

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN.

44.

D. Kuyper. Onweersfrequentie
in Nederland 1907–1936. Me-
tingen van het lichtelectrisch
potentialverval.

D. Kuyper. Frequencies of
thunderstorms in the Nether-
lands 1907–1936. Measurements
of the atmospheric electric po-
tential gradient (summary).



ONWEERSFREQUENTIE IN NEDERLAND
1907—1936. METINGEN VAN HET LUCHT-
ELECTRISCH POTENTIALVERVAL

INHOUD.

HOOFDSTUK I. INLEIDEND GEDEELTE.

	bladz.
§ 1. Onweders en Onweersonderzoek	1
§ 2. De onweersstatistiek. Doel en Begrenzing van het onderzoek	12
§ 3. Materiaal en Bewerkingswijze	18

HOOFDSTUK II. DE ONWEERSFREQUENTIE.

§ 4. De onweersfrequentie voor ons land, de deelen en de afdeelingen	28
§ 5. De onweersfrequentie voor de standaard-stations. Invloeden van zee en bodem	37
§ 6. Het onweersfrequentie-verloop in decaden, pentaden en van dag tot dag	58
§ 7. De onweersfrequentie in het aangrenzende buitenland . .	64
§ 8. Indeeeling naar het type van den onweersgang	68
§ 9. De dagelijksche gang der onweersactiviteit	76
§ 10. De geografische uitgebreidheid der onweersbuien	86

HOOFDSTUK III. HET LUCHELECTRISCH POTENTIAALVERVAL TE HARDERWIJK.

§ 11. Inleiding. Inrichting der metingen	92
§ 12. Materiaal en Bewerkingswijze	98
§ 13. De normale jaarlijksche en dagelijksche gang	103
§ 14. Abnormale waarden. Invloeden van meteorologische omstandigheden.	114
Samenvatting	124
Literatuuroverzicht	126

SUMMARY.

A. Introductory part	131
B. The frequency of thunder	132
C. The potential gradient	133

AVIS.

Le présent numéro des „Mededeelingen en Verhandelingen” contient les thèses du doctorat de Monsieur D. Kuyp^{er}, défendues devant la faculté des sciences de l'Université d'Utrecht le 11 décembre 1939.

La publication de ces thèses dans la série des communications et mémoires de l'Institut s'imposait parce qu'elles forment une compilation du riche matériel d'observations des phénomènes des orages, fourni par les observateurs volontaires de l'Institut pendant la période 1907—1936. Une étude du gradient du potentiel électrique atmosphérique à Harderwijk forme un supplément.

Pour faire mieux comprendre la méthode de travail et le contenu des tableaux un résumé en anglais a été ajouté.

Le Directeur en Chef
de l'Institut Royal Météorologique des Pays-Bas,
Dr. H. G. CANNEGIETER.

HOOFDSTUK I.

INLEIDEND GEDEELTE.

§ 1. ONWEDERS EN ONWEERSONDERZOEK.

Het wetenschappelijk onweersonderzoek is, wonderlijk genoeg, niet terstond aangevangen bij de uitvinding van de electriseermachine (1663, O. v o n G u e r i c k e). Er verliepen tientallen van jaren voordat men het verband begon in te zien tusschen de met dit apparaat verkregen ontladingen en den bliksem (1708, W a l l). Bekend is de vliegerproef van F r a n k l i n (1752), waardoor experimenteel werd aangetoond dat zich inderdaad in onweerswolken electrische ladingen ophoopten. Met deze proef ving het exacte onweersonderzoek aan, dat wel gedurende meer dan een eeuw weinig beslissende resultaten opleverde, doch in de laatste decennia der 19e, en vooral in de 20e eeuw dusdanige successen boekte, dat plaats is voor de meening dat een volledige verklaring van dit natuurverschijnsel niet lang meer op zich zal doen wachten. In het volgende worden eenige der belangrijkste onweerstheorieën genoemd, en haar mérites in verband met moderne experimenteele gegevens kort besproken.

Onder onweders worden verstaan hoorbare en eventueel zichtbare electrische verschijnselen in de atmosfeer, die gewoonlijk vergezeld zijn van zwaren neerslag, windstooten, enz. Deze omschrijving wordt voor statistische doeleinden doorgaans toegepast. Meteorologisch spreekt men liever van „met zichtbare en hoorbare electrische ontladingen verbonden condensatieprocessen van atmosferischen waterdamp” (V o n H a n n ¹). Verschillende typen van onweders worden onderscheiden, waarover in deze paragraaf nader wordt gesproken. Deze onweerstypen hebben als gemeenschappelijk kenmerk een krachtigen opstijgenden luchtstroom, waardoor de plotselinge condensatie veroorzaakt wordt. Ook de electrische verschijnselen moeten hieruit verklaard worden. Van primairen aard zijn in dezen de condensatieprocessen, terwijl de hoor- en zichtbare ontladingsverschijnselen als begeleidende effecten beschouwd moeten worden. Onweders vormen dus slechts een deel — en niet eens het belangrijkste — van de ingewikkelde processen, die gewoonlijk met het woord „buien” worden weergegeven. Wat de oorzaken betreft is er daardoor geen algemeen kenmerkend onderscheid te maken tusschen een onweder en een hevigen plas-

regen. Of bij zulk een bui electriche spanningen zullen optreden, die aanleiding kunnen geven tot bliksemontladingen, hangt goeddeels af van allerlei bijkomstige factoren, b.v. van den electricen toestand der atmosfeer, van het aantal condensatiekernen, van den turbulentiegraad, enz. Onweerstheorieën zullen daarom voor het min of meer „toevallig” karakter der ontladingsverschijnselen een verklaring moeten bieden, die met bovengenoemde factoren rekening houdt.

Bij krachtig-opstijgende luchtstroomen kan in de hoogere lagen condensatie optreden, en wel tengevolge van de adiabatische afkoeling. Hierdoor kunnen zoowel de zware onweersregens als de soms optredende hagel ontstaan. Vindt een onweer plaats tijdens aanhoudenden regenval, dan wordt deze gewoonlijk tijdelijk in belangrijke mate versterkt.

De opstijgende luchtbeweging kan nu ook aanleiding zijn tot het ontstaan van groote electriche spanningen in de wolk. De verschillende onweerstheorieën loopen echter aanmerkelijk uiteen in haar verklaringen van dit verschijnsel.

Oorspronkelijk neigde men ertoe de oorzaken voornamelijk te zoeken in zonne-werkingen. Deze pogingen, dateerend uit het laatste kwart der vorige eeuw, bleven zonder resultaat. Noch met behulp van het Hallwachs-effect, noch op andere wijze bleek het mogelijk de sterke electriche velden uit invloeden van de zon te verklaren.

Andere theorieën zijn gebaseerd op wrijvingsprocessen aan neerslagen. Van deze heeft slechts die van *Sohnke* nog zekere beteekenis²⁾. Deze gaat uit van het electriche effect, dat optreedt bij de wrijving van water aan ijs, waarbij ijs positief, water negatief geladen wordt. *Sohnke* merkt op, dat het cirrusscherm vlak boven den kop der cumulus-wolk de aanwezigheid van ijsnaaldjes bewijst. Vallen deze in den kop, dan bevinden zich daar ijs en water naast elkaar, en kunnen de genoemde wrijvingsprocessen plaats vinden. Deze theorie leidt tot een negatieve onweerswolk, waarbij de ijswolk en de hagel positief moeten zijn. Wat de lading van den hagel betreft, blijkt dit gewoonlijk juist te zijn. Met zijn andere conclusies was *Sohnke* echter minder gelukkig.

Elster en *Geitel* trachtten oorspronkelijk de onweerselectriciteit te verklaren uit absorptie der atmosferische ionen aan mist- en neveldeeltjes³⁾. De oplading was daarmede wel, de scheiding der ladingen naar het teekenen echter niet duidelijk gemaakt. Bij het vallen der druppels vindt deze hoogstens in zeer onvoldoende mate plaats.

De electriche processen, waarmede het verdampen en condenseeren van water gepaard gaat, werden eveneens toegepast voor onweersverklaringen. Van deze is alleen de condensatietheorie van *Wilson* en *Ger-*

dien van eenig belang⁴⁾). Deze gaat uit van plotselinge condensatie in lucht, die zeer sterk oververzadigd is met waterdamp, welke condensatie het eerst plaats vindt aan negatieve kernen, terwijl de positieve ionen, ondanks het ontstaande veld, door verticale luchtbewegingen in de wolk, waarvan de snelheid die dezer geladen deeltjes (die overigens niet zoo groot is) overschrijdt, nog over groote afstanden stijgen, zoodat groote veldsterkten ontstaan. Deze theorie vond in de eerste jaren na haar opstelling veel aanhang, hoewel Wilson zelf er slechts een medewerkenden factor, en geenszins de eenige oorzaak der onweerselectriciteit in zag⁵⁾). Van allerlei zijden werd trouwens gewezen op zwakke punten, o.a. door Simpson, die de mogelijkheid ontkende, op deze wijze het ontstaan van velden van ± 30000 V/cm te verklaren⁶⁾), terwijl ook bezwaren rezen tegen de veronderstelde zeer sterke oververzadiging der lucht (betrekk. vochtigh. toest. 400—800 %!).

Al heeft de condensatietheorie door een en ander veel aan beteekenis ingeboet, toch acht Van Everdingen het niet onmogelijk dat zij van toepassing kan zijn bij de verklaring der z.g. hooge ontladingen, omdat bij snelle opstijging in hogere luchtlagen de condensatie uit oververzadigde lucht op ionen wellicht in belangrijke mate kan plaats vinden⁷⁾).

Van de laatste jaren dateert een door Ross Gunn opgestelde theorie, die eveneens uitgaat van de veranderingen in den aggregatietoestand⁸⁾). Deze schrijft de scheiding der ladingen toe aan diffusie, die optreedt bij condensatie en verdamping van water, en wel tengevolge van concentratieverschillen van den damp, waardoor bij aangroeiende druppels negatieve ladingen zouden optreden. Deze theorie mist echter nog een bevredigenden experimenteelen grondslag.

Van beteekenis is de theorie, die gebaseerd is op het z.g. Lenard-effect. Wanneer een grootere waterdruppel in de lucht breekt, treedt z.g. waterval-electriciteit op, waardoor de grootste deelen positief, en de omringende lucht, althans de fijne, verstoven druppeltjes negatief wordt. De oorzaak moet gezocht worden in de electriche dubbellaag, die aan den omtrek van den druppel normaliter aanwezig is. Dit effect is experimenteel grondig onderzocht. Het breken der druppels is een noodzakelijk gevolg van hun aangroeien bij condensatie, omdat de stabiliteitsgrens wordt overschreden, wanneer de middellijn grooter dan 5 mm. wordt.

Grootere druppels komen in regen dan ook niet voor. Bij geladen druppels ligt deze grens zelfs bij 3 mm. De valsnelheid der grootste druppels is 8 m. per sec. Wanneer nu de snelheid der verticale luchtbeweging deze waarde overschrijdt, worden de druppels verhinderd te vallen, en, vooral wanneer deze snelheid stootsgewijze optreedt, kunnen ze gemakkelijk worden uiteengeblazen, waardoor de scheiding der ladingen ontstaat.

Dat niet een uiteenvallen zonder meer, doch het uiteenblazen daartoe noodzakelijk is, werd door L e n a r d in een afzonderlijke verhandeling later betoogd⁹⁾. Doordat de druppels boven het kritische gebied weer aangroeien, daarna weer vallen, en zoo meermalen gebroken worden, kan de positieve lading steeds sterker worden.

Op deze wijze is door S i m p s o n op de basis van het L e n a r d-effect een onweerstheorie opgebouwd¹⁰⁾, die experimenteel voldoende gefundeerd is, en z.i. ook quantitatief voldoet¹¹⁾. Een der beslissende consequenties dezer theorie is de wijze waarop de ladingen in de wolk verdeeld moeten zijn. De opstijgende luchtstroom voert de negatieve ladingen omhoog, terwijl de grootere positieve druppels aan de onderzijde der wolk achterblijven, om, althans ten deele, naast het gebied der sterkste verticale luchtstromingen als zware onweersregens neer te vallen.

Het bovendeel en de zijden der wolk, achter den kop zijn dus negatief, slechts het „vooronder” is positief geladen.

Over de experimenten, die gedaan werden om een en ander te verifieeren zal hierna worden gesproken. Bezwaren tegen deze theorie vormen o.m. het door W e g e n e r opgemerkte feit, dat de typische winteronweders er niet door verklaard kunnen worden¹²⁾, en het feit, dat tal van buien niet het nauwe verband tusschen de onweersactiviteit en de intensiteit van den regen vertoonen, dat volgens de theorie verwacht mag worden, waarop door V a n E v e r d i n g e n werd gewezen in zijn bespreking van de onweders van 3 Sept. 1929¹³⁾. Het is overigens duidelijk dat uit deze theorie volgt, dat bij wolkbreuken zonder onweders, de snelheid der opstijgende lucht òf niet boven 8 m. per sec. uitkomt, òf dat de lucht zich niet voldoende stootsgewijze voortbeweegt, zoodat het actieve uiteenblazen uitblijft.

Ten slotte zijn nog te noemen de theorieën, die uitgaan van de influentie-werkingen van het electricch veld der atmosfeer op druppels en vlokken. Dit veld, dat steeds aanwezig is, is gewoonlijk benedenwaarts gericht, waardoor aan de bovenzijde der druppels negatieve, aan de onderzijde positieve lading wordt gevormd door inductie. Oorspronkelijk werd door E l s t e r e n G e i t e l de gedachte uitgesproken, dat de scheiding der tegengestelde ladingen werd teweeggebracht, doordat bij regenvorming de grootere en kleinere druppels met elkaar in aanraking komen, zonder direct samen te vloeien. De kleine glijden dan over het oppervlak der grootere, en door de valsnelheid van deze bewegen de kleine zich al spoedig in hoofdzaak langs de bovenste helft der groote. Daardoor verkrijgen de kleinere druppels negatieve ladingen, terwijl de grootere positieve overhouden. Na de scheiding der druppels, o.a. door de verschillende valsnelheden, blijven deze ladingen behouden¹⁴⁾. De bezwaren, die tegen deze voorstel-

lingen rezen, waren voor Elster en Geitel aanleiding hun influentie-theorie in later tijd in zooverre te herzien, dat niet meer werd uitgegaan van glijdende kleine druppels, die de groote druppels aan de bovenzijde verlaten, maar van het afstooten der neveldruppeltjes na botsingen aan de onderzijde der grootere deeltjes. De eerste worden daardoor positief, de groote druppels negatief. Deze vallen snel, en versterken zodoende het oorspronkelijke veld. Dichtbij de aarde kan het potentiaalverval daardoor negatief worden, zooals tijdens onweders veelal wordt waargenomen. Intusschen kan het influenceerende veld ook omgekeerd, dus opwaarts, gericht zijn, b.v. door verschuivingen van wolklagen, of door den bliksem. Alles speelt zich dan op dezelfde wijze af, maar met tegengestelde ladingen, zoodat dus de neerslag dan, tijdelijk, positief geladen is. Het is een voordeel der influentiethorie dat ze op deze wijze, ongedwongen, de veelvuldige teekenveranderingen der lading van onweersneerslagen kan verklaren.

Ook deze theorie bleef echter niet onaangevochten. O.a. werd door Simpson erop gewezen, dat electricisch contact van geladen druppels, zonder dat samenvloeiing plaats vindt, nauwelijks denkbaar is.¹⁵⁾

Een nieuwe vorm werd door Wilson aan de influentiethorie gegeven, waardoor de oplading en de ruimtelijke scheiding der ladingen op verrassend-eenvoudige wijze worden verklaard¹⁶⁾. Hij onderstelt dat de, door influentie door het normale electricische veld der atmosfeer, aan de onderzijde positieve, druppels onder het vallen aan dezen kant de, steeds in de lucht aanwezige, en zeer beweeglijke, negatieve deeltjes opvangen en absorbeeren. De positieve gasionen echter, die, doordat zij aan materie gebonden zijn, veel minder snel bewegen kunnen, worden eerst door de onderzijde der vallende druppels afgestooten, en kunnen daarna den bovenkant niet snel genoeg bereiken. De vallende druppels worden door dit proces voortdurend sterker negatief geladen, terwijl positieve electriciteit achterblijft. Daardoor wordt het oorspronkelijke veld dus belangrijk versterkt, en zodoende ook weer de polarisatie der nieuwe, vallende druppels, zoodat het geheel, als een soort van dynamomachine, cumulatief werkt. De op deze wijze ontstane bipolaire onweerswolk laadt zich op totdat bliksemontladingen kunnen optreden. Deze theorie biedt tevens het voordeel dat, omdat de windbeweging er geen rol in speelt, ook onweersvorming zonder sterken wind, b.v. tijdens gelijkmatigen regenval, erdoor verklaard kan worden, zoomede verschijnselen als het St. Elmusvuur, waarbij geen eigenlijke onweersontladingen behoeven op te treden, en toch duidelijk een oplading van wolken heeft plaats gevonden.

De stand van zaken is nu in zooverre interessant, dat de beide belang-

rijke onweerstheorieën, die van Simpson en die van Wilson, tot volkomen tegengestelde gevolgtrekkingen leiden wat de ladingsverdeeling in de onweerswolken betreft. Volgens Simpson is het electrisch veld in deze wolken negatief (onderin positief, bovenaan negatief), volgens Wilson is het positief. Bij deze constellatie moet het experiment de beslissing brengen. Pogingen daartoe zijn dan ook langs tal van wegen ondernomen.

Uit het teeken van de ladingen der onweersneerslagen kan niet op eenvoudige wijze tot de polariteit van de wolk worden geconcludeerd. (Bij het opvangen moet uiteraard gezorgd worden dat geen L e n a r d-effecten optreden.) In tal van streken bleek de lichte regen overwegend positief te zijn, de zware onweersregen echter lang niet altijd, hetgeen niet in overeenstemming is met de theorie van Simpson. In Britsch-Indië (Simla) vond deze zelf echter zeer overwegend positieven regen uit het front der onweerswolken. Daarentegen concludeerde B a n e r j i, o.m. uit de neerslagsladingen, eveneens in Indië, tot een negatief front, waaraan echter wel een Simpson-wolk aansluit¹⁷⁾. Deze gewijzigde Simpson-verdeeling vond ook J e n s e n in Nebraska (V.S.). In Japan werd door N u k i y a m a en N o t o in het binnenland de verdeeling volgens Simpson, aan de kust die van Wilson gevonden¹⁸⁾.

Dat een en ander een tamelijk verwarrenden indruk maakt, behoeft niet te verwonderen. De druppels kunnen toch tijdens hun val gemakkelijk van ladingsteeken veranderen, hetzij door het opvangen en absorberen van gasionen, hetzij door influentiewerkingen volgens E l s t e r en G e i t e l of Wilson, n.l. door de wisselende richtingen van het veld tijdens ontladingen.

Hagel blijkt zeer overwegend positief te zijn, wat het best verklaard kan worden met de theorie van S o h n k e, sneeuw en motregen zijn in meerderheid negatief.

Door Simpson werd de meening geuit dat uit de richting, waarin een bliksemstraal vertakt is, conclusies zijn te trekken omtrent de polariteit van de onweerswolk. Hij kwam hiertoe op grond van een door hem opgestelde theorie der ontwikkeling van de bliksemontlading¹⁹⁾. Hij meende dat de optredende vertakkingen van de positieve lading naar de negatieve gericht moeten zijn, en concludeerde daarop uit een groot aantal hem ter beschikking staande bliksemfoto's dat de groote meerderheid der bliksems, die de aarde treffen, van positieve wolken afkomstig moeten zijn, in overeenstemming met zijn theorie (S i m p s o n vond onder 445 bliksemfoto's slechts 3 naar boven vertakte. Een dergelijke verhouding werd elders nooit aangetroffen. V a n E v e r d i n g e n gaf destijds van 41 Nederland-

sche bliksemfoto's de volgende klassificatie: naar beneden vertakt 15, naar boven 2, verticaal onvertakt 13, horizontaal 9, onzeker 2²⁰)).

Simpson's opvatting omtrent het verband van ontladings- en vertaktingsrichting bleek in latere jaren overigens niet houdbaar te zijn. Jensen combineerde veldwaarnemingen met gelijktijdige fotografische opnamen van den bliksem, waarbij bleek dat voor het meerendeel der gevallen de polariteit anders was dan volgens Simpson uit de foto's zou volgen²¹). Reeds vóórdien was trouwens met laboratoriumproeven door Schonland en Allibone bewezen dat ook van de negatieve pool uitgaande ontladingen van deze pool af vertakt kunnen zijn, onder bepaalde omstandigheden²²). Von Hippel kwam met andere proeven tot overeenkomstige resultaten²³).

De ontladingsrichting bij bliksem is langs andere wegen experimenteel vast te stellen. Hiervoor kunnen o.a. dienen de door Toepler bedachte stalen staafjes, met sterk-remanente eigenschappen, die men op vele plaatsen bevestigd heeft aan de masten van bovengrondsche hoogspanningsnetten. Bij inslag in zulk een mast, althans wanneer bliksemstroomen langs dezen zijn afgeleid, wordt het staafje gemagnetiseerd. Het onderzoek wijst uit dat bij het meerendeel der bliksemontladingen negatieve electriciteit van de wolk naar de aarde stroomt. Hiertegen zou echter zijn in te brengen dat bij de aarde deze negatieve ontladingen, die dan naar boven vertakt zouden zijn, veel gemakkelijker waargenomen worden, door haar grootere intensiteit, dan de zich in talrijke zwakke takken verdeelende positieve bliksem. Er zijn echter andere methoden die het resultaat der magnetisatiemetingen buiten twijfel stellen.

Door Wilson is een methode ingevoerd ter meting van het electrisch veld der atmosfeer, en van de veranderingen daarvan, tijdens onweders²⁴). Hij bepaalt het teeken en de grootte van dit veld met behulp van een, ter hoogte van het maaiveld horizontaal opgestelde, geïsoleerde metalen plaat, die naar de aarde is afgeleid, maar telkens snel bedekt wordt met een kap, waardoor het veld wordt afgeschermd, en de lading van de plaat afstroomt via een capillair-electrometer. Het is hierbij noodig den afstand tot de wolk te kennen, daar dichtbij de wolk het teeken der lading in de onderste wolklagen de richting van het veld bepaalt, maar op grooteren afstand de eventueel grootere ladingen in hoogere lagen een overwegenden invloed kunnen uitoefenen, zoodat ergens aan de aardoppervlakte het teeken omkeert. De afstand der wolk kan het best uit den tijd tusschen bliksem en donder worden afgeleid.

Door Schonland²⁵) en anderen werd op deze wijze gevonden dat gewoonlijk onder het centrale gedeelte van de wolk het veld negatief is, zoodat de wolk aan de onderzijde negatief en de aarde positief is, ter-

wijl de velden van verwijderde onweerswolken veelal positief zijn. Bij de Zuidafrikaansche onderzoekingen bleek ongeveer $\frac{1}{5}$ deel der bliksemontladingen van positieve wolken afkomstig te zijn, bij Duitsche (M a t h i a s te Wünsdorf) ongeveer $\frac{1}{3}$ deel. In ons land werden nimmer systematisch veldmetingen verricht, het in hoofdstuk III van dit onderzoek medegedeelde moge dienen als een eerste proeve; het weinige dat hierin omtrent de veldrichting bij nadering van onweders kan worden vermeld wijst eveneens op negatieve ladingen in het ondergedeelte der wolken.

Ook op andere wijzen werden tal van gegevens verkregen omtrent de richting der bliksemontladingen, en zodoende omtrent de polariteit der onweerswolken. In dit verband moeten genoemd worden de waarnemingen met den kathodestraal-oscillograaf, het eenige apparaat dat de snelle variaties, die in den bliksemstroom optreden, kan „bijhouden”. Gewoonlijk wordt dit toestel aangesloten op bovengrondsche elektrische hoogspanningsleidingen. De te meten spanning wordt aangesloten aan condensatorplaten, waartusschen een kathodestraal verloopt, waarvan de beweging fotografisch wordt geregistreerd. Slaat de bliksem in de hoogspanningsleiding, dan loopen langs deze elektrische golven, die een oscillogram leveren in het op zekeren afstand van de inslagplaats opgestelde apparaat. Ook langs dezen weg bleek dat de bliksem meestal opwaarts gericht is.

Van groote beteekenis zijn ook de waarnemingen, die verricht werden met roteerende camera's, in het bijzonder met die van B o y s, die twee lenzen bezit, welke zich in tegengestelde richtingen bewegen, waardoor het eene beeld naar rechts, het andere naar links verschoven wordt. Door vergelijking der beelden kan men tot conclusies komen betreffende de afzonderlijke stadia der bliksemvorming, de voortplantingsrichting en de snelheid.*)

Voor al door S c h o n l a n d, C o l l e n s (en M a l a n) werden met dit toestel fraaie opnamen verkregen²⁰⁾, nadat het oplossend vermogen zoo hoog mogelijk was opgevoerd. De bliksem bleek te bestaan uit een reeks van ontladingen langs dezelfde baan, waarbij de eerste deelontlading echter belangrijk verschilt van de volgende, omdat zij voorafgegaan wordt door een, zich trapsgewijze van de wolk naar de aarde ontwikkelend, ingewikkeld verschijnsel (stepped leader), dat volgens S c h o n l a n d misschien zelf ook weer op een voorontlading volgt, die echter te zwak is voor fotografische opname. Op het moment dat de „stepped leader” de aarde bereikt, vindt de eerste hoofdontlading van aarde naar wolk plaats. De volgende deelontladingen worden alle eveneens door een voorontlading van wolk naar aarde voorafgegaan, die echter niet trapsgewijze

*) De B o y s'-camera wordt ook wel gebruikt met stilstaande lens en bewegende film.

verloopt. Ook bij deze waarnemingen bleek de wolk doorgaans negatief, de aarde positief te zijn.

Van het grootste belang voor het onderzoek naar de ladingsverdeling in onweerswolken zijn de directe waarnemingen van het veld met zelf-registreerende sonde-ballons, zooals deze zijn verricht door Simpson en Scrase²⁷⁾. Aan het apparaat is een lange draad bevestigd, aan welks einde door influentie van het veld in de wolk lading wordt opgewekt. Deze lading stroomt van een spits op een stukje geprepareerd papier. Een andere, korte draad staat verticaal omhoog en is eveneens via een spits in contact met het papier. Wanneer een stroom tusschen de beide spitsen verloopt, ontstaat bij een van beide op het draaiend strookje papier een blauwe streep, en wel aan de anode. De sterkte van het veld wordt weergegeven door de breedte van het getrokken spoor. De uitkomsten van dit onderzoek vertoonden een zeer veel ingewikkelder beeld dan uit de eenvoudige theorieën van Simpson of Wilson voortvloeit. Enkele gevallen pasten in eerstgenoemde theorie, doordat de wolk onderin positieve, in hogere lagen negatieve ladingen bezat. Het meeren-deel betrof echter wolken, die of alleen in de hogere lagen, of tevens in deze lagen positieve ladingen hadden, en vertoont dus geheel, of ten deele, het door Wilson geschetste beeld. Wel blijkt duidelijk uit deze registraties, waarom practisch de meeste bliksemontladingen tusschen de wolken onderling, of binnen een enkele wolk plaats vinden.

Simpson wil de verklaring der positieve ladingen in de hogere regionen, waar temperaturen onder 0° heerschen, zoeken in het door Sohnke aangegeven wrijvingseffect aan ijskristallen. Hoewel dit zeker niet zonder meer onmogelijk moet worden geacht, kan echter toch ook in deze deelen der wolk het gecondenseerde water in een toestand van oversmelting aanwezig zijn, zelfs tot -20° , naar Van Everdingen opmerkte, (7, pag. 185), zoodat zeer zeker ook de theorie van Wilson van nut kan zijn ter verklaring van dit verschijnsel.

Alles bijeen genomen kan men zich moeilijk aan den indruk onttrekken, dat beide theorieën, die van Simpson, en die van Wilson van toepassing kunnen zijn. Theoretisch is er tegen beide effecten weinig in te brengen, want eerst zóó is het mogelijk de ingewikkelde verschijnselen enigszins volledig te verklaren, terwijl ook de effecten, in de theorie van Sohnke en de condensatietheorie van Wilson en Gerdien beschreven, niet a priori uitgesloten moeten worden. Wanneer mag worden aangenomen, dat de door Simpson en door Wilson beschreven werkingen de belangrijkste zijn, kan tevens verklaard worden dat

bij tal van hevige buien, die in alles op onweersbuien gelijken, maar zonder electriche verschijnselen verlopen, deze laatste ook achterwege kunnen blijven. De tegengestelde polariteit, die de beide effecten afzonderlijk veroorzaken, kan dan aanleiding geven tot het uitblijven van bliksem en donder, terwijl, wanneer wel onweders optreden, of een van beide effecten overheerscht, of beide effecten optreden, doch in verschillende deelen van de wolk, zooals kan volgen uit het door Simpson en Scrase verzamelde waarnemingsmateriaal.

Het is bovendien zeer wel mogelijk, negatieve ladingen aan de onderzijde van onweerswolken uit de theorie van Simpson te verklaren, door met Van Everdingen aan te nemen dat, door wervelachtige bewegingen aan den kop van onweersfronten, waardoor de wolk benedenwaarts wordt uitgebreid, ook de negatieve deelen der wolk tot onder den positieven haard schuiven (13, pag. 208). Het is dus zaak in deze dingen voorzichtig te zijn, en rekening te houden met alle factoren die den eenvoudigen bouw der onweerswolken kunnen compliceeren, voordat uit de ladingsverdeeling conclusies worden getrokken omtrent mogelijke oorzaken.

Zooals reeds werd opgemerkt in het begin dezer paragraaf is de krachtig opstijgende luchtstroom meestal een voorwaarde voor het ontstaan van onweders, al mag deze niet beschouwd worden als een *conditio sine qua non*. Gewoonlijk zijn echter de onweerswolken, de „donderkoppen”, bij hun nadering gekenmerkt door turbulente stroomingen in den „kop”, en een gerafelden rand. Veelal zijn de onweer-aankondigende wolken ook bedekt met kapjes, die door den opstijgenden luchtstroom worden opgetild, en waarin dan condensatie plaats vindt. Dit proces duidt doorgaans op de aanwezigheid van een, de opstijgende beweging een tijdlang remmende, inversielaag, waarin zich warmere lucht boven de koudere bevindt. Is deze laag, dank zij de aangegroeide energie, eenmaal doorbroken, dan stijgt de wolk snel en treedt al spoedig het onweer op.

Naar de meteorologische oorzaken en omstandigheden worden de onweders in eenige typen onderscheiden. In de keuze dezer typen heerscht echter groote verscheidenheid, hetgeen mede te wijten is aan het feit, dat het moeilijk is scherpe grenzen aan te geven.

De hieronder opgesomde hoofdtypen worden in de volgende paragrafen hier en daar genoemd.

1. De warmteonweders. Hierbij komen plaatselijk sterk-verhitte luchtmassa's naast koelere voor. De laatste schuiven zich onder de eerste en doen ze opstijgen, welke stijging soms door inversielagen geremd wordt. Deze eenmaal doorbroken zijnde, kan de opstijging verder snel, en tot

groote hoogten plaats vinden, mede dank zij de condensatiewarmte, die de temperatuerdaling beperkt. De energie, voor een en ander benodigd, wordt dus geleverd door de beneden opgehoopte warmte. Deze onweders zijn van lokalen aard, al treden ze meermalen over groote gebieden vrijwel tegelijk op, en al kunnen ze zich door horizontale luchtbewegingen soms niet onbelangrijk verplaatsen. Meestal breken ze los tijdens of na het dagelijksch temperatuurmaximum. Meermalen echter moeten ook avond- of nachtonweders tot dit type gerekend worden, b.v. wanneer het verder getrokken namiddagbuien zijn, of wanneer onder warme, vochtige lucht in de bovenlagen zich sterk aan den bodem afgekoelde lucht schuift. Gewoonlijk treden warmteonweders op bij gelijkmatig-verdeelde luchtdruk, zoodat hoogstens zwakke wind aanwezig is, en de voortbeweging der bui daardoor betrekkelijk langzaam verloopt. Doorgaans brengen deze onweders geen blijvenden weersomslag mede.

Dit onweertype komt, zooals voor de hand ligt, het meest voor in de onweerrijke zomermaanden (Juli!), doch ook tal van malen op warmere voor- en najaarsdagen. De eigenlijke oorzaak dezer buien vormen meestal de verschillen in de luchttemperatuur in horizontale richting.

Een bijzondere klasse van warmteonweders vormen de z.g. noordwesterbuien. Koudere lucht, gemiddeld uit N.W.-richting, schuift zich bij deze buien in de hogere lagen over de warme, die aan of bij de aardoppervlakte aanwezig is, en veroorzaakt daardoor in de atmosfeer een labiele dichtheidsverdeling. Ook deze verschijnselen treden hoofdzakelijk in de warmere maanden op, alsmede in het voorjaar. Gewoonlijk zijn deze buien nog localer van optreden dan normale warmteonweders, terwijl zij in hoofdzaak tot het westen en midden des lands beperkt blijven.

2. De frontonweders. Ook deze onweders treden in meerderheid bij warmer weer op, en hebben daardoor eveneens in de zomermaanden een maximale frequentie. Zij vormen zich doorgaans aan den zuidelijken of zuidoostelijken rand van een depressiegebied, en bewegen zich in, soms zeer lange, fronten („Liniengewitter”) over afstanden van honderden kilometers.

Zooals blijkt uit door B r a k gegeven frequentiekaartjes voor de depressies in West-Europa, vertoonen deze gedurende een belangrijk deel van het jaar een relatief maximum in de Noordzee, ongeveer ten westen van Noordholland ²⁸). Het tamelijk groote aantal frontonweders, dat ons land gemiddeld per jaar passeert van Z.W. naar N.O., of van Z. naar N., staat hiermede in verband. Uitgebreide luchtmassa's van verschillende herkomst, kenbaar aan temperatuur, vochtgehalte en windrichting, komen aan het front met elkaar in aanraking, waarbij een van beide verdrongen

wordt. De plotselinge verdringing der warmere lucht veroorzaakt in het barogram veelal een min of meer uitgesproken „onweersneus”, d.w.z. na een regelmatige daling volgt een plotseling stijgen van den druk.

Frontonweders leiden meestal weersverandering in.

3. De stormonweders. Deze buien treden in hoofdzaak in koudere maanden op, en worden daarom ook wel winteronweders genoemd. In tegenstelling met frontonweders worden zij doorgaans in het westelijk deel van een depressiegebied gevormd. Zij staan in verband met sterk-opstijgende luchtstroomingen, die zich nabij de centra der depressies kunnen voordoen. Naast thermische oorzaken kan ook het convergeeren van verschillende windbanen hierbij een rol spelen. In Nederland komen stormonweders betrekkelijk veelvuldig in de kuststreken voor.

Door Bleeker werd onlangs voorgesteld, ter vereenvoudiging der indeeling, de onweders in twee hoofdgroepen te onderscheiden, n.l. 1e. massa-onweders, en 2e. frontonweders²¹⁾.

Massa-onweders zijn dan feitelijk alle niet-frontonweders, of meer positief: de onweders die optreden „in die gebieden waar koude lucht naar warmere oorden stroomt.” Tegen deze eenvoudige onderscheiding kan geen bezwaar bestaan, mits in het oog gehouden wordt dat het verzamelbegrip „massa-onweders” tal van onweerstypen omvat, die onderling zeer uiteenlopende kenmerken vertoonen. De oude onderscheiding verdient o.i. echter de voorkeur, omdat deze rekening houdt met de meteorologisch zeer verschillende oorzaken, waardoor „massa-onweders” kunnen ontstaan, terwijl trouwens bij vele warmte-onweders van miniatuurfronten zou kunnen worden gesproken.

§ 2. DE ONWEERSSTATISTIEK. DOEL EN BEGRENZING VAN HET ONDERZOEK.

De onweersstatistiek heeft ten doel de geografische verspreiding en de variaties-in-den-tijd der onweders te onderzoeken, alsmede verband op te sporen met klimatologische omstandigheden. Deze arbeid wordt in hoofdzaak verricht door de meteorologische diensten der verschillende landen, die daarbij gebruik maken van de hulp van talrijke, verspreid wonende, vrijwilligers. Deze verrichten onweerswaarnemingen naar overeenkomstige voorschriften — tijdstippen van aanvang en einde der buien, afstanden der ontladingen tot de plaats van waarneming, neerslag, trek-richtingen der buien, windrichting en -kracht, ontladingsvormen enz. — en zenden hiervan berichten naar een centraal instituut, waar deze worden verzameld en bewerkt.

Voor een aantal afzonderlijke plaatsen in Europa bestaan waarnemingsreeksen over zeer groote tijdvakken (Stockholm vanaf 1730; Edinburg vanaf $\pm$ 1770, Utrecht 1760—1810, en na 1849, e.a.). Dit oude materiaal heeft zeker beteekenis voor de studie der onweersfrequenties, doch is niet geschikt om er verstrekkende conclusies betreffende de geografische verspreiding uit te trekken, omdat daartoe het aantal plaatsen te gering, en de onderlinge afstand te groot is. Eerst in de tweede helft der vorige eeuw werden in verschillende Europeesche landen, alsook in Amerika en in een aantal gebieden in andere werelddeelen, van officieele zijde waarnemersnetten van voldoende dichtheid ingericht. In ons land vond dit plaats in 1880, onder leiding van Dr. M. Snellen.

Statistische bearbeiding van het verzamelde materiaal dezer waarnemingen biedt de mogelijkheid om te komen tot conclusies betreffende den invloed van geografische en meteorologische factoren op de onweersvorming, en eventueel mettertijd — bij voldoende dichtheid van een over de geheele aarde uitgebreid waarnemersnet — om te geraken tot schattingen van de totale hoeveelheden electriciteit, bij onweders betrokken. Dit laatste is van belang voor de studie van de electriche huishouding der atmosfeer in het algemeen, en van de oorzaken der instandhouding van het atmosferisch electric veld in het bijzonder³⁰⁾.

Eveneens is de onweersstatistiek van beteekenis voor de beoordeeling van de pogingen om van de onweersverschijnselen een theoretische verklaring te geven. Terecht merkte Hissink op: „Zoolang dergelijke theorieën niet in staat zijn een oorzaak aan te wijzen voor een verschil in onweersfrequentie in verschillende streken, kan men zeggen, dat ze niet volledig zijn, en waar wél theoretische gronden voor plaatselijke verschillen in onweerskans zijn aan te wijzen, kan de waarneming dienen als toetssteen voor de theorie”³¹⁾.

Tenslotte heeft de onweersstatistiek — in het bijzonder die der blikseminslagen — groote beteekenis voor assurance-ondernemingen (brand- en hagelverzekering); voor electriciteitsmaatschappijen, in verband met den aanleg van hoogspanningsnetten, enz.

Uiteraard is het niet mogelijk langs onweersstatistischen weg de eigenlijke physische oorzaken voor het ontstaan der onweders op het spoor te komen. Reeds bij het begin der systematische waarnemingen waren de verwachtingen op dit punt trouwens niet al te hoog gespannen. Hann zeide reeds in 1867: „völlig neue Enthüllungen über den Ursprung der Gewitter kann ich mir nicht erwarten”³²⁾. Dit hangt allereerst samen met het reeds in de vorige paragraaf genoemde, min of meer „toevallige”,

karakter van zichtbare en (of) hoorbare onweersverschijnselen tijdens een bui. De onweders zijn als bijkomstige processen van buien te beschouwen, omdat, wat de algemeene oorzaken betreft, tusschen een onweder en een hevige regenbui geen kenmerkend onderscheid kan worden aangegeven, zoodat een onderzoek b.v. naar de plaatsen van oorsprong der onweders geheel samenvalt met een soortgelijke opsporing betreffende plotseling optredende of -toenemende hevige regenbuien.

Daarenboven kleven aan de onweerswaarnemingen nog allerlei gebreken. Behalve de fouten, die in de berichten voorkomen, b.v. verkeerde tijden en hemelsrichtingen, beteekent elke verhuizing van een waarnemer naar een andere plaats een hiaat in de waarnemingsreeks, tenzij terstond een ander beschikbaar is om het werk over te nemen. Ook de ligging van het woonhuis en het beroep van den waarnemer zijn van beteekenis. In de volgende paragraaf wordt hierover nader gesproken. Zelfs voor zeer ervaren waarnemers is het vaak moeilijk op dagen, die rijk aan onweders zijn, de afzonderlijke buien van elkaar te scheiden.

Vervolgens is, voor de vergelijking der gegevens van verschillende landen, het feit van beteekenis dat de waarnemingsmethode niet overal dezelfde is. In sommige landen wordt het tijdstip van den eersten donderslag van het grootste belang geacht, in andere moet daarentegen nauwkeurig aangegeven worden wanneer de bui het dichtstbij was. Dit laatste wordt nu eens met behulp van den tijd tusschen bliksem en donder, dan weer als tijdstip van het begin van den sterken regenval bepaald. Van nog meer beteekenis echter is het verschil in definitie van het begrip „onweersdag”. Om n.l. een indruk te verkrijgen van de onweersactiviteit op een bepaalde plaats over een grootere tijdruimte, telt men de aantallen onweersdagen, waaronder verstaan worden dagen, waarop onweders voorkwamen, onverschillig of deze uit verschillende buien, dan wel uit slechts een enkelen slag bestonden. Nu besloot het Internationaal Meteorologisch Comité in 1873 te Weenen, dat als onweersdagen alleen zulke dagen zouden meetellen, waarop zoowel donder als bliksem zijn waargenomen.

Te Parijs, in 1896, werden de onweersdagen, op voorstel van Angot, in 3 categorieën onderscheiden en met verschillende teekens aangegeven, n.l. T voor dagen met alleen verwijderden donder, < voor dagen met uitsluitend weerlicht, en R wanneer zoowel donder als bliksem werd waargenomen.

Intusschen is het duidelijk dat een bruikbare definitie van het begrip onweersdag uitsluitend gebaseerd moet zijn op hoorbaren donder, omdat anders de dagen met nachtelijke onweersbuien niet equivalent zijn met die, waarop alleen overdag ontladingen plaats vinden. In den nacht toch kan men meermalen het lichten waarnemen over afstanden, waarover de

donder niet meer hoorbaar is, terwijl op den dag in meerderheid slechts buien genoteerd worden met hoorbare detonaties. Wil men daarom vergelijkbaar materiaal verwerken, dan mag niet de voorwaarde gesteld worden dat tevens licht moet zijn waargenomen, en moet dus onder „onweersdag” verstaan worden een dag, waarop minstens eenmaal donder wordt waargenomen, dus, volgens het bovenstaande, zoowel T als $\mathcal{R}$. In Von Hann—Süring's Lehrbuch der Meteorologie, 4e Aufl., 1926, S'660, wordt er op gewezen dat men zich destijds niet algemeen aan den internationalen code hield. Voor Duitschland luidde b.v. de omschrijving „Unter Gewitter versteht man jede elektrische Erscheinung mit Blitz und Donner, oder auch Donner allein, da der Blitz manchmal nicht geschehen wird”³³). Hier te lande werd het teeken T in de onweersverslagen niet gebruikt, en uitsluitend $\mathcal{R}$ toegepast voor dagen, waarop donder vernomen was. De conferentie van Directeuren, in September 1935 te Warschau gehouden, besloot het teeken T te doen vervallen, en de volgende onderscheidingen aan te bevelen: a. $\mathcal{R}$ voor donder, al dan niet vergezeld van bliksem, waarbij de onweders over de plaats van waarneming trekken; b. ($\mathcal{R}$) hetzelfde voor meer verwijderde buien en c. $\angle$ voor lichten zonder hoorbaren donder.

In het volgende is tusschen $\mathcal{R}$ en ($\mathcal{R}$) niet onderscheiden, en is dus elke „day with thunder heard” een onweersdag. Daarom mag vergelijking met de resultaten van onweersstatistischen arbeid uit andere landen slechts plaats vinden, nadat men zich vergewist heeft, dat uitgegaan werd van hetzelfde begrip „onweersdag.”

Een ander bezwaar, dat zich bij zulk een vergelijking voordoet, is gelegen in het feit dat de verschillende bewerkers uiteenlopende methoden toepassen en zeer verschillende dingen onderzoeken. Legt b.v. de een den nadruk op de dagelijksche verdeeling, een ander bewerkt meer uitvoerig de geografische verspreiding en een derde beschouwt hoofdzakelijk het verband met meteorologische grootheden. Zelfs wanneer het onderzoek op eenzelfde doel gericht is, is door de verschillende bewerkingswijze, b.v. de correctiemethode, meermalen goede vergelijking niet wel mogelijk.

Het aantal publicaties van zuiver onweersstatistischen aard, dat in den loop der jaren verschenen is, is tamelijk groot.

Brooks noemt een eerbiedwaardige reeks³⁴), die echter nog incompleet is. Deze betreft de jaren vóór 1925. Voor een overzicht der onweersverspreiding over West-Europa bewerkte Marshall tal van gegevens³⁵). Zijn arbeid is echter niet voldoende verzorgd in de onderdeelen. Door Van Everdingen werd er destijds reeds op gewezen hoezeer de gegeven voorstelling voor ons land onjuist was³⁶).

Te onzent verscheen sinds 1880 een jaarlijksch overzicht der onweders, als publicatie van het Kon. Ned. Meteor. Instituut, onder den titel „Onweders in Nederland”, later „Onweders, Opt. Verschijnselen, enz. in Nederland”.

C. W. Hissink bewerkte deze onweersgegevens over het tijdvak 1883—1907, gepubliceerd als aanhangsel van „Onw. Opt. Versch. enz.”, deel 29, (over 1908), blz. 161 v.v., onder den titel: „De verspreiding der onweders over Nederland, naar plaats en jaargetijde”.

In deel 30 van „Onw. Opt. Versch. enz.” verscheen van dezelfde hand een verhandeling over den blikseminslag in Nederland, over het tijdvak 1888—1907.

Tenslotte moge in dit verband nog vermeld worden dat de onweerscijfers, die door het Kon. Ned. Met. Instituut worden gepubliceerd in het „Maandelijksch Overzicht der weersgesteldheid in Nederland”, telkenmale worden vergeleken met normalen, die voor de latere jaren zijn berekend van 23 stations voor de periode 1895—1917.

De onweersstatistiek is er intusschen momenteel nog verre van, een antwoord te kunnen geven op al de vragen, die terecht aan haar gesteld kunnen worden. De inhomogeniteit van het beschikbare materiaal per station kan alleen door langdurige waarnemingsreeksen worden gecorrigeerd, en deze ontbreken veelal nog. Het net der waarnemingsstations vertoont zeer groote hiaten. Omtrent onweders boven de oceanen staan weinig gegevens ter beschikking; voor tal van dun bevolkte streken, ook in de zeer onweerrijke tropen, is het weinig beter. De poging van K l o s s o w s k y, die reeds in 1892 met behulp der toenmalige gegevens een algemeen overzicht van de onweersfrequentie over den geheelen aardbol trachtte te geven, was in alle opzichten prematuur³⁷⁾. Het soortgelijke onderzoek van B r o o k s van 1925³⁴⁾ biedt alleen voor de cultuurlanden betere cijfers, en is voor eenige zwakke gebieden op de gegevens van K l o s s o w s k y gebaseerd, zoodat het eveneens niet voldoet aan redelijke eischen.

