DE ATMOSPHEERISCHE ELEKTRICITEIT

DOOR

Dr. G. NOORDING.

Hoewel er op het gebied der natuurwetenschappen, vooral in de laatste jaren, groote vorderingen zijn gemaakt, bestaan er nog altijd een groot aantal verschijnselen, waarvan men de juiste verklaring moet schuldig blijven. In de eigenlijke natuurkunde of physica zijn het vooral de elektrische verschijnselen, die ons gedurig de overtuiging geven, dat onze kennis van het wezen der natuurkrachten nog slechts gering is. Terwijl de leer van het licht in zulk eene mate is ontwikkeld, dat een FRESNEL kon zeggen: deze en die verschijnselen zullen moeten optreden, wanneer zekere bepaalde voorwaarden vervuld zijn; terwijl ook in het hoofdstuk der warmte meer en meer de geheime wetten der natuur ons bekend worden, bieden de verschijnselen der elektriciteit nog altijd veel raadselachtigs en geheimzinnigs aan, zoo zelfs, dat niet zelden gelijksoortige waarnemingen zeer uiteenloopende uitkomsten schijnen te geven. We zien dit niet het minst op het gebied der atmospheerische elektriciteit en bij de verschijnselen, die zich gedurende een onweder voordoen. Hier vooral heerscht nog de grootste onzekerheid, niet alleen in de verklaring van menig verschijnsel, maar zelfs in de methode der waarneming en in de vergelijking der uitkomsten. Om een behoorlijk overzicht van den stand der zaak te verkrijgen, dienen we kort den geschiedkundigen loop van het onderwerp na te gaan.

Wanneer er sprake is van elektrische verschijnselen in den damp-

kring, wordt gewoonlijk allereerst aan het onweder gedacht. Zonder twijfel bekleedt dan ook het onweder daaronder eene eerste plaats, hoewel het niet het eenige is, dat er toe behoort. Opmerkelijk zeker is het, dat, ofschoon wellicht geen verschijnsel in de natuur ten allen tijde meer de aandacht heeft getrokken, het toch zoo langen tijd — immers tot in het begin der vorige eeuw — heeft geduurd, eer men den waren aard van het onweder leerde kennen. Van dien tijd dagteekent dan ook de eerste kennis aangaande de elektrische verschijnselen in de atmospheer. Dit neemt echter niet weg, dat er in den loop der tijden omtrent het onweder verschillende meeningen zijn verkondigd. Den diepen indruk, dien het op elk mensch maakt in aanmerking genomen, is het niet te verwonderen, dat men in den eersten tijd daaraan een goddelijken oorsprong toeschreef. In de hooge oudheid werd het onweder dan ook aangezien als eene openbaring van de verbolgenheid der goden, die men door allerlei offeranden en gebeden trachtte tevreden te stellen. Aan eene verklaring door natuurlijke oorzaken werd dus nog niet gedacht. De Grieken en Romeinen deelden in dit geloof, en door hen werd het aan alle volken, met wie ze in aanraking kwamen, overgedragen. Men verhaalt, dat sommige personen in dien tijd reeds het geheim kenden om den bliksem zijn weg voor te schrijven; al die verhalen zijn echter zeer onwaarschijnlijk. Men beweert ook, dat de tempel van Jeruzalem gedurende een tijdvak van duizend jaren nooit door den bliksem is getroffen, en schrijft dit toe aan de vele vergulde spitsen, die daarop geplaatst waren. Het is echter zeer de vraag of deze met dat doel daar zijn aangebracht. Volgens den geschiedschrijver JOSEPHUS zouden ze enkel gediend hebben — en dit is waarschijnlijker — om de vogels verwijderd te houden.

Ook in de middeleeuwen schijnen er nog geene pogingen gedaan te zijn om de oorzaken van het onweder op te sporen. Eerst in de zeventiende eeuw, toen een meer nauwlettend onderzoek juistere begrippen omtrent de natuur en hare krachten deed ontstaan, heeft de meening der ouden aangaande het onweder voor een meer natuurlijke verklaring moeten plaats maken. DESCARTES heeft het eerst daarvan een hoewel nog zeer onvolkomene theorie gegeven. Hij schrijft het toe aan een neervallen der hoogere wolken op de lager in den dampkring gelegene; de warmte, door de samenpersing van de lucht tusschen die wolken ontwikkeld, zou den bliksem, de beweging zelve den donder doen ontstaan. Later heeft men zeer algemeen de verklaring van den be-

roemden Nederlandschen natuurkundige BOERHAAVE aangenomen, volgens wien het verschijnsel van bliksem en donder veroorzaakt zou worden door de ontvlamming van allerlei zwavel-, vet- en oliedampen, die van de aarde zouden opstijgen, en in de lucht zich konden ophoopen en ontploffen. Die verschillende soorten van uitdampingen, niet alleen van de aarde, maar ook van de uitwaseming van dieren en planten afkomstig, zouden, meende men, door broeiing of ook door drukken en stooten tegen elkander of tegen de wolken, tot gisting komen en vlam kunnen vatten, waardoor een meer of minder zware ontploffing moest ontstaan. Scheikundige werking derhalve — de scheikunde verkeerde toen juist in hare geboorte — zou het onweder veroorzaken. Deze meening is de heerschende gebleven tot op het tijdstip van de ontdekking der elektriciteit.

