

DE ATMOSPHEERISCHE ELEKTRICITEIT

DOOR

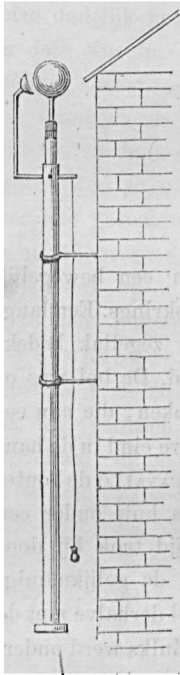
Dr. G. NOORDING.

(Vervolg van blz. 316)

Nog vóór DE SAUSSURE bediende CAVALLO zich van een bewegelijk instrument ter waarneming van de elektriciteit des dampkrings. Een lange houten stang droeg aan het eene uiteinde een met zegellak bedekt glazen buisje, waaraan een bol van kurk was bevestigd. De bol was op deze wijze geïsoleerd. In dien bol werd een naald gestoken, die aan een draad verbonden was, waarvan de waarnemer het andere eind in de hand hield. Om de elektriciteit der lucht te onderzoeken, hield CAVALLO de houten stang uit een venster der tweede verdieping van zijn huis onder een hoek van 50° à 60° in de vrije lucht. Na eenigen tijd trok hij door middel van den draad de naald uit den kurken bol; de gelijknamige elektriciteit was nu door den draad weggeleid en de bol derhalve met de tegengestelde elektriciteit van den dampkring geladen. Zulks werd onderzocht door den toestel neer te laten en daarop den bol in verbinding met een elektrometer te brengen. Op een dergelijke wijze gingen HEMMER en COULOMB te werk. De inrichting, waarvan nog tegenwoordig te Kreuznach gebruik wordt gemaakt (vroeger onder leiding van DELLMANN, die nu voor eenige jaren overleden is), berust op hetzelfde beginsel (fig. 2). Hier echter wordt de houten stang, die op ongeveer één voet afstands tegen den gevel van een hoog gebouw geplaatst is, door middel van een koord verticaal in de hoogte getrokken, nadat de te laden bol goed geïsoleerd daarop geplaatst is. Ten einde den bol een korten

tijd met den grond in verbinding te brengen, dient een aan de stang bevestigde metalen hefboom, waaraan een draad van geelkoper hangt; door aan dien draad te trekken, komt het bovineinde van den hefboom met den bol in aanraking, en hierdoor wordt weder de gelijknamige elektriciteit weggeleid. Na eenige oogenblikken laat men den draad weder los, waardoor de hefboom terugvalt, zoodat de aanraking ophoudt. De geheele stang wordt nu neergelaten, de bol er afgenomen en in 't vertrek bij den elektrometer op de tafel geplaatst; men brengt beide

Fig. 2.



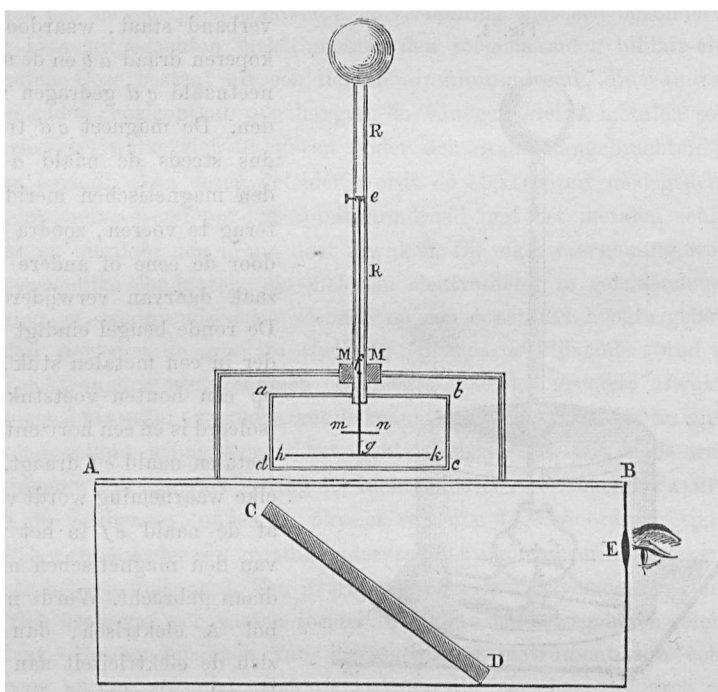
door een geïsoleerden geelkoperdraad met elkander in verbinding en leest de afwijking van den elektrometer af. In ons land, te Utrecht en den Helder, worden sedert eenige jaren waarnemingen met een dergelijke inrichting gedaan. Ook te St. Louis, aan den Mississippi, is men in den laatsten tijd begonnen op deze wijze geregelde waarnemingen te doen. Deze inrichting heeft nog dit voordeel, dat men haar elk oogenblik in een vasten toestel kan veranderen door aan den steel des bols een metaaldraad te bevestigen, die geïsoleerd naar den elektrometer geleidt, en den bol, als hij opgeheven is, boven te laten staan.

Te München en te Brussel bedient men zich van een anderen toestel. Hier vormt de te laden bol het bovineinde van den elektrometer en is daarmede onmiddellijk verbonden. Om eene waarneming te doen, wordt het instrument eerst naar een hoog gelegen plaats gebracht, bv. op een hoog terras of op het platte dak eener sterrenwacht; men raakt met den vinger of beter met een metalen staafje eenige oogenblikken den bol aan, of liefst de metalen buis, waarop deze rust, en brengt vervolgens den toestel weer naar beneden in 't vertrek om dien hier af te lezen. Deze wijze van waarneming is eigenlijk die, zooals ze door PELTIER is voorgeslagen.

