilisatie van de Britse vloot. Bij de teruggave van het toestel in november 1938 kreeg de Commissie voor Geodesie van Bell Telephone Laboratories een “crystalchronometer” in leen voor gebruik in combinatie met het door Ewing en Browne geconstrueerde adapter-mechanisme tijdens een reeds door de marine voor maart 1939 toegezegde expeditie met de O 16 naar Indië via Kaapstad. Maar toen Nieuwenkamp met al zijn instrumenten was ingescheept, maakte de voor-mobilisatie van de marine ten gevolge van de Duitse bezetting van Tsjechië (maart 1939) een voortijdig einde aan de plannen voor die expeditie.¹ De gelegenheid tot onderzoek tijdens de korte proeftocht van de gloednieuwe, 1561 tons duikboot O 19 was voor Nieuwenkamp een schrale troost. Maar die tocht moest hem in staat kunnen stellen metingen van de scheepsbewegingen in ondiep water te doen, die de theorie van Laplace aangaande de met de diepte onder zeeniveau toenemende demping van de deining proefondervindelijk met een grotere precisie zou kunnen verifiëren, dan tot dat moment mogelijk was gebleken.

Uitvoering en resultaten

In het licht van toenemende politieke spanningen werd van de commandant van de O 19, Ltz1 K.van Dongen, verwacht in drie dagen zich ervan te overtuigen, dat zijn juist in dienst gestelde duikboot zonder mankeren ongeconvoyeerd de reis naar Oost-Indië kon volbrengen. Zodoende werd aan Nieuwenkamp maar weinig tijd geboden tot onderzoek met de gecompliceerde uitrusting. Hij kon dan ook op slechts een meetpunt in de Noordzee in een waterdiepte van 90 m metingen doen; respectievelijk op diepten van 20 en 40 m. Maar dankzij het precies werkende tijdmechanisme kon met een grotere zekerheid de geldigheid van de dempingstheorieën - speciaal die voor ondiep water - worden bevestigd en derhalve bestaande ruwe gegevens dienovereenkomstig worden gecorrigeerd.

¹ RCG 1939, 4.

Afloop

Hoewel in overeenstemming met de Koninklijke Marine nog verdere plannen werden gemaakt om met een der nieuwe duikboten in de loop van 1939 nog een expeditie rond Kaap Hoorn over hogere breedten in de Stille Zuidzee naar Oost-Indië uit te voeren, verhinderden de ontwikkelingen in de internationale toestand de realisatie van dit zwaartekrachtsonderzoek. Hoewel de in bruikleen gegeven "crystal-chronometer" voorlopig nog in Nederland kon blijven, zou Nieuwenkamp zich gaan bezighouden met de mogelijke toepassing van een in Groningen door professor Zernike (een oud-schoolgenoot van Vening Meinesz) te ontwerpen stemvork-tijdmeter en - na de Duitse inval in Nederland - met gravimetrisch onderzoek hier te lande.²

² *RCG 1939*, 5.

De eerste O 24 expeditie (Rotterdam 15/9/1948 - Curaçao 9/10/1948)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan G.J. Bruins (red.), *Gravity expeditions 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 7 - 18.

Doelstellingen

Verwerving van bathymetrische en gravimetrische gegevens langs nog ononderzochte trajecten in de Atlantische Oceaan tussen Europa, Suriname en de Antillen ten behoeve van verbeteringen in de Internationale Zwaartekrachtsformule en de nadere bepaling van de vorm van de geoïde.

Vaarroute

Rotterdam - Ponte Delgada (Azoren) - Curaçao. Vanaf Ponte Delgada was de te varen route geheel door “de eisen van de wetenschap” bepaald.

Personeel

De Ltz2 R.van Wely voerde het commando over de bemanning van vier officieren en 32 manschappen. Voor de zwaartekrachtmetingen fungeerden de geodeet Ir. G.J.Bruins en de fysicus Drs H.J.A.Vesseur als waarnemers. Zij zouden na aankomst in Curaçao met de fotoregistraties ter ontwikkeling naar Nederland terugkeren om voorjaar 1949 de reis van de O 24 in omgekeerde richting te maken. (Zie tweede O 24 expeditie 1949, Bijlage 17)

