

Bemærkninger om Gradmaaling, dens Formaal og Opgaver.

Af

Oberst **Zachariae.**

Hertil Tavle I—IV.

(Meddelt i Mødet den 12. Januar 1894.)

I.

Opgaven, som tilsigtes løst ved den saakaldte Gradmaaling, er at bestemme Jordens Størrelse og Form; dog ikke Formen af den virkelige, fysiske Jordoverflade, men af den matematiske Overflade, hvorved forstaas en af Jordens Niveauflader, den nemlig, som ligger i Havets Middelhøjde.

II.

Hvis nu Niveaufladen var en Kugleflade, vilde Opgaven med Nutidens Midler ikke være vanskelig at løse. Man kunde vælge to Punkter i et Par Hundrede Miles Afstand fra hinanden, ved en Triangulation nøjagtig bestemme denne Afstand reduceret til Havets Niveau og ved astronomiske Observationer den nøjagtige Retning af Endepunkternes Vertikaler (Lodlinierne). I en Storcirkel har man da den samme Bue i Længdemaal L og i Gradmaal G , idet L er den erholdte Afstand og G Differensen mellem de maalte Retninger i Punkternes Vertikalplan; Jordradien R bestemmes følgelig af

$$R = \frac{180}{G} \cdot \frac{L}{\pi}.$$

III.

Men Niveaufladen afviger for meget fra Kugleformen, til at man kan blive staaende herved; theoretiske Betragtninger føre til Omdrejningsellipsoiden eller, som denne i nærværende Sammenhæng benævnes, Sfæroiden. Medens Kuglen har et Element, Radien, har Sfæroiden to Elementer, til hvilke kan vælges de to Axer, Ækvatorialaxen og den derpaa lodrette Polaraxe. Der bliver altsaa to Ubekendte at bestemme, hvortil fordres to Ligninger, som kunne fremstilles ved Maaling af to Meridianbuer i Længde- og i Gradmaal, hvilke Buer, med særligt Hensyn paa at bringe Krumningsforskellen imellem dem til at træde skarpt frem, hensigtsmæssigt vælges, den ene saa nær ved Ækvator, den anden saa nær ved Polen som muligt.

Imidlertid gør Hensynet til Kompensation af de tilfældige Observationsfejl det ønskeligt at maale flere Buer, saa mange som muligt, og man bestemmer saa ved de mindste Kvadraters Methode den Sfæroide, der nærmest slutter sig til alle disse Maalinger. For at faa Maalingerne til nøjagtigt at passe med denne Sfæroide, viser det sig imidlertid nødvendigt at tillægge dem Korrektioner, som langt overstige Størrelsen af Observationsfejlene, og dette betyder, at Niveaufladen ikke er nogen nøjagtig Sfæroide. Men det viser sig tillige, og dette er først paavist i 4de Bind af «Den Danske Gradmaaling», at Korrektionerne, uagtet de ikke ere Observationsfejl, dog følge den exponentielle Fejlløvslov, hvilket vil sige, at de ere at betragte som tilfældige Afvigelser fra en bestemt Norm, og denne Norm svarer til Sfæroiden, som derfor ganske naturligt maa blive den af alle simple Flader, hvortil baade Observationerne og selve den virkelige Niveauflade bedst henføres.

IV.

Benytter man nu Benævnelsen Geoide for det Legeme, som begrænses af den matematiske Jordoverflade, og sammenstilles Geoiden og Sfæroiden saaledes, at f. Ex. deres Centr

og Polaraxer falde sammen, vil det ses, at Sfæroiden vel ikke falder nøjagtig sammen med Geoiden, men dog fremstiller en god Tilnærmelse, idet Geoidfladen snart hæver sig lidt over, snart sænker sig lidt under Sfæroidfladen, og meget tyder paa, at Afvigelserne i Højderetningen ikke ere store, i Reglen ikke over nogle Meter, sjældent over et Par Tiere af Meter. Geoiden er altsaa at betragte som en Sfæroide med mangfoldige meget flade Forhøjninger og Fordybninger. Bestemmelsen af Geoiden er en Opgave af stort Omfang; en Opgave, hvis delvise Løsning næppe er begyndt, endsige da fuldendt. Den beror paa Bestemmelsen af Lodafvigelsen, hvorved forstaaes Vinklen mellem Sfæroidenormalen og Tyngderetningen. Er nemlig Lodafvigelsen bekendt i Størrelse og i Retning, vil ogsaa Tyngderetningen i ethvert af Sfæroidens Punkter være bekendt og dermed Formen af den Flade, som normalt gennemskærer alle disse Tyngderetninger. Men en saaledes bestemt Flade bliver netop en Niveauflade, og naar den tillige vælges i den rette Højde, nemlig saaledes at Forhøjningerne over og Fordybningerne under Sfæroidfladen ækvivalere hinanden i Volumen, vil denne Niveauflade falde sammen med Geoidens Overflade.

V.