Bijgaande teekening (fig. 3) geeft een denkbeeld van den te München door LAMONT gebruikten elektrometer. De buis *RR* met den beugel *abcd* van dun koperdraad is door de guttapercha-massa *MM* geïsoleerd. Aan den cocondraad *ef* hangt een naald *hk* van koper en een zeer kleine magneetnaald *mn*, beide aan denzelfden drager *fg* vastgemaakt. De elektrometer wordt zoo geplaatst, dat de beugel *abcd*

in 't vlak van den magnetischen meridiaan komt; onder deze voorwaarde wordt de naald $h k$ door de kleine magneet in 't vlak van den beugel gehouden, zoolang er geen elektrische spanning aanwezig is. Komt er echter elektriciteit in de buis $R R$, dan deelt deze zich aan den beugel en de naald mede, en tusschen deze twee zal dan eene afstooting plaats vinden. Onder den beugel bevindt zich een glazen tafel $A B$, die van eene cirkelverdeeling voorzien is. De elektrometer wordt

Fig. 3.

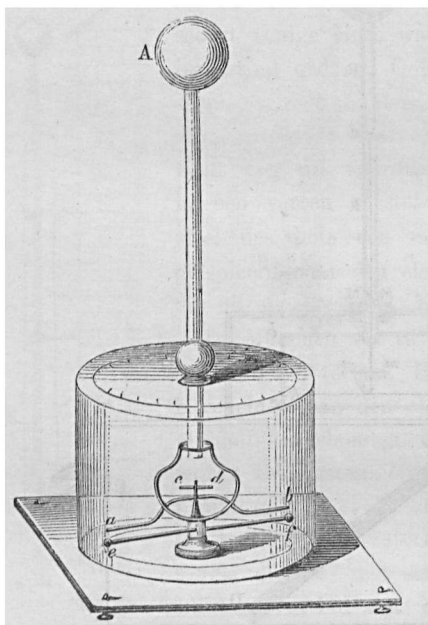


bij het aflezen op een vaststaand kastje geplaatst, waarin zich een spiegel CD onder een hoek van 45° bevindt, terwijl ter zijde eene lens E is aangebracht van zulk een brandpuntsafstand, dat men daarmede in den spiegel een duidelijk beeld der cirkelverdeeling verkrijgt en op deze cirkelverdeeling het daarboven gelegen deel cd des beugels en de naald $h k$ geprojiceerd ziet. Op deze wijze is het mogelijk een nauwkeurige aflezing te verrichten zonder de hindernissen, die anders bij de torsiebalans van COULOMB voorkomen. Om verder uit den waarge-

nomen hoek de hoeveelheid elektriciteit of de intensiteit der lading te berekenen, neemt LAMONT als de eenvoudigste hypothese aan, dat de elektriciteit gelijkmatig in den beugel en de naald verdeeld is; hij vindt dan dat de elektrische spanning niet volkomen juist, maar toch nage-noeg, evenredig is aan de afwijking of den waargenomen hoek.

PELTIER'S instrument (fig. 4), hetwelk o. a. te Brussel door QUETELET (in 't begin des vorigen jaars overleden) werd gebruikt, komt in hoofd-zaak met dat van LAMONT overeen. De vierhoekige beugel is hier echter door een van rondon vorm vervangen, die met een stalen stift in

Fig. 4.



verband staat, waardoor de koperen draad ab en de magneetnaald cd gedragen worden. De magneet cd tracht dus steeds de naald ab in den magnetischen meridiaan terug te voeren, zoodra deze door de eene of andere oorzaak daarvan verwijderd is. De ronde beugel eindigt verder in een metalen stuk, dat op een houten voetstuk geïsoleerd is en een horizontale, metalen naald ef draagt. Bij elke waarneming wordt vooraf de naald ef in het vlak van den magnetischen meridiaan gebracht. Wordt nu de bol A elektrisch, dan zal zich de elektriciteit aan den beugel en verder aan de naald

ab en de staaf ef mededeelen, en de naald ab verwijderd zich dienvolge van de staaf ef totdat de afstooting van beide lichamen evenwicht maakt met de richtende kracht der magneetnaald. Door middel van twee verdeelde cirkels, op het deksel en den voet van den glazen cilinder aangebracht, kan men de afwijking aflezen. PELTIER bepaalde de waarde van de graden van zijn instrument door de elektrische ladingen rechtstreeks in verband te brengen met de torsiebalans van COULOMB; door eene tabel gaf hij voor elken afwijkingshoek der bewege-

lijke naald van zijn elektrometer de overeenkomstige elektrische spanning aan. QUETELET heeft een dergelijke tabel gebezigd, op een eenigszins ander beginsel gegrond, en wel op de methode van de verdeling der elektriciteit tusschen twee bollen van gelijke oppervlakte. Hij heeft gevonden, dat de op deze wijze voor de graden van zijn elektrometer berekende tabel volkomen overeenstemt met die, welke PELTIER uit zijne waarnemingen voor hetzelfde instrument afgeleid had. De beide experimenteële methoden gaven dus gelijke resultaten.