Middelen

Duikboot O 24 had een waterverplaatsing van 1205 ton en - na op 13 mei 1940 in dienst gesteld te zijn - was op haar “maidentrip” al duikend aan de bezetter naar Engeland ontkomen. Zij had gedurende de oorlog o.a onder commando van de latere regeringsleider P.J.S. de Jong een uitstekende staat van dienst verworven in “de Oost”. Na in 1946 naar Rotterdam te zijn teruggekeerd en een dokbeurt te hebben ondergaan, werd de O 24 eind 1947 weer in dienst gesteld als oefenboot voor de onderzeebootbestrijding alvorens voor zwaartekrachtonderzoek op langdurige patrouille naar de Antillen te gaan, tezamen met Hr.Ms. “Zeehond”. Voor dit onderzoek was naast het slingerapparaat een “kristal chronometer” geïnstalleerd, waarmee men hoopte een grote verbetering in de chronometrage te kunnen bereiken. Omdat zo'n "klok" nog niet in de handel verkrijgbaar was, was deze "klok" met het vereiste verdragings-mechanisme door Drs H.J.A.Vesseur op het K.N.M.I. met medewerking van P.T.T. en Philips geconstrueerd.

Uitvoering en resultaten

Vanaf Ponte Delgada werd elke honderd mijl gedoken en een zwaartekrachtmeting gedaan, terwijl elke tien minuten het echolood werd geactiveerd. Zo verkreeg men

ook nog een beter inzicht in de ontwikkeling van het zeebodemreliëf. Maar vanwege fluctuaties in het voltage van de aan boord gegenereerde stroom bleek de stabiliteit van de kristal chronometer veel problemen op te leveren. In principe zou het geproduceerde signaal van 125 kHz in drie vertragingstappen van een factor vijf via een synchrone klokmotor in een oscillatie van een contact-sluiting per seconde moeten resulteren, maar daaraan viel nog wel eens wat af te dingen gedurende het onderzoek. Teleurstellender was bovendien, dat na ontwikkeling in Nederland de observaties op film onderbelicht bleken en naar het einde van de reis in toenemende mate waardeloos, zodat in feite geen nieuwe informatie aan de database kon worden toegevoegd.

De tweede O 24 expeditie (Curaçao 1/3/1949 - Rotterdam 7/4/1949)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan G.J. Bruins (red.), *Gravity expeditions 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 7 - 18.

Doelstellingen

Verwerving van bathymetrische en gravimetrische gegevens langs nog ononderzochte trajecten in de Atlantische Oceaan tussen Europa, Suriname en de Antillen ten behoeve van verbeteringen in de Internationale Zwaartekrachts Formule en de nadere bepaling van de vorm van de geoid.

Gedurende de overtocht werd duikboot O 24 begeleid door onderzeeboot Hr.Ms. "Zeehond", die de oversteek grotendeels al "snuiverend" onderwater zou maken.

Vaarroute

Curaçao - Paramaribo - Casablanca - Rotterdam. Zowel in Paramaribo als in Casablanca kon de bemanning enkele dagen passagieren.

Personeel

De Ltz2 R.van Wely voerde wederom het commando over de bemanning van vier officieren en 32 manschappen. Voor de zwaartekrachtmetingen waren de geodeet Ir.G.J.Bruins en de fysicus Drs H.J.A.Vesseur vanuit Nederland weer overgekomen, ditmaal in gezelschap van Vening Meinesz, die inspectie van het slingerapparaat kon combineren met een missie vanwege het Ministerie van Verkeer en Waterstaat tot onderzoek naar de vestiging van een meteorologisch observatorium ten behoeve van de (civiele) luchtvaart op Curaçao en nabij Paramaribo. Het lag in de bedoeling, dat Vening Meinesz van Paramaribo weer naar Nederland terug zou vliegen.

Middelen

Toen het – zoals in Bijlage 16 vermeld - onbruikbaar bevonden slingerapparaat door Vening Meinesz op de marinebasis van Curaçao totaal was gedemonteerd, bleek, dat de onderbelichting van de registraties door neerslag van een zoutfilm op de optiek van het apparaat was veroorzaakt. Na reiniging en revisie maakte Vening Meinesz en route van Curaçao tot Paramaribo nog vijftien zwaartekrachtmetingen op een duikdiepte van veertig meter in de tropisch warme wateren, en dat op een leeftijd, die dubbel die van een gemiddeld bemanningslid was ! Na ontwikkeling van de registraties in Paramaribo bleek het apparaat weer juist te werken. Maar evenals op de heenreis van de O 24 bleef het kristalklok-mechanisme zorgen baren, waardoor bij tijd en wijle een afwijking in de isochronie optrad.

Regelmatig gebruik van het echolood zou wederom nuttige informatie over het bodemreliëf verschaffen.