Medens Sfæroiden bedst fremstilles ved sin Ligning, saaledes som tidligere er antydnet, vilde det være haabløst at forsøge paa at fremstille Geoidens Ligning, ligesaa haabløst som at søge Ligningen for selve den fysiske Jordoverflade med alle dens uregelmæssige Former. Der er næppe nogen bedre Vej at følge end den af *Andræ* foreslaaede, nemlig at fremstille Geoidens Forhøjninger over og Fordybninger under Sfæroidfladen ved ækvidistante Horizontalkurver, en Fremgangsmaade, der ganske ligner den, som benyttes ved nøjagtig Fremstilling af den virkelige Jordoverflades Former paa topografiske Kaart. Dette kan udføres, naar man i et tilstrækkeligt Antal Punkter

bestemmer Størrelse og Retning af Geoidefladens Heldning mod Sfæroiden, eller hvad dermed er ensbetydende, Lodafvigelsen i disse Punkter. Lodafvigelsen maa bestemmes baade i Størrelse og i Retning, hvilket opnaas, naar man bestemmer Størrelsen af dens Projektioner paa de to mod hinanden vinkelrette Normalplaner, Meridianen og Perpendikulæren. Den første, Meridianafvigelsen, findes som Forskellen mellem den beregnede sfæroidiske og den observerede astronomiske Bredde, medens den perpendikulære Del af Lodafvigelsen beregnes af Forskellen mellem sfæroidisk og astronomisk Længde eller Azimuth.

Ved Udgivelsen af den Danske Gradmaalings 4de Bind forelaa der nede i Tyskland, i Egnen om Harzen og Thüringerwald en Terrainstrækning, som var ret vel forsynet med Breddebestemmelser. Dette Materiale benyttedes af *Andrø* som Grundlag for et Exempel paa en delvis Fremstilling af Geoideoverfladen for et begrænset Areal. Paa Tegningen i den vedføjede Tab. I, der er identisk med Tavlen i Gradmaalings 4de Bind, ere Kurverne i Fig. A geometriske Steder for Punkterne med samme Lodafvigelse i Retning af Meridianen. Disse Kurver ere fremstillede ved Interpolation mellem 43 Punkter, hvori nævnte Del af Lodafvigelsen er bestemt, idet man er gaaet ud fra den ganske vilkaarlige Forudsætning om en Værdi Nul for Lodafvigelsen i Punktet Seeberg. Ved Hjælp af Fig. A har man konstrueret Profiler af Geoidefladen for 7 forskellige Meridiansnit, hvoraf dog kun de 3, nemlig Midte- og Yderprofilerne ere angivne paa Tavlen; de paa Profilerne trukne horizontale Linier betegne Snittene med 1 Fods Ækvidistance. Fig. B fremstiller selve Geoiderelieffet ved ækvidistante Horizontalkurver, hvis Skæringspunkter med Meridianerne ligefrem ere overførte fra Profilerne. Herved er man gaaet ud fra den vilkaarlige Hypothese, at alle Punkterne i Kaartets nordlige Begrænsningslinie have samme Højde, og tilmed Højden Nul over Sfæroiden. For at give Profilerne deres rigtige indbyrdes Højde maatte man kunne konstruere Tværprofiler; men hertil manglede

det fornødne Materiale af Lodafvigelse i den paa Meridianen perpendikulære Retning. Fig. B kan derfor ikke give noget tro Billede af Geoiden i Harzen; det har heller ikke været Hensigten; men den geniale Udgiver af den «Danske Gradmaaling» har ved sin Behandling af Opgaven givet et Bidrag til Løsningen af et Fremtidsproblem, ligesom han paa andre Omraader af Geodæsen tidligere har ydet Bidrag, som ikke have været uden Indflydelse paa denne Videnskabs Udvikling i nyere Tid.

VI.

Bestemmelsen af Lodafvigelsen har ogsaa, navnlig i Bjergene, Betydning for Kendskabet til Massefordelingen i Jordens Indre. Den Del af Lodafvigelsen, som skyldes Terrainets Relief, kan nemlig tilnærmelsesvis beregnes, og naar den afviger fra den observerede Lodafvigelse, maa det ligge i Uregelmæssighed i den indre Massefordeling. Foreliggende Undersøgelser i Alperne tyde saaledes paa, at Lodafvigelsen her er betydelig mindre, end den ifølge Bjergmassernes Tiltrækning maa antages at skulle være. Dette kan forklares, ved at den Masse, der er ophobet i Bjergene, er taget af Jordlagene under dem og altsaa mangler her. Hvis nu dette var en almindelig Regel, maatte der gennemgaaende under Kontinenterne være mindre tætte Jordlag end under Verdenshavet, og virkelig tyde udførte Pendulmaalinge paa noget saadant, idet Pendulet gennemgaaende synes at svinge hurtigere paa mindre Øer i Verdenshavet end under iøvrigt lige Forhold paa Kontinenterne.

I Forbindelse hermed turde der være Anledning til at nævne Pendulet som et af de Midler, hvorved Gradmaalingerne søge at løse deres Opgave. Ved Pendulet bestemmes Tyngdens Akceleration. Denne voxer som bekendt fra Ækvator mod Polen, og Clairaut's Formel angiver, hvorledes Jordens Fladtrykning, altsaa den relative Forskel mellem Ækvatorial- og Polaraxen, kan beregnes af Forskellen mellem Tyngderne under Polen og under Ækvator.