Het is nu ruim anderhalve eeuw geleden, dat men het eerst op het denkbeeld kwam, dat het onweder een elektrisch verschijnsel zou kunnen zijn. In het jaar 1708, dus kort nadat GILBERT zijne eerste proeven aangaande de elektriciteit deed en de eigenschap der elektrische aantrekking ontdekte, en OTTO VON GUERICKE het eerste lichtverschijnsel bij 't wrijven van barnsteen waarnam, werd door Dr. WALL, een Engelsch natuurkundige, het geluid ontdekt, waarvan de elektrische vonk vergezeld gaat. WALL vergeleek terstond het licht der vonk met den bliksem, het geknetter met den donder. Zoo treffend en natuurlijk is de overeenkomst tusschen deze verschijnselen, dat ze reeds terstond bij de eerste proeven met elektriciteit werd opgemerkt. Die overeenkomst werd nog meer in 't oog vallend, toen men de elektrische ontladingen beter leerde kennen en langzamerhand door verbeterde toestellen grootere hoeveelheden elektriciteit en dus sterkere werkingen wist te verkrijgen. Vooral droeg hiertoe bij de ontdekking der Leidsche flesch. Het denkbeeld van WALL vond dan ook meer en meer ingang bij andere geleerden; zoo gaf de bekende natuurkundige GREY in 1735 dezelfde meening in een brief aan MORTIMER duidelijk te kennen. Ook NOLLET en WINKLER trachtten weldra dit gevoelen door allerlei gronden te staven. Eene prijsvraag, door de Academie van Bordeaux uitgeschreven, was nog in 1726 door Pater DU FECH in den zin van BOERHAAVE beantwoord, en zijn antwoord werd bekroond. Nadat echter in 1749 dezelfde vraag op nieuw was gesteld, werd het volgende jaar de prijs toegewezen aan BARBERET, een geneesheer te Dijon, die, hoewel geheel langs theoretischen weg, had aangetoond, dat de bliksem

eene werking is der elektriciteit. Onder de natuurkundigen, die de meening van WALL met de meeste warmte omhelsden, moet vooral DE ROMAS te Nerac, genoemd worden, lid van de zooeven vermelde Academie van Bordeaux; slechts weinige weken na het verschijnen van BARBERETS antwoord trachtte ROMAS in eene verhandeling mede den elektrischen aard van het onweder te bewijzen en wel op grond van zijne waarnemingen bij het inslaan van den bliksem op het kasteel te Tampouy nabij Nerac. Reeds vroeger echter, kort vóór dat de bekrooning der verhandeling van BARBERET plaats had, was reeds in de nieuwe wereld door BENJAMIN FRANKLIN de groote overeenkomst tusschen den bliksem en de elektrische vonk duidelijk in het licht gesteld. In een der brieven, die hij achtereenvolgens aan P. COLLINSON te Londen geschreven heeft, geeft FRANKLIN als verschillende gemeenschappelijke eigenschappen van beiden op: ze geven licht, ze hebben gelijke kleur, ze hebben beiden den zigzagvorm, ze verdwijnen plotseling, ze worden gemakkelijk weggeleid door metalen, ze veroorzaken beiden een knal, ze doorboren de lichamen waardoor ze hun weg nemen, ze dooden dieren, ze smelten metalen, ze doen brandbare stoffen ontvlammen, beiden hebben een zwaveligen reuk. FRANKLIN had zich te voren reeds verdienstelijk gemaakt door verschillende ontdekkingen betrekkelijk de Leidsche flesch, alsmede door het opmerken van het vermogen der punten, of de eigenschap van puntige lichamen om aan een geleider in de nabijheid zijne elektriciteit te onttrekken zonder geluid en zonder vonk.

Hoewel nu langzamerhand met de kennis der elektrische verschijnselen ook de overtuiging toenam, dat de bliksem met de elektrische vonk identisch moest zijn, dacht men er echter niet aan, die belangrijke waarheid door rechtstreeksche proeven afdoende te bewijzen. Van Amerika, toen nog in de wetenschap ter nauwernood bekend, moest het denkbeeld uitgaan, het vraagstuk door de proef te beslissen. Het is weder FRANKLIN geweest, die het eerst daartoe het voorstel deed; hij wilde door een spitsuitloopende ijzeren stang, die behoorlijk geïsoleerd was, de elektriciteit der onweerswolken opvangen. Zijn doel was den bliksem van de wolken te doen nederdalen, om hemzelven naar zijn oorsprong te ondervragen, en dit doel zou, meende hij, kunnen bereikt worden door toepassing van het door hem ontdekte vermogen der punten. FRANKLIN stelde zich voor, dat de elektriciteit der wolken, indien deze werkelijk met zekere elektriciteit geladen zijn, door de puntige staaf zou aangetrokken en opgenomen worden; men zou dus