PALMIERI gebruikt bij zijne waarnemingen der luchtelektriciteit te Napels een bewegelijken conductor in verbinding met een bijzonderen, door hem uitgedachten elektrometer, den zoogenaamden biflair-elektrometer. Deze bestaat uit een lichten aluminiumdraad, die aan twee cocondraden horizontaal opgehangen en van een kleine metalen schijf voorzien is, welke zich nabij een onder den draad aangebrachten geleider bevindt. Aan dezen geleider wordt de elektriciteit medegedeeld, die dan induceerend op den aluminiumdraad met het metalen schijfje werkt en hierdoor den draad doet afwijken. Bij elke waarneming wordt de bewegelijke conductor, die met den elektrometer in geleidende verbinding is, gedurende eene seconde op een constante hoogte geheven en dan voor eerst de grootste afwijking, daarna de blijvende stand van den elektrometer waargenomen. De eerstgenoemde, grootste afwijking is volgens PALMIERI evenredig met de spanning der elektriciteit, terwijl de blijvende stand afhangt van het elektriciteitsverlies. Uit beide waarnemingen wordt het ware bedrag der luchtelektriciteit berekend. PALMIERI heeft de verdienste, onder de physici van den tegenwoordigen tijd in Italië het eerst weder een grondig onderzoek der atmosfeerische elektriciteit te hebben ingevoerd. Een ijverig navolger is PATER SECCHI te Rome, die zich deels van een vasten toestel, deels van een bewegelijken geleider bedient. De aanwijzingen van laatstgenoemd instrument zijn echter volgens SECCHI zekerder. Ook DELMANN, die verscheidene jaren achteréén met de waarneming der luchtelektriciteit te Kreuznach belast is geweest, geeft aan een *bewegelijken* toestel de voorkeur, vooral omdat een vaste geleider te veel tijd behoeft (volgens DELMANN minstens 15 à 20 minuten) om zich geheel te laden. VOLTICELLI te Florence echter is een andere meening toegedaan. Deze beweert, in strijd met de denkbeelden van de meeste meteorologen van den laatsten tijd, dat alleen de *vaste* toestel vertrouwbare uitkomsten geeft. Volgens hem zou elke geïsoleerde geleider zich met positieve of wel met negatieve elektriciteit laden, naarmate hij in

de vrije lucht opgeheven of neergelaten wordt, zoodat een bewegelijk instrument den waren toestand der atmosfeer niet kan aangeven. Terecht heeft Pater SECCHI opgemerkt, — deze is het vooral, die hem bestrijdt, — dat deze bewering alle pogingen van den laatsten tijd op dit gebied vernietigt, ingeval zij waarheid behelst, waaraan hij evenwel twijfelt, daar elk bewijs ontbreekt. VOLTICELLI beroept zich op de verschijnselen, die een brandend lichaam, eene vlam bv. hem geven, wanneer deze op een vasten geleider wordt aangebracht. De vlam zal de negatieve elektriciteit der stang terstond in positieve doen overgaan. VOLTICELLI schrijft zulks daaraan toe, dat de vlam een opstijgenden luchtstroom doet ontstaan, die ten gevolge zijner beweging door de induceerende werking der aarde positieve elektriciteit geeft, welke de negatieve der atmosfeer meer dan neutraliseert, zoodat de punt der vaste staaf positief geladen wordt. Doet men dezelfde vlam naar beneden bewegen, na haar met den grond geleidend verbonden te hebben, dan kan men al naar de sterkte der vlam drie verschillende aanwijzingen verkrijgen: negatieve elektriciteit als de vlam niet zeer sterk is, in 't geheel geene als zij iets warmer is, positieve elektriciteit als de vlam nog sterker brandt; en deze uitkomsten worden verklaard als het resultaat van twee tegenovergestelde werkingen, t. w. voortbrenging van positieve elektriciteit door den opstijgenden luchtstroom, die van negatieve elektriciteit door de dalende vlam. Het is te betreuren, dat VOLTICELLI zijne stelling alleen door proeven met brandende lichamen heeft toegelicht. Onzes inziens is het hierdoor niet buiten allen twijfel gesteld, dat een geïsoleerde geleider, die zich in de lucht verplaatst, bij een opklimmende beweging steeds positief, bij een dalende negatief geëlektriseerd zal worden. Bij de beoordeeling toch van deze proeven komt alles aan op de werking, die een brandend lichaam bij een geïsoleerden geleider uitoefent, en hieromtrent verkeert men nog, zooals wij opgemerkt hebben, in 't onzekere. Bovendien laten zich de meeste verschijnselen, als die door ERMANN en PELTIER waargenomen, welke voor de theorie van VOLTICELLI pleiten, ook verklaren uit het toeneemen der lichtelektriciteit met de hoogte, terwijl de werking der vlam door VAN REES zeer goed wordt verklaard uit de menigvuldige aanraking der rookkolom met de lucht.

Voor eenige jaren is door Prof. THOMSON te Glasgow een geheel nieuwe toestel voor het onderzoek der atmosfeerische elektriciteit uitgedacht, de zoogenaamde watercollector, die sedert, behalve te Glasgow, ook

door DELLMANN te Kreuznach, door BALFOUR STEWART te Kew en door EVERETT te Windsor (Nieuw-Schotland) is ingevoerd en uitstekend voldoet. Uit een geïsoleerde kan, met water gevuld, vloeit voortdurend een fijne waterstraal in de lucht, tengevolge waarvan zoowel het water als de kan elektrisch worden. Van de waterkan voert een geïsoleerde geleider, een dunne draad, naar den elektrometer, waaraan THOMSON nog een bijzondere constructie heeft gegeven. De waterkan staat bij de waarneming in 't vertrek op een drievoet, welks pooten ter isoleering met schellak omgeven zijn; een lange buis gaat van de kan door eene opening in het venster naar buiten. Wordt nu de kraan, die in de buis is aangebracht, geopend, dan vloeit het water in een dunnen straal in de buitenlucht uit, en de elektrometer wordt geladen met de elektriciteit van den dampkring, d. i. bij helder weder in den regel met positieve elektriciteit. De uitvloeiende waterstraal daarentegen is negatief elektrisch. De luchtelektricititeit werkt hier weder induceerend; dientengevolge verkrijgt de buisopening en dus het uitvloeiende water de tegengestelde elektriciteit van de lucht, terwijl de gelijknamige elektriciteit naar het andere einde en dus naar het watervat of den watercollector wordt afgestooten. Men zou kunnen denken, dat de elektriciteit hier ontstaat tengevolge eener wrijving van de waterdeeltjes tegen de wanden der buisopening. Dat zulks niet het geval kan zijn blijkt, wanneer men het water binnen het vertrek laat uitvloeien: er is dan geen spoor van elektrische lading. De watercollector moet klaarblijkelijk tot de vaste toestellen gerekend worden; hij heeft echter het voordeel, dat hij in eenige seconden geladen wordt en dat zijne isolatie gemakkelijk onderzocht kan worden, daar hij zich steeds in 't vertrek bevindt. THOMSON heeft de waarde van het instrument nog verhoogd door het zelfregistreerend te maken.