Derfor er der alt tidligt udført Pendulmaalinge ved adskillige Gradmaalinge, men det er først i den nyeste Tid, at dette sker i større Omfang. Muligen er dette Omslag en naturlig Følge af den større Rolle, Lodafvigelseerne spille i den nyere Geodæsi, idet der unægtelig er en vis logisk Forbindelse mellem Bestemmelsen af Lodafvigelseerne og Pendulmaalingerne. Begge Arter af Maalinge have nemlig Hensyn til Tyngden; ved de første bestemmes Tyngdens Retning, ved de sidste dens Intensitet. Muligvis have saadanne Tyngdebestemmelser Interesse ikke blot for Gradmaalingens Hovedopgave, men ogsaa for Kundskaben om Massefordelingen under Jordoverfladen og derigennem maaske under særlige Forhold for Geologien. Det tør forventes, at Gradmaalingen ogsaa i vort Land vil blive sat i Stand til at foretage Pendulmaalinge, som da paatænkes gennemførte i Forbindelse med de astronomiske Bestemmelser.

VII.

Som det af det hidtil udviklede vil fremgaa, ere de egentlige Gradmaalingsopgaver af ren videnskabelig Art. Dette forhindrer imidlertid ikke, at Gradmaalingsarbejderne som Biproduct leverer Resultater af stor praktisk Betydning. Det skal saaledes nævnes, at Gennemførelsen af en Gradmaaling i et Land medfører en nøjagtig Bestemmelse af den indbyrdes Beliggenhed paa Sferoiden af en Række Punkter, hvis Koordinate, f. Ex. sfæroidisk Bredde og Længde, maa bestemmes for at opnaa de Resultater, som tilsigtes opnaaede ved Gradmaalingen. Men herved er der tillige givet det nødvendige Grundlag for Landets Opmaaling i det store; det er paa den Danske Gradmaalings Koordinatbestemmelser for Punkterne af 1ste Orden i det trigonometriske Net, at den topografiske Opmaaling og Kaartlægning af vort Land ved Generalstaben er baseret.

I det foregaaende har man oftere talt om Punkter og derved nærmest tænkt, ikke paa selve Punkterne, men paa deres

Projektioner paa den udjævnede matematiske Jordflade (Sfæroiden). Vil man bestemme selve Punkterne paa den fysiske Overflade, kan man ikke indskrænke sig til de to Koordinater, sfæroidisk Bredde og Længde, men maa bestemme en tredje Koordinat, nemlig Højden over Havets Middelniveau. For Punkterne i det trigonometriske Net kan denne Højde bestemmes ved det saakaldte trigonometriske Nivellement, hvorved Højdeforskellen mellem 2 Punkter beregnes af Afstanden imellem dem og den Zenithdistance, som i det ene af disse Punkter maales for det andet Punkt. Men i den maalte Zenithdistance indgaar den terrestriske Refraktion, hvis Værdi i hvert enkelt Tilfælde kun meget ufuldkomment kan bestemmes, fordi den delvis afhænger af Omstændigheder, som ikke kunne bringes i Formel, saaledes Beskaffenhed af Jordbunden, af Vegetationen, Bebyggelsen o. s. v. i den Terrainstrækning, hvorover Sigtelinien føres. Usikkerheden vil i Gennemsnit kunne anslaaes til $2n^2$ Millimeter for en Afstand af n Kilometer; men den vil i mange Tilfælde være langt større. Allerede ved en saa moderat Afstand som 4 à 5 Mil mellem to trigonometriske Punkter vil Usikkerheden altsaa beløbe sig til et Par Meter og derover. Midlet til at formindske Fejlen er at anvende Mellestationer, og naar man vil gaa til 80 à 100 Mellestationer pr. Mil, kan Nøjagtigheden forøges saa stærkt, at den sandsynlige Fejl for en Afstand af n Kilometer kan udtrykkes ved \sqrt{n} Millimeter og altsaa reduceres til 6^{mm} for en Afstand af 36 Kilometer eller henimod 5 Mil.

Ved et saadant Nivellement med korte Sigter benyttes et Nivellerinstrument, hvormed man paa en lodretstaaende Nivellerlægte aflæser Dybden af Lægtens Fodpunkt under Kikkertens Horizont. I Modsætning til det trigonometriske Nivellement benævnes Nivellementet med korte Sigter: geometrisk Nivellement, og det maa anvendes overalt, hvor der kræves stor Nøjagtighed.

VIII.

Hvad angaar den Betydning, som Højdebestemmelsen har for Gradmaalingsarbejderne, skal det bemærkes, at de paa den fysiske Jordoverflade udførte Observationer skulle henføres til Sfæroiden ved en Reduktion, der er afhængig af Højden, og alene af den Grund maa Højden derfor kunne bestemmes. Da imidlertid Højden kun indgaar i Reduktionen efter Division med Jordradien, og da et Par Meter ikke har stor Betydning i Forhold til 6 à 7 Millioner Meter, tør det antages, at Reduktionsbestemmelsen ikke kræver Højden med en Nøjagtighed, som overskrider hvad der kan præsteres ved trigonometrisk Nivellement.