met de elektriciteit dezer staaf dezelfde proeven moeten kunnen doen als met een gewone elektriseermachine. Ten einde zijne spits zoo nabij mogelijk tot de wolken te doen naderen, dacht FRANKLIN eerst deze op den toren van Philadelphia, die toen in aanbouw was, te plaatsen, en de uitvoering zijner proef wachtte slechts op de voltooiing van dit gebouw. Hij was echter te ongeduldig om die tot zoolang uit te stellen en trachtte daarom door eene andere proef een einde aan zijne onzekerheid te maken. Daar het slechts te doen was om de aarde met de wolken in verbinding te brengen, kwam hij op de gedachte om een gewonen vlieger, van zijde in plaats van uit papier gemaakt ten einde beter tegen wind en regen bestand te zijn, met een ijzeren punt te voorzien, die met het touw in gemeenschap stond, en dien vlieger bij gelegenheid van een onweder op te laten. In Juni 1752 werd de proef in eene weide nabij Philadelphia werkelijk door FRANKLIN, alleen van zijn zoon vergezeld, ten uitvoer gebracht, en 't is bekend met welken uitslag. Aan het henniptouw was een zijden koord bevestigd, dat hij in de hand hield, — zijde is een niet-geleider, — en tevens was aan het touw een sleutel gebonden, die als conductor moest dienen. In het eerst vertoonde zich geen spoor van elektriciteit, maar toen er een weinig regen gevallen was, zoodat het touw vochtig en dus beter geleidend werd, hield FRANKLIN den gesloten vinger op nieuw bij den sleutel met dit gevolg, dat er een aantal krachtige vonken te voorschijn kwamen. Ook nam hij verscheidene verschijnselen van aantrekking en afstooting van lichte voorwerpen waar, en zelfs gelukte het hem een Leidsche flesch te laden met de elektriciteit, die door het henniptouw werd voortgeleid. Een belangrijke waarheid was hiermede proefondervindelijk aangetoond: de identiteit van den bliksem met de elektrische vonk was buiten allen twijfel gesteld; het onweder was niets anders dan een elektrisch verschijnsel in 't groot.

FRANKLIN is evenwel niet de eerste geweest die het proefondervindelijk bewijs voor deze waarheid geleverd heeft. Een Fransch natuuronderzoeker D'ALIBARD had reeds eenige weken vroeger de oorspronkelijk door FRANKLIN aangeduide proef met de hoog opgerichte puntige staaf verricht en wel op aanwijzing van BUFFON, die de verhandeling van FRANKLIN in 't Fransch liet vertalen. D'ALIBARD had een lange ijzeren staaf, die in een spits van gehard staal uitliep, in zijn tuin te Marly, nabij Parijs, geplaatst en daaruit den 10 Mei 1752, op het oogenblik dat een onweerswolk door het zenith trok, aanzienlijke von-

ken verkregen. Verscheidene personen waren getuigen geweest van dit verschijnsel, waarvan eenige dagen later mededeeling gedaan werd aan de Fransche Academie van Wetenschappen. Het laat zich denken, dat dergelijke proeven, die kort daarna ook door DELOR en BUFFON, alle met hetzelfde gevolg, werden gedaan, zoowel in als buiten Frankrijk een diepen indruk te weeg brachten; vele natuurkundigen, ook elders in Europa, werden er door opgewekt om de elektriciteit der onweerswolken te onderzoeken. Het volgende jaar werden de verkregen uitkomsten nog meer bevestigd. Vóór dat nog de proef van FRANKLIN met den elektrischen vlieger in Europa bekend was geworden, kwam de reeds genoemde DE ROMAS mede op het denkbeeld, de electriciteit der wolken te verzamelen door gebruik te maken van een vlieger. Tot dit denkbeeld zou hij gebracht zijn door zijne waarneming, dat de kracht der elektrische verschijnselen, die een puntige ijzeren staaf vertoont, toeneemt, naarmate deze staaf zich hooger boven den grond verheft. Zijne proeven, waarvan de eerste in Mei 1753 genomen werd, zijn merkwaardig door de sterke werkingen, die hij wist te verkrijgen. Eens, gedurende een onweder te Nerac, den 16 Augustus 1757, gelukte het hem vonken aan zijn vlieger te onttrekken, die eene lengte van negen à tien voet hadden, en een knal gaven gelijk of sterker dan die van een pistoolschot. Zijn vlieger was van geölied papier gemaakt en besloeg eene oppervlakte van 18 vierkante voeten, terwijl het touw om beter te geleiden met een metaaldraad omwonden was. Dicht aan het uiteinde droeg dit touw een blikken cilinder als conductor. Als een voorzichtig waarnemer had ROMAS de voorzorg gebruikt, den draad met het touw te isoleeren, door aan het uiteinde van het touw een $3\frac{1}{2}$ voet langen draad te bevestigen; in plaats van er de vonken met den vinger uit te trekken, bediende hij zich van een ontlaadtang, een met den grond in verbinding gestelden geleider, waarmede hij door middel van een daaraan bevestigde glazen stang den blikken cilinder naar verkiezing kon naderen. Men heeft er lang over getwist, wie van beide waarnemers, FRANKLIN of DE ROMAS, het eerst op het denkbeeld is gekomen de beslissende proef met den vlieger te nemen, iets dat zeker moeilijk uit te maken is; meestal echter wordt aan FRANKLIN die eer gegeven. FRANKLIN heeft dan ook — dit schijnt zeker te zijn — de proef te Philadelphia minstens 8 maanden vroeger uitgevoerd dan ROMAS in Frankrijk. Echter blijkt uit de wijze, waarop ROMAS zijne proeven inrichtte, en uit al de voor-

zorgsmaatregelen, die hij daarbij nam; dat ook deze natuurkundige in de elektriciteitsleer zeer ervaren was, en hij zoowel als FRANKLIN hebben zich ten aanzien der elektriciteit zeer verdienstelijk gemaakt. Door hunne proeven was nu ten duidelijkste bewezen, dat de bliksem inderdaad identisch is met de elektrische vonk. Ten overvloede kan nog vermeld worden, dat hetzelfde ook in den laatsten tijd gebleken is uit de spectroscopische waarnemingen van den bekenden sterrenkundige VOGEL, directeur der sterrenwacht te Bothkamp.

