WETTEN

DER

AARD- EN VOLTA-STROOMEN

BENEVENS

EENE BENADERINGSMETHODE TOT HET METEN VAN DEZE STROOMEN IN TELEGRAAFLIJNEN,

DOOR

A. C. HISSINK.

BATAVIA,
ERNST & Co.
1882.

☛ Het boekwerk, waarvan sprake is in de noot op bladz. 15 dezer brochure zal in de eerste dagen der maand *Augustus* verschijnen.

WETTEN

DER

AARD- EN VOLTA-STROOMEN.

Present-exemplaar van den Schrijver.

WETTEN

DER

AARD- EN VOLTA-STROOMEN

BENEVENS

EENE BENADERINGSMETHODE TOT HET METEN VAN DEZE STROOMEN IN TELEGRAAFLIJNEN,

DOOR

A. C. HISSINK.

BATAVIA,
ERNST & Co.
1882.

Aan

DE TELEGRAAFAMBTENAREN

IN

NEDERLANDSCH-INDIË

WORDT

DIT WERKJE OPGEDRAGEN DOOR

DEN SCHRIJVER.

INHOUDSOPGAAF.

EEN WOORD VOORAF.

Wanneer de Westmoesson in Nederlandsch-Indië is ingetreden en het weder zich in al zijne ruwheid openbaart; wanneer, in een woord, de planeet, welke ons tot woonplaats strekt, den harden en toch dikwerf heilzamen spoorslag der atmosferische invloeden ondervindt; dan is het ook, zoo niet altijd dan toch dikwerf, dat de telegraafambtenaar met vrucht de metalen draden kan raadplegen, welke moederland en kolonie, stad en dorp verbinden.

Wien moet het niet toelachen, zij het ook met een gewapend oor, de stem der natuur te beluisteren en te leeren verstaan? Zoo ergens, dan bestaat immers hier de gelegenheid om met hoop op goeden uitslag te bespieden of te leeren bespieden, om te leeren hooren en vertolken, om te leeren *waarnemen.*

Uit dit oogpunt beschouwd, neemt de telegrafische wetenschap nog een anderen vorm aan dan dien eener nuttigheidsleer; daar trekt zij het boetekleed eener ootmoedige dienaresse uit, werpt dit weg, verwisselt het met het kleed eener gevierde majesteit, en straalt als eene koningin te midden van talrijke zusters.

Eene observatie-leer bij uitnemendheid was en is zij steeds gebleven. Haar hoogste eisch was en is: leer mij kennen; hare belooning: gebied over mij.

Wie zou haar niet liefhebben, die doordringen mocht tot het wezen van enkele dingen, wien het gelukken mocht te heerschen over de stof?

Die lof is niet gezocht, maar verdiend. Want al vraagt en vordert zij geduld en volharding van hem, die haren omgang zoekt, zij stemt tevens tot dankbaarheid, omdat zij leerzame beschouwingen voedt en praktische uitkomsten schenkt.

Het zij dus verre van mij haar mijne geestdrift te onthouden. En geestdrift moge bestaan, daar waar men, met groote moeielijkheden worstelende, de kunst om wel te *observeeren* naar behooren in beoefening wenscht te brengen.

In de volgende bladzijden zal ik trachten dit te doen. En al mocht ik de geheime taal der gespannen metalen draden nog niet volkomen machtig zijn, ik meen toch te dien aanzien in de goede richting een stap voorwaarts te kunnen doen en daarbij een methode van observatie aan de hand te kunnen geven, welke tot heden niet bestond.

Ik verlaat daartoe het gebied der bespiegeling en treed op dat der strenge logica en der cijfers, op dat der ervaring en der feiten.

I. Over natuurlijke stroomen in telegraaflijnen.

Het meerendeel der telegraaflijnen bestaat uit gegalvaniseerde, ijzeren draden, die aan hunne eindpunten bevestigd zijn aan in de aarde ingelaten, metalen platen, ter dikte van ± 2 millimeter. De lijnen, welke ik op het oog heb en die veelal begrepen worden onder den naam van landlijnen, hebben meestal eene doorsnede van 4, 5 of 6 millimeter.

Schakelt men in zulk eene lijn, nabij een harer uiteinden, eene intensiteits-boussole in, b. v. een door Siemens vervaardigde sinus-boussole, waarvan de omwindingen een weerstand van 150 S. E. vertegenwoordigen, dan zal het dikwerf gebeuren, dat de naald afwijkt onder den invloed van een stroom, die zich van het observatiepunt verwijdert of naar dat punt toestroomt. In het eerste geval zal zijne richting gelijk zijn aan die van een, te dier plaatse in de lijn gezonden koper- of positieven stroom; in het tweede geval aan die van een, aldaar in de lijn gezonden zink- of negatieven stroom. Ter aanwijzing van de richting van dezen stroom zal ik mij bedienen van de teekens + en —, evenals zulks ook tot de aanwijzing van positieve en negatieve algebraïsche grootheden geschiedt. Men zij echter wel indachtig, dat deze teekens hier slechts dienen tot het aangeven van de richting van den stroom met betrekking tot het stand-

punt van den waarnemer, zoodat een zelfde stroom aan het eene uiteinde der lijn het teeken + aannemende, aan het andere uiteinde der lijn het teeken — zal bezitten.

Deze stroom kan bestaan uit de som of het verschil van meerdere stroom-intensiteiten, en heeft derhalve dan zijn ontstaan te danken aan het samen- of tegen elkander invloeien van stroomen of stroompjes, waaraan men in het algemeen den naam van *natuurlijke stroomen* geeft, omdat zij niet langs den kunstmatigen weg, z. a. b. v. door eene electriseer-machine of door galvanische batterijen worden te voorschijn geroepen.

Over hunnen aard en hun ontstaan behoort het volgende in het midden te worden gebracht.

a. Stroomen, veroorzaakt tengevolge van de rechtstreeksche of induceerende werking der atmosferische electriciteit op telegraaflijnen. — Deze stroomen ontstaan door de rechtstreeksche aanraking van den draad met geëlectriseerde lucht, of door de induceerende werking van met electriciteit bezwangerde wolken, en zijn òf zoo weinig krachtig, dat de gewone meetinstrumenten hun bestaan niet kunnen verraden, òf zoo hevig en plotseling in werking, dat het meten dier stroomen geheel onmogelijk is (1). Den meesten invloed bezitten zij op korte lijnen (2), omdat de lange meestal, althans dikwerf minder gunstig geïsoleerd zijn, en de stroomen in deze grooter weerstand ontmoeten, zoodat zij zich langs een of meer steun-

(1) L. Schwendler. — Instructions for testing telegraph lines, etc. — Vol. 1, 2d Edition, 1878, pag. 60.

(2) R. S. Culley. — A handbook of practical telegraphy. 7th Edition, 1878, p. 109.

punten der lijn een uitweg trachten te banen naar de aarde. Zij doen de toestellen plotseling en hevig aanslaan, vooral wanneer bliksemschichten het luchtruim doorklieven, en zijn dus gemakkelijk herkenbaar (1).

Onder deze soort worden niet begrepen de tengevolge van atmosferische werkingen ontstaande polarisatie-stroomen, waarover later onder *f.* zal worden gesproken.

b. Thermo-electrische stroomen, ontstaande door verschil in temperatuur en in doorsnede van verschillende gedeelten eener telegraaflijn. — Deze stroomen zijn uiterst zwak (2), vooral in lange telegraaflijnen tengevolge van den grooteren weerstand van deze, en daarin dus niet waarneembaar.

c. Stroomen, welke ontstaan tengevolge van galvanische actie tusschen de aardplaten, voortspruitende uit hare bijzondere gesteldheid of plaatsing. — Deze stroomen zijn niet waarneembaar, zoo lang de aardverbindingen in den besten toestand verkeeren en de platen uit koper bestaan en in een goed geleidenden, vochtigen grond zijn ingegraven (3).

d. Aardbatterij-stroomen, ontstaande ten gevolge van den ongunstigen isolatie-toestand der lijn, en die in dit geschrift Volta-stroomen zullen worden genoemd. — Deze stroomen vervullen somtijds een gewichtige rol, en komen, zooals van zelf spreekt, zoowel in korte, als in lange telegraaflijnen voor. Zij worden veroorzaakt door het vallen of

(1) E. E. Blavier. — Nouveau traité de télégraphie électrique. 1867. T. 1r, p. 323.

(2) Schwendler, Vol. I, p. 62.

(3) Idem, Vol. 1, p. 59.

breken der steunpunten of der isolatoren, enz. tengevolge waarvan de lijn in rechtstreeksche aanraking komt met de aarde of met voorwerpen. z. a. stangen en beugels en levende steunpunten, die eene goede geleiding naar de aarde vormen. Er bestaat dan gemeenschap tusschen het zink der lijn en het koper der aardplaten door middel der aarde, en er ontstaat een aardbatterij-element of Volta-zuil, waarvan de intensiteit dikwerf gedurende geruimen tijd constant blijft en bovendien bij wijlen zeer sterk kan zijn. Het laatste geval doet zich steeds voor, wanneer de lijn in het water is gevallen, en de afstand tusschen het observatie- en het afleidingspunt (d. i. de isolatie-fout) gering is.