Ved en flygtig Betragtning kunde det synes, som om en Kombination af trigonometrisk og geometrisk Nivellement maatte kunne føre til Bestemmelse af Geoidebølgernes Højde over Sfæroiden. Ved trigonometrisk Nivellement kan man nemlig, naar Lodafvigelsen i Punktet A er bekendt, beregne Højden S af et andet Punkt B over den sfæroidiske Niveauflade gennem Udgangspunktet A ; ved geometrisk Nivellement, der stadig maa følge den virkelige Niveauflade, bestemmes derimod B 's Højde G over A 's virkelige Niveauflade, der er parallel med Geoidens Overflade. Differensen $S - G$ fremstiller altsaa Forskellen mellem Geoidebølgens Højder over Sfæroiden i Punkterne A 's og B 's Vertikaler. Dette Resultat er dog uden praktisk Betydning, fordi den sandsynlige Fejl paa det trigonometriske Nivellement er af samme Orden som selve Geoidebølgernes Højder.

Derimod spiller det geometriske Nivellement den afgørende Rolle ved Besvarelsen af Spørgsmaalet om den Nøjagtighed, hvormed Middelniveauerne af de forskellige Dele af Verdenshavet kunne siges at ligge paa samme Niveauflade. Der har været Tvivl om de Grænser, indenfor hvilke Vandarealer som Østersøen og Nordsøen, Middelhavet og Atlanterhavet, Østersøen og Middelhavet o. s. v. kunne betragtes som Dele af

samme Niveauflade, og for at komme til Klarhed paa dette Punkt, har man forenet Vandstandsmaalere i mange forskellige Havne ved Nivellementslinier, der paa langs og tværs i de forskellige Retninger gennemkrydse Europa. De hidtil opnaaede Resultater tyde ikke paa nogen paaviselig Niveauforskul, idet de beregnede Afvigelser holde sig indenfor Grænser, som kunne forklares af de tilfældige Observationsfejl, der ophobes i Præcisionsnivelementerne. Der er derfor ikke nogen paatrængende Nødvendighed for at haste med at tage den ogsaa af nationale Hensyn vanskelige Beslutning om Stedet for et paatænkt internationalt Normalhøjdepunkt for det samlede Europa, idet de enkelte Staters Højdeangivelser meget vel kunne sammenstilles, for saa vidt de ere baserede paa nøjagtige Vandstandsmaalinger, selv om disse Maalinger ere udførte i forskellige Havne, naar kun disse Havne ligge ved aabent Hav. Ved de Nivellementslinier, hvorpaa de her omtalte Undersøgelser ere baserede, er der tillige indvunden et Net af nøjagtigt bestemte Højdepunkter, hvis praktiske Betydning for Lokalnivelementer og for en nøjagtig Kaartlægning af Terrainets Relief ikke kan mis kendes.

IX.

I Danmark maa Præcisionsnivelementet med Nødvendighed falde i to Grupper, der adskilles ved Storebelt. Den vestlige Gruppe er over Landgrænsen sat i Forbindelse med Tyskland paa fire forskellige Steder, nemlig ved Frederikshøj (sønden for Kolding), ved Foldingbro, Kalfslund Kirke og ved Egebæk (sønden for Ribe). Den østlige Gruppe kan over den smalle Del af Øresund ud for Kronborg forbindes med Sverrig; men en indbyrdes Forbindelse af de to Grupper over Storebelt kan kun bringes tilveje ved trigonometrisk Nivellement, og denne Forbindelse vil derfor ikke kunne komme til at frembyde nogen stor Nøjagtighed.

Det jyske Nivellementsnet (se Tab. II) kan nærmest karakteriseres som tre Længdelinier fra Nord til Syd, overskaarne af 6 Tværlinier fra Øst til Vest. Det danner en Række Polygoner, hvis Slutfejl afgive et væsentligt Bidrag til Bedømmelsen af den opnaaede Nøjagtighed. Linierne følge Hovedvejene; deres samlede Længde udgør over 1300 Kilometer, og derved bestemmes omtrent 1500 Punkter, hvoraf henimod 500 ligge under Jordoverfladen. Paa 3 Steder, nemlig ved Odde-sund, Aggersund og Aalborg, er Nivellementet ført over Limfjorden. Paa 5 Steder, nemlig ved Esbjerg, Hirtshals, Frederikshavn, Aarhus og Fredericia staar Nettet i Forbindelse med de dersteds af meteorologisk Institut anbragte selvregistrerende Vandstandsmaalere. Selve Nivellementet er gennemført paa omtrent 100 Kilometer nær, hvilken Rest forventes nivelleret i 1894. Først derefter kan Udjævningen foretages, da hele det jyske Net skal udjævnes under Et, og det vil følgelig endnu tage nogen Tid, inden Offentliggørelsen af de endelige Resultater kan begynde.