Terwijl aldus de eerste waarnemingen aangaande de elektriciteit van den dampkring alleen bij onweder verricht werden, bleek het echter spoedig, dat zelfs bij een geheel helderen hemel de atmospheer in een toestand van elektrische spanning verkeert. Het eerst is dit geconstateerd, in 1752, door LEMONNIER te St. Germain, die het verschijnsel, door D'ALIBARD het eerst waargenomen, aan een nauwkeurig onderzoek wilde onderwerpen. Zijn toestel bestond uit een houten staak van 32 voet hoogte op 't midden van een grasperk, in een geïsoleerde ruimte gelegen, in den grond gestoken; aan 't boveneinde dier staak was een dikke glazen buis aangebracht, waarop een blikken bus rustte, die in een zeer spitse punt eindigde. Van het midden der blikken bus liep een ijzerdraad ter lengte van 300 voet naar een tent, waarin zich de waarnemer bevond. LEMONNIER merkte bovendien reeds op, dat de elektriciteit der lucht regelmatige veranderingen ondergaat, daar ze volgens zijn toestel 's avonds verdween en 's morgens wederkeerde. Ook door anderen werd weldra later het bestaan van atmospheerische elektriciteit zonder onweerswolken opgemerkt, o. a. door den reeds genoemden DE ROMAS te Nerac, door VERRAT te Bologna en Pater BECCARIA te Turijn. De uitkomsten door laatstgenoemden waarnemer verkregen hebben thans nog waarde. In ons land was de hoogleeraar MUSSCHENBROEK, te Leiden, een der ijverigste beoefenaren van de elektriciteit des dampkrings. Hij merkte op, — wat ook anderen constateerden — dat een elektrische vlieger slechts zwakke vonken gaf, wanneer deze laag bij den grond bleef, maar dat des te sterkere vonken verkregen werden naarmate de vlieger hooger in de lucht kwam.

Terwijl zich vrije elektriciteit in de hoogere luchtlagen bevond, bleek de dampkring lager bij den grond of nabij hooge gebouwen die niet of slechts in zeer geringe mate te bevatten. Algemeen is later waargenomen, dat de luchtelektriciteit slechts in een vrije ruimte wordt

opgemerkt, en wel vooral aan punten, die hoog boven de naaste omgeving uitsteken; in ieder geval mag er zich geen ander voorwerp boven bevinden. Zoo zal men in eene kamer, in een gewelf, in een bosch of onder alleenstaande boomen nimmer een spoor van elektriciteit waarnemen. Op een hooggelegene vlakte en in het vrije veld zal men sterkere ladingen verkrijgen dan in een dal of in een straat tusschen de huizen. Steeds echter moet men de waarnemingen minstens één M. boven den grond verrichten om elektrische werking te bespeuren; hoe hooger men dan gaat des te sterker wordt de werking. Eveneens neemt op bergen de elektriciteit toe, naarmate men zich hooger boven de oppervlakte der aarde verheft.

Daar de vonk, die waargenomen wordt, geen juisten maatstaf oplevert ter beoordeeling van de sterkte der elektrische lading, kwam men al vroeg op het denkbeeld, daarvoor de aantrekking of afstooting van lichte voorwerpen te bezigen. NOLLET had in 1752 reeds een soort van elektrometer vervaardigd, bestaande uit twee draden, die elkaar afstootten zoodra zij elektrisch werden. CANTON, een Engelsch natuurkundige, voorzag deze draden het eerst van vlierpitballetjes. De grootte der afwijking bepaalde de intensiteit der lading. RICHMANN, hoogleeraar in de natuurkunde te Petersburg, bediende zich van een dergelijke inrichting, die hij onder den naam van elektrischen gnomon bekend maakte, en die bestond uit een opgehangen licht voorwerp, dat door de werking der elektriciteit werd afgestooten. Het treurig uiteinde van dezen natuurkundige — hij werd door een bliksemstraal, afkomstig van den geleider die hij bij zijne waarnemingen gebruikte, doodelijk getroffen — was een gevolg van zijn streven om den toestel zooveel mogelijk te isoleeren. RICHMANN had een ijzeren stang boven zijn huis aangebracht, die in zijn studeervertrek uitkwam en hier door een glazen buis, op eene harsmassa geplaatst, gedragen werd; glas en hars zijn, gelijk men weet, zeer slechte geleiders voor elektriciteit, en de toestel was dus volkomen geïsoleerd. In Augustus 1753, toen op zekeren dag een hevig onweder boven Petersburg was losgebarsten, snelde RICHMANN, die juist eene zitting van de Russische Academie van Wetenschappen bijwoonde, naar zijne woning om zijn toestel waar te nemen. Hij liet tegelijk den teekenaar SOLOKOFF, die de waargenomene verschijnselen moest afteekenen, verzoeken om ten spoedigste bij hem te komen. Nauwelijks was deze het studeervertrek binnengetreden, of hij zag — zoo

verhaalt hij — een blauwen vuurbol uit den metalen geleider te voorschijn komen en op het voorhoofd van den hoogleeraar, die naast den toestel stond, overspringen. Deze was onmiddellijk een lijk. SOLOKOFF zelf werd ter aarde geworpen en verloor eenige oogenblikken het bewustzijn. De proeven van ROMAS met den elektrischen vlieger zijn waarschijnlijk nog niet aan RICHMANN bekend geweest, anders had deze geleerde zeker meer voorzichtigheid in acht genomen. Andere waarnemers althans werden door dit voorval gewaarschuwd en brachten daarom het deel van den geleider, dat zich in het vertrek bevond, met den grond in geleidende verbinding; velen maakten tevens gebruik van een klokkenspel om op een afstand van de aanwezigheid van elektriciteit verwittigd te worden.