Wil men nu op dergelijke overzichten een onderzoek baseeren naar de totale hoeveelheid electriciteit, die in een bepaalden tijd door onweersontladingen uit de atmosfeer verdwijnt, zooals dit b.v. door W i g a n d werd gedaan^{30,1)}, dan is het duidelijk, dat de resultaten cum grano salis moeten worden aanvaard.

Dit geldt temeer omdat hierbij met factoren rekening moet worden gehouden, die de gewone onweerswaarneming niet beschrijft, n.l. het teeken der wolkenladingen, en de locale verschillen in intensiteit der buien. Zeker mag niet worden gewerkt met den „onweersdag” als eenheid, gezien den

zeer verschillenden inhoud aan onweersactiviteit, die hierin besloten kan zijn. Hoogstens zou gebruik gemaakt mogen worden van een overeenkomstig begrip „onweersuur”, zooals dit voor Beieren destijds practisch werd ingevoerd³⁸⁾.

Wat de richting der ontladingen betreft, zijn, zooals in § 1 werd opgemerkt, eerst in de laatste jaren bruikbare gegevens verkregen. Voor een betrouwbare schatting van de totale electriche energie in de atmosfeer, met behulp der onweersstatistische gegevens, is de tijd nog niet rijp.

In de volgende paragrafen zijn weergegeven de resultaten eener bewerking van het rijke onweersmateriaal van het Kon. Nederl. Meteorologisch Instituut, zooals dit werd gepubliceerd in de jaargangen van „Onweders, Opt. Verschijnselen, enz.” over 1907—1936.

Deze bewerking betreft allereerst de geografische verdeeling der aantallen onweersdagen per maand, seizoen en jaar. In § 6 wordt gebruik gemaakt van kleinere tijdruimten dan een maand (decaden, pentaden). Nagegaan is de invloed van den afstand tot de zee, en, waar mogelijk, die van den bodem. De resultaten zijn vergeleken, voorzoover doenlijk, met die van het aangrenzende buitenland.

De dagelijksche gang is onderzocht met behulp der tabellen III van „Onweders, Opt. Versch. enz.”, en deze betreft daarom uitsluitend het geheele land, niet de onderdeelen ervan.

Ook werd nagegaan de gemiddelde uitgebreidheid der buien per maand, als bewerking van Tabel II derzelfde publicatie, eveneens voor het geheele land.

In verschillende opzichten is deze bewerking te beschouwen als een vervolg op de reeds genoemde van Hissink over 1883—1907³¹⁾, anderzijds zijn echter tal van nieuwe punten in het onderzoek betrokken.

Voor de completeering van de tabellen voor het winterseizoen 1936 was het noodig gebruik te maken van de gegevens voor Januari en Februari 1937.

Met het oog op den gelimiteerden omvang dezer studie is afgezien van systematische behandeling van het verband met klimatologische en meteorologische factoren, die invloed uitoefenen op de vorming der onweders. Hoogstens is hier en daar statistisch verband gezocht.

Trekrichtingen, snelheden en duur der buien bleven buiten beschouwing. Dit is eveneens het geval met de ontladingsvormen, het weerlicht, den hagel, de hoeveelheden neerslag, en den blikseminslag, onderwerpen die alle een speciaal onderzoek zouden vereischen, waardoor het kader dezer bewerking verre zou worden overschreden.

§ 3. MATERIAAL EN BEWERKINGSWIJZE.

a. *Het materiaal.*

In het tijdvak 1907—1936 werden door het Kon. Ned. Meteor. Instituut meer dan 58000 onweersberichten ontvangen, dus gemiddeld per jaar ongeveer 1945 kaarten. Het maximale jaar-aantal, 3064 berichten, leverde 1910, het jaar ook met de meeste onweersdagen (138); minimaal was het aantal kaarten in 1921, n.l. 901 stuks en eveneens het aantal onweersdagen (64). In het algemeen varieerde het aantal onweersberichten van jaar tot jaar in denzelfden zin als het aantal onweersdagen.

Deze berichtkaarten worden jaarlijks in het Instituut verwerkt tot tabelarische overzichten, en het zijn deze tabellen, die het eigenlijke materiaal vormden voor het onderhavige onderzoek.

Tot en met 1917 werden tabellen gepubliceerd in „Onweders, Opt. Versch. enz.”, vermeldende de namen der waarnemers en de dagen waarvoor door elk hunner een onweder werd gemeld. Sinds 1918 bevatte deze publicatie slechts de totale aantallen berichten van elken waarnemer per maand ontvangen, en vanaf 1931 alleen de aantallen voor het geheele jaar (Tabel I). Voor de jaren na 1917 werden door het Instituut soortgelijke tabellen, als voordien in „Onw., O. Versch. enz.” werden afgedrukt, in manuscript, welwillend ter beschikking gesteld.

De andere tabellen uit deze publicatie, die verwerkt werden, betreffen de aantallen onweersberichten op de verschillende datums van elk jaar ingekomen, en de aantallen berichten, voor de verschillende uren van den dag, per maand.

Dit materiaal voldoet in bevredigende mate aan de volgende, destijds door Hissink geformuleerde eischen voor statistisch onderzoek³¹⁾: 1e. het moet waarnemingen over een groot aantal jaren omvatten, zoodat toevalligheden verdwijnen; 2e. de wijze van waarnemen moet in die jaren niet, of weinig, gewijzigd zijn; 3e. de dichtheid-van-verdeeling der waarnemingsplaatsen moet voor de verschillende deelen des lands niet te zeer verschillend zijn; en 4e. de waarde der waarnemingen, die door de geschiktheid en toewijding der waarnemers bepaald wordt, mag voor de te vergelijken gebieden niet teveel uiteenloopen.

Dit neemt niet weg dat het materiaal zeker niet vrij is van gebreken.

Zoo was voor een aantal kleinere gebieden, gedurende ettelijke jaren, het aantal waarnemers te gering. Dit betreft b.v. het grensgebied der provinciën Friesland en Drente, het gedeelte van Zuidholland tusschen de Lek en den Ouden Rijn, alsmede het westelijk deel der Veluwe. De in de ver-

schillende jaargangen van „Onw., Opt. Versch. enz.” voorkomende kaartjes met de onweersstations doen dit duidelijk uitkomen.

Een ander euvel vormen de voortdurende variaties in het waarnemerscorps. Het totale aantal waarnemers schommelde tusschen 235 (in 1910) en 137 (in 1925). Gemiddeld bedroeg het 196. Bij de bewerking van sommige tabellen was het noodig alle cijfers te herleiden op een constant aantal waarnemers (200).

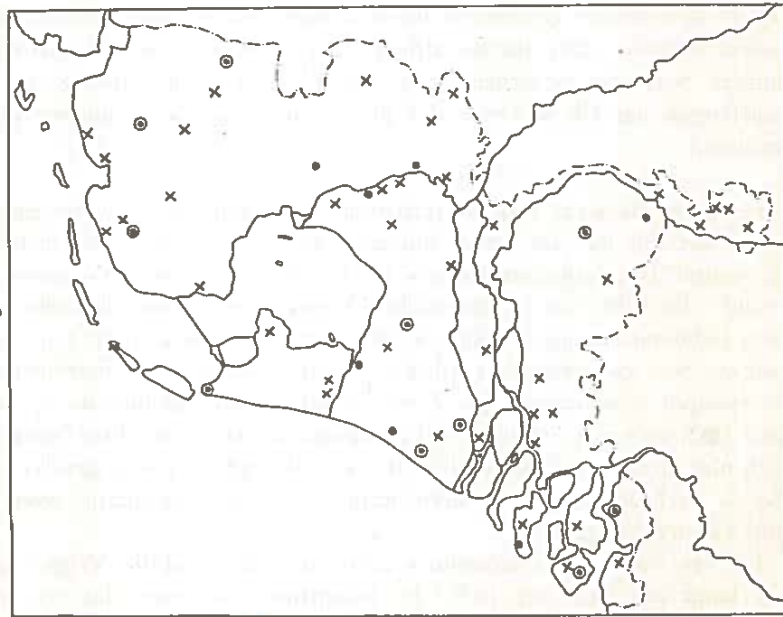
Opvallend is het verband, dat blijkt te bestaan tusschen de aantallen onweersdagen en de aantallen waarnemers voor dezelfde jaren. Bij grafische voorstelling van het verloop dezer aantallen komt dit goed uit. De correlatiecoëfficiënt blijkt trouwens 0.51 te bedragen, met een waarschijnlijke fout van 0.09. Een en ander wijst duidelijk op positief verband. Dit verschijnsel is evenwel niet van verontrustenden aard, daar bij nadere beschouwing der gegevens, in het bijzonder van de aantallen onweersdagen, door de meest betrouwbare waarnemers gemeld, blijkt dat de variatie van het aantal onweersdagen in deze van primairen aard mag worden geacht, en dat het aantal waarnemers als gevolg hiervan verandert. Door grooten onweerrijkdom in een bepaald jaar worden tal van „sluimerende” waarnemers geanimeerd tot het inzenden van berichten.

Het is intusschen onwaarschijnlijk dat deze verschillen in den omvang van het waarnemerscorps omgekeerd noemenswaardigen invloed uitoefenen op de aantallen genoteerde onweersdagen voor het land en zijn onderdeelen, wanneer deze laatste althans niet te beperkt worden genomen. Immers was het waarnemersnet voortdurend dicht genoeg om te waarborgen dat elk onweder dat plaats vond, wel werd opgemerkt en genoteerd.

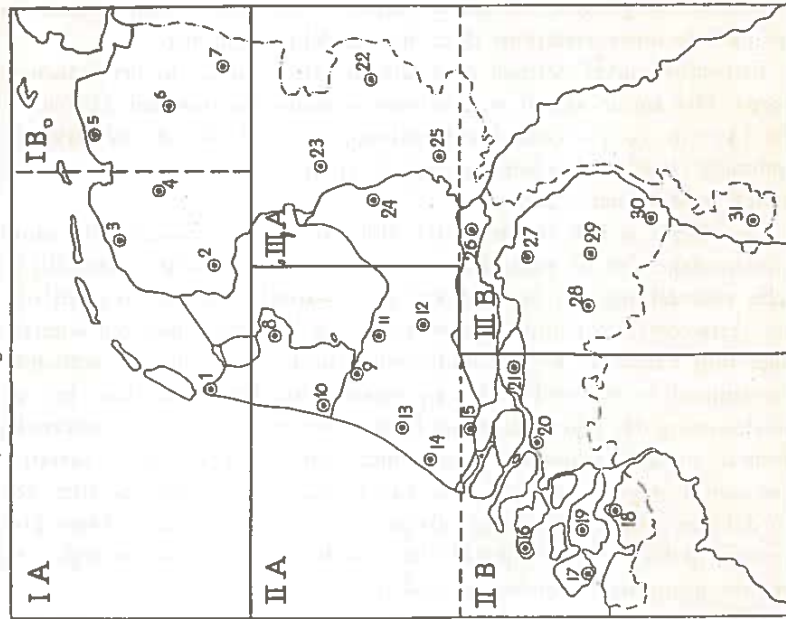
Een groot bezwaar voor de statistische bewerking der onweersgegevens vormt het feit dat het aantal blijvende goede waarnemers, en daardoor het aantal langdurig-betrouwbare en bruikbare stations, zoo gering is. Figuur 1 biedt hiervan een overzicht. Ongeveer 360 stations leverden minstens gedurende eenige opvolgende jaren berichten, doch slechts een tiental daarvan was gedurende het geheele tijdvak bezet met een betrouwbaren en ijverigen waarnemer (⊙). Zeven stations waren gedurende 25 jaren goed (●), terwijl 40 stations wel gedurende 25 jaren berichten inzonden, doch niet in die mate, dat de indruk van volledigheid wordt gewekt (×). Het is verheugend dat al deze stations tamelijk regelmatig over het land verspreid liggen.

Tal van waarnemers vertoonden echter te weinig ambitie. Vrijwel ieder jaar komt van meer dan 10 % der waarnemers niet meer dan een enkel bericht binnen, en van bijna 10 % slechts twee berichten. Al kunnen zulke

Fig. 1.



- Goede stations 1907—1936.
- Goede stations gedurende meer dan 25 jaren.
- x Minder goede stations gedurende meer dan 25 jaren.

Fig. 2.
Deelen, Afdelingen en Standaard-stations.

berichten voor de bestudeering van een afzonderlijke bui van veel gewicht zijn, voor statistischen arbeid hebben ze weinig beteekenis, daar zij bijna steeds onweders betreffen, die ook door anderen worden gemeld. De kleine, locale buien worden gewoonlijk alleen genoteerd door de betere waarnemers, en het is dan ook in de eerste plaats aan hen te danken, dat een bewerking als de onderhavige mogelijk is. Over de moeilijkheden, die worden veroorzaakt door het uitvallen van een uitstekenden waarnemer, zal in het volgende enkele malen gesproken worden.

Een bezwaar, dat soms van beteekenis is, vormt het uitblijven van berichten door afwezigheid van den waarnemer in de zomermaanden, terwijl de eventueele plaatsvervanger in zijn taak tekort schiet. Ook in Duitschland werd destijds over dit euvel, waardoor de grootste onzekerheden in de frequentiecijfers voorkwamen, geklaagd ³⁰⁾. Deze lacunes zijn in het volgende goeddeels weggecorrigeerd.

Tenslotte zijn allerlei „subjectieve” factoren bij de onweerswaarnemingen in het spel, waardoor eveneens de cijfers kunnen worden vertroebeld, n.l. de oplettendheid en de gehoorsscherpte van den waarnemer, de aard zijner dagelijksche bezigheden, zijn nachtrust, storende geluiden in zijn omgeving, enz. Al deze factoren moeten in rekening worden gebracht bij een beoordeeling van de betrouwbaarheid van den waarnemer. Meermalen ontgaan trouwens ook aan ijverige en oplettende waarnemers wel onweders, hetgeen bij de grootere plaatsen, wanneer daar meer dan één waarnemer gevestigd is, kan worden geconstateerd. De wijze, waarop een groot aantal van deze vertroebelende invloeden gelijktijdig werden geëlimineerd door correcties zal in het volgende uiteengezet worden.

b. De bewerkingswijze.

Het was gewenscht, teneinde vergelijkbare resultaten te verkrijgen, de bewerkingswijze van H i s s i n k op tal van punten toe te passen. Daarom is in de eerste plaats weer gebruik gemaakt van de indeeling van het land in deelen en afdeelingen, als weergegeven in figuur 2. Deze gebieden zijn tamelijk uitgestrekt, zoodat alle een voldoende aantal betrouwbare stations bevatten. De *afdeelingen* I A en I B, noordwest en noordoost, zijn gescheiden door den meridiaan van $6^{\circ}10'$ O.L. en vormen tezamen het *noordelijk deel* des lands. Naar het zuiden wordt dit deel begrensd door een lijn op $52^{\circ}48'$ N.B. De afdeelingen II A en II B vormen het *westelijk deel* (resp. middenwest en zuidwest), terwijl de afdeelingen III A en III B, middenoost en zuidoost, tezamen het derde deel van het land, n.l. het *binnenland* vormen. II A en III A zijn gescheiden door een

lijn op $5^{\circ} 33'$ O.L. en naar het zuiden begrensd door een lijn op $51^{\circ} 54'$ N.B. De grens tusschen II B en III B ligt op $4^{\circ} 58'$ O.L.

Wat de jaargetijden betreft moet opgemerkt worden dat meteorologisch December, Januari en Februari tezamen den winter vormen; Maart, April en Mei de lente; Juni, Juli en Augustus den zomer, en de overige maanden den herfst. Het is duidelijk dat hierdoor de jaartotalen in het algemeen verschillen van de sommen der cijfers voor de jaargetijden.

Een andere indeeling der seizoenen ontstaat door de 4 maanden November t.m. Februari als winter en de 4 maanden Mei t.m. Augustus als zomer te nemen, terwijl de 4 overige maanden zouden kunnen worden gecombineerd tot een groep evennachtsmaanden. De maand November behoort, wat de onweersactiviteit betreft, ongetwijfeld tot den winter, terwijl Mei vrijwel een zomerpeil heeft. De groep evennachtsmaanden is evenwel een artificieel product, en vertoont dan ook een zeer grillig verloop van de aantallen onweersdagen (door de typische verschillen tusschen de lente en den herfst), terwijl de gang voor de genoemde 4-maandsche zomer- en winterseizoenen tamelijk goed overeenkomt met dien voor de overeenkomstige conventionele 3-maandsche jaargetijden. Om deze redenen zijn de laatste aangehouden.

Bij de bewerking der cijfers voor de genoemde afdeelingen en deelen behoefden geen correcties te worden aangebracht, omdat elk onderdeel steeds voldoende stations omvatte, zoodat mag worden aangenomen, dat alle onweders inderdaad zijn gemeld.

De detail-verdeeling der onweersfrequentie onderzocht H i s s i n k met behulp van een 23-tal uitgekozen stations. Dit onderzoek beperkte zich echter tot een tijdvak van 13 jaren (1895—1907). Ook werden de cijfers voor perioden, waarin door een of andere oorzaak de plaatselijke waarnemer geheel of gedeeltelijk in gebreke was gebleven, gecorrigeerd met gegevens van plaatsen uit de omgeving van de stations. Deze methode was zeker de beste, die toenmaals kon worden toegepast, doch, doordat de waarnemingsreeksen voor slechts weinig stations voldoende bruikbaar waren door de talrijke hiaten, slaagde H i s s i n k er niet in zijn 23 standaard-stations zóó te kiezen dat zij gelijkmatig over het land verdeeld lagen. In het noordelijke deel had hij voldoende stations, in Holland en Noordbrabant echter niet.

Het bleek, dat van deze 23 stations niet minder dan 13 ongeschikt waren om ook voor het tijdvak 1907—1936 als standaard-station dienst te doen, door gebrek aan waarnemingsmateriaal. Daarom werd een geheel nieuw,

dichter, en regelmatig verdeeld net van 31 standaard-stations gekozen, weergegeven in figuur 2. Voor de namen der plaatsen moge verwezen worden naar tabel 7. De stations, resp. genummerd 1, 5, 12, 14, 15, 16, 17, 23, 29 en 30 werden ook door Hissink gebruikt.

In afdeeling I A had Hissink 5 stations, de nieuwe bewerking 4;									
in	"	I B	"	"	3	"	"	"	3;
"	"	II A	"	"	3	"	"	"	7;
"	"	II B	"	"	4	"	"	"	7;
"	"	III A	"	"	4	"	"	"	4;
"	"	III B	"	"	4	"	"	"	6.

In verband met de oppervlakte der betreffende afdeelingen bezitten in deze nieuwe bewerking I B en III A iets geringere stations-dichtheid dan de andere afdeelingen.

Voor standaard-station kwamen in de eerste plaats de meeste der 10 stations in aanmerking, die in figuur 1 met $\odot$ zijn aangegeven. Vervolgens 6 der stations, aangegeven met $\bullet$. Uit alle overgebleven stations werden daarna combinaties gevormd van eenige dichtbij elkaar gelegene tot centrale standaard-stations, waarbij de keuze zóó werd gedaan dat zooveel mogelijk een continue reeks van voldoende waarnemingen voor elk dezer standaard-stations ter beschikking kwam. Op deze wijze ontstonden 17 combinatiestations, n.l. de nrs. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28 en 31, waarbij het soms noodig was aan deze stations namen te geven van plaatsen, die zelf allermint uitmuntten door een bruikbare reeks waarnemingen, doch die alleen fungeeren als geografisch centrum van het rayon der combinatie. Dit laatste is het geval bij de nrs. 2, 6, 10, 11, 20, 21, 22, 25, 26 en 28.

Ook andere onweersstatistieken zijn meermalen op dergelijke combinaties gebaseerd. Behalve het onderzoek van Hissink moge in dit verband genoemd worden een studie van Alt en Weickmann over de onweders in Zuid-Duitschland⁴⁰⁾ en een van Hamburg over die in Zweden⁴¹⁾.

Deze bewerkers spreken echter niet over den afstand, dien te combineeren stations maximaal mogen hebben. Dit onderwerp hangt ten nauwste samen met de vraag over welken afstand de donder gemiddeld nog hoorbaar is (in verband met de definitie van „onweersdag”, zie § 2, blz. 15). Deze afstand hangt af van allerlei factoren, o.a. windrichting en -kracht, bijgeluiden (verkeer en industrieën) en van het tijdstip van den dag (overdag of 's nachts).

Aangenomen mag worden dat ten plattenlande onder normale omstan-

digheden het geluid van matige ontladingen over een afstand van 15 à 20 km kan worden gehoord, zoodat het tijdsverloop tusschen bliksem en donder 45 à 60 seconden bedraagt. Wel ligt de maximumafstand belangrijk hooger, maar zulke extreme gevallen doen zich betrekkelijk weinig voor. Dat de hoorbaarheidsgrens op meer dan 30 km afstand ligt, komt in hoofdzaak slechts bij kuststations voor, waarbij het niet uitgesloten is, dat reflecties van geluidsgolven aan inversielagen een rol spelen (1, p. 670). Brooks noemt als afstand onder gunstige omstandigheden 10 à 12 „miles”, dus 16 à 19 km, en als gemiddelde 6 „miles” = 10 km, (34, p. 153).

Bij deze bewerking is als maximale afstand bij combinatie aangehouden 20 km, de gemiddelde afstand is ongeveer 11 km. Stations binnen een straal van 15 km van het standaard-station gelegen zijn steeds volledig medegerekend, de verder gelegene slechts voor de jaren, waarvoor desondanks onvoldoende waarnemingen ter beschikking stonden. Dit laatste kon worden geconstateerd door vergelijking met het verloop in naburige standaard-stations en in de afdeeling des lands, waarin het station-in-kwestie gelegen is.

Ook voor de standaard-stations met een betrouwbaar centrum is deze werkwijze toegepast terwille van de gelijkheid van behandeling. Gewoonlijk was daarbij de invloed dezer bewerking op de cijfers van geringe beteekenis. Voor de meeste dezer stations beteekende zij een verhooging met hoogstens 2 onweersdagen per jaar. Voor tal van jaren ondergingen de cijfers trouwens geen enkele wijziging. Voor de groote steden is in deze werkwijze tevens een correctie aanwezig van het door storende bijgeluiden teweeggebrachte tekort aan onweersdagen.

Elk standaard-station vertegenwoordigt een rayon met een oppervlakte van 800 à 1200 km², zoodat de 31 stations tezamen een gebied bestrijken van meer dan 25000 km², dus meer dan 75 % van de totale oppervlakte van Nederland.

Een aantal verspreid gelegen gebieden van ons land bleven volkomen buiten de bewerking, doordat de daarin gelegen stations zelf niet voldoende materiaal leverden, en ook niet bruikbaar waren voor combinaties. Deze gebieden zijn:

1e. de Waddeneilanden, 2e. het midden-westen van Friesland, 3e. oostelijk-Groningen, 4e. een omvangrijk gebied rondom Meppel, 5e. het westen en noordwesten der Veluwe, 6e. de geheele omgeving van de grens tusschen Utrecht en Zuidholland, 7e. een gebied rondom Tiel, 8e. groote deelen der Zuidhollandsche eilanden, 9e. het eiland Tholen met de daarbij aansluitende deelen van Noordbrabant, loopende van Bergen-op-Zoom langs Breda tot de omgeving van Tilburg, 10e. het geheele noorden der provincie Limburg, en 11e. het oosten en zuidoosten van de Graafschap Zutphen.

Eenige gegevens van sommige dezer gebieden komen in het volgende echter in bespreking bij de behandeling van het verloop der onweersfrequentielijnen in ons land.

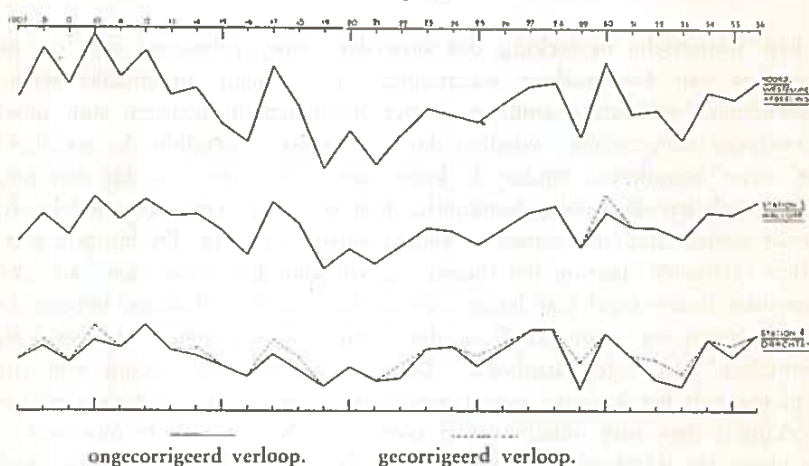
Een statistische bewerking der onweders moet gebaseerd zijn op de gegevens van *betrouwbare* waarnemers. Is eenmaal uitgemaakt welke waarnemers voldoende ambitie en betrouwbaarheid bezitten, dan moet vervolgens aangenomen worden, dat de hoogste aantallen de waarheid het meest benaderen, omdat de kans zeer veel grooter is dat een bui, uit een enkelen donderslag bestaande, door een waarnemer over het hoofd wordt gezien, dan dat *teveel* onweders worden gemeld. De hoogste aantallen verdienen daarom het meeste vertrouwen. Elke bewerker, die zich niet door dezen regel laat leiden vervalt tot allerlei willekeur, hetgeen in de resultaten tot uiting komt in den vorm van een geheel of goeddeels ontbreken van regelmatigheden. De consequente doorvoering van dit principe van het hoogste aantal vereischte echter bij de onderhavige bewerking eenige niet onbelangrijke correcties. Nadat n.l. de onweersfrequenties der standaardstations voor alle 30 jaren bepaald waren bleek uit het verloop der cijfers, dat voor een gedeelte der stations de aantallen gedurende eenige, meerendeels op elkaar volgende, jaren te gering moesten zijn, doordat b.v. inzinkingen waren te constateeren, die, in verband met het verloop voor de betreffende afdeeling van het land, niet verwacht mochten worden.

De oorzaak hiervan was in nagenoeg alle gevallen dezelfde: het uitvallen van een goeden waarnemer, zonder dat zijn werk terstond op denzelfden voet in het station zelf, of in de omgeving ervan, door een nieuwen werd voortgezet. De stations, die meer dan één goede „kern” bezitten, zooals Hummelo (25) en 's-Gravenhage (14) vertoonen dit euvel dan ook niet.

Door vergelijking met het verloop voor de naburige stations, en voor de afdeeling waartoe het station behoort, werd nu deze feil zoo goed mogelijk gecorrigeerd. Daartoe zijn de jaartotalen der onweersdagen van de betreffende afdeeling en alle bijbehorende stations grafisch voorgesteld. Voor de goede stations is het verloop der gebroken lijnen onderling analoog, en komt het gewoonlijk ook overeen met dat voor de geheele afdeeling, zoodat nagenoeg zonder uitzondering de stijgingen en dalingen met elkaar correspondeeren. Uiteraard zijn door de onderscheidene aantallen, die erbij betrokken zijn, de hoeken van stijging en daling doorgaans verschillend voor de stations eener- en de afdeeling anderzijds. Voor de jaren waarin nu een bepaald station „faalde”, is aan de betreffende grafiek een verloop gegeven, dat overeenkomt met dat voor de afdeeling en de naburige stations in de mate die voor dit station past, hetgeen kan worden

opgemaakt door vergelijking met het verloop voor de „betere” jaren ervan. Figuur 3 geeft een beeld van deze werkwijze.

Fig. 3.



De aangebrachte vermeerdering van het aantal onweersdagen voor elk der „slappe” jaren bedroeg 4 tot 10 dagen. Deze toename moest daarna over de verschillende maanden van de jaren-in-kwestie verdeeld worden, hetgeen op overeenkomstige wijze geschiedde, n.l. door de grafieken voor het verloop van maand tot maand in dat jaar voor de afdeeling, de naburige stations en het station zelf met elkaar te vergelijken.

De datums voor deze nieuw-gecreëerde onweersdagen werden daarna bepaald, in de eerste plaats door de bij het betreffende station eventueel ontbrekende, in de beschouwde afdeeling echter veel voorkomende onweersdagen alsnog in te voeren, en vervolgens door den combinatie-afstand nog wat uit te breiden boven 20 km vanuit het centrum.

Deze werkwijze is uiteraard niet vrij van enige willekeur, in het bijzonder wat de datumkeuze betreft, maar ook in de bepaling der aantallen toe te voegen onweersdagen. Het betreft echter voor elk der gecorrigeerde stations een betrekkelijk gering aantal jaren, en op deze wijze is zeker, zoo goed als mogelijk was, voldaan aan de eischen voor een wetenschappelijk onderzoek, omdat de lacunes niet op willekeurige wijze, doch in verband met den algemeenen gang, systematisch, werden aangevuld.

Deze correcties waren voor het meerendeel der stations niet, of slechts in zeer geringe mate noodig. Ten hoogste 3 gecorrigeerde jaarcijfers hebben de standaard-stations, nr. 1, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 30 en 31, dus 22 van de 31 stations. Voor de

9 overige stations moesten de aanvullingen op grotere schaal worden aangebracht.

a. Station 2 faalde vanaf 1923, door het uitvallen van een uitsteken-den waarnemer te Echterburg (Middenvaart), en moest gedurende 12 jaar worden gecorrigeerd. Dit is een combinatie-station.

b. Station 4 moest gecorrigeerd worden voor 12 niet op elkaar volgende jaren, omdat de kern, hoewel steeds aanwezig, te zwak was.

c. Het station 5 mist sinds 1909 den waarnemer, die Hissink zijn hoog jaarcijfer voor dit station verschaft (36.3). Aanvulling was noodig voor de jaren 1912 t.m. 1928, zonder dat het cijfer van Hissink ook maar benaderd kon worden. Niet onmogelijk is het dat de onweers-frequentie van dit station hooger moet zijn dan de onderhavige bewerking uitwijst, en ongeveer het peil moet bezitten van het station 3 (Zie tabel 7).

d. Het 8e station werd in lichte mate aangevuld voor 5 jaren, tus-schen 1915 en 1930.

e. Het Gooische station, nr. 11, onderging tamelijk belangrijke correc-ties, en wel gedurende 10 jaren vóór 1920.

f. Het station in het land van Altena, nr. 21, werd bijgewerkt geduren-de 8 jaren, tusschen 1914 en 1931.

g. Voor station nr. 24 waren aanvullingen van geringen omvang noo-dig gedurende 8 jaren, over het geheele tijdvak verspreid.

h. Het Betuwsche station, nr. 26, een zuiver combinatie-station, faalde in niet geringe mate gedurende 10 niet op elkaar volgende jaren.

i. Het station nr. 28, een groot deel der Meierij van Den Bosch om-vattend, zonder eenige goede kern, opgebouwd uit een twaalfstal waar-nemingsstations, vroeg ten slotte correcties voor 9 verspreide jaren.

Dat op deze wijze cijfers konden worden verkregen, die op ongedwon-gen wijze tot het geografisch overzicht van fig. 4A te verwerken waren, pleit o.i. voor de toegepaste werkwijze.

HOOFDSTUK II.

DE ONWEERSFREQUENTIE.

§ 4. DE ONWEERSFREQUENTIE VOOR HET LAND, DE DEELEN EN DE AFDEELINGEN.

Tabel 1 biedt een overzicht van de aantallen onweersdagen per maand en per seizoen, voor alle jaren van het bewerkte tijdvak.

In ons land kwamen per jaar gemiddeld 106 onweersdagen voor. (Hissink vond voor 1883—1907: 104.7). De jaartotalen varieerden tusschen 64 (in 1921) en 138 (in 1910). (Bij Hissink 76 en 130).

Het is opvallend dat deze totalen van 1918 t.m. 1924, dus gedurende 7 opvolgende jaren, beneden het gemiddelde waren. Van deze reeks vormt het minimale jaar 1921 juist het midden. Daarentegen was het aantal onweersdagen in de zeven jaren 1908—1914 steeds boven normaal. Dit tijdvak bevat de beide jaren, die het rijkst aan onweders waren: 1910 en 1912, met resp. 138 en 134 onweersdagen. Uit deze bijzonderheden mag wel worden geconcludeerd dat voor de studie der onweersfrequentie tijdvakken van minstens 15 à 20 opvolgende jaren vereischt zijn.

Het verloop der jaartotalen vertoont overigens weinig merkwaardigs. Wel kan worden opgemerkt dat, in het algemeen gesproken, droge jaren arm aan onweders zijn en vochtige rijk. Dit houdt verband met het feit dat in de meeste jaren 60 à 70 % der onweersdagen in de vier warmste maanden, Mei t.m. Augustus, vallen, zoodat vooral in den zomer beslist wordt of een jaar arm dan wel rijk is aan onweders — terwijl tevens een belangrijk deel van den neerslag in den zomer bij onweer valt — immers vooral dan treden zware buien op. Over het statistisch verband van onweders en neerslag wordt in § 5 nader gesproken.

Het zomeronweerverloop varieert, in overeenstemming met het bovenstaande, doorgaans in denzelfden zin als het jaarverloop, hetgeen tot op zekere hoogte ook voor het lenteverloop geldt. De herfst, als overgang tot den winter, vertoont meer een eigen gang. In dit laatste seizoen vertoont n.l. het verloop der onweersfrequentie geenerlei verband met dat voor het geheele jaar (zie 1910, 1912, 1921), hetgeen samenhangt met het andersoortig karakter der winteronweders (in hoofdzaak stormonweders, tegenover een groote meerderheid van front- en warmteonweders in den zomer, terwijl ook in den herfst meermalen tal van stormonweders voorkomen).

Tabel I.
Aantallen onweersdagen per maand en per jaargetijde voor het geheele land.

Maand	1907	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	'36	'37	Tot.	Gem.
Januari	1	2	6	6	2	5	3	1	4	1	2	2	2	1	2	4	2	2	5	1	4	2	1	3	9	1	3	1	3	3	3	84	2.8
Februari	3	4	2	5	4	2	3	3	4	8			2	3		2		1	6		1	7	1	1	2		2		3	3	10	69	2.3
Maart	5	5	4	4	5	12	12	11	5	5	2	4	7	1	4	5	5	2	6	6	8	6	1	1	6	5	4	5		2		148	4.9
April	6	11	12	11	8	6	11	12	5	6	4	14	10	17	6	5	4	9	13	14	11	11	6	10	9	13	3	14	11	5		277	9.2
Mei	17	17	11	21	17	14	16	10	10	9	24	13	5	14	12	13	18	19	17	14	8	10	7	14	22	17	15	13	11	15		423	14.1
Juni	13	12	17	22	18	25	15	17	12	17	23	12	9	8	7	14	2	12	10	16	22	18	9	15	17	9	15	14	21	18		439	14.6
Juli	13	23	13	24	12	24	10	22	22	11	17	17	16	19	8	12	13	20	18	14	19	15	10	22	20	15	17	14	12	23		495	16.5
Augustus	12	21	14	17	11	27	12	11	20	15	21	14	11	12	15	15	14	19	12	11	20	24	8	15	20	15	12	14	11	14		457	15.2
September	7	11	10	7	10	5	13	11	9	4	9	20	7	7	2	13	14	11	17	9	15	6	11	12	9	13	11	11	16	17		317	10.6
October	12	1	8	7	11	7	14	3	2	7	16	3	9	2	4	3	10	4	2	5	2	7	13	10	9	18	8	10	12	7		226	7.5
November	5	7	2	13	7	6	8	7	5	6	4		2	1	3	3	7	1	5	3	4	8	7	10	3	4	3	2	4	7		147	4.9
December	5	2	7	1	2	1	6	3	2	2	5	6	8	2	1	2	3	5	4		1	8	1	6				10	5		98	3.3	
Jaar	99	116	106	138	107	134	120	111	100	91	127	105	88	87	64	89	91	103	116	97	114	115	82	114	132	110	93	98	114	119		3180	106.0
Lente	28	33	27	36	30	32	39	33	20	20	30	31	22	32	22	23	27	30	36	34	27	27	14	25	37	35	22	32	22	22		848	28.3
Zomer	38	56	44	63	41	76	37	50	54	43	61	43	36	39	30	41	29	51	40	41	61	57	27	52	57	39	44	42	44	55		1391	46.4
Herfst	24	19	20	27	28	18	35	21	16	17	29	23	18	10	9	19	31	16	24	17	21	21	31	32	21	35	22	23	32	31		690	23.0
Winter	11	10	18	7	9	4	10	11	11	4	7	10	12	4	7	2	5	14	6	9	9	3	12	12	7	5	1	6	16	18		260	8.7

Wat de maandsommen betreft, bezit Juli het maximum, Februari het minimum (gemiddeld resp. 16.5 en 2.3 per jaar, bij Hissink dezelfde maanden met resp. 16.4 en 2.4). Merkwaardig is dat in bijna het derde deel der bewerkte 30 jaren in Juli een relatief minimum t.o.v. Juni en Augustus optreedt. Op dit verschijnsel wordt later teruggekomen (§§ 6 en 8). In het algemeen komen de gevonden maandgemiddelden in bevredigende mate met die van Hissink overeen.

Op dezelfde wijze als in tabel 1 voor het geheele land is geschied, werden ook de cijfers der deelen en afdeelingen, alsmede der 31 standaardstations, in tabelvorm gebracht. Deze tabellen zijn niet opgenomen, omdat de beteekenis der afzonderlijke cijfers niet zóó groot is, dat ze de aanzienlijke uitbreiding van dit werk zou motiveeren. Bij statistisch werk zijn toch vooral de totalen en de gemiddelden van belang. Voor de onderdeelen des lands geeft tabel 2 de jaarsommen der onweersdagen voor elk jaar weer.

Deze tabel doet o.m. zien dat voor het noordelijk deel des lands niet 1921, doch 1919 het minimale jaar is (doordat voornamelijk het aantal zomeronweders in dit jaar abnormaal klein was). Voor west-Nederland is 1912, en niet 1910, het maximale jaar (voor de beide andere deelen 1910).

Mutatis mutandis geldt hetzelfde van de zes afdeelingen. Uit de betreffende cijfers blijkt o.a. dat het bovengenoemde feit, dat 1912 voor het westen het maximale jaar is, vooral aan het midden-W. te danken is.

De jaargemiddelden, in den laatsten regel van tabel 2 weergegeven, doen zien dat de aantallen onweersdagen voor het westen en het binnenland weinig uiteenloopen. Daarentegen heeft het noorden als geheel aanzienlijk geringere onweerskansen. Dit laatste geldt intusschen alleen voor het groote gebied en niet voor de afzonderlijke stations, want station nr. 3 (Hallum) heeft, zooals blijkt uit tabel 7 (§ 5), gemiddeld meer onweersdagen dan eenig station in het westen des lands. Trouwens het gemiddeld aantal onweersdagen per jaar per station vormt in het noorden een veel hooger percentage van het gemiddeld aantal onweersdagen dat jaarlijks in dit lands-deel voorkomt, dan in het westen het geval is (44.6 % tegen 24.5 %). Dit wijst er dus op, dat in het noorden relatief meer buien van grootere uitgebreidheid voorkomen dan in het westen, terwijl het aantal locale buien er kleiner is.

Met uitzondering van het N.O. divergeeren de afdeelingen weinig in de gemiddelde aantallen onweersdagen per jaar. De N.O.-afdeeling heeft in niet minder dan 24 van de dertig jaren de laagste cijfers. (De hoogste vertoonen midden-W. en Z.O.). Deze afwijkende cijfers voor het noor-

delijk deel in het algemeen, en voor de N.O.-afdeeling in het bijzonder, hangen samen, zooals ook Hissink opmerkte (31, pag. 165), met de

Tabel 2.
Aantallen Onweersdagen per jaar voor het land, de deelen en de afdeelingen. 1907—1936.

Jaar	Ned.	Nrd.	Wst.	Binn.	N.W.	N.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.
1907	99	64	74	64	52	40	56	48	37	58
1908	116	87	68	70	73	62	58	52	48	60
1909	106	68	62	69	58	35	50	46	48	59
1910	138	83	95	107	79	46	69	80	76	93
1911	107	69	72	74	61	40	58	51	51	64
1912	134	82	103	82	72	48	78	82	53	68
1913	120	65	92	74	54	44	63	75	53	59
1914	111	69	85	73	57	40	55	75	52	60
1915	100	53	73	78	43	40	53	55	56	64
1916	91	41	60	62	35	25	48	45	43	50
1917	127	75	84	87	66	42	66	68	71	63
1918	105	61	66	82	50	38	57	55	67	62
1919	88	30	54	64	25	18	30	48	39	51
1920	87	51	61	63	40	38	46	48	52	46
1921	64	31	44	42	26	22	30	35	29	29
1922	89	48	68	58	38	26	44	51	37	50
1923	91	56	69	62	48	33	54	50	44	47
1924	103	55	85	76	45	42	71	58	54	62
1925	116	54	85	75	43	33	62	66	48	56
1926	97	66	64	66	50	43	54	40	49	51
1927	114	67	81	87	57	51	69	55	66	71
1928	115	75	77	79	59	56	63	55	62	62
1929	82	43	48	47	36	23	40	37	35	31
1930	114	74	97	73	66	38	76	77	52	62
1931	132	63	89	91	46	47	71	64	65	70
1932	110	58	69	77	48	42	46	60	62	55
1933	93	43	72	68	35	31	56	50	47	55
1934	98	68	75	73	55	50	60	58	59	53
1935	114	64	84	73	52	47	66	60	57	52
1936	119	68	83	87	58	46	65	61	72	65
Gemiddeld	106.0	61.0	74.6	72.8	50.9	39.5	57.1	56.8	52.8	57.6

ligging dezer gebieden t.a.v. de overheerschende trekriching der buien. Deze is gemiddeld ongeveer Z.W. → N.O., en daardoor is de noordkust in deze in veel mindere mate als kustgebied te beschouwen dan de aan de

Tabel 3.
Gemiddeld aantal onweersdagen
per maand en seizoen. 1907—1936.

Maand	Ned.	Nrd.	Wst.	Binn.	N.W.	N.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.
Januari	2.8	1.2	1.7	1.3	1.0	0.5	1.0	1.1	0.6	1.0
Februari	2.3	0.9	1.4	1.4	0.8	0.4	1.1	1.0	0.8	1.1
Maart	4.9	2.1	2.9	3.1	1.6	1.1	1.8	2.1	1.7	2.4
April	9.2	4.5	5.6	6.3	3.1	3.1	3.8	3.9	3.8	4.7
Mei	14.1	8.1	9.7	10.9	6.7	5.8	7.4	7.6	8.4	8.8
Juni	14.6	8.6	10.8	11.6	7.1	6.7	8.6	8.5	8.7	10.1
Juli	16.5	10.7	11.4	13.0	8.9	8.0	9.2	8.8	10.1	10.3
Augustus	15.2	9.8	11.0	11.9	8.4	6.8	9.1	9.0	9.3	9.5
September	10.6	6.4	8.1	7.0	5.4	4.0	6.1	6.2	4.8	5.4
October	7.5	4.6	5.9	3.7	4.2	1.9	4.6	4.3	2.9	2.5
November	4.9	2.7	4.0	1.5	2.6	0.7	3.1	2.7	1.0	1.0
December	3.3	1.4	2.2	1.2	1.1	0.7	1.4	1.6	0.7	0.8
Jaar	106.0	61.0	74.6	72.8	50.9	39.5	57.1	56.8	52.8	57.6
Lente	28.3	14.7	18.1	20.3	11.4	9.9	13.0	13.7	13.9	15.9
Zomer	46.4	29.1	33.2	36.5	24.5	21.4	26.9	26.3	28.1	29.9
Herfst	23.0	13.7	18.0	12.2	12.2	6.6	13.8	13.2	8.6	9.0
Winter	8.7	3.5	5.5	3.9	2.8	1.6	3.6	3.8	2.2	2.9

Tabel 4.
Gemiddeld aantal onweersdagen
per maand en seizoen. 1883—1936.

Maand	Ned.	Nrd.	Wst.	Binn.	N.W.	N.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.
Januari	2.8	1.1	1.7	1.3	0.9	0.5	1.0	1.2	0.7	1.0
Februari	2.3	1.0	1.4	1.2	0.9	0.4	1.1	0.9	0.7	1.0
Maart	4.7	1.9	2.7	2.9	1.4	1.0	1.8	1.9	1.4	2.4
April	8.6	4.3	5.4	5.8	3.0	3.0	3.7	3.9	3.7	4.5
Mei	14.3	8.7	10.0	10.9	7.1	6.5	7.7	7.9	8.1	9.0
Juni	14.7	9.0	10.7	11.9	7.1	7.1	8.5	8.7	8.8	10.2
Juli	16.5	11.2	11.6	13.3	9.2	8.4	9.5	9.2	10.4	10.9
Augustus	15.4	10.3	11.5	12.3	8.8	7.7	9.6	9.4	9.6	9.9
September	10.3	6.7	7.8	7.1	5.8	4.5	6.1	6.2	5.1	5.7
October	8.7	5.5	6.6	4.4	5.0	2.9	5.3	4.7	3.3	3.1
November	4.3	2.5	3.2	1.5	2.4	0.9	2.6	2.1	1.1	1.0
December	3.0	1.5	2.1	1.2	1.3	0.8	1.5	1.5	0.7	0.8
Jaar	105.5	63.6	74.7	73.8	52.7	43.7	58.4	57.7	53.7	59.4
Lente	27.6	14.9	18.1	19.6	11.4	10.5	13.2	13.7	13.3	15.9
Zomer	46.6	30.4	33.9	37.4	25.3	23.2	27.6	27.4	28.8	31.0
Herfst	23.2	14.8	17.6	13.1	13.1	8.3	14.0	13.1	9.5	9.8
Winter	8.2	3.6	5.2	3.8	3.0	1.7	3.7	3.6	2.1	2.8

zee grenzende streken in het westen des lands. Wanneer frontonweders een grooten afstand over het land hebben afgelegd, vermindert veelal hun intensiteit, hetgeen tevens tot vermindering der aantallen onweders in noordoostelijk Nederland kan leiden.

Het is waarschijnlijk, dat ook de betrekkelijk lage cijfers voor N.W. en midden-O. hiermede verband houden. Het groote aantal voor Z.O. staat in verband met het feit, dat Z.O.-Nederland, en wel in het bijzonder de provincie Limburg en haar omgeving, in zekeren zin als een soort „onweershaard” moet worden aangemerkt, wat hierna zal worden besproken.

De hooge aantallen voor midden-W. en Z.W. vinden, hetgeen eveneens nader zal worden nagegaan, hun oorzaak niet zoozeer in de onweersfrequentie van de eigenlijke kuststreek, doch meer in die van het daarbij aansluitende binnenland. Immers in deze gebieden komen de, meestal koude, zeewinden eerst goed in aanraking met opstijgende, warme luchtstroomingen, waardoor onweders kunnen ontstaan.