Deze stroomen nemen dikwerf het teeken + aan en schijnen dit te behouden, zoo lang de koperen aardplaat in een goeden toestand verkeert en het afleidingspunt een vrij grooten weerstand bezit. Het teeken schijnt om te keeren, wanneer deze weerstand geringer wordt. Ook kan dit omkeeren somwijlen kunstmatig worden verkregen door het zenden van een sterken zinkstroom in de lijn gedurende eene korte poos, hetgeen den weerstand der fout geringer maakt, maar tevens de intensiteit van den natuurlijken stroom kan doen toenemen. Slaagt men er in, om op deze wijze het teeken om te keeren, dan wijst dit volgens Schwendler steeds op het bestaan van eene enkele fout in de lijn (1).

e. Aardstroomen, ontstaande tengevolge van of gedurende de induceerende werking van het aardmagnetismus, door de werking van het Noorder- of Zuiderlicht of andere

(1) Schwendler. Vol. 1, p. 59.

daarmede overeenkomende, sterke, atmosferische invloeden, of in het algemeen ten gevolge van den veranderlijken, bijzonderen electrischen toestand der aarde. — Over hunne beteekenis zal nader worden gesproken in het volgende hoofdstuk.

Tot de natuurlijke stroomen brengt men bovendien nog:

f. Polarisatie-stroomen, ontstaande ten gevolge van de polarisatie der aardplaten en der toevallige aardverbindingen (isolatie-fouten) na het zenden van een galvanischen stroom in de lijn, of na ontladingen van atmosferische electriciteit door middel van de lijn en de aarde. — Laatstbedoelde polarisatie-stroomen kunnen niet worden vermeden. Ter voorkoming van eerstbedoelde — voor zoover zulks mogelijk is — bedient men zich niet zooal vroeger van ijzeren, vooral ook niet van looden, maar van koperen aardplaten van dezelfde grootte en tracht men aan beide uiteinden der lijn eene goede aarde te vinden, waarin de platen worden ingelaten, terwijl de beide eindkantoren er tevens naar streven zooveel mogelijk met geringe en gelijke batterij-krachten te werken. Dat dit niet altijd geschieden kan, is voornamelijk een gevolg van den isolatie-toestand der lijn, die bij wijlen ongunstig is, en van het verschil in ligging der punten in de lijn waar stroomafleiding plaats grijpt.

De polarisatie-stroom beweegt zich steeds in eene richting, tegenovergesteld aan die van den stroom, die ze doet ontstaan. Zoo de hierboven aangeduide natuurlijke stroomen polarisatie-stroomen opwekken, wordt hunne intensiteit verminderd, doch slechts voor een zeer gering gedeelte, mits aan de voorwaarden, welke aan de aard-

platen gesteld worden, zij voldaan. Op de in hoofdstuk III en IV bedoelde metingen van den natuurlijken stroom zijn zij derhalve van geringen invloed. Wanneer echter polarisatie-stroomen, als hierboven bedoeld zijn, in de te onderzoeken lijn ontstaan, behoort deze eenigen tijd in rust te worden gelaten, totdat die stroomen kunnen geacht worden verdwenen te zijn (Vgl. hoofdstuk IV).

Het is voorts wel aan te nemen, dat de ten gevolge van het seinen met verschillende batterij-krachten ontstaande en dientengevolge telkens terugkeerende polarisatie-stroom van invloed kan zijn op de richting van den Volta-stroom, vooral in lijnen, waar de polarisatie-stroom zelden van teeken verwisselt.

Barst een onweer los in de onmiddellijke nabijheid van eene aardplaat of isolatie-fout, welke dus aanzienlijke ontladingen van atmosferische electriciteit ontvangen, dan zal ook deze omstandigheid van invloed kunnen zijn op de richting der Volta-stroomen, welke na het onweer worden waargenomen.

In al deze gevallen speelt de aarde echter hoogst waarschijnlijk eene hoofdrol, en zoude het dientengevolge bij eene nadere beschouwing dezer aangelegenheid noodig zijn proeven met aardsoorten van verschillende samenstelling te nemen, welke nochtans bijna nimmer bij dezelfde observatie-post worden aangetroffen.

II. Over aardstroomen in telegraaflijnen.

Eene nadere bespreking van het woord *aardstroomen* is in de eerste plaats noodig. Velen toch volgen tot

heden de zeker niet goed te keuren gewoonte, om de benaming *aardstroom* in den zelfden zin te bezigen als waarin de uitdrukking *natuurlijke stroom* in het vorige hoofdstuk van dit geschrift voorkomt. Bij sommigen, vooral bij hen, die niet doordringen tot het wezen der zaak zelve, kan dientengevolge eene begripsverwarring ontstaan omtrent den oorsprong en de beteekenis der verschillende natuurlijke stroomen. Het mag dientengevolge niet overbodig heeten, hier te vermelden, dat in dit geschrift onder *aardstroomen* zullen worden begrepen: stroomen, welke ten gevolge van den veranderlijken electrischen en magnetischen toestand der aarde ontstaan, en òf werkelijk afgeleide, òf geïnduceerde stroomen zijn, en zich als zoodanig in telegraaflijnen voordoen. Zij zijn derhalve in oorsprong geheel verschillend van de aardbatterij-stroomen, die in hun ontstaan aan Volta's proef herinneren, nemende de aarde daarbij de plaats van den kikvorsch in, en die daarom dan ook Volta-stroomen zijn genoemd. Aard- en Volta-stroomen worden echter dikwerf gelijktijdig in telegraaflijnen waargenomen, zooals later zal worden aangetoond.

Schwendler zegt in zijn hierboven aangehaald en in vele opzichten zoo uitstekend geschreven standaardwerk (Vol. I, p. 59), dat de aardstroomen ontstaan ten gevolge van een verschil in potentiaal tusschen de twee punten der aarde, waarmede de aardplaten in aanraking zijn. Niemand betwijfelt de juistheid dezer bewering, omdat er geen stroom zal circuleeren, wanneer het verschil in potentiaal niet bestaat. Doch het blijkt daaruit niet, waarin het bedoelde verschil zijn oorsprong neemt. Dit

wordt niet nader opgehelderd. Alleen zegt SCHWENDLER te mogen verklaren, dat werkelijke aardstroomen voortdurend bestaan, en dat hij deze kennis verkreeg door het doen van metingen op de telegraaflijnen in Britsch-Indië gedurende vele jaren.

Raadpleegt men CULLEY's *Handbook* (1), dan vernneemt men dat de hier bedoelde stroomen, door hem »dagelijksche stroomen" genoemd, volgens het oordeel van sommigen hun ontstaan verschuldigd zijn aan de dagelijksche veranderingen der kompasnaald (2), omdat het bekend is, dat de richting van het kompas gedurende den dag zeer langzaam verandert.

Volgens CULLEY was het evenwel tot dusver nog niet mogelijk, om de waarheid dezer meening daghelder aan te toonen. Hier rijst echter de vraag, hoe men dit onderzocht heeft, en of men wellicht uitsluitend gewicht gehecht heeft aan eene gelijktijdige waarneming dezer verschijnselen *op dezelfde plaats*. Raadpleegt men de theorie van het ontstaan der magneto-electrische stroomen in eene geleiding, en beschouwt men de aarde als een magneet, wiens veranderlijke atomen-werking de stroomen induceert, dan zoude er zeker, afgescheiden van al het overige, veel te zeggen zijn voor eene theorie, die alleen op gelijktijdige waarneming dier verschijnselen op dezelfde plaats berust. Maar de aarde zelve maakt hier een deel uit van de keten, die tot stroomweg dient, en dientengevolge is het mogelijk, dat er stroomen te voorschijn

(1) CULLEY, p. 110.

(2) Natuurlijk bedoelt CULLEY de dagelijksche veranderingen, welke het aardmagnetisme en dientengevolge de kompasnaald ondergaat.

treden door de veranderingen, welke de aardmagneetkracht op verschillende en verder verwijderde punten der aarde ondergaat. Een bewijs voor de waarschijnlijkheid dezer stelling vindt men in de bij wijlen waargenomen wisselwerking der aardstroomen, die nu eens het +, dan weer het — teeken verkrijgen, en in wier intensiteitsvermeerdering of vermindering geen het minste verband kan worden bespeurd, zoodat men niet kan aannemen, dat die wisselwerking een uitvloeisel is van den aardstroom zelven. Dit verschijnsel toch kan doen veronderstellen, dat op eene of op beide aardplaten, de uiteinden der lijn, veranderlijke of verschillende krachten werkzaam zijn, die, bij opvolging werkende, herhaaldelijk een tegengesteld verschil in potentiaal tusschen de aardplaten te voorschijn roepen, evenals zulks onder den sterken invloed van noorder- en zuiderlichten geschiedt, hetgeen bij de veel grootere afmetingen, welke de aarde in vergelijking zelfs met eene zeer lange telegraaflijn bezit, kan worden veroorzaakt door krachten, welker middenpunt op verderen afstand is gelegen.