Het was van belang, behalve de sterkte ook de soort der elektriciteit in den dampkring te kennen. FRANKLIN bediende zich tot dit doel van twee Leidsche flesschen, waarvan de eene met behulp eener elektriseermachine met elektriciteit geladen was, terwijl de andere door middel van een geleider in gemeenschap stond met de puntige ijzeren staaf, die hij op zijn huis had aangebracht, zoodat de laatste dezelfde elektriciteit ontving, welke de wolken hadden. Tusschen deze flesschen werd een kurken balletje aan een zijden draad opgehangen. Hadden de beide flesschen dezelfde elektriciteit, dan zou het kurken balletje eerst door de eene aangetrokken, maar dan, als gelijknamig geëlektriseerd, door beide afgestooten worden; ingeval echter de flesschen ongelijke elektriciteit hadden, zou het beurtelings door beide worden aangetrokken en zich dus van de eene naar de andere keeren. Latere waarnemers bedienden zich eenvoudiger van den elektrometer; een gewreven lakstang of ook een gewreven staaf van glas daarbij gehouden, doet terstond de soort der elektriciteit kennen. FRANKLIN vond, dat de elektriciteit der onweerswolken zeer veranderlijk was; zij bleek nu eens positief, dan weder negatief te zijn. Bij kalm weder werd meestal positieve, bij 't begin van een onweder negatieve elektriciteit opgemerkt. Ook latere waarnemers hebben steeds gevonden, dat de luchtelektriciteit bij een helderen hemel positief is en zoo blijft, maar in sterkte toeneemt, wanneer nevels de atmospheer vullen en in 't algemeen, wanneer de vochtigheidstoestand der lucht grooter wordt. Bij regen en sneeuw is de lucht meestal afwisselend positief en negatief, maar meest wordt dan negatieve elektriciteit opgemerkt. FRANKLIN zette evenwel zijne waarnemingen niet lang voort, maar wijdde in de eerste plaats zijne

aandacht aan de verwezenlijking van het denkbeeld om kerken, huizen, schepen enz. tegen den bliksem te beveiligen. Hij had reeds in een zijner brieven aan COLLINSON een korte beschrijving gegeven van den bliksemafleider, zooals wij dien heden ten dage gebruiken, benevens een nauwkeurige aanwijzing van de voorzorgen, waarop bij de vervaardiging moet gelet worden. In 1760 werd door hem de eerste bliksemafleider op de woning van een koopman, WEST genaamd, te Philadelphia geplaatst; op den top van het huis werd een van boven puntig toeloopende ijzeren staaf, ter lengte van 9½ voet, verticaal opgericht; deze was aan 't benedeneinde door middel van een andere dunnere staaf van 10 duim lengte, met een dikken metalen draad verbonden, die naar den grond geleidde en tot op zekere diepte daarin doordrong. Kort nadat deze bliksemafleider geplaatst was, werd hij door den bliksem getroffen; het gevolg was, dat niet alleen de punt werd gesmolten, maar zelfs een gedeelte van het metalen tusschenstuk, hetwelk den afleider met den geleiddraad verbond, werd losgerukt; het gebouw zelf echter bleef geheel onbeschadigd. Toch vonden de denkbeelden van FRANKLIN aangaande de nuttige werking van zulk een toestel in het eerst veel tegenkanting. Bij de Engelschen, die nog een wrok tegen de Amerikanen hadden, was voor een deel zeker partijzucht daarvan de oorzaak; maar ook in Frankrijk vond de zaak geen ingang, voornamelijk op gezag van den reeds genoemden abt NOLLET, die er langen tijd als een orakel gold in alles wat de elektriciteit betrof. Het nut van den bliksemafleider werd door hem en zijne aanhangers ten eenenmale ontkend. Sommigen in Frankrijk beweerden zelfs, dat een puntige metalen staaf, daar zij de elektriciteit aantrekt, — zoo werd de werking van een spitsen geleider in dien tijd op 't voorbeeld van FRANKLIN verklaard, — het gevaar bij een onweder eer zou vergrooten; de daken en alle uitstekende deelen van een gebouw moesten veeleer afgerond worden om ze voor den bliksem te vrijwaren. 't Spreekt van zelf, dat deze redeneering geheel ongegrond is; wel geldt zij van spitse torens, boomen en daken, maar deze kunnen niet met bliksemafleiders vergeleken worden, daar ze van geen metalen geleiding voorzien zijn en dus alleen de elektriciteit aantrekken, maar die niet weggeleiden kunnen. Ook vele natuurkundigen in Engeland, met den geleerden WILSON aan 't hoofd, wilden dat de afleider in een bol in plaats van in eene spits moest eindigen. BECCARIA heeft door een beslissende proef aan dit geschil een einde gemaakt;

hij plaatste op zijn huis twee bliksemafleiders, de een met een bol, de ander met een punt voorzien. Het bleek nu, dat terwijl onder den invloed van dezelfde onweerswolk de afleider van FRANKLIN verschillende verschijnselen van aantrekking, afstooting en licht deed zien, zoodra de verbinding met den grond slechts even verbroken werd, daarentegen de in een bol eindigende staaf slechts zeer geringe sporen van elektriciteit vertoonde. Vond dus de uitvinding van FRANKLIN eerst veel verzet, de ingenomenheid werd sedert des te grooter. Men ging zelfs nu de zaak overdrijven, vooral in Frankrijk. Zoo maakte men gebruik van regenschermen, die met een glazen handvatsel voorzien waren, terwijl de stok van boven in een stalen staafje eindigde, welke door een kleine metalen ketting met den grond in gemeenschap stond. De dames te Parijs, heet het, gingen zelfs zoover, dat zij een tijd lang hoeden droegen, welke voorzien waren van een metalen draad, verbonden met een kleine zilveren keten, die van achteren tot op de hielen afdaalde.