In tabel 3 en tabel 4 zijn weergegeven de gemiddelde aantallen onweersdagen per jaar voor elke maand en elk jaargetijde, en wel voor het gehele land en de onderdeelen. Tabel 3 betreft het bewerkte tijdvak 1907—1936, en tabel 4 bevat de aantallen voor de jaren 1883—1936. Deze laatste tabel is bewerkt met behulp van de gegevens van Hissink (31, tab. 13 en 15).

De verschillen in de cijfers dezer tabellen zijn in het algemeen van ondergeschikte beteekenis. De belangrijkste afwijkingen vertoonen voor het gehele land de maanden April, October en November. Voor alle onderdeelen des lands blijken de Octobercijfers in het tijdvak 1907—1936 lager te zijn dan voor de jaren 1883—1907. Bij splitsing van eerstgenoemd tijdvak in twee gelijke deelen blijkt echter dat de gegeven cijfers voor deze periode zeker betrouwbaar zijn, en dat dus in de latere jaren het aantal October-onweders belangrijk verminderde, terwijl dat voor April en November is toegenomen.

Voor het noordelijk deel des lands vond Hissink in de maanden van Mei t.m. October alsmede in December en Februari hogere cijfers, hetgeen blijkt bij vergelijking der tabellen 3 en 4. Ook in de aantallen voor N.W. en N.O. komt dit verschijnsel uit. Het is niet onwaarschijnlijk dat het wegvallen in de latere jaren van de, in hun soort onvervangbare, waarnemers der oude stations Munnekeburen en Westernieland hiervan een der oorzaken is. De totalen der Hissink-bewerking overtreffen daardoor die voor het tijdvak 1907—1936.

Daarom zijn de hogere cijfers der nieuwe bewerking voor dit deel in een aantal andere maanden echter temeer opvallend. Hieraan is realiteit

zeker niet te ontszeggen, zoodat we moeten aannemen, dat, door onverklaarde oorzaken, het aantal onweders in November (N.W.) en Januari (N.W.), maar vooral in Maart en April (N.W. en N.O.) sinds 1907 niet onbelangrijk is toegenomen. In Maart vertoont trouwens ook M.O. dit verschijnsel, welke afdeeling zich geografisch bij de genoemde aansluit.

Vergelijking der aantallen voor de drie deelen des lands doet zien dat, terwijl het totaalcijfer in het westen het hoogst is, de lente- en zomer-aantallen in het binnenland die van het westen in belangrijke mate overtreffen, terwijl de herfst- en wintercijfers van het binnenland aanmerkelijk lager uitvallen dan die van het westelijk deel. Op zichzelf blijkt hieruit reeds dat onderscheid in den ijver der waarnemers voor deze verschillen geen verklaring kan vormen.

Vanaf Maart tot aan September zijn de binnenland-cijfers de hoogste, overigens domineert het westen. Het „onweersseizoen” treedt dus in het westelijk deel later in, doch houdt langer stand. De invloed der zee o.a. op de luchttemperatuur komt hierin duidelijk aan het licht. Ditzelfde verschijnsel doet zich trouwens ook bij den regenval voor, zooals blijkt uit de door B r a k gegeven kaartjes ⁴²⁾.

Van beteekenis zijn vervolgens de maanden, waarin de extreme waarden optreden in de verschillende onderdeelen van het land. In § 8 wordt van het tijdstip der maxima, dat min of meer karakteristiek is voor het verloop der onweersfrequenties, gebruik gemaakt voor een indeeling van het land in meer „natuurlijke” onweersgebieden, dan met behulp van rechte lijnen op de kaart kunnen worden verkregen.

Voor de drie hoofddeelen van het land blijkt het maximum steeds in Juli op te treden. Het minimum valt voor het noorden en het westen in Februari, voor het binnenland in December. Dit laatste hangt uiteraard samen met het geheele verloop der cijfers voor dit deel, waarover reeds boven werd gesproken.

De stand van zaken voor de zes afdeelingen is eenigszins anders. Met uitzondering van Z.W. vallen de maxima wel steeds in Juli (in tabel 4 wijkt ook M.W. eenigszins af), doch de minima treden slechts voor N.W., N.O. en Z.W. in Februari op; voor Z.O. vindt dit in December plaats, en voor het midden des lands (M.W. en M.O.) in Januari.

Het Augustus-maximum voor Z.W. (in tabel 4 ook voor M.W.) zal later nader worden besproken (§ 8).

Aan de hand van tabel 4 kan nu een rangschikking worden gegeven van de zes afdeelingen naar afdalende cijfers per maand en per jaargetijde.

Omdat geen cijfers zijn vermeld, is het volgende schema veel overzichtelijker dan de oorspronkelijke tabel. De afdeelingen zijn van rechts naar links gerangschikt en om den gang te doen uitkomen zijn de westelijke afdeelingen vet gedrukt.

Januari	Z.W.	M.W.	Z.O.	N.W.	M.O.	N.O.
Februari	M.W.	Z.O.	Z.W.	N.W.	M.O.	N.O.
Maart	Z.O.	Z.W.	M.W.	M.O.	N.W.	N.O.
April	Z.O.	Z.W.	M.O.	M.W.	N.W.	N.O.
Mei	Z.O.	M.O.	Z.W.	M.W.	N.W.	N.O.
Juni	Z.O.	M.O.	Z.W.	M.W.	N.W.	N.O.
Juli	Z.O.	M.O.	M.W.	N.W.	Z.W.	N.O.
Augustus	Z.O.	M.O.	M.W.	Z.W.	N.W.	N.O.
September	Z.W.	M.W.	N.W.	Z.O.	M.O.	N.O.
October	M.W.	N.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.	N.O.
November	M.W.	N.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.	N.O.
December	Z.W.	M.W.	N.W.	Z.O.	N.O.	M.O.
Jaar	Z.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	N.W.	N.O.
Lente	Z.O.	Z.W.	M.O.	M.W.	N.W.	N.O.
Zomer	Z.O.	M.O.	M.W.	Z.W.	N.W.	N.O.
Herfst	M.W.	N.W.	Z.W.	Z.O.	M.O.	N.O.
Winter	M.W.	Z.W.	N.W.	Z.O.	M.O.	N.O.

De N.O.-afdeeling heeft, behalve in December, steeds het geringste aantal onweders: Overigens blijkt duidelijk dat het oosten des lands in de warmste maanden, het westen in het najaar en een deel van den winter domineert. De overgang heeft van Augustus op September abrupt plaats, van Januari tot en met April echter geleidelijk.

Z.O. domineert boven M.O., uitgezonderd in October en November. In sterke mate is dit het geval in de maanden December t.m. April.

Van de drie westelijke afdeelingen is N.W. steeds het armst aan onweders, met uitzondering van de maanden Juli (warmteonweders), October en November (stormonweders). De beide andere westelijke afdeelingen divergeeren doorgaans weinig.

Het geheele verloop wordt in § 5 nauwkeuriger nagegaan aan de hand der cijfers voor de standaard-stations.

Tabel 4 bevestigt de juistheid van H i s s i n k's conclusies, dat warmteonweders meer aan de landzijde en stormonweders meer aan de zeezijde van Nederland voorkomen. De zomerbuien toch zijn, zooals reeds in § 1 werd opgemerkt, dikwijls van het warmteonweder-type, terwijl de winteronweders in hoofdzaak tot het „storm”-type behooren, en het is duidelijk dat de warmte zich sterker doet gelden naarmate een streek meer land-

Tabel 5.
Aantal onweersdagen
per 100 onweersdagen voor het geheele land. 1907—1936.

Maand	Nrd.	Wst.	Binn.	N.W.	N.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.
Januari	42.9	60.7	45.2	36.9	16.7	34.5	40.5	22.6	36.9
Februari	40.6	60.9	59.4	34.8	17.4	46.4	42.0	34.8	46.4
Maart	42.6	58.1	62.2	32.4	21.6	35.8	42.6	34.5	49.3
April	48.7	60.3	68.2	33.6	33.2	41.2	42.6	41.5	50.9
Mei	57.7	68.8	77.5	47.3	41.1	52.5	54.1	59.3	62.2
Juni	59.0	73.6	79.0	48.7	45.6	58.5	58.1	59.2	69.2
Juli	65.1	69.3	79.0	53.9	48.5	56.0	53.1	61.2	62.2
Augustus	64.1	72.4	77.9	55.4	44.4	59.7	59.1	61.3	62.1
September	60.6	76.7	65.9	51.4	38.2	58.0	59.0	45.1	51.1
October	60.6	78.3	48.7	55.3	24.8	61.1	56.6	38.0	33.6
November	55.1	81.0	31.3	52.4	15.0	63.3	54.4	20.4	21.1
December	41.8	67.3	36.7	32.7	20.4	42.9	50.0	22.4	23.5
Jaar	57.6	70.4	68.6	48.0	37.3	53.9	53.6	49.8	54.3
Lente	52.1	64.2	71.8	40.2	35.1	45.9	48.3	49.2	56.3
Zomer	62.8	71.7	78.6	52.8	46.2	58.0	56.6	60.6	64.4
Herfst	59.4	78.1	52.9	52.9	28.8	60.1	57.2	37.5	39.0
Winter	40.4	63.1	45.4	32.7	18.1	41.5	43.8	25.8	33.4

Tabel 6.
Aantal onweersdagen
per 100 onweersdagen voor het geheele land. 1883—1936.

MAAND	Nrd.	Wst.	Binn.	N.W.	N.O.	M.W.	Z.W.	M.O.	Z.O.
Januari	38.0	60.0	48.0	31.3	17.3	36.7	42.0	25.3	36.0
Februari	44.4	61.1	52.4	37.3	19.0	46.0	38.9	29.4	41.3
Maart	39.8	57.5	61.4	28.7	21.3	38.6	39.8	29.9	51.2
April	49.7	62.9	67.8	35.0	35.0	43.4	45.1	43.6	52.7
Mei	61.2	69.8	76.4	49.5	45.7	53.7	55.5	57.1	62.8
Juni	60.7	72.9	80.4	48.4	48.2	57.8	59.2	59.5	69.0
Juli	67.9	70.6	80.7	56.0	51.0	57.7	55.7	63.0	66.3
Augustus	66.9	74.9	79.8	57.0	50.0	62.2	61.4	62.8	64.3
September	65.3	75.5	68.9	56.3	43.9	59.7	60.1	49.1	55.8
October	63.8	75.9	51.0	57.1	32.8	60.8	54.6	38.2	35.4
November	58.7	75.7	36.1	56.1	22.2	60.4	50.0	26.5	22.6
December	49.7	69.3	38.7	42.3	35.8	49.7	50.3	23.3	36.4
Jaar	60.3	70.8	70.0	50.0	41.4	55.3	54.6	50.9	56.3
Lente	54.0	65.5	71.2	41.5	38.2	47.9	49.6	48.3	57.7
Zomer	65.3	72.7	80.3	53.9	49.8	59.3	58.7	61.8	66.5
Herfst	63.5	75.7	56.2	56.6	35.8	60.2	56.2	40.9	42.1
Winter	44.0	63.6	45.8	36.9	21.1	44.5	43.8	25.8	34.2

inwaarts gelegen is, terwijl de stormwinden zich in de eerste plaats aan de kusten doen gevoelen. In § 8 wordt een en ander nader besproken.

In de tabellen 5 en 6 (resp. voor 1907—1936 en 1883—1936) zijn de aantallen onweersdagen per deel en afdeeling herleid tot procenten van de maand- en seizoensommen voor het geheele land, waardoor de horizontale gang der cijfers wel niet verandert, doch de kolommen in staat stellen den jaarlijkschen gang der relatieve onweersfrequenties na te gaan. Deze blijkt evenwel niet van eenvoudigen aard te zijn: meestal treden naast de beide hoofdextremen secundaire maxima en -minima op, en wel op verschillende tijdstippen voor de onderscheiden deelen des lands. De verschillen tusschen de tabellen 5 en 6 zijn niet gering, en wijzen wel uit dat de waarde dezer cijfers niet dient te worden overschat, en dat deze statistiek feitelijk een veel grooter tijdvak moest omvatten.

In de betrekkelijk geringe jaaramplitude van het westelijk deel (Maart 57.5; Oct. 75.9) uit zich de nivelleerende zee-invloed. Het binnenland bezit de grootste amplitude (Nov. 36.1; Juli 80.7). Wintersche kuststormen teekenen zich af in een secundair maximum in Februari voor W.- en N.-Nederland. Bij vergelijking van N.W. met N.O. blijkt dat inderdaad de afstand tot de kust hierbij een rol speelt: N.W. bezit dit Februari-maximum wel, N.O. niet. Voor het N.-deel en het binnenland daalt het percentage beneden 40, voor W. niet onder 60 (tabel 6). Het hoofd-verschilpunt van N.- en W.-deel is te vinden bij den overgang van winter op lente: noord vertoont een veel grooter accres dan west, en gelijkt in de wintermaanden dan ook meer op het binnenland, waarbij N.W. zich in het algemeen meer dan N.O. bij het westelijk deel aansluit. In de beide afdeelingen van het binnenland dalen de zomercijfers veel steiler naar het herfstniveau dan de voorjaarsstijging verloopt. Beide westelijke afdeelingen vertoonen in tabel 5 zooveel als in tabel 6 in den zomer een dubbel maximum, met inzinking in Juli. In § 5 wordt hierop teruggekomen, bij de bespreking der stations.

§ 5. DE ONWEERSFREQUENTIE VOOR DE STANDAARD-STATIONS. INVLOEDEN VAN ZEE EN BODEM.

Tabel 7 geeft het gemiddeld aantal onweersdagen per jaar, maand en jaargetijde voor de standaard-stations weer. Tabel 8 biedt hetzelfde, uitgedrukt in procenten van het jaargemiddelde voor elk station.

Het is gewenscht dat de waarde dezer cijfers nader wordt getoetst. Dit kan op tweeërlei wijze geschieden:

1e. door vergelijking met de door Hissink gevonden aantallen;

Tabel 7.
Gemiddeld aantal Onweersdagen per jaar (1907—1936).

STATIONS	JAAR	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December	Lente	Zomer	Herfst	Winter
1. Den Helder	24.2	0.4	0.2	0.6	1.2	3.4	3.5	3.7	4.2	3.1	1.9	1.5	0.5	5.2	11.4	6.5	1.1
2. Sloten	28.0	0.3	0.3	0.7	1.7	4.1	5.2	5.4	5.0	2.8	1.6	0.8	0.3	6.5	15.6	5.1	0.9
3. Hallum	31.8	0.5	0.4	0.7	1.7	4.1	4.7	5.9	5.7	3.6	2.5	1.4	0.6	6.5	16.3	7.5	1.6
4. Drachten	26.4	0.2	0.1	0.8	1.9	4.0	4.6	5.6	4.8	2.7	1.0	0.4	0.3	6.7	15.0	4.1	0.6
5. Westerveld	28.3	0.3	0.4	0.7	1.9	4.2	4.5	5.6	5.1	2.9	1.5	0.6	0.5	6.9	15.2	5.0	1.2
6. Zuidlaren	25.6	0.3	0.2	0.6	1.5	3.7	4.3	5.6	5.1	2.3	1.1	0.5	0.4	5.9	15.0	3.9	0.9
7. Nieuw-Weedinge	25.9	0.1	0.1	0.7	1.9	4.1	4.7	5.4	4.9	2.5	1.0	0.3	0.2	6.7	15.0	3.9	0.3
8. Hauwert	26.1	0.4	0.5	0.7	1.3	3.2	4.8	4.0	4.5	3.1	1.7	1.3	0.5	5.2	13.3	6.2	1.3
9. Amsterdam	28.0	0.3	0.3	0.6	1.5	3.4	4.5	4.6	4.9	3.7	2.4	1.3	0.5	5.5	14.0	7.3	1.1
10. Wijk-aan-Zee	25.2	0.2	0.3	0.5	1.2	3.1	3.8	4.3	4.3	3.1	2.4	1.4	0.5	4.8	12.6	6.8	1.1
11. Bussum	25.5	0.2	0.3	0.5	1.2	3.9	4.6	4.8	4.5	2.6	1.5	0.9	0.5	5.8	13.6	5.0	1.0
12. De Bilt	28.1	0.1	0.3	0.7	1.9	4.5	5.5	5.2	5.1	2.4	1.4	0.7	0.3	7.1	15.7	4.5	0.9
13. Leiden	24.9	0.2	0.2	0.5	1.3	3.0	4.2	4.3	4.6	3.0	1.8	1.3	0.4	4.8	13.1	6.1	1.0
14. 's-Gravenhage	24.8	0.3	0.3	0.6	1.5	3.0	4.5	4.0	4.5	2.9	1.9	1.0	0.3	5.1	13.0	5.8	0.9
15. Rotterdam	29.1	0.5	0.5	0.8	1.6	4.0	5.0	4.8	5.1	3.2	1.9	1.0	0.7	6.4	14.9	6.1	1.7
16. Renesse	25.6	0.3	0.4	0.6	1.5	3.7	3.9	4.3	4.3	3.1	1.8	1.1	0.5	5.7	12.6	6.1	1.1
17. Vlissingen	24.2	0.5	0.4	0.6	1.3	3.5	4.3	3.6	4.3	2.6	1.8	0.9	0.4	5.4	12.2	5.3	1.3
18. Ossensise	31.7	0.2	0.3	0.9	2.1	4.6	5.8	5.6	6.0	2.9	1.6	1.0	0.5	7.6	17.4	5.5	1.2
19. Goes-Kapelle	28.0	0.2	0.2	0.7	1.8	4.1	4.8	4.5	4.9	3.0	2.1	1.1	0.5	6.7	14.3	6.2	0.9
20. Heiningen	26.6	0.2	0.4	1.0	1.7	4.1	4.9	4.4	4.4	2.7	1.7	0.8	0.3	6.8	13.7	5.2	0.9
21. Almkerk	26.5	0.2	0.2	1.0	1.6	4.6	5.2	4.9	4.5	2.3	1.1	0.6	0.2	7.2	14.6	4.0	0.7
22. Borne	26.8	0.2	0.4	0.5	1.8	4.5	4.9	5.8	4.7	2.5	1.0	0.4	0.1	6.9	15.3	3.9	0.7
23. Dalmsholte	26.9	0.1	0.2	0.6	1.5	4.4	5.1	6.1	5.3	2.1	1.0	0.2	0.2	6.5	16.6	3.3	0.6
24. Tervolde	26.4	0.2	0.3	0.6	1.9	4.0	5.0	5.4	4.6	2.4	1.2	0.5	0.2	6.5	15.0	4.1	0.8
25. Hummelo	34.2	0.3	0.5	0.7	2.2	5.6	6.0	6.7	6.8	3.1	1.6	0.6	0.2	8.5	19.5	5.3	1.0
26. Elst (G.)	25.7	0.2	0.4	0.6	1.3	4.6	5.2	5.0	4.5	2.2	1.0	0.4	0.2	6.5	14.7	3.6	1.0
27. Nistelrode	25.2	0.1	0.3	0.8	1.2	4.4	5.3	4.8	4.8	2.0	0.9	0.4	0.2	6.4	14.9	3.3	0.7
28. Olirschot	22.9	0.1	0.3	0.9	1.7	3.8	5.0	4.4	3.9	1.7	0.6	0.3	0.2	6.4	13.3	2.6	0.6
29. Helmond	28.5	0.1	0.4	0.8	1.7	4.6	5.9	5.6	5.1	2.8	0.8	0.5	0.1	7.1	16.7	4.1	0.7
30. Baexem	33.7	0.5	0.5	1.0	2.0	5.7	6.4	7.0	6.0	2.7	1.3	0.3	0.3	8.7	19.4	4.3	1.3
31. Valkenburg	32.6	0.6	0.4	1.0	2.4	4.9	6.3	6.5	5.5	3.1	1.4	0.3	0.3	8.2	18.3	4.8	1.2

Tabel 8.

Gemiddeld aantal Onweersdagen in procenten van het jaargemiddelde per station (1907—1936).

STATIONS	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December	Lente	Zomer	Herfst	Winter
1. Den Helder	1.8	1.0	2.3	5.1	13.9	14.6	15.4	17.2	12.7	8.0	6.1	1.9	21.4	47.2	26.7	4.5
2. Sloten	1.0	1.1	2.6	5.9	14.5	18.7	19.2	17.7	9.9	5.6	2.7	1.2	23.1	55.5	18.2	3.2
3. Hallum	1.7	1.4	2.3	5.3	12.8	14.9	18.4	17.8	11.2	7.7	4.5	2.0	20.4	51.1	23.5	4.9
4. Drachten	0.8	0.4	2.9	7.1	15.3	17.4	21.1	18.3	10.1	3.9	1.6	1.0	25.3	56.9	15.7	2.1
5. Westernieland	1.2	1.3	2.6	6.8	14.9	16.0	19.7	18.0	10.4	5.4	2.0	1.7	24.3	53.8	17.8	4.2
6. Zuidlaren	1.0	0.8	2.3	6.0	14.6	16.8	22.0	19.8	9.1	4.2	1.8	1.7	22.9	58.5	15.1	3.6
7. Nieuw-Weerdinge	0.4	0.3	2.7	7.3	16.0	18.3	20.7	18.8	9.8	4.0	1.2	0.6	26.0	57.8	14.9	1.2
8. Hauwert	1.5	1.9	2.6	5.1	12.4	18.5	15.2	17.1	12.0	6.6	5.1	1.9	20.1	50.9	23.8	5.1
9. Amsterdam	1.0	1.2	2.3	5.4	12.1	16.2	16.4	17.5	13.2	8.5	4.5	1.8	19.8	50.1	26.2	3.8
10. Wijk-aan-Zee	0.9	1.1	2.1	4.8	12.2	15.2	17.4	17.4	12.2	9.4	5.4	2.0	19.1	49.9	27.0	4.2
11. Bussum	0.8	1.2	2.0	4.7	15.2	18.2	18.7	17.8	10.1	6.0	3.7	1.8	21.8	54.6	19.7	4.1
12. De Bilt	0.5	1.2	2.5	6.6	16.2	19.5	18.4	18.1	8.5	4.9	2.5	1.2	25.3	55.9	15.9	3.3
13. Leiden	0.9	0.9	2.1	5.2	11.9	17.0	17.3	18.5	12.0	7.4	5.1	1.6	19.3	52.7	24.5	4.0
14. s-Gravenhage	1.2	1.1	2.6	6.0	12.1	18.0	16.3	18.1	11.8	7.7	3.9	1.2	20.7	52.4	23.4	3.5
15. Rotterdam	1.6	1.7	2.6	5.5	13.7	17.2	16.5	17.5	10.9	6.6	3.6	2.5	21.9	51.2	21.1	5.9
16. Renesse	1.0	1.7	2.2	5.7	14.5	15.4	17.0	17.0	12.3	7.0	4.4	1.8	22.5	49.3	23.7	4.4
17. Vlissingen	1.9	1.7	2.5	5.4	14.5	17.6	15.0	17.9	10.7	7.4	3.6	1.8	22.3	50.6	21.8	5.2
18. Ossensisse	0.7	1.1	2.9	6.7	14.4	18.3	17.7	19.0	9.3	5.2	3.1	1.7	24.1	54.9	17.5	3.7
19. Goes-Kapelle	0.7	0.6	2.6	6.4	14.8	17.2	16.2	17.6	10.8	7.4	3.8	1.8	23.8	51.0	22.0	3.3
20. Heiningen	0.9	1.5	3.8	6.5	15.3	18.5	16.5	16.5	10.0	6.4	3.1	1.0	25.5	51.5	19.5	3.5
21. Almkerk	0.9	0.9	3.8	6.0	17.5	19.5	18.5	17.1	8.8	4.0	2.3	0.8	27.3	55.0	15.1	2.6
22. Borne	0.7	1.5	2.0	6.8	16.9	18.2	15.5	17.5	9.2	3.6	1.6	0.4	25.7	57.2	14.4	2.7
23. Dalmsholte	0.5	0.7	2.1	5.7	16.2	19.1	22.7	19.9	7.7	3.8	0.6	0.9	24.1	61.6	12.2	2.1
24. Terwolde	0.8	1.0	2.4	7.2	15.2	19.0	20.6	17.4	9.0	4.6	2.0	0.9	24.7	57.0	15.5	3.0
25. Hummelo	0.8	1.4	2.1	6.4	16.3	17.4	19.6	19.9	9.0	4.8	1.8	0.6	24.9	56.9	15.5	2.9
26. Elst (G.).	0.9	1.7	2.5	4.9	18.0	20.4	19.3	17.4	8.4	4.0	1.7	0.8	25.4	57.0	14.1	3.8
27. Nistelrode	0.4	1.1	3.2	4.8	17.6	21.1	19.1	18.9	7.8	3.7	1.5	0.9	25.5	59.1	12.8	2.8
28. Oirschot	0.4	1.5	3.9	7.4	16.7	21.6	19.2	17.2	7.4	2.5	1.5	0.7	28.1	58.0	11.3	2.6
29. Helmond	0.5	1.4	2.8	6.0	16.0	20.8	19.8	17.9	9.8	2.9	1.6	0.5	24.5	58.5	14.4	2.6
30. Baexem	1.5	1.5	3.0	6.0	16.8	19.0	20.7	17.9	7.9	3.9	0.9	1.0	24.4	57.6	14.1	4.0
31. Valkenburg	1.8	1.2	3.0	7.2	15.0	19.3	20.0	16.9	9.4	4.3	0.9	0.9	25.3	56.1	14.7	3.7

2c. door vergelijking der overeenkomstige cijfers voor halve tijdvakken (15 jaren).

Vergelijking met Hissink's resultaten heeft het bezwaar dat deze niet geheel gelijkwaardig zijn aan die der onderhavige bewerking, omdat

- a. het stations-onderzoek van Hissink slechts 13 jaren betreft (1895—1907);
- b. Hissink's bewerkingswijze, in het bijzonder zijn combinatiemethode voor het vormen der standaard-stations, niet geheel overeenkomt met de hier toegepaste;
- c. verschillende stations van Hissink vervallen zijn, zoodat de betreffende aantallen hoogstens vergeleken kunnen worden met die van naburige nieuwe stations.

Van de 10 stations, die in beide bewerkingen voorkomen, vertoonen de cijfers van de nrs. 1, 14, 17, 23 en 29 (Den Helder, 's-Gravenhage, Vlissingen, Dalmsbolte en Helmond) te geringe verschillen om er bij stil te staan. De stations 5, 15 en 30 (Westernieland, Rotterdam en Baexem) hebben in de nieuwe bewerking jaargemiddelden, die resp. 8, 4.5 en 5.6 lager zijn dan bij Hissink. Voor Westernieland wordt dit ten deele verklaard door het in § 4 reeds vermelde uitvallen van den ouden waarnemer in 1908, waardoor dit station degradeerde van kern- tot combinatiestation, zonder dat echter de omgeving waarnemers bezat, die aan eerstgenoemden eenigszins equivalent waren. Ten deele kan het gevonden verschil echter reëel zijn, zooals uit de cijfers van andere stations (15, 30, e.a.) kan worden afgeleid, en ook omdat onze correctiemethode de gebreken der afzonderlijke stations toch goeddeels opheft. Voor de stations 15 en 30 (Rotterdam en Baexem) zijn de verschillen niet uit de wisseling van waarnemers te verklaren. Dit laatste station werd gedurende tientallen jaren door denzelfden, ijverigen waarnemer verzorgd, en daarom ligt het voor de hand dat de onweersactiviteit aldaar (en allicht niet slechts op dit eene station!) sedert de door Hissink bewerkte jaren inderdaad afnam.

Ook voor nr. 15 (Rotterdam) moet dit het geval zijn. In het algemeen was het door Hissink bewerkte tijdvak tamelijk rijk aan uitgebreide onweders, althans in vergelijking met groote deelen van het tijdvak 1907—1936. Hierdoor konden in het eerste tijdvak hogere stationsgemiddelden voorkomen, zonder dat het gemiddeld aantal onweersdagen per jaar voor het geheele land grooter was.

Dat niettemin voor 16 en 12 (Renesse en De Bilt) de nieuwe bewerking hogere jaarcijfers heeft, moet waarschijnlijk ten deele aan de verbeterde bewerkingswijze worden toegeschreven.

Veel meer onzekerheden zijn verbonden aan vergelijking van de cijfers

van uitgevallen stations van *Hissink* met naburige nieuwe. Intusschen vertoonen sommige dezer stations zulk een goede overeenkomst, dat het beteekenis heeft, ze te noemen.

Het zijn:

Heerlen (oud) en 31 (Valkenburg): 33.0 en 32.6;

Heelsum (oud) en 26 (Elst): 26.5 en 25.7;

Winschoten (oud) en 7 (Nw.-Weerdinge): 25.0 en 25.9;
of 6 (Zuidlaren): 25.6;

Castricum (oud) en 10 (Wijk aan Zee): 24.1 en 25.2.

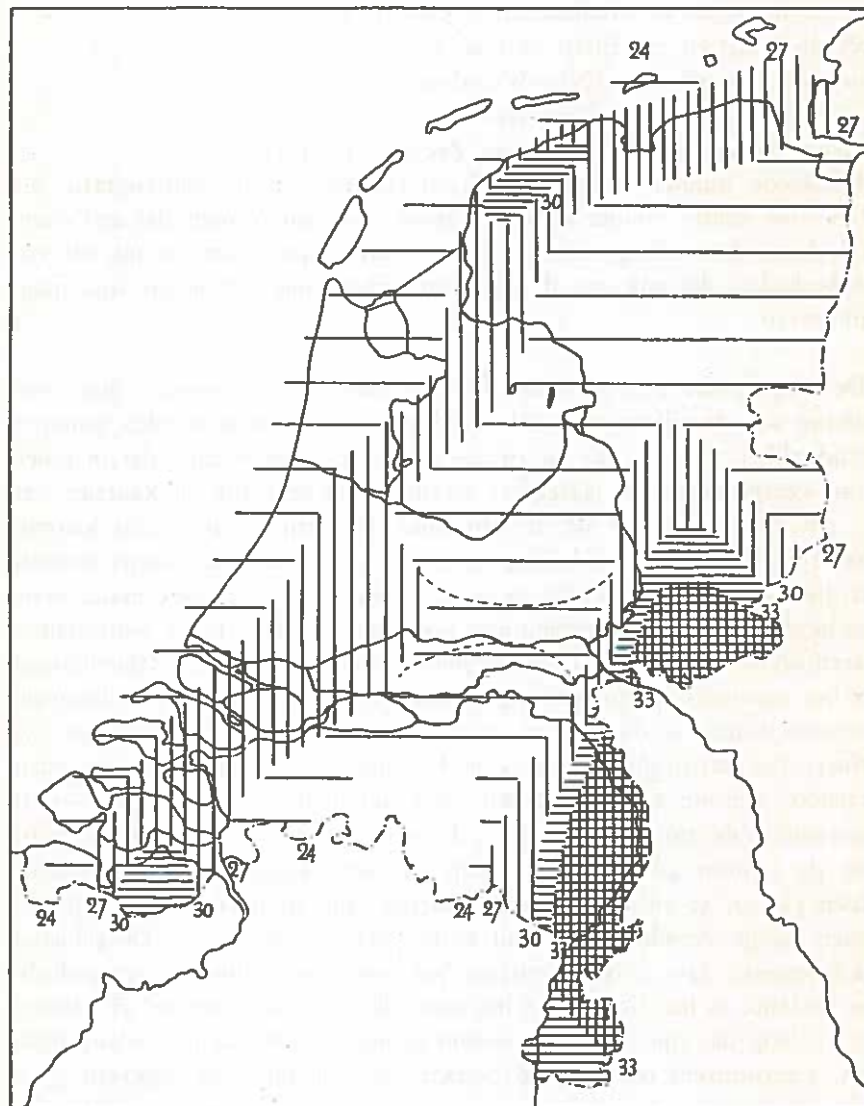
Hiermede kunnen wij gevoeglijk afstappen van de confrontatie der cijfers, niet echter zonder uiting te geven aan den wensch dat een eventuele latere bewerking, een veel grooter aantal jaren omvattend, tal van onzekerheden, die ook aan de nieuwere cijfers nog verbonden zijn, moge elimineeren.

De waarde der gegeven aantallen kan ook getoetst worden door vergelijking van de cijfers voor halve tijdvakken. Hiervoor werden genomen de tijdvakken 1907—1921 en 1922—1936. Deze cijfers zijn niet in tabelvorm weergegeven; de jaarcijfers werden verwerkt tot de kaartjes van fig. 4 B en 4 C. (Voor de afzonderlijke jaargetijden zijn geen kaartjes ontworpen. De zomerverdeeling komt in groote trekken steeds overeen met die voor het geheele jaar en er is, hoewel in iets mindere mate, eveneens bevredigende overeenstemming voor lente en herfst. De wintercijfers daarentegen vertoonen een aantal punten van verschil, die samenhangen met het eigenaardig-onregelmatige optreden van de jaren met belangrijke onweersactiviteit in dit seizoen, en met het feit dat de wintercijfers veel kleiner, dus statistisch minder zeker zijn dan die der andere jaargetijden. Daardoor zijn de winteraantallen voor het geheele tijdvak 1907—1936 ongetwijfeld de meest betrouwbare, die voor dit seizoen te verkrijgen zijn).

In de figuren 4A, 4B en 4C zijn grenzen aangegeven bij jaargemiddelden 24, 27, 30 en 33. De beide kaartjes voor de halve tijdvakken vertoonen eenige verschilpunten van ondergeschikte beteekenis. De gebieden met frequentie 24—27 onweersdagen per jaar loopten uiteen in een gedeelte van Zeeland, in het Gooi en in het oostelijk deel van Overijssel en Drente. Het verloop der lijn in laatstgenoemd gebied vormt wel het belangrijkste punt, waaromtrent onzekerheid bestaat. Aan de Duitsche gegevens (§ 7) zijn geen doorslaande argumenten voor het eene of het andere verloop te ontleenen. De quaestie moet hier dus onbeslist blijven, vooral omdat dit deel des lands steeds een te gering aantal goede onweersstations bezeten heeft.

Ook voor de omgeving van Amsterdam loopten de voorstellingen der

Fig. 4A.
Gemiddeld aantal onweersdagen per jaar 1907—1936.



Gemiddeld aantal onweersdagen per jaar voor halve tijdvakken.
 Fig. 4B. 1907—1921.

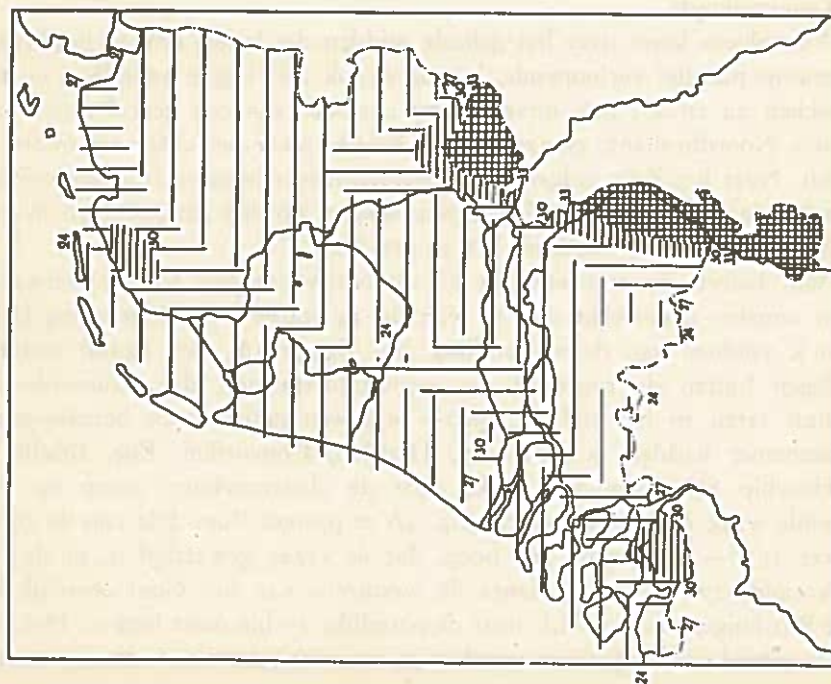
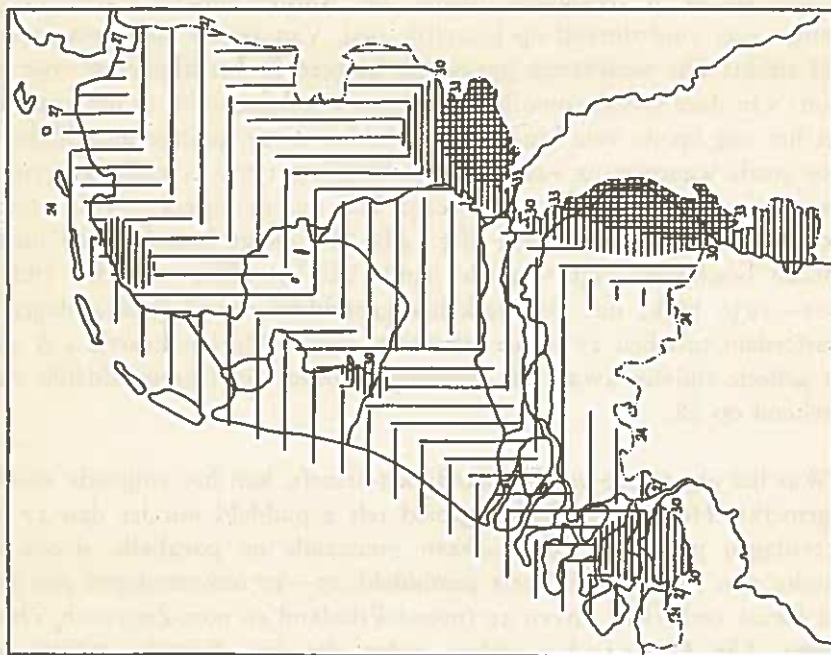


Fig. 4C. 1922—1936.



figuren 4B en 4C enigszins uiteen. De Amsterdamsche waarnemingen stonden niet voortdurend op hetzelfde peil. Van 1911—1916 was in deze stad slechts één waarnemer gevestigd, hetgeen in het algemeen voor een plaats van deze grootte onvoldoende moet worden geacht, in het bijzonder met het oog op de vele hinderende geluiden en de geringe mogelijkheden voor goede waarneming van het licht. Vóór 1911 was er zelfs geen enkele vaste vrijwillige waarnemer aanwezig. Dat dus de cijfers van dit station voor het tijdvak 1907—1921 (fig. 4 B) als ietwat beneden peil mogen worden beschouwd ligt voor de hand. Uit het cijfer voor het tijdvak 1922—1936 blijkt dat het werkelijk gemiddeld aantal onweersdagen te Amsterdam tusschen 27 en 30 behoort te liggen. Op het kaartje 4 A voor het geheele tijdvak kwam dit gelukkig in orde: het jaargemiddelde werd berekend op 28.

Wat het algemeene verloop der lijnen betreft, kan het volgende worden opgemerkt. Het geheele zeekustgebied telt gemiddeld minder dan 27 onweersdagen per jaar. Een daaraan grenzende en parallelle strook ter breedte van 25 à 45 km heeft gemiddeld 27—30 onweersdagen per jaar, met locale verheffing boven 30 (noord-Friesland en oost-Zeeuwsch-Vlaanderen). Uit Hissink's cijfers volgt dat het Friesche gebied met frequentie > 30 zich in het noorden der provincie Groningen voortzet (Westernieland).

Vervolgens komt over het geheele midden des lands, een, in hoofdzaak eveneens parallel verloopende, breede strook met lagere aantallen, en wel tusschen 24 en 27, met uitzondering evenwel van een gedeelte der provincie Noordbrabant, grenzende aan België, waar het cijfer tot onder 24 daalt. Naar het Z.O. volgen hierop gebieden met hogere frequentiecijfers, zoodat de maximale aantallen onweersdagen worden aangetroffen in oostelijk-Gelderland en Limburg (> 33 per jaar).

Wat betreft de gegevens, die bij dit onderzoek niet werden verwerkt, kan worden opgemerkt dat 14 van de 23 stations der bewerking-Hissink voldoen aan de voorstelling van figuur 4A. Een aantal stations, gelegen buiten de ressorten der standaard-stations, die gedurende een aantal jaren in het tijdvak 1907—1936 een actieven en betrouwbaren waarnemer hadden, n.l. Schoorl, Hierden, Coevorden, Ede, Brielle en Lichtschip Schouwenbank blijkt voor de „betrouwbare” jaren op voldoende wijze in het schema van fig. 4A te passen. Voor Ede zijn de cijfers (over 1910—1915) zelfs zóó hoog, dat de vraag gewettigd is, of de frequentielijn-27, die in 4A langs de westgrens van het Gooi oostelijk om De Bilt buigt, niet over Ede naar de oostelijke 27-lijn moet loopen. Het centrale gebied met frequenties tusschen 24 en 27 zou dan door een rug van iets

hoogere frequentie, tusschen zuidelijk-Utrecht en de streek tusschen Nijmegen en Doesburg loopende, in tweeën worden gesplitst. Het cijfer van Hissink voor zijn station Heelsum (26.5) benadert de waarde 27 trouwens in die mate dat ook hierin een vingerwijzing mag worden gezien voor de realiteit van dezen rug. Het station 26 (Elst) van de onderhavige bewerking, met gemiddeld 25.7 onweersdagen per jaar, pleit wel tegen deze veronderstelling, doch dit station is een der zwakste combinatiestations, zoodat de mogelijkheid niet uitgesloten is dat dit cijfer iets te laag uitviel. De bedoelde rug is in figuur 4A met stippellijnen aangegeven.

Het heeft betrekkelijk weinig zin, verklaringen te zoeken voor verschillende in deze figuur weergegeven bijzonderheden, omdat alle typen van onweders dooreen erin verwerkt zijn.

Het is te verwachten dat elk onweerstype een eigen geografische frequentieverdeeling heeft, waarvoor een physische verklaring is te geven. Figuur 4A, ontstaan door superpositie van al deze verdeelingen, kan daardoor echter niet op eenvoudige wijze worden verklaard. Dit blijkt o.a. bij vergelijking met de kaartjes voor de afzonderlijke jaargetijden (5A—5D). De zomerverdeeling (5B) komt in vele opzichten overeen met die voor het geheele jaar, doordat, zooals reeds werd opgemerkt, dit jaargetijde 50 à 60 % der onweders aanbrengt. In figuur 5B ontbreekt echter geheel de, evenwijdig aan de kust loopende, parallelle strook van hoogere frequentie, die wordt gevolgd door een meer centraal gelegen gebied van iets mindere onweersactiviteit. (Van dit laatste is slechts in Noordbrabant iets overgebleven).

De frequentie neemt in het zomerseizoen van N.W. naar Z.O. geleidelijk toe. De conclusie ligt dus voor de hand dat de parallelle strook met frequenties > 27 van fig. 4A haar ontstaan dankt aan de optelling der hoge herfst- en wintercijfers dezer streek bij de zomeraantallen. Op soortgelijke wijze moet ook het centrale gebied van lagere frequenties worden verklaard. (Zie ook § 8, tabel 16 B).

Van meer algemeene beteekenis zijn echter de hoge cijfers in het Z.O. des lands. Deze treden in alle jaargetijden in meerdere of mindere mate op, zoodat gezegd kan worden dat in dit gebied bijzondere „onweersbronnen” werken. Dit blijkt ook te gelden voor aangrenzende gebieden in het buitenland, zooals in § 7 nader wordt uiteengezet.

De aantallen onweersdagen zijn in oostelijk-Gelderland en een groot deel der provincie Limburg zelfs grooter dan ergens elders in W.-Europa.

De verklaring hiervoor moet in de eerste plaats gezocht worden in de wisselwerking tusschen koudere zeewinden en continentale warmere lucht, die in deze gebieden bij de overheerschende westelijke windrichtingen

Seizoengemiddelden 1907—1936.

Fig. 5A. Lente.



Fig. 5B. Zomer.

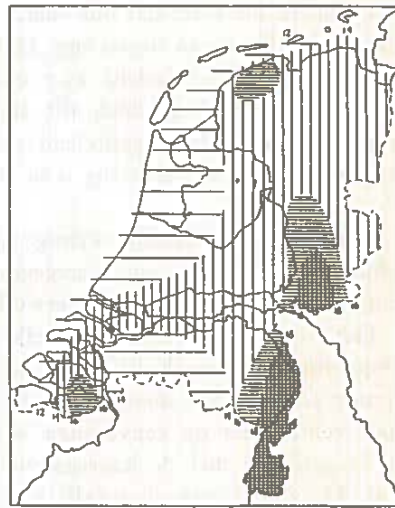
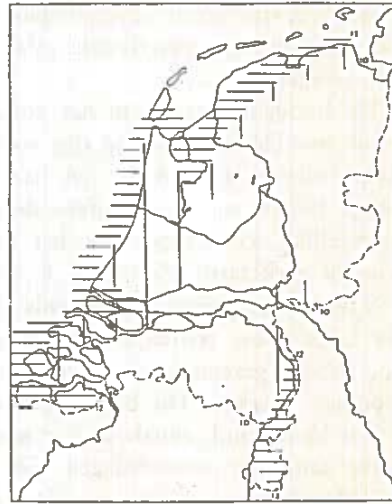


Fig. 5C. Herfst.



Fig. 5D. Winter.



gewoonlijk plaats vindt. Dat in Frankrijk en Z.-België het verschijnsel indien al, dan toch in veel mindere mate, optreedt, moet verklaard worden uit het feit dat in den zomer de depressiebanen gemiddeld ons land op veel korteren afstand passeeren, terwijl ook in Frankrijk bij Z.- en Z.W.-winden het opvangen van vochtigheid door de Pyreneeën een rol speelt. Dergelijke invloeden kunnen trouwens ook door minder hoge gebergten uitgeoefend worden.

De mogelijkheid bestaat dat de onweersactiviteit in Z.O.-Nederland mede onder den invloed staat van de grondsoort en van de aanwezigheid van den benedenloop van eenige groote rivieren. Vervolgens is het van beteekenis dat van dit gebied naar het O. de terreinverheffingen van dien aard zijn dat continentale O.- en Z.O.-winden, ongehinderd kunnen toestroomen. Dat in midden-Duitschland, op gelijken afstand van de kust en op dezelfde hoogte, dergelijke gebieden met hooge onweersfrequenties niet aangetroffen worden, kan o.m. verklaard worden uit het verloop der Duitse kust — in hoofdzaak een noordkust — terwijl ook in de Duitse laagvlakte de westenwinden overheerschen.

Behalve de kaartjes voor de jaargetijden (5 A—5 D) zijn ook voor de afzonderlijke maanden figuren ontworpen, n.l. 6 A—6 M. De frequentiecijfers zijn weer bij de grenzen vermeld. Uiteraard neemt ook hier de betrouwbaarheid af met het dalen der cijfers. Daardoor is niet slechts de waarde der maandkaartjes kleiner dan die der betreffende seizoenen, doch is ook de betrouwbaarheid der voorstellingen voor de wintermaanden belangrijk geringer dan van die der warmere maanden. Dit bleek ook uit de cijfers voor halve tijdvakken: met uitzondering van den winter was er voldoende overeenstemming met het beeld der figuren 5.