Uit het bovenstaande volgt, dat men uit een niet-gelijktijdig waarnemen der bedoelde verschijnselen niet besluiten mag tot eene geheele afwezigheid van het verband, welke sommigen daarin meenen op te merken, en dat dit eerder doet vermoeden, dat beide verschijnselen eene zelfde oorzaak bezitten, die het aanzijn geeft aan krachten, welke op verschillende gedeelten der aarde verschillend werken. Voor de waarschijnlijkheid dezer stelling pleit het feit, dat de verschijnselen gedurende zoogenaamde atmosferische stormen gelijktijdig op onder-

scheidene punten der aarde worden waargenomen. De storingen, door de magneetnaald aangewezen, zijn dan beduidend grooter, en de stroomen in de telegraaflijnen veel sterker. De oorzaak van beiden moet alsdan bestaan in een veel heviger werking, die niet in de aarde zelve kan worden gezocht, en voornamelijk aan de zon kan worden toegeschreven, zoodat deze de rol van eenen lichtenden magneet zoude vervullen, welks krachten *voortdurend* (1), en meestal aan geringe, doch gedurende atmosferische stormen aan zeer belangrijke wijzigingen onderhevig zijn en alsdan samenvallen met de maxima van waarneembare zonnevlekken. In het laatstbedoelde geval zullen beide verschijnselen zich op dezelfde plaats gelijktijdig voordoen; in het eerstbedoelde echter is dit niet noodzakelijk. Treedt hierdoor het verband tusschen de aardmagneetkracht en de aardstroomen helderder in het licht, evenzeer moet m. i. aan het bekende vermoeden van Secchi, dat de zon een magneet zoude zijn, eene ruime plaats worden geschonken.

Het is nu ook duidelijk waarom, volgens Ampère's theorie der aardstroomen, mag, ja moet worden aangenomen, dat eene verandering van den electrischen toestand van de buitenste laag der aarde stroomingen aan

(1) Volgens de jongste ontdekkingen, door Tachini gedaan, bestaat er thans volkomen zekerheid, dat zoowel in het eene als in het andere halfrond der zon op bijna gelijken afstand van den equator en op dezelfde lengte een gebied van voortdurende werkzaamheid gelegen is, d. i. waarin zich vlekken en fakkels het geheele jaar door vertoonen (*Wetenschappelijk Bijblad* van het *Album der Natuur*, 1832, 2de aflevering).

hare oppervlakte doet ontstaan, die zich dus als werkelijk afgeleide aardstroomen in de van oost naar west loopende telegraaflijnen kunnen voordoen, en waarbij deze lijnen kunnen beschouwd worden als deelen van de cirkelvormige schakels of ringen der aardsolenoïde.

Dat aardstroomingen bovendien waarneembaar zijn in telegraaflijnen, welke van het noorden naar het zuiden loopen, behoeft geene verwondering te baren, omdat deze soort lijnen gaandeweg worden gemagnetiseerd, en dus veeleer als een werkelijk onderdeel der aarde moeten beschouwd worden, en als zoodanig deel hebben in de aan hare oppervlakte plaats grijpende veranderingen. Men mag daarbij aannemen, dat de lijn dan ook feitelijk een noord- en zuidpool en zelfs volgpunten kan verkrijgen, hetgeen vooral een gevolg zal moeten zijn van hare atomistische structuur en van den langeren of korteren tijd, gedurende welken zij aan de induceerende werking van het aardmagnetisme is onderworpen geweest, en van de meer of minder belangrijke storingen, die dit magnetisme onderging. Gedurende het telegrafeeren moet die moleculaire toestand bovendien gestadig veranderen, èn omdat de richting van den telegrafeerstroom niet overal en altijd dezelfde is, èn omdat door de eindkantoren eener lijn niet altijd met even groote batterijkrachten wordt gewerkt.

Vatten wij het hierboven gezegde te zamen, dan mag worden aangenomen, dat het verschil in potentiaal tusschen twee punten der aarde, die door eene telegraaflijn zijn vereenigd, en welk verschil de oorzaak is van het circuleeren van aardstroomen in die lijn, voornamelijk

ontstaat tengevolge van de veranderingen welke in den magnetischen en electrischen toestand der aarde onder den invloed der zon plaats grijpen. Voor zoover mij bekend is, bestaat er geen enkel feit, dat met deze theorie zoude in strijd zijn.

Van veel gewicht acht ik het streven, om de uitwerking van aardstroomen in telegraaflijnen te verminderen.

Hier doet zich de vraag voor, of de stand der aardplaten daaraan zoude kunnen bevorderlijk zijn. Plaatst men deze nu met de smalle zijde, welke ter nauwernood eene dikte van 2 mm. bezit, in de richting der aardstroomen, welke zich volgens de theorie van Ampère kunnen ontwikkelen en krachtens deze theorie bij voorkeur in de richting van het magnetische oosten naar het magnetische westen zullen circuleeren, zoodat ook deze richting de aangewezene is, waarin zich twee der smalle zijvlakken der aardplaten moeten bevinden, dan zal de aardstroom bij zijne intrede in de lijn een belangrijk grooteren weerstand ondervinden, dan wanneer de aardplaten met dezelfde smalle zijden in de richting van den magnetischen meridiaan waren geplaatst, en zal de lijn derhalve een minimum van stroomintensiteit ontvangen.

Genomen proeven hebben de juistheid dezer meening niet in twijfel doen trekken, terwijl de verschillende omstandigheden, waaronder lijn en aardplaten zich alsdan bevinden, doen vermoeden, dat de door mij bedoelde stand der aardplaten werkelijk de beste is voor het tegengaan der aardstroomingen. Zoo zullen de aardplaten dientengevolge als verlengstukken der telegraaflijn kunnen beschouwd worden, wier lengte-as zoodanig met die der

lijn samenvalt, dat het bovenvlak der aardstrook tusschen de beide aardplaten en hiermede het eigenlijke induceerende magneetveld slechts eene breedte van 2 mm. bezit, hetgeen van invloed moet zijn op de induceerende werking van den, uit heterogeene bestanddeelen bestaanden aardmagneet. Het behoeft geen betoog, dat deze opmerking slechts van toepassing is op de lijnen, welke van oost naar west gericht zijn. Ten anderen — en deze overweging is m. i. van meer gewicht dan de vorige — zullen de aardplaten, welke uit koper bestaan, in den stand geplaatst zijn, die zij geneigd zijn als diamagnetische lichamen tegenover de magnetische noord- en zuidpool der aarde in te nemen, en zal de werking dezer aspunten dientengevolge een minimum-waarde moeten vertegenwoordigen, wanneer men veronderstelt, dat deze poolwerkingen nagenoeg even groot zijn. Ten aanzien dezer beschouwingen verwijs ik hierbij tevens naar een opstel van mijne hand, voorkomende in den loopenden jaargang van het Tijdschrift der Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië, waarin over de genomen proeven nader wordt uitgewijd (1).

Het is overigens aan geen redelijken twijfel onderhevig, dat de temperatuur der aarde, welke de aardplaten omringt, van zeer veel invloed kan zijn op de intensiteit der aardstroomen in telegraaflijnen. Want neemt de warmte der aardlaag toe, dan zal haar weerstand ver-

(1) De titel van dit opstel luidt als volgt: »Des courants terrestres proprement dits et d'une méthode nouvelle pour en diminuer l'effet nuisible à la télégraphie pratique", en het opstel komt voor in de 1e Aflevering van Deel 42.

meerderen en moet derhalve de intensiteit der aardstroomen verminderen. Neemt daarentegen de warmte af en dus de koude der aardlaag toe, dan zal de intensiteit der aardstroomen moeten vermeerderen. Tenzij aan vulkanische of hevige atmosferische invloeden moet worden gedacht, houdt de verwarming of verkoeling van den draad, waaruit de lijn bestaat, hiermede dikwerf gelijken tred, en wordt ook tengevolge daarvan de weerstand der keten grooter of kleiner, hetgeen volgens Ohm's wet van invloed is op de intensiteit van de waargenomen stroomingen.

Men meene echter niet, dat men hierin een gemakkelijk te hanteeren middel bezit om den invloed der aardstroomen te ontgaan, vooral niet bij ongunstig geïsoleerde lijnen. De ondervinding toch leert hier — ik bedoel in Nederlandsch-Indië —, dat het van de hoogste noodzakelijkheid is, om dergelijke lijnen van zeer deugdelijke en weinig weerstand bezittende aardverbindingen te voorzien, opdat het verschil in potentiaal tusschen de beide aardplaten grooter moge zijn dan dat tusschen de aardplaten en de isolatie-fouten der lijn. In Europa zal men slechts enkele of geene telegrafische teekens kunnen wisselen langs eene, hier en daar in de sneeuw gedompelde lijn, tenzij men over uitstekende aardverbindingen hebbe te beschikken. Eveneens zal men in Indië voor het aanbrengen daarvan moeten zorgen, wanneer de lijn ongunstig geïsoleerd is en men teekens wenscht te wisselen gedurende urenlange en allerhevigste stortregens, die de op den grond gevallen lijn, op berghellingen en bergpaden vooral, in een stroomend koudwaterbad dompelen.

