

J. de Bas,
De Graadmeting
in Denemarken.
1881.

NATUUR- EN
STERRENKUNDE
RU UTRECHT

STERREWACHT ZOENBURG
UTRECHT.

4G10

153

5



4910 M

Co.
✓
1
1/9

GESCHENK
VAN
Prof. J. A. C. OUDEMANS.

DE GRAADMETING IN DENEMARKEN

DOOR

F. DE BAS,

Kapitein van den Generalen Staf.

(Met vier Kaarten.)

Professor C. G. Andrae te Kopenhagen heeft in de jaren 1867, 1872 en 1878 onder den titel van „den Danske Gradmaaling”, drie lijvige boekdeelen uitgegeven, waarin de graadmeting van Denemarken duidelijk en omstandig is beschreven. De inhoud van dat schoone werk verdient ten volle de aandacht, niet alleen van de eigenlijke deskundigen, geodeten en astronomen, maar ook van anderen, die belang stellen in de aardrijkskundige wetenschap.

De arbeid van professor Andrae is te meer van belang, wijl de geodetische verrichtingen in Denemarken tevens de driehoeksmetingen van Pruisen en van Zweden met elkaar hebben verbonden, en daarin de uitkomsten worden medegedeeld der meting van een uitgestreken meridiaanboog, getrokken tusschen Frankrijk en Engeland ten westen en Rusland ten oosten. Overigens munt „Den Danske Gradmaaling” niet zoo zeer uit door de voortreffelijkheid der metingen, die goed maar geenszins buitengewoon zijn geschied, als wel door de flinke wijze van behandeling en de theoretische beschouwingen, welke professor Andrae aan zijn beschrijving vastknoopt. Wel waren de meeste feiten reeds door Bessel behandeld: maar de Deensche geleerde stelt de zaken weer eenigszins anders voor en voegt er belangrijke nieuwe gegevens bij, o. a. in het Tweede Deel bl. 468, zijne „Noter og Tillaeg” bl. 431, enz.

Wij zullen ons in dit tijdschrift geenszins verdiepen in

mathematische beschouwingen. De aankondiging van het werk van den geleerden Andrae is hoofdzakelijk bestemd voor dien wijderen kring van belangstellenden, op welke wij boven doelden en waartoe wij ons rekenen te behooren. De mannen van het vak zullen ongetwijfeld het werk van professor Andrae hebben gelezen en kennis hebben gemaakt met de degelijke uiteenzetting der daarbij gevolgde methode door den heer Helmert in den 12den en den 13den jaargang van het „Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft.”

Alvorens den inhoud te bespreken van het merkwaardige Deensche werk, zal een korte terugblik op vroeger uitgevoerde graadmetingen niet overbodig zijn. Dezen hebben in steeds toenemende mate gestrekt tot vermeerdering der kennis omtrent de grootte en de gedaante van de aarde, waarmede de kunst der vervaardiging van kaarten gelijken tred heeft gehouden.

Reeds Pythagoras erkende, dat de aarde een bolvormige gedaante heeft. Onze leerboeken der meetkundige aardrijksbeschrijving bevatten nog genoegzaam onveranderd de bewijsgronden, waarmede Aristoteles eeuwen geleden zijne stellingen staaft. Wel beweerde de Indische zeevaartkundige Kosmos in de 6de eeuw, dat de aarde een schijf vormde: doch zijn aanhaling van eenige verwrongen

STERREWACHT ZONNEBURG
UTRECHT.

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



1971 4413

bijbelstellingen verleide hoogstens enkele geestelijken, en het geloof aan den spherischen aardvorm leefde voort tot ten tijde van Huygens en Newton.

Eratosthenes wees den juisten weg aan tot berekening van den omtrek der aarde en van de lengte van den straal, waarmede deze is beschreven.

De Grieksche astronoom koos daartoe twee nagenoeg op een zelfden meridiaan gelegen punten, waarvan het verschil in geographische breedte langs sterrekundigen weg was bepaald en de onderlinge afstand zoo nauwkeurig doenlijk was geschat. Uit deze gegevens becijferde Eratosthenes de lengte van een meridiaangraad, vervolgens die van den geheelen aardomtrek. Vernomen hebbende, dat te Syéne, gelegen bezuiden Alexandrië aan den Nijl, een verticaal geplaatste stok op den middag van den langsten dag geen schaduw wierp, en men aldaar het beeld der zon kon zien spiegelen in diepe waterputten, trok de geleerde Griek daaruit het gevolg, dat voormeld plaatsje ongeveer onder den noorder-keerkring moest liggen. Wijn het hem bovendien bleek, dat op den langsten dag in zijn woonplaats te Alexandrië een loodrecht geplaatste staaf schaduw wierp onder een hoek van $7\frac{1}{8}^{\circ}$, zijnde $\frac{1}{80}$ van den cirkelomtrek, besloot Eratosthenes, dat Alexandrië moest liggen $7^{\circ} 12'$ benoorden den keerkring, en berekende den aardomtrek op 250.000 stadiën, d. i. 50 maal den afstand tusschen Alexandrië en Syéne. Hoewel deze plaatsen geenszins liggen op denzelfden meridiaan (ongeveer 3° verschil in lengte) en de lengte van een stadië niet meer met juistheid valt te bepalen, heeft Eratosthenes volgens het bovenstaande den aardomtrek berekend op 39.816.000 tot 45.000.000 meter. Zonder al te veel gewicht te hechten aan de verrassende overéenkoms tusschen de Grieksche benaderde waarde ± 250 jaar vóór den aanvang onzer jaartelling en de metingen van onze eeuw, getuigt in ieder geval de opvatting van Eratosthenes van groot vernuft. Bij het toenmalige standpunt der aardrijkskundige wetenschap en niettegenstaande de gebrekkige hulpmiddelen van zijn tijd, kwam hij tot voldoend juiste uitkomsten om nauwkeurig de ligging van verschillende plaatsen ten opzichte van Alexandrië op zijn kaarten aan te geven.

Een andere graadmeting had er plaats in de 9de eeuw in de vlakte van Sindschar, ten noorden van den Euphraat, door Arabische sterrekundigen. Deze begaven zich gezamenlijk naar een plaats, waarvan de ligging door sterrekundige waarneming werd bepaald. Vervolgens wandelde de ééne helft van het geleerde gezelschap in een noordelijke, de ander in een zuidelijke richting voort, totdat de

sterren aangaven, dat men één graad in geographische breedte had afgelegd. Deze ruimte werd op den pas gemeten, terwijl door Eratosthenes de afstanden alleen waren geschat. Volgens het gemiddelde van verschillende opgaven omtrent de uitkomsten, verkregen in de vlakte van Sindschar, zouden de Aabrieren hebben gevonden voor de uitgestrektheid van een meridiaangraad $56\frac{2}{3}$ mijlen, volgens Oscar Peschel elke lang 4000 armlengten van een gesnedene, of 2162,8 meter.

Zeven eeuwen later mat de Fransche sterrekundige, te gelijktijd geneesheer, Fernel, den afstand tusschen Amiens en Parijs, welke steden nagenoeg onder denzelfden meridiaan liggen, niet als zijn Arabische geestverwanten te voet, maar per as, waarbij hij eenvoudig het aantal wentelingen telde van één der wielen van zijn rijtuig. Volgens die waarneming berekende de geneeskundige astronoom den graadboog tusschen Amiens en Parijs op 57.070 toises, zijnde — de toise aannemende op 1,949 meter — 111.229,430 meter.

Achtien eeuwen na de eerste graadmeting van Eratosthenes ontwierp onze beroemde landgenoot Willebrord Snellius, voortwerkende op den Griekschen grondslag, de juiste methode om de lengte van een meridiaanboog te bepalen, door driehoeksmeting of triangulatie en door rechtstreeksche meting langs den grond van een betrekkelijk kleinen afstand als grondlijn (basis).

Natuurlijk is het niet denkbaar om een gedeelte van een meridiaanboog, zij het slechts van één graad — een afstand van 20 uur gaans — rechtstreeks langs den grond te meten. Nergens vindt men daartoe vlakten van voldoende uitgestrektheid; bovendien zou een dergelijke operatie, om licht te bevroeden redenen, onzuivere uitkomsten opleveren. Tot een rechtstreeksche meting langs den grond bepaalt men zich tot afstanden van 3 tot 4000 meter; welke meting voorts dient voor latere berekeningen. Men verdeelt het terrein, hetwelk door den meridiaanboog wordt doorsneden, in een aantal denkbeeldige aan elkaar sluitende hoofddriehoeken of driehoeken van den eersten rang, met zijden tot 40.000 meter lengte. Deze triangulatie daarna verbindende met een aantal tusschen gelegen kleinere driehoeken van den tweeden-, den derden rang enz. met korte zijden, worden de uitgangspunten verkregen tot de verdere opneming van het terrein en de vervaardiging van juiste topographische kaarten.

Het net wordt aangevangen nabij en zijwaarts van één der uiteinden van den te meten boog op een hoog gelegen punt of toren, waarvan de geographische ligging sterrekundig is bepaald. Vandaar richt men een nauwkeurig hoekmeet-instrument op nabijgelegen hoogten of kerktorens,

en, wanneer verheven punten ontbreken, op speciaal daartoe gebouwde pyramidaalvormige stellingen, signalen genoemd, welke somtijds liggen op 40.000 meter onderlingen afstand ter weerszijden van den meridiaanboog. Deze kerktorens of signalen vereenigende door lijnen, die als het ware door de lucht worden getrokken tot voorbij het andere uiteinde van den meridiaanboog, ontstaat er ten slotte een net van driehoeken, welke den meridiaanboog geheel insluiten. Alle hoeken worden opvolgend tot in onderdeelen van seconden met de grootste juistheid gemeten; terwijl men, evenals voor het aanvangspunt is gezegd, de ligging van het andere eindpunt en het verschil in geographische breedte der beide uiteinden van den meridiaanboog, langs sterrekundigen weg bepaalt.

Voorts wordt de lengte van één zijde van één der driehoeken met een speciaal toestel langs den grond gemeten, waarbij de grootste zorg en de uiterste nauwkeurigheid, tot in de kleinste nog waar te nemen onderdeelen der lengte-éénheid, worden in acht genomen. De lengte van een der driehoekszijden aldus bekend zijnde, kunnen alle overige afstanden tusschen de torens of signalen, eveneens de totale uitgestrektheid van den ingesloten meridiaanboog, worden berekend. Uit het verschil in geographische breedte der beide uiteinden en de berekende uitgestrektheid van den geheelen boog, wordt vervolgens de grootte van één meridiaangraad afgeleid.

Ten einde de juistheid van de metingen en de berekeningen te toetsen, meet men vervolgens een tweede, soms nog een derde basis, welke met het triangulatie-net worden verbonden, om voor elke rechtstreeks langs den grond gemeten basis ook haar lengte uit de serie van driehoeken te berekenen, en door onderlinge vergelijking van de alzoo verkregen uitkomsten de mate van nauwkeurigheid der graadmeting te beoordeelen.

Volgens deze streng wetenschappelijke methode, doch met minder nauwkeurige instrumenten dan thans, bepaalde Snellius in 1617 de grootte van den meridiaangraad tusschen Alkmaar en Bergen-op-Zoom op 28500 Rijnlandsche roeden, later door Musschenbroek verbeterd tot 29514 Rijnlandsche roeden 2 voet en 3 duim, zijnde 111879,633 meter. Door den titel van zijn „Eratosthenes Batavus”, een werk, hetwelk door ouderdom en als eerste lings op dit gebied te allen tijde hoogst belangrijk blijft, herinnerde Snellius aan zijn geleerden meester vóór 1000 jaar. De schoonste lof werd twee eeuwen later aan het werk van Snellius toegebracht in de voorrede van het verslag, uitgegeven door het Fransche „Institut National” onder den naam van „Mesure de l'Arcdu méridien entre Dunkerque et Barcelone”,

waarin men leest: „C'est exactement la méthode actuelle: „il n' y a différence que dans les moyens mécaniques, dans „les méthodes de calcul et dans les soins qu' on y apporte maintenant.”

De oprichting van de Fransche Academie in 1635 door Richelieu gaf den stoot tot de uitvoering van een aantal ondernemingen, die ten doel hadden om nauwkeuriger gegevens te verzamelen tot bepaling van de grootte en de gedaante van den aardomtrek, en leidden tot verbetering der bestaande kaarten. In 1667 mat Picard nog eenmaal den meridiaanboog tusschen Amiens en Parijs, en berekende, volgens de werkwijze van Snellius doch met behulp van aanzienlijk verbeterde instrumenten, de lengte van elken graad op 111 209,94 meter. Deze arbeid werd voortgezet; in zuidelijke richting tot Perpignan door Cassini de Thury, in noordelijke richting tot Duinkerken, zoodat in 1718 tusschen de Noordzee en de Middellandsche zee door driehoeksmeting een uitgestrekt terrein van bijna $8\frac{1}{2}^{\circ}$ breedte was opgenomen. Deze triangulatie strekte tot grondslag voor de beroemde kaart van Frankrijk door Cassini, waarvan de eerste bladen in 1750 na velerlei lotgevallen het licht zagen. Deze kaart is later in noordelijke richting over Zeeland, Noord-Brabant en Limburg voortgezet door den generaal Ferraris, en vormde tot het tijdstip onzer vereeniging met de Zuidelijke Nederlanden de meest volledige kaart voor dit gedeelte van het koninkrijk. De chortopographische kaart van den generaal Kraijenhoff omvatte alleen de noordelijke gewesten.