Wat de verklaring betreft van de werking van den bliksemafleider, deze berust geheel op de door FRANKLIN ontdekte eigenschap der puntige geleiders, en daar deze ook bij het onderzoek der atmospheerische elektriciteit een groote rol spelen, dienen we even hierbij stil te staan. FRANKLIN onderstelde dat een onweerswolk de rol van een geladen conductor vervulde en beweerde: 1° door het vermogen der punt de elektriciteit aan de wolk te kunnen onttrekken; 2° door het vermogen van 't metaal haar naar de aarde te geleiden, en 3° door 't graven eener holte de elektriciteit des hemels in dit reservoir te kunnen ophoopen. Zijne theorie moest hem des te meer ter toepassing geschikt voorkomen, daar hij slechts een enkele soort van electrische vloeistof erkende, die òf in overvloed, òf te weinig in eenig lichaam aanwezig was; in 't eerste geval was het lichaam positief, in 't andere geval negatief geëlektriseerd. De wetenschap neemt tegenwoordig niet meer het vermogen der punten aan, om de elektriciteit aan de wolken te kunnen onttrekken; het is veeleer de elektriciteit der aarde, die naar de wolken gezonden wordt. Het vermogen der punten toch wordt thans verklaard, door dat de elektriciteit niet in evenwicht kan blijven op een lichaam, dat in een punt eindigt, zoodat punten de elektriciteit niet kunnen behouden. Men weet, dat de elektriciteit zich steeds aan de oppervlakte van een geleider ophoopt. Op een met elektriciteit geladen bol nu is de lading of, zooals men het ook noemt,

de dichtheid of spanning der elektriciteit in alle punten even groot. Een cilinder met twee bolvormige uiteinden is daarentegen aan de uiteinden veel sterker geladen dan in het midden. In 't algemeen is de dichtheid op een gebogen oppervlak het grootst, waar de kromming het sterkst is. Hieruit volgt, dat in een zeer spitse punt, in vergelijking van de overige deelen van een geleider, de dichtheid of spanning zeer aanzienlijk moet zijn; de elektriciteit wordt hier zoo sterk opgehoopt, dat zij in de lucht afvloeit, een gevolg van het streven der elektriciteit om het lichaam te verlaten. Bij een onweder nu worden alle aardsche voorwerpen sterk geïnduceerd, d. i. hunne neutrale elektriciteit wordt door de elektriciteit der wolken ontbonden, de gelijknamige wordt afgestooten en de ongelijknamige aangetrokken; deze laatste zal zich dus op alle uitstekende deelen ophoopen en wel het sterkst op een puntigen geleider als de bliksemafleider. De elektriciteit der aarde zal dus hier langzaam en daardoor zonder vonk afvloeien en zich met de elektriciteit der wolken vereenigen. Het doel van den afleider kan dan ook geen ander zijn, dan de elektriciteit der aarde langzaam naar de boven 't gebouw zwevende, tegengesteld geladen wolk te voeren, ten einde de spanning der elektriciteit te verminderen en dus een plotselinge vereeniging te voorkomen. Waar toch zulk eene vereeniging plotseling geschiedt, verschijnt een elektrische vonk of in 't groot de bliksem.

Tot in het jaar 1782 bleef men in Frankrijk den bliksemafleider verwerpen; in Engeland werd hij nog later, in 1788, ingevoerd. Hoewel in ons land de elektriciteit zulke uitstekende beoefenaars vond, heeft het toch tot 1782 geduurd, vóór dat het eerste openbare gebouw, de Martini-toren te Doesburg, van een afleider voorzien werd.

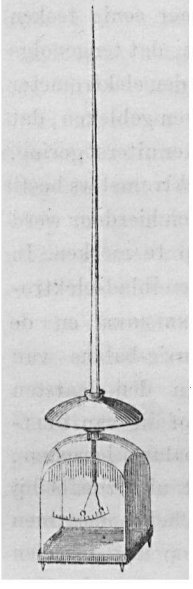
Wij hebben reeds opgemerkt, dat niet alleen bij onweders, maar ook in gewone omstandigheden, zelfs bij een geheel wolkenlóozen hemel, de lucht min of meer elektrisch is. De waarnemingen leerden al spoedig dat de elektriciteit der lucht in den gewonen toestand der atmospheer zekere regelmatige veranderingen ondergaat, terwijl er daarentegen bij een onweder een sterke storing in dien regelmatigen gang plaats heeft. Het ligt voor de hand, dat het voor een juiste kennis der atmospheerische elektriciteit in de eerste plaats van belang is, die veranderingen nauwkeurig te leeren kennen. De hulpmiddelen, waarvan men zich tegenwoordig voor de waarneming der luchtelektriciteit onder gewone omstandigheden bedient, laten echter nog veel te wenschen

over, zoodat men geen instrument bezit, dat algemeen in gebruik is; en wat hierbij wel het grootste bezwaar oplevert, men heeft een vaste eenheid of maat aangenomen, ten einde de uitkomsten met verschillende instrumenten verkregen te kunnen vergelijken. Wij zullen in 't kort de hulpmiddelen, die in gebruik zijn, trachten te beschrijven.