Uit het voorgaande blijkt, dat er nog groote onzekerheid bestaat in de verklaring van menig verschijnsel en vooral ook in de methode van waarneming der atmosfeerische elektriciteit. Daarbij laten zich de uitkomsten der verschillende waarnemers moeilijk vergelijken, en waar dit nog mogelijk is, worden soms zeer tegenstrijdige resultaten verkregen. Een enkel voorbeeld moge dienen om dit te doen uitkomen. Alle natuurkundigen, die zich met de luchtelektricititeit hebben bezig gehouden, zijn het daarover eens, dat de elektrische spanning in den winter aanmerkelijk grooter is dan in den zomer; terwijl nu door

LAMONT te München de vermindering gedurende genoemde jaargetijden in verhouding van 2 tot 1 opgegeven wordt, vindt QUETELER te Brussel voor die verhouding 9 tot 1. Te Kew daarentegen zou ze 6 tot 1 bedragen. 't Is moeilijk te denken, dat dit verschil uit locale oorzaken zou ontstaan; het moet dus aan de gebruikte toestellen of wel aan de verschillende berekeningsmethoden toegeschreven worden. Een belangrijke schrede voorwaarts zou het zeker zijn, indien de waarnemingen tot een absolute maat of eenheid konden herleid worden. Zulk een algemeene maat is echter nog niet vastgesteld; wel is daartoe voor eenige jaren eene poging gedaan door den Duitschen natuurkundige HANKEL, maar zijne methode, die zeer ingewikkeld is en daardoor tot vele fouten aanleiding geeft, is niet algemeen aangenomen.

Voor een groot deel hangt de onzekerheid, die er nog aangaande de elektriciteit van den dampkring bestaat, samen met de verschillende meeningen, die men zich van den oorsprong dier elektriciteit vormt. In 't eerst hield men de atmospherische elektriciteit, in 't bijzonder NOLLET, voor een produkt van de wrijving der lucht tegen de wolken, de aarde en zichzelf, en ook KÄMTZ nog houdt het voor mogelijk, dat uit deze oorzaken althans een deel der luchtelektricieit ontstaat. VOLTA meende den oorsprong der luchtelektricieit in de verdamping van het water aan de oppervlakte der aarde gevonden te hebben; hij zocht met behulp der hypothese eener latente positieve elektriciteit, welke de waterdampen meevoeren in de atmospheer en bij de verdichting tot water weder vrijlaten, alle verschijnselen der atmospherische elektriciteit te verklaren. Hij meende ook door de proef gevonden te hebben, dat bij verdamping in 't laboratorium het vat negatieve elektriciteit bekomt. LAVOISIER en LAPLACE bevestigden dit, terwijl ook DE SAUSSURE dezelfde meening was toegedaan, hoewel hij bij zijn eigene proeven het vat nu eens met positieve, dan eens met negatieve elektriciteit en op een anderen tijd weder in 't geheel niet geladen vond. POUILLET heeft echter aangetoond, dat door bloote verdamping zonder chemische werking geene elektriciteit ontwikkeld wordt, maar dat bij verdamping alleen dan elektriciteit ontstaat, als de vloeistof een gas, een zuur, een alkali of een zout houdt opgelost; de damp verkrijgt dan positieve, de vloeistof negatieve elektriciteit. Alleen bij een alkalioplossing is het omgekeerde het geval. POUILLET past deze verschijnselen toe op de verdamping in de vrije natuur en op den groei der planten, en verklaart hieruit de luchtelektricieit. REICH heeft later de proeven van POUILLET met zoutoplossingen herhaald en aangetoond, dat POUILLET

zich vergiste in de bron van de bij verdamping verkregen elektriciteit; niet de verdamping, maar de wrijving van de fijn verdeelde vloeistof tegen de heete wanden van het vat zou de oorzaak der elektriciteitsontwikkeling zijn, onder voorwaarde, dat deze vloeistof over den wand moet voortrollen zonder dien te bevochtigen. Giet men eene zoutoplossing in een gloeiende platinaschaal, dan neemt de vloeistof eerst den spheroidaaltoestand aan, en men verkrijgt dan met den elektrometer geen spoor van elektriciteit. Op het oogenblik echter, dat de spheroidaaltoestand ophoudt, zal het vocht sterker worden verhit, zoodat het zout zijn watergehalte verliest en decrepiteert; de waterdeeltjes worden nu tegen de wanden der kroes geslingerd en de elektrometer wordt geladen; de ontwikkelde elektriciteit blijkt hierbij negatief te zijn. GAUGAIN heeft later de uitkomsten van REICH bevestigd. Ook RIESS heeft zich met deze proeven bezig gehouden en daarbij dezelfde uitkomsten als REICH verkregen. Hij vond bij langzame verdamping nimmer een spoor van elektriciteit. Eveneens herhaalde hij de proeven van POUILLET aangaande de ontwikkeling van elektriciteit bij den groei van planten, en wel met *Lepidium sativum*; hij vond daarbij, wel is waar, zeer geringe hoeveelheden elektriciteit, maar deze was nu eens positief, dan weder negatief. Door eenige proeven, die hij op een stuk onbebouwd, niet met planten begroeid land nam, ten einde de door hem verkregen uitkomsten te controleeren, kwam hij echter tot het besluit, dat hoogstwaarschijnlijk de verkregen elektriciteit niet aan den plantengroei moet toegeschreven worden. Uit al deze proeven schijnt dus te blijken, dat de meening, volgens welke de verdamping en de plantengroei de oorzaken der luchttelektricieit zouden zijn, op zeer onzekere waarnemingen berust.