Uitvoering en resultaten

Van de op de terugreis van Paramaribo naar Rotterdam met een interval van zo'n honderd mijl gemaakte zestig registraties bleken na ontwikkeling slechts de eerste twintig bruikbaar, terwijl de overige wederom in toenemende mate onderbelicht en dus onbruikbaar waren. Wederom bleek zich een zout-film op de prisma's en spiegels van het slingerapparaat te hebben afgezet. Bij nader onderzoek naar de oorsprong van die zout-neerslag bleek, dat - anders dan op eerdere expedities - bij een duikoperatie een duiktank binnensboord werd ontluicht met een nauwelijks waarneembare neerslag van zeezout tot gevolg. Door de optiek van het slingerapparaat beter hiertegen af te schermen kon bij latere expedities zo'n zoutaanslag worden voorkomen.

Uiteindelijk resulteerden de beide O 24 expedities in 35 nieuwe meetpunten, genummerd 845 - 879.

De conversie van slingertijd tot ruwe zwaartekracht werden deels door rekenaars van het K.N.M.I. deels door Bruins in Delft gedaan. Maar de berekeningen van de topografische reductie en de isostatische compensatie werden door respectievelijk het personeel van de Bataafsche Petroleum Maatschappij en dat van het Internationaal Isostatisch Instituut te Helsinki verricht.¹

¹ RCG 1950, 7.

De “Tijgerhaai”- expeditie (Rotterdam – Curaçao vv 23/1/1951 - 22/4/1951)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan G.J. Bruins (red.), *Gravity expeditions 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 7 – 18; 35.

Doelstellingen

Verwerving van bathymetrische en gravimetrische gegevens langs nog ononderzochte trajecten in de Atlantische Oceaan tussen Europa, de Antillen, Cuba en de Azoren ten behoeve van verbeteringen in de Internationale Zwaartekrachts Formule en de nadere bepaling van de vorm van de geoïde.

Een cluster van observaties ter plaatse van het Midatlantische Rugggebied op 30 ° NBr suggereert, dat Vening Meinesz speciale aandacht had voor het zwaartekrachtsveld in dit gebied.

Vaarroute

Rotterdam - Lissabon - Curaçao - Key West - Ponte Delgada. Zowel te Curaçao als te Key West en Ponte Delgada werd de expeditie voor enige tijd onderbroken.

Personeel

Gedurende de expeditie voerde Ltz1 J. van Nieuwenhuizen het commando. Voor de zwaartekrachtmetingen fungeerden de geodeet Ir.G.J.Bruins (TH Delft) en de fysicus Dr. R. Dorrestein (K.N.M.I. afd. Oceanografie) als waarnemers, terwijl Vening Meinesz tot Lissabon aan boord was om zich van de juiste werking en staat van onderhoud van het slingerapparaat te vergewissen.

Middelen

Met een waterverplaatsing van 1557 ton en een accommodatie voor 65 bemanningsleden was de van de Britse marine overgenomen onderzeeboot Hr.Ms.”Tijgerhaai” aanzienlijk groter dan duikboten van de O- en K-klasse, hoewel in prestatie verder tot op zekere hoogte vergelijkbaar.

Aan de kwartsklok waren - na de vele problemen gedurende de O 24 expedities - door Vesseur bij het K.N.M.I. verbeteringen aangebracht, die vooral de reductie tot een lagere frequentie van 200 Hz van de uitgaande signaalstroom betroffen. Die stroom dreef een synchroonmotortje aan van een kleiner formaat dan voorheen, zodat de “massakrachten bij scheepsbewegingen werden teruggebracht”. Voorts was het instrument zodanig aangepast, dat grote spanningswisselingen konden worden opgevangen.¹ De behuizing van het slingerapparaat was zodanig aangepast, dat een betere bescherming tegen indringend zout kon worden geboden.

¹ RCG 1950 – 1951, 8.

Hoewel in deze tijd het continue registrerend echolood voor bodemprofielering bij de marine werd geïntroduceerd, lijkt men aan boord van de "Tijgerhaai" nog niet de beschikking te hebben gehad over die apparatuur.

Resultaten

Na vertrek werden tot Lissabon een drietal zwaartekrachtregistraties gedaan, waaruit bleek, dat het slingerapparaat voldeed. Minder tevreden was men alsnog over de schokbestendigheid en de precisie van de kwartsklok. Bij calibraties met het tijdsein van Rugby (GB) bleek de klok de eerste dag ruim acht seconden per vijf minuten achter te lopen. Hoewel dit euvel grotendeels kon worden verholpen, bleef frequente calibratie aan radiotijdsignalen noodzakelijk om een precisie van 0,05 sec. te garanderen. Maar bij enkele waarnemingen gaf de kwartsklok er geheel de brui aan en moest men op beproefde chronometers terugvallen.