Op het voorbeeld van FRANKLIN heeft men zich in den eersten tijd ter bepaling van den aard en de hoeveelheid der atmospheerische elektriciteit van elektrische vliegers en van *vaste* geleiders bediend. Het gebruik van den vlieger vordert echter telkens veel moeite en vele voorzorgen, en bovendien is men daarbij van weder en wind afhankelijk, en een vaste toestel heeft daarom de voorkeur. Deze bestaat uit een puntige metalen staaf, die behoorlijk geïsoleerd ergens op een vaste plaats, liefst zoo hoog mogelijk, bevestigd is en door een metaaldraad (het best een, die met guttapercha overtrokken en daardoor geïsoleerd is) met een elektrometer in verbinding staat. Is de dampkring elektrisch, dan zal de elektrometer met dezelfde elektriciteit geladen worden, die de atmospheer bevat; immers de gelijknamige elektriciteit wordt afgestooten, terwijl de ongelijknamige volgens de eigenschap der puntige geleiders door de spits der staaf ontwijkt. Men leert dus de soort der elektriciteit gemakkelijk kennen door b.v. den elektrometer met een gewreven lakstang te naderen. De spanning daarentegen wordt bepaald uit de grootte der afwijking. Daar echter de spanning niet evenredig is aan de afwijking, moet men voor elken elektrometer een afzonderlijke tabel vervaardigen, waarop de intensiteit, die bij iedere afwijking behoort, kan afgelezen worden. Zulk eene tabel kan men verkrijgen door vergelijking van de uitwerking van verschillende ladingen op den elektrometer en op een torsiebalans van COULOMB. SAUSSURE deed het door, met behulp van twee volkomen gelijke elektrometers, den een te laden en den ander daarmede in aanraking te brengen; de lading werd hierdoor tot op de helft teruggebracht. Vervolgens werd een dezer elektrometers ontladen en opnieuw met den ander in verbinding gesteld, zoodat de lading van ieder tot een vierde werd herleid. Door hiermede voort te gaan en telkens de waargenomen afwijking te noteeren, verkreeg DE SAUSSURE een vergelijkende tabel, die voor verschillende afwijkingen de overeenkomstige intensiteit der lading van zijne elektrometers aangaf. Wij merkten boven op, dat men vroeger de werking eener spits door eene aantrekking of opzuiging der elektriciteit verklaarde; de met een spitse staaf voorziene

elektrometer zou dan, tengevolge van de aanraking der staaf met de lucht, moeten geladen worden, en aldus stelt DE SAUSSURE b.v. zich de zaak nog voor. We weten echter thans, dat we hier met eene werking door invloed te doen hebben. Sommige waarnemers hebben de vaste staaf, die tot het verzamelen der elektriciteit dient, — den verzameltoestel, — aan den elektrometer zelven bevestigd. Zoo voorzag DE SAUSSURE zijn elektrometer (fig. 1), bestaande uit vlierpitballetjes, die in een gegradueerde glazen klok aan dunne platinadraden opgehangen waren, van een twee voet lange, toegespitste metalen stang; deze stang bestond uit drie stukken, om op reis uit elkander genomen te kunnen worden, en droeg beneden een blikken scherm ten einde den toestel tegen regen te beschutten. VOLTA bezigde dezelfde inrichting, maar verving de vlierpitballetjes door twee lange, dunne en droge stroohalmen. Om het werktuig nog gevoeliger te maken, bevestigde hij aan de uiterste spits der stang eene vlam, b.v. van alkohol, of ook een stuk glimmend zwam. Ten einde het uitblusschen te verhoeden, omgaf hij de vlam met een ijzeren spiraal of plaatste de vlam in een kleine lantaarn. VOLTA vond dat hiermede in vele gevallen eene afwijking verkregen werd, wanneer te voren zonder het brandende lichaam geen spoor van elektriciteit door den elektrometer werd aangewezen. Volgens RIESS moet de werking der vlam daaraan toegeschreven worden, dat de uit haar opstijgende rookkolom zich in lange draden verdeelt; hij wil dus eene vlam beschouwd hebben als een geleider, die met uiterst fijne, naar alle richtingen zich verspreidende punten voorzien is. Zwam brandt niet met vlam, en de dampen die er uit opstijgen zijn slechte geleiders, maar gedurende de verbranding zouden zich aan het oppervlak dezer stof zeer fijn verdeelde spitsen vormen, welke de door invloed opgehoopte elektriciteit in de atmospheer laten wegvloeien. Anderen geven de meer eenvoudige verklaring, dat het geleidend vermogen der lucht voor elektriciteit door de warmte verhoogd wordt. Het waarschijnlijkst is misschien nog de verklaring door VAN REES gegeven, die de werking der vlam daaraan toeschrijft, dat de opstijgende rookkolom, hoewel haar geleidend vermogen gering is, wegens hare groote

Fig. 1.



oppervlakte en hare vele punten van aanraking met de lucht, aanzienlijke hoeveelheden elektriciteit van het eene lichaam naar het andere kan overbrengen. Men zou kunnen vragen, of niet de verbranding zelve de elektriciteit veroorzaken kon. VOLTA en SCHÜBLER hebben hierop geantwoord door proeven te nemen in de vrije lucht en binnenskamers; ze vonden in een gesloten vertrek nimmer eenig teeken van elektriciteit en trokken hieruit terecht het besluit, dat tengevolge der verbranding de elektriciteit bij de aanwijzing van den elektrometer niet merkbaar verstoord worden kan. Wel is door proeven gebleken, dat bij elke verbranding elektriciteit ontstaat, maar deze is zeker uiterst gering.