PELTIER heeft ook onderzoekingen gedaan omtrent den oorsprong der atmospheerische elektriciteit. Hij toonde aan, dat die dampen, welke alleen onder den invloed van de lucht en de warmte beneden eene temperatuur van 110° ontstaan, geen vrije elektriciteit kunnen bezitten wanneer zij van de aarde opstijgen, daar deze elektriciteit steeds alle gelegenheid zou hebben om weggeleid te worden. Hij schrijft daarom de oorzaak van de elektrische verschijnselen, die in de atmosfeer worden opgemerkt, alleen aan de aarde toe, die als een met negatieve elektriciteit geladen lichaam beschouwd moet worden. Wij deelen zijne theorie, die veel bijval gevonden heeft, hier mede zooals zij door LAMONT te München ontwikkeld is.

De aarde bezit een zekere hoeveelheid negatieve elektriciteit. Die hoe-

veelheid blijft steeds dezelfde, hoewel hare verdeeling op verschillende tijden zeer verschillend kan zijn. LAMONT noemt deze elektriciteit de *permanente* elektriciteit der aarde, in tegenstelling van de *geïnduceerde*, die in elk geïsoleerd lichaam, onverschillig of dit permanent elektrisch is of niet, door een elektrisch lichaam in de nabijheid te voorschijn geroepen wordt. De atmosfeer, d. i. de zuivere lucht, heeft in 't geheel geene elektriciteit; zij is niet in staat die te geleiden of te behouden. Was de aarde een volkomen bol, dan zou elk punt harer oppervlakte een even sterke elektrische spanning vertoonen. Deze gelijkheid der spanning wordt echter door twee omstandigheden gewijzigd: door de *verhevenheden*, die aan de oppervlakte der aarde voorkomen, en door de *dampen*, die in de atmosfeer zweven. De elektriciteit toch verzamelt zich bij voorkeur aan uitstekende punten en de spanning der elektriciteit zal in de lichamen toenemen, naarmate deze zich hooger verheffen. Wat de ongelijke verdeeling der elektriciteit tengevolge van den waterdamp in de atmosfeer aangaat, moet men twee gevallen onderscheiden: de dampmassa kan met de aarde in aanraking, of wel geïsoleerd zijn. In het eerste geval zal hetzelfde geschieden als bij eene verhevenheid; de elektriciteit verlaat dan het deel der aardoppervlakte, dat met de dampmassa in aanraking is, en verzamelt zich aan de oppervlakte dier dampmassa. In het tweede geval zal de dampmassa of wolk door inductie elektrisch worden, hetzij door de verdeelende werking der aarde, hetzij door die eener andere wolk. Zoo kunnen positieve en negatieve wolken ontstaan. Een positief-elektrische wolk induceert in het nabijgelegen deel der aardoppervlakte tot zekere grens, die afneemt met den afstand, negatieve elektriciteit, welke zich bij de permanente elektriciteit voegt, zoodat een sterkere spanning ontstaat; een negatief-elektrische wolk daarentegen induceert positieve elektriciteit en stoot de permanente negatieve terug, zoodat, al naar omstandigheden, een verminderde negatieve elektriciteit, of wel een geheele opheffing der elektriciteit, of eindelijk positieve elektriciteit het resultaat kan zijn.

Welke aanwijzingen nu de elektrometer onder deze verschillende omstandigheden zal geven, als hij in een hoog en vrij punt geplaatst is, laat zich gemakkelijk nagaan. Door de aanraking met den vinger zal, als de dampkring zuiver is, de elektriciteit, die steeds het hoogste punt opzoekt, in den elektrometer zich ophoopen, en de hoeveelheid zal evenredig zijn met de hoogte. Komt daarna het instrument in een gesloten ruimte, waar geene spanning kan plaats hebben, dan uit zich de in het geïsoleerde deel voorhanden elektriciteit daardoor, dat de goud-

blaadjes afwijken, of bij die van PELTIER en LAMONT doordat beugel en naald elkander afstooten. De elektriciteit, die zich in den elektrometer bevindt, zal negatief zijn, wat men daaraan herkent, dat de afwijking vermeerderd, zoodra men met een gewreven lakstang nadert. Wordt echter door de nabijheid eener wolk op de bovenverklaarde wijze de elektriciteit in een punt der aardoppervlakte positief, dan komt er positieve elektriciteit in den elektrometer, die een dergelijke afstooting tengevolge heeft; de aard der elektriciteit openbaart zich nu echter doordat een gewreven lakstang, bij den bol gebracht, de afwijking kleiner doet worden. Verricht men de waarneming bij betrokken lucht, na een langdurigen regen, — derhalve als de lucht met dampen verzadigd is, zoodat de wolken met de aarde in geleidende verbinding zijn — dan zal in den elektrometer in 't geheel geene elektriciteit opgemerkt worden. In dit geval heeft zich de negatieve elektriciteit der aarde aan de oppervlakte der wolken opgehoopt; de waarnemer bevindt zich dan te midden van het geëlektriseerde lichaam, en daar kan natuurlijk, evenmin als in een vertrek, elektrische spanning zijn.