Nagenoeg gelijktijdig hadden Newton te Cambridge en Christiaan Huygens te 's Gravenhage, die met zooveel andere theses hun naam hebben geschonken aan de natuurkundige wetenschap van de 17de eeuw, de stelling opgeworpen van de afplatting der aarde aan de polen. Zij betoogden, dat een lichaam als de aarde, samengesteld uit verschillende heterogene concentrische lagen, als gevolg eener voortdurende snelle omwenteling om een as, aan de uiteinden moest zijn ingedeukt, of wel, dat het oppervlak zich aan den evenaar moest verheffen. Bovendien hadden La Hire en Cassini bij de laatstvermelde meting in Frankrijk bevonden, dat de grootte der meridiaangraden in noordelijke richting regelmatig toeneemt; terwijl de ontdekking van Richer, dat de lengte van den seconde-slinger onder den evenaar korter is (± 3.3 m.m.) dan te Parijs, reeds indirect het bewijs voor de afplatting der aarde had geleverd. Ten einde dit hoogst belangrijke vraagstuk op te lossen, werden er op het initiatief van de Fransche Academie nagenoeg gelijktijdig twee graadmetingen uitgevoerd, die van 1735 tot 1744 in Peru door Bouguer en Lacondamine zeer

nabij den aequator, en de andere in 1736 in Lapland door Maupertuis, zoo dicht mogelijk nabij den poolkring. De uitslag dezer metingen bekroonde schitterend de gestelde theses: de meridiaangraden nabij den evenaar en nabij den pool toonden een verschil van 348 toises. Sinds dien tijd stond het geloof aan de ellipsvormige gedaante van de aarde vast. Newton's ontwikkeling omtrent de wetten van de zwaartekracht werd mede langs dien weg bevestigd.

Thans bleef de *hoegrootheid* der afplating aan de polen te bepalen. Daartoe geschieden een reeks van graadmetingen in alle oorden van de wereld, welke een groot verschil aangaven in de lengte der meridiaangraden.

De Fransche omwenteling met haar spreuk van gelijkheid voor allen, gaf tevens aanleiding tot de kolossale graadmeting, welke ten doel had om de wereld met een onveranderlijke éénheid van maten en gewichten te begiften. De meridiaanmeting, daartoe in 1792 aangevangen door Mechain en Delambre, en in 1808 voltooid door Biot en Arago, strekte zich uit over een breedte van $12\frac{1}{2}^{\circ}$ van Duinkerken tot Formentera, één der Pitiusische eilanden. Deze groote geodétische operatie — immer gegrond op de methode van Snellius met gebruikmaking van den repetitiecijsel van Borda en van andere verbeterde instrumenten — heeft tot richtsnoer gestrekt voor alle latere graadmetingen, tevens tot samenstelling van de Fransche stafkaart, welke reeds op last van den Eersten Napoleon is aangevangen, en pas na den val van het Tweede Fransche Keizerrijk voltooid. De generaal Bn. Kraijenhoff ontleende ten behoeve zijner choro-topographische kaart aan de Fransche graadmeting als basis den afstand tusschen het middelpunt van den seinmast der marine op den grooten toren van Duinkerken en het middelpunt van den Lieve-Vrouwen-toren te Mont-Cassel, de geographische breedte van Duinkerken en het azimuth Watten-Duinkerken, doch werkte overigens geheel zelfstandig voort in noordelijke richting. Deze driehoeksmeting van den generaal Kraijenhoff, na 1822 voortgezet in de Zuidelijke Nederlanden en van 1836 tot 1855 voor secundaire metingen in de noordelijke provinciën door de officieren van den generalen staf, vormt den grondslag van de Topographische en Militaire Kaart des Rijks op 1: 50.000, waaraan sinds nagenoeg alle belangrijke kaartwerken betreffende Nederland zijn ontleend.

Het net van driehoeken van den eersten rang van Kraijenhoff sluit aan de driehoeksmeting van Hannover, welke weder door de Deensche graadmeting is verbonden met het triangulatie-net van Pruisen, Zweden en Rusland. Al deze geodétische metingen hebben zich in 1861 op het voorstel van den Pruisischen generaal Baeijer, den tegen-

woordigen directeur van het Geodetisch Instituut te Berlijn, opgelost in de grootsche onderneming onzer dagen, welke zich als de Europeesche graadmeting uitbreidt over een breedte van $35\frac{1}{2}$ meridiaangraden van Fugleness aan de Noordelijke IJszee tot het Zuidelijke uiteinde van Kreta, en volgens het ontwerp van den Russischen sterrekundige Struve, langs den 52^{sten} parallel over 69° uitgestrektheid van Orsk aan den Oeral tot Valencia op de Westkust van Ierland.

Neerland's deelneming aan die prachtige onderneming heeft bereids onder de leiding van beroemde landgenooten als wijlen de hoogleeraren F. Kaiser en L. Cohen Stuart, van Dr. F. J. Stamkart, Dr. J. A. C. Oudemans, Dr. H. G. van der Sande Bakhuyzen, Dr. J. Bosscha en den hoofdgenieur G. van Diesen, gevoerd tot hoogst belangrijke uitkomsten, als de nieuwe basis-meting in den Haarlemmermeer-polder, de sluiting van onze triangulatie aan die van België en Pruisen, de voortzetting van de nieuwe driehoeksmetingen en de voortreffelijke nauwkeurigheidswaterpassingen, waardoor het Amsterdamsch peil ook als Normaal peil voor het Duitsche Rijk is aangenomen. De roem van Snellius leeft zodoende in het buitenland voort door de voorgangers der wetenschap aan Neerland's academie-steden.

De geschiedenis van de cartographie en de géodétische verrichtingen in Denemarken, zoo als ze door professor Andrae in de inleiding van zijn belangrijk werk wordt verhaald, maakt een soortgelijken indruk, als men ontvangt bij voortgaande ontwikkeling van dien tak van wetenschap in andere landen, in Nederland en in Nederlands-Indië. Even als elders rijpte ook in Denemarken gedurende de eerste driehoeksmetingen, meestal ondernomen ter vervaardiging van kaarten, het denkbeeld van een oorspronkelijke graadmeting, doch kwam het al spoedig aan het licht, dat de uitgevoerde metingen niet konden dienen tot bereiking van een doel, waartoe die arbeid geenszins was ondernomen. Naarmate de vroegere waarnemingen aan ernstige critiek werden onderworpen, bleek het, dat de nauwkeurigheid der metingen was overschat, en daaraan geenszins de juistheid mocht worden toegekend, voor een graadmeting vereischt, waartoe de berekeningen, deels ook de metingen, hernieuwing vorderden. De uitkomsten van die verrichtingen kwamen later der Deensche natie en het buitenland ten goede in den vorm van met steeds toenemende nauwkeurigheid vervaardigde kaarten.

De eerste aanleiding tot het verrichten van driehoeksmetingen op groote schaal in Denemarken gaf het te Ko-

penhagen gevestigde Genootschap van Wetenschappen, hetwelk in het laatst van de vorige en in den aanvang van deze eeuw veel kaarten liet vervaardigen.

Ten einde de daartoe gevorderde gegevens te verzamelen, ving professor Bygge aan in het jaar 1765, gelijktijdig met een aantal ondernemingen van dien aard in Europa, met de opmeting van een reeks van driehoeken in de nabijheid van Kopenhagen, welke daarna werden voortgezet. Dientengevolge strekte het Deensche triangulatie-net zich spoedig uit, in verschillende reeksen verdeeld, van Seeland en de nabijgelegen eilanden over Fühnen, Langeland en het schiereiland, totdat het, in noordelijke en in zuidelijke richting voortgezet, tegen het laatst van de vorige eeuw het geheele koninkrijk omvatte van Skagen tot aan de rivier de Elbe. Nadat zodoende in Denemarken een meridiaanboog van ongeveer 4° uitgestrektheid was bepaald, ontstond in 1787 bij Bygge het denkbeeld om van deze driehoeksmeting gebruik te maken tot een oorspronkelijke graadmeting.

In de overtuiging, dat het onder zijn speciaal toezicht uitgevoerde werk voldoende nauwkeurig was geschied, achtte Bygge tot de verdere berekeningen nog alleen noodig een basis-meting, bij voorkeur met staven van glas op de wijze zoo als die in Engeland was geschied te Hounslow Heath door den generaal Roy (1784), en de bepaling der juiste breedte van verschillende punten. Waren met behulp van zoodanige basis alle driehoeken langs den meridiaanboog op nieuw berekend, dan behoeften slechts de vereischte herleidingen te worden aangebracht. In elk geval vermeende Bygge, dat de graadmeting in één, hoogstens in twee zomers kon worden voltooid. De uitvoering van het ontworpen plan bleef voorloopig achterwege.

In 1798 werd Bygge door de Deensche regeering afgevaardigd naar Parijs om deel te nemen aan de werkzaamheden der internationale commissie, aan welke op voorstel van Frankrijk het werk van Méchain en Delambre tot het vaststellen der eenheid van het metrieke stelsel zou worden voorgelegd, om dit stelsel door wetenschappelijken drang bij de andere gouvernementen aan te bevelen.

Bygge maakte thans van nabij kennis met de nieuwere methode, die vooral onder den invloed van Borda werd toegepast bij de meridiaan-meting in Frankrijk. Hoewel het nergens rechtstreeks blijkt uit het verslag van Bygge's zending, mag men aannemen, dat in Parijs zijn denkbeelden omtrent de eenvoudigheid eener meridiaan-meting aanzienlijk zijn gewijzigd, althans het Deensche Genootschap van Wetenschappen liet het voornemen om een graad-

meting te gronden op de reeds vroeger uitgevoerde triangulatiën, geheel los. Deze metingen, hoewel niet nauwkeurig genoeg voor een graadmeting, worden toch met het oog op het doel, waartoe zij waren ondernomen, nog heden geroemd. Zij dienden als grondslag voor de werkzaamheden, die reeds vóór het jaar 1800 aan de Deensche kaart een eervolle plaats toewezen naast de vermelde kaart van Cassini, en zijn nog kort geleden bij het ontwerpen van verschillende Deensche kaartwerken geraadpleegd.

Nadat Denemarken in 1807 in den algemeenen Europeeschen oorlog was betrokken, verliepen er eenige jaren, gedurende welke er geen sprake kon zijn van de uitvoering van kostbare wetenschappelijke ondernemingen. Nauwelijks was echter de vrede bestendig, of het vraagstuk van de graadmeting, daarmede van de vervaardiging eener astronomisch-geodetisch juiste kaart, trad in Denemarken op nieuw krachtig op den voorgrond. De omstandigheid, dat Frederik VI, toenmaals koning van Denemarken, doordrongen was van al het gewicht eener dergelijke wetenschappelijke onderneming, bovendien 's konings persoonlijke vriendschap voor den hoogleeraar in de sterrekunde Schumacher, bewerkten dat in 1816 de uitvoering van alle tot een graadmeting vereischte werkzaamheden aan dezen hoogleeraar werden opgedragen, die daarbij vorstelijk door den koning werd ondersteund.

De voorbereidende werkzaamheden, waaronder de oprichting van de sterrewacht te Altona met de daaraan verbonden zeldzaam rijke verzameling van instrumenten, wekte levendige belangstelling in geheel Europa. In den loop van het volgende jaar werd Holstein bezocht door een tal van beroemde astronomen, onder welke Gauss, Olbers, Bessel en Struve, die Schumacher's arbeid en de nieuwe sterrekundige inrichting van Altona in oogenschouw kwamen nemen. Op goeden grond mag worden beweerd, dat Denemarken op die wijze krachtig heeft meegewerkt om den weg te banen voor de groote geodetische ondernemingen, die kort na het Napoleontische tijdperk onder de leiding van voormelde geleerden in de Duitsche Staten en in Rusland zijn aangevangen. Zoo gaf de meridiaanmeting in Denemarken rechtstreeks aanleiding tot de graadmeting in Hannover, welke als de voortzetting van de Deensche is te beschouwen. De uitvoering werd door het Hannoveraansche bewind opgedragen aan Gauss, die daardoor op zijn beurt genoodzaakt was om zich gedurende langen tijd speciaal met hoogere geodetische studiën bezig te houden. Gauss woonde in 1818 te Lüneburg voor de eerste maal de waarnemingen bij van Schumacher, ving in 1821 de graadmeting aan in Hannover, en voltooide deze in 1827. In dit tijdperk

verscheen een reeks van geschriften, welke met de toepassing der methode van de kleinste kwadraten den naam van Gauss hebben vereeuwigd en tevens de richting afgebakend, waarin de wiskunstige wetenschap zich sinds heeft ontwikkeld. De graadmeting van Denemarken sluit vervolgens aan de triangulatie van Zweden, aan die van de Oostzeekusten door den Pruisischen generaal Baeijer, en aan de metingen van Bessel in Oost-Pruisen: aan welke gezamenlijke verrichtingen, zoo als straks is opgemerkt, de Middelen-Europeesche, daarna de Europeesche meridaan-meting meerendeels haar ontstaan te danken heeft.