Volgt daaruit mede, dat het nuttig effekt, verkregen door het vergrooten der batterij-krachten, aan zekere, hoewel dan ook ver verwijderde grenzen is gebonden, het is eene daadzaak en boven elken twijfel verheven, dat de uitstekendste aardverbindingen krachtig bijdragen tot het bereiken van het beoogde doel. Dat de afstand van het zendende kantoor tot de belangrijkste isolatie-fout hierop tevens van zeer grooten invloed is, behoeft geene vermelding.

Uit een en ander volgt, dat men den weerstand der aardplaten niet grooter mag maken, om het schadelijk effekt der aard-stroomen te ontgaan, en dat dus alleen de dikte en de stand der aardplaat hiertoe mogen worden gewijzigd.

In hoofdstuk IV zal nog nader worden gesproken over waargenomen aardstroomen, die hun ontstaan aan krachtige atmosferische invloeden schijnen te danken te hebben.

Vermelding verdient bovendien nog, dat de krachtigste aardstroomen om de 10 tot 11 jaar worden waargenomen, en dat deze stroomingen van buitengewonen aard zich ook in 1882 en 1883 zullen voordoen. Vrij sterke aardstroomen observeerde ik o. a. op den 2en Februari en den 20en Maart 1882. Die op laatstbedoelden dag, voornamelijk tusschen 4 en 5 uur des namiddags (middelbare tijd van Batavia), waren het sterkst.

III. Wetten der aard- en Volta-stroomen en de enkele meting dezer stroomen in telegraaflijnen.

Aardstroomen, zoowel gewone als buitengewone, doen

meerderen en moet derhalve de intensiteit der aardstroomen verminderen. Neemt daarentegen de warmte af en dus de koude der aardlaag toe, dan zal de intensiteit der aardstroomen moeten vermeerderen. Tenzij aan vulkanische of hevige atmosferische invloeden moet worden gedacht, houdt de verwarming of verkoeling van den draad, waaruit de lijn bestaat, hiermede dikwerf gelijken tred, en wordt ook tengevolge daarvan de weerstand der keten grooter of kleiner, hetgeen volgens Ohm's wet van invloed is op de intensiteit van de waargenomen stroomingen.

Men meene echter niet, dat men hierin een gemakkelijk te hanteeren middel bezit om den invloed der aardstroomen te ontgaan, vooral niet bij ongunstig geïsoleerde lijnen. De ondervinding toch leert hier — ik bedoel in Nederlandsch-Indië —, dat het van de hoogste noodzakelijkheid is, om dergelijke lijnen van zeer deugdelijke en weinig weerstand bezittende aardverbindingen te voorzien, opdat het verschil in potentiaal tusschen de beide aardplaten grooter moge zijn dan dat tusschen de aardplaten en de isolatie-fouten der lijn. In Europa zal men slechts enkele of geene telegrafische teekens kunnen wisselen langs eene, hier en daar in de sneeuw gedompelde lijn, tenzij men over uitstekende aardverbindingen hebbe te beschikken. Eveneens zal men in Indië voor het aanbrengen daarvan moeten zorgen, wanneer de lijn ongunstig geïsoleerd is en men teekens wenscht te wisselen gedurende urenlange en allerhevigste stortregens, die de op den grond gevallen lijn, op berghellingen en bergpaden vooral, in een stroomend koudwaterbad dompelen.

Volgt daaruit mede, dat het nuttig effekt, verkregen door het vergrooten der batterij-krachten, aan zekere, hoewel dan ook ver verwijderde grenzen is gebonden, het is eene daadzaak en boven elken twijfel verheven, dat de uitstekendste aardverbindingen krachtig bijdragen tot het bereiken van het beoogde doel. Dat de afstand van het zendende kantoor tot de belangrijkste isolatiefout hierop tevens van zeer grooten invloed is, behoeft geene vermelding.

Uit een en ander volgt, dat men den weerstand der aardplaten niet grooter mag maken, om het schadelijk effekt der aard-stroomen te ontgaan, en dat dus alleen de dikte en de stand der aardplaat hiertoe mogen worden gewijzigd.

In hoofdstuk IV zal nog nader worden gesproken over waargenomen aardstroomen, die hun ontstaan aan krachtige atmosferische invloeden schijnen te danken te hebben.

Vermelding verdient bovendien nog, dat de krachtigste aardstroomen om de 10 tot 11 jaar worden waargenomen, en dat deze stroomingen van buitengewonen aard zich ook in 1882 en 1883 zullen voordoen. Vrij sterke aardstroomen observeerde ik o. a. op den 2en Februari en den 20en Maart 1882. Die op laatstbedoelden dag, voornamelijk tusschen 4 en 5 uur des namiddags (middelbare tijd van Batavia), waren het sterkst.

III. Wetten der aard- en Volta-stroomen en de enkele meting dezer stroomen in telegraaflijnen.

Aardstroomen, zoowel gewone als buitengewone, doen

zich het meest voor in telegraaflijnen van beduidende lengte, zoo ten gevolge van den grooteren afstand der aardplaten, waardoor men zich de electro-motorische kracht kan versterkt denken, als ten gevolge van het grootere oppervlak van het induceerende veld. Deze overweging en gedane proefnemingen brengen ons tot het samenstellen van de navolgende

WET DER AARD-STROOMEN. — *Wanneer in eene telegraaflijn aardstroomingen bestaan, dan zullen deze in intensiteit toenemen, wanneer de lijn langs den natuurlijken weg en in de richting, waarin zij loopt, langer wordt gemaakt, en zal zulks te eerder waarneembaar zijn, bijaldien de lijn zelve eene groote doorsnede heeft, de achtereenvolgens gebezigde aardplaten een geringen weerstand bezitten, en er geene andere natuurlijke stroomen in de lijn circuleeren.*

Hij die zich van eene eenigszins gevoelige intensiteits-boussole, b. v. de reeds vroeger vermelde sinus-boussole van SIEMENS, bedient, zal deze wet bij het doen van proefnemingen bevestigd vinden.

Hoe evenwel onderzoekt men op de gemakkelijkste wijze, dat werkelijke aardstroomen en geene andere natuurlijke stroomen in de lijn voorkomen?

De beantwoording dezer vraag is van het hoogste belang, daar zij, op de juiste wijze geschiedende, den waarnemer tegen het verkrijgen van onware resultaten kan en moet vrijwaren.

Uit het wezen der aardstroomen vloeit noodzakelijkerwijze voort, dat men, bij verbreking van de stroomketen, geene aardstroomingen meer zal kunnen bespeuren. Zijn A. en B. twee plaatsen, welke onderling door eene telegraaflijn verbonden zijn, dan zal men, de verbinding

tusschen lijn en aardplaat te B. verbrekende, te A. geen aardstroom kunnen waarnemen, doch zal de aardstroom wederom waarneembaar zijn, wanneer die verbinding op nieuw wordt gemaakt. In het eerste geval zegt men, dat de lijn te B. geïsoleerd is; in het tweede, dat zij aldaar met de aarde verbonden is.

Op den voorgrond stellende, dat men eene goede aardverbinding heeft gezocht en gevonden en dat men koperen aardplaten bezigt, is het thans niet moeielijk meer den aardstroom in volkomen geïsoleerde lijnen op te vangen.

Hiertoe schakelt men eene boussole, zooals hierboven werd bedoeld, of eene gelijksoortige en meer gevoelige, en die ik thans kortheidshalve de meetboussole zal noemen, tusschen aardplaat en lijn in. Men kan daarna de afwijking waarnemen bij isolatie en bij aardverbinding der lijn op het korrespondeerende station. Verkrijgt men dan bij isolatie geene afwijking, en is die bij aardverbinding b. v. 10 graden, dan zal de aardstroom eene waarde van 10 onbenoemde eenheden vertegenwoordigen. Want daar de afwijkingen onder den invloed der gewone aardstroomen verkregen, meestal niet meer dan 15 graden bedragen, zullen de stroomintensiteiten zich niet alleen verhouden als de sinussen der verkregen afwijkingshoeken, maar bovendien als die afwijkingen zelven (1), en is het tevens verklaarbaar, dat men zegt een aardstroom te hebben waargenomen, welks intensiteit b. v. 2, 3, 4 maal grooter is dan die, welke op een vroeger tijdstip werd geobserveerd. Is nu de richting van den

(1) Vgl. Schellen's Elektromagnetischer Telegraph, S. 101 u. 103, 5te Auflage, 1871.

stroom dezelfde als die van een, onder normale omstandigheden in de lijn gezonden, kunstmatig opgewekten koperstroom, hetgeen de naald kan aanwijzen, dan spreekt men van eene afwijking in de gewone richting en dus van een stroom, die in de naaste omgeving van den waarnemer bij de aardplaat in de lijn treedt. Geschiedt de afwijking daarentegen in de tegenovergestelde richting, dan verlaat de stroom bij die aardplaat de lijn, en heeft hij dus de richting van een in de lijn gezonden zinkstroom, en is het nu duidelijk, hoe men zich vergewist, of de afwijking b. v. + 10 of — 10 graden bedraagt.