Wat de jaargetijden betreft, vinden de belangrijkste veranderingen in de onweersconstellatie plaats bij de overgangen winter—lente en zomer—herfst. In lente en zomer, vooral in het laatste seizoen, domineeren warmte- en frontonweders. De laatste bestrijken meermalen op een enkelen dag groote deelen des lands en bewegen zich gemiddeld Z.W. → N.O., in vele, soms in alle standaard-stations onweer opleverend. Daardoor is de invloed der frontonweders op de verschillen der stations, dus op het verloop der frequentielijnen, betrekkelijk van geringe beteekenis. Warmteonweders treden in alle warmere maanden veelvuldig op. De maand Juli bezit hiervan gewoonlijk het hoogste percentage. Fig. 6 G toont aan dat deze onweders in het Z.O. des lands het veelvuldigst, in het westen het minst optreden, waarin zich zeker invloeden van de nabijheid der zee en van wateroppervlakken weerspiegelen. Het gebied van geringe frequenties strekt zich in deze fig. zelfs tot in de oostelijke Betuwe uit.

Maandgemiddelden 1907—1936.

Fig. 6A. Januari.

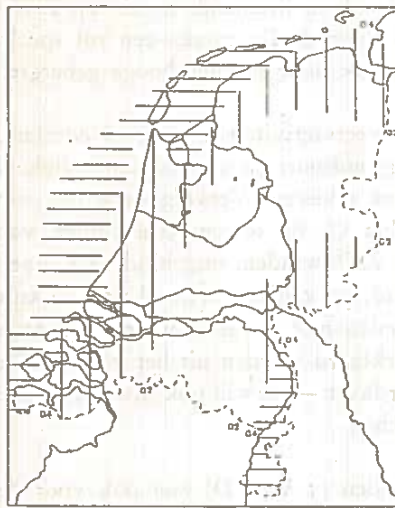


Fig. 6B. Februari.

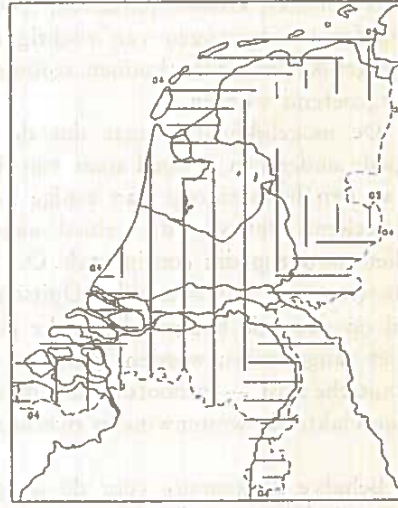


Fig. 6C. Maart.



Fig. 6D. April.



Fig. 6E. Mei.



Fig. 6F. Juni.



Fig. 6G. Juli.



Fig. 6H. Augustus.



Fig. 6I. September.



Fig. 6K. October.



Fig. 6L. November.

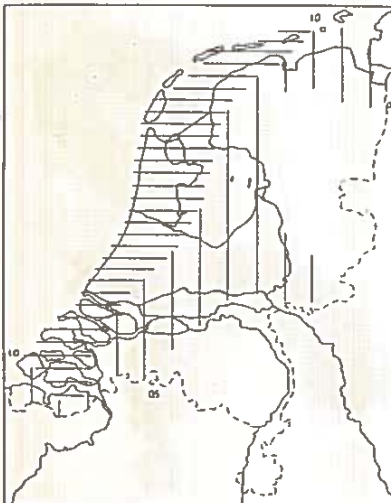
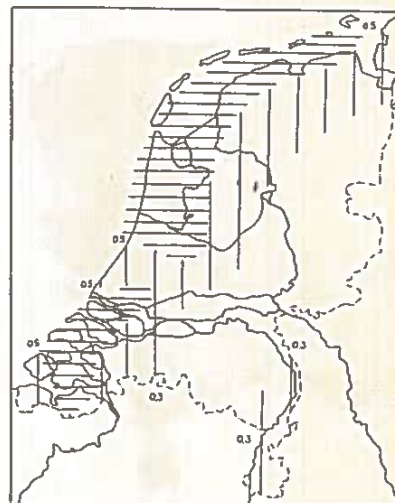


Fig. 6M. December.



Het droge en zandige zuiden van Noordbrabant, aansluitend aan de Belgische Kempen, heeft gedurende een groot deel van het jaar opvallend weinig onweders, t.w. in Mei, en in de maanden Juli t.m. Januari. Vanaf November sluit dit gebied zich in deze aan bij andere streken des lands, echter staat het in Mei, Augustus, September en October met zijn lage cijfers min of meer op zichzelf. Bij onderzoek bleek dat het Belgische station Leuven zich overeenkomstig gedraagt. (Zie tabel 15). Vermoedelijk mag deze bijzonderheid worden toegeschreven aan bodem-invloeden (grondsoort, watergehalte, afstand tot groote rivieren). Aan het einde dezer § wordt over den invloed der grondsoort nader gesproken.

Figuur 5 D doet zien dat de wintersche stormonweders in hoofdzaak kust-verschijnselen zijn. Ook in den herfst doen deze buien zich gelden (5 C).

De reeds besproken hooge cijfers voor Limburg en oostelijk-Gelderland beginnen zich in April reeds af te teekenen (6 D), terwijl nog in September sporen ervan aanwezig zijn, en ook in den winter opvallend hooge cijfers zijn genoteerd (6 A, B, M).

Vergelijking der seizoenkaartjes met die der bijbehorende maanden doet zien dat de voorstelling voor de jaargetijden ook slechts in summa geldt, en dat de afzonderlijke maanden van één seizoen meermalen sterk uiteenloopen in de frequentie-verdeeling. Het is echter wel de vraag of dit laatste ook het geval zou zijn geweest, wanneer het bewerkte tijdvak b.v. 3 maal zoo groot geweest was.

Terwijl bij den overgang van Mei op Juni alle cijfers nog toenemen, daalt van Juni op Juli de onweersfrequentie in het Z.W. des lands, terwijl ze dan in het N.O. nog in belangrijke mate stijgt. In Augustus zijn de cijfers voor het N.O., hoewel sinds Juli dalende, nog steeds hooger dan in het Z.W. De laatste zijn dan echter weer toegenomen. In September begint zich reeds de herfst- en winterfiguratie af te teekenen: relatief hooge frequenties in de kuststreken.

Wat de koudere maanden betreft, is het November-beeld wel het meest eenvoudige (6 L), omdat de hoogere aantallen voor het Z.O. des lands in deze maand nog niet aanwezig zijn.

Door Bleeker werd, eenige jaren geleden, een onderzoek ingesteld naar de verdeeling der blikseminslagen over Nederland ⁴³⁾. Het door hem gegeven kaartje doet zien, dat op een aantal punten enig verband tusschen het aantal blikseminslagen en de onweersfrequentie bestaat, zooals verwacht mag worden, omdat het aantal trefgevallen in groote trekken wel moet toenemen met het aantal onweders. Dit blijkt bij vergelijking van dit kaartje met fig. 4 A: hooge cijfers in den Gelderschen Achterhoek en

oostelijk-Zeeuwsch-Vlaanderen, lage voor het zuiden van Noordbrabant. Anderzijds valt het echter op dat er ook typische verschilpunten zijn aan te wijzen. Zoo heeft b.v. het centrum van Zuidholland een minimaal aantal trefgevallen en is het aantal inslagen in de omgeving van Baexem eveneens gering, terwijl het in de provincie Noordholland van Z. naar N. toeneemt. Een eigenaardig minimum in het cijfer der trefgevallen bleek zich rondom den Dollard voor te doen. Een en ander doet voldoende uitkomen dat van evenredigheid van trefgevallen en onweders in het algemeen zeker geen sprake is, en dat de inslagen dus, althans ten deele, van andere factoren afhangen dan de onweders zelf, zooals op blz. 57 nader wordt besproken.

Het is van belang, na te gaan of deze resultaten van het statistisch onweersonderzoek punten van overeenkomst vertoonen met de gegevens van statistische bewerkingen van andere meteorologische grootheden.

Wat betreft de luchttemperaturen is hiertoe gebruik gemaakt van publicaties van Hartman⁴¹⁾ en van Braak⁴⁵⁾.

Daar warmte-, zoowel als frontonweders in hoofdzaak op of na warme dagen optreden, en deze typen op het totaal der onweders samen de groote meerderheid uitmaken, is eenige overeenkomst in de geografische verdeling van het temperatuurgemiddelde en het aantal onweersdagen niet onwaarschijnlijk. In groote trekken blijkt dit verband dan ook wel aanwijsbaar te zijn, wanneer de figuren 5 A—5 D worden vergeleken met de seizoengemiddelden der luchttemperaturen (tabel 3 van Hartman).

Zoo heeft in den winter Z.-Limburg een temperatuurgemiddelde dat betrekkelijk hoog is, en overeenkomt met dat aan de kust; in de lente en den zomer heeft het binnenland de hoogste temperaturen, in den herfst het westen des lands.

Voor de afzonderlijke maanden is er minder overeenkomst. Dit betreft vooral Maart en April.

Het aangegeven verband-in-groote-trekken beteekent intusschen niet dat er veel gelijkenis is te constateeren tusschen de kaartjes die de onweersverdeling, en de kaartjes die de verdeling der temperaturen weergeven, zooals blijkt bij vergelijking van de figuren 6 A en 6 G (Januari en Juli) met de door Braak gegeven temperatuurkaartjes voor die maanden. Vooral voor Januari is het onderscheid opvallend.

Het is trouwens niet te verwachten dat de verdeling der onweders en die der temperatuurgemiddelden tot in onderdeelen zullen overeenkomen (wel tot zekere hoogte met de verdeling der gemiddelde temperatuurmaxima). Hooge luchttemperaturen veroorzaken toch op zichzelf geen onweders. Minstens is voor deze laatste noodzakelijk een wisselwerking van luchtlagen van verschillende temperaturen, terwijl bovendien de voch-

tigheidstoestanden aan bepaalde voorwaarden moeten voldoen. Dit alles in rekening nemend, kan de overeenkomst die gevonden werd zeker opvallend genoemd worden.

Een vergelijking van de onweersverdeeling met de mede door B r a a k gepubliceerde verdeeling van de uren met zonneschijn in de zomermaanden⁴⁰⁾, levert negatief resultaat op.

Wat den neerslag betreft, zijn allereerst de figuren 5 A—5 D en 6 A—6 M vergeleken met de door B r a a k in zijn desbetreffende verhandeling gegeven kaartjes voor de maanden en jaargetijden (42, pl. I—V). Dat volledige overeenkomst niet zou zijn te constateeren was te verwachten. De meeste regenbuien toch gaan door allerlei omstandigheden niet met onweders gepaard. In het bijzonder geldt dit voor de gelijkmatige regens. Daarenboven geven tal van onweersbuien, waaronder zeer zware, den sterksten regenval niet steeds op de plaatsen, waar het onweder het hevigst woedt, doch meermalen op tientallen km daarvan verwijderd. Een interessant voorbeeld hiervan geeft V a n E v e r d i n g e n in zijn beschrijving van de bui van 3 op 4 September 1929¹³⁾.

Van de jaargetijden vertoont de herfst echter duidelijk overeenkomst in de geografische verdeeling van onweersfrequenties en regenval. In den winter komt dit verband het minst uit, terwijl in de lente en den zomer gedeeltelijke overeenstemming is te constateeren. Wat de afzonderlijke maanden betreft, treedt verband het meest naar voren in April, Juli (Augustus), September, October en November. De jaargemiddelden vertoonen de beste gelijkenis in het westen des lands. Dit komt nog sterker uit in het door B r a a k gegeven kaartje voor de verdeeling der zwaardere regens (dagsommen van minstens 20 mm; fig. 3), dat voor het westen goed overeenkomt met fig. 4 A, hetgeen in verband staat met het feit dat de onweersregens gewoonlijk zwaarder zijn dan de regenbuien zonder onweersverschijnselen. Behalve in het westen komen ook in een deel van Drente, in den Gelderschen Achterhoek en in Zuid-Limburg betrekkelijk veel zware regens voor, die ten deele uit de onweersverdeeling kunnen worden verklaard. (Er is overigens van jaar tot jaar een zekere mate van evenredigheid op te merken tusschen de totale hoeveelheden neerslag en die der zware buien, zooals blijkt uit fig. 4 van B r a a k).

Frappant is de overeenkomst van B r a a k's figuur 6 (maanden met den grootsten neerslag) en de figuren 6 der onweersverdeeling, zooals blijkt uit het feit dat het midden westen in October, het noorden in Augustus en het zuidoosten in Juli den meesten neerslag heeft.

Tabel 9.

Rangschikking der stations naar { opklimmende lente- en zomercijfers (Percentagecijfers van het jaargemiddelde per station).
 { dalende herfst- en wintercijfers

STATIONS		Jaauari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December	Lente	Zomer	Herfst	Winter
I	10. Wijk-aan-Zee	0.9	1.1	2.1	4.8	12.2	15.2	17.4	17.4	12.2	9.4	5.4	2.0	19.1	49.9	27.0	4.2
	1. Den Helder	1.8	1.0	2.3	5.1	13.9	14.6	15.4	17.2	12.7	8.0	6.1	1.9	21.4	47.2	26.7	4.5
	8. Hauwert	1.5	1.9	2.6	5.1	12.4	18.5	15.2	17.1	12.0	6.6	5.1	1.9	20.1	50.9	23.8	5.1
	9. Amsterdam	1.0	1.2	2.3	5.4	12.1	16.2	16.4	17.5	13.2	8.5	4.5	1.8	19.8	50.1	26.2	3.8
	3. Hallum	1.7	1.4	2.3	5.3	12.8	14.9	18.4	17.8	11.2	7.7	4.5	2.0	20.4	51.1	23.5	4.9
	16. Renesse	1.0	1.7	2.2	5.7	14.5	15.4	17.0	17.0	12.3	7.0	4.4	1.8	22.5	49.3	23.7	4.4
	17. Vlissingen	1.9	1.7	2.5	5.4	14.5	17.6	15.0	17.9	10.7	7.4	3.6	1.8	22.3	50.6	21.8	5.2
	13. Leiden	0.9	0.9	2.1	5.2	11.9	17.0	17.3	18.5	12.0	7.4	5.1	1.6	19.3	52.7	24.5	4.0
	15. Rotterdam	1.6	1.7	2.6	5.5	13.7	17.2	16.5	17.5	10.9	6.6	3.6	2.5	21.9	51.2	21.1	5.9
	14. s-Gravenhage	1.2	1.1	2.6	6.0	12.1	18.0	16.3	18.1	11.8	7.7	3.9	1.2	20.7	52.4	23.4	3.5
	11. Bussum	0.8	1.2	2.0	4.7	15.2	18.2	18.7	17.8	10.1	6.0	3.7	1.8	21.8	54.6	19.7	4.1
	19. Goes-Kapelle	0.7	0.6	2.6	6.4	14.8	17.2	16.2	17.6	10.8	7.4	3.8	1.8	23.8	51.0	22.0	3.3
II	5. Westernieland	1.2	1.3	2.6	6.8	14.9	16.0	19.7	18.0	10.4	5.4	2.0	1.7	24.3	53.8	17.8	4.2
	18. Ossensisse	0.7	1.1	2.9	6.7	14.4	18.3	17.7	19.0	9.3	5.2	3.1	1.7	24.1	54.9	17.5	3.7
	2. Sloten	1.0	1.1	2.6	5.9	14.5	18.7	19.2	17.7	9.9	5.6	2.7	1.2	23.1	55.5	18.2	3.2
	20. Heiningen	0.9	1.5	3.8	6.5	15.3	18.5	16.5	16.5	10.0	6.4	3.1	1.0	25.5	51.5	19.5	3.5
	6. Zuidlaren	1.0	0.8	2.3	6.0	14.6	16.8	22.0	19.8	9.1	4.2	1.8	1.7	22.9	58.5	15.1	3.6
	12. De Blit	0.5	1.2	2.5	6.6	16.2	19.5	18.4	18.1	8.5	4.9	2.5	1.2	25.3	55.9	15.9	3.3
	30. Baexem	1.5	1.5	3.0	6.0	16.8	19.0	20.7	17.9	7.9	3.9	0.9	1.0	24.4	57.6	14.1	4.0
III	31. Valkenburg	1.8	1.2	3.0	7.2	15.0	19.3	20.0	16.9	9.4	4.3	0.9	0.9	25.3	56.1	14.7	3.7
	24. Terwolde	0.8	1.0	2.4	7.2	15.2	19.0	20.6	17.4	9.0	4.6	2.0	0.9	24.7	57.0	15.5	3.0
	25. Hummelo	0.8	1.4	2.1	6.4	16.3	17.4	19.6	19.9	9.0	4.8	1.8	0.6	24.9	56.9	15.5	2.9
	26. Elst (G.)	0.9	1.7	2.5	4.9	18.0	20.4	19.3	17.4	8.4	4.0	1.7	0.8	25.4	57.0	14.1	3.8
	4. Drachten	0.8	0.4	2.9	7.1	15.3	17.4	21.1	18.3	10.1	3.9	1.6	1.0	25.3	56.9	15.7	2.1
	21. Almkerk	0.9	0.9	3.8	6.0	17.5	19.5	18.5	17.1	8.8	4.0	2.3	0.8	27.3	55.0	15.1	2.6
	29. Helmond	0.5	1.4	2.8	6.0	16.0	20.8	19.8	17.9	9.8	2.9	1.6	0.5	24.5	58.5	14.4	2.6
	22. Borne	0.7	1.5	2.0	6.8	16.9	18.2	21.5	17.5	9.2	3.6	1.6	0.4	25.7	57.2	14.4	2.7
IV	23. Dalmsholte	0.5	0.7	2.1	5.7	16.2	19.1	22.7	19.9	7.7	3.8	0.6	0.9	24.1	61.6	12.2	2.1
	7. Nieuw-Weerdinge	0.4	0.3	2.7	7.3	16.0	18.3	20.7	18.8	9.8	4.0	1.2	0.6	26.0	57.8	14.9	1.2
	27. Nistelrode	0.4	1.1	3.2	4.8	17.6	21.1	19.1	18.9	7.8	3.7	1.5	0.9	25.5	59.1	12.8	2.8
	28. Oirschot	0.4	1.5	3.9	7.4	16.7	21.6	19.2	17.2	7.4	2.5	1.5	0.7	28.1	58.0	11.3	2.6

In veel mindere mate dan met den regenval bleek de onweersverdeling verband te houden met de aantallen regendagen ⁴⁷⁾.

In de figuren 4 A en 5 A—5 D komt de invloed van den afstand tot de zee op de onweersfrequentie duidelijk uit. Hissink vond toenemende kans op zomeronweders en een afnemend aantal winterbuien bij aangroeienden afstand tot de zee. Zijn 23 stations rangschikte hij volgens dezen afstand, waarbij de genoemde regelmatigheden niet van station tot station bleken te gelden, doch wel duidelijk uitkwamen bij het ordenen der stations in een aantal groepen. Daarbij bleek dat in het algemeen de lente- en zomeronweders in denzelfden zin varieerden, en ook de herfst- en winterbuien. Het zee-afstand-effect was in den herfst, absoluut zoowel als relatief, het sterkst. Tabel 9 is niet verkregen door de stations te rangschikken naar toenemenden zee-afstand, maar is gebaseerd op de genoemde regelmatigheden van Hissink. Aan elk der 31 stations werd n.l. viermaal een rangnummer toegekend, ontleend aan den gang der percentagecijfers voor de seizoenen, weergegeven in tabel 8, en wel: 1e. en 2e. volgens toenemend percentage lente- en zomeronweders, en 3e. en 4e. naar afdalend percentage herfst- en winterbuien. Door optelling der vier rangnummers voor elk station ontstonden getallen, die, in stijgende lijn gerangschikt, de stationsvolgorde van tabel 9 bepalen. Deze methode heeft het voordeel dat de stations, die uitzonderingen op den regel vormen, duidelijk uitkomen.

In deze tabel is inderdaad de invloed van den zee-afstand op opvallende wijze aanwezig. De stations Wijk-aan-Zee t.m. 's-Gravenhage zijn, Amsterdam en Rotterdam uitgezonderd, uitgesproken kuststations, terwijl deze groote steden voldoende dicht bij de kust en bij de groote wateren liggen om hun plaats in deze groep verklaarbaar te doen zijn.

De groep Bussum t.m. Heiningen, bevat stations, die iets meer landinwaarts gelegen zijn, met uitzondering van Westernieland. Deze exceptie is echter op ongedwongen wijze te verklaren uit de correcties, die dit station voor een tamelijk groot aantal jaren moest ondergaan, waarvoor gebruik moest worden gemaakt van gegevens voor plaatsen uit de provincie Groningen, verder van de kust gelegen, terwijl overigens in Westernieland de zee geringeren invloed op de onweersactiviteit heeft, waarop reeds gewezen werd (blz. 31, 33).

Voor de Zeeuwsche stations Goes en Ossensisse blijkt eventueele invloed der groote Zeeuwsche stroomen niet equivalent te zijn aan den invloed der zee.

De derde groep stations (Zuidlaren t.m. Almkerk) bevat 9 stations, nog meer in het binnenland gelegen, waaronder echter de beide Limburgsche

stations „uit den toon vallen”, daar deze in de vierde groep, die der meest landinwaarts gelegen stations, verwacht mochten worden. Min of meer geldt dit eveneens voor Hummelo, wanneer we dit station vergelijken met Dalmsholte en Borne, die in de laatste groep een plaats vinden. De overgang tusschen beide laatste groepen is echter tamelijk vaag, zooals uit de cijfers blijkt. Niettemin is het opvallend dat de percentages winteronweders voor Baexem en Valkenburg een peil bereiken dat in de eerste en tweede groep behoort. Een en ander — ook de afwijking voor Hummelo — kwam ook in figuur 5 D reeds naar voren, en hangt samen met de op blz. 45 en 47 besproken bijzondere oorzaken voor onweersontwikkeling in deze gebieden gedurende het geheele jaar. Ook H i s s i n k 's cijfers vertoonen dit verschijnsel, dat eveneens bij eenige aangrenzende buitenlandse stations tot uiting komt. Deze laatste, die in § 7 nader besproken worden, bieden zelfs de mogelijkheid, om het verschijnsel dezer betrekkelijke sterke winter-onweersactiviteit te localiseeren tot een beperkt gebied met de Nederlandsche provincie Limburg als kern. Uit tabel 15 blijkt n.l. dat Luik, Aken en Elmpt (bij Roermond) zich in deze goed bij Baexem en Valkenburg aansluiten, Wachtendonk (bij Venlo) echter in mindere mate, terwijl het iets oostelijker gelegen station Euskirchen veel minder winteronweders heeft.

Een onderzoek naar den stand dezer zaken bij een aantal Eifel-stations deed zien dat deze zich, in hoofdzaak, bij Euskirchen aansluiten. De groote productiviteit aan winteronweders blijft dus tot een klein gebied in en om Limburg beperkt.

Wat Hummelo betreft, blijkt bij vergelijking met eenige nabijgelegen Deutsche stations, dat deze laatste zich beter aansluiten bij Dalmsholte en Borne. Hummelo is trouwens een combinatie-station, en de belangrijkste onderstations ervan, Zutphen en Warnsveld, liggen aan of nabij den IJssel, zoodat de geografische omstandigheden overeenkomst vertoonen met die van het station Terwolde (derde groep). De overeenkomst tusschen de percentagecijfers der jaargetijden voor Hummelo en Terwolde is dan ook frappant, en de hoofdoorzaak voor de plaats van Hummelo in de derde groep moet daarom wel in de bijdragen der onderstations Zutphen en Warnsveld gezocht worden.

Tabel 10 biedt de gemiddelde percentagecijfers der vier stationsgroepen voor de jaargetijden. Het beschreven verloop komt hierin duidelijk uit.

Invloed van den bodem op de onweersfrequentie zou, voor wat de grondsoort betreft, te constateeren zijn door de stations voor elke der vier groepen van tabel 9 afzonderlijk in te deelen naar den aard van den bodem, en daarna te vergelijken. De invloed van den zee-afstand, die

Tabel 10.
Gemiddeld aantal Onweersdagen voor de 4 groepen van Tabel 9.
(in procenten van het jaargemiddelde)

Groepen	Lente	Zomer	Herfst	Winter
1. Wijk-aan-Zee—'s-Gravenhage	20.7	50.5	24.2	4.5
2. Bussum—Heiningen	23.8	53.5	19.1	3.7
3. Zuidlaren—Almkerk	25.1	56.8	15.1	3.2
4. Helmond—Oirschot	25.7	58.7	13.3	2.3

steeds domineert, is op deze wijze goeddeels geëlimineerd. Zulk een bewerking leidt echter tot geenerlei positief resultaat.

De meeste standaard-stations zijn trouwens van dien aard, dat een mengsel van grondsoorten in hun rayon voorkomt. Bij een vrijwel geheel in cultuur gebrachten bodem is voor de meeste plaatsen niet eenvoudig aan te geven met welke grondsoort men te doen heeft, waarbij tevens de vraag aan de orde komt welke beteekenis in deze aan diepere lagen moet worden toegekend. Wellicht wordt in de toekomst de luchtfoto, die ook omtrent de structuur van den ondergrond allerlei kan leeren, een middel om op dit punt vorderingen te maken.

Bleeker wijst in zijn beschouwing over de verdeeling der blikseminslagen⁴³⁾ op de mogelijkheid dat de grondsoort hierbij inderdaad van invloed is, en dat de karakteristieke verschillen, die hij vond tusschen de zeeklei (Zeeland, noordelijk-Groningen en -Friesland), het zand (zuidelijk-N.-Brabant) en het laagveen (Zuidholland) met de electricische eigenschappen, i.c. de geleidbaarheid dezer grondsoorten samenhangen, waarbij klei een minder goeden, vochtig zand een beteren, en laagveen den besten geleider voor de electriciteit vormt. In dit laatste geval functioneeren uiteraard de vele natuurlijke bliksemafleiders ook het beste en is dus de kans op schadelijken inslag het kleinst⁴⁴⁾.

Dit moge intusschen voor blikseminslag gelden, voor de vorming en ontwikkeling, dus voor de veelvuldigheid van onweersbuien op zichzelf is de grondsoort niet doorslaggevend.

Haar invloed treedt, zooals Hissink opmerkte, op den achtergrond tegenover het effect van den afstand van de zee (31, pag. 167).

Dit neemt niet weg dat figuur 4 A wel eenige aanwijzingen bevat.

In de eerste plaats bestrijkt het centrale gebied met minder dan 27 onweersdagen per jaar hoofdzakelijk zandgronden, hetgeen in nog sterkere mate uitkomt, wanneer de op blz. 44 en 45 beschreven rug-van-hoogere-frequenties langs Rijn en Lek reëel is.

Vervolgens hebben in de strook met frequentie > 27 , die langs de west- en noordkust des lands loopt, de kleigebieden de hoogste cijfers, n.l. noordelijk-Groningen en -Friesland, het rayon Rotterdam en oostelijk-Zeeuwsch-Vlaanderen.

In het oosten des lands zijn overeenkomstige verschijnselen echter niet te vinden.

Invloeden van uitgebreide stedelijke bebouwingen op de onweersfrequentie zijn niet te constateeren. Tegenover de jaren, waarin op het platteland nabij een stad meer onweders werden waargenomen, staan tal van andere waarin het aantal onweders in de stad domineerde boven dat in de omgeving, terwijl bovendien het waarnemen in de steden met tal van bezwaren verbonden is, zoodat de indruk gewekt wordt dat het onweerscijfer voor steden, zool niet hooger, dan toch zeker gelijk aan dat ten plattelande is.

§ 6. HET ONWEERSFREQUENTIE-VERLOOP IN DECADEN, PENTADEN EN VAN DAG TOT DAG.

Het is van beteekenis, naast het verloop der onweersfrequentie voor het geheele land per maand, zooals dit in de meest rechtsche kolommen van tabel 1 is weergegeven, ook den gang na te gaan voor kleinere tijdruimten: decaden en pentaden.

De tabellen 11 en 12 bieden hiervan een beeld voor de warmere maanden, na egalisatie volgens de formule $(a + 2b + c): 4$.

Een contrôle-onderzoek met behulp van halve tijdvakken (15 jaren) bracht n.l. aan het licht dat de cijfers voor de andere maanden minder betrouwbaar zijn. Tabel 11 doet zien dat het maximum optreedt in de derde decade van Juli. De cijfers stijgen vóórdien min of meer geleidelijk, om daarna eveneens continu te dalen. De beteekenis van het constant-blijven der aantallen gedurende de beide laatste decaden van Juni en de eerste van Juli blijkt uit het pentadeverloop in tabel 12. Dit verloop is golvend, en bevat, behalve het hoofdmaximum in de laatste Juli-pentade, secundaire maxima, resp. in de 3e pentade van Mei, de 4e van Juni en de 4e van September. Een belangrijk nevenminimum treedt daardoor op in de laatste pentade van Juni en de eerste van Juli. De beide maxima, die dit minimum insluiten, vormen het z.g. dubbele zomermaximum, dat, althans in Europa, overal wordt aangetroffen.

Dit nu verklaart het constant-blijven der decadecijfers gedurende een volle maand, in dezen tijd des jaars.

Het Juni-maximum van tabel 12 is in tabel 11 door de toegepaste egalisatie uitgevallen: zonder deze is het duidelijk aanwezig.

Tabel 11.
Onweersfrequentie in Nederland. 1907—1936, per decade.
Voor de maanden Mei t.m. September (geëgaliseerd).

Maand	Decade	Onw.d.
Mei	1—10	130
	11—20	136
	21—30	138
Juni	31— 9	143
	10—19	148
	20—29	148
Juli	30— 9	148
	10—19	155
	20—29	163
Augustus	30— 8	161
	9—18	150
	19—28	137
September	29— 7	123
	8—17	109
	18—27	98

Tabel 12.
Onweersfrequentie in Nederland. 1907—1936, per pentade.
Voor de maanden Mei t.m. September (geëgaliseerd).

Maand	Pentade	Onw.d.	Maand	Pentade	Onw.d.
Mei	1— 5	68	Juli	15—19	79
	6—10	68		20—24	84
	10—15	69		25—29	86
	16—20	68	Augustus	30— 3	84
	21—25	67		4— 8	79
	26—30	70		9—13	76
Juni	31— 4	71	September	14—18	75
	5— 9	72		19—23	71
	10—14	75		24—28	68
	15—19	76		29— 2	62
	20—24	75		3— 7	59
	25—29	71		8—12	51
Juli	30— 4	71		13—17	56
	5— 9	73		18—22	55
	10—14	74		23—27	49

Von Bezold heeft op het dubbele zomermaximum het eerst de aandacht gevestigd, in een beschouwing over de onweersfrequentie in Beieren ⁴⁰⁾. Het bleek hem dat voor Duitschland, Zwitserland en Oostenrijk dit verschijnsel zich duidelijk in de decadecijfers afteekent, voor Rusland was hiertoe echter een bewerking in pentaden noodig. Met het toenemen der geografische breedte bleek deze periode der bewerking, noodig voor het constateeren van het dubbele maximum, kleiner te moeten zijn. Zoo kon voor tropische gebieden met de maandcijfers ruimschoots volstaan worden, terwijl H a m b e r g later bij de bewerking der Zweedsche onweersgegevens gebruik maakte van den gang van dag tot dag, om het verschijnsel op te sporen ⁴¹⁾.

Bij beschouwing van tabel 7 blijkt een dubbel maximum voor de stations 8, 14, 15, 17, 18 en 19, t.w. Hauwert, 's-Gravenhage, Rotterdam, Vlissingen, Ossensisse en Goes zich reeds in de maandcijfers voor te doen, en wel met nevenminimum in de maand Juli. Al deze stations liggen in het westen des lands, staan dus sterk onder invloed der zee, en daarom is de mogelijkheid niet uitgesloten dat hier andere factoren een rol spelen, b.v. dat onweders van onderscheiden type in verschillende maanden een maximum-frequentie vertoonen, hetgeen in midden-Europa zeker niet in die mate het geval kan zijn. (Zie ook § 8, tabel 16 B).

Het feit, dat het tijdstip van het secundaire zomerminimum van jaar tot jaar aan lichte schommelingen onderhevig is, kan echter gemakkelijk vervaging van het verschijnsel, zelfs geheele verdwijning ervan, veroorzaken bij de berekening van gemiddelde frequenties over een niet te kort tijdvak.

Vervolgens verdient het uiteraard de voorkeur, ook voor een klein land als het onze, de realiteit van dergelijke verschijnselen niet te bestudeeren aan de hand der cijfers voor het geheele land, zooals in de tabellen 11 en 12 zijn weergegeven, omdat de gang der onweersactiviteit b.v. voor de westelijke kuststations reeds geheel anders blijkt te zijn, althans in de zomermaanden, dan voor meer in het binnenland gelegen gebieden, zoodat het beteekenis heeft na te gaan welken invloed de geografische ligging der stations op een en ander heeft.

Daartoe is in tabel 13 de onweersfrequentie voor de zomermaanden, voor een vijftal betrouwbare en representatieve stations per decade weergegeven, waaruit blijkt dat met het toenemen van den afstand tot de zee de beide maxima elkaar naderen, en wel hoofdzakelijk door vervroeging van het hoofdmaximum. (Bij de Zuidhollandsche en Zeeuwsche kuststations treedt dit maximum gewoonlijk in de 2e, soms zelfs in de 3e pentade van Augustus op).

Tabel 13.
Onweersfrequentie voor 5 standaard-stations per decade,
voor het tijdvak 1907—1936, geëgaliseerd.

MAAND	Decade	Den Helder	Ossentse	Dalmsholte	Helmond	Baexem
Mei	11—20	34	44	42	45	57
	21—30	37	53	47	53	62
Juni	31— 9	35	59	49	61	67
	10—19	33	59	53	62	65
	20—29	31	55	52	55	60
Juli	30— 9	32	54	50	54	63
	10—19	34	56	58	57	68
	20—29	37	56	65	53	67
Augustus	30— 8	39	57	61	48	62
	9—18	39	58	53	47	60

Het tijdstip van het minimum verschuift niet meer dan één decade. Bij 20 van de 31 stations valt het in de eerste decade van Juli, bij de overige in de laatste van Juni.

In de meeste Europeesche landen blijkt dit minimum in de tweede helft van Juni op te treden (1, pag. 690), het voorafgaande maximum in de eerste helft dezer maand, veelal ongeveer in de derde pentade. Het tweede maximum, gewoonlijk tevens het hoofdmaximum, varieert veel sterker in het tijdstip van optreden, en wel van medio-Juli tot medio-Augustus.

Om in deze tot betrouwbare en waardevolle conclusies te geraken is het noodig een tijdvak van voldoende lengte te bewerken, in het bijzonder bij het onderzoek der afzonderlijke stations, waarvoor anders de waarde der decade- en pentadecijfers hoogst twijfelachtig wordt.

Resumeerende mag geconcludeerd worden, dat het dubbele zomermaximum van Von Bezold ook ten onzent een reëel verschijnsel vormt, en dat er bevredigende overeenstemming is tusschen de tijdstippen waarop de betreffende extremen in den gang der onweersactiviteit optreden, hier en elders in west- en midden-Europa.

Het jaarverloop der onweersfrequentie per dag is in tabel 14 weergegeven. Hiertoe werden de cijfers voor het aantal malen dat elke datum in het tijdvak 1907—1936 onweersdag is geweest, herleid tot procenten, en daarna werd, om het verloop der cijferreeks regelmatiger te maken,

een niet al te beperkte egalisatie toegepast, n.l. volgens de formule $(a + 2b + 3c + \dots + 2h + i) : 25$.

Hierdoor waren de plaatsen der extremen in het verloop gemakkelijker te bepalen.

De beteekenis der cijfers van tabel 14 kan het eenvoudigst omschreven

Tabel 14.
Procentuele waarschijnlijkheid dat een bepaalde dag
in Nederland een onweersdag is (geëgaliseerd).

Datum	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December
1	9	5	14	23	44	49	44	55	47	25	19	13
2	10	4	15	23	44	49	47	55	46	25	18	15
3	11	4	15	23	44	49	50	54	43	25	18	17
4	12	3	15	23	45	47	52	53	41	26	18	19
5	12	4	14	24	45	46	53	53	38	27	19	19
6	12	4	15	26	46	47	52	52	35	27	21	19
7	11	5	16	27	45	45	50	50	33	27	22	17
8	11	6	16	29	45	45	47	50	32	27	23	15
9	10	7	17	29	46	47	45	49	33	25	24	13
10	10	8	17	29	47	49	44	49	34	23	24	12
11	10	9	16	28	47	50	45	51	35	22	24	10
12	10	9	14	27	49	51	47	52	36	21	22	9
13	9	9	13	26	49	51	50	52	36	21	21	8
14	9	9	11	25	49	50	53	53	35	21	18	7
15	10	9	10	25	48	49	55	52	34	21	16	7
16	10	10	11	25	47	49	55	50	33	20	14	8
17	11	11	11	26	45	50	54	48	34	20	12	8
18	11	12	13	26	44	50	55	48	35	19	11	8
19	10	12	15	28	43	50	53	47	37	19	11	8
20	9	12	17	27	43	51	53	48	39	20	11	8
21	7	12	18	27	43	52	54	50	39	21	12	7
22	6	11	19	29	44	53	55	50	37	23	13	7
23	6	9	19	32	45	54	56	49	36	25	14	6
24	6	9	18	36	45	55	57	48	34	27	14	7
25	7	8	18	41	46	53	58	45	32	29	14	7
26	7	9	18	44	46	49	59	43	31	30	15	7
27	8	10	18	46	46	45	59	41	29	30	14	8
28	8	12	19	47	47	42	59	42	28	29	12	9
29	8	—	20	46	45	40	58	44	27	27	12	9
30	7	—	21	45	48	41	57	46	25	25	12	9
31	6	—	22	—	49	—	56	47	—	22	—	9

worden als: procentueele waarschijnlijkheid dat een bepaalde datum voor Nederland omweersdag is.

Vergelijking der reeksen voor halve tijdvakken deed zien dat de gang der cijfers van tabel 14 in het algemeen niet voldoende betrouwbaar is. Op eenige uitzonderingen na verschilden de meer dan 30 maxima tamelijk veel in plaats in de halve-tijdvakreeksen. Sommige verdubbelden, andere waren geheel weggevallen, en ook de amplitudes van de nog overeenkomst vertoonende extremen verschilden aanzienlijk. Het meest betrouwbaar bleken de cijfers voor de warmste maanden te zijn, terwijl de volgende bijzonderheden den meest soliden indruk maakten:

- a. hoofdmaximum in de laatste decade van Juli;
- b. hoofdminimum in de eerste decade van Februari;
- c. sterkste voorjaarsstijging in de derde decade van April;
- d. sterke najaarsdaling gedurende de geheele maand September;
- e. een inzinking in de laatste pentade van Juni, resp. de eerste pentade van Juli; en
- f. het betrekkelijk hooge secundaire maximum in de eerste decade van December.

Het onder e genoemde nevenminimum is dat van bovenvermeld dubbel maximum van V o n B e z o l d. In tabel 14 treedt het op op 29 Juni.

H a m b e r g, die de Zweedsche gegevens op soortgelijke wijze bewerkte⁴¹⁾, vond dit minimum in het midden van Juli, en het hoofdmaximum omstreeks den 20en van die maand, en vond overigens eveneens een golvend verloop. De voorjaarsstijging in April verloopt voor Zweden veel geleidelijker dan in tabel 14. De betrekkelijk hooge cijfers die deze tabel geeft voor de eerste December-decade vond H a m b e r g in Zweden tusschen 25 November en 5 December.

Ongetwijfeld is er verband tusschen deze bijzonderheden in den omweersgang en onregelmatigheden in het jaarlijksch temperatuurverloop. V a n R i j c k e v o r s e l, die een onderzoek instelde naar constant optredende temperatuurafwijkingen voor verschillende stations op bepaalde datums, wees reeds op de algemeen voorkomende temperatuurinzinking die op de meeste Europeesche stations in den zomer optreedt⁵⁰⁾. B r a a k geeft in zijn verhandeling over de temperatuur in ons land een grafiek van den gang der gemiddelde dagtemperaturen, (15, blz. 18a). Vanaf het begin van Juni is de temperatuurlijn a.h.w. eenige graden C. ingedrukt. Vooral in de eerste helft dezer maand is dit te constateeren. Deze „Europeesche moesson” hangt o.a. samen met verhoogden toevoer van koele zeelucht, doordat de temperatuur boven het land hooger is dan boven de zee. Het is niet onmogelijk, dat deze temperatuurterugval ook

in den onweersgang tot uiting komt. In de eerste helft van Juni kan de ontmoeting van luchtmassa's van verschillende temperaturen soms tal van onweders teweg brengen; daarna neemt gemiddeld de temperatuur boven het land gedurende 2 à 3 pentaden niet meer toe en worden op den duur de temperatuurverschillen min of meer uitgewischt, waardoor mede in de laatste decade van Juni en de eerste pentade van Juli het aantal onweders belangrijk vermindert.

De grond- en luchttemperaturen zijn dan inmiddels weer dermate gestegen dat de warmteonweders der Julimaand gaan domineeren, waardoor het aantal onweersdagen tot het hoofdmaximum in de tweede helft dezer maand toeneemt.

§ 7. DE ONWEERSFREQUENTIE IN HET AANGRENZENDE BUITENLAND.

De maand- en jaargemiddelden der aantallen onweersdagen voor 96 Deutsche stations, gelegen ten W. van den meridiaan van 9° O.L. en ten N. van 50° N.B. werden door het Reichsamt für Wetterdienst welwillend ter beschikking gesteld van het Kon. Ned. Meteor. Instituut te De Bilt. Van deze cijfers, alle gebaseerd op omstreeks dertig waarnemingsjaren, is in dit hoofdstuk gebruik gemaakt. De overige gegevens zijn ontleend aan een publicatie van W. A. L. Marshall (Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 60. 413; 1934).

Deze cijfers, ook de Deutsche, zijn in overgroote meerderheid belangrijk lager dan die der Nederlandsche stations. De oorzaken moeten ten deele in de verschillende bewerkingswijze gezocht worden, in het bijzonder in de methode van combinatie der stations tot standaard-stations. De Deutsche aantallen bleken, waarschijnlijk mede om deze reden, ongeschikt voor het ontwerpen van een frequentie-kaart van het type van figuur 4 A. Er waren n.l. in de Deutsche jaargemiddelden geen, of nagenoeg geen geografische regelmatigheden te ontdekken. stations met gemiddelden boven 26 lagen b.v. onmiddellijk naast andere, waarvoor de jaartotalen onder 20 blijven.

Wanneer echter alleen rekening wordt gehouden met de stations, die de hoogste jaarcijfers bezitten, op grond van de stelling, dat deze ook het meeste vertrouwen verdienen, omdat zij gedurende het bewerkte tijdvak steeds met ambitieuze waarnemers bezet moeten geweest zijn, is inderdaad een zekere aansluiting aan de in § 5 vermelde geografische verdeling der onweersfrequenties ten onzent te constateeren. De voornaamste dezer stations zijn:

- | | |
|--------------------------------------|----------------|
| 1. Spiekeroog (eiland, O-Friesland), | jaargem. 24.4; |
| 2. Norden (O.-Friesland), | „ 29.2; |
| 3. Haselünne (ten O. van Emmen), | „ 27.6; |
| 4. Neuenhaus (Graafsch. Bentheim), | „ 26.4; |
| 5. Tecklenburg (bij Osnabrück), | „ 26.3; |
| 6. Arnsberg (Sauerland), | „ 28.2. |

Het cijfer voor Spiekeroog doet zien, dat de frequentielijn-24 van fig. 4 A haar loop langs de O.-Friesche eilanden voortzet. Norden past volkomen in het schema van 4 A: ook in Deutschland volgt dus op de kuststrook een gebied met hoogere frequenties, waarop, verder naar het binnenland, weer streken met lagere jaartotalen volgen. Haselünne, aan de Haase, met het cijfer 27.6 pleit meer voor de voorstelling van fig. 4 B dan voor die van 4 A, in tegenstelling met Tecklenburg. Neuenhaus stemt goed overeen met het nabijgelegen Overijselsche station Borne, terwijl het cijfer voor het zuidelijker gelegen Arnsberg hoogstens als vingerwijzing kan dienen voor de juistheid der veronderstelling dat het gebied in Z.O.-Nederland met frequentiecijfers hooger dan 30, of zelfs dan 33, van beperkten omvang is, en zich niet ver in Deutschland voortzet.

De cijfers der Belgische stations, eveneens veel lager dan de Nederlandsche, wijzen op een tamelijk geleidelijke toename van W. naar O., met een gebied van iets hoogere frequenties ten Z. van oostelijk Zeeuwsch-Vlaanderen. In het verloop is dus goede overeenstemming met dat voor ons land. Dit geldt min of meer ook van de Fransche jaargemiddelden.

Aan de Atlantische kusten der Britsche eilanden zijn de cijfers wel zeer laag. (Dit is ook voor de meeste stations aan de Fransche westkust het geval).

Het binnenland van Groot-Britannië heeft evenwel grootere aantallen onweersdagen, zelfs benaderen eenige stations het peil der Nederlandsche kuststations. De cijfers der stations aan de Engelsche Noordzeekust zijn echter weer belangrijk lager, en vertoonen overigens de neiging toe te nemen van N. naar Z.

Het is, door de inhomogeniteit van het beschikbare materiaal en de onvergelykbaarheid der jaarcijfers van de verschillende stations, niet mogelijk volkomen betrouwbare kaarten voor de onweersactiviteit in W.-Europa te ontwerpen. Overtuigend wordt dit wel geïllustreerd in de door Marshall gegeven kaart (Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 60. 422; 1934). Vergelijken wij deze n.l. met fig. 4 A, dan blijkt de voorstelling van genoemde kaart hiermede niet in overeenstemming te zijn. Zeer terecht werd dan ook door Van Everdingen erop gewezen dat door de, door Marshall

veronachtzaamde, Nederlandsche gegevens alleen reeds belangrijke wijzigingen in diens voorstelling worden voorgeschreven³⁰).

De daartoe door *V a n E v e r d i n g e n* ontworpen figuur is gebaseerd op een combinatie der cijfers van *H i s s i n k* met een aantal voorloopig berekende gegevens der onderhavige bewerking, en vertoont daardoor een beeld dat in eenige onderdeelen afwijkt van figuur 4 A.

Beter dan de cijfers voor de jaarlijksche gemiddelde onweersfrequentie der buitenlandsche stations zijn die voor den jaarlijkschen gang, uitgedrukt in procenten der jaargemiddelden dezer stations, met de overeenkomstige Nederlandsche cijfers vergelijkbaar.