Nadat Vening Meinesz en - wegens ziekte - Bruins in Lissabon van boord waren gegaan, moest Dorrestein het programma van gemiddeld een zwaartekrachtmeting per honderd mijl alleen afwerken. Maar hij slaagde daarin en keerde naar Rotterdam terug met ruim zeventig nieuwe metingen.

Ook ditmaal werden de metingen door Bruins in Delft tot ruwe zwaartekrachtwaarden verwerkt, waarna door de Bataafsche Petroleum Maatschappij respectievelijk het Internationaal Isostatisch Instituut de topografische reducties en de isostatische compensaties werden berekend, waarbij verschillende modellen van regionaliteit werden gehanteerd.²

Uiteindelijk bleek - evenals al eerder bij de Azoren was geconstateerd - dat het gebied van de Midatlantische Rug rond 30° noorderbreedte min of meer in isostatisch evenwicht verkeerde.

Over de terugvlucht van Lissabon via Genève naar Amsterdam memoreerde Bruins later, hoe Vening Meinesz met de van hem bekende dwingende overtuigingskracht klaarblijkelijk de piloot bij het aanvliegen van Genève zover had gekregen, dat laatstgenoemde een kleine koerswijziging zou hebben gemaakt over het Berner Oberland, waaraan Vening Meinesz kennelijk nog gedetailleerde herinneringen uit vroeger tijd had. (pers. comm. Bruins)

² RCG 1952 – 1955, 12 e.v.

De "Zeeleeuw"- expeditie (Noordzee 10/9/1956 - 23/9/1956)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan B.J.Collette, "The gravity field of the Northsea", in: G.J.Bruins (red.) *Gravity expeditions at sea 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 55 – 57; 60 - 77.

Inleiding

De overstromingsramp van 1 februari 1953 zou volgens Vening Meinesz, die zich baseerde op een door hem in 1937 gedane studie, door de bodemdaling van Nederland en een deel van de Noordzee veroorzaakt kunnen zijn. Een daling mogelijk gemaakt door een subcrustale massaverplaatsing samenhangend met een herstel tot isostatisch evenwicht van een sinds de snelle smelt van de glaciële bedekking oprijzend Scandinavië. Die massaverplaatsing zou volgens Vening Meinesz de expressie van een dalende golfbeweging hebben, die omstreeks het jaar 2000 tot staan zou komen en in een rijzing overgaan: een postglaciële depressie zich verbredend en vervolgens opvullend. Zo'n configuratie zou in het zwaartekrachtsveld van de Noordzee tot uitdrukking kunnen komen. Om die reden - en om ten behoeve van geodetische vraagstukken bestaande leemten in zwaartekrachtmetingen in het Noordzee gebied op te vullen - zocht Vening Meinesz de medewerking van de marine. Terwijl in 1954 en 1955 het slingerapparaat nog aan de Universiteit van Californië was uitgeleend, kon met behulp van een bij de Bataafsche Petroleum Maatschappij pas in dienst gestelde, op afstand bedienbare en op de zeebodem rustende zee-gravimeter in ondiepere delen van de Noordzee onderzoek worden gedaan vanaf oppervlakte schepen als Hr.Ms.Fregat "Vos" (1955) en "Fret" (1957). Maar metingen in het diepere deel van de Noordzee tussen 58° en 61° noorderbreedte konden toen nog alleen met inzet van een onderzeeboot en slingerapparaat worden gerealiseerd.

Personeel en Middelen

Onder commando van Lt2 J.W.Oosterbaan met als waarnemer voor de zwaartekrachtmetingen Dr.B.J.Collette (Universiteit van Utrecht) voltooide Hr.Ms. "Zeeleeuw" in veertien dagen het onderzoek met 34 waarnemingen, waarvan een locatie met een door de zee-gravimeter gemaakte observatie samenviel. R.D.Schuiling assisteerde bij de tijdsignaalregistratie, waarbij van een "De Haas Time Signal Oscillograph" gebruik werd gemaakt..

Voor plaatsbepaling werd voor deze expeditie en de latere in de Noordzee tussen 1955 en 1957 uitgevoerde onderzoeken het nieuw ingevoerde Decca systeem gebruikt.

