16

DE
ELECTRO-STATISCHE INDUCTIE.

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

MR. R. VAN BONEVAL FAURE,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER REGTSGELEERDHEID,

IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN

OP VRIJDAG DEN 26sten MEI 1865, DES NAMIDDAGS TEN 3 URE,

DOOR

THOMAS KNOTTENBELT,

GEBOREN TE AMSTERDAM.

TE DELFT, BIJ J. WALTMAN JR.

1865.

Gedrukt bij H. L. SMITS, te 's Gravenhage.

VOORREDE.

Bij het zoeken naar eene stof, ter behandeling in mijn Academisch Proefschrift geschikt, werd door mijnen hooggeachten Promotor mijne aandacht, onder meerdere onderwerpen bij de theorie van FARADAY aangaande het belangrijke verschijnsel der Electro-Statische Inductie bepaald en na eenige voorloopige onderzoekingen, besloot ik daartoe.

Alvorens echter tot de behandeling van dit onderwerp over te gaan, wil ik mijne opregte dankbaarheid betuigen aan allen die mijne wetenschappelijke opleiding hebben bevorderd.

In de eerste plaats rigt ik mij tot U! Hooggeleerde RIJKE, Hooggeschatte Promotor! Ontvang mijnen dank voor Uw gewaardeerd onderwijs en niet minder voor Uwe hulp en welwillendheid mij steeds en bijzonder bij het bewerken van dit Proefschrift betoond. Moge Uwe belangstelling mij steeds geschonken blijven!

Aan U! Hooggeleerde VERDAM! voel ik mij zeer verpligt; van U mogt ik, ook buiten het onderwijs, vele bewijzen van welwillendheid ontvangen. Steeds zal het mij eene aangename gedachte zijn, tot Uwe leerlingen te hebben behoord.

Ontvangt ook Gij! Hooggeleerde KAISER! mijnen innigen dank voor de groote bereidwilligheid waarmede de schat Uwer rijke ervaring en uitgebreide kennis steeds voor ons open stond.

Moge de belangrijke stichting, aan welker hoofd gij geplaatst zijt, U vergoeding schenken voor het vele treurige dat, ook in den laatsten tijd nog, U bekommerde!

Aan U! Hooggeleerde Heeren VAN DER HOEVEN, VAN DER BOON MESCH, SURINGAR en BIERENS DE HAAN moge ik hier de opregte verzekering geven dat Uw onderwijs, al woonde ik dit korter dan anderen bij, gestrekt heeft om mij steeds aan U

verpligt te doen zijn. Ontvangt ook mijnen dank voor de bewijzen van belangstelling van U ontvangen.

Behalve aan mijne leermeesters aan de Leidsche Hoogeschool, is het mij behoefte mijnen opregten dank te betuigen aan de Hoogleeraren der Academie te Delft, wier onderwijs in mij de lust tot verdere theoretische studien heeft doen ontstaan.

Aangenaam is het mij U daaronder te mogen tellen, Hooggeleerde LOBATTO! Uwe zoo aangename als belangrijke lessen te hebben bijgewoond, zal door mij steeds als een groot voorregt beschouwd worden. Ontvangt ook mijnen dank voor de bewijzen van belangstelling die ik van U mogt ontvangen.

Aan U! Hooggeleerde Heeren OVERDUIJN, STUART en VAN GOENS! Voel ik mij ook zeer verpligt; U mijnen dank te betuigen voor Uw onderwijs en welwillendheid is mij eene behoefte!

Ook gij! Hooggeleerde BURGER! hebt aanspraak op mijnen grooten en voortdurenden dank. Sedert vele jaren heb ik Uw onderwijs bijgewoond en in dien tijd groote bewijzen van belangstelling en genegenheid van U ontvangen. Moge ik in staat zijn U mijne waardering van hetgeen Gij voor mij gedaan hebt en voor mij geweest zijt, voortdurend te toonen.

Mijne hernieuwde inwoning te Delft doet mij hier met gepaste vrijmoedigheid den wensch uiten dat Uw aller hooggewaardeerde belangstelling mij steeds geschonken blijve!

Gij! mijne vrienden! met wie ik te Delft en te Leiden kennis maakte, roep ik het vaarwel! toe. Moge de afstand, waarop wij meestal van elkander verwijderd zijn, onze vriendschap niet verminderen!

AAN MIJNE MOEDER.

DE ELECTRO-STATISCHE INDUCTIE.

Onder de belangrijke werkingen en verschijnselen die de statische electriciteit ons aanbiedt, bekleedt de inductie eene groote plaats.

Het is bekend dat alleen het in de nabijheid plaatsen van een geladen ligchaam voldoende is om in een neutraal ligchaam een gedeelte der vloeistof in hare zamenstellende deelen te scheiden. Doch het is niet voldoende dit feit te kennen; men moet ook de verklaring trachten te vinden, en hierover heerscht verschil van gevoelen.