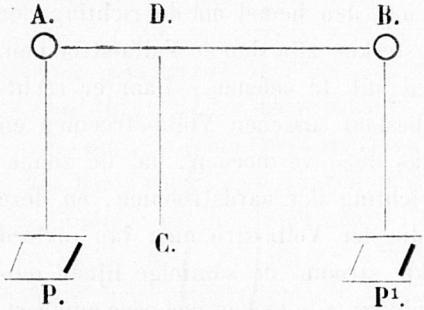
Daar de aard-stroomen zich vooral in telegraaflijnen van beduidende lengte voordoen en deze meestal niet in een volkomen zuiveren isolatie-toestand verkeeren, neemt men gewoonlijk bij het inschakelen der meetboussole een stroom waar, welke zijn ontstaan aan meer dan eene oorzaak verschuldigd is. Is de lucht helder of regent het, doch bestaat er geen onweer langs het lijntraject, dat in de observatie begrepen wordt; circuleeren er geene polarisatiestroomen, en is mede al het overige in normalen toestand behalve de niet volkomen geïsoleerde lijn, dan zullen zich uitsluitend de in hoofdstuk I onder lett. *d* en *e* bedoelde stroomingen in de lijn kunnen vertoonen, en is het noodig te bepalen, of er een aardstroom circuleert, en welk deel van den waargenomen stroom een aardstroom kan worden genoemd.

Dit tot dusver onopgelost gebleven vraagstuk moest eene oplossing nabijkomen, wanneer men in staat was bij de metingen stroomeigenschappen waar te nemen, die uitsluitend aan de aard- of Volta-stroomen behooren. Te

dien einde deed ik veelvuldige waarnemingen langs lijnen van ruim 200 km. lengte, welke aanleiding gaven tot de samenstelling van de navolgende

WET DER VOLTA-STROOMEN. — *Wanneer in eene lijn alleen Volta-stroomen voorkomen, zullen die voor den waarnemer de meeste intensiteit bezitten bij isolatie der lijn op het korrespondeerende station.*

Deze wet berust op het feit, dat men aan de beide uiteinden der lijn gelijktijdig natuurlijke stroomen kan waarnemen, die bij de aardplaten in de lijn treden, en dus eene tegengestelde richting hebben, hoewel zij, van het standpunt der waarnemers bezien, hetzelfde teeken bezitten.



Zij ADB b. v. eene lijn, die de plaatsen A en B verbindt en aldaar bij P en P¹ door eene koperen plaat in de aarde eindigt, terwijl de lijn ergens, b. v. te D met de aarde C in aanraking is, dan zal er door middel der aarde gemeenschap bestaan tusschen het zink der gegalvaniseerde lijn in DC en de koperen platen P en P¹, en moet er in C een Volta-stroom ontstaan, die zich kan begeven van C naar P en van daar over A en D naar C terug, en van C naar P¹ en van daar over B en D naar C terug, en die zich over de beide stroomwegen zal verdeelen in omgekeerde verhouding der te doorloopen weerstanden, hetgeen alsdan

gelijktijdig in A en B zal kunnen worden geobserveerd.

Isoleert men nu de lijn te B, dan zal de Volta-stroom zich in C niet verdeelen, maar den weg doorloopen, die hem van C naar P en van daar over A en D geboden wordt, en zal deze stroomweg alsdan den geheelen Volta-stroom ontvangen.

Niet altijd verdeelt de Volta-stroom zich in C op de hierboven aangegeven wijze. Proefnemingen toch bewijzen, dat zij zich b. v. eveneens van C over D en B naar P^1 kan bewegen, om vervolgens van daar naar C terug te keeren (Vgl. Hoofdstuk I, sub *d*), zoodat de in A geplaatste waarnemer een koper-, en de in B geplaatste een zinkstroom waarneemt, of omgekeerd.

De stand der zon aan den hemel en de richting der aardstroomen, zoo zij sterker zijn dan de Volta-stroomen, schijnen hierop invloed uit te oefenen. Daar er rechtstreeks geen verband bestaat tusschen Volta-stroomen en zonnestand, moet zulks doen vermoeden, dat de zonnestand alleen op de richting der aardstroomen, en deze richting wederom op die der Volta-stroomen van invloed is. Dat de natuurlijke stroom in sommige lijnen omstreeks 12 uur des middags zijn teeken wel eens omkeert, schijnt dit vermoeden te bevestigen. Eveneens wijst hierop de omstandigheid, dat voor zoover mijne ondervinding strekt, nog nimmer op de observatie-posten aan de beide uiteinden der lijn stroomingen werden waargenomen, die op beide plaatsen het teeken — bezaten, terwijl daarentegen wel stroomingen met het teeken + of met een verschillend teeken werden geobserveerd.

De weerstand der isolatie-fouten kan, zooals elders

reeds gezegd werd, mede van invloed zijn op het waargenomen teeken. Doch het is uiterst moeielijk in elk zich voordoend geval te bepalen, waarom dit en geen ander teeken wordt geobserveerd. Langdurige proefnemingen kunnen hierover wellicht meer licht doen opgaan, doch daartoe is het noodig, dat gedurende het telegrafeeren met de kleinst mogelijke batterijkrachten worde gewerkt, opdat de lijn zoo weinig mogelijk aan sterke invloeden onderworpen zij (Vgl. Hoofdstuk I, sub *f*).

Daar alle proefnemingen de *Wet der Volta-stroomen* bevestigen, is men gerechtigd haar als waar aan te nemen, en behoeft zij ook werkelijk geene toelichting meer, omdat zij reeds duidelijk genoeg is in en door zich zelve.

Door eene juiste beschouwing dezer wet in verband met die der aardstroomen is het tevens mogelijk in bepaalde gevallen te onderzoeken, of er in ongunstig geïsoleerde lijnen al dan geene aardstroomen voorkomen. Neemt men de afwijking der meetboussole onder den invloed van den natuurlijken stroom waar bij isolatie en bij aardverbinding op het korrespondeerende station, en is die afwijking het grootst bij isolatie, dan zal in de eerste plaats aan Volta-stroomen moeten gedacht worden, en kan men, wanneer de isolatie-fout nabij den waarnemer gelegen is, zelfs aannemen, dat geene aardstroomen geobserveerd worden, dewijl deze in lijnen van geringe lengte — en in eene zoodanige is dan de lijn veranderd — niet voorkomen. Ligt echter de fout op verderen afstand van den waarnemer, dan is het moeielijk te bepalen of er geen aardstroom circuleert, omdat die in het gegeven geval zoowel bij isolatie als bij aardverbinding in de lijn

kan treden, terwijl niet meer kan worden aangenomen, dat de lengte der lijn bij isolatie gering is. Niettemin bestaat er volkomen zekerheid, dat de Volta-stroom sterker is dan de aardstroom, en dat het verschil der afwijkingen eene benaderingswaarde van den Volta-stroom vertegenwoordigt. Want, mochten er aardstroomen circuleeren, dan zoude uit de wet der aardstroomen volgen, dat die bij aardverbinding op het korrespondeerende station het sterkst moeten zijn. Is nu de afwijking bij aardverbinding niettemin geringer dan bij isolatie, dan kan het verschil dier afwijkingen geene benaderingswaarde van den aardstroom wezen, maar moet zij daarentegen eene benaderingswaarde van den Volta-stroom zijn.

In het hier bedoelde geval is de afwijking bij isolatie of I grooter dan de afwijking bij aardverbinding of P, d. i.

$$I > P.$$

Stel verder:

Ag = grootste waarde van den aardstroom;
Vg = » » » » Volta-stroom;
Ak = kleinste » » » aardstroom;
Vk = » » » » Volta-stroom;
Ax = eene benaderingswaarde van den aardstroom; en
Vx = » » » » Volta-stroom;

dan is:

$$Vg + Ak > Vk + Ag;$$

maar $Ag = Ak + x;$

dus $Vg + Ak > Vk + Ak + x;$

of $Vg > Vk + x;$

en $Vg - (Vk + x) = Vx \ldots\ldots\ldots\ldots (I).$

Is echter de afwijking der naald het grootst bij aard-

verbinding, dan zal in de eerste plaats de aardstroom het sterkst zijn, en bovendien zal het verschil der afwijkingen bij aardverbinding en bij isolatie eene benaderingswaarde van den aardstroom aangeven. Want uit de wet der Volta-stroomen volgt, dat de Volta-stroom het minst sterk is bij aardverbinding der lijn op het korrespondeerende station. Is de afwijking der naald dan evenwel het grootst, zoo kan de oorzaak hiervan alleen gezocht worden in het circuleeren van een aardstroom of van een sterkeren aardstroom dan die bij isolatie, en geeft het verschil der afwijkingen alsdan eene benaderingswaarde van dien stroom aan. In dit geval is:

$$P > I$$

dus ook $Ag + Vk > Ak + Vg$;

maar $Vg = Vk + x$,

dus $Ag + Vk > Ak + Vk + x$

of $Ag > Ak + x$

en $Ag - (Ak + x) = Ax \ldots\ldots$ (II).