Volgens de hier ontwikkelde meening hangen de veranderingen der elektrische spanning aan het oppervlak der aarde uitsluitend af van de in de atmosfeer aanwezige dampmassas. Daar de elektriciteit, in eenig punt der aardoppervlakte van de elektriciteit van alle overige punten afhangt, zal elke verandering, die in eenig punt plaats heeft, eene verandering aan de geheele aardoppervlakte ten gevolge hebben; en wegens de enorme snelheid der elektriciteit zullen de veranderingen nagenoeg gelijktijdig zelfs in de meest verwijderde plaatsen optreden. De veranderingen echter, die tengevolge van een onweder ontstaan, zijn als locale te beschouwen. De waarnemingen, te München gedaan, zijn volgens LAMONT met de gegeven voorstelling volkomen in overeenstemming. Inderdaad wordt een groot deel der tot heden bekende elektrische verschijnselen in de atmosfeer door de theorie van PELTIER op eenvoudige wijze en zeer ongedwongen verklaard, en zij vindt dan ook thans nog vele aanhangers. Echter geeft zij geen rekenschap van het afnemen der elektriciteit naar de polen, en ook de toenemende intensiteit der luchtelektricitet met de hoogte wordt er moeilijk door verklaard. Bovendien maken vele waarnemingen het waarschijnlijk, dat er een vrije elektriciteit der lucht, onafhankelijk van die der aarde, moet bestaan. Verreweg de meeste natuurkundigen kunnen zich dan ook met de theorie van PELTIER niet vereenigen, maar trachten op andere wijze

het bestaan eener vrije luchtelektricitet te verklaren, die dan omgekeerd induceerend op de aarde werkt. Zoo wil BECQUEREL den oorsprong der atmospherische elektricitet aan de zon ontleenen; PALMIERI zoekt dien vooral in de condensatie van waterdampen; anderen in de hemelruimte, vooral als de aarde zich te midden der kometenstof beweegt, welke de vallende sterren doen ontstaan; nog anderen in de aarde zelve en wel in het aardmagnetisme, dat een dergelijke periode als de lucht-elektricitet vertoont. We kunnen niet al de atmospherische, kosmische en tellurische theorieën vermelden, die in den laatsten tijd zijn voorgesteld, maar wijzen alleen op eene theorie, door DE LA RIVE, DELLMANN en eenige anderen voorgestaan, volgens welke de oorsprong der luchtelektricitet moet gezocht worden in een algemeen verschijnsel: de ongelijke verdeling der warmte in de atmosfeer. Warmte zou daarbij in elektricitet worden omgezet, evenals omgekeerd elektricitet in warmte overgaat, en eene afnemning of aangroeiing der warmte zou met eene toeneming of vermindering der elektricitet gepaard gaan. Dat inderdaad elektricitet in warmte kan omgezet worden, blijkt duidelijk bij de Volta'sche keten; we weten ook dat door wrijving zoowel warmte als elektricitet kan opgewekt worden, en de nieuwe theorie is dan ook volstrekt niet met onze gewone voorstelling der verschijnselen in strijd.

MÜHRY ontwikkelt deze theorie als volgt. De verwarming der aardoppervlakte door de zon is de bestendige bron der atmospherische elektricitet; de verbreiding van de hoeveelheid dier elektricitet gaat in 't algemeen hand aan hand met die der temperatuur; zij neemt met deze toe of af, zoowel in ruimte als in tijd. Boven den droogen en verhitten bodem der woestijnen, waar zij in de damparme lucht geïsoleerd blijft, is de elektricitet het sterkst. In andere streken voegt zich hierbij echter de waterdamp, en deze neemt toe met de relatieve vochtigheid, welke weder met de hoogte der luchtlagen aangroeit; hier vindt de elektricitet der verwarmde aardoppervlakte dus een geleider, — immers de lucht zelve geleidt de elektricitet niet — en deze zal zich bijgevolg in de hogere luchtlagen verzamelen, vooral aan de oppervlakte der waterdampatmosfeer. Hieruit volgt terstond, dat de elektricitet tot zekere grens met de hoogte der luchtlagen zal toenemen, en tegelijk verklaart zich het verschijnsel, dat de sterkte der elektricitet moet verminderen van den aequator naar de polen, evenals de temperatuur. Het voorgaande verklaart ook, waarom de dagelijksche gang der elektricitet aan de oppervlakte der aarde niet juist met die der warmte samenvalt. Wij dienen dit punt

meer in bijzonderheden te beschouwen. Talrijke waarnemingen in Middel-Europa hebben geleerd, dat de sterkte der elektriciteit van den morgen tot na den middag afneemt en ongeveer gelijktijdig met het maximum der temperatuur haar minimum bereikt. Nauwkeuriger gezegd zijn er dagelijks twee maxima en twee minima; het eerste maximum heeft plaats eenige uren na zonsopgang, het andere kort na den ondergang der zon; het eerste minimum valt kort vóór zonsopgang, het tweede eenige uren na de grootste hoogte der zon. De juiste tijdstippen wisselen af met de jaargetijden en de temperatuur. Zonder den waterdamp zou de intensiteit der atmospherische elektriciteit werkelijk parallel gaan met de zon en een maximum bereiken, gelijktijdig met de temperatuur, kort na de grootste hoogte der zon. Maar parallel met de hoogte der zon gaat ook de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer, en daar deze des daags omhoog stijgt om des avonds weder neer te dalen, en daarbij de elektriciteit medevoert, ontstaat er op het midden van den dag eene vermindering in de hoeveelheid damp, en met deze eene vermindering van de elektriciteit aan de oppervlakte der aarde. Des morgens en des avonds echter bevindt zich in de onderste luchtlagen een groote hoeveelheid elektriciteit, daar deze dan met de geheele waterdampatmosfeer beneden blijft. De vermindering eindelijk des nachts, het minimum kort vóór zonsopgang, laat zich eenvoudig verklaren uit de temperatuursverlaging, die er dan plaats heeft, met welker minimum het minimum der elektriciteit nagenoeg samenvalt. Wat den jaarlijkschen gang der atmospherische elektriciteit aangaat, waarbij algemeen een maximum in den winter en wel in Januari, een minimum des zomers in Mei of Juni opgemerkt wordt, ook deze is waarschijnlijk een gevolg van de beweging der dampmassa in de atmosfeer, daar die damp des winters lager, des zomers hooger staat. Werkelijk valt dan ook de jaarlijksche periode der relatieve vochtigheid met die der luchtelektricitet samen. Is deze voorstelling juist, dan is het te verwachten, dat in de hoogere streken van den dampkring de verhouding omgekeerd zal zijn; parallel met de temperatuur zal daar des winters een zwakkere, des zomers een sterkere hoeveelheid elektriciteit moeten opgemerkt worden, iets dat door SCHÜBLER ook inderdaad schijnt waargenomen te zijn. Hoewel vele verschijnselen voor deze nieuwe theorie pleiten, en zij o. a. de periodiciteit der luchtelektricitet zeer goed verklaart, moeten wij toch opmerken, dat waterdamp niet zulk een uitstekende geleider voor elektriciteit schijnt te