Met haar waterverplaatsing van 2425 ton was Hr.Ms."Zeeleeuw" een grote, sinds 1953 van de Verenigde Staten geleende onderzeeboot van de "Guppy"-klasse (Greater Underwater Propulsion Power). Zij zou in 1962 van die "Power" getuigen door - op oefenreis naar West-Indië, maar vanwege het conflict met Indonesië naar Nieuw-Guinea gedirigeerd -, eenmaal aldaar afgelost via de Kaap naar Nederland

terug te keren: aldus de langste reis om de wereld van enige boot van de Nederlandse Onderzeedienst op haar naam schrijvend.¹

Resultaten

Hoewel het Decca systeem een verbetering in de voorheen toegepaste methodiek van plaatsbepaling was, bleek naderhand, dat niettemin een positioneringsfout van omstreeks een kilometer niet ongewoon was.

De efficiëntie van dit, met onderzeeboot en slingerapparaat uitgevoerde onderzoek lijkt vergelijkbaar met het in het zuidelijker gelegen deel van de Noordzee in 1955 door het met een stationnaire zee-gravimeter uitgeruste oppervlakteschip Hr.Ms."Vos" uitgevoerde onderzoek. Beide onderzoeken maakten met een vergelijkbare tussenruimte gemiddeld zo'n 2 - 3 observaties per dag.

De geobserveerde waarden van de zwaartekracht werden naderhand bewerkt voor topografische reductie en isostatische compensatie en vervolgens op de kaart gezet.

De door Collette gepresenteerde kaart van zijn interpretatie van de geologische configuratie van de diepe ondergrond onder de Noordzee - een der eerste van dit gebied - geeft geen aanwijzingen over het bestaan van een met het Scandinavië samenhangende structurering buiten het marginale diep, gevormd door Skagerrak en Norwegian Channel. De kaart van isostatische anomalieën, die de configuratie van de sedimentaire invulling van de ondergrond zou kunnen representeren, geeft ruwweg het bestaan aan van later door boringen aangetoond reliëf als het Mid-Noordzee Hoog en de (olierijke) Viking Graben (in 1960 nog niet als zodanig onderkend !).

Op grond van de uitkomst van een der waarnemingen werd al in 1957 een door de Utrechtse universiteit gesponsord onderzoek met Hr.Ms."Fret" ge-entameerd in de Moray Firth, welk gebied naderhand eveneens door boringen als olierijk kon worden aangemerkt. De efficiëntie van het door Hr.Ms."Fret" daar uitgevoerde onderzoek lag wel met gemiddeld negen observaties per dag veel hoger dan het door Hr.Ms. "Zeeleeuw" uitgevoerde onderzoek, maar de onderlinge afstand tussen de metingen was dan ook veel kleiner.

¹ P.C.Jalhay, *Nederlandse Onderzeedienst 75 jaar* (Bussum 1982) 126.

De "Walrus"- expeditie (Curaçao e.o. 18/11/1957 - 21/12/1957)

Tenzij anders vermeld is de nu volgende informatie ontleend aan G.J. Bruins (red.), *Gravity expeditions 1948 – 1958 Vol V* (Delft 1960) 18 - 34.

Doelstellingen

Op basis van het door Vening Meinesz omstreeks 1940 verkregen inzicht in de opbouw en ontwikkeling van de aardkorst in Oost- en West-Indië stelde hij in 1941 voor het 28^e Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres een wensenlijst voor verder onderzoek samen. En hoewel hij in het *Amersfoortsch Dagblad* van 24 oktober 1946 nog de verwachting had uitgesproken, dat hij binnen enkele jaren weer marien onderzoek in de Stille en de Indische Oceaan zou kunnen uitvoeren, werd hij door de politieke ontwikkelingen naderhand in zijn wensen voor onderzoek in die contreien gefrustreerd.

Maar vasthoudend als altijd wist hij zijn oude verlangens naar onderzoek van het zwaartekrachtsveld en de configuratie van de aardkorst in de zeeën aan weerszijden van de isthmus van Panama uiteindelijk in 1957 toch gerealiseerd te krijgen.

Het onderhavig onderzoeksprogramma in de Caribische Zee werd samengesteld in nauw overleg met Ewing en staf van het Lamont Geological Observatory, die al vaker in die zee zwaartekrachtonderzoek hadden uitgevoerd.

Het programma in de Stille Oceaan werd gebaseerd op de toenmalig bekende trends in het zeebodemreliëf aldaar.