Het ontwerp der graadmeting in Denemarken van Schumacher omvatte een reeks van primaire driehoeken langs den meridiaan van Lübeck tot Skagen, en een andere serie van driehoeken ter verbinding van Kopenhagen met de westkust van Jutland. Beide reeksen vormden te zamen een kruis met drie lange armen en een korten arm, laatstgenoemde ten westen van den meridiaan. De driehoekszijden aan de uiteinden van de lange armen bij Kopenhagen, Skagen en aan de Elbe zouden dienen tot basis. Vervolgens bleven door astronomische waarneming te bepalen, de breedte der beide uiteinden van dezen meridaanboog, van één daarop gelegen tusschenpunt en van Kopenhagen. Vuursignalen zouden dienen om het verschil in lengte van de uiteinden der parallel van Kopenhagen te meten.

Van 1817 tot 1821 zette Schumacher den arbeid onafgebroken, maar in de drie volgende jaren minder ijverig voort. In 1824 was de meridaanboog tusschen de Elbe en Lysabbel op het eiland Als getrianguleerd en het standpunt Lauenburg nauwkeurig verbonden met het Hannoveraansche driehoeksnet. De breedte-bepalingen geschieden met den zenith-sector van Ramsden, welke daartoe door de Engelsche regering was beschikbaar gesteld, terwijl in 1820 en '21 nabij Braack, in de nabijheid van Hamburg, met een speciaal daartoe vervaardigde toestel een basis werd gemeten, welke grondlijn diende zoowel voor de Hannoveraansche als voor de Deensche graadmeting, en met het net van driehoeken is verbonden.

Bij deze aansluiting, waartoe Gauss en Schumacher reeds vroeger waren overeengekomen, gaf de verbouwing van den kerktoren te Hokenhorn, waardoor een der aansluitingspunten verloren ging toen juist Gauss met zijn triangulatie tot den zuidelijken oever van de Elbe was genaderd, aanleiding tot een aanzienlijk oponthoud. Dientengevolge moest het zuidelijke gedeelte van Holstein in 1823 en '24 op nieuw worden gemeten, en werden tevens eenige nieuwe punten in het net opgenomen.

Van 1824 tot 1837 stond het werk geheel stil: grootendeels omdat Schumacher zich in dien tijd bezig hield met een gedetailleerde opneming van Holstein, totdat de vorderingen van de triangulatie in Zweden hem noodzaakten om de driehoeksmeting in Denemarken ten oosten van Kopenhagen, tot aansluiting der beide oevers van de Sond, te hervatten. Kortens later had Schumacher een nieuwe serie van driehoeken ontworpen in zuidelijke richting over Moën en Falster, ten einde zijn net te verbinden met de Pruisische opneming langs de kusten van de Oostzee; deze arbeid was in 1839 en '40 voltooid, toen de staatkundige verwickelingen met Duitschland in 1848 nieuw oponthoud veroorzaakten. Twee jaar vóór zijn dood (1850) smaakte Schumacher nog de voldoening de onder zijn naam zoo gunstig bekende kaart van Denemarken te zien verschijnen. Bovendien liet hij aan zijn opvolger ter voltooiing van het werk der graadmeting een gansche bibliotheek na van aantekeningen, onvoltooidde berekeningen, brouillons, kladstukken, schetsen, brieven en andere papieren, deels niet eens gerangschikt en waarvan sommigen niets te maken hadden met de graadmeting.

Het werk was sinds 1837, sluitende aan de vroeger gemeten driehoeken, gevorderd tot Dyret op het eiland Samsø, ter hoogte van Aarhus, alwaar de triangulatie van den parallel van Kopenhagen met den meridiaan werd verbonden. (Kaart 5) Met Hannover sloot de Deensche triangulatie aan langs de driehoekszijden Lauenburg—Lüneburg en Lüneburg—Hamburg; aan het net in Zweden te Malmö—Falsterbo, met Pruisen te Hiddensö—Darseort. Een andere verbinding van het Deensche net met de opmetingen in Pruisen en Mecklenburg bestond over Dietrichshagen en Lübeck. Behalve de basis te Braack was nog een andere grondlijn gemeten op het Amager-veld bezuiden Kopenhagen, met het toestel van Bessel, terwijl op een aantal standplaatsen azimuthale waarnemingen waren geschied.

Tot voltooiing van Schumacher's ontwerp moesten nog worden gemeten de meridaanboog van Dyret tot Skagen, een basis te Skagen, het gedeelte van den parallel tot aan den westkant van Jutland en het verschil in lengte tusschen de uiteinden van dezen parallelboog.

Dit geodetische testament werd in 1852, op voorstel eener commissie onder praesidium van den admiraal Zahrtmann aangeboden aan, en aanvaard door professor Andrae. Men besloot het verschil in lengte tusschen Kopenhagen en Altona te bepalen met behulp van den electro-telegraaf 1),

1) Les Mondes—5 Juin '73 n^o. 6.

Volgens een mededeeling van prof. Hilgard in de Amerikaansche

en de meting van den parallelboog, zonder juiste lengtebepalingen niet van belang voor de graadmeting, te staken. Eveneens achtte de commissie het meten der nieuwe basis te Skagen overbodig. Er bleef dus over, te meten den meridiaanboog tusschen Dyret en Skagen, en de voortzetting der driehoeken op den parallel van Kopenhagen tot de westkust van Jutland.

Alvorens daartoe over te gaan stelde de commissie voor, om de reeds gedurende dertig jaar door Schumacher verzamelde bouwstoffen behoorlijk te rangschikken, de onvoltooide berekeningen af te maken, en een omstandig verslag uit te geven, betreffende de tot dien tijd verrichte werkzaamheden, waarvan tot heden alleen melding was gemaakt door Bessel in diens bekende verhandeling, voorkomende in de „Astronomische Nachrichten”, n^o. 333 omtrent den vorm van de aarde. Diensvolgens ving prof. Andrae aan, bijgestaan door twee officieren van den generalen staf en van de marine, om de bescheiden van zijn voorganger te schiften. Eerst in het voorjaar van 1854 kon men met de berekeningen beginnen. Nauwlijks was professor Andrae zoo ver gevorderd, of hem werd, onder dergelijke omstandigheden als in 1809 in ons vaderland aan den generaal Krayenhoff bij diens benoeming door koning Lodewijk Napoleon tot Minister van Oorlog, in December 1854 den tantalus beker toegereikt voor de voltooiing van zijn geodetischen arbeid door aanbidding der portefeuille van financiën in Kopenhagen. Het werk der graadmeting kon pas in 1858 worden hervat.

Door tal van moeilijkheden opgehouden, grootendeels het gevolg van de wanorde in Schumacher's papieren, maar geholpen door professor Peters, den directeur van de sterrewacht te Altona, die het verschil in lengte tusschen Kopenhagen en Altona, een aantal breedten en de basis van Braack nauwkeurig berekende, was Andrae's arbeid in 1863 voldoende gevorderd om tot de uitgave over te gaan. Het uitbreken van den oorlog

Academie van wetenschappen is het verschil in lengte tusschen Europa en Amerika bepaald door den transatlantischen telegraafkabel tusschen Brest ($48^{\circ} 23' 36''$ NB.) en St. Pierre ($46^{\circ} 45' 0''$ N.B.) op de zuidkust van New-Foundland, en tusschen Valencia ($51^{\circ} 55' 8''$ NB.) op de westkust van Ierland en Heart's Content ($47^{\circ} 45' 0''$ NB.) op de oostkust van New-Foundland. De eerste afstand — ruim 3426 K.M. — werd overgeseind in 0.34"; de andere — 3664 K.M. — in 0.33". Het verschil in lengte tusschen Greenwich en Washington bedraagt $5^{\circ} 8' 12''$. (The Athenaeum, 24 Mai 1873).

in 1864 was oorzaak dat dit voornemen moest worden uitgesteld tot het volgende voorjaar.

Het Eerste Deel van „den Danske Gradmaaling” behandelt de primaire driehoeken op het eiland Seeland en hun verbinding met de triangulatie van Zweden en van Pruisen (Kaarten N^{os}. 5 en 6). In afwachting der herberekening van de basis bij Braack, welke in de jaren 1820 en '21 door Schumacher was opgemeten, en wyl de basis van Amager volkomen betrouwbaar was, verscheen het Eerste Deel in 1867 tijdig genoeg om den generalen staf te dienen bij het ontwerpen van de kaart in 1855. Bovendien maakte deze arbeid gemakkelijk de aansluiting van Denemarken aan de graadmeting van Middel-Europa, welke, nadat ook Rusland zich daarbij had aangesloten, den naam ontving van „de Europeesche graadmeting”. Denemarken nam daarbij de verplichting op zich om 'zijn triangulatie met die van Zweden te verbinden. Het Eerste Deel werd in 1872 gevolgd door het Tweede Deel, bevattende de primaire driehoeken langs den meridiaanboog van Lauenburg aan de Elbe tot Dyret en het overige gedeelte van den parallel van Kopenhagen.

Nadat reeds in den zomer van 1866 in Noord-Jutland tusschen Aarhus en Skagen de standpunten waren gekozen tot voltooiing der meridiaanmeting, werd de triangulatie het volgende jaar door den kapitein van den generalen staf Meldahl aangevangen en in 1870 voleindigd. De resultaten dezer berekeningen maken uit het onderwerp van het Derde Deel. Het Vierde Deel zal bevatten het astronomische gedeelte van de graadmeting, als de bepaling van de breedte, het azimuth der verschillende punten en het verschil in lengte tusschen Kopenhagen en Altona, welk verschil in den zomer van 1864 door prof. Peters is berekend.

Ten slotte is de triangulatie van Denemarken voltooid door meting van de driehoeken van den 2^{en} en den 3^{en} rang, zoodat de topographische opneming zonder oponthoud kan worden voortgezet.

Volgen wij in korte trekken den hoofdinhoud der drie tot nu toe verschenen deelen, betreffende de graadmeting.

Daar de driehoeksmeting op Seeland tot aansluiting met de Zweedsche triangulatie werd aangevangen in 1837, nagenoeg gelijktijdig met de graadmeting door Bessel en Baeyer in Oost-Pruisen; terwijl Schumacher er naar heeft gestreefd om hun werkwijze getrouw te volgen; tevens omdat tot de latere berekeningen Bessel's voorschriften nauwkeurig zijn behartigd, biedt de uitvoering der

driehoeksmetingen in Denemarken zeer veel overeenkomst met de triangulatie van Pruisen.

Uit de journalen, waarin de metingen in alle bijzonderheden voorkomen, zijn twee geheel van elkaar onafhankelijke reeksen van primaire driehoeken gekozen, welke onderling langs één zijde aansluiten. De driehoeken zijn, zooals Bessel voorschrijft, voor elke standplaats afzonderlijk in tafels verzameld. Onmiddellijk daarop volgen de herleidingen en correctiën der hoeken. Daar het echter bij een nader onderzoek was gebleken, dat bij de vroegere correctiën van Schumacher onnauwkeurigheden waren ingeslopen, zijn die herleidingen naar de oorspronkelijke brouillons op nieuw bewerkt. Behalve het uitvoerig verslag dienaangaande, bevat het Eerste Deel uitgebreide theoretische verhandelingen, rechtstreeks betrekking hebbende op die veranderingen of daarmede in verband staande.

Het Eerste Deel is verdeeld in negen hoofdstukken en een Aanhangsel.

Het 1ste hoofdstuk bevat de hoekmetingen en vangt aan met de beschrijving der standplaatsen voor de twee seriën van driehoeken. Beiden gaan uit van de basis te Amager en richten zich, de ééne serie westwaarts naar de Groote Belt, de andere oostwaarts naar Malmö-Falsterbo tot aansluiting met Zweden, daarna in zuidelijke richting naar Vigerløse op het eiland Falster, tot verbinding met Pruisen.