Det er ikke Hensigten her at give en Beskrivelse af den Danske Gradmaalings Præcisionsnivellement; man skal i denne Henseende indskrænke sig til et Par Bemærkninger, som det maaske kan have Interesse at fremhæve. Den internationale Gradmaaling fordrer en Nøjagtighed, bestemt ved en sandsynlig Kilometerfejl $r = 3$ til 5 Millimeter. Naar vi i Danmark have drevet Nøjagtigheden betydelig videre, nemlig til $r = 1^{\text{mm}}$, saa ligger dette vistnok tildels i Landets Fladhed, der begunstiger Nøjagtigheden. Denne Antagelse bestyrkes ikke alene derved, at Holland, hvor der er mere horizontalt Terrain end i Danmark, er det Land, som, efter hvad der hidtil foreligger, har opnaaet størst Nøjagtighed; men den bekræftes yderligere af vore egne Iagttagelser. Hvis man nemlig indskrænker Beregningen til at omfatte Linierne paa Jyllands Vestkyst, stiger Nøjagtigheden saa stærkt, at r synker ned til omtrent $0^{\text{mm}},6$; men paa Vestkysten er Terrainet jo ogsaa langt

fladere end paa Østkysten, hvor der er mange Strækninger med saa stærke Stigninger, at de to Sigter fra samme Station, Fremsigtet og Tilbagesigtet, falde, det ene meget højt, det andet meget lavt paa Lægten, et Forhold, der vistnok har en mindre heldig Indflydelse paa Nøjagtigheden. Det tør antages, at denne, alt iøvrigt lige, maa blive størst ved horizontale Strækninger, hvor baade Fremsigte og Tilbagesigte begge falde noget nær paa samme Sted og tæt ved Midten af Lægten.

Hvad angaar Nivellerinstrumentet, skal det kun bemærkes, at da Observationen er ordnet saaledes, at Verifikationsfejlene udgaa af Resultatet, har man ved Instrumentets Konstruktion kunnet se bort fra Fordringen om en let Verifikation og derved opnaaet stor Stabilitet.

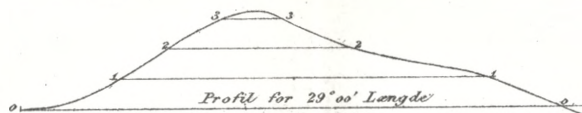
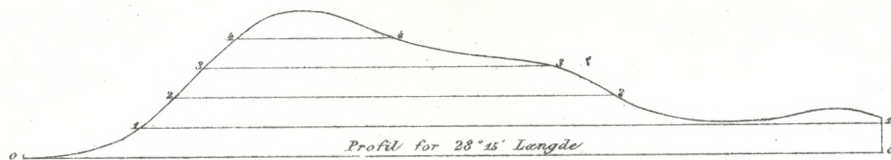
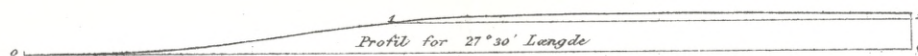
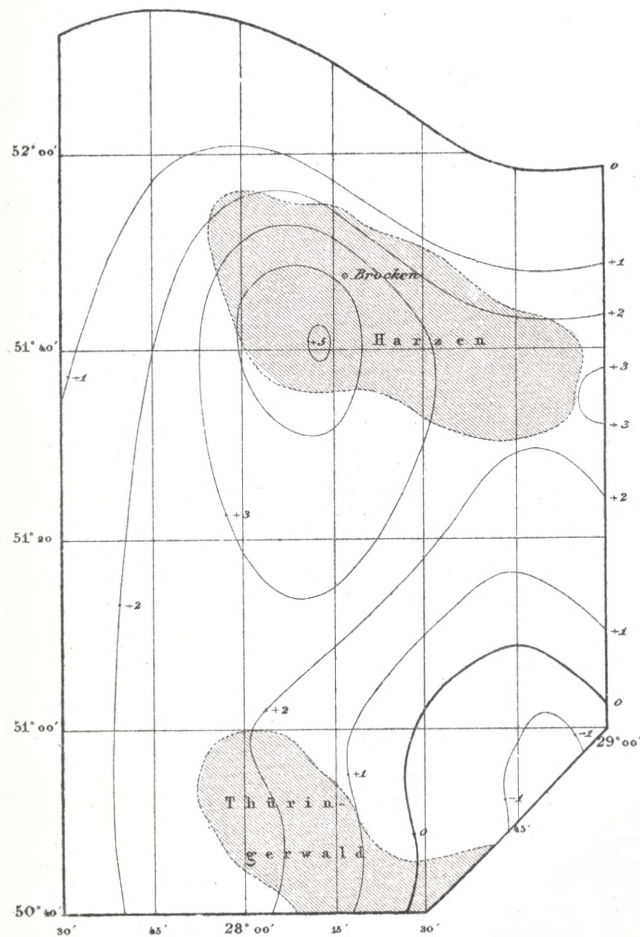
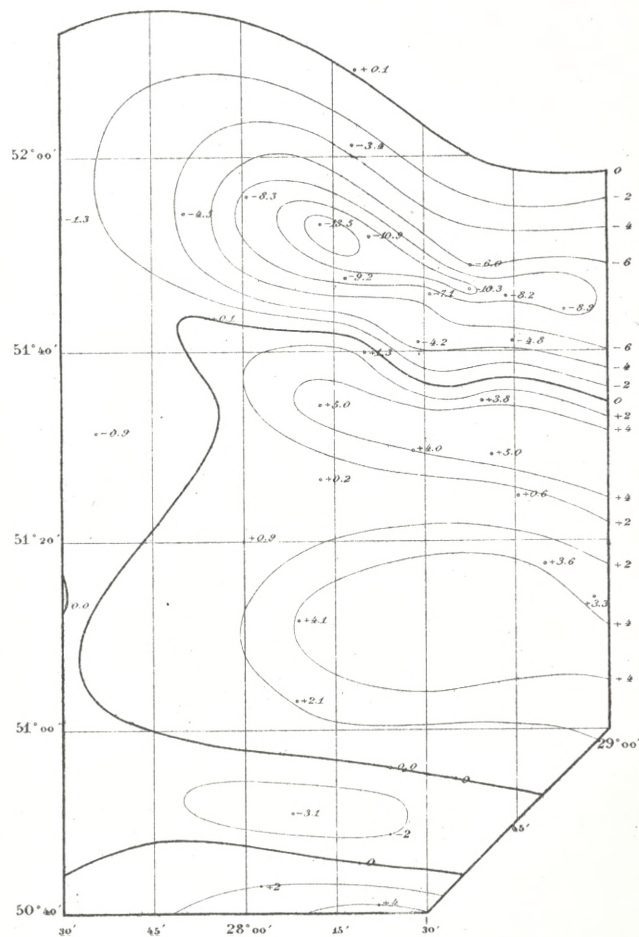
Man begyndte Arbejdet med Nivellerlægter af udenlandsk Konstruktion med rektangulært Tværsnit, fandt imidlertid, at disse Lægter vare tilbøjelige til at «kaste» sig. En af Medhjælperne ved Gradmaalingen, Kapitajn af Generalstaben *E. C. Rasmussen*, gjorde da Forsøg med Lægter af trekantet Tværsnit, og det lykkedes ham at konstruere dem saaledes, at de viste sig meget stabile, og derfor anvendes de udelukkende i de senere Aar ved Gradmaalingens Nivellementsarbejder. Af Lægtens tre Sideflader (se Tab. III) har den ene en Halvmeterinddeling — mindste Del er 0,01 Halvmeter —, den anden en Fodinddeling — mindste Del 0,01 Fod —, den tredje Side, Bagsiden, bærer en Daaselibelle, der tjener til at kontrollere Lægtens lodrette Stilling. Ethvert Sigte aflæses to Gange paa Metersiden og to Gange paa Fodsiden. Aflæsningerne paa Fodsiden blive uafhængige af dem paa Metersiden, idet Observator ikke ubevidst kan beregne dem af hinanden, saaledes som Tilfældet vilde være, hvis hele Forskellen paa de to Inddelinger havde bestaaet i, at den enes Udgangspunkt var bleven forskudt et Stykke mod den andens. Hvor vigtigt det er at sikre sig en saa at sige absolut Kontrol overfor Aflæsningsfejl ved Nivellement vil forstaaes, naar det erindres, at Fejlen paa et