zijn als hier ondersteld wordt. Laat men toch de dampen van een met water gevuld vat, hetwelk met de aarde in verbinding staat, voorbij den bol van een geladen elektrometer strijken, dan wordt de elektriciteit volstrekt niet weggeleid, mits men zorg draagt, dat het glas daarbij niet beslaat. Aan den anderen kant echter weten we, dat al onze elektrische toestellen in een vochtige lucht moeilijk werken en spoedig ontladen worden, waaruit volgt dat de waterdamp het geleidend vermogen der lucht althans aanzienlijk verhoogt.

Van de luchtelektricitet, waarvan tot heden bijna uitsluitend sprake was, moet wel onderscheiden worden de wolkenelektricitet. Als kenmerken der luchtelektricitet zou men kunnen opgeven:

1. Zij is steeds positief. Bij een helderen hemel toch wordt uiterst zelden negatieve elektricitet opgemerkt; zoo vond BECCARIA te Turijn in 15 jaren bij menigvuldige waarnemingen slechts 6 malen negatieve elektricitet. Ook latere waarnemers komen hierin overeen. Zoodra dan ook negatieve elektricitet wordt waargenomen, moet aan wolkenelektricitet gedacht worden. Bij bedekten hemel vindt men ook nog wel positieve elektricitet, maar deze is zwakker en de dagelyksche gang onregelmatiger. Nevels daarentegen versterken de positieve elektricitet der lucht, maar als ze neerslaan vermindert deze. Omtrent de elektricitet bij regen loopen de waarnemingen zeer uiteén.

2. De luchtelektricitet heeft een dagelyksche en een jaarlyksche periode. Wij hebben dit punt reeds boven behandeld en merken alleen nog op, dat deze periode nagenoeg overal dezelfde blijkt te zijn, te St. Louis en te Windsor in Noord-Amerika, zoowel als op verschillende plaatsen van Europa.

3. Zij is voor dezelfde plaats een constante grootheid. Wanneer men de som der hoeveelheden elektricitet neemt, die in den loop van een jaar wordt opgemerkt, blijkt deze althans te Kreuznach, volgens DELLMANN, en te St. Louis, volgens WISLIZENUS, steeds dezelfde te zijn.

Het bestaan eener wolkenelektricitet is door verschillende waarnemingen met elektrische vliegers of met aan draden bevestigde ballons geconstateerd. Ook door waarnemers op hooge bergen, o. a. PELTIER, en door verschillende luchtreizigers is zij opgemerkt. Zij bleek daarbij nu eens positief, dan weder negatief te zijn. De aanwezigheid eener wolkenelektricitet bleek ook nog onlangs uit de waarnemingen van de gebroeders TRISANDIER in een luchtballon, waarmede zij met nog vijf andere reizigers den 16den Februari 1873 te La Valette opstegen. Een 200 M. lange

koperdraad, die gedurende den tocht naar beneden hing, eindigde onder in een punt en was aan het andere eind, dat in 't schip uitkwam, met een bol voorzien. Een elektrometer, bij den bol gehouden, gaf negatieve elektriciteit. Op eene hoogte van 1350 M., rondom door wolken omgeven, verkregen zij zelfs met den vinger eene vonk, waarbij een krachtig geruisch werd gehoord. Het feit dat dezelfde wolk, zooals door verschillende waarnemers is geconstateerd, eerst positieve, later negatieve elektriciteit kan toonen, bewijst dat wolken geen geleiders vormen gelijk wel eens beweerd is. Men moet zich dan ook eene wolk voorstellen als eene vereeniging van vloeibare droppeltjes of van zeer kleine ijskristalletjes, van elkander gescheiden door de lucht, waarin zij ten gevolge van hun groote fijnheid blijven zweven, en welker doorschijnendheid zij wegnemen, als ze talrijk genoeg zijn.