Voor de stations zijn zooveel doenlijk hooggelegen punten gekozen met een naar alle zijden vrij uitzicht. De Deensche geleerden hebben steeds voorzorgen getroffen om de getrianguleerde punten te allen tijde met zekerheid terug te vinden. Daartoe zijn de standplaatsen der getrianguleerde punten verzekerd door groote granietblokken op gemetselde fundeeringen. Een uitholling in het blok en een metalen cilinder tot bevestiging van het voetstuk van het instrument geven het juiste waarnemingspunt aan, zoodat het mogelijk is elke waarneming ieder oogenblik op de vroeger daartoe gebezigde plaats te herhalen. Bovendien heeft de Staat zooveel mogelijk die standplaatsen aangekocht: van de 16 hoofdpunten liggen er 2 in Zweden, 2 in Pruisen, de 12 overigen in Denemarken, waarvan 8 standplaatsen in eigendom van den Staat (1). Wanneer de gelegenheid daartoe gun-

(1) Gelijke voorzorgen zijn getroffen bij de laatste basismeting in ons land ($\pm 5970,78$ meter) in den Haarlemmermeerpolder langs den Spaarwouder-dwarsweg tusschen de forten de Liede en Schiphol, alwaar de juiste plaats der uiteinden door duidelijke merkteekens

stig was, werd immer bij de keuze van standplaatsen gebruik gemaakt van torens.

De meeste moeilijkheden bij de keuze van standplaatsen ondervond men bij de verbinding van Vigerløse en Darseort (Kaaten N^os. 5 en 6) op de Pruisische Oostzeekust, een afstand van zes Deensche mijlen (45.19 kilometer). Wijl de kusten van Pommeren uitsluitend bestaan uit naakte zandbanken en veeltijds door stormen worden geteisterd, moest men een buitengewoon groot signaal bouwen ten einde het instrument 63 voet (19,5 meter) en de heliotropen — signalen, die door reflectie van het zonlicht op een spiegelteje het standpunt zichtbaar maken — nog 20 voet (6,2 meter) hooger te kunnen stellen. Bovendien bleef men afhankelijk van de straalbreking en was de meting alleen bij voldoende opdoeming van de torenspitsen op de kust van Falster mogelijk.

Het eerste jaar mislukte de waarneming geheel. Het volgende jaar was de straalbreking zoo aanzienlijk, dat de hoeken zonder moeite werden gemeten; des avonds werd de geheele kust van Falster boven den horizont zichtbaar (1).

De meeste hoeken zijn gemeten door een theodoliet van Ertel met gecentreerden verkorten kijker en verdeelden rand van 15 duim (0,392 m.) middellijn. De aflezing geschiedde met vier noniën, welke in 1842 voorloopig en in 1844 definitief zijn vervangen door microscopen en micrometerschroeven; tevens had Repsold den rand voorzien van een geheel nieuwe verdeling. Op den St. Pieterstoren en den Nikolaastoren te Kopenhagen, eveneens tot het meten van eenige hoeken op de standplaatsen Store Møllehøi, Malmö en Falsterbo, alwaar de Deensche en de Zweedsche driehoeken aansluiten, bezigde men, jammer genoeg, een minder vertrouwbaaren theodoliet van 12 duim (0,313) middellijn van Reichenbach. Op de standplaatsen te Hiddensö en Darscort maakten de Pruisische geodeten gebruik van voormelden theodoliet van Ertel, door Bessel beschreven in zijn beroemd werk: „Die Gradmessung in Ost-Preussen.”

Behalve eenige door repetitie bepaalde hoeken te Store

wordt bewaard. Wijl deze voorzorg door den luit. generaal B. Kraijenhoff, en bij de later gemeten secundaire driehoeken is verzuimd, kan de juiste plaats van enkele primaire en secundaire punten thans niet meer met genoegzame zekerheid worden aangewezen.

Inmiddels heeft de ondervinding geleerd bij de graadmeting in Noord-Jutland, zooals straks zal blijken, dat deze voorzorgen om te vermelden redenen, nog geenszins voldoende zijn, om de plaatsen van waarneming immer met volkomen juistheid terug te vinden.

(1) Lees dienaangaande: Von Baeyer, die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie.

Möllehøi, geschiedde de waarneming van alle anderen op de Bessel'sche manier, door herhaalde meting heen- en terugwaarts, waarbij voor elk zichtbaar voorwerp de gemiddelde aanwijzing der vier noniën, daarna het middengetal voor elken hoek werd aangenomen. De meting geregeld vervolgende van links naar rechts, vond men door aftrekking de grootte van elken hoek. Bij herhaling van de hoekmeting werd telkens het nulpunt der randverdeling anders gesteld. — Tot het meten met den theodoliet van Reichenbach repeteerde men elken hoek vijf maal.

Het instrument werd opgesteld loodrecht boven het centrum van het station of van de daar buiten bepaalde standplaats. — Behalve op de stations, alwaar de torenspitsen zelve de richting juist aangaven, bezigde men heliotropen, om de as van de te meten standplaatsen juist te kunnen onderscheiden. Alleen bij de kortste driehoeks zijden maakte men gebruik van vierkante bordjes. De heliotropen en de bordjes zijn zuiver tegenover het midden der standplaats aangebracht en juist gecentreerd, zoodat op geen enkel punt van het net van driehoeken een correctie tot herleiding van de richtingslijn tot het midden van het signaal noodig bleek.

Voor elke standplaats zijn de voorloopig bepaalde gemiddelde waarden in een tafel verzameld, met vermelding van enkele bijzonderheden, als: de opstelling van den kijker, den naam der waarnemers — de hoogleraren Schumacher, Petersen, de kapiteins Nyegaard en Nehuus — en anderen. Aan het slot van elke tafel vindt men gewag gemaakt van de gebezigde torenspitsen of signalen en nadere bijzonderheden betreffende het standpunt, de wijze waarop de opstelling van het instrument voor later is aangewezen, enz.

Na ontwikkeling van de theorie, volgens welke door Bessel in Pruisen 1), de correctie heeft plaats gehad van de fouten tot het vaststellen van de hoekwaarden en van de daarbij gebruikte vergelijkingen, zijn in het 2^e hoofdstuk de vereischte wijzigingen aan de hoeken gebracht, ten einde de metingen tot een behoorlijk aansluitend geheel te vereenigen.

Het 3de hoofdstuk bevat een uitvoerige verhandeling omtrent de berekeningen van de driehoeken, met Gauss's toepassing van de theorie van Legendre, volgens welke de bolvormige driehoeken worden uitgespannen tot platte driehoeken, waarvan de zijden even lang zijn als die van de bolvormigen, doch de hoeken worden verminderd met een derde gedeelte van het spherisch exces.

Deze correctiën zijn in de volgende hoofdstukken toegepast op de driehoeken, gelegen tusschen Nicolai (Kopen-

1) Die Gradmessung in Ost-Preussen, etc.

hagen) Store Møllehøi en Refsnaes-Kløveshøi. Deze zijden dienden tot aansluiting der op verschillende tijden gemeten reeksen van driehoeken, en hun onderlinge verbinding met de triangulatie van Zweden en van Pruisen.

Het 6de hoofdstuk is gewijd aan de beschrijving van de wijze, waarop in het najaar van 1838 een basis nabij Kopenhagen is gemeten. Hiertoe was een zeer gunstig gelegen terrein uitgekozen op Amager langs de oostelijke grens van de polygoon der artillerie (Kaart No. 8).

De gemeten basis behoort, uithoofde van haar lengte — niet meer dan 1385 toises du Pérou (2689,365 meter) tot de zoogenaamde kleine basissen, die, volgens Schwerd 1) en Bessel verre de voorkeur verdienen boven de in vroegeren tijd gemeten basissen van grootere uitgestrektheid, zoo als bij de bespreking van de middelbare fout in de berekening der driehoeks zijden wordt aangetoond.

De later door Bessel opgenomen basis in Oost-Pruisen mat slechts 935 toises (1822, 315 meter); de lengte der driehoeks zijden bedroeg 20 tot 30.000 toises.

De basis van Amager is door Schumacher gemeten volgens de voorschriften, bovendien met het eigen toestel van Bessel, hetwelk daartoe welwillend door de Pruisische regeering is afgestaan. Hetzelfde instrument is in 1839 gebezigd voor de Zweedsche basis nabij Upsala, in 1841 te Berlijn, te Bonn, te Breslau, eveneens in België bij Lommel en bij Ostende. Bessel heeft in zijn „Gradmessung in Ost-Preussen” een omstandige beschrijving gegeven van het toestel, zoodat dienaangaande bij het doel van dit overzicht in geen details zal worden getreden. Tot algemeen begrip diene, dat het toestel bestond uit vier ijzeren meetstaven, elke ter lengte van ongeveer 2 toises (3,898 meter) en een zinken staaf van gelijke dikte, welke met de eerste door een schroef aan de achterzijde onwrikbaar was verbonden, terwijl de voorzijde vrij kon schuiven over de onderliggende ijzeren maatstaaf. Aan de uiteinden van de zinken staaf waren wigvormig uitlopende stukken staal ingelaten, met de scherpe kanten evenwijdig aan het bovenvlak van de staaf; het vooreinde van de ijzeren staaf was voorzien van een dergelijk stuk staal, waarvan de scherpe kanten loodrecht stonden op voornoemd vlak. Elke meetstaaf rustte in een soort van ijzeren raam, met een stelschroef aan de achterzijde, zoodat gedurende het meten aan de staaf een kleine beweging vóór- of achterwaarts kon worden gegeven om haar stelling tegenover de naast aansluitende meetstaaf te regelen.

1) Die kleine Speyerer Basis.

Deze meetstaven werden niet horizontaal gelegd, maar volgden het terrein; de helling werd afgelezen met behulp van een daartoe ingericht waterpas, op het midden van de meetstaaf.

Het toestel vormde een volledige metaal-thermometer, die de lengte van de meetstaaf bij elke temperatuurverandering rechtstreeks aangaf door waarneming van den afstand tusschen de scherpe kanten der stalen wiggen. Deze afstanden en die tusschen twee naast elkaar liggende meetstaven werden gemeten met behulp van kleine glazen wiggen onder een hoek van $1\frac{2}{3}$ graad, waarvan één der zijvlakken zoodanig was verdeeld, dat de afstanden voldoende nauwkeurig tot in duizende deelen van lijnen (2,179 millimeter) konden worden afgelezen. Tot correctie dezer aflezingen, welke uit den aard der zaak nimmer geheel nauwkeurig zijn, had Bessel tafels opgemaakt. Bovendien was elke meetstaaf van een kwikthermometer voorzien.

Bij de meting werden de vier meetstaven met behulp van de stelschroeven nauwkeurig in elkaars verlengde gelegd; daarna werden het waterpas, de kwikthermometer, de metaal-thermometer, de tusschenruimten onderling en tot de volgende meetstaaf voor de beide voorste staven afgelezen. Vervolgens nam men, wanneer de meetstaven lagen b.v. in de volgorde 1, 2, 3, 4, de meetstaaf 1 op en lag die vóór n^o. 4, en vervolgde de aflezing voor n^o. 3, terwijl nogmaals de afstand van n^o. 3 tot n^o. 2 werd waargenomen. Daarna kwam n^o. 2 vóór n^o. 1 en volgde de aflezing voor n^o. 4, de tusschenruimte van n^o. 4 tot n^o. 3, enz.

Het bovenstaande geeft slechts een algemeen denkbeeld van de gevolgde methode tot het meten van de grondlijn. Prof. Andrae vermeldt een aantal bijzonderheden, als omtrent de aanwijzing van de eindpunten, welke door koperen cilinders op granietblokken waren bevestigd, hoe het werk dagelijks werd aangevangen, des namiddags afgebroken, den volgenden dag weder hervat, enz.

Het meten van de basis werd aangevangen op den 19den September 1838, onafgebroken in zuidelijke richting voortgezet en op den 1sten October daaraanvolgende voltooid. De basis is in haar geheel slechts eenmaal gemeten; enkele gedeelten omtrent wier nauwkeurigheid twijfel rees, zijn hermeten. De aflezing der 174 meetstaven, waarin de basis was verdeeld, en van de hermeten fractiën zijn in tafels verzameld. Na afloop van de noodige correctiën als de herleiding tot het oppervlak der zee, de aflezing met de glazen wiggen, de verandering, die de uitzettings-coëfficiënten der onderdeelen van het toestel na verloop van eenige jaren ondergingen, enz. bleek de lengte der gemeten basis te zijn 1385, 83211 toises de Pérou, waarvan de

logarithme tot in zeven decimalen wordt uitgedrukt door 3,1417106.

Deze basis is vervolgens in het net van driehoeken opgenomen, ten einde verder alle afstanden tusschen de stations onderling en van deze tot de tusschengelegen voorwerpen te bepalen.