De inrichting der bij de waarnemingen gebruikte elektrometers heeft langzamerhand aanmerkelijke verbeteringen ondergaan, en hierdoor werd het mogelijk ook zwakke hoeveelheden elektriciteit op te merken. In de plaats van den stroohalm-elektrometer kwam de goudblad-elektrometer, later die met Zambonische zuil van BOHNENBERGER en de condensatie-elektrometer van VOLTA. Ook van de torsie-balans van COULOMB heeft men met vrucht gebruik gemaakt. In den laatsten tijd dient vooral de elektrometer van PELTIER (fig. 4) of die van DELLMANN, toestellen die beide op het beginsel der torsie-balans berusten, maar daarbij veel gevoeliger zijn, doordat de kracht niet zooals bij de torsie-balans op den éénen arm, maar op beide hefboomsarmen werkt, en daarbij niet enkel op het uiteinde, maar op den geheelen hefboomsarm; ook kunnen alle deelen fijner zijn. COLLADON gebruikte in 1826 op het observatorium van het Collège de France het eerst een galvanometer ter waarneming van de elektriciteit des dampkrings. Een 9 Meter lange houten stang eindigde in twee divergeerende metaalspitsen; van de een ging een met zijde omsponnen draad naar een multiplicator met astatische naalden van hier naar den grond. Dit instrument is echter veel minder gevoelig dan de elektrometer.

De voorgaande inrichtingen komen alle daarin overeen, de elektrische vlieger uitgezonderd, dat zij gedurende het geheele onderzoek denzelfden stand behouden. Wij kunnen ze daarom v a s t e toestellen noemen. Deze vaste toestellen hebben het bezwaar, dat zij, om juiste resultaten te geven, volkomen geïsoleerd moeten zijn, en dat hunne aanwijzingen licht gestoord worden door de werking van het atmospheerische water en de daardoor veroorzaakte oxydatie der metalen geleiders. Bovendien schijnt een vaste geleider eenigen tijd noodig te hebben, om zich geheel te laden, wat een groot nadeel oplevert,

wanneer men den oogenblikkelijken toestand der atmospheer wil kennen. Hunne aanwijzingen zijn eigenlijk het resultaat van de oogenblikkelijke werking der elektriciteit, gevoegd bij het achtergebleven overschot der voorgaande werking. In den laatsten tijd heeft men daarom de methode van FRANKLIN laten varen en de vaste staaf door een bewegelijk instrument vervangen. Slechts enkele waarnemers, o. a. VOLPICELLI, hoogleeraar in de natuurkunde te Florence, bedienen zich nog bij voorkeur van een vasten toestel; maar overigens wordt thans bijna algemeen de nieuwe methode gevolgd, die van PELTIER afkomstig is. Een geïsoleerde metalen bol (of ook een metalen spits) wordt hoog in den dampkring opgeheven en daar door een geleidend voorwerp aangeraakt; vervolgens laat men den bol neer, na dien op nieuw geïsoleerd te hebben, door de aanraking te doen ophouden, en brengt hem met een elektrometer in verbinding. De bol zal, als hij in zijn hoogsten stand is, door inductie met de tegengestelde elektriciteit geladen worden die de dampkring bezit, daar tengevolge der aanraking de gelijknamige elektriciteit naar de aarde is weggeleid. Wordt de bol nu, nadat de aanraking heeft opgehouden, weder neergelaten en in een vertrek gebracht, dan zal hij in dien geïsoleerden toestand de verkregene lading behouden en die aan den elektrometer meedeelen. Deze wordt dus geladen met de tegengestelde elektriciteit van den dampkring.

DE SAUSSURE heeft reeds van deze methode gebruik gemaakt door een looden bol, aan een dunnen zilverdraad verbonden, in de hoogte te werpen. Het andere uiteinde van dien zilverdraad was aan den elektrometer verbonden door middel van een haakje. Bij 't omhoog werpen van den bol liet dit haakje gemakkelijk los, zoodat de elektrometer geladen in de hand van den waarnemer achterbleef. Dat de bol niet door de wrijving tegen de lucht geladen werd, bewees DE SAUSSURE door hem aan een zijden draad met groote snelheid rond te slingeren, waardoor hij niet elektrisch werd. In lateren tijd hebben BECQUEREL en BRESCHET door eene dergelijke inrichting proeven genomen op den St. Bernhard, om het toenemen van de atmospheerische elektriciteit met de hoogte waar te nemen. In plaats van een bol bezigden zij een met een metalen spits gewapenden pijl, die met behulp van een boog werd afgeschoten. Werd deze pijl één meter hoog in horizontale richting weggeworpen, dan bleef de elektrometer in rust; door de wrijving van de pijl tegen de lucht werd dus geen waarneem-

baar spoor van elektriciteit opgewekt. Werd daarentegen aan de pijl een verticale richting gegeven, dan was het resultaat geheel anders. Naarmate de pijl zich verhief, nam de afwijking van den elektrometer meer en meer toe en bereikte haar maximum op het oogenblik dat de draad van den elektrometer werd afgetrokken. Deze bleef dan geladen en wel met dezelfde elektriciteit, die de lucht bezat. Tot op eene hoogte van 80 meter bleek de elektriciteit steeds positief te zijn.

(*Wordt vervolgd*).