Wanneer n.l. gedurende 30 of meer jaren waarnemingen zijn verricht, mag wel worden aangenomen dat de tekorten in de aantallen, vergeleken met de Nederlandsche cijfers, evenredig, althans niet al te onevenredig over de verschillende maanden verdeeld zullen zijn, zoodat daardoor de percentagecijfers der buitenlandsche stations min of meer vergelijkbaar worden met die der binnenlandsche. Teneinde eventuele onzekerheden zooveel mogelijk te voorkomen worden in tabel 15 niet de maandcijfers, doch de hoogere aantallen voor de jaargetijden weergegeven. Een vergelijking dezer tabel met tabel 8 geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen:

- a. De Belgische cijfers corresponderen in hun verloop W.—O. goed met die van de Nederlandsche grensstations: nrs. 17, 18, 28, 29, en 30, t.w. Vlissingen, Ossensisse, Oirschot, Helmond en Baexem.
- b. De cijfers van de Fransche stations bieden echter een hiervan afwijkend beeld, vooral voor het najaar en den winter, hergeen zonder twijfel in verband staat met het reeds in § 5 gereleveerde feit, dat de depressiebanen gemiddeld verder van Frankrijk verwijderd zijn dan van ons land.
- c. Van de Duitsche stations stemt Borkum op bevredigende wijze overeen met Westernieland. Eveneens Neuenhaus met Dalmsholte, Elmpt met Baexem en tot op zekere hoogte ook Haselünne met Nieuw-Weerdinge. Minder goed is de overeenstemming tusschen Borken en Koesveld eener- en Hummelo anderzijds. De beide Duitsche stations, dicht bij elkaar gelegen, vertoonen echter ook onderlinge verschillen, die de vraag wettigen of zij als voldoende betrouwbaar beschouwd mogen worden.

Vergelijken wij de Duitsche grensstations van N. naar Z., dus van Borken tot Aken met de Nederlandsche van Westernieland tot Valkenburg dan blijken de eerstgenoemde — bij in groote trekken overeenkomstig verloop — een geringer verschil der uitersten, benevens doorgaans hoogere zomer- en lagere herfst aantallen te bezit-

Tabel 15.
Buitenlandsche stations.
Gemiddeld aantal onweersdagen per seizoen
(in procenten van het jaargemiddelde voor elk station).

1. BELGIË

	Lente	Zomer	Herfst	Winter
*Ostende	20.7	54.9	20.7	3.8
*Gent	24.3	56.2	16.2	3.3
*Brussel	24.8	60.1	12.2	3.0
*Leuven	23.2	60.7	12.9	3.1
*Luik	23.2	58.9	14.0	3.8

2. DUITSCHLAND

a. op korten afstand der Nederl. grens.

	Lente	Zomer	Herfst	Winter
**Borkum	19.4	53.7	23.9	3.2
**Helgoland	20.0	51.2	24.0	4.8
**Spiekeroog	22.1	58.6	16.8	2.4
**Jever	22.3	62.4	12.9	2.3
**Norden	21.4	54.6	20.2	3.8
**Leer	24.9	60.9	12.5	1.7
**Haselünne	26.0	60.6	12.3	1.1
**Neuenhaus	24.2	60.2	13.6	2.0
**Tecklenburg	23.7	62.5	11.1	2.7
**Koesfeld	25.2	61.4	11.4	2.0
**Borken	23.0	60.4	14.3	2.4
**Wachtendonk	24.9	62.0	10.3	2.8
**Elmpt	24.8	57.9	13.2	3.7
**Aken	27.0	57.8	10.1	5.1
**Euskirchen	27.9	62.7	7.9	1.5

b. Oostelijker.

*Kiel	22.3	62.0	14.0	1.6
*Hamburg	24.2	62.4	9.6	3.7
*Hannover	25.7	64.1	8.0	2.1
*Kassel	23.0	65.2	9.6	2.2
**Arnsberg	25.0	59.7	11.7	3.6
**Dillenburg	26.5	62.7	8.9	2.0
*Wiesbaden	22.1	68.5	8.9	0.6
*Mannheim	23.7	66.5	8.2	1.5

3. NOORD-FRANKRIJK

	Lente	Zomer	Herfst	Winter
*Gris Nez	18.3	50.0	20.8	10.8
*Fécamp	24.4	41.8	25.6	8.2
*Cap de la Hague	16.3	38.4	30.7	14.5
*Amiens	20.0	51.5	24.0	4.5
*Montdidier	31.7	52.4	13.2	2.7
*Parijs	26.1	58.8	13.9	1.3
*Charleville	25.6	58.6	13.0	2.7
*Nancy	23.4	62.5	13.1	1.0
*Straatsburg	25.7	64.2	9.5	0.6

4. ENGELAND en SCHOTLAND

a. Noordzeekust-stations.

	Lente	Zomer	Herfst	Winter
*Aberdeen	14.0	75.0	9.4	1.6
*Edinburg	17.1	67.2	11.0	4.8
*North Shields	17.9	65.6	12.0	4.5
*Scarborough	32.7	48.1	11.6	7.6
*Spurn Head	22.0	65.1	10.4	2.4
*Yarmouth	18.1	65.7	13.3	3.0
*Clacton on Sea	27.2	61.6	8.6	2.7
*Dungeness	21.0	57.1	18.1	3.9

b. Eenige andere stations.

*Eskdalemuir	23.3	59.3	12.6	4.9
*York	27.9	57.5	10.6	4.1
*Liverpool	24.7	54.1	14.1	7.1
*Sheffield	23.1	61.1	12.4	3.3
*Nottingham	21.7	65.1	10.0	3.3
*Cambridge	25.4	61.0	12.3	2.2
*Kew	27.8	57.6	12.5	2.1
*Cardiff	22.5	45.0	13.5	19.0
*Southampton	26.6	53.2	15.9	4.3

*) Berekend uit gegevens in W. A. Marshall: The mean frequency of thunder over the British Islands. Qu. Journ. R. M. Soc. 60. 413; 1934.

**) Berekend uit gegevens verstrekt aan het Kon. Ned. Meteor. Instituut te De Bilt, door het Reichsamt für Wetterdienst, Berlin.

ten. Het verloop W.—O. is, eenige uitzonderingen daargelaten, in het algemeen als te onzent: toename der lente- en zomercijfers en afname van die voor herfst en winter.

- d. Aansluiting der Engelsche gegevens aan die van onze stations is moeilijk te vinden.

In het bijzonder is het verloop voor de oostelijke kuststations zeer onregelmatig. Sommige staan blijkbaar onder invloed van het aangrenzende binnenland, andere ondergaan meer den invloed van de nabijheid der zee. Vergelijking met onze kuststations levert daardoor niets positiefs op.

§ 8. INDEELING NAAR HET TYPE VAN DEN ONWEERSGANG.

In § 4 werd, op het voetspoor van Hissink, gebruik gemaakt van lijnen parallel aan de geografische meridianen en breedtecirkels, teneinde een indeeling des lands te verkrijgen. Deze methode heeft haar eigenaardige bezwaren, immers de gekozen rechte lijnen als zoodanig staan met het onweer in geenerlei verband, zoodat niet verwacht mag worden dat de onweders der stations, gelegen binnen een op deze wijze ontstaan gebied, steeds voldoende overeenkomst in hun jaarlijkschen gang bezitten om redelijke waarde te kunnen hechten aan den berekenden gemiddelden gang van het onweer per deel of afdeeling. Deze laatste is dan ook in het algemeen niet karakteristiek voor alle, meermalen zelfs niet voor de meerderheid der stations, in het deel of de afdeeling gelegen.

Het onderzoek beschreven in § 5, waarbij de afzonderlijke stations zijn bewerkt, leidde tot geheel andere — meer natuurlijke — onweersgebieden, gebaseerd op de gemiddelde jaarlijksche frequentie der onweders.

Een bezwaar dezer bewerking is echter dat geen rekening kon worden gehouden met de intrinsieke waarden der maandgemiddelden, terwijl het zeker beteekenis heeft na te gaan, gesteld dat b.v. het maximum aantal onweders voor een station in de maand Juli optreedt, in hoeveel van de bewerkte 30 jaren dit maximum ook inderdaad in die maand viel. Slechts op deze wijze is te beoordeelen, welke beteekenis aan zulk een maximum moet worden gehecht.

De maand, waarin het jaarlijksch maximum optreedt, vormt een der hoofdkenmerken van den onweersgang, en bepaalt a.h.w. het type van dezen gang. De indeeling des lands, die in dit hoofdstuk wordt gegeven, is dan ook daarop gebaseerd, terwijl tevens wordt nagegaan welke waarde aan de plaats van het maximum voor elk station mag worden toegekend. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van een overeenkomstige werkwijze, door Alt en Wickmann toegepast bij de bewerking der onweders in Z.-Duitschland (40, p. C 15).

Tabel 7 doet zien dat drieërlei ligging der maxima mogelijk is, en wel 1e. in Juni (Noordbrabant, Betuwe, De Bilt, enz.), 2e. in Juli (oosten des lands), en 3e. in Augustus (o.m. ettelijke stations in het westen). Vooral in het westen komen, zooals reeds werd opgemerkt, verscheidene stations voor met een duidelijk dubbel maximum (Juni en Augustus). Deze verschillende typen zijn dus niet geheel onregelmatig over het land verspreid. Een nadere beschouwing der getallen, ook voor de afzonderlijke jaren, leidt tot de indeeling, weergegeven in figuur 7 A.

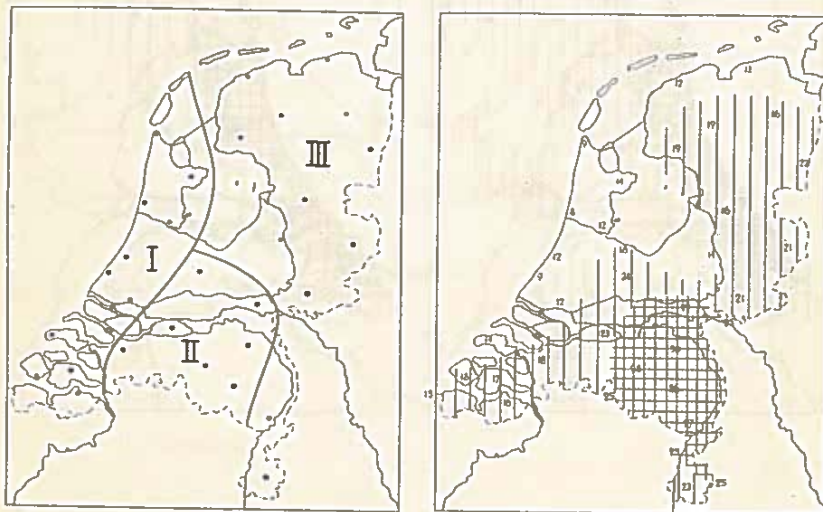
De 11 stations met — al of niet in de gemiddelden uitgesproken — dubbel maximum in Juli en Augustus liggen alle in het westen des lands. Waar het dubbel maximum niet in de gemiddelden van tabel 7 optreedt, wijzen de afzonderlijke jaarcijfers gewoonlijk wel in meerderheid in deze richting. Deze stations vormen tezamen groep I.

Het gebied der Juni-maxima, groep II, omvat 7 stations. Bij deze stations, in het centrum en midden-zuiden des lands gelegen, is geenerlei neiging tot maximumvorming in Augustus te constateeren.

Twaalf stations in het noorden en oosten des lands bezitten een min of meer duidelijk Juli-maximum. Voor het station 25 (Hummelo), dat volgens tabel 7 zijn maximum in Augustus heeft, blijkt n.l. bij beschouwing der cijfers voor de afzonderlijke jaren dat het maximum 10-maal in Juli tegen 8-maal in Augustus optrad, zoodat ook dit station in groep III mag worden ondergebracht.

Het station 11 (Bussum) vormt het ontmoetingspunt der drie gebieden,

Fig. 7A. Indeeling in groepen naar het maximum. Fig. 7B. Percentage max. in Mei.



8 B nog wel markante punten bezit: vlakke en scherpe maxima, zie b.v. het opvallende verschil tusschen Z.W. en N.O.).

Fig. 7C. Percentage max. in Juni.



Fig. 7D. Percentage max. in Juli.

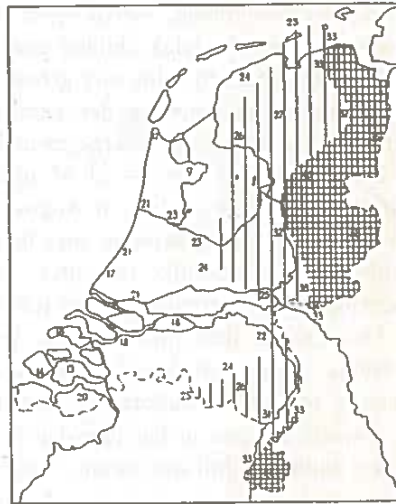
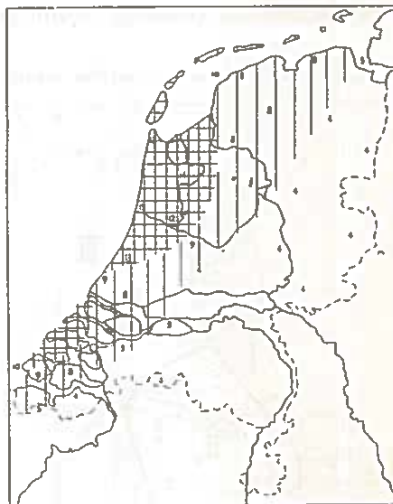


Fig. 7E. Percentage max. in Augustus.



Fig. 7F. Percentage max. in September.



en is niet ingedeeld. Een beschouwing der afzonderlijke jaarcijfers van dit station deed zien dat het zwakke Juli-maximum (zie tab. 7) van geringe beteekenis is, daar het aantal jaren, waarin het maximum in Juni voorkwam groter is dan dat met Juli-maxima. Dit correspondeert voldoende met de ligging van het station op de kaart.

Tabel 16 A geeft voor elke groep en voor alle maanden het gemiddeld aantal onweders per station per jaar. Bij vergelijking dezer cijfers met die van de afzonderlijke stations (tabel 7) blijkt, dat het verloop der groepcijfers in groote trekken representatief is voor de ertoe behorende stations, zoodat inderdaad van een „natuurlijke” indeeling des lands mag worden gesproken.

Fig. 8A.
Jaarlijksche gang voor de 6 afdeelingen.
(tab. 16A)

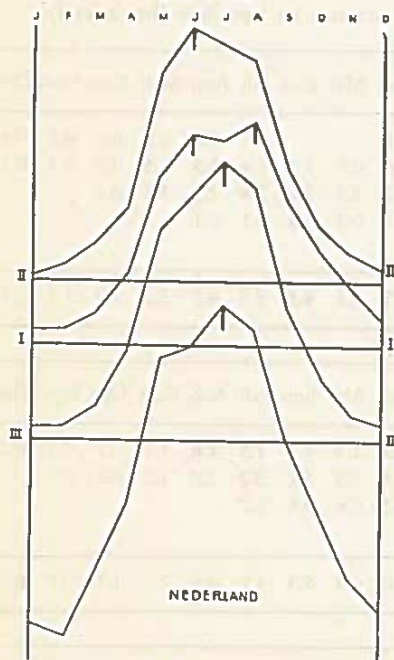


Fig. 8B.
Jaarlijksche gang voor de 3 groepen.
(tab. 3)

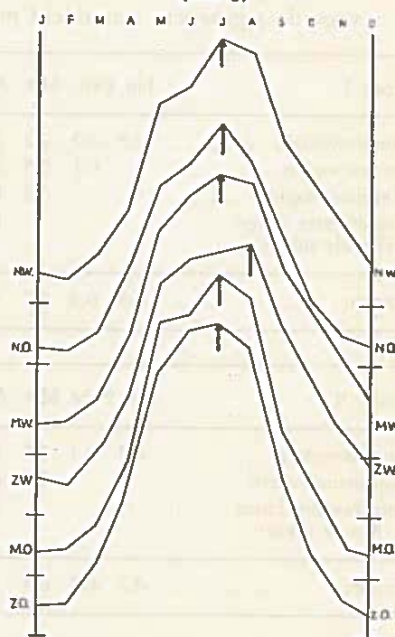


Fig. 8 A geeft den gang voor elke groep grafisch weer, fig. 8 B biedt hetzelfde voor de 6 afdeelingen van § 4. Dat de laatste figuur weinig karakteristieks biedt (het maximum valt voor 5 van de 6 afdeelingen in Juli) toont wel aan, hoe door te mechanische statistiek typische bijzonderheden kunnen worden „weggecijferd”. (Dit neemt niet weg dat ook fig. 8 B nog wel markante punten bezit: vlakke en scherpe maxima, zie b.v. het opvallende verschil tusschen Z.W. en N.O.).

Tabel 16 A.

Gemiddeld aantal onweders per station en per jaar voor de maanden

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Groep I												
Westen	0.3	0.3	0.7	1.5	3.5	4.5	4.3	4.7	3.1	1.9	1.2	0.5
Groep II												
Midden-Zuiden	0.2	0.3	0.8	1.6	4.4	5.3	4.9	4.6	2.3	1.1	0.5	0.2
Groep III												
Noorden en Oosten ...	0.3	0.3	0.7	1.9	4.4	5.7	5.9	5.3	2.7	1.4	0.5	0.3

Tabel 16 B.

Frequentie der verschillende onweerstypen per maand,
voor de 3 groepen, gemiddeld per station en per jaar (benaderd).

Groep I	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Stormonweders	0.3	0.2	0.2	0.1				0.3	0.5	0.6	0.7	0.4
Frontonweders		0.1	0.3	0.6	0.9	1.3	1.4	1.6	1.4	0.9	0.5	0.1
Warmteonweders			0.2	0.7	2.3	2.7	2.8	2.7	1.2	0.4		
Noordwester buien (Koude inval)				0.1	0.3	0.5	0.1	0.1				
Totalen	0.3	0.3	0.7	1.5	3.5	4.5	4.3	4.7	3.1	1.9	1.2	0.5
Groep II	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Frontonweders	0.2	0.3	0.5	0.6	1.3	1.4	1.5	1.6	1.1	0.7	0.4	0.2
Warmteonweders			0.3	0.8	2.5	3.1	3.2	3.0	1.2	0.4	0.1	
Noordwester buien (Koude inval)				0.2	0.6	0.8	0.2					
Totalen	0.2	0.3	0.8	1.6	4.4	5.3	4.9	4.6	2.3	1.1	0.5	0.2
Groep III	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Frontonweders	0.3	0.3	0.4	1.0	1.5	1.6	2.2	2.3	1.4	0.8	0.4	0.3
Warmteonweders			0.3	0.8	2.7	3.3	3.6	3.0	1.3	0.6	0.1	
Noordwester buien (Koude inval)				0.1	0.2	0.2	0.1					
Totalen	0.3	0.3	0.7	1.9	4.4	5.1	5.9	5.3	2.7	1.4	0.5	0.3

Ter vergelijking is in fig. 8 A de gang voor het geheele land ook weer-gegeven. Deze bezit in Juli een maximum, waaruit blijkt, dat het onweerrijke oosten des lands — althans in den zomer — voor het geheel van overwegende beteekenis is. Voor de maanden, die buiten den eigenlijken zomer vallen, bieden de lijnen van fig. 8 A voor alle groepen een overeenkomstig aspect. Bij II en III zijn de voorjaarsstijging en de najaarsdaling iets steiler dan bij I het geval is. Het geheele verloop der grafiek voor I is trouwens vlakker (zee-invloeden, winteronweders).

Prof. Van Everdingen wees schrijver dezes op de mogelijkheid te komen tot een benaderde verdeeling der cijfers van tabel 16 A over de verschillende typen van onweders, door verwerking der gegevens, vervat in de beschrijvende gedeelten van „Ontw., Opt. Versch. enz.". Zoo-doende is tabel 16 B ontstaan, waarin de gemiddelde frequentie der verschillende onweerstypen per station voor elk der drie groepen per maand is weergegeven. Daartoe werden tien op elkaar volgende jaargangen van „Onw. Opt. Versch. enz." verwerkt, en de gegevens naar de groepen geschift. Een groot bezwaar vormde het ontbreken van beschrijvingen voor dagen met geringe onweersactiviteit, terwijl voor de dagen met uitgebreider buien de beschrijving niet steeds tot voldoende zekerheid leidde omtrent de onweerstypen. Daardoor dragen de cijfers van tabel 16 B het karakter van *schattingen*, of liever van *benaderingen*. (Vermoedelijk zijn door een en ander in den winter de aantallen stormonweders en in den zomer die der warmtebuien te gering). Naar alle waarschijnlijkheid is echter de gang voor elk type per groep in hoofdtrekken wel juist, en daarmee ook de plaats der extremen. De tamelijk hoge aantallen frontonweders (met al of niet herkenbare fronten), toonen in hun gang aan, dat naast de aanwezigheid der depressie ook de temperatuur van grooten invloed is op het ontstaan dezer buien. Wat de aantallen depressies betreft, die ons land en zijn omgeving passeeren, blijkt n.l. uit door Br a a k gegeven kaartjes²⁸), dat de verschillen tusschen de seizoenen niet bijzonder groot zijn. In den winter zijn boven de Noordzee, ten W. van ons land iets meer depressies, in het voorjaar verschuift dit maximum naar onze kuststrekken. Boven ons land loopen de zomer-, herfst- en winteraantallen zeer weinig uiteen, de voorjaarscijfers zijn gemiddeld 20 à 30 % hooger.

Het dubbele maximum van groep I is nu a.h.w. ontleed, en blijkt ontstaan te zijn door de superpositie der afzonderlijke „gangen". De frontonweders hebben een constant maximum in Augustus, de warmtebuien in Juli. Het Juni-maximum van groep II en groep I is in de eerste plaats een gevolg van koude-invallen, leidende tot noordwesterbuien. De hooge wintercijfers van groep I zijn te danken aan de stormonweders. De relatief-

hooge zomeraantallen van groep III daarentegen zijn uit de hogere temperaturen te verklaren, waardoor zoowel de warmte- als de frontonweders frequenter voorkomen, terwijl bovendien een onweer in het oosten dikwijls in het westen compenseerende dalende winden geeft, die daar de onweerskans verminderen.

Voor de beschikbare gegevens van buitenlandsche stations werd nagegaan, in hoeverre aansluiting bestaat aan de voorstelling van figuur 7 A. Daarbij bleek dat het gebied III, met maxima in Juli, zich in Duitschland voortzet, en wel noordelijk via Sleeswijk-Holstein tot de Deensche eilanden en de zuidkust van Noorwegen, en zuidelijk in België langs Luik, waar de lijn westwaarts ombuigt en doorloopt tot in Artois en Picardië. Op dit gebied volgt echter naar het Z. en O. een strook met duidelijke Juni-maxima, door Normandië, Champagne, Lotharingen, de Pfalz, den Eifel en het Sauerland tot in het Teutoburgerwoud loopende. Daaraan grenzen in zuid-Duitschland gebieden met Juli-maxima, en in centraal-Frankrijk met dubbele maxima.

Langs de westkust van Groot-Brittannië en van Ierland vertoonen de stations meermalen dubbele maxima, overigens overheerscht op deze eilanden het Juli-maximum.

Het gebied II van figuur 7 A, met maxima in Juni, strekt zich in noordelijk-België tot Leuven uit, en wordt naar het Z. begrensd door de voortzetting van gebied III. Gebied II heeft dus zeer beperkten omvang. Het gebied met dubbel maximum langs onze westkust zet zich in het buitenland niet voort, en vindt slechts een analogon in de bovengenoemde westelijke kustgebieden van Ierland en Engeland.

Ter contrôle van de waarde der in figuur 7 A gegeven indeeling is voor alle stations nagegaan het aantal malen, dat een maximaal aantal onweders in elk der maanden van het jaar is opgetreden. Tabel 17 geeft hiervan een overzicht. De getallen zijn aangegeven in procenten van het totaal aantal jaren, waarin van een duidelijk maximum sprake was. (De jaren waarin dit laatste niet het geval was werden niet in rekening gebracht, dit betrof ten hoogste 6 van de 30 jaren). Doordat in enkele gevallen een maximaal aantal onweders in April of October optrad, kan de som der percentagecijfers per station minder dan 100 bedragen. De beteekenis der cijfers van deze tabel voor de afzonderlijke maanden blijkt duidelijk uit de figuren 7 B—7 F, want het bleek mogelijk te zijn een goeden geografischen samenhang te vinden tusschen de stations met overeenkomstige percentagecijfers voor de maxima in de verschillende maanden, ondanks het feit dat het maximum steeds zoo weinig scherp is, en dat de percentagecijfers nergens hooger zijn dan 40.

Vooraf het verband van de figuren 7 C—7 E met 7 A is duidelijk. In Mei dalen de cijfers in de richting Z.O. → N.W.; in Juni komt het gebied van groep II en een deel van I duidelijk uit; in Juli is de daling in de richting O. → W.; in Augustus daarentegen W. → O. en in September meer N.W. → Z.O.

Tabel 17.

Aantallen malen dat het jaarmaximum in de verschillende maanden optrad (in %, afgerond op geheele getallen).

	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Den Helder	9	30	17	26	13
Sloten (F.)	19	23	26	19	8
Hallum	12	24	24	24	8
Dragten	19	23	27	23	8
Westernieland	12	25	33	21	8
Zuidlaren	16	24	32	24	4
Nieuw-Weerdinge	22	26	35	9	4
Hauwert	14	36	9	27	14
Wijk-aan-Zee	8	25	21	25	13
Amsterdam	12	23	23	31	12
Bussum	18	27	23	18	9
De Bilt	24	24	24	16	4
Leiden	12	25	21	29	13
's-Gravenhage	9	35	17	26	9
Rotterdam	12	33	21	25	8
Renesse	14	27	18	27	14
Vlissingen	18	27	14	23	9
Ossensisse	16	36	20	24	4
Goes-Kapelle	17	29	13	29	8
Heiningen	18	32	18	23	5
Almkerk	23	41	18	14	5
Borne	21	21	38	17	4
Dalmsholte	16	24	40	16	4
Terwolde	14	27	32	14	4
Hummelo	21	17	33	25	4
Elst (G.)	29	33	25	13	—
Nistelrode	30	33	22	14	—
Oirschot	28	33	24	14	—
Helmond	26	30	26	17	—
Baexem	27	27	31	15	—
Valkenburg	23	30	33	13	—

De jaren waarin geen duidelijk maximum aanwezig is, doordat eenige maanden aaneen de frequentie constant bleef, werden bij de berekening niet medegerekend.

Deze bewerkingswijze kan als aanvulling dienen van de in § 5 toegepaste. Dit komt uit bij vergelijking van de figuren 7 B—7 E met de figuren 6 E—6 I.

Een en ander kan b.v. geïllustreerd worden aan het station nr. 28 (Oirschot) voor de maand Mei: 6 E doet zien dat dit station in deze maand, vergeleken met de andere stations, een gering aantal onweersdagen heeft. Figuur 7 B bewijst echter dat desondanks het aantal malen dat het jaar-maximum voor Oirschot in Mei optrad, betrekkelijk groot is. Uiteraard hangt dit verschil samen met het geringe jaargemiddelde van dit station. Uit de laatste figuur is nu beter af te lezen de beteekenis der *onweersactiviteit per maand, in verhouding tot het totaal aantal onweders per jaar van het station*. In groote trekken kloppen de voorstellingen van de figuren 7 B—7 E dan ook wel met de cijfers van tabel 8, waarin de aantallen onweersdagen per station zijn uitgedrukt in procenten van het jaargemiddelde van het station. De figuren echter bezitten het voordeel niet op het statistisch gemiddelde, doch op het aantal malen dat bepaalde waarden bereikt werden gebaseerd te zijn, omdat elk jaarcijfer er a.h.w. afzonderlijk in verwerkt is.

De overeenkomst blijkt het kleinst te zijn voor de maand Juni. Wat deze betreft zijn er zoowel tusschen de figuren 7 C en 6 F, als tusschen 7 C en tabel 8 tal van verschilpunten op te merken. De maand Juni heeft dan ook een, in de op elkaar volgende jaren grillig verloopende verdeling der onweersfrequentie voor de meeste stations, hetgeen samenhangt met het gemengde type der Juni-onweders.

Wat de maand Augustus betreft, sluit tabel 8 zich meer aan bij figuur 6 H, dan bij 7 E. Naast ettelijke jaren met maxima in Augustus staan dus vele andere met bijzonder geringe aantallen onweersdagen in deze maand, waardoor het gemiddelde wordt gedrukt. Een en ander houdt verband met het vroeger of later optreden der herfst-constellatie, die in figuur 7 E reeds uitkomt: hoogere aantallen voor het westen des lands.

§ 9. DE DAGELIJKSCHE GANG DER ONWEERSACTIVITEIT.

Het aantal onweersberichten, op de verschillende uren per maand ontvangen, wordt jaarlijks gepubliceerd in Tabel III van „Onweders, Optische Verschijnselen, enz. in Nederland”. In deze paragraaf worden weergegeven de resultaten van een bewerking van deze tabel voor het tijdvak 1907—1936.

Dit overzicht betreft daardoor uitsluitend den gemiddelden dagelijken gang voor het geheele land, niet voor de onderdeelen en stations.

Vervolgens geven de cijfers niet het gemiddeld aantal malen, dat een bepaald uur per maand in ons land onweersuur was, weer, omdat de bewerking gebaseerd is op de aantallen onweersberichten. Ieder onweersuur is dus niet eenmaal geteld, maar bezit een bepaald „gewicht” samenhangend met het aantal berichten, dit uur betreffende, dat inkwam. De uitgebreidheid der buien is zodoende mede verwerkt en in de uitkomsten verweven. De volgende bladzijden bieden dus een overzicht van *de gemiddelde totale onweersactiviteit per maand en per jaar*.

Ook elders gaat men, bij de bestudeering van den dagelijkschen gang voor een min of meer uitgebreide landstreek, gewoonlijk van de aantallen ingekomen onweersberichten uit⁵¹⁾, zoodat vergelijking der uitkomsten mogelijk is. Op deze wijze komt n.l. het verschil in beteekenis, wat betreft den onweers-inhoud, tusschen de verschillende uren per maand eerst zuiver tot uiting.

Wil men daarentegen een statistiek der uren-met-onweer zonder meer, dan zou een geheel andere bewerking noodig zijn. Kleinere onweersbuien zouden dan relatief meer gewicht in de schaal gaan leggen, dan nu het geval is, doordat de geringe uitgebreidheid slechts weinig berichten doet inkomen. Hellmann wees in dit verband op de nachtelijke winteronweders (51,1), waarvoor de cijfers bij berichten-bewerking vrijwel wegvallen tegenover die der zomersche namiddagbuien, terwijl de aantallen der eerstgenoemde buien geenszins zóó gering zijn, als de cijfers nu zouden doen vermoeden.

Dit zou eerst recht kunnen blijken uit een min of meer minutieuze bewerking der gegevens van de afzonderlijke stations, hetgeen echter, met het oog op de betrouwbaarheid der uitkomsten een veel langer waarnemingstijdvak zou vergen.

Voor een klein land als het onze, en bij een bewerking, die, naast de jaarcijfers, ook de maandaantallen betreft, divergeeren de cijfers dezer bewerkingsmethoden overigens allicht minder dan b.v. voor een seizoen-bewerking van midden-Duitschland of van geheel Frankrijk het geval zou zijn.

Reeds vroeger werd omtrent het dagelijksch verloop der onweersactiviteit in ons land een en ander gepubliceerd, en wel over de tijdvakken 1882—1886⁵²⁾, en 1887—1891⁵³⁾. Beide bewerkingen omvatten slechts 5 jaren, dus veel te weinig om te kunnen leiden tot waardevolle conclusies. Bovendien is bij het eerste onderzoek het land nog in een noordelijke en een zuidelijke helft verdeeld, waardoor de aantallen nog kleiner zijn en dus statistisch minder vertrouwen verdienen, zooals de bewerker trouwens zelf opmerkt. De cijfers der tweede bewerking werden nog aangehaald in

den derden druk van Hann-Süring's Lehrbuch der Meteorologie (S. 680, 1915), naast die van andere Europeesche landen. Daaruit blijkt dat het verloop voor ons land alleen eenige punten van overeenkomst vertoont met dat voor Finland, waardoor, in verband met de zeer verschillende geografische ligging dezer landen, het vertrouwen in de voor ons land gegeven cijfers zeker niet versterkt wordt. In den vierden druk zijn zij weggelaten.

Tenslotte werden destijds nog overzichten gepubliceerd betreffende den dagelijkschen gang voor het station Utrecht afzonderlijk, voor de jaren 1848—1866 en 1866—1886⁵²⁾. Ook de hierbij verwerkte aantallen zijn voor statistisch onderzoek te gering.

Gelijkwaardig vergelijkingsmateriaal voor ons land is dus niet aanwezig.

Teneinde voor alle 30 jaren dezer bewerking vergelijkbare aantallen te verkrijgen, werden de cijfers der afzonderlijke jaren alle herleid op een constant aantal waarnemers (200), alvorens tot optelling en berekening der gemiddelden over te gaan. De aldus verkregen maand- en jaarsommen en uurgemiddelden maken, door een tamelijk goede continuïteit in het verloop, een betrouwbaren indruk, met uitzondering echter van de cijfers voor de wintermaanden, en wel in het bijzonder die der nachtelijke- en ochtenduren.

Om dit laatste eenigszins te ondervangen en tevens allerlei toevalligheden en bijkomstigheden in het verloop min of meer te elimineeren werden de aantallen geëgaliseerd volgens $(a+2b+c) : 4$. Tabel 18 geeft de op deze wijze verkregen gemiddelden per jaar weer. Voor elke maand zijn de extremen aangegeven.

Het meest van belang is het namiddagmaximum. Het treedt van Maart t.m. Augustus steeds in het 17e uur op. Ook zonder egalisatie is dit het geval. Dit maximum hangt uiteraard samen met het temperatuurverloop. Door de insolatie ontstaan op- en neerwaartsche luchtstromingen, die nog voortduren nadat aan den grond het temperatuurmaximum is bereikt.

De grootste intensiteit der verticale stroomen behoeft niet met het onweersmaximum samen te vallen. De maximale intensiteit der convectie verplaatst zich bovendien geleidelijk naar hogere lagen. Terwijl deze convectie zich aldus, met afnemende kracht, voortzet, kan op een gegeven oogenblik de daardoor in hogere lagen geaccumuleerde energie groot genoeg worden voor het doorbreken van eventueele inversielagen, en daarmee voor het veroorzaken van onweders.

Vanaf September à October spelen deze warmteonweders gewoonlijk een meer ondergeschikte rol en winnen relatief de front- en stormonweders daardoor aan beteekenis. Dat vanaf deze maanden het tijdstip van het

Tabel 18.
1907—1936.
Gemiddelde aantallen onweersberichten op de verschillende uren der
maanden *per jaar* (na herleiding op 200 stations), geëgaliseerd.

Maand \ Uur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Totaal
Januari	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9	1.0	1.0	1.0	1.9	2.7	2.4	1.8	1.5	1.4	1.1	0.5	21.3
Februari	0.2	0.3	1.3	1.6	1.3	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.4	2.1	2.7	2.9	2.7	2.4	2.4	1.7	0.7	0.3	28.1
Maart	0.4	0.5	0.8	0.9	0.6	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.8	1.7	3.0	5.1	8.0	10.3	11.2	10.8	9.6	7.5	4.7	2.4	1.2	0.7	82.5
April	2.1	1.8	2.0	1.9	1.6	0.9	0.8	0.8	1.5	3.0	4.9	7.6	11.5	15.7	19.6	22.9	25.5	25.4	21.2	15.5	11.9	9.5	6.5	3.7	217.8
Mei	15.1	11.6	10.0	9.5	8.7	8.0	8.2	8.6	8.5	9.6	13.3	21.1	34.6	51.4	67.3	79.1	81.6	73.4	62.2	54.6	47.7	38.9	29.3	20.9	773.3
Juni	17.2	13.8	12.4	11.5	10.6	9.9	10.1	11.3	13.5	17.6	24.4	36.4	52.2	65.4	76.3	85.7	88.5	83.3	75.5	67.1	56.6	45.9	35.5	24.6	945.2
Juli	21.5	18.6	16.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.2	18.9	20.8	24.6	30.9	41.4	54.4	65.5	72.3	75.5	74.4	68.8	61.1	53.5	45.9	36.1	27.2	914.1
Augustus	20.9	17.6	15.0	13.4	12.7	12.6	13.2	14.3	15.7	18.3	22.5	28.4	35.9	43.6	49.1	52.5	53.8	53.1	51.4	49.7	48.5	44.6	36.0	26.7	749.4
September	12.6	10.3	9.1	9.0	9.4	9.2	9.0	8.7	7.7	7.4	8.2	9.5	11.7	15.4	19.5	22.9	26.6	31.4	36.0	38.2	36.5	31.3	24.2	17.1	420.7
October	7.2	4.7	3.9	3.7	4.0	4.0	3.4	3.0	3.0	2.7	2.7	3.5	4.6	6.1	8.0	9.6	11.7	15.0	18.0	19.4	19.5	17.6	13.3	9.1	197.0
November	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8	1.4	1.3	1.3	1.1	1.3	1.8	2.2	2.8	3.4	4.9	7.1	8.5	8.2	7.6	6.9	5.4	3.7	2.5	83.1
December	1.2	1.0	1.1	1.3	1.4	1.1	0.7	0.5	0.6	0.6	0.9	1.0	0.8	0.7	0.8	1.0	1.6	2.3	2.7	3.4	3.9	3.4	2.4	1.6	35.5
Som	99.6	82.6	75.0	71.5	69.3	66.3	65.4	67.6	71.7	82.2	104.2	143.2	199.6	262.4	319.8	364.0	387.5	383.0	358.3	328.4	294.0	247.7	189.5	134.8	4467.9

dagelijksch onweersmaximum verschoven is moet hiermede verband houden. Frontonweders worden in het algemeen niet uitsluitend door locale factoren o.a. van thermischen aard beheerscht, maar hangen samen met den algemeenen weerstoestand (depressies), zooals reeds in § 1 werd uiteengezet. Dit geldt eveneens van stormonweders.

Het tijdstip van optreden van het namiddagmaximum is in de vier laatste maanden des jaars van maand tot maand aan tamelijk grillige verschuivingen onderhevig. Opvallend is het echter dat dit tijdstip in Januari en Februari — ook zonder egalisatie — steeds in het 18e uur valt (verg. het dagelijksch verloop van het potentiaal verval, § 13, tab. 23 en fig. 15). Hierbij moet worden opgemerkt, dat in alle wintermaanden in den namiddag verschillende nevenmaxima optreden, die echter door de egalisatie uitvielen. In de zomermaanden is dit niet het geval.

Tal van Europeesche stations, o.a. in zuid-Duitschland en Oostenrijk, bezitten trouwens — niet slechts in den winter — twee of meer namiddagmaxima⁵⁴⁾, waarschijnlijk doordat voor de verschillende onweerstypen de maxima op verschillende tijdstippen optreden. Slechts aan den domineeren den invloed der warmteonweders in den zomer — misschien gepaard met een elkaar-naderen der tijdstippen van de maxima voor de verschillende typen van onweders — is het te danken dat in de warmere maanden het namiddagmaximum enkelvoudig is.

Van beteekenis is ook het verloop in de nachtelijke- en de ochtenduren. Bijna overal treedt een klein secundair maximum in de nachtelijke uren op, vooral in de koudere maanden. Te onzent ontbreekt dit maximum slechts in de maanden Juni, Juli en Augustus (zonder egalisatie alleen in Juni en Augustus). Deze nachtelijke onweders ontstaan gewoonlijk aan de randen der Atlantische depressies, en komen dan ook doorgaans uit westelijke richtingen, terwijl zij zich vooral in de kustgebieden doen gelden. Veelal is boven den oceaan het dagelijksch verloop het omgekeerde van dat boven het land⁵⁵⁾, zoodat het hoofdmaximum optreedt tusschen middernacht en 4 u. v.m.

In veel mindere mate is iets dergelijks ook in de kuststreken het geval. De zee-oppervlakte koelt minder af dan het aangrenzende land, waardoor boven de zee een opwaartsche convectie blijft bestaan. Tusschen 6 en 9 uur v.m. is in de koudere maanden gewoonlijk het verschil in temperatuur boven het land en boven de zee maximaal. Vanaf September t.m. Maart doet het nevenmaximum der onweersfrequentie zich echter voor in het 4e of 5e uur 's nachts. De mogelijkheid bestaat dat dit samenhangt met het optreden van het barometrisch minimum (4 uur). Wanneer n.l. depressiecentra omstreeks dezen tijd passeeren, kan dit minimum eventueel

den doorslag geven, waardoor de nachtelijke stormen stormonweders meebrengen. De wintersche storm-buien zijn trouwens in meerderheid nachtelijke verschijnselen. Nabij de depressie-centra treden dan, zooals reeds in § 1 werd opgemerkt, sterk-opstijgende luchtbewegingen op, die aanleiding kunnen geven tot het ontstaan dezer onweders.

Een en ander (ook de convergentie van windbanen, die hierbij van invloed is) behoeft niet met groote temperatuurverschillen van luchtmassa's samen te hangen.

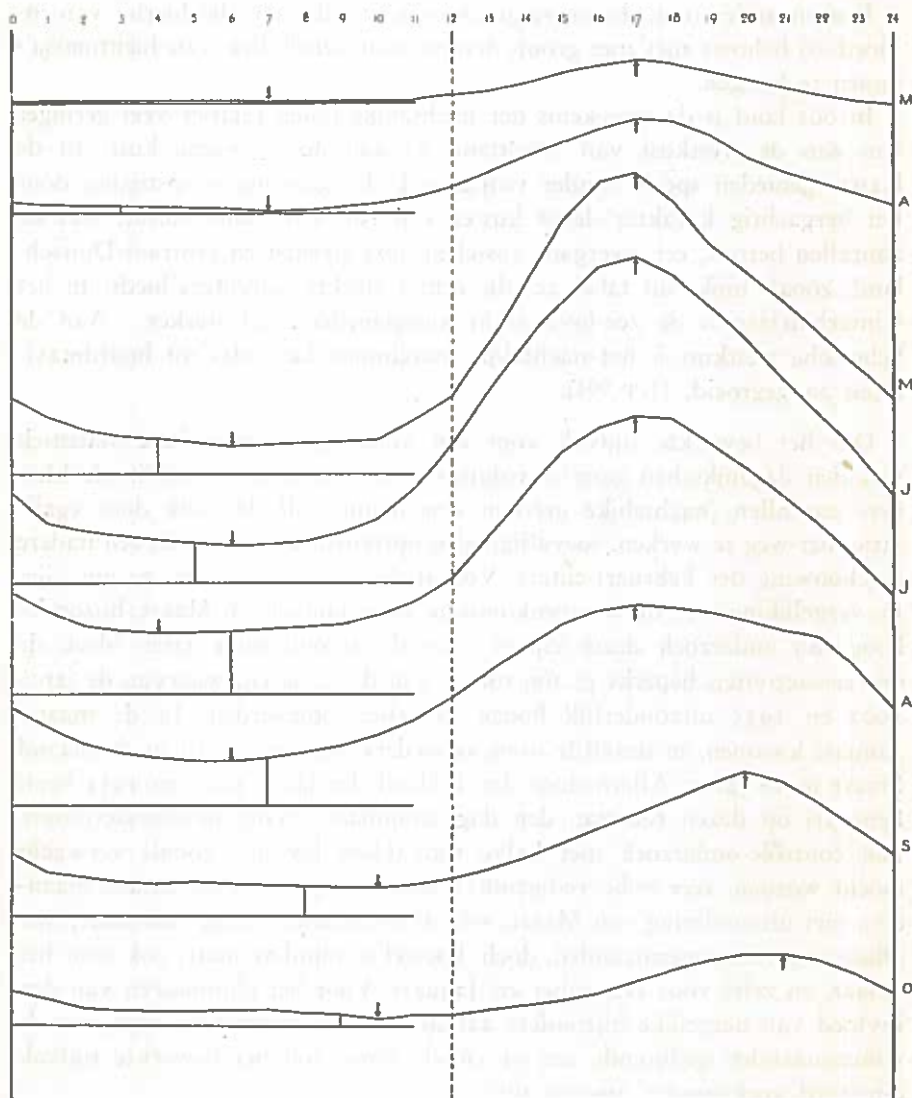
In ons land is de beteekenis der nachtelijke buien relatief veel geringer dan aan de westkust van Schotland en aan de Noorsche kust. In de laatste gebieden speelt zonder twijfel ook de gedwongen opstijging door het bergachtig karakter dezer kusten een rol. Ons land vormt, wat de aantallen betreft, een overgang tusschen deze streken en centraal-Duitschland, zooals blijkt uit tabel 20, die echter slechts jaarcijfers biedt. In het winterhalfjaar is de zee-invloed in kustgebieden veel sterker. Aan de Schotsche westkust is het nachtelijke maximum dan zelfs tot hoofdmaximum aangegroeid, (1, p. 664).

Dat het bewerkte tijdvak voor een volkomen betrouwbare statistiek van den dagelijkschen gang onvoldoende is, waardoor vooral in de kleinere aantallen (nachtelijke uren in den winter) allerlei, ook door egalisatie niet weg te werken, toevalligheden optreden, blijkt o.a. bij een nadere beschouwing der Februari-cijfers. Vooral die voor het 3e t.m. 7e uur zijn, in vergelijking met de overeenkomstige voor Januari en Maart, bijzonder hoog. Bij onderzoek dezer cijfers voor de afzonderlijke jaren bleek de onweersactiviteit beperkt te zijn tot 11 van de 30 jaren, waarvan de jaren 1907 en 1935 uitzonderlijk hoge aantallen opleverden. In de maand Januari kwamen, in dezelfde uren, onweders voor in 16, en in de maand Maart in 18 jaren. Alleen door den invloed der jaren 1907 en 1935 bezit Februari op dezen tijd van den dag schijnbaar groote onweersactiviteit. Een contrôle-onderzoek met halve tijdvakken leverde, zooals verwacht mocht worden, zeer onbevredigende resultaten op. Voor de andere maanden, met uitzondering van Maart, was de overeenstemming veel beter, niet alleen voor de zomermaanden, doch, hoewel in mindere mate, ook voor het najaar, en zelfs voor December en Januari. Voor het elimineeren van den invloed van dergelijke bijzondere aantallen in de nachtelijke uren van de wintermaanden gedurende een of enkele jaren zou het bewerkte tijdvak uiteraard veel groter moeten zijn.

De laatste regel van tabel 18 geeft de gemiddelde jaaraantallen voor elk uur van den dag. Uit de ligging der extremen blijkt de overwegende invloed der hoge zomercijfers op deze totalen.

Fig. 9.

Dagelijksche gang voor de maanden Maart t.m. October
(voor aantallen: zie tab. 18).



Wat het tijdstip-van-optreden van het hoofdminimum in de verschillende maanden betreft, kan worden opgemerkt, dat dit, behoudens een enkele onderbreking in Februari, die verband houdt met de bovenbesproken afwijkende cijfers in den nacht voor deze maand, van September tot Juli steeds meer naar vroegere uren verschuift, om dan in het verloop van twee maanden weer van het 4e naar het 10e uur te verspringen.

De waarde van dit hoofdminimum is het grootst in Juli, het kleinst in Februari.

Voor het hoofdmaximum heeft Juni het hoogste en Januari het laagste cijfer.