Is in bovenstaande vergelijkingen $Vx = o$ en $Ax = o$, m. a. w. bestaat er geen verschil in afwijking bij isolatie en bij aardverbinding, dan bestaat er geene zekerheid meer, of er al dan geen aardstroom aanwezig is.

Het bovenstaande laat zich alsnu gemakkelijk samenvatten in de volgende

Samengestelde wet der aard- en Volta-stroomen. — *Wanneer zich in een niet volkomen zuiver geïsoleerde lijn natuurlijke stroomen voordoen, die èn aard-stroomen, èn Volta-stroomen zijn, zal het verschil in de afwijkingen van de naald der meetboussole, onder den invloed dier stroomen verkregen bij isolatie en bij aardverbinding der lijn op het*

korrespondeerende station, het bestaan van een aardstroom verraden, wanneer de afwijking bij aardverbinding grooter is dan die bij isolatie, en zal dit verschil zelf eene benaderingswaarde van den aardstroom zijn. Wanneer daarentegen de afwijking der naald onder den invloed van den natuurlijken stroom bij isolatie op het korrespondeerende station grooter is dan die bij aardverbinding aldaar, dan zullen die afwijkingen verkregen zijn onder den invloed, die daarop voornamelijk door een Volta-stroom werd uitgeoefend, en zal het verschil der waargenomen afwijkingen eene benaderingswaarde van den Volta-stroom zijn. Het is echter noodig de metingen met de meest mogelijke vlugheid te doen, opdat men zich de waarde van aard- en Volta-stroom gedurende de metingen constant kunne denken.

Uit deze *wet*, die in *alle* gevallen bevestigd wordt, vloeit van zelve voort, op welke wijze de meting van aard-stroomen in niet gunstig geïsoleerde telegraaflijnen moet worden ingericht, en is daarmede eene benaderingsmethode gevonden tot het meten van aardstroomen in telegraaflijnen.

De meting zelve wordt de enkele of enkelvoudige meting genoemd, omdat de waarnemingen slechts op één station worden genomen.

Om zich te overtuigen, of de lijn vrij goed of slecht geïsoleerd is, kan men tevens den stroom eener meetbatterij in de lijn zenden, mede bij isolatie en bij aardverbinding der lijn op het korrespondeerende station. Ook daar moet, zooals in het volgende hoofdstuk blijken zal, hetzelfde worden verricht. Leveren dan de op beide

stations verkregen afwijkingscijfers nagenoeg gelijke waarden op, dan kan op de meting worden vertrouwd, en zal de lijn des te beter geïsoleerd zijn, naarmate het verschil tusschen de afwijkingen, bij aardverbinding en isolatie verkregen, grooter is. Men moet daarbij zorg dragen, dat de meetbatterij — gewoonlijk bestaat zij uit twee achter elkander verbonden elementen — op eene behoorlijke sterkte wordt gebracht, zoodanig dat de afwijking bij aardverbinding in ieder geval 10 graden bedraagt. Want is de batterijkracht te klein in verhouding tot den weerstand der lijn, dan zullen ook de verkregen afwijkingscijfers zeer klein zijn, en kan hunne onderlinge verhouding geen vertrouwbaren maatstaf meer opleveren.

Voorts dient in het oog te worden gehouden, dat de metingen van den aard- en Volta-stroom alleen dan mogen geschieden, wanneer de lijn eenigen tijd in rust is geweest. In het tegengestelde geval toch kunnen polarisatie-stroomen in de lijn circuleeren, die, hoe zwak dan ook, van invloed kunnen zijn op de meting. Aanbeveling verdient het dientengevolge de metingen te bewerkstelligen, langs lijnen, die niet in gebruik en van afzonderlijke aardplaten zijn voorzien, of die aan reserve-aardplaten kunnen worden verbonden, of die gedurende eenige uren geen telegrafeerstroom ontvingen. Als meest geschikte tijd moet daarom het tijdperk tusschen 6 en 8 uur des ochtends worden beschouwd.

Het behoeft geen betoog, dat een en ander van kracht blijft bij het doen der zoogenaamde dubbele meting, welke thans zal worden omschreven.

IV. De dubbele meting van aard- en Volta-stroomen in telegraaflijnen.

Het ligt voor de hand, dat men achtereenvolgens op de stations aan de uiteinden der lijn gelijksoortige waarnemingen kan doen.

Noem de stations A. en B. Dan zal A. den natuurlijken stroom kunnen waarnemen eerst bij isolatie der lijn te B, en daarna bij aardverbinding aldaar, telkens b. v. gedurende 15 seconden. Vervolgens zal B. hetzelfde kunnen doen, eerst bij isolatie der lijn te A, en daarna bij aardverbinding aldaar, eveneens telkens gedurende 15 seconden.

Deze meting wordt de dubbele genoemd, omdat de waarnemingen op de beide observatie-posten nagenoeg gelijktijdig plaats grijpen. Zij wijst den weg aan tot het verklaren van waargenomen, onmogelijk geachte verschijnselen bij het doen eener zoogenaamde gewone meting, en verdient daarom beschouwd te worden als een krachtig hulpmiddel tot het leeren kennen van den electrischen toestand der lijn op het tijdstip der meting. Hiertoe is het noodig de in beide gevallen verkregen resultaten aan elkander te toetsen.

Die gewone meting bestaat uit het opnemen:

1°. van de afwijking eener meetbatterij, in zich zelf gesloten, zonder anderen weerstand in de keten dan dien der meetboussole en der batterij zelve;

2°. van de afwijking dier zelfde meetbatterij in verbinding met de lijn, wanneer die

a. op het korrespondeerende station geïsoleerd is; of

b. aldaar met de aarde verbonden is, zonder inschakeling van toestellen of relais te dier plaatse; of

c. aldaar met de aarde verbonden is, met inschakeling van toestellen of relais.

De onder 1 bedoelde meting geschiedt met het doel, om zich te vergewissen, of op de meetbatterij kan worden vertrouwd, en behoort dus gedaan te worden, voor dat men de onder 2 bedoelde metingen verricht, en hare uitkomsten onderling vergelijkt.

Zijn de onder 2 bedoelde metingen afgeloopen, dan vergelijkt men de uitkomst der meting onder 2*a* met die onder 2*b*; laatstgenoemde wederom met die onder 2*c*, en eindelijk de uitkomsten der drie metingen onderling.

Over eene vergelijking van de afwijking bij isolatie met die bij aardverbinding op het korrespondeerende station werd reeds gesproken aan het slot van het vorige hoofdstuk.

De uitkomsten van de onder 2 *b* en *c* bedoelde metingen, onderling vergeleken, geven aan, of bij eene gunstig geïsoleerde lijn de weerstand van het mede ingeschakelde relais al dan niet groot is, en, omdat die weerstand steeds bekend kan zijn, dus ook, en vooral bij het gebruik maken van een relais met grooten weerstand, of de lijn al dan niet gunstig geïsoleerd is, mits men tevens wete, dat geene natuurlijke stroomen, behalve Voltastroomen in de lijn circuleeren.

Geven de drie, onder 2 bedoelde metingen eene onveranderde afwijking of onderling weinig verschil opleverende afwijkingen der naald aan, dan zegt men, moet de lijn zeer ongunstig geïsoleerd zijn, en staat menigeen verbaasd, dat het in soortgelijke omstandigheden mogelijk kan zijn met de meeste snelheid telegrafische teekens te wisselen langs eene lijn van meer dan 200

km. lengte. Gewoonlijk meent men, dat deze uitkomst het aanzijn van belangrijke isolatie-fouten verraadt, en deze zienswijze schijnt dan hare bevestiging te vinden in de omstandigheid, dat het gebruik maken eener sterkere batterij noodig is, om het variëeren van den telegrafeerstroom te neutraliseeren.

Op grond van de in het vorig hoofdstuk verklaarde samengestelde wet der aard- en Volta-stroomen mag deze uitspraak echter niet onvoorwaardelijk worden aangenomen, terwijl ook de ondervinding leert, dat alleen uit de onderlinge vergelijking van de uitkomsten, welke op de beide, aan de uiteinden der lijn gelegen observatieposten werden verkregen, eene eenigszins ware beschouwing van den electrischen toestand der lijn kan voortvloeien.

Hierbij kunnen zich de twee volgende gevallen voordoen, t. w.:

1°. kunnen de afwijkingen der meetbatterij, onderling vergeleken, geen of weinig verschil opleveren (Vgl. het slot van hoofdstuk III), en

2°. kunnen die afwijkingen, onderling vergeleken, belangrijke verschillen aanwijzen.