FARADAY heeft eene theorie ontworpen, waarbij de inductie het gevolg eener werking van aangrenzende deeltjes zijn zou, hetgeen van andere zijden weersproken wordt. Na te gaan wat er voor en tegen die onderstelling is in het midden gebragt, zal het onderwerp van dit proefschrift zijn.

In het eerste gedeelte zullen wij, omdat FARADAY die aanneemt, de leer der gebonden electriciteit behandelen en dan

de andere bewijzen voor en tegen de nieuwe theorie nagaan en ten slotte trachten tot eene bepaalde voorstelling in deze zoo gewigtige zaak te komen.

In Dove's Repertorium der Physik Bd. II S. 2, merkt RIESS, hoewel hij hierin de eerste niet geweest is, aan, dat de electrische werking van een geisoleerden geleider in haren aard wordt gewijzigd door het in de nabijheid plaatsen van een met de tegenovergestelde soort van electriciteit geladenen. De gelijktijdige werking van de beide geleiders kan de eerst waargenomene werking opheffen, vermeerderen of verminderen al naar mate van de omstandigheden. De juistheid dezer aanmerking blijkt hieruit, dat de onderlinge plaatsing der drie geleiders zoodanig zou kunnen zijn, dat door de beide eerste geleiders op hetzelfde gedeelte van het neutrale ligchaam positieve electriciteit wordt te voorschijn geroepen, welker hoeveelheid dan grooter zijn zou dan die der door slechts een van beide geleiders opgewekte. Het is duidelijk dat het eene gedeelte dier electriciteit dan door afstooting op die plaats wordt gebragt en dus, in den gewoonlijk daaraan gehechten zin, niet opgewekt zou kunnen genoemd worden. Zonder den geleider ware die electriciteit daar echter niet en daarom meen ik in dezen van de gewoonte te mogen afwijken en beide hoeveelheden positieve electriciteit opgewekt of te voorschijn geroepen te kunnen noemen. Ten einde nu die vermeerdering te verkrijgen zou het neutrale ligchaam zich slechts in de lijn die de andere geleiders verbindt en wel tusschen deze behoeven te bevinden. Waren de drie geleiders nog in eene regte lijn geplaatst, maar de neutralen aan dezelfde zijde van den geladenen, dan zullen blijkbaar de beide electriciteiten op een zelfde

deel van den neutralen geleider tegengestelde werkingen uitoefenen, waardoor dan eene vermindering der werking moet worden veroorzaakt en het is niet onmogelijk, dat deze vermindering zoodanig zijn kan dat de geheele werking wordt opgeheven.

Volgens RIESS beteekent de benaming gebonden electriciteit niet anders dan dat er zich een tweede tegengesteld geladen ligchaam in de nabijheid bevindt en, in dien zin, is dus de geïnduceerde electriciteit noodzakelijk gebonden, doch in engeren zin is zij dit ook, want aanraking met of toenadering tot een anderen geleider met de aarde in gemeenschap gebragt, zijn niet in staat die electriciteit te doen afvloeijen. Aan dit laatste, zeer kenmerkend, verschijnsel heeft volgens RIESS de vereeniging dier verschijnselen den ongepasten naam van verschijnselen der gebonden electriciteit te danken: hij bedoelt met dien naam geinduceerde gebondene electriciteit, waardoor alle verwarring van begrippen ophouden moet.

BIOT (*) had bij het bespreken van de opwekking der Electriciteit door inductie gezegd dat de El. van het geladen ligchaam de neutrale vloeistof van het tweede in hare zamenstekende deelen ontbond. Van deze twee, nu vrij geworden, electriciteiten wordt de gelijknamige afgestooten. Deze twee, vrij geworden (voegt de schrijver er weder bij), soorten oefenen op hunne beurt wederkeerig invloed uit op de vrije electriciteit van het geladen ligchaam en zelfs op de neutrale vloeistof daarvan. Van deze laatste wordt een gedeelte onder dien invloed eveneens, wanneer het beschouwde ligchaam een geleider is, in positieve en negatieve electriciteit gescheiden: deze werking duurt over en weder voort tot dat de hoeveel-

(*) Traité de Phys. Exp. et Math. Tome II pag. 284.

heden electriciteit van iedere soort, op de ligchamen vrij geworden, in evenwigt zijn door het evenwigt der aantrekkende en afstootende krachten welke zij op elkander doen werken naarmate zij van verschillende of van gelijke natuur zijn.