Figuur 9 biedt een grafische voorstelling van het verloop van tabel 18 voor de maanden Maart t.m. October.

Tabel 19 biedt een bewerking van de voorgaande tabel, en wel in dier voege dat alle aantallen hierbij herleid zijn op maandsommen van 1000 berichten, waardoor het verloop in de verschillende maanden onderling beter vergeleken kan worden. Duidelijk komt hierin uit, dat de relatieve onweersactiviteit in de verschillende uren per maand, t.o.v. de totale activiteit in die maand voor de nachtelijke uren minimaal is in het voorjaar (Maart en April), en maximaal in den winter, vooral in December. (De Februari-cijfers moeten om de reeds genoemde reden buiten beschouwing blijven).

Voor de uren na het 19e, tot middernacht, bezitten de laatste maanden des jaars eveneens de hoogste cijfers.

In dit alles teekenen zich weer de storm-onweders af, die reeds eerder vooral als nachtelijke verschijnselen der koudere maanden werden beschreven.

Voormiddagonweders worden relatief het meest aangetroffen in de zomermaanden, namiddagbuien in Maart en April.

De beide laatste regels van tabel 19, de jaarcijfers resp. met en zonder egalisatie weergevende, doen zien hoe gering de invloed der egalisatie is, wanneer met zeer groote aantallen gewerkt wordt.

Tabel 20 biedt tenslotte een overzicht van den dagelijkschen gang voor het geheele jaar bij een aantal west- en midden-Europeesche stations, waarvoor de gegevens ontleend zijn aan het „Lehrbuch der Meteorologie” van H a n n und S ü r i n g, (4e Aufl., S. 692).

De namiddagmaxima blijken de neiging te vertoonen in het binnenland (waartoe ook Zweden te rekenen is) iets vroeger op te treden dan in streken, waarvan het klimaat meer onder invloed der zee staat.

Tabel 19.
1907—1936.
Aantallen onweersberichten op de verschillende uren der maanden,
in $\frac{0}{100}$ van de maandsommen (resp. jaarsom), geëgaliseerd.

Maand	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Januari	13	18	20	22	22	15	9	11	14	13	16	29	40	46	44	46	88	127	113	84	71	66	51	23
Februari	7	21	47	57	44	26	15	7	3	2	10	20	24	31	50	74	95	105	94	85	85	60	26	9
Maart	5	5	9	11	7	4	4	7	8	8	10	21	37	62	97	125	134	130	117	91	57	29	14	8
April	10	8	9	8	7	5	4	4	7	14	23	35	53	72	90	105	116	116	97	71	55	44	30	17
Mei	19	15	13	12	11	10	11	11	11	12	17	28	45	66	87	103	105	90	80	70	61	50	38	27
Juni	18	14	13	12	11	10	11	12	14	19	26	39	55	69	81	91	94	88	80	71	60	48	37	26
Juli	23	20	19	18	18	19	19	20	20	23	27	34	45	60	72	79	83	81	76	67	58	52	40	30
Augustus	28	23	20	18	17	16	17	19	21	24	30	38	48	58	65	70	72	71	68	66	65	60	49	36
September	30	24	22	22	22	22	21	20	18	17	19	22	28	37	47	54	63	74	85	91	87	74	57	41
October	33	24	20	19	20	20	18	16	15	14	14	17	23	31	40	49	60	76	92	99	99	90	67	46
November	23	23	24	24	25	22	16	15	16	14	15	21	27	33	41	58	86	102	99	93	85	66	45	30
December	33	27	31	36	38	28	18	13	15	17	24	29	22	19	23	27	45	64	76	95	108	95	67	46
Totaal	22	19	17	16	16	15	14	15	16	19	23	32	45	59	72	81	87	86	80	73	66	56	42	30
Zonder egalisatie	21	18	17	16	16	15	14	15	16	18	22	31	45	59	73	82	89	87	80	74	66	57	42	28

Tabel 20.

Dagelijksche gang in eenige Europeesche landen (in $\frac{0}{100}$ van de jaarsommen).

	Westkust van Schotland.	Kust van Noorwegen.	Nederland.	Zweden.	Centraal- Duitsland.	Zuid- Duitsland.	Neder- Oostenrijk.	Hongarij.
0— 1 uur	39	22	21	12	7	15	4	8
1— 2 „	36	23	18	10	17	13	3	14
2— 3 „	29	22	17	10	13	13	3	14
3— 4 „	25	18	16	11	10	13	4	10
4— 5 „	23	21	16	11	9	13	6	16
5— 6 „	21	35	15	12	8	12	6	15
6— 7 „	17	38	14	13	7	11	5	14
7— 8 „	18	29	15	13	8	11	5	9
8— 9 „	19	34	16	14	8	11	6	9
9—10 „	22	38	18	17	9	12	10	14
10—11 „	26	39	22	29	25	22	26	24
11—12 „	34	40	31	53	38	42	50	36
12—13 „	39	43	45	70	56	64	75	53
13—14 „	53	55	59	82	86	88	100	74
14—15 „	63	64	73	103	96	105	111	98
15—16 „	64	71	82	116	112	115	118	124
16—17 „	65	72	89	113	116	108	117	107
17—18 „	63	61	87	91	99	96	106	95
18—19 „	67	62	80	64	83	73	89	74
19—20 „	68	56	74	47	66	57	68	71
20—21 „	62	52	66	37	48	53	46	60
21—22 „	59	39	57	32	33	35	24	33
22—23 „	46	39	42	24	27	24	10	18
23—24 „	45	27	28	16	19	18	8	10

De tijdstippen waarop nevenmaxima in de nachtelijke uren worden aangetroffen kunnen niet in verband worden gebracht met de geografische ligging der gebieden.

Hetzelfde geldt voor de hoofdminima, die echter in Nederland en midden-Duitsland in hetzelfde uur optreden.

Van beteekenis zijn de hoogten der maxima. Nederland houdt ten deze het midden tusschen de Schotsche en Noorsche kustgebieden ter eene en het Duitsche en Zweedsche binnenland aan de andere zijde, zooals eenigszins te verwachten was.

Trouwens bij vergelijking der Schotsche, Nederlandsche en centraal-Duitsche cijfers blijkt dit voor bijna alle uren van den dag het geval te zijn,

waarbij de Nederlandsche cijfers tusschen 12 en 21 uur hooger dan de Schotsche, en tusschen 19 en 10 uur hooger dan de midden-Duitsche aantallen zijn.

In het algemeen komt in tabel 20 de nivelleerende invloed van de zee weer duidelijk tot uiting. Terwijl voor ons land de kans op onweer op het tijdstip van het dag-maximum gemiddeld 6,4 maal zoo groot is als tijdens het minimum, is dit quotiënt voor westelijk-Schotland en de Noorsche kust 4, voor Zweden en zuid-Duitschland 10,5 en voor centraal-Duitschland 16,5.

§ 10. DE GEOGRAFISCHE UITGEBREIDHEID DER ONWEERSBUIEN.

Het aantal per onweersdag ingekomen onweersberichten kan dienen als maatstaf voor de geografische uitgebreidheid der onweersactiviteit per dag. Hierbij wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de onweersstations, althans de stations, die met een actieven waarnemer bezet zijn, voldoende gelijkmatig over het geheele land verspreid zijn.

Dit laatste was in de meeste jaren van het bewerkte tijdvak het geval. Slechts in eenige gebieden in het westen des lands was de homogeniteit der dichtheid van het waarnemersnet doorgaans eenigszins verstoord, niet het minst doordat in een aantal grootere plaatsen gedurende verscheidene jaren meer dan één waarnemer gevestigd was, zooals reeds werd opgemerkt.

Een bezwaar voor dit onderzoek vormt ook het feit dat, doordat gebruik werd gemaakt van de totale aantallen ingekomen berichten, in de gevallen dat één waarnemer per dag meer dan één bericht inzond, (elke afzonderlijke bui vereischt een apart bericht) deze berichten ook meervoudig kunnen zijn geteld, zonder dat verband met de geografische uitgebreidheid aanwezig behoeft te zijn.

De gegevens voor dit onderzoek zijn n.l. niet direct aan de kaartberichten ontleend, doch aan Tabel II van „Onweders, Opt. Versch., enz.”, waarin de aantallen onweersberichten, op de verschillende dagen van elk jaar ingekomen, zijn weergegeven. Daardoor betreft deze bewerking weer uitsluitend het geheele land, en is vergelijking der onderdeelen ook hier uitgesloten.

Ook het feit dat alle waarnemers, ongeacht de mate hunner activiteit, in deze statistiek als gelijken worden behandeld kan de waarde van dit onderzoek nadeelig beïnvloeden. Dit blijkt vooral van beteekenis te zijn voor dagen van geringe onweersactiviteit, wanneer de minder ijverige waarnemers nalatig zijn in het inzenden van berichten, zoodat op deze dagen de aantallen zeker te klein zijn.

Teneinde nu al deze bezwaren op eenvoudige wijze zoo goed mogelijk te ondervangen worden in deze paragraaf vier rubrieken van onweersdagen onderscheiden, met tamelijk sterke progressie der aantallen berichten, n.l. achtereenvolgens met 1—9, 10—19, 20—49 en 50 of meer onweersberichten. Dagen met 1 of 2 berichten worden dus in dezelfde rubriek aangetroffen als dagen met 8 en 9 kaarten, waardoor de invloed der nalatige inzenders belangrijk verminderd is, terwijl op de dagen met grootere en uitgebreidere onweders de invloed van verschillende berichten van één waarnemer, resp. van verschillende waarnemers in één station, voor een belangrijk deel is uitgeschakeld door de progressie.

Teneinde voor de verschillende jaren zooveel mogelijk gelijkwaardige gegevens te verwerken, werden ook bij dit onderzoek voor elk jaar alle cijfers herleid op 200 waarnemers.

Het is duidelijk dat alle aantallen globaal moeten worden geïnterpreteerd. Met de noodige reserve kan dan worden aangenomen, dat minder dan 10 berichten per onweersdag beteekent dat de onweersactiviteit beperkt bleef tot een gebied, kleiner dan $1/20$ deel van de oppervlakte, dus kleiner dan 1700 km^2 ; bij 10—19 berichten is het gebied $1700\text{—}3400 \text{ km}^2$ groot; bij 20—49 berichten $3400\text{—}8500 \text{ km}^2$, en bij meer dan 50 berichten is het gebied grooter dan 8500 km^2 .

Het feit, dat op dagen van betrekkelijk geringe onweersactiviteit de berichten gewoonlijk afkomstig waren van stations in een min of meer beperkt gebied gelegen, pleit mede voor deze onderstelling.

Tabel 21 A geeft het gemiddeld jaarlijksch aantal onweersdagen voor elke rubriek, per maand en per jaargetijde. Opvallend is dat in alle maanden des jaars de dagen met de geringste onweersactiviteit overwegen. Vooral in de koudere maanden is dit het geval. Bij nauwkeurige analyse dezer rubriek blijkt dit verschijnsel zich trouwens ook binnen de groep zelf voor te doen: de dagen met 1—3 berichten hebben grootere frequentie dan die met 4—9 berichten, in het bijzonder in najaar en winter.

Ook in de 3 zomermaanden betreft bijna de helft van alle genoteerde onweersdagen, dagen met de geringste uitgebreidheid. Dit komt het best uit in tabel 21 B, waarin de procentueele verdeling der aantallen van de 4 rubrieken per maand, seizoen en jaar is weergegeven (zoodat de sommen der kolommen 100 moeten bedragen). Ter contrôle zijn soortgelijke tabellen voor halve tijdvakken met elkaar vergeleken. Waar de uitkomsten dezer berekeningen meer dan 10 % afwijken van de cijfers van 21 B, zijn zij met * gemerkt. Uiteraard treden deze afwijkingen het meest op in de beide laatste groepen, waarvan de aantallen het kleinst zijn.

Figuur 10 A biedt een grafische voorstelling van de cijfers van tabel

Tabel 21

A. Gemiddeld aantal onweersdagen per jaar, ingedeeld naar het aantal berichten. 1907—1936.

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar	Lente	Zomer	Herfst	Winter
Dagen met																	
minder dan 10 berichten	2.3	1.6	3.7	6.3	7.3	6.5	8.2	7.0	5.8	4.8	3.6	2.8	59.9	17.3	21.7	14.1	7.0
10—19	0.4	0.3	0.5	1.2	2.1	1.8	2.5	2.3	1.7	1.4	0.7	0.3	15.2	3.8	6.6	3.8	1.0
20—49	"	"	0.2	0.5	1.2	2.7	3.4	3.0	3.9	2.1	1.1	0.5	19.0	4.4	10.4	3.6	0.6
50 of meer	0.1	0.1	0.3	0.5	2.0	2.8	2.7	2.0	1.1	0.3	0.2	—	12.1	2.8	7.5	1.5	0.2

B. Dezelfde aantallen, uitgedrukt in % van het maand-, resp. jaar- en seizoenemiddelde.

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar	Lente	Zomer	Herfst	Winter
Dagen met																	
minder dan 10 berichten	80.0	72.1	74.5	68.6	51.3	44.6	49.8	46.2	54.5	63.0	72.8	84.0	56.4	61.0	47.0	61.2	79.8
10—19	12.9	13.2*	10.1	13.0	15.1	12.5	15.0*	15.1	16.0	18.9*	13.6	8.0*	14.3	13.5	14.3	16.5	11.1
20—49	4.7*	10.3*	9.4	13.0*	19.3*	23.5	18.5	25.8*	19.4*	14.1	10.2	7.0	17.9	15.5*	22.5	15.7	7.3*
50 of meer	2.4*	4.4*	6.0*	5.4*	14.4	19.4*	16.7*	12.9*	10.0*	4.0*	3.4*	1.0*	11.4*	10.0	16.3	6.6*	1.9*

C. Hoogste en laagste jaarpercentages der verschillende rubrieken 1907—1936.

	Max. %	Min. %	Gemidd. %
Dagen met			
minder dan 10 berichten	75.3 (1922)	39.8 (1934)	56.4
10—19	19.1 (1923)	7.9 (1922)	14.3
20—49	29.6 (1934)	10.3 (1925)	17.9
50 of meer	20.2 (1912)	0.9 (1925)	11.4

D. Gemiddeld aantal onweersdagen per jaar voor elke rubriek, in % van de som der rubriek.

	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Lente	Zomer	Herfst	Winter
Dagen met																
minder dan 10 berichten	3.8	2.7	6.2	10.6	12.1	10.9	13.6	11.7	9.7	8.0	6.0	4.7	28.9	36.3	23.6	11.6
10—19	2.4	2.0	3.3	7.9	14.1	12.1	16.3	15.2	11.2	9.5	4.4	1.8	25.3	43.5	25.1	6.4
20—49	0.7*	1.2*	2.5	6.3*	14.4	18.0	15.9	20.7	10.8*	5.6	2.6	1.2*	23.1*	54.6	19.1*	3.3
50 of meer	0.6	0.8*	2.5	4.1*	16.8*	23.4*	22.6*	16.3	8.8*	2.5*	1.4*	0.3*	23.4	62.3	12.7*	1.4

21 B. In tabel 21 C zijn weergegeven de maximale en minimale jaarpercentages in eenig jaar van het bewerkte tijdvak voor elke rubriek, waaruit blijkt, dat vooral voor de laatste rubriecken relatief belangrijke variaties kunnen optreden.

Tenslotte biedt tabel 21 D de maand- en seizoenpercentages van het totaal van elke rubriek, waaruit de relatieve variatie van maand tot maand voor elke groep kan worden nagegaan. De met * gemerkte cijfers hebben

Fig. 10A.
Jaarlijkse gang der aantallen berichten
in procenten van de maandtotalen

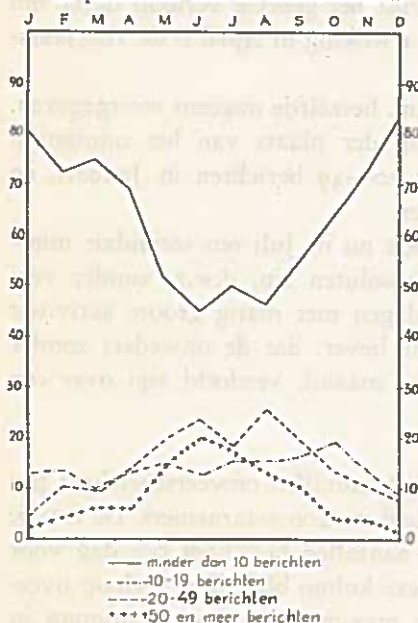
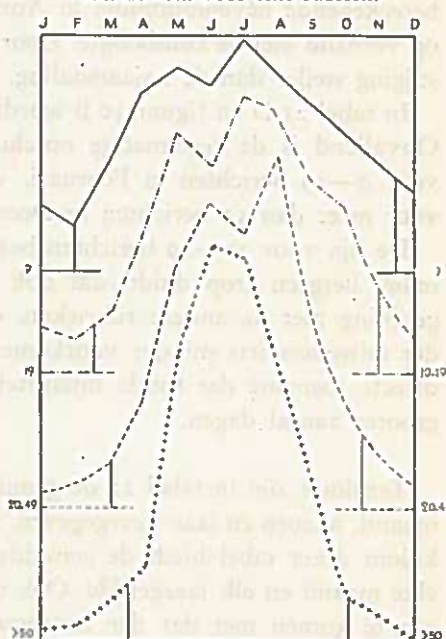


Fig. 10B.
Jaarlijkse gang in procenten
van de som voor elke rubriek.



dezelfde beteekenis als in tabel 21 B. Figuur 10 B geeft een en ander grafisch weer.

In tabel 21 B bezit Juli een nevenmaximum voor dagen met minder dan 10 berichten. Hierin komt het betrekkelijk groot aantal kleine locale onweersbuitjes van het type warmteonweder tot uiting. Treden deze buitjes op denzelfden dag in grootere gebieden op, dan behoort deze dag uiteraard tot één der volgende rubriecken. Juni en Augustus hebben een maximum voor buien van grootere uitgebreidheid, n.l. 20—49 berichten per dag, terwijl het maximum der dagen met de uitgebreidste onweders eveneens in Juni valt. Vele dezer onweders hangen samen met depressies, en behooren tot het type frontonweder, dat in Juni meestal in uitgebreidere buien voorkomt dan b.v. in Juli.

Bij fig. 10 A is op te merken dat de lijn voor dagen met 10—19 berichten tamelijk grillig verloopt, in tegenstelling met de andere lijnen. Het October-maximum dezer lijn zal wel samenhangen met het feit dat in Augustus een maximum der lijn 20—49, en in December een voor de lijn 1—9 optreedt. Eigenaardig is ook de betrekkelijk groote uitgebreidheid der Februaribuien, blijkende uit nevenmaxima voor 10—19 en 20—49 berichten, dus winterbuien-in-groter-verband (frontonweders).

De lijn der dagen met de grootste onweersactiviteit, meer dan 50 berichten, heeft het regelmatigste verloop. Met uitzondering van het minder beteekenende nevenminimum in April wijst het geheele verloop dezer lijn op verband met de zonshoogte. Door de afwijking in April is de voorjaarsstijging steiler dan de najaarsdaling.

In tabel 21 D en figuur 10 B wordt m.m. hetzelfde nogeens weergegeven. Opvallend is de regelmatige opschuiving der plaats van het minimum: voor 0—19 berichten in Februari, voor 20—49 berichten in Januari, en voor meer dan 50 berichten in December.

De lijn voor 20—49 berichten bezit ook nu in Juli een secundair minimum, hetgeen erop duidt, dat ook in absoluten zin, d.w.z. zonder vergelijking met de andere rubrieken, de dagen met matig groote activiteit der onweders iets minder voorkomen, of liever, dat de onweders zonder directe toename der totale intensiteit per maand, verdeeld zijn over een grooter aantal dagen.

Tenslotte zijn in tabel 22 de gemiddelde aantallen onweersberichten per maand, seizoen en jaar weergegeven, herleid tot 200 waarnemers. De laatste kolom dezer tabel biedt de gemiddelde aantallen berichten per dag voor elke maand en elk jaargetijde. Ook in deze kolom blijkt het verloop overeen te komen met dat der zonshoogte: maximum in Juni, minimum in December. De lentestijging is weer iets steiler dan de herfstdaling.

De gang der aantallen onweersdagen is eenigzins anders dan die der onweersberichten. Terwijl er voldoende aanwijzingen voor zijn dat de laatste, dus ook de totale onweersactiviteit per maand, primair verband houdt met de zonshoogte, wordt het aantal dagen, waarop de onweersactiviteit geconcentreerd is, mede door andere factoren bepaald, in welk verband o.a. aan de bodemtemperatuur moet worden gedacht. Het aantal onweersdagen is n.l. maximaal in Juli.

Ook uit deze tabel blijkt dat de Februari-onweders gemiddeld grootere uitgebreidheid bezitten dan die der beide andere wintermaanden. Het aantal berichten is n.l. minimaal in Januari, het aantal onweersdagen in Februari.

In een artikel van M o n n é werd destijds een tabel gegeven ten deele

overeenkomende met tabel 22, voor het tijdvak 1882—1900⁶⁶). In den gang van het aantal onweersdagen is, wat de hoofdzaken betreft, voldoende overeenstemming met de weergave in tabel 22. Anders staat het echter met de aantallen onweersberichten. Dit mag o.i. niet uitsluitend aan het ontbreken eener herleiding op 200 waarnemers worden toege-

Tabel 22.

Gemiddeld aantal onweersberichten per maand, per seizoen en per jaar, en het aantal per onweersdag in deze tijdruimten, alles herleid op 200 waarnemers. (1907—1936).

	Aantal berichten per jaar.	Aantal onweersdagen per jaar.	Aantal berichten per dag.
Januari	18	2.8	6
Februari	23	2.3	10
Maart	53	4.9	11
April	116	9.2	13
Mei	324	14.1	23
Juni	388	14.6	26
Juli	374	16.5	23
Augustus	330	15.2	22
September	188	10.6	18
October	94	7.5	13
November	46	4.9	9
December	20	3.3	6
Jaar	1974	106.0	19
Lente	493	28.3	17
Zomer	1092	46.4	23
Herfst	328	23.0	14
Winter	63	8.7	7

schreven. Vooral voor de zomermaanden zijn de cijfers van Monné belangrijk hooger, waaruit blijkt dat evenmin sprake is van mindere activiteit der waarnemers.

Vermoedelijk moet in het feit, dat in de eerste jaren der onweerswaarneming in ons land door de waarnemers niet voldoende onderscheiden is tusschen weerlicht- en onweersdagen de verklaring voor deze verschillen gezocht worden. Na 1888 is dit verbeterd.

HOOFDSTUK III.

HET LUCHELECTRISCH POTENTIAL VERVAL TE HARDERWIJK.

§ 11. INLEIDING. INRICHTING DER METINGEN.

Het normale elektrische veld der atmosfeer, in beginsel reeds spoedig na Franklin's vliegerproef ontdekt (Lemonnier, 1752) en door Beccaria een vijftiental jaren later met „mooiweerselectriciteit” aangeduid, werd eerst in lateren tijd als „electrisch veld” verklaard (Ermann, 1803; Peltier, 1836; het scherpst door W. Thomson, 1860. (Zie 30.2, p. 3). Intusschen waren reeds tal van metingen verricht van het dagelijksch en jaarlijksch verloop en van het verband met meteorologische elementen. Tot op het einde der 19e eeuw werd de luchtelectriciteit als een zuiver electrostatisch probleem behandeld, ondanks de ontdekking van het geleidend vermogen der atmosferische lucht door Coulomb (1785). Sinds Linsz (1887) en vooral door Elster en Geitel is het vraagstuk echter anders aangevat⁵⁷⁾.

Het is duidelijk, dat de stroom der positieve ionen naar de aarde, en der negatieve naar boven, het in het algemeen neerwaarts gerichte elektrische veld in korten tijd tot verdwijning moeten brengen, en dat daarom steeds een omgekeerd proces werkzaam moet zijn, waardoor dit normale veld in stand wordt gehouden. De physische natuur van dezen „tegenstroom” (Simpson⁵⁸⁾) of „compensatiestroom” (Schweidler⁵⁹⁾) is gedurende langen tijd voorwerp van tal van experimenten en discussies geweest, die uitvoerig besproken worden door Schweidler in zijn werk: *Die Aufrechterhaltung der elektrischen Ladung der Erde.* (Hamburg 1932).

Het is waarschijnlijk, dat de electriciteitsbalans der atmosfeer ten deele in evenwicht wordt gehouden door bliksemontladingen, maar grotendeels door puntontladingen, (die b.v. bij het St. Elmusvuur zichtbaar worden). Door Whipple⁶⁰⁾ wordt een ruwe schatting van de intensiteit der verschillende stroomen gegeven, waarbij de gewone neerwaarts gerichte ontladingsstroom zelfs overgecompenseerd is door opwaartsche ontladingen. De experimenten, die hieraan ten grondslag liggen, waren echter van voorloopigen aard, en werden op één enkel station gedaan (Kew). Voor meer definitieve berekeningen zal een belangrijke uitbreiding der onderzoeken noodig zijn. Dit geldt eveneens voor de studie der variaties van

het normale lichtelectrische veld. Terwijl deze op een aantal stations gedurende een langere of kortere reeks van jaren werden geregistreerd (o.a. Potsdam, Kew, Parijs, München, Kremsmünster, Davos, Ebro-Observatorium, Samoa, Batavia)⁶¹⁾ werden in ons land tot nog toe dergelijke metingen niet gedaan. Het volgende moge dienen als een voorloopige proeve van registratie van het lichtelectrisch veld voor een Nederlandsch station. Het is echter zeer gewenscht dat op den duur tot definitieve metingen gedurende een lang tijdperk zal worden overgegaan, en dan niet alleen van het potentiaalverval $dV : dh$, doch ook van de andere electrische eigenschappen der atmosfeer.

Registraties van het lichtelectrisch potentiaalverval vereischen het gebruik van een drietal apparaten, t.w. 1e een collector, 2e een electrometer, en 3e een registreertoestel.

1. De collector. Deze moet in het punt van het electrisch veld, waarin hij geplaatst is, de daar heerschende potentiaal aannemen, en in staat zijn, zoo snel mogelijk de variaties van deze grootheid mede te maken. Dit geschiedt het best door een klein ruimtedeel der atmosfeer rondom den collector geleidend te maken, zoodat door uitwisseling van ladingen het potentiaalverschil tusschen de lucht en den collector binnen korten tijd minimaal wordt. Met voorbijgaan van min of meer verouderde collector-typen, zooals vlam- en druppelcollectoren, alsook van z.g. mechanische collectoren werd voor dit onderzoek gebruik gemaakt van een radio-actieven collector, n.l. de ioniumcollector, aangegeven door *B e r g w i t z*⁶²⁾. Sinds *E x n e r* het gebruik van radio-actieve collectoren voorstelde zijn verschillende typen hiervan onderzocht. De eischen, waaraan een collector moet voldoen, zijn:

- 1e. het referentiepunt, waarvan de potentiaal wordt bepaald, moet binnen enge grenzen bepaald zijn, en
- 2e. de oplaadtijd moet zoo klein mogelijk zijn.

Uit den eersten eisch vloeit voort dat alleen radio-actieve stoffen kunnen worden toegepast, die uitsluitend z.g. α -stralen uitzenden. Deze α -deeltjes oefenen slechts over een afstand van eenige cm (± 3) ioniseerende werking uit, waardoor het referentiepunt dichtbij den collector ligt. *B e r g w i t z* constateerde dat de afstand van dit punt tot het collectoroppervlak ongeveer 2.5 cm is bij den ioniumcollector.

Stoffen, die behalve α -stralen, ook β - en γ -stralen produceeren, zijn ongeschikt voor collectoren, allereerst door de onbepaaldheid van het referentiepunt, doch ook doordat deze doordringende stralen in allerlei metalen onderdeelen der apparatuur, zelfs in den electrometer, secundaire

stralen kunnen opwekken, die nauwkeurige metingen volkomen onmogelijk maken.

De oplaadtijd, tegenwoordig in afwijking van de oorspronkelijke definitie van Exner^(61, p. 7) meestal omschreven als de tijd, waarin de potentiaal van den collector V_c vanaf 0 is toegenomen tot 95 % van den luchtpotentiaal in het referentiepunt (V_1), is gemakkelijk te bepalen door den collector te aarden en met een stophorloge het tijdsverloop vanaf de opheffing der aarding tot $V_c = 0.95 V_1$ te bepalen. Dit moet natuurlijk een aantal malen achtereen gedaan worden, om den invloed van potentiaal-schommelingen zooveel mogelijk te elimineeren.

Deze oplaadtijd hangt van verschillende factoren af, t.w.:

1e. de activiteit der gebruikte radioactieve stof; 2e. de capaciteit van den collector en der metallisch ermee verbonden deelen der apparatuur; 3e. de sterkte van den wind en 4e. de isolatiegraad.

De activiteit van het voor collectordoelzinden ook wel toegepaste element polonium (Ra - F) is grooter dan die van ionium. Polonium heeft echter het bezwaar dat de karakteristieke tijd (halfwaardetijd) slechts 136 dagen bedraagt, zoodat na $4\frac{1}{2}$ maand de oplaadtijd zich verdubbeld heeft, en de actieve laag minstens eenmaal per halfjaar moet worden vernieuwd. Beter is de, door de Auer-Gesellschaft te Berlijn in den handel gebrachte radiothorium-collector. Deze stof, nog actiever dan polonium, heeft een k.t. van ongeveer 2 jaren. Ionium, dat in de reeks der opeenvolgende radio-actieve stoffen aan radium voorafgaat, is minder actief dan radiothorium en polonium (35 % van de activiteit van uranium), doch de k.t. bedraagt ongeveer 20.000 jaren^(61, p. 21), zoodat de oplaadtijd practisch onveranderd blijft, en geen vernieuwing noodig is. De tamelijk geringe activiteit is op te voeren door vermeerdering der hoeveelheid actieve stof. Een bezwaar is echter dat deze moeilijk te verkrijgen is. De resultaten met ioniumcollectoren verkregen zijn echter van dien aard, dat gebruik ervan voor potentiaalregistraties zeker verantwoord is⁽⁶³⁾.

Het ionium is aangebracht op een metalen plaatje, met behulp van hars, en wordt tegen verontreinigingen beschermd door een laagje email. Het plaatje bevindt zich in een klein doosje, dat met een metalen deksel kan worden afgesloten. Bij gebruik van den collector wordt het doosje, zonder deksel en naar beneden open, geïsoleerd opgehangen.

De capaciteit van het collectorsysteem is een vrijwel invariabele factor. Het deel van den electrometer dat met den collector verbonden is bezit slechts kleine capaciteit (2 cm). De dunne verbindingsdraad moet zoo kort mogelijk gehouden worden. Bij een aantal waarnemingen was de collector aan een ± 6 m langen geïsoleerden dunnen horizontalen draad bevestigd, hetgeen eenige voordeelen had^(63, 1). Teneinde den invloed der capaci-

teitstoename door het gebruik van dezen draad te verminderen werd een tweede collector aan den draad bevestigd.

De invloed van den wind op den oplaadtijd is van groote beteekenis. Bij sterken wind (± 6 gr. Beaufort) bleek de oplaadtijd meermalen 5 à 10 maal zoo groot te zijn als bij zwakken wind (1 à 2 gr. Beaufort). Met het oog hierop werd de plaats van den collector zoo gekozen dat Z.W.- en W.-winden minder invloed konden uitoefenen.

Tenslotte is de isolatiegraad van beteekenis voor den oplaadtijd. Deze invloed kon worden nagegaan, door het collectordooosje met het deksel af te sluiten, den potentiaal van het collectorsysteem door middel van hoogspanningsbatterijen op ongeveer 250 V te brengen, en daarna van minuut tot minuut het dalende peil van den potentiaal op te nemen.

Ebonieten isolatoren bleken, ook bij voortdurende reiniging met zwavelkoolstof, onvoldoende te zijn. Daarom werden de zwavelisolatoren toegepast, aangegeven door Simpson ^{43,1)}, en bestaande uit de bekende blikjes, waarin staven scheerzeep in den handel worden gebracht, die gevuld werden met zwavel, waarin een nikkelen haak was bevestigd. De zwavel mocht bij het smelten geen hoogere temperatuur dan $\pm 140^{\circ}$ C. bereiken (gele smelt), omdat anders de isolatie-eigenschappen na stolling te gering zijn voor fijne electrostatische metingen ⁴⁴⁾. Door een en ander werden de isolatiefouten gemiddeld tot minder dan 5 % per minuut gereduceerd, waardoor voldoende nauwkeurigheid gewaarborgd was. Het resteerende, variabele lek werd in hoofdzaak veroorzaakt door het varieerende geleidingsvermogen der lucht (zie: 57,2, p. 12).

Herhaalde waarnemingen wezen uit dat de oplaadtijd bij zwakken wind gemiddeld 1 à 1½ minuut bedroeg. Enkele malen werden tijden van 40 à 50 seconden geconstateerd. Zeer snelle veranderingen van het veld konden daarom niet nauwkeurig worden weergegeven. De beste collectoren doen dit maximaal 50 à 75 % beter, terwijl de toegepaste fotografische registratiemethode — waarover hierna meer — ook ongeschikt is voor het weergeven van snelle schommelingen van den potentiaal.

2. De electrometer. Door het Kon. Nederl. Meteorologisch Instituut werd voor deze metingen ter beschikking gesteld een „einschlingen“-electrometer van Kolhörster ⁴⁵⁾, vervaardigd door Günther und Tegetmeyer te Brunswijk. Dit is een eenvoudig en weinig kostbaar instrument. Om financiële redenen was het Instituut niet in de gelegenheid een voor het doel geschikter apparaat aan te schaffen, zoodat getracht moest worden door regeling van de gevoeligheid, het meetgebied, enz. het gebruikte toestel zooveel mogelijk aan het gestelde doel te doen beantwoorden. Verschillende methoden van schakeling werden daartoe beproefd. Het instrument, afgebeeld in fig. 11 (voor visuele waarneming) bestaat

uit een metalen doosje (links) met afmetingen $50 \times 42 \times 36$ mm, aan welks deksel een verstelbare barnsteen isolator bevestigd is. Deze draagt een staafje, waaraan een verticaal staande lus van geleidend kwartsdraad met haar beide einden is vastgemaakt. Deze wijze van bevestiging heeft als voordeelen een hoge mate van ongevoeligheid voor temperatuurschommelingen, en het bestand zijn tegen lichte schokken, dus gemakkelijke vervoerbaarheid.

Links en rechts van den draad zijn, eveneens draaibare, geïsoleerde hulpcondensatoren aangebracht, in den vorm van tot rechthoeken omgebogen koperdraden, waaraan bepaalde spanningen kunnen worden medegedeeld. Hierdoor kan de gevoeligheid, dus de schaalwaarde, binnen zekere grenzen worden geregeld.

De kwartslus beweegt zich horizontaal, en verschijnt als een verticale zwarte streep in het gezichtsveld van het oculair van het afleesmicroscop (fig. 11, rechts), tusschen de lijnen der schaalverdeling.

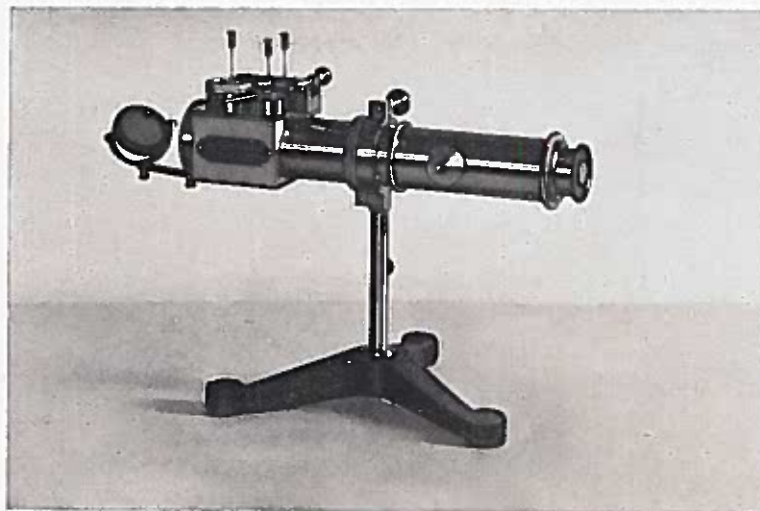
De voornaamste bezwaren, die zich bij het gebruik van dezen electrometer voor potentiaalmetingen voordeden, waren:

- 1e. Een zelfs bij de meest ongevoelige instelling practisch te begrensd meetgebied^{uu)}, vooral in verband met het onder 3e. genoemde;
- 2e. Afleesmoeilijkheden, door het vervagen van het draadbeeld aan de einden der schaal;
- 3e. Bij ongevoelige instellingen: onbepaaldheid der schaalwaarde in het midden der schaal (zie grafiek § 12, figuur 14);
- 4e. Verkleving van de lus aan de hulpcondensatoren bij te sterke uitwijkingen. Dit euvel was niet steeds door een stootje tegen het doosje te verhelpen. Vooral op dagen met sterke potentiaalschommelingen was door onder 1e. en 4e. genoemde bezwaren feitelijk voortdurende bewaking van het apparaat noodzakelijk. Alleen op rustige ongestoorde dagen, waarop weinig schommelingen optraden konden daardoor betrouwbare metingen worden verkregen.

De schakeling van den electrometer kan op 3 manieren plaatsvinden:

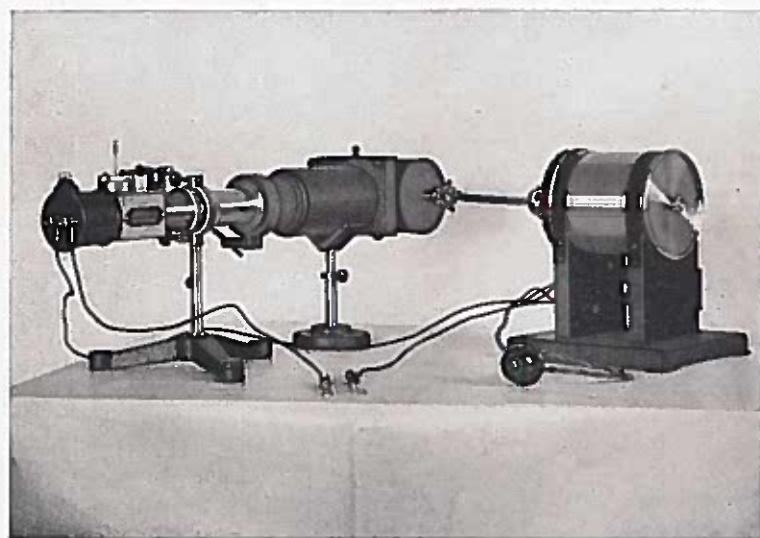
- 1e. Idiostatische schakeling. Eén der hulpcondensatoren wordt met het lussysteem, dus met den collector verbonden, de andere wordt geaard. Het electrostatische veld, waarin de draad beweegt, heeft dus een spanningsverschil dat gelijk is aan den potentiaal van den collector. Deze instelling bleek practisch, ook bij gebruikmaking van een hoogspanningsopzetstuk, waardoor het lussysteem niet direct, doch inductief werd geladen, te gevoelig te zijn.
- 2e. Influentieschakeling. De hulpcondensatoren zijn beide geaard, doch hebben verschillende afstanden tot den draad. Deze methode is voor metingen van normale luchtpotentialen te weinig gevoelig.

Fig. 11.



Electrometer van Kolhörster.

Fig. 12.



Electrometer met registreerapparaat.

3e. Gewone schakeling, waarbij de hulpcondensatoren spanningen van resp. $+a$ en $-a$ V hebben. Practisch worden voor a waarden genomen varieerend tusschen $1\frac{1}{2}$ V (ongevoelig) en 30 V. Deze schakeling werd bij dit onderzoek doorgaans toegepast, waarbij de spanningen werden geleverd door een regelmatig gecontroleerde (en vernieuwde) droge hoogspanningsbatterij.

3. Het registreertoestel. Gebruik werd gemaakt van een registreerapparaat, passende bij den genoemden electrometer, en eveneens aangegeven door Kolhörster⁴⁷⁾.

Figuur 12 toont den electrometer (links) verbonden met het registreertoestel (midden en rechts). Dit laatste bestaat uit een tubus ter bevestiging aan den electrometer, waaraan een camera, benevens het rechts in de figuur afgebeelde uurwerk.

Het toestel registreert 24 uren aaneen. Daar het formaat van het lichtgevoelige papier 21×6.5 cm is, werd per uur ongeveer 8.5 mm van het papier belicht. De oculairschaal van het electrometermicroscop werd mede afgebeeld, waardoor de aflezing der uitwijkingen mogelijk is. Contrôle van den stand van den electrometerdraad in het gezichtsveld is mogelijk, doordat dit veld door spiegeling onder 45° tevens wordt afgebeeld op een matglazen plaatje, dat door wegneming van een dekseltje aan de bovenzijde van het registreerapparaat te zien is.

Elken avond tusschen 23 en 24 uur werd de filmdoos verwijderd en opnieuw van een papierstrook voorzien. Gemiddeld werd zesmaal per dag de collector gedurende ± 5 minuten geaard, teneinde eventuele verschuivingen van het nulpunt vast te stellen.

Het uurwerk was met behulp van een beugel met de rol in de filmdoos verbonden. Tegelijk met het nulpunt werd telkens de stand van het uurwerk opgenomen, zoodat correcties konden worden aangebracht voor de kleine afwijkingen in den omlooptijd. Eenmaal per uur werd een contact gesloten, waardoor circa 5 minuten een sterkere verlichting van het papier plaatsvond. De ontstane strepen dienden als uurteekens. (Zie fig. 13).

(Het was ook mogelijk, inplaats van de continue registraties, elk uur gedurende 3 minuten te registreeren. Hiervan is bij dit onderzoek geen gebruik gemaakt.)

De verlichting vond plaats met behulp van een 4-V glocilamp, gemonteerd in een speciaal verlichtingsapparaat, dat aan den electrometer was geschroefd (fig. 12, links). De stroom werd geleverd door een accu.

Bij het gebruik van dit registreertoestel deden zich eenige bezwaren voor, t.w.:

1e. doordat per uur slechts 8.5 mm van het gevoelige papier belicht

- wordt, is het niet mogelijk alle belangrijke bijzonderheden in het potentiaalverloop „op te lossen” en van elkaar te onderscheiden;
- 2e. door de zwakke belichting, noodig met het oog op de geringe omloopsnelheid van het papier, zijn op de fotografie de draadbeelden bij spontane en snelle wijzigingen van den potentiaal doorgaans niet, of zeer onvolledig, waar te nemen.

De collector was steeds opgesteld aan de oostzijde van de tijdens de waarneming achtereenvolgens door mij bewoonde huizen. Daardoor was eenige beschutting aanwezig tegen W. en Z.W. winden. Bij een gedeelte der registraties waren, zooals reeds werd opgemerkt, twee collectoren bevestigd aan een geïsoleerden, 6 m langen, horizontalen draad, die op 1 m boven den onbegroeiden bodem was opgehangen. De bodem daaronder was steeds bedekt met fijn kippengaas.

Bij de andere registraties was de collector geïsoleerd verbonden aan een ongeveer 1 m langen horizontalen staaf, die bevestigd was aan de buitenzijde van een raamkozijn in den 4 m hoogen achtermuur van een uitbouw van mijn woning. De staaf bevond zich op 2 m hoogte boven den beganen grond.

De verdere onderdeelen der apparatuur bevonden zich in een kastje achter dit raam. Een goede aarding werd verkregen met een speciaal aangebrachte dikke ijzeren buis, die ongeveer 1 m diep in het grondwater reikte.

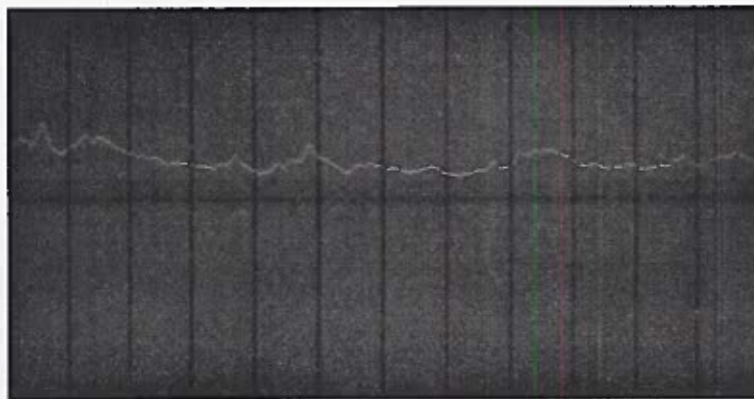
De isolatie van het systeem werd dikwijls geschaad door fijn spinrag. Meermalen was het noodig deze draden minstens zesmaal per dag te verwijderen.

Doordat de spanning der hulpcondensatoren van den electrometer gemakkelijk kon worden gewijzigd, was het mogelijk bij de contrôle de gevoeligheid van dit apparaat, binnen de ijk- en meetgrenzen aan te passen aan den op het matglas te constateeren stand van den electrometerdraad.

§ 12. MATERIAAL EN BEWERKINGSWIJZE.

Tusschen Juni 1935 en Augustus 1938 werden, met eenige onderbrekingen van langeren en korteren duur, waarnemingen verricht. De belangrijkste onderbreking, in het voorjaar en den zomer van 1937, werd veroorzaakt door een noodzakelijke herstelling van het draadsysteem van den electrometer. De andere hielden meerendeels verband met reparaties van anderen aard, o.a. verbeteringen van de isolatie.

Fig. 13.



Gedeelte van een dagstrook.

Fig. 16.



Verdwijnend draadbeeld.

Het aantal bruikbare fotogrammen voor waarnemingsdagen varieerde per maand van 17 (voor Mei) tot 39 (voor Januari).

Het materiaal moest aan een zorgvuldige schifting onderworpen worden, in verband met het feit dat in de eerste plaats de gang van het „normale” potentiaalverval diende te worden bepaald. De potentiaal in een punt van het aardelectrisch veld is buitengewoon variabel, en kan binnen enkele minuten met belangrijke bedragen wisselen. Ook geven op elkaar volgende dagen doorgaans sterk uiteenlopende gemiddelde waarden voor hetzelfde uur. Om nu hieruit de gewone min of meer regelmatige fluctuaties te verkrijgen voor den dagelijkschen en jaarlijkschen gang is het noodig die uurscijfers buiten beschouwing te laten, welke het maandelijksch uurgemiddelde te sterk zouden beïnvloeden. Het is duidelijk dat, waar de zaak zóó staat, een omvangrijk waarnemingsmateriaal noodig is voor betrouwbare maandelijksche uurgemiddelden.

Bij de berekening van de „normale” maandelijksche uurgemiddelden werden buiten beschouwing gelaten:

- 1e. de negatieve uurgemiddelden;
- 2e. de hierop aansluitende of vrijwel op zichzelf staande zeer kleine positieve uurgemiddelden;
- 3e. een aantal meetbare, eveneens op zichzelf staande, zeer groote positieve uurgemiddelden.

Deze abnormale waarden worden besproken in § 14.