Doet het laatstbedoelde geval zich voor, dan wordt het noodig den natuurlijken stroom op de beide stations te meten, opdat men hierdoor tot de kennis van den waren electrischen toestand der lijn gerake, en dientengevolge mede in staat zij, om de handelingen van het personeel te controleeren, dat met het onderhoud der lijn belast is.

Wijst reeds deze eenvoudige beschouwing op de noodzakelijkheid tot het doen van metingen, zoowel met als

zonder meetbatterij, op de beide, aan de lijn gelegen observatie-posten, later zullen eenige voorbeelden ter opheldering worden gegeven, waaruit de waarheid van het hierboven gestelde nog duidelijker zal blijken.

Er bestaan verder nog enkele andere omstandigheden, die de aandacht vragen, omdat zij vooral bij het onderling vergelijken van verschillende meetresultaten gewicht in de schaal leggen. Zoo is het noodig in aanmerking te nemen, uit welke soort of soorten draad eene lijn bestaat, gelijk reeds uit het in hoofdstuk III gezegde volgt. Maar vooral is het goed op de beide stations gelijksoortige boussoles te gebruiken, zoodat ook met gelijke meetbatterijen kan worden gewerkt. Want tracht men al aan het gemis van gelijksoortige meetwerktuigen te gemoet te komen door het bezigen van batterijen van verschillende intensiteit, deze wijze van doen levert steeds het nadeel op, dat gedurende de meting ongelijke polarisatie-stroomen kunnen ontstaan. Gebruikt men echter kleine meetbatterijen, dan zullen de polarisatie-stroomen van geringe beteekenis zijn, en kan te eerder op de uitkomsten der metingen worden vertrouwd. Het is niettemin hoogst moeielijk in het verschil der meetbatterijen het juiste aequivalent te vinden voor de ongelijksoortigheid der meetinstrumenten, zoodat men daarbij wel steeds op verschillen zal stuiten.

Wil men den natuurlijken stroom meten, dan zal men noodzakelijker wijze gelijksoortige meetboussoles moeten bezigen, dewijl anders een onderling vergelijken der uitkomsten geen nauwkeurig resultaat kan opleveren.

In Nederlandsch-Indië bestaan in de telegraaflijnen —

en meestal daar waar het lijntraject van het eene telegraafkantoor ophoudt en dat van het andere begint — plaatsen, waar men op eene even gemakkelijke als eenvoudige wijze de continuïteit der lijn verbreken en herstellen kan, en waar dus de lijn kan worden geïsoleerd. Deze plaatsen dragen den naam van isoleerpunten.

Heeft de lijn eene meer dan gewone lengte, dan wordt hare continuïteit aldaar meestal dagelijks tusschen 6 en 7 uur in den ochtend gedurende eenigen tijd verbroken, en kan elk kantoor de afwijking der meetbatterij in verbinding met de aan het isoleerpunt geïsoleerde lijn opnemen. Wordt daarna de lijn zonder inschakeling van de meetbatterij op het observeerende kantoor gedurende één minuut met de aarde verbonden, opdat de lijn zich behoorlijk ontlade, en neemt men vervolgens den natuurlijken stroom waar, dan zullen ook deze uitkomsten kunnen dienen tot het beoordeelen van den electrischen en den isolatie-toestand der lijn. Is later, bij het doen der gewone metingen, de isolatie-afwijking van het eene kantoor tot het andere geringer dan die van eerstbedoeld kantoor tot het isoleerpunt, dan mag worden aangenomen, dat de electrische toestand gunstiger geworden is tot het wisselen van telegrafische teekens, maar vloeit daaruit nog geenszins voort, dat de isolatie-toestand, door gebreken aan de lijn ontstaande, zoude verbeterd zijn. In de eerste plaats moet de lijn, die aan het isoleerpunt niet langer verbroken is, alsdan geheel geladen worden, doch tevens is het niet onmogelijk, dat de natuurlijke stroom zijn teeken heeft omgekeerd. De afwijking, het eerst onder den invloed van twee

stroom-intensiteiten verkregen, zal dan het verschil van twee stroom-intensiteiten kunnen aanwijzen. Daarenboven kan de zon gedurende den tijd, welke tusschen de hier bedoelde metingen verloopt, de lijn gaandeweg dermate verwarmd hebben, dat haar weerstand is toegenomen, zoodat op het latere uur eene kleinere afwijking wordt verkregen; terwijl zich menigwerf in de vroege ochtenduren aan de lijnen een vochtige neerslag vertoont meestal bestaande in eene reeks van druppels water, die stroomdeeltjes in de atmosfeer of langs de steunpunten ontvoeren, hetgeen alsdan de afwijking grooter doet zijn. Tegenover dit alles staat evenwel het feit, dat er meestal in de ochtenduren aan de lijnen wordt gewerkt.

Ter opheldering volgen hier thans eenige voorbeelden, welke aan de praktijk zijn ontleend.

I. De kantoren A en B staan met elkaar in korrespondentie. Bij het inschakelen van de meetbatterij en de meetboussole observeert het kantoor A eene afwijking van nul graden op het isoleerpunt in het midden der lijn, en later op het korrespondeerende kantoor eene isolatieafwijking van + 6 en eene aard-afwijking van + 20 graden.

Onder inschakeling van meetbatterij en meetboussole observeert het kantoor B nagenoeg gelijktijdig eene afwijking van + 5 graden op hetzelfde isoleerpunt, en later op het korrespondeerende kantoor eene isolatieafwijking van + 6 en eene aardafwijking van + 27 graden.

Indien de afwijkingen bij isolatie op de kantoren nagenoeg of geheel gelijk en tevens gering zijn, zooals in bovenstaand voorbeeld, dan moet op grond van de wet

der Volta-stroomen worden aangenomen, dat de lijn gunstig geïsoleerd is. Want zoude er bij isolatie der lijn op de kantoren een belangrijke Volta-stroom circuleeren, dan zoude die zeker éénmaal een ongunstig isolatie-cijfer moeten aanwijzen.

Uit de vergelijking der tot het isoleerpunt verkregen afwijkingscijfers vloeit van zelf voort, welk gedeelte der lijn het minst gunstig geïsoleerd is, tenzij de Volta-stroom in richting tegengesteld zij aan den stroom der meetbatterij, die in Nederlandsch-Indië gewoonlijk uit een koperstroom bestaat.

Het verschil der aardafwijkingen maakt het wenschelijk om den natuurlijken stroom bij aardverbinding te meten, en ligt het alsdan voor de hand, dat de waar te nemen stroom zich waarschijnlijk zal bewegen van het kantoor, dat de grootste aardafwijking waarnam, naar het kantoor, dat de kleinste aardafwijking observeerde, en dus in bovenstaand voorbeeld van B naar A.

Om de benaderingswaarde van den Volta-stroom of aardstroom — zie hoofdstuk III (I) en (II) — te vinden, zal men echter de samengestelde wet dier stroomen moeten toepassen, en wordt het dan noodig, om ook den natuurlijken stroom bij isolatie te observeeren.

II. Bij eene gewone meting in den namiddag observeert het kantoor A eene isolatie-afwijking van + 25 en eene aardafwijking van + 28 graden op B; en het kantoor B eene isolatie-afwijking van + 9 en eene aardafwijking van + 23 gr. op A.

Bij het meten van den natuurlijken stroom verkrijgt A bij isolatie + 13 en bij aardverbinding + 17 graden;

en B bij isolatie — 2 en bij aardverbinding — 18 graden.

De vraag rijst hier, of al dan niet aan den invloed van polarisatie-stroomen mag worden gedacht, en dat dit werkelijk geschieden moet, blijkt uit de omstandigheid dat het kantoor A bij het telegrafeeren met een zinkstroom werkt en gewoonlijk niet met B maar met een verder verwijderd, in dezelfde lijn gelegen kantoor C, dat daartoe steeds een koperstroom bezigt. De gangbatterijstroom van A is dientengevolge meestal sterker dan die van B, terwijl het kantoor A tevens meer telegrammen wisselt dan het kantoor B. Aan de aardplaat van A vindt dientengevolge eene sterkere werking plaats dan aan die van B. Uit dien hoofde moet de polarisatie-stroom de richting hebben van een stroom tegengesteld aan den batterij-stroom van A, en zal hij dus een zinkstroom zijn, die te B in de lijn treedt.

Aangezien echter ook des ochtends vóór het wisselen van telegrammen, nagenoeg dezelfde afwijkingen werden verkregen, mag worden aangenomen, dat de polarisatiestroom van geringe beteekenis is, en zal derhalve de samengestelde wet der aard- en Volta-stroomen bij toepassing op het hier gegeven geval geen al te onnauwkeurig resultaat opleveren, en daaruit zal dan blijken, dat een aardstroom circuleerde.