Een tabel, behoorende bij het 7e hoofdstuk, geeft een duidelijk overzicht van de einduitkomsten. De eerste kolom bevat de gewijzigde waarde der rondgemeten hoeken; de tweede kolom, de definitief bepaalde hoekwaarden na correctie van de verschillen tusschen de sommen van de koördendriehoeken en 180° ; de derde kolom vermeldt de logarithmen der afstanden van de standplaats tot de verschillende punten, welke afstanden voorts in de vierde kolom voorkomen.

De hoekmetingen o. a. tot bepaling van de lengte en de breedte van Kopenhagen, welke niet van het centrum der standplaatsen (meestal torens) maar van nabij gelegen punten moesten geschieden, zijn in het 8ste hoofdstuk aan een nauwkeurige herleiding volgens de leer der kleinste kwadraten onderworpen. Bovendien zijn op de verschillende standplaatsen de hoeken gemeten met alle duidelijk zichtbare voorwerpen, voornamelijk kerktorens, zoodat overvloedige gegevens voorhanden waren tot bepaling van alle vaste punten ten dienste van de topographische werkzaamheden en tot vervaardiging van de Deensche stafkaart op de schaal van 1,40,000 en van 1,80,000.

De resultaten dezer hoekmeting zijn in het laatste of 9de hoofdstuk voor elke standplaats afzonderlijk in tafels verzameld. Op elk station is de horizont rondgemeten met vermelding van de oorspronkelijk bepaalde en daarna herleide waarden van alle hoeken. In den regel werden de hoeken afgelezen met den theodoliet van Ertel: enkelen zijn gemeten met den theodoliet van Reichenbach tot 3-, 4- of 5-voudige repetitie.

De meeste hoeken — 216 in getal — zijn gemeten op den toren van de Nicolaas-kerk te Kopenhagen; op het zuidelijk uiteinde van de basis op het schiereiland Amager geschieden slechts 14 metingen.

Het Aanhangsel, behoorende bij het Eerste Deel, bevat ophelderingen van wiskundigen aard, als omtrent de leerwijze van Legendre, de correctie der metingen volgens de leer der kleinste kwadraten, enz. Een drietal platen verduidelijken de verbinding van de Deensche triangulatiën met de driehoeken in Zweden en Pruisen, de primaire driehoeksmeting op Seeland en de naburige eilanden, en de verbinding van de basis op het schiereiland Amager met deze driehoeksmeting.

De laatste plaat geeft een teekening van het toestel van Bessel, gebezigd tot het meten van de basis, en van eenige kerktorens van Kopenhagen.

Het Tweede Deel der Deensche Graadmeling behandelt, als reeds gezegd, de primaire driehoeken van de Elbe tot Samsö en de verbinding met het net van driehoeken op Seeland.

Dit gedeelte van prof. Andrae's arbeid is verdeeld in twee afdeelingen. De eerste bevat de driehoeken van Refsnaes—Kløveshøi op Seeland, met Samsö, Fühnen en de Kleine Belt — tot de zijde Lysabbel—Fakkebjerg, gelegen op Als en het zuidelijke uiteinde van Langeland. De tweede afdeeling is gewijd aan de vroeger door Schumacher verrichte driehoeksmeting tusschen Lauenburg en Lysabbel.

De bewerking der eerste afdeeling is, evenals die van het Eerste Deel, uitsluitend geschied naar de brouillons en de journalen.

Met betrekking tot de metingen langs het zuidelijke gedeelte van den meridiaanboog tusschen Lauenburg en Lysabbel, welke meer dan een halve eeuw geleden hadden plaats gehad met twee Reichenbach'sche theodolieten — één van 8 duim, de andere van 12 duim middellijn — door toepassing van de repetitie-methoden, kwamen bij latere berekening uit de oorspronkelijke bescheiden onnauwkeurigheden te voorschijn. Deels waren deze fouten het onvermijdelijke gevolg van de vroeger gebezigde instrumenten, anderdeels vloeiden ze voort uit de minder regelmatige werkwijze, de onvoldoende aflezing der noniën, veranderingen, die het instrument onderging bij het omleggen van den kijker, enz. Om die redenen zijn alle metingen en berekeningen der tweede afdeeling op nieuw bewerkt met verwerping van alle twijfelachtige uitkomsten.

De behandeling van de eerste afdeeling komt nagenoeg geheel overeen met die van de hoofdstukken 1, 2, 4, 5, 7 en 9 van het Eerste Deel, maar zonder theoretische verklaringen en met toepassing op de reeks driehoeken, welke zich uitstrekken van Refsnaes—Kløveshøi in noordelijke richting tot Dyret, zuidwaarts naar Lysabbel-Fakkebjerg, tot aansluiting met de vroegere driehoeksmeting van Schumacher. Alle herleidingen en correctiën zijn gerangschikt op de vroeger aangegeven wijze.

Tot de hoekmeting is alleen de theodoliet van Ertel gebezigd. Alle tafels zijn ingericht als in het Eerste Deel. De tafel, behoorende bij het 4^{de} hoofdstuk, komt overeen met dien van het 7^{de} hoofdstuk in het Eerste Deel, en vermeldt de eindresultaten der laatste driehoeksmetingen op Seeland. In

westelijke richting voortgaande, is de vroeger berekende zijde Kløveshøi—Refsnaes tot basis aangenomen. Bij de tafels van het 4^{de} hoofdstuk verdient het opmerking, dat op het standpunt Trolldemosebanke 222 hoeken zijn gemeten.

Straks is medegedeeld tot hoe ver Schumacher in 1824, toen de triangulatie in Holstein en Sleeswijk tijdelijk werd gestaakt, was gevorderd met de meting van den meridiaanboog van Lauenburg. De tweede afdeeling treedt dienaangaande in een breedvoerige herhaling en vermeldt enkele bijzonderheden omtrent de door Schumacher gevolgde methode. Zijn hoekmetingen geschieden met vier of vijf verschillende theodolieten van Reichenbach van 12 duim middellijn. Het blijkt echter niet uit Schumacher's aantekeningen, waar en op welke standpunten de verschillende instrumenten zijn gebezigd. Schumacher oordeelde ze allen even nauwkeurig: inderdaad leiden de verkregen resultaten er geenszins toe om dit gevoelen in twijfel te trekken. Behalve voornoemde instrumenten bezigde Schumacher nog, althans in den aanvang, verschillende theodolieten van 8 duim middellijn. De daarmede verrichte waarnemingen zijn later door Schumacher verworpen wegens het onvoldoende optische vermogen der kijkers.

Overigens paste hij uitsluitend de repetitie-methode toe. De reeksen van hoeken, gemeten nu eens van links naar rechts dan weer in tegenovergestelde richting, wijzen enkele malen 40 tot 50 repetitiën aan, terwijl de aflezing met de vier noniën niet alleen bij het begin of het einde, maar ook midden in de reeks plaats had. Later bracht Schumacher daarin verandering door soms, niet onwaarschijnlijk ten koste van de nauwkeurigheid, midden in een reeks de repetitie in tegenovergestelde richting van rechts naar links of omgekeerd te vervolgen.

Aanvankelijk geschieden alle waarnemingen met den kijker in dezelfde richting. Pas in het laatst van 1818 maakte Schumacher gebruik van de thans algemeen gevolgde methode tot het omleggen van den kijker, waarbij even zeer op de nauwkeurigheid van het instrument en op voldoende onveranderlijkheid van de opstelling moet worden vertrouwd. Dientengevolge is er wel enig verschil tusschen de vroegere en de latere uitvoering der hoekmetingen: doch deze wijziging is zonder invloed gebleven op de nauwkeurigheid der uitkomsten.

De hoeken zijn excentrisch gemeten d. i. buiten de as van het standpunt. In den octagoon boven den koepel van den Michaëlis-toren te Hamburg, waarvan het centrum door een pilaar wordt ingenomen, moest het hoekmeet-instrument 44 maal worden verplaatst.

Ook kon men slechts zelden juist op het midden van het

tot doel der meting gekozen voorwerp viseeren; meestal noodzaakte de bouw van den toren om de meting iets buitenwaarts te richten. Het gevolg daarvan waren een aantal omslachtige en moeilijke herleidingen. Aan de excentrische opstelling van het meet-instrument, aan het dikwerf voorkomende bezwaar om de as van scheeve torens met juistheid te bepalen, en aan een minder gelukkige keuze van signalen, mogen de verschillen tusschen de metingen van Schumacher en latere berekeningen worden toegeschreven. Hoewel de heliotropen in 1821 werden uitgevonden, heeft Schumacher zelden daarvan gebruik gemaakt; zijn proeven met reflectors waren van ondergeschikte beteekenis.

De hoekmetingen zijn voor elke standplaats in afzonderlijke tafels verzameld, met vermelding van alle eenigszins belangrijke bijzonderheden. Bovendien is het centrum van de standplaats steeds nauwkeurig omschreven.

Elke tafel bestaat uit vier rubrieken. De eerste vermeldt het nummer en den datum der waargenomen reeksen, den naam van den observator (professor Schumacher, de officieren der genie Caroc en Nehus en de luit. der marine Zahrtmann), het gebezigde instrument — een theodoliet van 12 of van 8 duim — en de stelling van den kijker ten opzichte van den waarnemer. In de tweede rubriek staan de repetitiën en het aantal graden, gerekend van het uitgangspunt tot de aflezing van de laatste repetitie. De derde rubriek geeft de grootte van den hoek, de correctiën voor het object ter rechter en ter linker zijde, en de herleiding tot de as van het signaal. De vierde rubriek bevat de gecorrigeerde hoeken.

Het volgende hoofdstuk der tweede afdeeling levert een volledige verhandeling omtrent de methode tot berekening en herleiding der bij repetitie gemeten hoeken. Een enkele verwijzing naar de daaromtrent ontwikkelde theorie van Bessel, voorkomende in n^o. 256 der „Astronomische Naehrichten,” oordeelde prof. Andrae onvoldoende, wijl Schumacher in verscheidene opzichten van den geregelden tot repetitie te volgen weg was afgeweken. Daarom zijn de reeksen, naarmate de hoeken op dezelfde of op verschillende wijze zijn gemeten, in negen groepen verdeeld, met onderscheiding van de metingen, welke ten noorden en ten zuiden van de linie Lübeck—Segeberg zijn uitgevoerd; terwijl de hoeken, die door een zelfden observator met hetzelfde instrument zijn gemeten, weder afzonderlijk zijn gegroepeerd. Daarna is de definitieve waarde van de hoeken, gelegen tusschen Lysabbel-Fakkebjerg en Segeberg-Lübeck ten noorden, tusschen laatstgenoemde linie en Lüneburg-Lauenburg ten

zuiden, door toepassing van de vroeger beschreven berekeningen en herleidingen bepaald.

De nieuwe berekening door prof. Peters van de reeds in 1821 door Schumacher gemeten basis van Braack (zie Kaart N^o. 7) maakt het onderwerp uit van het 6de hoofdstuk, dat als officieel verslag dezer berekening in de oorspronkelijke (Duitsche) taal is opgenomen. De lengte dezer basis was in de briefwisseling tusschen Gauss en Schumacher berekend op 3014, 5799 toises, doch met de bemerking, dat daarbij verscheiden correctiën waren verwaarloosd en de lengte niet tot de oppervlakte der zee was herleid.

Daar deze herleidingen van meer belang zijn dan de onnauwkeurigheden, welke bij de zeer zorgvuldig uitgevoerde meting van de basis konden voorkomen, heeft de berekening op nieuw plaats gehad. Prof. Peters geeft een omstandige beschrijving van het door Schumacher gebezigde meettoestel, van de wijze, waarop die meting is geschied, en de verschillende daarbij in acht genomen correctiën, als voor de aansluiting op de eindpunten, de wijzigingen in de lengte der meetstaven als gevolg van temperatuur-verandering, de herleiding van de gebroken gedeelten tot de rechte lijn, tot het oppervlak der zee, enz. Als resultaat der berekeningen en herleidingen van professor Peters bedroeg de geheele lengte van de door Schumacher gemeten basis bij Braack 3014,48021 toises.

Hoewel deze berekening door prof. Peters met de grootste nauwkeurigheid is geschied, blijft de juistheid van de oorspronkelijke metingen in veel opzichten aan twijfel onderhevig, zoodat aan de laatst berekende lengte geen al te groote waarde mag worden toegekend. Schumacher heeft o.a. niet voldoende rekening gehouden met de verandering in de lengte der meetstaven door het verschil der temperatuur des morgens en des avonds. Het nader onderzoek van Struve op de Pulkowa omtrent den uitzettings-coëfficiënt 1) van Schumacher's meetstaven, maakte een nieuwe correctie van de basis noodzakelijk, zoodat de lengte van 3014,48021 toises tot 3014,45115 werd herleid. De logarithme dezer waarde, zijnde 3,4792083, verschilt met die van Schumacher 185 eenheden van de zevende decimaal. Bereken men daarentegen de basis van Braack, uitgaande van de basis bij Amager, dan wordt de logarithme der basislengte te Braack 3,4791830, verschillende 235 éénheden van de zevende decimaal van de lengte der basis, na de correctie door Struve aangebracht. Dit gemis aan overeenstemming heeft veroorzaakt, dat tot een definitieve berekening der

1) Arc du méridien entre le Danube et la mer glaciale. Tome I, page 51.

hoeken en zijden van het triangulatie-net geen gebruik is gemaakt van de basis bij Braack. Te eerder besloot men daartoe, omdat deze basis in 1871 geheel op nieuw door Pruisische geodeten met het toestel van Bessel is hermeten. Tot berekening der driehoeken is men uitgegaan van de lengte der zijde Lysabbel-Fakkebjerg, welke de aansluiting vormt tusschen de triangulatiën van de eerste en de tweede afdeeling.