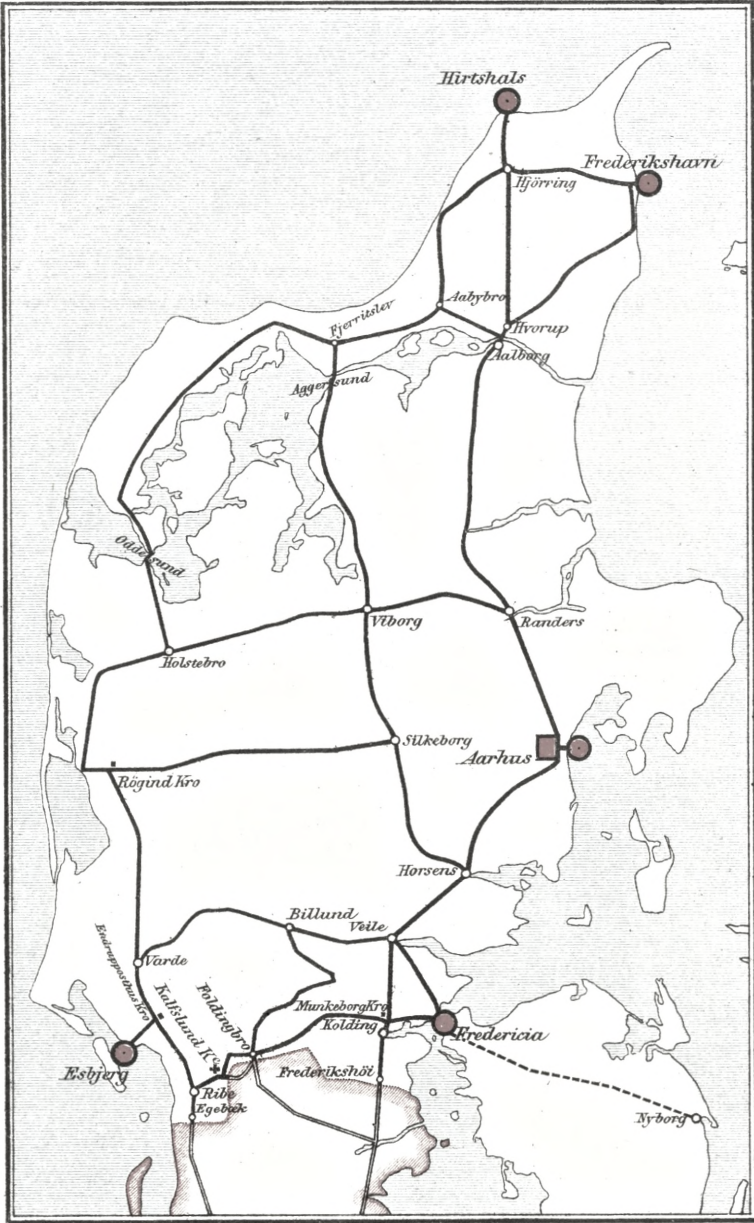
Punkt overføres til andre Punkter af Nettet, og at Aflæsningernes Antal er overordentlig stort, omtrent 12 à 1500 Lægteaflysninger pr. Mil, hvilket vil sige, at alene Nivellementet af det jyske Net kræver henimod en Kvartmillion Aflæsninger paa Lægterne.