Volgens de proefnemingen van Du Moncel (Vgl. Blavier, T. 1r, p. 371) is het in het hier bedoelde geval bij het telegrafeeren goed, om aardplaten van ongelijke grootte te bezigen, en zoude alsdan het kantoor B de grootste moeten bezitten.

Uit de verkregen afwijkingscijfers blijkt verder, dat er eene isolatie-fout moet bestaan, welke gewis dichter bij

A dan bij B moet liggen. Daar het isoleerpunt in deze lijn eveneens dichter bij A dan bij B ligt, en derhalve het lijntraject van B grooter is dan dat van A, zal de fout — aangenomen dat er slechts eene enkele bestaat — vermoedelijk in dat van A gelegen zijn op niet verren afstand van het isoleerpunt. Is men nu met de plaatselijke gesteldheid van het lijntraject bekend, ten gevolge waarvan men zelfs in staat kan zijn de streken aan te wijzen, waar geene en waar wel storingsoorzaken zullen voorkomen, dan kan ook worden beoordeeld b. v. of de lijn op de veronderstelde plaats door een gevallen boom kan getroffen zijn, en kan het geopperde vermoeden al dan niet eenige meerdere waarschijnlijkheid verkrijgen.

Uit het bovenstaande voorbeeld blijkt tevens, hoe moeielijk het bij wijlen is, om zich eene juiste voorstelling van den electrischen toestand eener lijn te vormen. Wenscht men in het hier besproken geval daaromtrent meerdere gegevens te verkrijgen, dan kan aan het kantoor B verzocht worden, om de kantoren A en C met elkander rechtstreeks te verbinden, opdat deze dezelfde metingen kunnen doen, als door A en B werden verricht, terwijl daarna hetzelfde kan geschieden op de lijn, die B aan C verbindt. Het is echter verreweg het beste alleen de beide eindkantoren eener lijn de stroomen te doen meten en daarbij in het oog te houden, of al dan niet met gelijke batterijkrachten kan worden gewerkt.

Wenscht men de metingen in het vroege ochtenduur te doen, dan mag het gebruik maken van Siemens' dubbeltelefoon wel aanbevolen worden, en kan dat werktuig gebezigd worden tot het voeren der noodige besprekingen.

Langs dezen weg voorkomt men het bezigen van krachtige stroomen gedurende en vóór de meting, en dientengevolge het ontstaan van invloedrijke polarisatie-stroomen. Immers ook al neemt men aan, dat de inductie-stroompjes van den telefoon eene veel hoogere spanning hebben dan de door eene galvanische batterij geleverde electriciteit, hun duur is te kort, om het aanzijn te kunnen geven aan krachtige polarisatie-stroomen.

III. Het kantoor A brengt de meetbatterij en meetboussole met de lijn in verbinding en observeert eene constante afwijking van b. v. — 5 gr., of eene variëerende van + 5 tot — 35, terwijl de meetbatterij in een deugdelijken staat verkeert.

In dit geval circuleert een sterke aardstroom in de lijn, die zoo men van eene enkele lijn gebruik maakt, het telegrafeeren bemoeielijkt of onmogelijk maakt.

Hoewel betrekkelijk zelden wordt zulk een stroom wel eens voor het uitbarsten van zware onweders of ook wel bij fraai weder geobserveerd, en moet dan m. i. beschouwd worden een gevolg te zijn van de inductie door krachtige atmosferisch-electrische invloeden op het aardoppervlak uitgeoefend, hetgeen het uitspansel mede schijnt aan te duiden.

In zulke gevallen zijn de stroomingen slechts kort van duur en verandert onophoudelijk hare intensiteit, doch schijnt hare richting eenigen tijd constant te blijven.

Behalve deze drie gevallen kunnen zich nog enkele andere voordoen, welke men het best in de praktijk kan leeren kennen, doch die tevens en telkens eene afzonderlijke studie van de lijn vereischen.

Ook bij het ontstaan van storing in de telegrafische gemeenschap langs eene telegraaflijn kan de natuurlijke stroom menigwerf met vrucht gemeten worden. Een paar voorbeelden ter opheldering.

IV. Het kantoor C, dat bij de laatst gedane, gewone meting eene isolatie-afwijking van + 5 en eene aardafwijking van + 20 graden op het korrespondeerende kantoor D waarnam, ontvangt eensklaps geene teekens meer en observeert daarna bij het inschakelen van de meetbatterij en het meetinstrument eene afwijking van + 34 graden, hetgeen in ieder geval op eene verbinding met de aarde wijst. Den natuurlijken stroom metende, wordt eene afwijking van + 12 graden verkregen. Daar beide afwijkingscijfers vrij groot zijn, welke bij gunstigen isolatie-toestand en bij eene afwezigheid van aardstroomen in de lijn nimmer werden verkregen, wijst een en ander op eene grondverbinding op niet verren afstand van het metende kantoor.

Men zoude echter verkeerd doen, zoo men daarin de oorzaak der storing ging zoeken. Want het is mogelijk, dat de lijn voorbij de waargenomen fout gebroken is.

Meestal doet dit geval zich voor.

V. Het kantoor E, dat vele uren te voren bij de laatst gedane, gewone meting eene isolatie-afwijking van + 12 en eene aardafwijking van + 15 graden op het korrespondeerende kantoor F waarnam, ontvangt eensklaps geene teekens meer, en observeert daarna bij het inschakelen van de meetbatterij en het meetinstrument eene afwijking van + 19 tot + 21 graden, hetgeen op eene onvoikomen aardverbinding op grooten afstand

van het metende kantoor wijst, en derhalve mag doen veronderstellen, dat de continuïteit der lijn verbroken is. Bij het meten van den natuurlijken stroom wordt eene onveranderde afwijking van + 5 graden waargenomen, hetgeen volgens de wet der Volta-stroomen omtrent den aard der storing een gewichtig gegeven kan bevatten, vooral wanneer de afwijkingen gedurende eenigen tijd niet veranderen. Het mag dan als bijna zeker worden aangenomen, dat de lijn op verren afstand gebroken is. Verandert daarentegen ook de afwijking van den natuurlijken stroom, dan is òf de lijnwachter aan de lijn bezig, òf circuleeren aardstroomen van meer dan gewone sterkte en worden de afwijkingen *meestal* weldra normaal, en ontvangt men derhalve eensklaps op nieuw fraai en duidelijk schrift.

Dat op de verkregen afwijkings-cijfers velerlei invloeden kunnen werkzaam zijn, werd hierboven reeds vermeld. Vooral de polarisatie-verschijnselen schijnen hiertoe te moeten gerekend worden.

Alleen ten gevolge van ernstige, voortgezette studie zal men dientengevolge een helderen blik leeren slaan op den toestand, waarin zich deze of gene lijn op een gegeven oogenblik bevindt.

Te betwijfelen is het niet, of deze, in ruime mate verkregen kennis, kan veel bijdragen, om den meest zenuwachtigen observator tot bedaren te brengen; zij mag eene vingerwijzing heeten bij het bepalen van hetgeen al dan niet geschieden moet tot het wegnemen der storingsoorzaken, vooral dan wanneer het bekend is, op welke lijntrajecten storingsoorzaken het meest zullen

voorkomen. Zelfs is het in dergelijke gevallen gelukt den tijd te bepalen, waarop eene storing zoude opgeheven zijn.

V. Slotwoord.

Is in de vorige hoofdstukken eene benaderingsmethode gegeven tot het meten van aard- en Volta-stroomen in telegraaflijnen, waarin geene andere natuurlijke stroomen dan deze voorkomen, een even belangwekkend vraagstuk mag het heeten, om den aardstroom te herkennen en zijne benaderingswaarde te berekenen in eene lijn, waarin belangrijke polarisatie-stroomen circuleeren. De omstandigheid, dat deze stroomen gaandeweg in intensiteit verminderen, totdat zij geheel verdwenen zijn, maakt de oplossing van dit vraagstuk echter tot eene moeielijke taak. Maar ook, al mocht men aannemen, dat hunne waarde constant bleef, dat hunne richting telkenmale met zekerheid bekend was, en dat ook aan geene Volta-stroomen (1) behoefde gedacht te worden, dan nog zoude eene voldoende oplossing niet te vinden zijn, tenzij men er in slagen mocht een anderen weg aan te wijzen dan de in dit geschrift gevolgde bij het toepassen van de samengestelde wet der aard- en Volta-stroomen.

Of daartoe proefnemingen zouden kunnen leiden? Schwendler verklaart in zijn reeds meermalen aangehaald werk, dat hij slechts zelden in staat was, om elken natuurlijken stroom, die circuleerende was, aan diens eigen uitwerking te herkennen. Volgens mijne proefnemingen mag men evenwel slechts in bepaalde gevallen eene over-

(1) Vgl. Culley, p. 61 en 113.

wegende waarde toekennen aan de polarisatie-stroomen, en mogen deze in geenen deele vereenzelvigd worden met de Volta-stroomen, doch is het in elk geval noodig, dat deugdelijke, koperen aardverbindingen worden aangebracht, die men ook in een goeden staat moet onderhouden.

LAHAT (*Sumatra*), 1882.