Als men de elektriciteit onderzoekt, die zich bij een onweder op den verzameltoestel van den elektrometer ophoopt, bespeurt men dat zij nu eens positief, dan weder negatief is. De positieve elektriciteit schijnt steeds te verminderen vóór het onweder, doch negatieve verschijnt eerst met het onweder zelf, wisselt daarna gedurig in grootte en gaat eindelijk over in nul of zwakke positieve elektriciteit. Ook hieruit kan men opmaken, dat onweerswolken nu eens met positieve, dan weder met negatieve elektriciteit geladen zijn. Omtrent de oorzaak der wolkenelectriciteit en het ontstaan van onweders vindt men weder verschillende uitéénlopende theorieën. Volgens sommigen vormt zich de wolkenelectriciteit uit de luchtelektricititeit; volgens anderen zijn beiden geheel van elkander onafhankelijk. Juist in den winter echter, als de luchtelektricititeit het sterkst is, zijn de onweders het zeldzaamst, en dit maakt de eerste hypothese niet zeer waarschijnlijk. Ook hier bestaat nog dezelfde onzekerheid als ten aanzien der luchtelektricititeit. Een onweder moet in ieder geval beschouwd worden als eene storing in den elektrischen toestand van den dampkring, en misschien is daarbij de elektriciteit veeleer een bijkomende omstandigheid dan wel de oorzaak van het onweder. In de meeste gevallen gaan onweders gepaard met sterke regen- of hagelvorming, en niet onwaarschijnlijk is daarom de meening van onzen landgenoot Dr. KRECKE, dat vooral de ontmoeting en vermenging van luchtstroomen van verschillende temperatuur, — 't meest voorkomende in het warme jaargetijde, in 't bijzonder in de tropische gewesten — aanleiding zou geven tot de vorming van onweerswolken, vooral indien die luchtstroomen zich daarbij met groote snelheid bewegen. De sterke

ontwikkeling van elektriciteit, die hierbij plaats vindt, wordt dan als volgt verklaard. Men weet, dat de elektriciteit zich steeds aan de oppervlakte der geleiders ophoopt. Indien nu die oppervlakte vergroot of verkleind wordt, zonder dat er verandering in de hoeveelheid elektriciteit komt, dan zal deze daardoor in 't eerste geval een geringere, in het tweede geval een grootere dichtheid verkrijgen. Wordt dus de oppervlakte van een met elektriciteit geladen lichaam plotseling vergroot of verkleind, dan kan hierdoor de dichtheid en dus de spanning der elektriciteit zoodanig verhoogd worden, dat eene vonk op nabijgelegen lichamen overspringt. Dit nu geldt ook van de wolken. Valt dus een koude luchtstroom met kracht in een rijk met waterdampen beladen lucht-massa, dan kan de plotselinge afkoeling niet alleen eene regen- of hagelvorming, maar tegelijk een zoo groote versterking der elektriciteit ten gevolge hebben, dat daardoor elektrische vonken, d. i. bliksemstralen ontstaan. Goede geleiders worden op eenmaal nagenoeg geheel ontladen, slechte daarentegen alleen in den omtrek waar de ontlading geschiedt. Eene wolk zal dus in de meeste gevallen niet door een enkelen bliksemstraal ontladen worden, maar elke invallende stroom van koude lucht zal door de condensatie van waterdampen, welke hij teweeg brengt, de elektrische spanning verhoogden en, als deze sterk genoeg geworden is, van een of meer bliksemstralen gevolgd worden.

Ondanks de pogingen, die er ten allen tijde gedaan zijn om de oorzaak der atmospherische elektriciteit en de veranderingen, die deze ondergaat, te leeren kennen, heeft men echter, zooals uit het voorgaande genoegzaam kan blijken, op dit gebied nog slechts geringe vorderingen gemaakt. Wij hebben hier geen afzonderlijke studie kunnen maken van den bliksem en diens uitwerkselen; ook het verschijnsel van den donder, het St. Elmusvuur en den terugslag hebben wij als niet rechtstreeks tot ons onderwerp behorende buiten beschouwing gelaten; zoo mede het verband tusschen onweders en andere verschijnselen, als het ontstaan van ozon, de regen- en hagelvorming, het aardmagnetisme, eindelijk de verbreiding der onweders en de verdere bijzonderheden, die daarmede in verband staan. Ook hier zou ons anders blijken, dat er ondanks de vele onderzoekingen, die in 't werk gesteld zijn, en de uitgebreide litteratuur, waartoe deze aanleiding hebben gegeven, nog altijd veel raadselachtigs en geheimzinnigs bestaat. Wij behoeven slechts te wijzen op den verschillende vorm, welken de bliksem kan aannemen, die nu eens lijnvormig, dan als zigzag, soms slangvormig,

elders weder vertakt, nu en dan zelfs onder de gedaante van vuurbollen verschijnt; verder op het voorkomen van bliksem zonder donder en van donder zonder bliksem, zelfs bij geheel helderen hemel; den zonderlingen loop en soms vreemde uitwerking van den bliksem; den onderscheiden aard van het geluid, alsmede het rollen van den donder. Ook het zooveel bestudeerde noorderlicht, dat volgens sommige geleerden als een meer langzame ontlading van atmospherische elektriciteit moet beschouwd worden, is tot heden niet verklaard. Het voornaamste, dat ons bekend is, betreft het onweder; maar wel beschouwd weet men met zekerheid nog niet veel meer dan wat ten tijde van FRANKLIN geleerd werd: dat de bliksem een elektrische vonk, het onweder een elektrisch verschijnsel in 't groot is.

Onwillekeurig komt men tot de vraag, waaraan de geringe voordeelingen, die er ten aanzien der atmospherische elektriciteit in 't algemeen gemaakt zijn, moeten toegeschreven worden. Bepaalde redenen laten zich bezwaarlijk daarvoor opgeven. Voor een deel is zeker de moeilijkheid der waarneming van atmospherisch-elektrische verschijnselen daarvan de oorzaak, voor een ander deel het ontbreken eener absolute eenheid of maat, die eene vergelijking der uitkomsten van verschillende waarnemers mogelijk maakt. Aan den anderen kant meenen wij echter tevens als onze overtuiging te moeten uitspreken, dat eerst dan betere resultaten van het onderzoek te verwachten zijn, als op meer talrijke plaatsen geregelde en nauwgezette waarnemingen worden verricht. Bovendien zou het van veel belang zijn, indien gelijktijdige waarnemingen op verschillende hoogte, bv. met luchtballons, konden gedaan worden, om te onderzoeken, hoe de elektriciteit bij een helderen hemel over de verschillende luchtlagen verdeeld is.

Sappemeer, Sept. 1874.