Fastlæggelsen af Nivellements punkterne har ikke altid ved Præcisionsnivellementerne været Genstand for den Omhu, som nødvendig udkræves, naar man vil sikre disse Punkter i en Aarrække, der staar i et nogenlunde rimeligt Forhold til den Bekostning, der anvendes paa Nivellementet. Ved den Danske Gradmaaling har man været meget opmærksom paa dette Forhold og derfor indrettet en stor Del af Punkterne saaledes, at de med rette kunne betegnes som sekulære. Det er de saakaldte underjordiske Punkter, hvoraf der mindst er et paa hver Mil, i den nordlige Del af Nettet endog et paa hver Kvartmil. Et saadant Punkt — se Tab. IV — bestaar af en vertikal Bronzebolt med halvkugleformet Hoved, hvis øverste Punkt betegner Mærket. Boltens Stilk er indstøbt i en stor Granitsten, hvis Bundflade ligger omtrent 1,5 Meter under Jordoverfladen. Stenen er faststøbt i Beton, dens øverste Flade dækkes af en løs Flisesten, i hvis Underflade der er dannet en Udhuling, som omslutter Boltehovedet, og hvis øverste Flade ligger 0,5 til 1 Meter under Jordoverfladen. Det hele overdækkes med Jord. For at Stedet kan genfindes, anbringes en Mærkesten nøjagtig to Alen fra Punktet og med Forfladen vendende mod dette. Mærkestenen er faststøbt i Beton og dens øverste Flade, der rager 0,2 til 0,3 Meter op over Jorden, er halvkugleformig afrundet. Dens Underflade ligger kun 0,3 til 0,2 Meter under Jorden, og Stenen er derfor underkastet smaa Forandringer ved Hævning og Sænkning under Paavirkning af Frost og Tø. Disse Forandringer ere imidlertid ikke større, end at Stenens øverste Punkt afgiver et for alle praktiske Formaal tilstrækkelig nøjagtigt Nivellements punkt, der kan benyttes af enhver, som skal udføre et lokalt Nivellement.