De definitieve waarden van alle hoeken en zijden, gelegen tusschen Lysabbel-Fakkebjerg en Lüneburg-Lauenburg, zijn ten slotte in het laatste (7de) hoofdstuk, in een afzonderlijke tafel verzameld.

Evenals het Eerste Deel sluit ook het Tweede met een Aanhangsel, waarin nadere toelichtingen.

Belangrijk zijn daarbij de bemerkingen omtrent de voorloopig bepaalde lengte van den meridiaanboog tusschen Lauenburg en Lysabbel.

Vroeger was de lengte door Bessel, in diens verhandeling omtrent den vorm van de aarde (astronomische Nachrichten n^o. 333) op grond van oudere metingen van Schumacher, aangenomen op 87436,538 toises. Door echter gebruik te maken van het azimuth der zijde Michaëlis-Segeberg, (Kaart No. 7) hetwelk door Schumacher was bepaald op 207° 14' 56", 93, verkrijgt men voor de afstanden tusschen de parallellen:

Lauenburg en Michaëlis (Altona) 9696,870 toises

Michaëlis en Lysabbel 77395,109 „

Zoowel in Lauenburg als bij Lysabbel werd de zenith-sector buiten de as van het standpunt geplaatst, en wel volgens Schumacher, bij eerstgenoemde plaats 413,35 toises ten zuiden, bij Lysabbel 14,508 toises ten noorden, zoodat de lengte van den meridiaanboog tusschen de standplaatsen van den sector bedroeg:

$9696,870 + 77395,109 + 413,35 + 14,508 = 87519,837$ toises zijnde 83,3 toise meer dan de hierboven bepaalde lengte. Intusschen was deze berekend uit de lengte van de basis bij Braack, en zou dus voor den meridiaanboog het grootste cijfer moeten geven.

Het lijkt geen twijfel, dat bij de vroegere berekening van dezen meridiaanboog een belangrijke fout is ingeslopen. Schumacher's papieren bevatten echter geen toelichting aangaande de wijze, waarop die lengte is berekend; zoodat het niet mogelijk is na te gaan, waar de fout schuilt.

Het Derde Deel van „den Danske Gradmaaling” voltooit met de beschrijving en de berekening van de overige driehoeken het géodetische gedeelte van Andrae's arbeid. Dit stuk is verdeeld in vier afdeelingen. De eerste afdeeling behandelt de metingen van den kapitein Meldahl in de

jaren 1867-70 tot bepaling van den meridiaanboog ten noorden van de lijn Trolldemosebanke-Dyret en het eindpunt bij Skagen (Kaart No. 5). De hoekmetingen geschieden uitsluitend met den theodoliet van Ertel van 15 duim, onder toepassing van de vroeger beschreven Bessel'sche methode. Door uiterst zorgvuldige waarnemingen en vermeerdering van het aantal punten heeft men er blijkbaar naar gestreefd om de best mogelijke uitkomsten te bereiken; dientengevolge is tevens de invloed verminderd van fouten, welke naar latere berekeningen de oorspronkelijke werkwijze van Bessel aankleven, zooals reeds in het Tweede Deel (bijlagen III en VII) werd aangetoond.

Omtrent de triangulatie in Noord-Jutland valt op te merken, dat de meest zuidelijk gelegen driehoek Trolldemosebanke-Dyret-Eiersbavnehöi reeds vroeger was bepaald door Schumacher, wiens metingen in het jaar 1847 waren afgebroken. Intusschen had men, om later de geodetische opneming langs den meridiaanboog tot Skagen voort te zetten, als naastvolgende stations Saaring Laadnehöi en Ellemansbjerg uitgezocht, aldaar fundeeringen gemetseld voor de granietblokken, tot opstelling van het instrument, enz. Bij hervatting der metingen bleek het echter, dat die punten minder gelukkig waren gekozen. Het met bosschen bedekte terrein tusschen Aarhus en Randers belemmerde het uitzicht in noordelijke richting en bood schier onoverkomelijke bezwaren tot voortzetting van de driehoeksmetingen. Kapitein Meldahl bepaalde daarom verder noordwaarts twee andere punten te Lysnet en te Agri Bavnehöi met een vrij uitzicht tot op verren afstand in noordelijke en in zuidelijke richting, welke nieuwe standplaatsen gemakkelijk met Dyret en Eiersbavnehöi konden worden verbonden. Uit het Eerste deel blijkt, dat men niet alleen de overtollige stations Saaring Laadnehöi en Ellemansbjerg verwierp, maar bovendien den driehoek Trolldemosebanke-Dyret-Eiersbavnehöi door zelfstandige meting op nieuw bepaalde. Bij voortzetting van de secundaire triangulatie, welke geheel gegrond was op de primaire metingen, snitte de generale staf in 1865 op onverklaarbare afwijkingen in de richting Trolldemosebanke—Eiersbavnehöi. Naar aanleiding daarvan werden het volgende jaar alle hoeken van den betrokken driehoek hermeten en vond men toen waarden, die dermate afweken van de vroegere uitkomsten, dat het niet mogelijk was, om deze verschillen eenvoudig toe te schrijven aan fouten bij de meting of de herleiding. Om de ware oorzaak te vinden, tevens om bij de verdere graadmeting de vereischte nauwkeurigheid te bereiken, besloot men de hermetingen voort te zetten, en koos als uitgangspunt voor de

meting van den verlengden meridaanboog de zyde Trolde-mosebanke-Dyret in plaats van Eiersbavnehöi-Dyret. In de onderstaande tafel zijn de verschillende hoekwaarden vermeld.

| | HOEKEN. | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1847. | 1866. |
| Trolde-mosebanke Dyret..... | 85° 24' 37", 34 ± 0", 14 | 85° 24' 44", 27 ± 0", 88 |
| Eiersbavnehöi.... | 36° 01' 04, 69 0,57 | 36° 01' 06", 92 0,59 |
| | 58° 34' 19, 69 0,54 | 58° 34' 13", 04 0,48 |
| Totaal.... | 180° 00' 01" 72 ± 0", 90 | 180° 00' 04" 23 ± 1,16 |
| Spherisch Exces. | 2,95 | 2,95 |
| | | 180° 00' 02" 77 ± 0", 51 |
| | | 2,95 |

Neemt men nu in aanmerking, dat de standplaats van het instrument op elk der drie stations door graniet-steen op gemetselde fundeeringen was bevestigd, dan geven de gevonden verschillen aanleiding tot de onderstelling, dat één of meer dezer triangulatie-punten in het tijdsverloop tusschen 1847 en 1866 vrij belangrijke bewegingen of verplaatsingen moeten hebben ondergaan. Tot nu toe had men aan de mogelijkheid van dergelijke bewegingen bij gemetselde punten op den bodem niet gedacht, en alleen de minder gunstig gebouwde of gelegen torens vermeden, welke soms worden afgebroken, of waar bij verbouwing als anderszins het juiste opstellingspunt van het instrument allicht verloren gaat. Pas in lateren tijd waren maatregelen getroffen om het standpunt van het instrument te waarmerken, maar zonder dat men zich had afgevraagd of de bodem zelf, zoo als de ondervinding reeds herhaaldelijk aantoonde, verplaatsingen, verheffingen of dalingen kan ondergaan, die invloed uitoefenen op de vaste ligging der merksteen. Voor vulkanische landen is

het antwoord op deze vraag niet moeielijk, en nog onlangs bevestigd in Klein-Azië. Na de aardbeving aldaar van 11 April jl., is het groote eiland Chios één meter gezonken en de bodem van de zee, tusschen het eiland en het vasteland bij Smyrna opgeheven. In plaats van 45 vademen, is de zee daar nu 15 vademen diep. Maar aangezien ook in andere gewesten, waar geen sprake is van vulkanische werkingen, af en toe veranderingen in de aardopervlakte, verheffingen of verzinking worden waargenomen, bovendien niet altijd in zuivere verticale richting, mag het terecht verwondering wekken, dat nimmer bij de aangifte van de gekozen standplaatsen op deze omstandigheid de aandacht is gevallen. Nadere metingen gedaan in 1869 door den kapitein Meldahl te Trolde-mosebanke en te Skamlingsbanke tot verbinding van de Deensche graadmeting met de nieuw uitgevoerde metingen in Pruisen en de Hertogdommen, schenen te bevestigen, dat de bedoelde verplaatsing in den bodem zich uitsluitend had bepaald tot Eiersbavnehöi, zonder zich over de lijn Trolde-mosebanke-Dyret uit te strekken. Deze hypothese aannemende, heeft men den arbeid in Jutland voortgezet, bovendien Refsnaes ten behoeve van Trolde-mosebanke en van Agri Bavnehöi, eveneens Veirhöi voor laatstgenoemd punt en Dyret in het net opgenomen. Hoewel zoodoende de afwijkingen naar alle waarschijnlijkheid betrekkelijk gering zullen zijn, verdient het in Jutland waargenomen feit van verandering in de ligging der merksteen, ook in Nederland, inzonderheid in Nederlandsch-Indië met zijn vulkanische terreinen, alleszins de aandacht bij de verdere uit te voeren triangulatiën en de geographische opneming. Wanneer toch de vaste punten in den bodem werkelijk onderhevig zijn aan kleinere of grotere, voor het gevoel onmerkbaar verplaatsingen, dan valt het niet te ontkennen, dat het grondbeginsel, waarop tot heden alle uitgevoerde driehoeksmetingen berusten, grootendeels wordt omver geworpen. Als gevolg daarvan, rijzen er voor de wetenschap nieuwe vraagpunten, wier oplossing met groote moeilijkheden zal zijn verbonden.

De tweede afdeling van het Derde Deel bevat de laatste seriën van driehoeken langs de kust, welke van 1839 tot 1841 zijn gemeten door Deensche en Pruisische geodeten. In het westelijke gedeelte van de Oostzee is op die wijze een nieuwe zuidelijke verbinding tot stand gekomen tusschen de in het Eerste en het Tweede Deel vermelde seriën van driehoeken, uitgaande van de nabij Kopenhagen gemeten grondlijn. Na verbinding van de Deensche standplaatsen Kongsbjerg op Moën en Vigerlöse op Falster (Kaart No. 5) met Hiddensö en Darseort op de Pruisische kust, zijn de metingen in westelijke richting van de driehoek-

zijde Vigerlöse — Darscort voortgezet over Dietrichshagen, Hohen-Schönberg en Burg, terwijl de metingen bij Fakkebjerg, Bungsberg en Lübeck sluiten aan de hoofd-driehoeken langs den meridiaanboog. Omtrent de waarnemingen te Darserort, Dietrichshagen, Hohen Schönberg en Lübeck, allen gelegen op Pruisisch grondgebied, vindt men uitvoerige bijzonderheden in het werk van den generaal Baeijer „Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie.”

Professor Andrae hecht weinig waarde aan de herleiding van de excentrische metingen op de noordelijke torenspits van de Maria-kerk te Lübeck. (Kaart No. 7). Het middelpunt van dit signaal wordt gevormd door een hoog boven het waterspiegel uitstekende stang, welke in het tijdsverloop van 1817 tot 1840 tusschen de Deensche en de Pruisische metingen naar alle waarschijnlijkheid wel eenigszins van plaats en van toestand zal zijn veranderd.

Van de vier Deensche stations waren Vigerlöse, Fakkebjerg en Bungsberg reeds vroeger opgenomen in het driehoeksnet: het station te Burg daarentegen is nieuw gekozen ten behoeve van de kustmetingen.

Nadat op die wijze de onderdeelen van het triangulatiernet tot een regelmatig aaneensluitend geheel waren samengevoegd, konden alle driehoeken op de sferodiale oppervlakte der aarde worden nedergeslagen en de coördinaten berekend voor de ligging van de hoofdpunten. Deze

bewerking vormt het onderwerp van de vierde afdeeling, de laatste van het Derde Deel, waarbij tevens de tot overdracht van de geographische breedte, lengte en het azimuth gebezigde formules breedvoerig zijn ontwikkeld.