Uiteraard zit in de keuze der buiten beschouwing gelaten waarden een element van willekeur. Wil men echter den gang van het „normale” potentiaalverval bepalen, dan is het noodig alle „abnormale” waarden, door „storingen” van eenigerlei aard teweeg gebracht, ter zijde te laten. Zulke storingen, die zich ook meermalen bij helder, rustig weer voordoen, en dan doorgaans aan omstandigheden van lokalen aard te wijten zijn⁶⁸⁾, zijn in de diagrammen doorgaans gemakkelijk te herkennen, waardoor de willekeur bij het vaststellen tot een minimum wordt gereduceerd.

Deze wijze van bewerking wordt ook elders toegepast.

Ook de deelen der fotogrammen, waarin het verloop onduidelijk was door te snelle bewegingen van den draad moesten uit den aard der zaak buiten beschouwing worden gelaten. Bovendien zijn voor het „normale” verloop ter zijde gelaten de nog overgebleven uurgemiddelden, die betrekking hadden op regenuren, uren met sneeuw, mist en zeer zware bewolking. De noodzakelijkheid van dit laatste is o.a. door K ä h l e r uiteengezet (57,1, p. 133).

Op deze wijze is het materiaal zoo geschikt dat vergelijking der resultaten met de op dezelfde wijze ontstane gegevens voor andere Europeesche stations mogelijk is.

Teneinde nu de uitslagen der fotogrammen (zie fig. 13) uit te meten, en te verwerken tot uurgemiddelden, werden allereerst op de dagstrooken de nulpunten, ontstaan door de periodiek toegepaste aardingen, door rechte lijnen verbonden. Gewoonlijk bedroeg de verschuiving van het nulpunt ten hoogste 2 schaaldeelen.

Te betreuren is dat nog geen internationale regeling is getroffen omtrent de wijze van uitmeting der diagrammen. Bij het onderhavige onderzoek is dit geschied door als gemiddelde uurwaarde aan te nemen het gemiddelde van vijf uitwijkingen, n.l. achtereenvolgens 20 en 10 min. vóór de uurstreep, die op het uur zelf, en 10 en 20 minuten daarna. De afstand tusschen de uurstrepen was voldoende constant, zoodat dit kon geschieden door een dun blaadje celluloid, waarin vijf lijntjes waren gekrast op onderlinge afstanden gelijk aan $1/6$ deel van den afstand der uurstrepen, op het fotogram te leggen en daarna met een loupe het aantal schaaldeelen af te lezen vanaf de kromme tot de nullijn. De nauwkeurigheid, hierbij bereikbaar, bedroeg $1/2$ schaaldeel (ongeveer $1/6$ mm). Waar noodig werden correcties voor verschoven uurstrepen aangebracht.

Deze uurgemiddelden der uitwijkingen moesten daarna herleid worden tot het potentiaalverval. Dit laatste wordt sinds $E \times n \times r$ algemeen in Volt per meter aangegeven. Daartoe was het noodig te vermenigvuldigen met twee factoren, en wel:

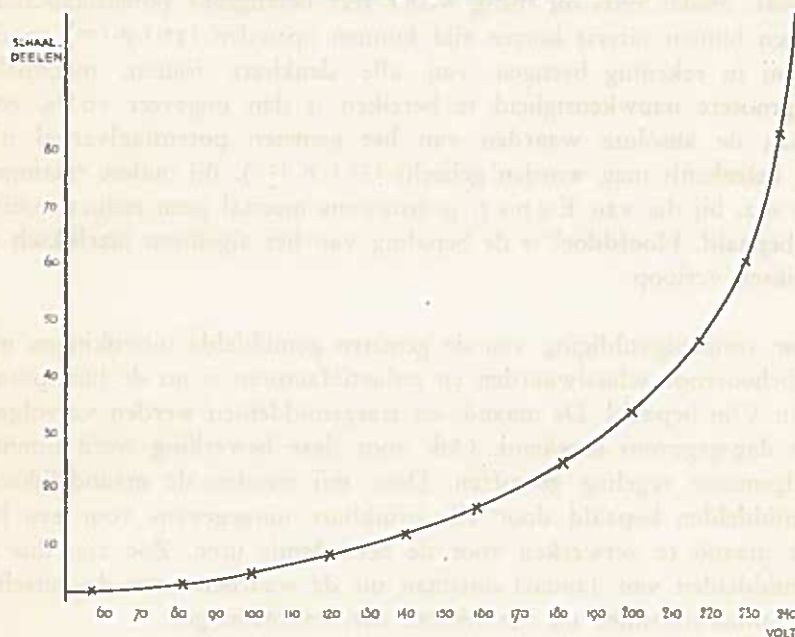
- 1e. de schaalwaarde, en
- 2e. den z.g. reductiefactor.

De schaalwaarde van den electrometer werd elke maand bepaald en ook bij de onderbrekingen aan het begin en het einde van elke waarnemingsreeks. Daarbij werd gebruik gemaakt van twee hoogspanningsbatterijen à 125 Volt, zoodat in totaal 250 Volt ter beschikking stond. De spanning dezer batterijen werd bij gebruik telkens geverifieerd met een mavometer. Het resultaat van iedere ijking werd in een diagram weergegeven van het type van figuur 14. Het continue verloop der verbindinglijn in deze figuur maakt het mogelijk ook eenige extrapolatie toe te passen. Anderzijds demonstreert deze figuur duidelijk de bezwaren van het toestel. In het gebied der hoge spanningen nadert de ijkkromme asymptotisch tot de lijn van (in dit geval) ongeveer 250 V. Practisch beteekent dit het volkomen verdwijnen van den draad uit het gezichtsveld bij deze spanning. Door ongevoeliger instellen kon deze grens verschoven worden tot maximaal plm. 600 Volt. Te ongevoelige instelling was echter zeer bezwaarlijk met het oog op den stand van zaken aan het andere einde der ijkkromme. Fig. 14 doet zien dat 30 à 40 V spanningsverschil

bij een totale spanning van minder dan 100 V onafleesbaar wordt in de uitwijkingen, waardoor allerlei onnauwkeurigheden ontstaan.

Onder den reductiefactor verstaat men het getal, waarmede de uit de uitwijkingen en de schaalwaarde verkregen geregistreerde spanningen vermenigvuldigd moeten worden om het potentiaalverval aan het aardoppervlak, boven een ongestoord terrein, in Volt per meter te verkrijgen. Deze metingen werden verricht op een open, groot terrein, schuin achter mijn

Fig. 14.
Voorbeeld van een ijklijn v. d. electrometer.



woning, en wel ongeveer eenmaal per 3 maanden. Daartoe werd de begroeiing van gras en onkruid zooveel mogelijk weggenomen en een mat van fijn kippengaas, lang 4 m en breed $1\frac{1}{2}$ m op den bodem vlak uitgespreid. In het midden van een geïsoleerden, één meter boven den bodem horizontaal opgehangen, 6 m langen draad werd een der collectoren bevestigd, terwijl de andere op de gewone waarnemingsplaats bleef. Doordat slechts één electrometer ter beschikking was, kon nu de reductiefactor niet beter bepaald worden dan door een groot aantal malen achtereenvolgens den eersten en den tweeden collector met den electrometer te verbinden en de uitslagen te vergelijken. Deze bepalingen werden, op twee uitzonderingen na, verricht in de late avonduren, omdat op dezen tijd van den dag het verloop van de fotogram-kromme het meest gelijkmatig

bleek te zijn. Uiteraard werd de reductiefactor alleen op wolkenlooze, ongestoorde dagen bepaald. Toch werden voor deze factor niet steeds dezelfde waarden gevonden. Gemiddeld was de waarde 1.63; zij varieerde tusschen 1.46 en 1.91, wanneer de collector aan den staaf bevestigd was (zie blz. 98). De resultaten van de beide bepalingen in de ochtenduren passen goed in dit kader (1.55 en 1.61).

Dat de waarden, die voor den reductiefactor gevonden werden, zoozeer uiteenloopen, behoefde niet te verontrusten. Kähler merkt op dat een ver doorgevoerde nauwkeurigheid der potentiaalmetingen weinig zin heeft, omdat zelfs bij rustig weder zeer belangrijke potentiaalschommelingen binnen uiterst korten tijd kunnen optreden (57, 1, p. 120) en dat zelfs bij in rekening brengen van alle denkbare fouten, meermalen geen grootere nauwkeurigheid te bereiken is dan ongeveer 10 %, zoodat aan de absolute waarden van het gemeten potentiaalverval niet teveel beteekenis mag worden gehecht (57, 1, p. 122). Bij oudere metingen, zooals o.a. bij die van Exner, is trouwens meestal geen reductiecoëfficiënt bepaald. Hoofddoel is de bepaling van het algemeen jaarlijksch en dagelijksch verloop.

Door vermenigvuldiging van de gemeten gemiddelde uitwijkingen met de bijbehorende schaalwaarden en reductiefactoren is nu de luchtpotentiaal in V/m bepaald. De maand- en jaargemiddelden werden vervolgens uit de dag-gegevens berekend. Ook voor deze bewerking werd nimmer een algemeene regeling getroffen. Door mij werden de maandelijksche uurgemiddelden bepaald door alle bruikbare uurgegevens voor een bepaalde maand te verwerken voor de betreffende uren. Zoo zijn dus de uurgemiddelden van Januari ontstaan uit de waarden voor de verschillende Januarimaanden uit het tijdvak der waarnemingen.

Reeds in het begin van deze paragraaf werd opgemerkt, dat voor betrouwbare resultaten een langdurig waarnemingstijdvak noodig is. Wanneer voor het onderhavig onderzoek voldoende waarnemingen ter beschikking hadden gestaan, zouden zeker alleen de gegevens voor geheele dagen gebruikt zijn, en waren van de gestoorde de nog „bruikbare” gegevens niet verwerkt. Uit de resultaten voor een aantal buitenlandsche stations blijkt echter, dat ook dan nog de lengte van het tijdvak van invloed is. Zoo leveren b.v. de stations Potsdam⁶⁹), Davos⁷⁰), en München⁷¹) voor 2 waarnemingsreeksen van verschillende lengten, een dagelijkschen en jaarlijkschen gang waarin zich tal van merkwaardige verschillen voordoen. Uit een en ander blijkt wel duidelijk dat het lichtelectrisch potentiaalverval, ook over langere perioden gemiddeld, een uiterst variabel element is.

De in de volgende paragrafen gegeven cijfers en beschouwingen moeten dan ook als voorloopig beschouwd worden. Het is zeer gewenscht de waarnemingen op een vast station voort te zetten, zoo mogelijk in combinatie met registraties van andere lucht-electrische elementen, onweders, enz. Dan kan tevens worden nagegaan of de indruk van schrijver dezes juist is, dat door het — door de eigenschappen van den electrometer onvermijdelijke — weglaten van verschillende hooge uurgemiddelden, de gevonden cijfers ietwat te laag zijn, niet het minst die voor de koudere maanden, en vooral die voor December. Ook kan dan worden onderzocht of factoren, die in langere termijnen varieeren, b.v. zonnevlekken, hier te lande invloed uitoefenen op het potentiaalverval.

§ 13. DE NORMALE JAARLIJKSCH EN DAGELIJKSCH GANG.

Tabel 23 biedt een beeld van den normalen dagelijkschen gang voor de verschillende maanden, het jaar, en voor het zomer- en winterseizoen afzonderlijk, waarbij de getallen zijn afgerond tot Volt per meter.

De laatste regel vertoont den jaarlijkschen gang van maand tot maand.

Het bleek noodig, daar het verloop der cijfers door de discontinuïteit der bruikbare waarnemingsgegevens hier en daar te onregelmatig was, op eenige plaatsen een lichte egalisatie toe te passen volgens de formule $(a+2b+c):4$.

Het gemiddelde potentiaalverval bleek te Harderwijk te bedragen: *142 Volt per meter.*

De jaar- en seizoencijfers voor elk uur zijn de gemiddelden der maand-aantallen. Deze wijken door het weglaten der decimalen en de egalisatie hier en daar iets af van de uit de tabel te berekenen gemiddelden.

A. De jaarlijksche gang.

Deze vertoont de algemeene kenmerken, die karakteristiek zijn voor de meeste potentiaalregistraties op het noordelijk, en een groot aantal op het zuidelijk half rond, n.l. een maximum in het midden van den winter, afneming van winter tot zomer, een minimum in Juni of een der omliggende maanden, en vervolgens aangroei tot Januari.

Voor een zeer nauwkeurige bepaling van het jaarverloop is een langduriger waarnemingreeks noodig: de gegeven gang moet beschouwd worden als een eerste benadering.

Ter vergelijking biedt Tabel 24 de afwijkingen van de jaargemiddel-

Tabel 23.
Maandelijksche uurgemiddelden van het potentiaalverval in Volt/meter.

Uur	Jan.	Febr.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar	Winter Dec.—Febr.	Zomer Juni—Aug.
0	203	191	142	96	97	131	141	97	106	107	117	164	133	186	123
1	195	170	136	87	102	102	129	84	109	121	112	128	123	164	105
2	150	139	118	99	109	84	126	77	114	140	105	113	115	134	99
3	124	112	104	117	123	72	117	88	117	148	114	104	112	113	92
4	105	123	76	127	146	101	119	100	142	157	119	118	119	115	107
5	99	136	79	138	168	127	141	107	151	155	126	142	132	126	125
6	103	165	92	150	181	149	157	119	173	170	138	151	146	140	142
7	129	184	120	161	174	166	169	140	176	186	157	164	160	159	158
8	159	177	143	164	156	157	177	161	168	181	174	177	166	171	165
9	173	165	157	160	119	140	175	174	151	151	187	183	161	174	163
10	190	160	175	145	88	126	164	186	136	142	165	164	153	171	159
11	192	155	199	128	73	113	157	176	126	125	161	161	147	169	149
12	195	136	189	106	81	103	143	165	112	131	149	147	138	159	137
13	188	138	163	87	89	99	120	156	101	126	135	130	128	152	125
14	179	149	127	99	95	106	111	121	98	122	128	144	123	157	113
15	184	163	120	94	107	85	90	110	94	115	127	168	121	172	95
16	231	178	134	88	123	74	86	117	84	93	121	183	126	197	92
17	270	214	148	89	149	72	73	130	107	88	142	201	141	228	92
18	277	233	186	111	170	93	103	142	126	107	173	209	162	240	113
19	255	226	192	153	183	128	130	151	139	132	187	198	173	226	136
20	215	198	177	173	175	158	149	154	146	159	176	191	173	201	154
21	203	178	165	165	149	181	161	139	149	151	154	182	165	188	160
22	211	158	159	141	138	161	154	115	124	137	137	161	150	177	143
23	206	151	150	114	116	139	146	106	117	116	126	146	136	168	130
Maand- gemidd.	185	167	144	125	130	119	135	130	128	136	143	159	142	170	128

den in elke maand voor een aantal stations op het noordelijk halfmond, ten deele overgenomen uit Chauveau (⁶⁸, p. 133). Het zijn de stations Potsdam (⁵⁷, p. 139), Kew (⁷²), München (⁷¹), Kremsmünster (⁷³). Davos (⁵⁷, p. 147), Tortosa (⁷⁴) en Karasjok (⁷⁵). Weergegeven zijn de afwijkingen der maandgemiddelden t.o.v. het jaargemiddelde voor elk station, en de amplitudes, gedefinieerd als het verschil der beide extremen in de maandcijfers in verhouding tot het jaargemiddelde. De enkelvoudige golf komt bij al deze stations voor den dag. Wat den algemeenen gang betreft, is er bevredigende overeenkomst tuschen het te

Tabel 24.
Jaarverloop van het potentiaalverval
(afwijkingen van het gemiddelde per station).

	Harderwijk. (2 jaar)	Potsdam. (20 jaar)	Kew. (15 jaar)	München. (20 jaar)	Krensm. (10 jaar)	Davos. (8 jaar)	Tortosa. (7 jaar)	Karadjok. (1 jaar)
Januari	+ 43	+ 75	+ 105	+ 91	+ 50	+ 44	+ 10	+ 60
Februari	+ 25	+ 67	+ 92	+ 73	+ 46	+ 44	+ 15	+ 70
Maart	+ 2	+ 15	+ 39	+ 5	- 2	+ 22	+ 5	+ 52
April	- 17	- 17	- 17	- 35	- 23	+ 5	+ 2	- 8
Mei	- 12	- 37	- 66	- 60	- 23	- 17	- 6	- 36
Juni	- 23	- 52	- 97	- 58	- 29	- 30	- 10	- 49
Juli	- 7	- 52	- 95	- 52	- 26	- 26	- 14	- 41
Augustus	- 12	- 49	- 81	- 40	- 21	- 25	- 18	- 46
September	- 14	- 34	- 58	- 35	- 10	- 21	- 5	- 46
October	- 6	- 13	- 10	- 22	- 5	- 16	- 1	- 18
November	+ 1	+ 23	+ 82	+ 33	+ 16	+ 8	+ 2	+ 28
December	+ 17	+ 69	+ 105	+ 97	+ 25	+ 18	+ 22	+ 36
Jaargemiddelde in V/m	142	203	304	179	107	66	114	139
Amplitude	0.47	0.63	0.66	0.88	0.74	1.12	0.35	0.86

Harderwijk waargenomen potentiaalverloop en de andere. Zooals reeds werd opgemerkt, is de stijging tegen het einde des jaars, in verhouding tot die bij de andere stations, hier gering. Onbelangrijke secundaire extremen treden te Harderwijk op in April (min.), Mei (max.), Juli (max.) en Sept. (min.). Het komt ons waarschijnlijk voor dat sommige bijzonderheden bij waarnemingen op langere termijn zullen verdwijnen. Intusschen werden te Tortosa en te Karadjok eveneens secundaire maxima en -minima in het verloop gevonden, doch in andere maanden.

Opvallend is de betrekkelijk geringe jaarlijksche amplitude in den gang van het potentiaalverval te Harderwijk. Slechts te Tortosa is deze grootheid nog kleiner. Wat dit betreft merkt Chauveau op, dat vermoedelijk de voortreffelijke ligging van dit Spaansche station, en zijn geringe afstand van de zee, van beteekenis zal zijn, en dat het waarschijnlijk is, dat de nabijheid der zee een factor is die overweegt op andere locale omstandigheden (68, p. 133). Hiertoe concludeert hij uit gegevens voor Triest en Algiers. Het ligt voor de hand aan te nemen dat ook voor Harderwijk deze invloed beteekenis moet hebben.

Voor de meeste continentale stations van het zuidelijk halfrond treden de maxima en minima ongeveer gelijktijdig op met die van het noordelijk deel der aarde. Ondanks dezen stand van zaken meent *Chauveau* (68, p. 129) dat naar alle waarschijnlijkheid de invloed der jaargetijden, waarmede de meteorologische omstandigheden zoo innig verbonden zijn, de voornaamste factor is in het jaarverloop.

Daarentegen is *Rey* (61, p. 86), en met hem *Bauer* (76), van meening, dat het potentiaalverloop, meer dan door seizoensinvloeden, bepaald wordt door de zonnewerking en dat daarom op de meeste plaatsen het potentiaalmaximum optreedt ten tijde van het perihelium (den noordelijken winter), en het minimum tijdens het aphelium, wanneer de zon dus verder van de aarde verwijderd is. De plaats der aarde in de ecliptica zou dan dus den hoofdfactor vormen.

Bauer concludeert hiertoe mede naar aanleiding van een verband, dat hij meent gevonden te hebben tusschen het potentiaalverval (en wel de dag- en jaaramplitude) eener- en het aantal zonnevlekken anderzijds. Seizoensinvloeden kunnen dan hoogstens verschuivingen in de tijdstippen der extremen bewerken. Om in deze eenige zekerheid te verkrijgen is echter een veel langere waarnemingsreeks noodig dan de door *Bauer* bewerkte van Tortosa.

B. De dagelijksche gang.

Voor het onderzoek naar de oorzaken van de instandhouding van het electrische veld der atmosfeer is de dagelijksche gang van meer beteekenis dan de jaarlijksche. Echter doen de storende invloeden door locale omstandigheden zich hier in veel sterkere mate gelden, zoodat het van belang is zooveel mogelijk algemeene kenmerken van bijzonderheden te onderscheiden. Dit eischt in de eerste plaats weer langdurige registratiereeksen, doch niet minder waarnemingen in zeer vele plaatsen, zoowel te land als ter zee, en op verschillende hoogte. Aan het waarnemingsmateriaal, dat in den loop der jaren is bijeengebracht, ontbreekt nog te veel, zoodat geen andere dan zeer algemeene conclusies kunnen worden getrokken. Het ligt voor de hand dat de resultaten van eenige jaren intermitterend waarnemen te Harderwijk weinig nieuwe aspecten kunnen openen. Het eerste doel is dan ook niet meer dan de hier te lande verkregen voorloopige uitkomsten te vergelijken met de buitenlandsche gegevens, teneinde na te gaan of zich kenmerkende verschilpunten voordoen.

In het algemeen is de invloed van storingen, door niet-vrije ligging van de plaats van waarneming, in verband met belendingen enz., van dien aard dat, zooals *Chauveau* opmerkt, de dagelijksche gang er soms volledig door gewijzigd kan worden (68, p. 100).

Gewoonlijk heeft het dagelijksch verloop, althans bij waarnemingen op geringe hoogte boven den bodem, den vorm van een dubbele golf, waarbij de minima optreden in de tweede helft van den nacht (3—6 uur v.m.) en in het begin van den namiddag (12—16 uur n.m.), dus bij benadering op de tijdstippen waarop zich de temperatuurextremen voordoen. De beide maxima treden achtereenvolgens eenige uren na zonsopgang en ongeveer bij zonsondergang op. Deze gang van zaken doet zich bij de groote meerderheid der stations op het noordelijk halfrond voor, evenwel niet zonder onderlinge verschillen, terwijl in den loop van een jaar in het algemeen verschuivingen worden geconstateerd in denzelfden zin als die van de tijdstippen van op- en ondergaan der zon, hoewel in mindere mate dan bij deze laatste het geval is.

Van de extremen blijkt het avondmaximum den invloed van het jaar- getijde het sterkst te ondergaan; dit maximum vertoont althans vrij groote verschuivingen, in tegenstelling met het nachtelijk minimum. Deze beide extremen vormen de hoofdelementen in den dagelijkschen gang: op beide halfronden treft men ze in alle jaargetijden aan, zooals o.m. de grafieken in het werk van *M a t h i a s* doen zien (61, p. 76, 78).

De andere extremen verdwijnen onder bepaalde omstandigheden voor een aantal stations geheel of ten deele. In het bijzonder in de koudere maanden is dit het geval, zoodat de dubbele golf dan neiging vertoont over te gaan in een enkelvoudige. Het zomerverloop heeft daarentegen vrij algemeen den dubbelen golf-vorm. Ook voor de gemiddelde dagelijkse variatie per jaar blijft gewoonlijk deze vorm behouden. *C h a u v e a u* meent te constateeren dat de bijkomende extremen temeer van beteekenis zijn, naarmate het station meer storende belendingen bezit, en stelt dan vast — waarschijnlijk op het voetspoor van *M a u c h l y*, die dit opmerkte naar aanleiding van de resultaten der oceaanwaarnemingen met de *Carnegie* (1915—1921)⁷⁷⁾ — dat het normale verloop eigenlijk overal een enkelvoudige golf moet vormen in het eerstgenoemde maximum en minimum als extremen (68, p. 102). De nabijheid der zee (*Tortosa*) en toenemende hoogte van het referentiepunt boven den bodem (*Eiffeltoren*) (68, p. 105) verzwakken eveneens de beide bijkomende extremen.

Deze vooral in de warmere maanden optredende extremen zouden dus beschouwd mogen worden als gevolgen van storingen, samenhangend met de intensievere zonnestraling en de hoogere temperaturen, b.v. sterkere verdamping en convectie, waardoor o.a. grootere hoeveelheden vliegstof opstijgen naar hoogere lagen.

Daarenboven is voor eenige stations een bijzondere secundaire golf in het dagelijksch verloop geconstateerd, die op den gewonen gang gesuperponeerd is, en aanleiding kan geven tot het optreden van een extra-maxi-

imum in den namiddag, waardoor meermalen het gewone namiddag-maximum zoo al niet geheel verdwijnt, dan toch belangrijk vermindert in beteekenis. Ch a u v e a u merkte deze extra-golf te Parijs op, en wel evenzeer dicht bij den bodem als op den Eiffeltoren, met maxima respectievelijk om 13.30 en 13.45 uur. Dit verschijnsel komt in den winter duidelijker uit dan in den zomer (Potsdam, Tortosa, Kremsmünster (68, p. 125—127). Echter is bij andere stations in geen enkel seizoen iets van deze golf te constateeren (o.a. te Kew).

Voor mogelijke verklaringen van deze bijzonderheden is echter, met het oog op de onvoldoende hoeveelheid waarnemingsmateriaal, de tijd nog niet rijp.

De meest voor de hand liggende indeeling der stations is gebaseerd op het karakter van den dagelijkschen gang.

Ch a u v e a u onderscheidt de volgende categorieën:

1. Stations met enkelvoudige dagoscillatie gedurende het geheele jaar: Karasjok, Eiffeltoren, Samoa;
2. Stations met dubbele dagoscillatie in den zomer, overgaande in of naderende tot enkelvoudige golf in den winter: Potsdam, Tortosa, Kremsmünster;
3. Stations met blijvende dubbele daggolf: Kew, München;
4. Stations met in den zomer een namiddagminimum, terwijl het nachtelijk minimum in dit seizoen geheel, of nagenoeg geheel, verdwenen is: Collège de France, Greenwich.

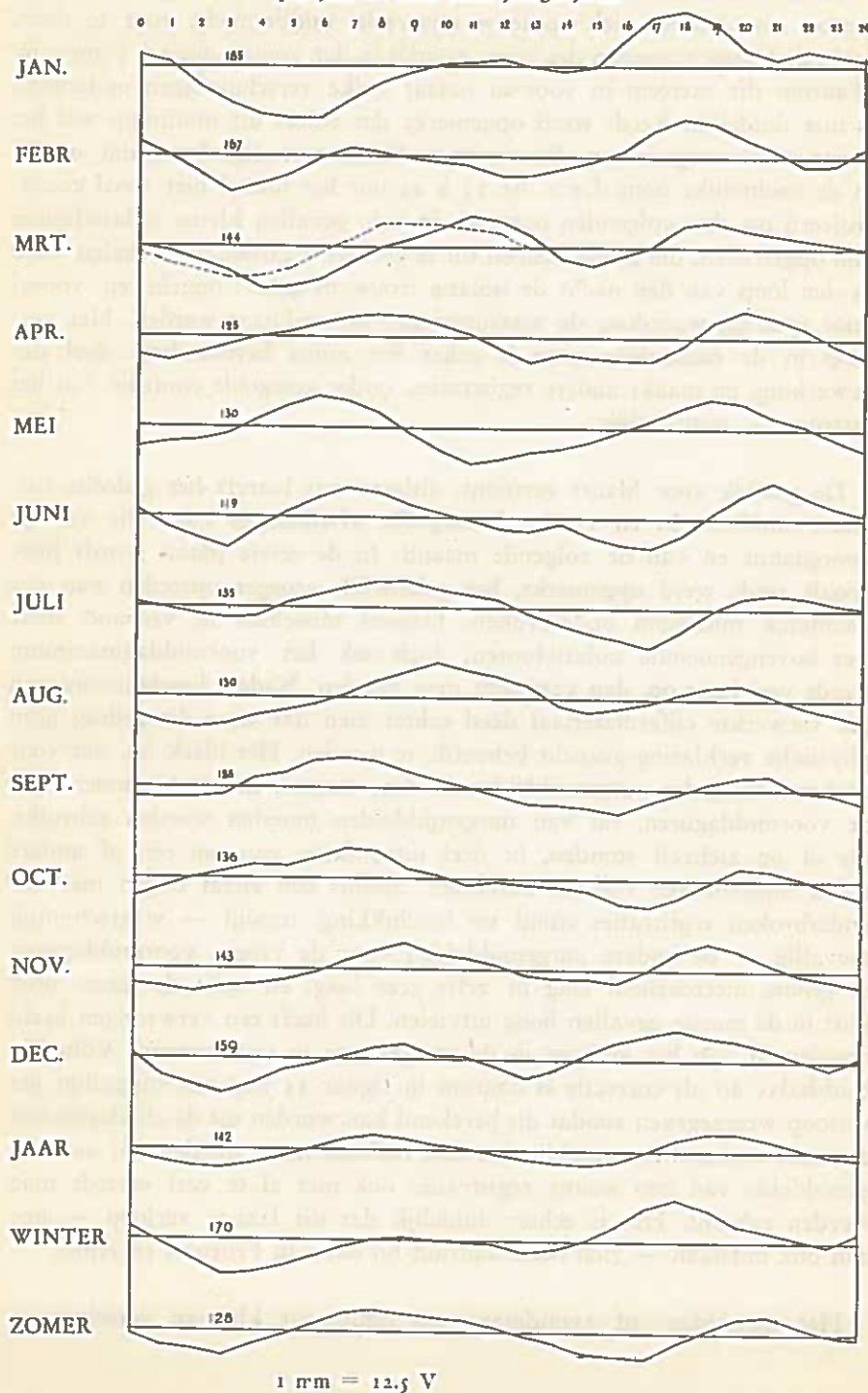
Uit tabel 23, en figuur 15 blijkt dat de dagelijksche gang te Harderwijk overeenkomt met de groep, hierboven onder 3 genoemd, met een lichte neiging tot overgaan naar 2.

De dubbele golf treedt in alle maanden van het jaar op, het namiddag-minimum in de wintermaanden is echter relatief van minder beteekenis dan in het zomerseizoen. Vooral in Januari blijkt dit het geval te zijn.

In de koudere maanden is het nachtelijke minimum van meer beteekenis dan dat in den namiddag. Van April tot en met October — Augustus uitgezonderd — is het omgekeerde het geval. Dit verschijnsel blijkt zich in hoofdzaak ook bij een aantal andere Europeesche stations voor te doen (Potsdam, Kew, Parijs) (68, p. 120—124). De grafieken voor den zomer en den winter, in fig. 15 weergegeven, doen een en ander duidelijk uitkomen.

Anders dan bij de bovengenoemde stations blijkt echter te Harderwijk het nachtelijke minimum aan belangrijke verschuivingen onderhevig te zijn. Van Januari tot Mei vervroegt het zich — Maart uitgezonderd — geleidelijk van 5 uur v.m. tot middernacht.

Fig. 15.
Dagelijksche gang van het Potentiaalverval per maand,
per jaar en voor twee jaargetijden.



In de zomermaanden treedt het weer eenige uren later op, om in September en October zich opnieuw omstreeks middernacht voor te doen, en in de laatste maanden des jaars, evenals in den zomer, om 2 à 3 uur v.m. Waarom dit extreem in voor-en najaar zulke verschuivingen ondergaat, is niet duidelijk. Reeds werd opgemerkt dat elders dit minimum wel het meest standvastige is van alle extremen. Het is niet uitgesloten, dat, omdat in de nachtelijke uren d.w.z. na 23 à 24 uur het toestel niet werd gecontroleerd tot den volgenden ochtend, in vele gevallen kleine isolatiefouten zijn opgetreden, die geleid hebben tot te geringe waarden. Meermalen werd in den loop van den nacht de isolatie trouwens geheel opgeheven, vooral door spinrag, waardoor de waarnemingen onbruikbaar werden. Het verloop in de nachtelijke uren is zeker het minst betrouwbare deel der bewerking, en maakt nadere registraties, onder geregelde contrôle van het instrument, wenschelijk.

De grafiek voor Maart vertoont, althans wat betreft het gedeelte tusschen middernacht en 13 uur belangrijke afwijkingen t.a.v. die van de voorgaande en van de volgende maand. In de eerste plaats wordt hier, zooals reeds werd opgemerkt, het geleidelijk vroeger optreden van het nachtelijk minimum onderbroken, hetgeen misschien in verband staat met bovengenoemde isolatiefouten; doch ook het voormiddagmaximum treedt veel later op, dan verwacht mag worden. Nadere beschouwing van het verwerkte cijfermateriaal deed echter zien dat voor dit gedrag geen physische verklaring gezocht behoefde te worden. Het bleek n.l. dat voor de berekening der uurgemiddelden in deze maand, in het bijzonder voor de voormiddaguren, tal van uurgemiddelden moesten worden gebruikt, die òf op zichzelf stonden, òf deel uitmaakten van om een of andere reden onderbroken reeksen uurcijfers. Slechts een elftal dagen met ononderbroken registraties stond ter beschikking, terwijl — waarschijnlijk toevallig — de andere uurgemiddelden voor de vroege voormiddaguren in groote meerderheid laag of zelfs zeer laag, en voor de latere uren juist in de meeste gevallen hoog uitvielen. Dit heeft een verwrongen beeld opgeleverd van het verloop in de morgenuren in deze maand. Volledigheidshalve en als correctie is daarom in figuur 15 met een stippellijn het verloop weergegeven zoodat dit berekend kan worden uit de elf dagen met continue registraties, waarbij uiteraard bedacht moet worden dat aan een gemiddelde van zoo weinig registraties ook niet al te veel waarde mag worden gehecht. Het is echter duidelijk dat dit laatste verloop — hoe dan ook ontstaan — zich beter aansluit bij dat van Februari en April.

Het namiddag- of avondmaximum ondergaat kleinere verschuivin-

gen dan het nachtelijke minimum. Van Januari tot Juni verlaat het zich van 18 tot 21 uur, dus in denzelfden zin als het ondergaan der zon, hoewel in mindere mate: een verschijnsel dat elders eveneens werd opgemerkt. Van September tot December zien we dienovereenkomstig dit maximum telkens een uur vroeger verschijnen. De kleine afwijkingen in Mei en Augustus zijn van ondergeschikte beteekenis. Op een aantal punten vertoont dit extreem overeenkomst met het namiddagmaximum in den dagelijkschen gang der onweersfrequentie. Zooals reeds in § 9 werd opgemerkt valt b.v. ook het onweersmaximum in Januari en Februari in het 18e uur. Anderzijds zijn er echter zooveel verschilpunten dat een en ander niet tot nadere conclusies kan voeren.

Het tijdstip der beide andere extremen is weer aan onregelmatige verschuivingen onderworpen.

Het namiddagminimum blijkt in de zomer- en herfstmaanden gewoonlijk een aantal uren later op te treden dan in den winter en de lente. In Mei valt dit dieptepunt reeds vóór den middag. Even grillig is de beweging van het voormiddagmaximum, uitgezonderd evenwel in de laatste vier maanden des jaars. Wanneer mag worden aangenomen dat inderdaad de laatstgenoemde extremen aan storende invloeden te wijten zijn, treden deze te Harderwijk in de verschillende maanden des jaars wel zeer onregelmatig op. Niet uitgesloten is dat in de voor- en najaarsmaanden ettelijke stofbuien hiertoe het hare hebben bijgedragen, alsook de dagen met lichter en nevel, die in rekening moesten worden gebracht, teneinde, althans voor een aantal maanden, over voldoende registraties te kunnen beschikken.

Wat de op blz. 107, 108 beschreven secundaire golf betreft, die op het gewone verloop moet zijn gesuperponeerd, hiervan zijn in figuur 15 nauwelijks eenige sporen op te merken. Slechts het merkwaardige kleine nevenmaximum, dat in April en Juni om 14 uur n.m. optreedt moet vermoedelijk met deze golf verband houden, terwijl het niet uitgesloten is dat het rechtlijnig verloop der lijnen tusschen 12 à 13 en 15 à 16 uur, in September, October en November eveneens hiermede in verband staat.

Resumeerende kan worden opgemerkt, dat het waarschijnlijk is, dat het potentiaalverloop per maand en per jaargetijde te Harderwijk een beeld moet vertoonen dat op vele punten overeenkomt met dat van andere laaggelegen Europeesche stations. Volkomen nieuwe aspecten doen zich niet voor, wanneer althans de gevonden afwijkingen inderdaad aan de kortheid der waarnemingsreeks en aan het meetellen van licht-gestoorde dagen mogen worden geweten.

Tabel 25.
De uren, waarop de maxima en minima in den dagelijkschen gang van het
potentiaalverval voor de jaargetijden optreden op een aantal Europeesche stations.

	LENTE							ZOMER						
	Ha.	Po.	Kew.	Mü.	Kr.	To.	Ha.	Po.	Kew.	Mü.	Kr.	Da.	To.	Ka.
min. 1	1-2	3-4	4	2-3	4	4	3	4-5	3-4	3-4	4	3-4	4	4-5
max. 1	8	8-9	8-9	7-8	—	8-9	8-9	8-9	8-9	7-8	7-8	7-8	8	—
min. 2	14-15	16	14	15-16	—	11-12	16-17	14-15	14-15	15	13-14	12-13	16	—
max. 2	19-20	21	20-21	20-21	19-20	20	21	21-22	21	20	19-20	18-19	20	21-22
nacht. ampl. .	0.51	0.31	0.48	0.93	0.59	0.54	0.57	0.27	0.48	0.94	0.55	1.00	0.54	0.56
dag. ampl. ...	0.52	0.34	0.46	0.60	—	0.35	0.57	0.47	0.46	0.64	0.17	0.74	0.43	—
n.a. : d.a. ...	0.98	0.91	1.04	1.55	—	1.54	1.00	0.57	1.04	1.47	3.24	1.35	1.26	—
	HERFST							WINTER						
	Ha.	Po.	Kew.	Mü.	Kr.	To.	Ha.	Po.	Kew.	Mü.	Kr.	Da.	To.	Ka.
min. 1	0-1	3-4	3-4	3-4	3-4	4	3-4	4-5	4	2-3	4	3-4	2-3	4-5
max. 1	7-8	9-10	9	8-9	9-10	8-9	9	—	9-10	9	14	12	13-14	—
min. 2	16	14-15	13-14	14-15	12	16	13	—	14	15-16	17	14-15	16-17	—
max. 2	20	20-21	19-20	18-19	19	19-20	18	19-20	19	19-20	19	18-19	18-19	20-21
nacht. ampl. .	0.47	0.37	0.33	0.89	0.67	0.67	0.42	0.42	0.40	0.70	0.82	0.80	0.51	0.87
dag. ampl. ...	0.55	0.23	0.47	0.47	0.28	0.38	0.52	—	0.18	0.25	0.31	0.29	0.17	—
n.a. : d.a. ...	0.85	1.61	1.50	1.89	2.39	1.76	0.81	—	2.22	2.80	2.65	2.76	3.00	—

Ha. = Harderwijk. Po. = Potsdam. Mü. = München. Kr. = Kremsmünster.
To. = Tortosa. Da. = Davos. Ka. = Karasjok.

Het dagelijksch verloop over het geheele jaar vertoont een fraaie dubbele golf, met maxima en minima, waarvan de tijdstippen goed overeenkomen met die bij andere stations, n.l. de minima resp. om 3 en om 15 uur, en de maxima om 8 en om 20 uur.

Ook de in figuur 15 mede in beeld gebrachte gang voor winter- en zomerseizoen is in goede overeenstemming met het elders gevondene. Opvallend is de belangrijk grootere amplitude der wintermaanden, vergeleken met die van den zomer.

Teneinde een goede vergelijking mogelijk te maken met het verloop voor andere stations, worden in de tabellen 25 en 26 voor de reeds in tabel 24 genoemde stations overzichten gegeven van de tijdstippen, waarop in de seizoenen (25) en per jaar (26) de minima en maxima achtereenvolgens optreden.

Hierbij valt op dat te Harderwijk het nachtelijke minimum in den herfst en de lente zeer vroeg valt. Eveneens is dit het geval met het namiddagminimum in den winter. Dit laatste extreem doet zich hier echter in den herfst iets later voor dan elders. Evenwel vertoonen de andere stations onderling ook verschillen van dezelfde grootte-orde.

Tevens bieden deze tabellen de waarden der nachtelijke- en dagelijksche amplitudes (n.a., resp. d.a.), volgens C h a u v e a u (68, p 111) gedefinieerd als het verschil tusschen de gemiddelde waarde van het pot. verval in het nachtelijk-, resp. namiddagminimum, en het hoogste dagmaximum, gedeeld door het gemiddelde potentiaalverval in het betreffende seizoen. De laatste regel geeft een overzicht van de quotienten dezer amplitudes n.a. : d.a. Opvallend is dat dit quotient in den winter te Harderwijk klei-

Tabel 26.

De uren, waarop de maxima en minima in den dagelijkschen gang van het potentiaalverval per jaar optreden op een aantal Europeesche stations.

	Hard.	Potsd.	Kew	Münch.	Krems.	Davos	Tortosa	Karasz.
min. 1	3	4	4	2-3	4	3-4	3-4	4-5
max. 1	8	9	9	8-9	—	8	8-9	—
min. 2	15	15	14	15-16	—	14-15	16-17	—
max. 2	19-20	20-21	20-21	19-20	19	18-19	19-20	20-21
nacht. ampl.	0.43	0.31	0.41	0.78	0.67	0.70	0.53	0.80
dag. ampl.	0.37	0.22	0.30	0.38	—	0.34	0.29	—
n.a. : d.a.	1.16	1.40	1.37	2.05	—	2.06	1.83	—
golf	dubb.	dubb.	dubb.	dubb.	driev.	dubb.	driev.	enk.

ner is dan in de andere seizoenen. Uiteraard houdt dit verband met het hier in December en Februari zeer duidelijk aanwezige namiddagminimum. Voor het geheele jaar is het quotient n.a. : d.a. te Harderwijk relatief klein.

Het verloop der cijfers van tabel 23 doet terecht vermoeden dat een z.g. isoplethen-voorstelling, zooals soms van den gang van het potentiaalverval van maand tot maand gegeven wordt, voor Harderwijk een zeer onoverzichtelijk beeld biedt. Hierbij neemt men als abscissen de uren, als ordinaten de maanden, terwijl men de waarden van het potentiaalverval voor elk uur per maand inschrijft en daarna lijnen van gelijk potentiaalverval trekt. Met de gevonden cijfers is in deze voorstelling weinig regelmaat te bespeuren.

§ 14. ABNORMALE WAARDEN. INVLOEDEN VAN METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN.

Zooals reeds in § 11 werd medegedeeld, is de electrometer van Kohl-
h ö r s t e r niet geschikt om groote afwijkingen van de gemiddelde waarden van het potentiaalverval weer te geven. Bij groote positieve en negatieve waarden, die in zeer vele gevallen abrupt optreden, verlaat de draad het gezichtsveld van den microscoop, waarbij veelal verkleefing optreedt, zoodat de draad niet uit eigen beweging kan terugkeeren, terwijl bovendien de fotografische registratie door te zwakke belichting en te langzame beweging van het gevoelige papier bij snelle bewegingen van den draad geen zichtbaar, althans geen meetbaar, beeld oplevert.

Daardoor ontstaan bij storingen meestal onderbrekingen als voorgesteld door fig. 16, waaruit voor het verdere verloop niets is op te maken.

Gewoonlijk verlaat de draad, zelfs bij de meest ongevoelige instelling, waarbij nog meting, althans schatting, van het potentiaalverval mogelijk is, op gestoorde dagen eens of meermalen op deze wijze het veld. Zoowel door neerslag, bewolking en mist, als bij hevigen wind (stofbuien) was dit het geval. Het was daarom volkomen uitgesloten op deze wijze iets van eenige beteekenis omtrent de variaties van het aardelectrisch veld op onweersdagen gewaar te worden. Zelfs op vele oogenschijnlijk heldere dagen traden potentiaalschommelingen op van een grootte en een snelheid, die registratie onmogelijk maakten. Dit laatste komt bij alle potentiaalmetingen voor, zooals uit de literatuur blijkt (68, p. 155). Zeer veel negatieve uurgemiddelden zijn trouwens van heldere dagen afkomstig.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegevens van de aantallen abnormale waarden, waarvoor nog uurgemiddelden konden worden bepaald, terwijl wordt nagegaan, welk verband eventueel bestaat tusschen deze afwijkingen en meteorologische omstandigheden.

De resultaten van dit onderzoek hebben slechts zeer betrekkelijke waarde, omdat een groot deel der abnormale uurgemiddelden niet uit te meten was en dus niet in rekening kon worden gebracht. Daardoor bevatten de cijfers, die in het volgende gegeven worden, hoogstens aanwijzingen voor mogelijk verband.

Een deel der gestoorde dagen kon niet in beschouwing komen, omdat het onmogelijk was op deze dagen bruikbare registraties te verkrijgen. De gegeven aantallen hebben dus uitsluitend betrekking op storingen van tijdelijken aard, d.w.z. optredende gedurende een deel van den dag.

Van het totaal der bepaalde uurgemiddelden (9738) waren 1081, dus ruim 11%, abnormaal te noemen.

Hiervan waren 506 uurgemiddelden duidelijk negatief, d.i. 47% (of 5.2% van het totaal aantal uurgemiddelden). Vervolgens zijn als abnormaal aangemerkt de uurgemiddelden, die wél positief waren, doch meer dan 75 % grooter of kleiner dan het gemiddelde van dat uur in de betreffende maand. Dit was resp. het geval met 298 en 277 uurgemiddelden. (Het tamelijk kleine aantal sterk positieve gemiddelden is mede een gevolg van het geringe meetgebied van den electrometer, waardoor dus alle gemiddelden min of meer gedrukt worden). Het aantal abnormaal groote uurgemiddelden bedraagt 27.6 %, dat der abnormaal kleine 25.6 % van het totaal aantal abnormale gemiddelden (respectievelijk 3,1 en 2,8% van het totaal aantal bepaalde uurgemiddelden). Hieruit blijkt wel dat op normale dagen de meeste schommelingen binnen bepaalde perken plaats vinden, zoodat op zulke dagen met recht van een „normalen gang” gesproken mag worden.

Tabel 27 geeft de verdeling der abnormale uurgemiddelden naar de drie genoemde categorieën over den dag, eveneens uitgedrukt in procenten, en wel van het aantal gemiddelden dat voor elk uur bepaald werd.

Hieruit blijkt dat in de nachtelijke uren de minste storingen optraden, althans voor wat betreft het aantal negatieve gemiddelden. Deze bereiken maximale waarden tegen het einde van den namiddag en in den avond, in verband met de verschillende meteorologische storingen. Dit verloop vertoonen eveneens de abnormaal positieve gemiddelden, terwijl de te kleine positieve min of meer gelijkmatig over den dag verdeeld zijn.