A

B

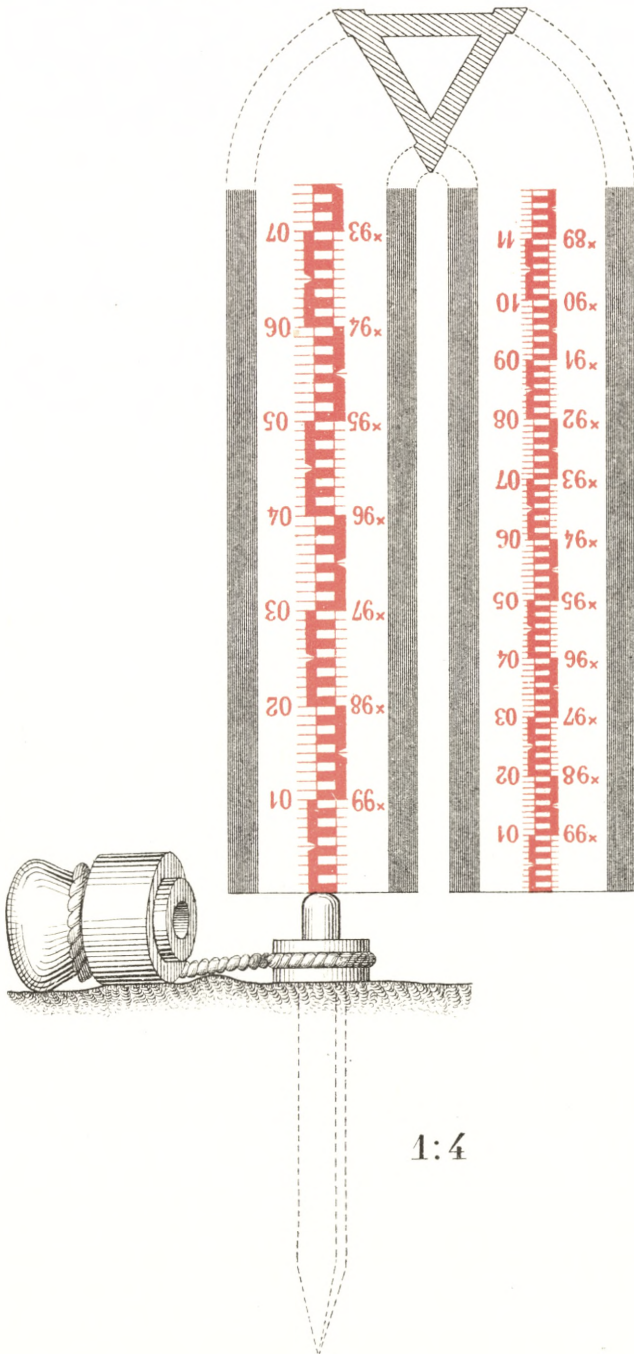




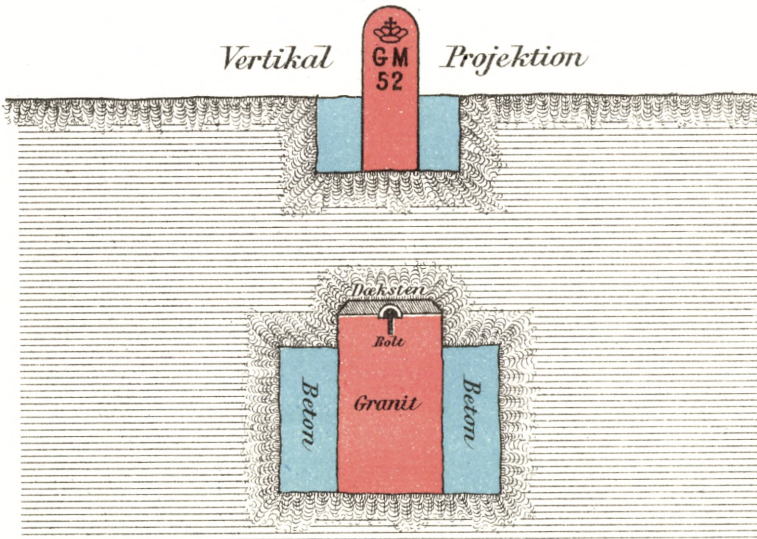
Vandstandsmaalere

Normalhøidepunkt

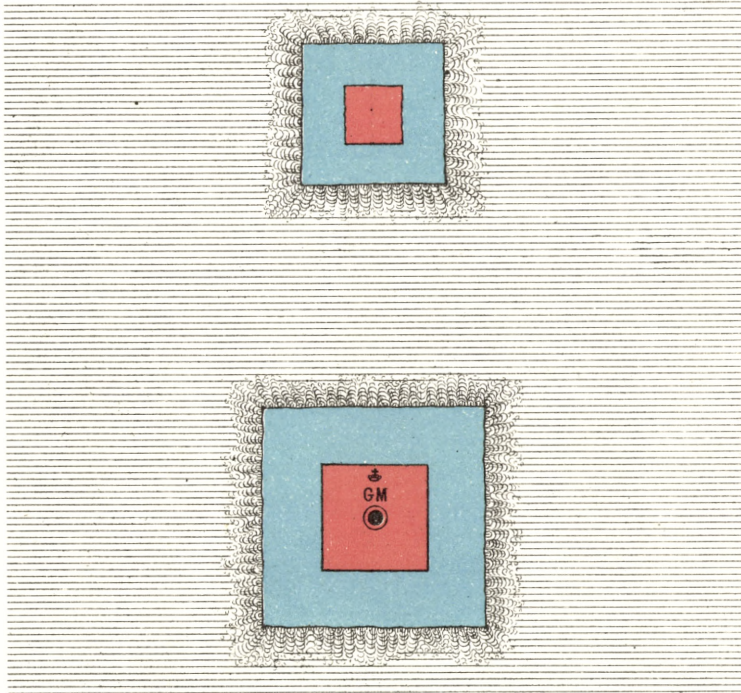
Nivellemetslinier



1:4



Horizontal Projektion



Et Normalhøjdepunkt for Jylland-Fyen er indlagt i den østlige Gavlf af Domkirken i Aarhus. Dette Punkt er af en særdeles fast og urokkelig Beskaffenhed, og dets Bevarelse er yderligere sikret ved en Kreds af Kontrolpunkter, der dels ere indlagte i andre Dele af Kirkens Granitfundament, dels ere anbragte i umiddelbar Nærhed af Kirken som underjordiske Hovedpunkter i særlige Granitsten.

Sluttelig skal endnu omtales, at Vandstandsmaalerne i Fredericia, Aarhus og Esbjerg ere satte i Nivellementsforbindelse med hverandre indbyrdes ved en partiel Udjævning af de mellemfaldende Polygoner, og at Aarhus og Fredericia hidtil stemme godt, idet den erholdte Værdi for Forskellen mellem Vandstandene i disse to Havne ikke overskrider nogle faa Millimeter, en Størrelse, der er betydelig mindre end den sandsynlige Fejl paa Forbindelsesnivelementet, hvilken Fejl kan anslaaes til omtrent 1 Centimeter. Derimod viser Vandstandsmaaleren i Esbjerg et Middelniveau, der er henimod 5 Centimeter højere end Middelniveauerne i Aarhus og Fredericia. Dette kan ikke skyldes Nivellementsforbindelsen, hvis sandsynlige Fejl paa denne Strækning næppe vil overskride 1 Centimeter. Den højere Vandstand i Esbjerg turde imidlertid finde sin tilstrækkelige Forklaring i de hyppigt forekommende stærke vestlige Vinde, hvis betydelige Overvægt over Vindene med østlig Retning under de lokale Forhold, som Havnen ved Esbjerg frembyder, maa bevirke en Opstemning af Vandet, altsaa en noget højere Middelvandstand i denne Havn end i selve den aabne Del af Nordsøen.