Professor Andrae brengt rechtmatige hulde aan de uitstekende hulp, welke hij bij zijn arbeid heeft gevonden van verschillende officieren n.l. den kapitein Ravn — in 1873, belast met de portefeuille van marine in Kopénhagen —, Meldahl en Zachariae, welke door hun uitgebreide kennis en onverdroten inspanning krachtig tot het welslagen van het moeilijke werk der graadmeting hebben bijgedragen.

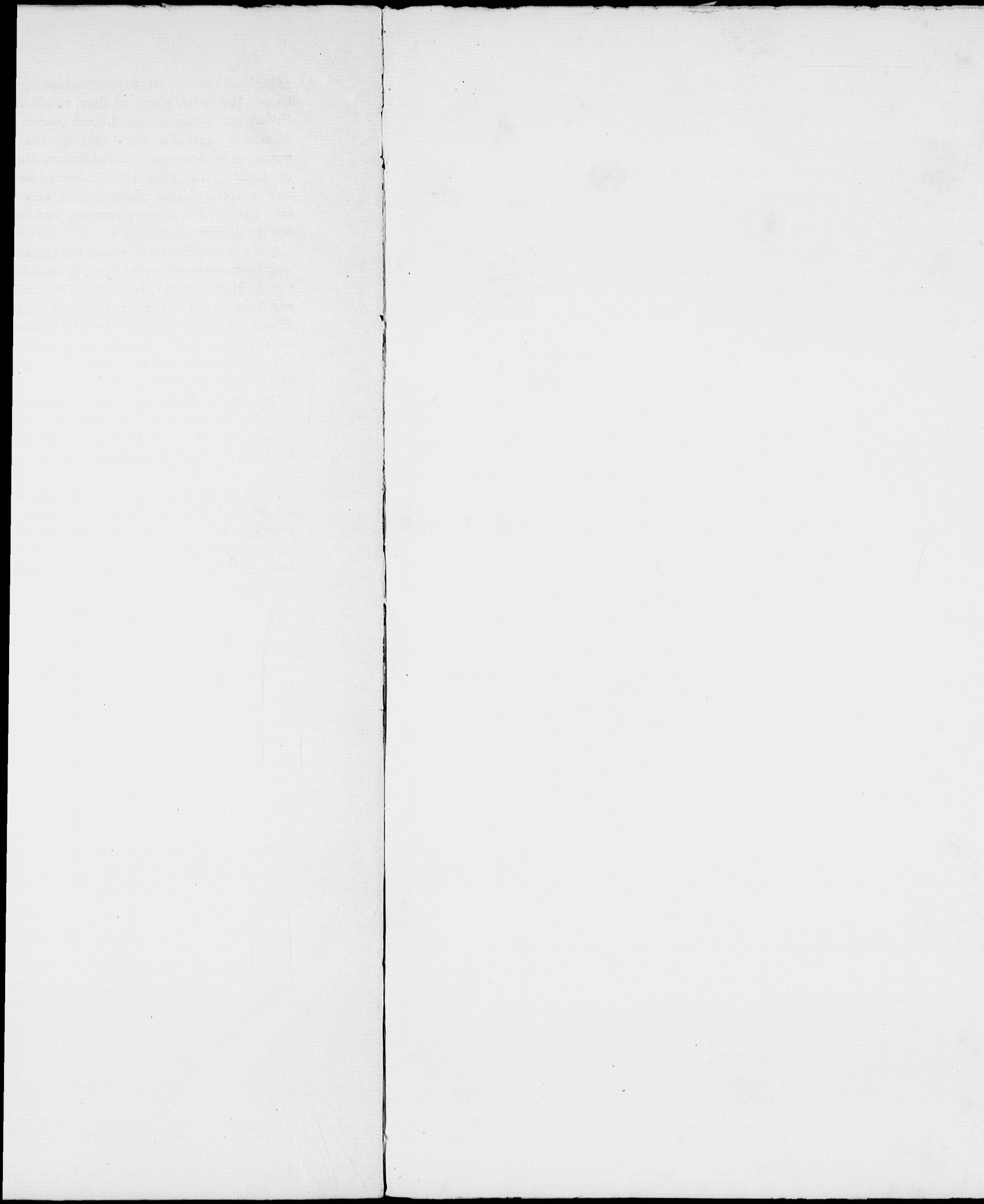
Aan de voltooiing van het geheele werk ontbreekt thans alléén nog het Vierde Deel, waarin, zoo als reeds vroeger is bemerkt, de sterrekundige waarnemingen en de gevolgtrekkingen omtrent den vorm van het aardoppervlak zullen worden opgenomen.

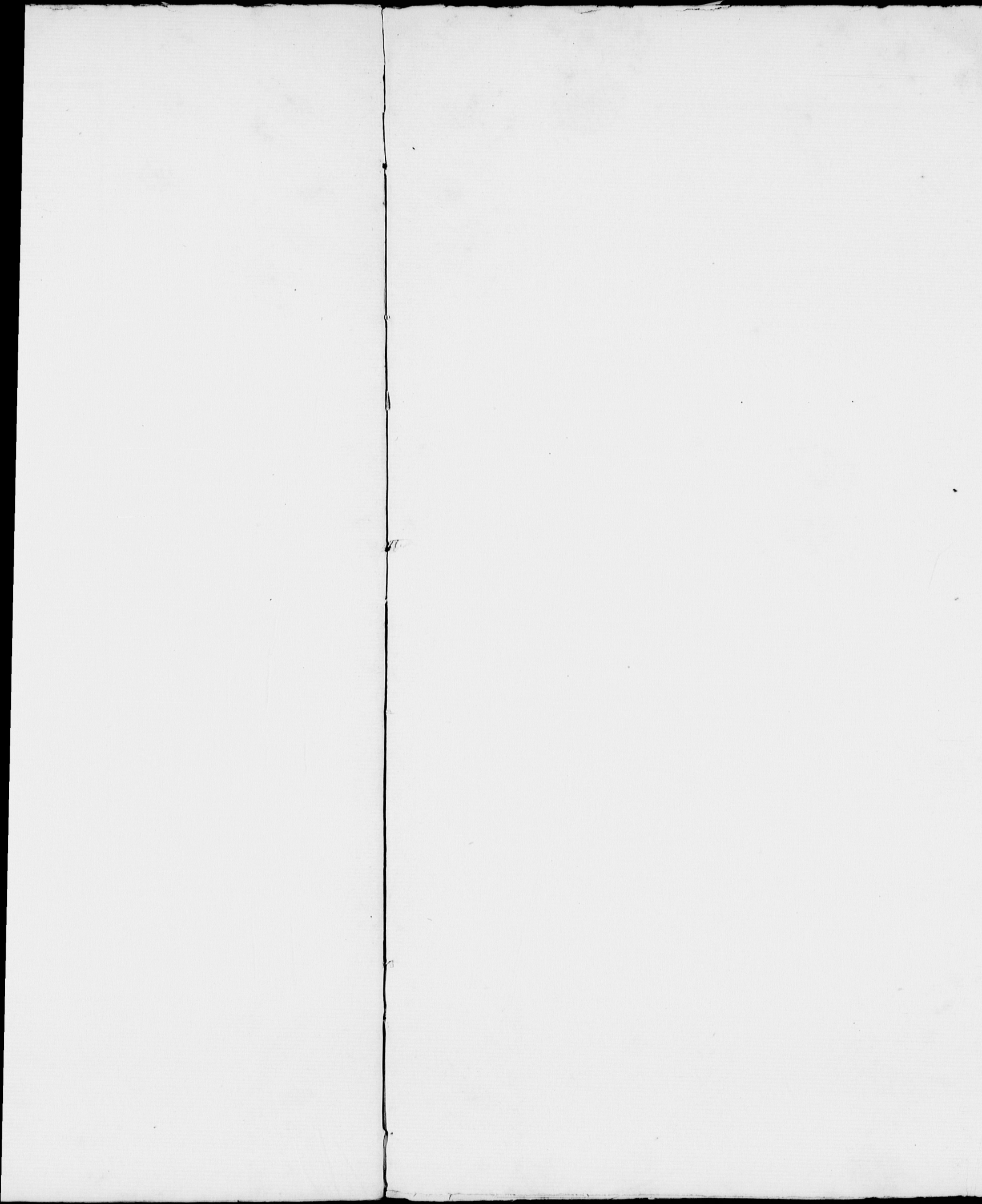
Professor Andrae en de kapitein ter zee Ravn, die beiden een tijd lang deel hebben uitgemaakt van het Deensche kabinet, hebben daarmede de bewijzen vermeerderd, herhaaldelijk ook in Nederland en elders door groote geleerden geleverd, dat de beoefening van abstracte wetenschappen geenszins ongeschikt gemaakt om ter behartiging van het algemeen maatschappelijk belang als regeeringspersoon op te treden.

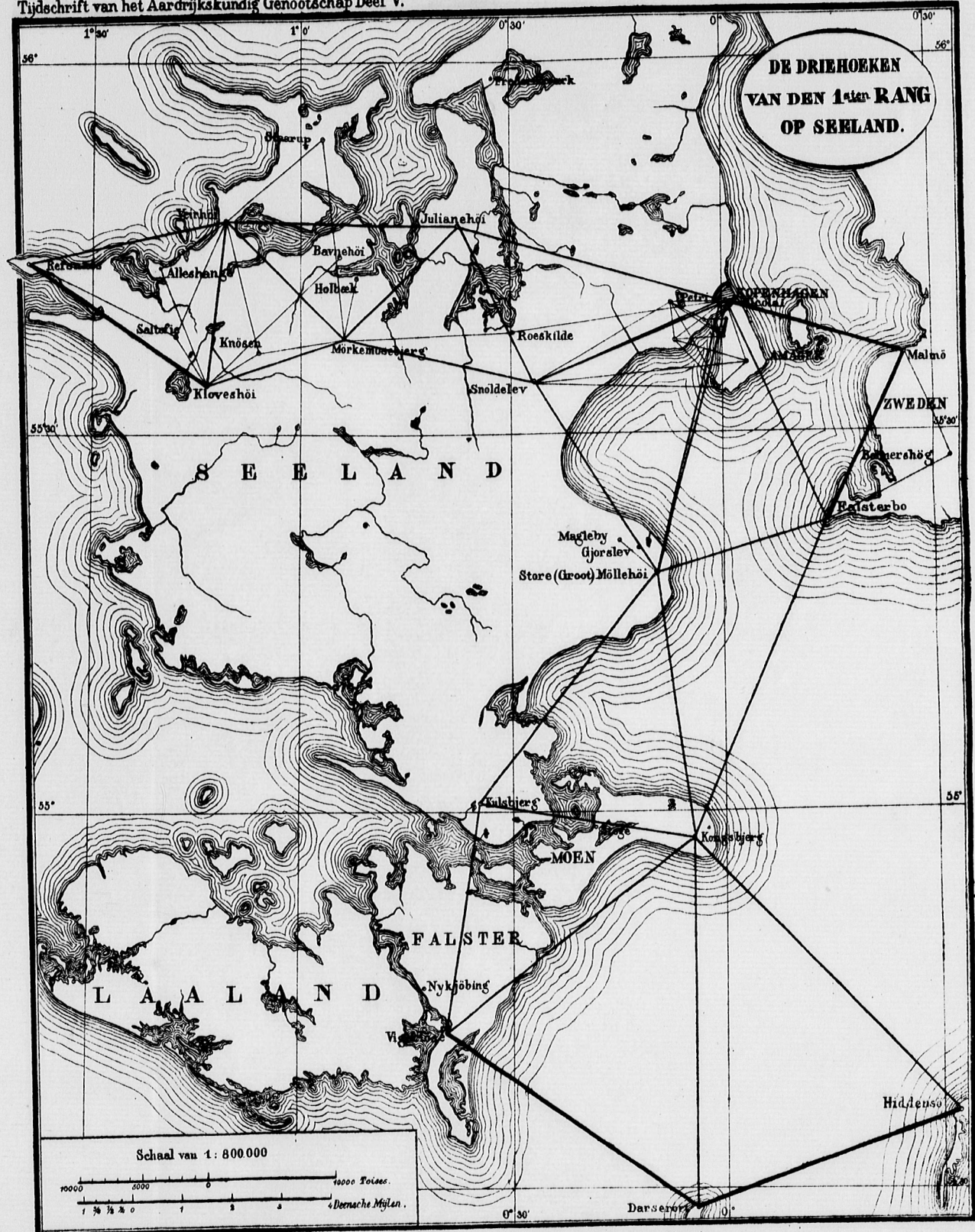
's Gravenhage 9 Mei 1881.

The first of these was the...
 the second was the...
 the third was the...
 the fourth was the...
 the fifth was the...
 the sixth was the...
 the seventh was the...
 the eighth was the...
 the ninth was the...
 the tenth was the...
 the eleventh was the...
 the twelfth was the...
 the thirteenth was the...
 the fourteenth was the...
 the fifteenth was the...
 the sixteenth was the...
 the seventeenth was the...
 the eighteenth was the...
 the nineteenth was the...
 the twentieth was the...
 the twenty-first was the...
 the twenty-second was the...
 the twenty-third was the...
 the twenty-fourth was the...
 the twenty-fifth was the...
 the twenty-sixth was the...
 the twenty-seventh was the...
 the twenty-eighth was the...
 the twenty-ninth was the...
 the thirtieth was the...