Personeel en Middelen

Evenals Hr.Ms."Zeeleeuw" behoorde Hr.Ms."Walrus" tot de grotere, "Guppy" (Greater Underwater Propulsion Power)-klasse onderzeeboten, die door de Verenigde Staten aan de marine ter beschikking waren gesteld. Ltz1 F.B.Hamilton voerde gedurende de expeditie het commando over onderzeeboot en bemanning, terwijl door Ir.G.Bakker en Ir.L.Otto de zwaartekrachtmetingen werden uitgevoerd.

Het Vening Meinesz slingerapparaat was al in Nederland aan boord gebracht, maar werd pas in Curaçao op zijn functionele plaats geïnstalleerd.

Voor de chronometrage was een kwartsklok type Airmec 761 aangeschaft, waarvan de nauwkeurigheid 10^{-6} sec per twee uur was. Het tot 50 Hz gereduceerde uitgangssignaal reguleerde een synchroonmotor zo, dat deze ten behoeve van de tijdmarkeringen een wiel met 25 lichtstraalonderbrekingen per seconde deed roteren. Deze instrumenten werden gevoed via een Airmec Spanningsregulator type P 881. Als alternatief kon op precisie-urwerken worden teruggevallen.

Resultaten

Ten westen van de isthmus van Panama werden langs zeven profielen met een gecombineerde lengte van omstreeks 3500 mijl in totaal 62 metingen gedaan. Een gemiddelde van een meting per 56 mijl (100 km). Hierbij werd routinematig tot veertig meter diepte gedoken, in zwevende toestand stationnair een meting uitgevoerd,

opgedoken en doorgevaren tot het volgende meetpunt. "Maar gelukkig kon deze dagenlange routine afgewisseld worden met wat "passagieren" aan de wal tijdens een druk vacantieseizoen".

Op het traject langs de noordkust van Venezuela vanuit Curaçao nam men vijftien metingen in twee profielen op, wat neerkomt op een meting per 33 mijl (60 km). Het echolood registreerde elke tien minuten de waterdiepte: continue registratie was kennelijk nog geen optie.

Zowel de lagering van het cardanisch opgehangen frame, waarin het slingerapparaat was geborgd als de zetting van een van de gedempte slingers, lieten gedurende de expeditie te wensen over. Het eerstgenoemde euvel, dat ook bij Ewing's kopie van het slingerapparaat was opgetreden, werd door hem geweten aan een te lichte uitvoering der lagers.¹

Het klokwerk functioneerde zeer accuraat en betrouwbaar gedurende de gehele expeditie. Mede daardoor kon - ondanks de genoemde beperkingen - de nauwkeurigheid van de waarnemingen binnen de gestelde marge van twee mgal blijven. Dat werd mede bevestigd door de uitkomsten van de tussen Colon en Curaçao met een zee-gravimeter door Dr. Gilbert (Dominion Observatory te Ottawa) gedane metingen.

De gecorrigeerde observaties werden door het Internationale Isostatisch Bureau voor topografie gereduceerd en voor isostasie gecompenseerd.

Interpretatie van de door de expeditie verkregen informatie over het zwaartekrachtsveld ten westen van de isthmus van Panama in samenhang met de door Ewing en anderen al verkregen resultaten terzake van het zwaartekrachtsveld in de Caribische Zee deed Vening Meinesz - mede op grond van zijn interpretatie van het zeebodembodemreliëf - concluderen, dat de structurele configuratie van het gebied werd veroorzaakt door compressie vanuit een noordnoordoostelijke richting ten gevolge van verschuiving van het Zuidamerikaans continent in die richting ten opzichte van het Caribisch gebied. Daarentegen leek de aanwezigheid van breuken met een zijwaartse verschuivingscomponent in westelijke richting langs de oostkust van Venezuela in combinatie met de aanwezigheid van diepzeetroggen en negatieve zwaartekrachts anomalieën ten westen van de Andesketen te wijzen op sleuring van de korst in die richting. Het gehele spectrum van verkregen inzichten versterkte bij Vening Meinesz de perceptie, dat een onder het Zuidamerikaans continent vanuit de mantel opwellende convectieve cel voor deze verschijnselen verantwoordelijk kon worden gesteld.

¹ M.Ewing et al., "Gravity observations at sea in US submarines Barracuda, Fisk, Conger, Argonaut and Madregal", in: A.van Weelden (ed.) *Gedenkboek F.A. Vening Meinesz*. Verschenen als Deel XVIII van de Geologische Serie van de Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap (Den Haag 1957) 68.