Wat de verdeling over de verschillende jaargetijden betreft, het heeft weinig zin hiervan een tabellarisch overzicht te geven in verband met de

Tabel 27.
Verdeeling van de aantallen abnormale uurgemiddelden over den dag,
in procenten van het aantal bepaalde uurgemiddelden voor elk uur.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Aantal negatieve gemiddelden	4.5	4.2	4.7	5.0	3.2	2.8	2.5	2.6	3.0	1.8	2.6	2.6	4.1	5.4	6.8	6.5	8.0	8.8	10.8	9.2	9.7	8.9	6.8	5.3
" te kleine positieve "	2.7	2.5	3.2	2.8	2.6	3.0	3.5	2.9	2.4	2.1	1.6	1.4	1.9	1.9	2.3	2.5	2.8	2.1	2.6	3.1	3.5	3.3	3.7	2.9
" te groote positieve "	2.4	2.1	1.1	0.7	1.8	1.4	1.3	1.9	1.1	0.9	1.7	2.0	2.6	4.3	5.1	4.8	7.3	6.6	7.5	6.3	4.0	3.7	3.1	3.0
Percentage abnorm. gemidd.	9.6	8.9	9.0	8.5	7.6	7.3	7.3	7.3	6.5	4.8	5.8	6.1	8.6	11.6	14.3	13.8	18.0	17.5	20.9	18.6	17.3	15.9	13.6	11.2

onzekerheid der cijfers. Van belang is slechts dat bijna 67% der bepaalde negatieve en te kleine positieve uurgemiddelden optraden in zomer en herfst, terwijl daarentegen ongeveer 62 % der abnormaal hoge positieve gemiddelden voor rekening komen van winter en lente. Blijkbaar is hier verband met de verdeling van den neerslag over de jaargetijden. Deze bereikt n.l. maximale waarden in zomer en herfst, terwijl, zooals hieronder nader wordt beschreven, de meeste regenuren een negatief of klein positief potentiaalverval hebben. Ook opgewaaid fijn stof, dat in den zomer en den herfst veel in de atmosfeer voorkomt, oefent deprimeerenden invloed op het potentiaalverval uit.

Meteorologische invloeden komen op onderscheidene wijzen in de registraties van het potentiaalverval tot uiting. Tabel 28 biedt van een en ander een globaal overzicht. Voor de samenstelling van deze tabel kon uiteraard slechts gebruik worden gemaakt van de cijfers van die uren, waarvoor meteorologische gegevens te Harderwijk waren aangeteekend. Daardoor zijn de nachtelijke uren en de uren waarop de waarnemer afwezig was slechts ten deele verwerkt. De windkracht en de bewolking werden 4 à 6 maal per dag gelijktijdig genoteerd. Begin en einde van regenbuien, benevens de hoeveelheden neerslag werden steeds opgeteekend. Als abnormale gemiddelden werden beschouwd de positieve uurcijfers, die meer dan 75% te hoog of te laag waren, in vergelijking met het gemiddelde voor het betreffende uur in de geheele maand. De aantallen van tabel 28 zijn de percentage's abnormale uurgemiddelden, berekend van het totaal aantal uurcijfers voor elke rubriek van meteorologische omstandigheden afzonderlijk. Een en ander geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen:

Tabel 28.

Aantallen abnormale uurgemiddelden bij verschillende meteorologische omstandigheden, in procenten van het aantal uurgemiddelden per rubriek.

RUBRIEK	> 75 % te gr. pos.	> 75 % te kl. pos.	neg.
Windkracht > 6 Beauf.	—	38	23
Mist en Nevels	62	7	—
Zand en Stofstorm	—	40	60
Gesloten wolkendek (St.) enz.	1	19	13
Gebroken bewolking (Ci, Cu) enz.	3	7	8
Langdurige regen	—	21	19
Kortere regenbuien	13	9	21
Sneeuw (nat en droog)	42	17	17

1. *Temperatuur.*

Deze vormt een der minst zekere factoren in den gang van het potentiaalverval per dag en per jaar. Terwijl n.l., zooals reeds in § 13 bleek, een der belangrijkste minima in het potentiaalverloop in verschillende maanden optreedt tusschen 3 en 6 uur, ongeveer ten tijde van het dagelijksche temperatuurminimum (dat tusschen 4 en 8 uur valt), zijn de wintermaanden in het algemeen gekenmerkt door veel hogere potentiaalgemiddelden dan het zomerseizoen bezit. Tabel 27 doet duidelijk zien, dat niet slechts de extreme positieve waarden van het potentiaalverval, doch eveneens de negatieve uurgemiddelden dagelijksche maxima bezitten in de namiddaguren, ettelijke uren na het temperatuurmaximum. Wat de negatieve gemiddelden betreft, kan verband worden gezocht met de convectie van fijne stofdeeltjes. Deze convectie is in de nachtelijke uren echter minimaal, en het nachtelijk potentiaalminimum moet dus zeker door andere factoren teweeggebracht worden. Van een eenvoudig verband tusschen de luchttemperatuur en het potentiaalverval is dus geen sprake. Zulk een verband is trouwens ook niet te verwachten. Indien er al van direct verband sprake mag zijn, dan zijn toch de andere meteorologische factoren van zooveel grooter beteekenis, dat de relatie in de cijfers niet te vinden is.

2. *Wind.*

In § 11 werd reeds gesproken over den invloed der windkracht op den oplaadtijd van den collector. Bij sterkeren wind is daardoor de gevoeligheid der apparatuur in belangrijke mate verminderd en worden snelle wijzigingen in het potentiaalverval dus of vertraagd, of in het geheel niet weergegeven.

De fotogrammen doen desondanks uitkomen, dat grootere windsterkte een onregelmatiger gang van den potentiaal medebrengt. Gedurende den nacht is het verloop dan ook over het algemeen kalmer dan overdag. Het ligt voor de hand in verband met het bovenstaande te concluderen dat verhoogde intensiteit van den wind zeer snelle en tamelijk groote veranderingen in het potentiaalverval zal veroorzaken.

Tabel 28 doet uitkomen, dat in meer dan de helft der gevallen de potentiaal belangrijk verminderd is bij sterkeren wind. Voor de uren, waarvoor gegevens aanwezig waren, die op windkracht van meer dan ± 6 schaaldeelen Beaufort wezen, waren 61 % der gemiddelden abnormaal laag, waaronder 23 % negatief. In tal van gevallen schommelde de potentiaal even boven 0 V.

Vluchtig overzien der gegevens is reeds voldoende om te constateeren dat het verband niet in omgekeerden zin aanwezig is. Behalve tijdens regen en sneeuwval werd ook meermalen bij droog weer en zwakken wind

een te lage potentiaal geregistreerd, waartegenover echter staat dat onder deze omstandigheden ook dikwijls zeer hoge potentialen optraden.

Dongier oppert de meening dat verband kan bestaan tusschen het namiddagminimum in den dagelijkschen gang van het potentiaalverval en het namiddagmaximum der windsterkte (⁶¹, p. 58). Bij vergelijking van tabel 23 en fig. 15 met de cijfers van Braak betreffende de windsnelheid (²⁸, p. 39—43) blijkt het potentiaalminimum gewoonlijk 1 à 3 uren na het windmaximum op te treden, terwijl de meeste verschuivingen dezer extremen in denzelfden zin plaatsvinden. Iets beter is echter de overeenkomst in de tijdstippen, waarop het namiddagmaximum van het potentiaalverval, en het namiddagminimum der windsnelheid optreden. Ook deze vertoonen overeenkomstige verschuivingen (het meestal secundaire windminimum in den namiddag verschuift van Januari tot Juni—Juli continu van 17 tot 21 uur, daarna omgekeerd). In beide gevallen vertoont het potentiaalexteem echter tal van onregelmatigheden in zijn verschuivingen. Voor de nachtelijke extremen in den gang van het potentiaalverval is eventueel verband met de windsnelheid niet goed aanwijsbaar. Dat de windsterkte echter het potentiaalverval zeker sterk beïnvloedt blijkt uit het bovenstaande wel voldoende.

3. *Stof (gepaard met wind).*

Het is waarschijnlijk dat de deprimeerende invloed van den wind op het potentiaalverval samenhangt met het opwaaien van lichte stofdeeltjes. Deze bezitten gewoonlijk negatieve ladingen, afkomstig van den bodem, en kunnen bij opwaaien een vermindering van de positieve ruimtelading in de atmosfeer, eventueel zelfs negatieve ruimtelading teweeg brengen. In dit verband mag gewezen worden op een door Kähler ⁷⁸⁾ geopperde mogelijkheid, n.l. dat hierbij een electriciteitsscheiding optreedt, die overeenkomt met het soortgelijke effect bij het verstuiven van water (Lenard-effect). Grootere, dus langzamere, positieve ionen zouden dan in de onderste luchtlagen blijven en na korten tijd weer op den bodem vallen, terwijl de lichtere negatieve daarentegen tot groote hoogten opstijgen kunnen, waardoor het veld wordt verzwakt, c.q. omgekeerd.

Bij stormachtige winden uit oostelijke richtingen, die te Harderwijk in het voor- en najaar meermalen optreden, urenlang aanhouden en zeer veel fijn stof meevoeren, werden bijzonder lage potentialen geregistreerd (12 van de 20 desbetreffende uurgemiddelden zijn negatief, de overige alle te klein positief, zooals ook in tabel 28 is weergegeven). Overigens levert de omgeving van mijn woning (grootendeels uit bouwlanden bestaande, die in de koudere maanden goeddeels braak liggen) bij eenigen wind reeds spoedig veel stof. Dat in de wintermaanden het namiddagminimum niet,

of niet geheel uit den dagelijkschen gang verdwijnt, houdt wellicht hiermede verband.

4. *Mist en nevel. Stof (bij windstilte).*

Tabel 28 doet uitkomen dat bij mistig en nevelig weer de waarden van de uurgemiddelden in groote meerderheid belangrijk boven de normale liggen. Voor de genoteerde uren met nevelig weer zijn niet minder dan 62 % der meetbare uurgemiddelden meer dan 75 % hooger dan normaal. Bij ochtendnevels bleek eenige malen dat, nadat door den invloed der zon de atmosfeer was opgeklaard, een duidelijk waarneembare, tamelijk steile daling van het potentiaalverval optrad. Ook op een aantal rustige warme zomerdagen, waarvoor heiig weer stond aangeteekend, was het potentiaalverval op de betreffende uren soms ver boven normaal, zelfs was in een paar gevallen de draad geheel uit het gezichtsveld verdwenen.

Het ligt voor de hand de verklaring van dit effect te zoeken in de absorbtie van de kleine ionen der atmosfeer aan grootere deeltjes, neveldruppeltjes en fijne stofdeeltjes. Hierdoor toch ontstaan grootere, dus tragere, ionen, waardoor het geleidingsvermogen der atmosfeer in belangrijke mate kan verminderen en het potentiaalverval kan toenemen, zoolang de totale stroomsterkte niet te veel verandert (de stroom blijkt veel minder variabel te zijn dan het potentiaalverval). In dit verband moge gewezen worden op onderzoekingen van Nolan ⁷⁹⁾, van Wait ⁸⁰⁾, en van Whipple ⁸¹⁾, betreffende het verband tusschen het lucht-electrisch potentiaalverval en het aantal groote ionen.

5. *Bewolking.*

Uit tabel 28 blijkt dat in dit verband onderscheid mag worden gemaakt tusschen lichtere, gebroken en hooge bewolking (Acu en Ci) en een gesloten lager wolkende (Stcu en Nbst). Invloed van lichtere bewolking op de uurgemiddelden is n.l. nauwelijks merkbaar, zeker niet in de afzonderlijke fotogrammen. Het percentage negatieve gemiddelden is onder deze omstandigheden iets hooger dan normaal (8 % tegenover 5.2 %), terwijl ook de percentagecijfers voor te groote en te kleine positieve gemiddelden betrekkelijk weinig afwijken van de normale waarden. Met het oog op dit alles is het zeker te verantwoorden de gemiddelden der uren, waarop lichtere bewolking aanwezig was, te gebruiken voor de bepaling van den gang op ongestoorde dagen, zooals reeds in § 13 werd medegedeeld. De het meest voorkomende, gewone Cu-bewolking had gewoonlijk in zooverre invloed op het atmosferisch electrisch veld, dat vergeleken met helderen hemel, het potentiaalverval een veel onrustiger gang

vertoonde, met sterke schommelingen, waardoor een groot aantal uurgemiddelden onbruikbaar werden.

Veel duidelijker was echter de invloed van een gesloten wolkendek (Stcu en Nbst). Meestal bleek reeds ten tijde der ontwikkeling van deze bewolking het potentiaalverval een onregelmatigen gang te vertoonen, met groote schommelingen om lagere uurgemiddelden (30 à 70 % der normale gemiddelden). Ook in tabel 28 komt dit tot uiting: meer dan 30 % der uurgemiddelden zijn beneden 25 % van de normale waarden, waarvan ongeveer $\frac{2}{5}$ deel negatief. Het wolkendek stoort dan blijkbaar het veld in belangrijke mate, hetgeen zoowel door de eigen lading der wolkendeeltjes (ruimtelading der wolken) als door onderbreking van de normale elektrische wisselwerking atmosfeer—aarde kan worden veroorzaakt. Gewoonlijk bereikte het potentiaalverval na opklaring van den hemel weer spoedig hoogere waarden, veelal na een periode van snelle onregelmatige schommelingen.

Reeds werd in § 13 opgemerkt dat het volkomen onmogelijk was tijdens onweers bruikbare registraties te verkrijgen. Ook vele zware en lichte buien zonder hoorbaar onweer hadden hetzelfde effect. Zelfs op dagen die elders wel, doch te Harderwijk geen buiverschijnselen brachten, bleken meermalen snelle en onregelmatige veldveranderingen op te treden, die veelal tot het verdwijnen van het draadbeeld uit het gezichtsveld leidden, zooals op onweersdagen trouwens doorgaans het geval was. Het geheel der gegevens, die voor bui-dagen ter beschikking staan maakt een te verwarden indruk om tot eenige conclusies te kunnen leiden.

Eén der best bruikbare fotogrammen voor zulk een dag is dat van 4 Mei 1937. Tot 14.30 uur was het verloop nagenoeg normaal. Daarna traden gedurende ongeveer een half uur snelle schommelingen op met tamelijk groote maar nog meetbare amplituden, terwijl zich allerwegen, doch vooral in Z. en Z.W. sterke bewolking ontwikkelde (Cunb). Na 15 uur was het draadbeeld plotseling geheel onvindbaar. Even vóór half vier werd voor de eerste maal zwak gerommel gehoord, dat zich tot 15.45 uur eenige malen herhaalde. Om kwart over 4 werd de draad plotseling weer zichtbaar, terwijl een flauwe schaduw uitwees, dat zeer hoge positieve potentialen waren opgetreden. Iets dergelijks vond plaats op 26 Augustus 1937, ongeveer op hetzelfde uur van den dag.

Bij een aantal buien traden reeds vóór de zichtbare vorming der onweerswolken, en ten deele tijdens de ontwikkeling daarvan, gedurende korten tijd min of meer sterke positieve potentialen op, die na enkele sterke schommelingen spoedig leidden tot verdwijning van het draadbeeld. Dit was b.v. het geval op 26.5.1937 (16—16.35 u.); 11.6.1937 (1.30 u.);

15.7.1937 (15.40—16.15 u.); 27.8.1937 (14 u.); 8.6.1938 (15.10—15.40 u.). Eenige andere onweders werden echter voorafgegaan door duidelijke dalingen van het potentiaalverval, waarbij soms negatieve waarden werden bereikt (6.5.1936; 13.9.1936; 20.6.1937). Ook in deze gevallen werd de draad na korten tijd onzichtbaar. Deze waarnemingen wijzen hoogstens op een zekere neiging tot domineeren van positieve potentiaalvervallen in onweerswolken. Negatieve polariteit in de wolk (d.w.z. negatieve lading boven de positieve) veroorzaakt op groteren afstand een negatief veld dichtbij de aardoppervlakte, positieve polariteit bewerkt het tegengestelde. (Zie § 1 blz. 7). Beide verschijnselen werden meermalen waargenomen.

De sterke schommelingen, die optreden bij nadering der onweerswolken kunnen samenhangen met de teekenverandering van het veld. Op welken afstand van de wolk dit plaats vindt, hangt af van de hoogte, waarop zich de ladingen bevinden. Misschien is er ook verband tusschen de potentiaal-schommelingen en de bewegingen (verschuivingen) der wolkenladingen ten opzichte van elkaar, waarbij b.v. negatieve ladingen zich eventueel kunnen uitbreiden in lagere deelen van de onweerswolk, of zelfs onder de positieve,, zooals reeds op blz. 10 werd opgemerkt.

Alles wat na deze schommelingen plaats vindt wordt niet door de fotogrammen weergegeven.

Voor een goede registratie van deze velden zouden eenige bijzonder ongevoelige electrometers noodig zijn, met een meetgebied tot 50.000 à 100.000 V, en wel bij voorkeur zóó opgesteld dat de onderlinge afstand dezer apparaten 500 à 1000 m bedraagt, om mogelijk te maken dat uit de vergelijking der verschillende verkregen fotogrammen nadere gevolgtrekkingen omtrent de verdeling der ladingen kunnen worden gemaakt.

Het is wel te betreuren, dat door verkleefing aan de hulpcondensatoren de draad slechts in zeer enkele gevallen na een onweersbui weer vanzelf in het gezichtsveld terugkeerde, zoodat doorgaans zelfs niet kon worden waargenomen na hoeveel tijd weer normale potentialen optraden.

6. Neerslag.

a. Regen.

In tabel 28 is onderscheid gemaakt tusschen langdurigen, rustigen regenval (landregen), en kortere, hevige buien, voorzoover dit aan de hand der gemaakte aantekeningen mogelijk was. De tamelijk talrijke uurgemiddelden, die op de eerste categorie betrekking hebben (373) zijn in overgroote meerderheid verminderd positief, of zelfs negatief. (38 % ervan is lager dan 25 % van het gemiddelde). Het is opvallend dat in meer dan 40 % der gevallen duidelijk uitkomt dat de laagste uurgemiddelden bij het begin, of kort na den aanvang der regenbuien optreden, terwijl later het potentiaalverval langzamerhand hogere, al zijn

het dan ook nog steeds te kleine, positieve waarden aanneemt.

In vele gevallen verdween het draadbeeld weer gedurende korteren of langeren tijd uit het gezichtsveld. Soms traden ook sterke schommelingen in het verloop op, en wel in het bijzonder in den zomer en in het najaar. Het L e n a r d-effect, dat optreedt bij de botsing der druppels tegen den aardbodem⁸²), kan niet dienen ter verklaring van het ontstaan der negatieve ruimteladingen tijdens regenval, waardoor het positieve veld wordt verzwakt c.q. omgekeerd, daar K ä h l e r bewees, dat de scheiding der ladingen reeds onderweg, in de lucht, plaats moet vinden⁷⁹). K ä h l e r schrijft dan ook het verminderd positieve, of negatieve, potentiaalverval tijdens zulke regenbuien toe aan het achterblijven van fijne, negatief geladen, waterdruppeltjes in de lucht, nadat de grootere positieve druppels op den bodem zijn gevallen (57¹, p. 138).

Voor de kortere en meestal hevige regenbuien staan de zaken anders. Hierbij komen soms tamelijk sterke positieve uurgemiddelden voor, terwijl de schommelingen in het potentiaalverval gewoonlijk veel sterker zijn, en zich snel voltrekken. Een zeer groot aantal dezer buien leverde daardoor, alsmede door verdwijnen van den draad, geen afleesbaar uurgemiddelde. De cijfers van tabel 28 doen zien dat tijdens zulke buien veel kans is zoowel op te groote positieve, als op negatieve waarden van het potentiaalverval. Deze negatieve waarden waren in enkele gevallen zelfs zeer laag. Tijdens deze regenbuien komt dus het „bui”-karakter, dat soms aanleiding kan geven tot onweders, ook in het verloop van het potentiaalverval uit.

b. Sneeuw.

In de aantekeningen werd geen onderscheid gemaakt tusschen droge en natte sneeuwbuien. Het ligt voor de hand te vermoeden dat natte sneeuwbuien een invloed op het potentiaalverval zullen hebben die min of meer overeenkomt met dien der regenbuien. Het hooge percentage te groote positieve uurgemiddelden in tabel 28 moet dan hoofdzakelijk veroorzaakt zijn door droge sneeuw. Daar in totaal slechts 24 sneeuwuren meetbare uurgemiddelden opleverden, doordat sneeuwstormen in vele gevallen sterke en snelle schommelingen van den potentiaal veroorzaakten, bezitten echter de gegeven cijfers slechts zeer betrekkelijke waarde. Toch is wel als vaststaand aan te nemen dat rustige sneeuwval en droge sneeuw den potentiaal in het algemeen doen toenemen, waarschijnlijk mede door absorptie van kleine ionen, d.w.z. vermindering van het geleidingsvermogen der atmosfeer.

SAMENVATTING.

- A. De toepasbaarheid van een aantal onweerstheorieën wordt besproken in verband met nieuwere experimenteele gegevens. De waarde van het statistisch onweersonderzoek is geschetst.

Als materiaal voor de statistische bewerking dienden de tabellen, voorkomende in de jaarlijksche publicatie „Onweders, Opt. Verschijnselen, enz.” van het Kon. Ned. Met. Inst.

Dit onderzoek vormt ten deele een vervolg op dat van C. W. Hissink (1910). Diens indeeling van het land in eenige onderdeelen werd aangehouden, om vergelijking mogelijk te maken. Deze vergelijking leverde, over het geheel genomen, bevredigende resultaten op. De gemiddelde onweersactiviteit was echter in eenige gebieden belangrijk minder dan in het door Hissink bewerkte tijdvak, dat in het bijzonder een grooter aantal uitgebreide onweders telde.

Ter bepaling der geografische verdeling der onweders per maand, seizoen en jaar werden 31 over het geheele land verspreide standaardstations gevormd, door combinatie van naburige waarnemersposten. Bij het bepalen van den combinatie-afstand werd rekening gehouden met de normale grenzen van hoorbaarheid van den donder.

Voor standaard-stations, die ondanks deze combinatie gedurende een aantal jaren blijkbaar onvoldoende onweersaantallen opleverden, is een methode ter aanvulling aangegeven en toegepast.

De geografische verdeling der onweders is in den vorm van tabellen en kaartjes weergegeven. Invloed van den afstand tot de zee op de onweersfrequentie komt in het algemeen duidelijk voor den dag; dit is niet het geval met eventueelen invloed van den bodem (grondsoort). Nagegaan is of statistisch verband aantoonbaar is met meteorologische factoren (neerslag, luchtdrukking, temperatuur), ten deele met gunstige resultaten. Het dubbele zomermaximum van Von Bezdold wordt ook in den onweergang ten onzent gevonden.

Aansluiting is gezocht bij de onweersgegevens voor stations uit het omgevende buitenland. De cijfers dezer stations blijken echter, door de verschillende bewerkingswijze, minder goed vergelijkbaar te zijn met de onze. Slechts de jaarlijksche gang, uitgedrukt in % van de jaargemiddelden der stations, liet vergelijking toe, met voor wat de Duitse en Belgische stations betreft bevredigende resultaten.

Het type van den jaarlijkschen onweersgang, bepaald door de maand(en), waarin het gemiddeld aantal onweders per station maxi-

maal is, blijkt ongedwongen tot een eenvoudige geografische verdeling te leiden, die in het buitenland haar voortzetting vindt.

Er zijn 3 typen onderscheiden: 1. Juni en Augustus-maximum (westen des lands), 2. Juni-maximum (midden-zuiden) en 3. Juli-maximum (noorden en oosten). Schattingen zijn gemaakt van den gemiddelden jaarlijkschen gang van vier typen van onweders per station, voor elk der bovengenoemde gebieden.

De gemiddelde dagelijksche gang is bepaald voor het land als geheel, per maand, seizoen en jaar, aan de hand der aantallen ingekomen onweersberichten voor elk uur. Wat dezen gang betreft is verband opgespoord met den gemiddelden gang van eenige meteorologische grootheden.

Een onderzoek naar de geografische uitgebreidheid der onweersbuien, met behulp der aantallen ingekomen berichten per dag, deed o.m. zien, dat de groote meerderheid der onweders zich slechts over een kleine oppervlakte vertoonde ($< 1700 \text{ km}^2$), en wel in alle maanden.

- B. Het lucht-electrisch potentiaalverval te Harderwijk werd gemeten met behulp van een electrometer van Kolhörster, met fotografisch registreerapparaat. De bezwaren, aan het gebruik van dit instrument verbonden, zijn besproken: te gering en onvoldoende regelbaar meetgebied, geen weergave van snelle veldfluctuaties en verkleving van den draad aan de hulpcondensatoren. Bij sterke storingen van het veld (o.m. tijdens onweders) waren daardoor geen registraties te verkrijgen.

Voor „ongestoorde” uren is de gang van het potentiaalverval per maand bepaald, en in een tabel en een grafiek weergegeven. De uur-gemiddelden zijn daartoe met behulp van een tijd tot tijd bepaalden reductiefactor herleid tot Volt p. meter. Het gemiddelde potentiaalverval te Harderwijk bedraagt 142 V/m .

De gevonden jaarlijksche gang (enkelvoudige golf) vertoont overeenkomst met dien van de andere Europeesche stations. Ook met den dagelijkschen gang per maand en jaargetijde is dit het geval. Deze laatste heeft gedurende het geheele jaar den vorm van een dubbele golf, met een lichte neiging tot overgang naar een enkelvoudige in eenige wintermaanden.

Wat de gemeten abnormale waarden van het potentiaalverval betreft, deze zijn in verband gebracht met meteorologische omstandigheden: wind, temperatuur, neveligheid, bewolking en neerslag. (Als abnormaal werden beschouwd de negatieve waarden, en de positieve die meer van 75 % afweken van de normale gemiddelden voor de betreffende uren).

LITERATUUROVERZICHT

1. Von Hann-Süring. Lehrbuch der Meteorologie, 4e Aufl. 659. Leipzig 1926.
2. L. Sohnke, a. Die Ursache der Gewitterelektrizität und der gewöhnlichen Elektrizität der Atmosphäre. Jena 1885.
b. Gewitterelektrizität und gewöhnliche Lufterlektrizität. Met. Zs. 5. 413; 1888.
c. Gewitterstudien auf Grund von Ballonfahrten. Abh. bayer. Akad. d. Wiss. 18. 591; 1894.
3. J. Elster u. H. Geitel. Über die Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre. Terr. Magn. and Atm. Electr. 4. 213; 1899.
4. H. Gerdien, a. Die Kondensation des Wasserdampfes an Ionen und ihre Bedeutung für die Physik der Atmosphäre. Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik 1. 24; 1904.
b. Der Elektrizitätshaushalt der Erde und der unteren Schichten der Atmosphäre. Phys. Zs. 6. 647; 1905.
5. C. T. R. Wilson. On thunderstorm electricity. Phil. Mag. 17. 634; 1909.
6. G. C. Simpson. On the Wilson-Gerdien theory of thunderstorm electricity. Phil. Mag. 17. 619; 1909.
7. E. van Everdingen. Over onweer en bliksemvorming. Jaarboek Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 1938/39, p. 183.
8. Ross Gunn. The electricity of rain and thunderstorms. Terr. Magn. 40. 79; 1935.
9. P. Lenard. Über Wasserfallelektrizität und über die Oberflächenbeschaffenheit der Flüssigkeiten. Ann. d. Phys. 47. 463; 1915.
10. G. C. Simpson, a. On the electricity of rain and its origin in thunderstorms. Phil. Trans. Roy. Soc. London A 209. 379; 1909.
b. The mechanism of a thunderstorm. Proc. Roy. Soc. London A 114. 376; 1927.
11. Verg. R. Seeliger. Elektrostatische aufsteigende Luftströme. Wiener Sitz. ber. IIa 125. 1167; 1916.
12. A. Wegener. Thermodynamik der Atmosphäre. S. 260. Leipzig 1911.
13. E. van Everdingen. Onweerelectriciteit II. Hemel en Dampkr. 28. 201; 1930.
14. J. Elster u. H. Geitel, a. Über die Elektrizitätsentwicklung bei der Regentbildung. Wied. Ann. 25. 121; 1885.
b. Beobachtungen betreffend die elektrische Natur der atm. Niederschläge. Wiener Sitz. ber. IIa 99. 421; 1890.
15. G. C. Simpson, a. Über die Elektrizität der Niederschläge. Phys. Zs. 14. 1057; 1913.
b. The electricity of atmospheric precipitation. Phil. Mag. (6) 30. 1; 1915.
16. C. T. R. Wilson. Some thundercloud problems. Journ. Frankl. Inst. 208. 1; 1929.
17. S. K. Banerji. The electric field of overhead thunderclouds. Phil. Trans. Roy. Soc. London A 231. 1; 1933.
18. D. Nukiyama a. H. Noto. A contribution on the charges of thunderclouds. Jap. Journ. Astr. a. Geophys. 6. 71; 1928.
19. G. C. Simpson, a. On lightning. Proc. Roy. Soc. London. A 111. 56; 1926.
b. Lightning. Nature. 124. 801; 1929.

20. E. van Everdingen. Bliksemfoto's. Hemel en Dampkr. 32. 269; 1934.
21. J. C. Jensen. The branching of lightning and the polarity of thunderclouds.
Journ. Frankl. Inst. 216. 707; 1933.
22. B. F. J. Schonland a. T. E. Allibone. Branching of lightning.
Nature 128. 794; 1931.
23. A. von Hippel. Erdfeld, Gewitter u. Blitz.
Die Naturwissensch. 22. 701; 1934.
24. C. T. R. Wilson. a. On some determinations of the sign and magnitude of electric discharges in lightning flashes. Proc. Roy. Soc. London A 92. 555; 1916.
b. Investigations on lightning discharges and on the electric field of thunderstorms.
Phil. Trans. Roy. Soc. London A 221. 73; 1920.
25. B. F. J. Schonland. The polarity of thunderclouds.
Proc. Roy. Soc. London A 118. 233; 1928.
26. B. F. J. Schonland a. H. Collens. Progressive lightning.
Proc. Roy. Soc. London A 143. 654; 1934.
- — — a. D. J. Malan. Development of the lightning discharge.
Nature 134. 177; 1934.
27. G. C. Simpson a. F. J. Scrase. The distribution of electricity in thunderclouds.
Proc. Roy. Soc. London A 161. 309; 1937.
28. C. Braak. Het klimaat van Nederland. C. Luchtdrukking.
Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 32. blz. 19, 20.
29. Volgens verslag eener lezing, gehouden in de 6e waarnemersbijeenkomst van het Kon. Ned. Met. Inst. Hemel en Dampkr. 37. 344; 1939.
30. Zie hiervoor o.a.: 1. A. Wigand. a. Die Erhaltung der Erdladung durch den Blitzstrom.
Phys. Zs. 28. 65; 1927.
b. Erdladung, Blitzstrom und Niederschlagsstrom. Phys. Zs. 28. 261; 1927.
en: 2. Egon Schweidler. Die Aufrechterhaltung der elektrischen Ladung der Atmosphäre.
S. 26 u.f. Hamburg, 1932.
31. C. W. Hissink. De verspreiding der onweders over Nederland naar plaats en jaargetijde.
Onw. Opt. Versch. enz. XXIX. 161; 1910.
32. J. Hann. Über den „Ursprung“ der Gewitter. Oesterr. Zs. f. Met. 2. 403; 1867.
33. Zie: Anleitung zu Beobachtungen an den deutschen meteorologischen Stationen I.
Berlin, 1924.
34. C. E. P. Brooks. The distribution of thunderstorms over the globe.
Geophys. Mem. Meteor. Office 24. 150; 1925.
35. W. A. L. Marshall. The mean frequency of thunder over the British Isles and surrounding areas.
Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 60. 413; 1934.
36. E. van Everdingen. The distribution of thunder in Holland.
Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 62. 433; 1936.
37. A. Klossowsky. Distribution annuelle des orages à la surface du globe terrestre.
Rev. météor. du sudouest d. l. Russie 3. 37; 1894.
38. Zie hiervoor: Beobachtungen über Gewitter in Bayern während des Jahres 1914.
Deutsches Met. Jahrb. Bayern. 36. A 2 (Anhang); 1916.
39. Zie Th. Arendt. Zur Gewitterkunde an der deutschen Nordseeküste.
Ergebn. Gew. Beob. in Preussen im J. 1897. S XII.
40. E. Alt u. L. Weickmann. Untersuchungen über Gewitter und Hagel in Süddeutschland 1893—1907. Deutsches Met. Jahrb. Bayern 31. (Anhang C); 1910.
41. H. E. Hamberg. Fréquence des jours d'orage en Suède.
Met. Iakttagelser i Sverige 57 (Bihang). 5; 1917.

42. C. Braak. Het klimaat van Nederland. A. Neerslag, 1e ged.
Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 34 a.
43. W. Bleeker. Verdeeling der blikseminslagen over Nederland.
Hemel en Dampkr. 34. 428; 1936.
44. Ch. M. A. Hartman. Het klimaat van Nederland. B. Luchttemperatuur.
.. Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 24.
45. C. Braak. Het klimaat van Nederland. B (vervolg) Lucht- en grondtemperatuur.
Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 33.
46. C. Braak. Weersgesteldheid en zomervacantie.
Hemel en Dampkr. 30. 175; 1932.
47. C. Braak. Het klimaat van Nederland. A. Neerslag, 2e ged.
Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 34 b.
48. De invloed van geologische formaties op den blikseminslag is o.m. ampel onderzocht door Fritsch, Zie:
V. Fritsch. Einiges über die Beziehungen der Funkgeologie zur Blitzforschung.
Gerl. Beitr. z. Geophysik. 45. 245—328; 1939.
49. W. von Bezold. a. Ein Beitrag zur Gewitterkunde.
Pogg. Ann. 136. 513; 1869.
b. Über das doppelte Maximum in der Häufigkeit der Gewitter.
Sitz. ber. bayer. Akad. 5. 220; 1875.
50. E. van Ryckevorsel. Konstant auftretende secundäre Maxima u. Minima
i. d. jährl. Verlauf der met. Erscheinungen. Rotterdam 1905—1913.
Meded. en Verh. K. N. Met. Inst. 16, 17, 22.
51. 1. G. Hellmann. Die tägliche Periode der Gewitter. Met. Zs. 2. 433; 1885.
2. E. R. Wolf. Über den Zusammenhang der Gewitter mit der Wetterlage.
Jahrb. meteor. Zentralanstalt. Wien. 1912 (Anh.).
52. Onweders in Nederland in 1888. K. N. Met. Inst. Nr. 69. IX, 205; 1889.
53. Onweders in Nederland in 1891. K. N. Met. Inst. Nr. 69. XII, 144; 1892.
54. Verg. J. von Hann. Neue Beiträge zur Kenntnis der täglichen Periode der
Gewitter. Met. Zs. 32. 73; 1915.
55. Zie W. Meinardus. Zur täglichen u. jährlichen Periode der Gewitter auf dem
Ozean. Archiv. d. deutschen Seewarte. Hamburg 1893. S 16.
56. A. J. Monné. Übersicht der Gewitter im Königreich der Niederlande.
Met. Zs. 19. 300; 1902.
57. Historische overzichten o.m. in:
1. K. Kähler. Einführung in die atmosphärische Elektrizität.
Sammlung geophys. Schriften 9, Berlin 1929. S 97, u. f.
2. J. P. H. de Kruyff. Metingen betreffende lichtelectriciteit te Soerabaia en
te Lawang. Diss. Amsterdam 1933 (blz. 3, en volg.).
58. G. C. Simpson. a. On charging through ion absorbtion and its bearing on the
earth's permanent negative charge. Phil. Mag. 6. 589; 1903.
b. A theory of the cause of atmospheric electricity. Nature 69. 270; 1904.
- c. Über die Ursache des normalen atm. Pot. gefälles und der negativen Erdladung.
Phys. Zs. 5. 325; 1904.
- d. Über das normale elektrische Feld der Erde. Phys. Zs. 5. 734; 1904.
59. E. Schweidler u. F. Kohlrausch. Atmosphärische Elektrizität, in
Handbuch d. Elektr. u. d. Magnetismus, v. L. Grätz., III. 193; 1915.
60. F. J. W. Whipple. Modern views on atmospheric electricity.
Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 64. 203; 1938.
61. E. Mathias. Traité d'électricité atmosphérique et tellurique. p. 77. Paris 1924.

62. K. Bergwitz. Über den Ioniumkollektor. Phys. Zs. 12. 83; 1911.
63. Zie hiervoor:
 1. G. C. Simpson. Instrumente zur Beobachtung der atm. Elektrizität. Phys. Zs. 14. 41; 1913.
 2. M. A. Tuve u. C. Huff. On the use of a radioactive collector for potential gradient measurements. Terr. Magn. 32. 17; 1927.
64. F. Kohlrausch. Praktische Physik. 17e Aufl. S. 630. Leipzig 1935.
65. W. Kolhörster. Ein neues Fadenelektrometer. Zs. f. Instrum.k. 44. 494; 1924.
66. Een overzicht van het meetgebied van verschillende electrometers geeft: Hans Funk. Die Grenzen der Messbarkeit beim Electrometer. Zs. f. d. Physik. u. Chem. Unterrr. 47. 170; 1934.
67. W. Kolhörster. Registrierapparate für Fadenelektrometer. Zs. f. Physik. 47. 449; 1928.
68. B. Chauveau. Electricité atmospherique II. 98. Paris 1925.
69. Verg. 1. Ergebnisse der met. Beobacht. in Potsdam 1904—1912.
 2. K. Kähler. a. Das luftelektrische Potentialgefälle in Potsdam, 1904—1923. b. Ergebnisse d. met. Beobacht. in Potsdam, 1921—1923.
70. Verg. 1. C. Dorno. Stud. über Licht und Luft des Hochgebirges. Braunschweig 1911.
 2. F. Lindholm u. M. Bider. Der jährliche und tägliche Gang des Pot. gefälles in Davos. Met. Zs. 44. 401; 1927.
71. Zie: C. W. Lutz. a. Registrierung des Potentialgefälles in München 1905—1910. Sitz. ber. bayer. Akad. 41. 305; 1911.
 - b. Das normale luftelektrische Potentialgefälle in München, 1906—1925. Sitz. ber. bayer. Akad. 58. 19; 1928.
72. C. Chree. Atmosph. electr. potential at Kew Observatory, 1898—1912. Phil. Trans. Roy. Soc. London A 215. 133; 1915.
73. A. Blumenschein. Bearbeitung der Pot. gef. registrierungen in Kremsmünster 1902—1911. Wiener Sitz. ber. 121. 25; 1912.
74. Buletins de l'Observatoire de l'Elbre. (depuis janv. 1910).
75. G. C. Simpson. Atmospheric electricity in high latitudes. Phil. Trans. Roy. Soc. London A 205. 61; 1905.
76. L. A. Bauer. a. Correlations between solar activity and atmospheric electricity. Terr. Magn. 29. 23, 161; 1924.
 - b. Cosmic aspects of atmospheric electricity. Science 65. 314; 1927.
77. S. J. Mauchly. Note on the diurnal variation of the atm. electr. pot. grad. Phys. Rev. 18. 161, 477; 1921.
78. 1. K. Kähler. Über die Ursachen einiger einfachen luftelektrischen Störungen. Met. Zs. 39. 293; 1922.
 2. K. Kähler u. C. Dorno. Über die Elektrisierung von Wasser, Schnee und anderen festen Substanzen durch feinste Zerstäubung. Ann. d. Phys. 77. 71; 1925.
79. J. J. Nolan. Relations between the pot. grad. and the number of large ions in the atmosphere. Nature 113. 493; 1924.
80. G. R. Wait. On the effect of dust, smoke and relative humidity upon the pot. grad. and the pos. and neg. conductivity of the atmosphere. Phys. Rev. 29. 372; 1927.
81. F. J. W. Whipple. Potential gradient and atmospheric pollution. The influence of „summer-time“. Qu. Journ. Roy. Met. Soc. 55. 351; 1929.
82. P. Lenard. Zur Wasserfalltheorie der Gewitter. Ann. d. Phys. 65. 629; 1921.

SUMMARY.

A. Introductory part.

In an introductory discussion of the types and theories of thunderstorms it is pointed out, that in view of the recent experimental data a complete explanation of the electrical phenomena of thunderstorms seems possible when both the theories of Simpson and Wilson are applied. As these theories lead to opposite polarities, the same method provides us with an explanation of the fact that in many cases of violent phenomena resembling thunderstorms, thunder itself either does not occur at all, or only in a weak degree. In this connection we understand by thunderstorms audible, and possibly visible electrical phenomena in the atmosphere, usually accompanied by heavy precipitation, squalls, etc. Hence the statistic investigation has been based upon the description of the "day of thunder", as "a day on which thunder was heard at least once". The importance of thunder statistics, also for the theory of thunderstorms, is discussed.

This investigation covers the period from 1907 to 1936, and may be regarded as a continuation of the study published in 1910 by C. W. Hissink. The scope of the present investigation, however, also includes a number of new points. The material utilised comprises the tables, partly in manuscript, giving the data of the thunder reports sent in by each observer, and a number of other tables from the annual publication „Onweders, Optische Verschijnselen, enz.", of the Roy. Netherlands Meteor. Institute.

The network of stations always possessed sufficient density and homogeneity, although the mutations in the body of observers frequently caused difficulties, also for the statistics.

In order to make possible a comparison with the figures given by Hissink the frequency of thunder was first of all studied in 6 districts of the country, and also in 3 areas each consisting of two of these districts (viz. the north, the west and the interior). (Fig. 2, tab. 2; tab. 3 and 4: annual means; 5 and 6: percentages for the month and seasonal totals for the whole country). On the whole the results agree satisfactorily with those obtained by Hissink.

In order to investigate the geographical distribution per year, season and month, figures for 31 standard stations, scattered all over the country are used (fig. 2). These stations have been obtained by combination of

the data of a number of observers' posts lying close together. In view of the normal limits of audibility of thunder, the maximum distance for combination has been fixed at $12\frac{1}{2}$ miles from the centre. On an average this distance is about 7 miles. Most stations have for their centre a regular observer's post, occupied by a diligent and reliable observer. A number of stations, however, are without such a centre, and are therefore purely the results of combinations.

The diagrams of the thunder frequency at all stations when compared mutually or with the diagrams for the districts in which the stations were situated, indicated that for some stations, in spite of the combination method, an insufficient number of days of thunder had been reported for a longer or shorter period of years. These numbers were therefore corrected so as to bring the diagram for such a station more in harmony with its surroundings (fig. 3). The added thunderstorms were assigned to data likewise in harmony with the neighbouring stations.

B. *The frequency of thunder.*

The final results have been given in tables and in charts for the months and the seasons (tab. 7: average numbers per year; tab. 8: percentages of the annual mean per station; fig. 4: year; fig. 5: seasons; fig. 6: months). It is not impossible that parts of Holland have the highest thunderstorm frequency of all western Europe. An attempt has been made to ascertain whether there is any connection with the geographical distribution of temperature and precipitation, partly with positive results. As to the influence of the distance from the sea: an increased distance involves on the whole increased thunderstorm activity in the spring and the summer, but has the contrary effect in the other two seasons (tab. 9, 10). Influence of the soil cannot be clearly proved. For the country as a whole the variation of thunderstorm figures has also been examined for decades (tab. 11), pentades (fig. 12), as well as from day to day (tab. 14), and for some standard stations for the summer decades (tab. 13).

In this connection the remarkable double summer maximum, first described by Von Bezold and occurring in a large part of Europe is discussed. The intermediate minimum appears in this country towards the end of June or in the early days of July. (This may be connected with a temporary fall in temperature about the middle of June). The principal maximum falls in July.

The thunder frequency for a number of stations in the adjacent countries shows that on the whole the numbers are lower there. Though part of the differences may be due to a difference in method, there are good reasons for accepting this result as trustworthy. As to the seasonal

variation of the figures there is a satisfactory correspondence to that of the Netherlands stations near the frontier (tab. 15: average season-numbers in percentages).

The following chapter (§ 8) gives a division of the country according to the types of the seasonal variation of thunderstorm frequency for each station. These are chiefly determined by the months of maximum frequency. There are 3 types: a double maximum in June and August (I), a maximum in June (II) and a maximum in July (III). The first type prevails on the North sea coast, the second in the centre and the south, the third in the north and east of the country (fig. 7A; tab. 16A). An estimate has been given of the distribution of the frequency-figures over the types of thunderstorms (heat-, frontal, gale- and cold wave-thunderstorms) for each of the 3 groups based on the data contained in the annual publication „Onweders, Opt. Verschijnselen, enz.” (tab. 16B). The 3 groups are continued in the adjacent countries. Tab. 17 shows in how many of the 30 years each maximum occurred in the month in question.

The diurnal variation of thunderstorm activity was examined from the numbers of thunderstorm reports received, reduced for each year to a fixed number of observers (200). The origin of the various types of daily variation is connected with prevalence of various types of thunderstorms, with the daily variation of pressure and temperature and with the effects of convection in the atmosphere. (Tab. 18: average numbers of the thunder reports for every hour per month; tab. 19: the same in $\frac{0}{100}$ of the totals for the months; tab. 20 shows a comparison with foreign stations).

Finally the average horizontal dimensions of the thunderstorms in the different months and seasons were examined: it was found that a vast majority of the storms only occurred over a small area (< 664 square miles). This was the case in all months, though relatively to a less degree in summer than in winter. The frequency of 4 categories: 1—9; 10—19; 20—49 and > 50 reports per day is compared per month and per season (tab. 21A, 21B; fig. 21, 22).

C. *The potential gradient.*

For the registration of the potential gradient of atmospheric electricity at Harderwijk, an „Einschlingen”-electrometer as devised by Kohlörster, with accessory registration apparatus was used. This simple instrument does not function quite satisfactorily for the purpose, especially when rapid fluctuations of the field occur, and during thunderstorms, i.e. because the measuring range cannot be sufficiently extended and adjusted, and because the wire often clings to the auxiliary condensers. A Ionium-

collector after Bergwitz, fastened to a pole or a long horizontal thread was applied. Sufficient insulation was obtained by means of sulphur-insulators. The registration-apparatus makes photograms, from which the hourly averages were determined with the aid of a celluloid plate, on which 5 lines had been scratched, so that the average was found from the 5 values of 20 and 10 min. to and past the full hour, and that of the hour itself.

In order to determine the normal variation, all the extremely high and low values, as well as the negative ones, were omitted, as usual. The scale value was obtained at regular intervals by gauging; the coefficient of reduction by comparison with results obtained with the collector at 1 m above a sufficiently free field. The average potential gradient at Harderwijk was 142 V p. m.

The annual variation shows roughly the general characteristics of this variation for the stations in the northern and many in the southern hemisphere: a maximum in winter, a minimum about June, hence a single wave (tab. 24). The diurnal variation per month and per season also shows a curve which agrees on many points with that for other low-level European stations: for all months a double diurnal wave with a slight tendency towards a single wave in winter (esp. in January) (tab. 23, fig. 15). The variations in the hours of max. and min. frequency are discussed in connection with the daily variation of the temperature. No entirely new aspects were found on comparison with the variation for stations elsewhere (tab. 25, 26). Stronger winds cause irregularities, usually, however, lower gradients, especially when much dust is raised (tab. 28.) Generally speaking, fog, mist and summer-haze increase the potential gradient, probably owing to absorption of the small ions by larger particles.

Thin and high clouds (a cu and ci) appear to have next to no influence, heavier stcu and nbst clouds, however, usually decrease the potential gradient. The frequent normal cu-cloudiness gave to the pot. grad. a restless, strongly fluctuating character. During thunderstorms registrations were impossible. The few data obtained for approaching thunderstorms point to a certain extent to a prevalence of positive polarity in thunderstorms.

Steady rainfall diminishes the potential gradient; during short showery rains rather high positive values frequently occur. Dry snow increases the pot. grad., perhaps also owing to ion-absorption.