The first of these was the...
 the second was the...
 the third was the...
 the fourth was the...
 the fifth was the...
 the sixth was the...
 the seventh was the...
 the eighth was the...
 the ninth was the...
 the tenth was the...
 the eleventh was the...
 the twelfth was the...
 the thirteenth was the...
 the fourteenth was the...
 the fifteenth was the...
 the sixteenth was the...
 the seventeenth was the...
 the eighteenth was the...
 the nineteenth was the...
 the twentieth was the...
 the twenty-first was the...
 the twenty-second was the...
 the twenty-third was the...
 the twenty-fourth was the...
 the twenty-fifth was the...
 the twenty-sixth was the...
 the twenty-seventh was the...
 the twenty-eighth was the...
 the twenty-ninth was the...
 the thirtieth was the...

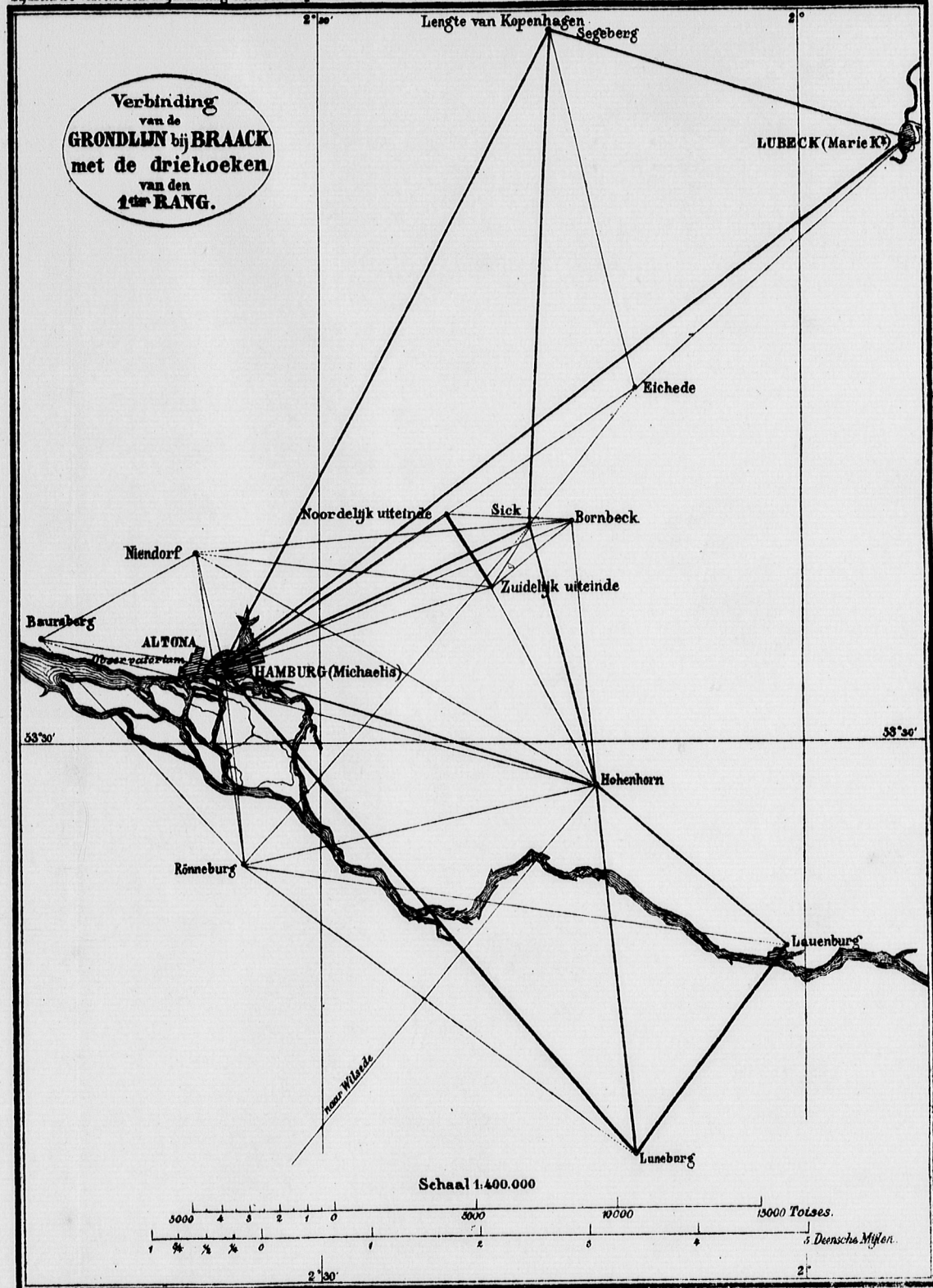




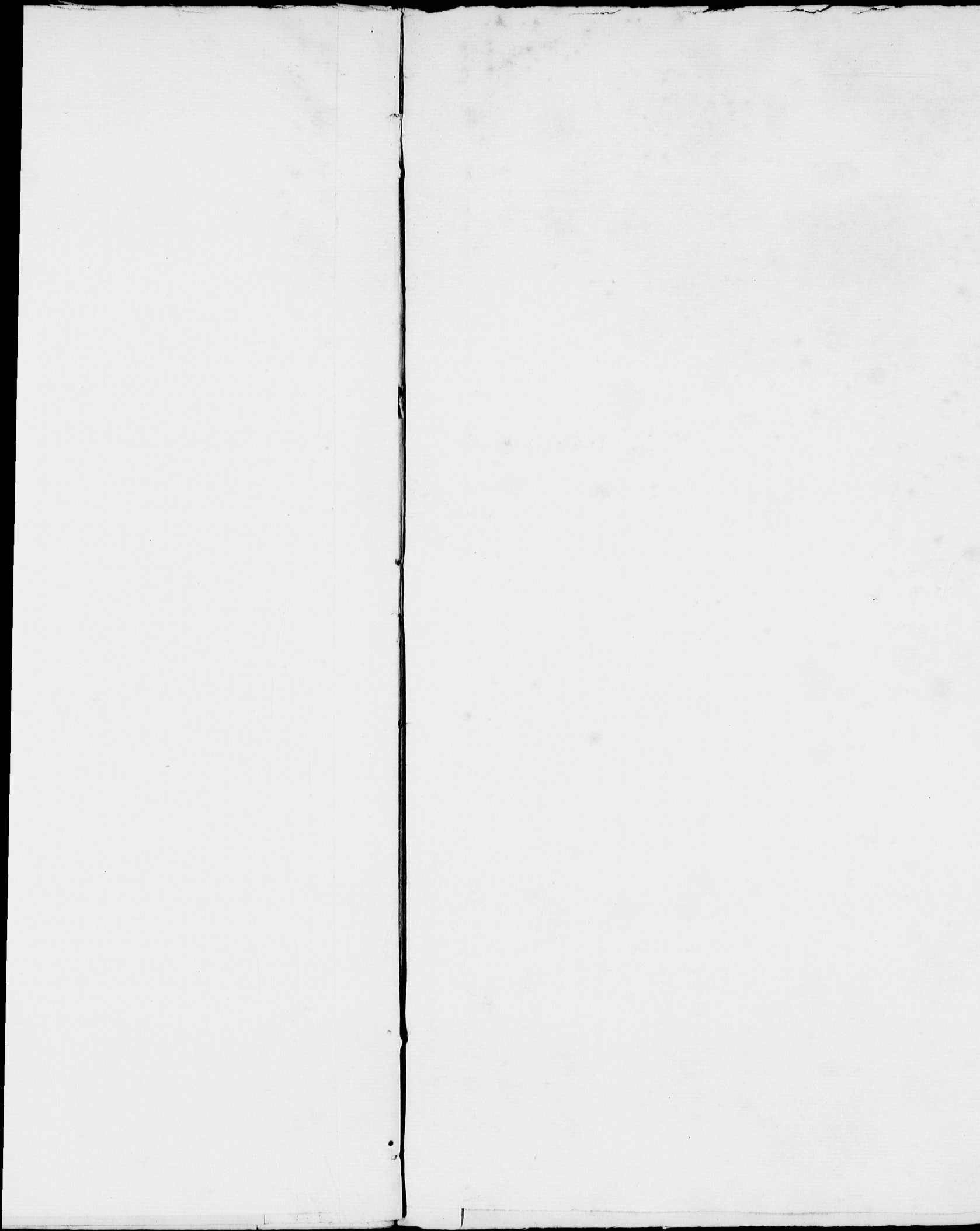


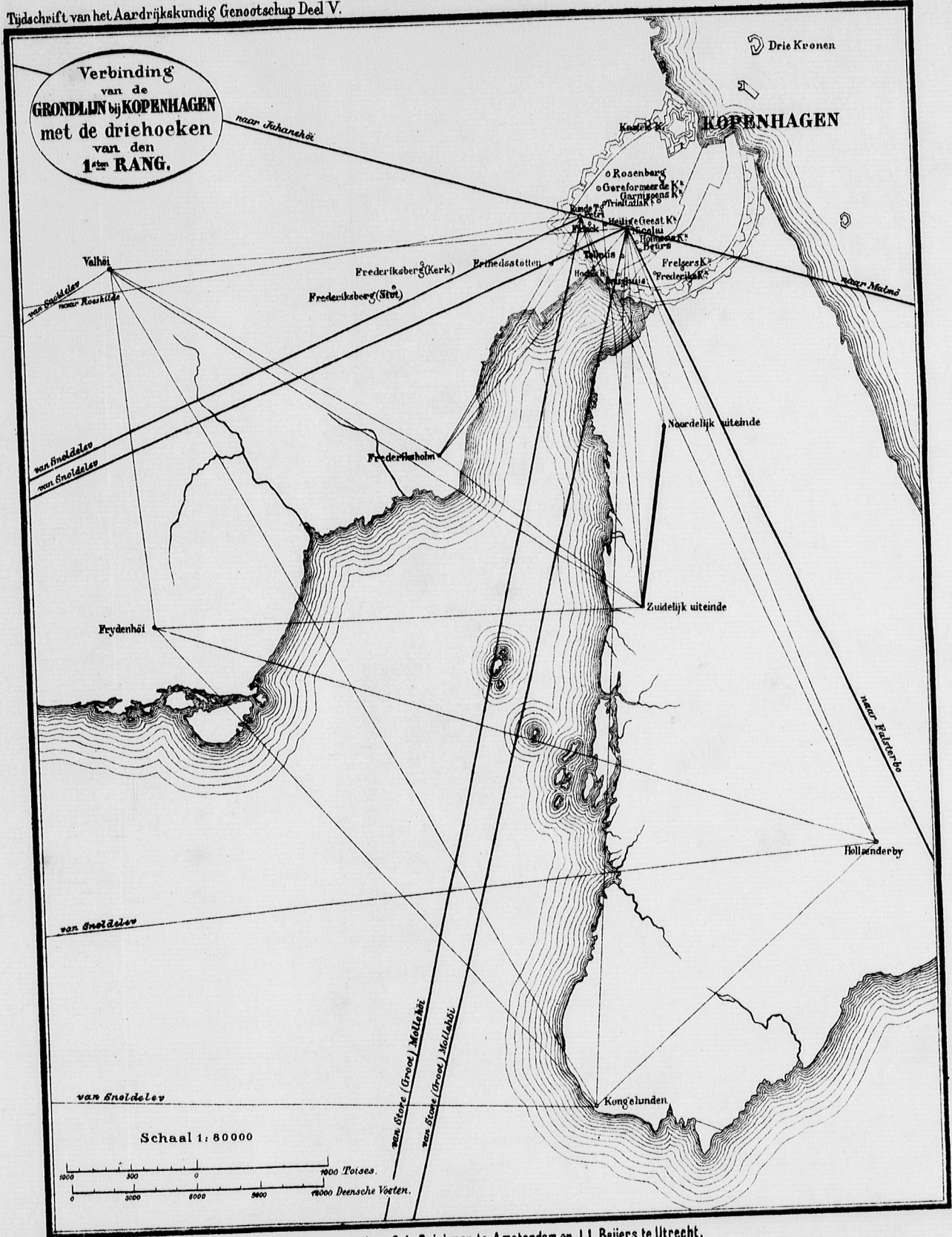
Uitgegeven door C.L.Brinkman te Amsterdam en J.L.Beijers te Utrecht.

K



Uitgegeven door C. L. Brinkman te Amsterdam en J. L. Beijers te Utrecht.





Uitgegeven door C. L. Brinkman te Amsterdam en J. L. Beijers te Utrecht.



1186703