Op theoretische gronden heeft PFAFF (*) getracht het gevoelen van BIOT te wederleggen. De electriciteit die door inductie gescheiden wordt en daarna aangetrokken, is volgens hem niet vrijer dan toen zij met de tegenovergestelde soort een neutrale vloeistof vormde, zoodat van werking naar buiten door deze, geene sprake zijn kan. Het afgestooten, met de electriciteit van het geladen ligchaam gelijknamige, gedeelte alleen is vrij en bevindt zich in toenemende mate, naar gelang van den afstand, op den geinduceerden geleider. Werkelijk kan men de proefnemingen zoo inrigten dat zij deze stelling schijnen te bewijzen, doch inderdaad doen zij dit niet.

OHM heeft namelijk, ziende dat DE LUC tot tegenovergestelde resultaten kwam en uit zijne proeven besloot dat de hoeveelheden gebonden electriciteit even goed als de vrije aantrekkend en afstootend op elkander werken, proeven genomen om dit uit te maken en is tot dezelfde resultaten als DE LUC (†) gekomen.

Eenigen tijd later heeft MOHR (§) op nieuw proeven genomen, welke zich voornamelijk door hunne grootte kenmerken, maar overigens niet anders dan de gewone over inductie zijn. Een cilinder wordt door eene electriseer-machine geladen

(*) Schweigger Journal Bd. 61 S. 393.
(†) Schweigger Journ. Bd. 65 S. 129.
(§) Poggend. Ann. Bd. 36 S. 221.

en induceert eenen anderen: deze is nu aan beide zijden ongelijknamig electrisch en de neutrale lijn ligt naar de zijde van den cilinder. Deze proeven hebben dus voor de oplossing van de thans behandelde vraag geen gronden gegeven.

BIOT deelt (Tome II pag. 281) de proefneming mede dat, de aan de uiteinden van een geinduceerden cilindervormigen geleider opgehangen electrische slingers divergeren zoowel aan de naar het inducerend ligchaam toegekeerde als aan de tegenovergestelde zijde: in het eerste geval is het eene divergentie, ontstaande door onderlinge afstooting der deelen van de gebondene electriciteit, terwijl in het andere geval de onderlinge werking der deeltjes van de afgestootene electriciteit er oorzaak van is. Nu is deze proef niet door allen met even goed gevolg herhaald, waardoor waarschijnlijk de strijd over de gebonden electriciteit ontstaan is. Zoo als BIOT handelde is er ook een bezwaar aan verbonden en wel het volgende: de as van den horizontalen cilindervormigen geleider ging nagenoeg door het middelpunt van den inducerenden bol waarmede de electriseer-machine voorzien was: eene lijn die dus een punt van den slinger met een punt van den bol vereenigde stond dus bijna loodregt op de rigting van den slinger, zoodat de invloed van den inducerenden bol op de slingers zeer groot was en ze uit hunnen verticalen stand bragt.

RIESS (*) bedacht daarom eene andere inrigting waarbij die invloed niet zoo groot is. De geinduceerde cilinder staat hier verticaal en nu wordt daar aan de beneden zijde een geëlectriseerd ligchaam bijgebragt; stellen wij dat dit positief geladen was dan zal de beneden zijde van den geleider

(*) P. A. Bd. 37 S 642.

negatief geinduceerd worden en de electrische slinger wijkt van den cilinder af, hetgeen hier een stellig bewijs is van de onderlinge afstooting der deelen van de gelijknamige gebonden electriciteit.

Hij besluit uit zijne proeven, dat deze inrigting van de proef niet geschikt is den physischen aard des verschijnsels met juistheid te doen kennen, omdat er geen verschil door duidelijk gemaakt wordt tusschen de gebondene en de vrije electriciteit die zich op de verschillende deelen van den aangewenden geleider bevindt. Men zou dus kunnen aannemen en het door RIESS mede bewezen achten dat er werkelijk geen verschil bestaat tusschen de werkingen der gebondene en vrije electriciteit en dit te meer, wanneer men bedenkt, dat, wanneer een niet geisoleerde geleider door eenen anderen geinduceerd wordt, de daarop te voorschijn geroepen electriciteit ongelijknamig is met die van het inducerend ligchaam. Een in beider nabijheid geplaatste geleider wordt dus door beiden geinfluenceerd, doch de eene werking is aantrekkend, de andere afstootend, zoodat de invloed van de grootste dier werkingen dien van de andere opheffen zal en men alleen zal waarnemen hoeveel de grootere werking de andere overtreft, dat is het verschil dier beide invloeden.

Toch was KNOCHENHAUER met de door RIESS en andere verkregen resultaten niet te voldoen en daarom is hij zelf gaan onderzoeken hetgeen hij in Pogg. Annalen 47 S. 444 mededeelt.

Hij ging uit van de proef, dat twee aan linnen draden gehangen vlierpitballetjes, op welken afstand zich ook bevindende van den knop van een geladen leidsche flesch, nooit divergeren. Hij kan wel vrede hebben met de verklaring, dat de bolletjes zoowel door de lading van het binnen- als

door die van het buitenbekleedsel worden geinfluenceerd maar door beiden wegens het kleine verschil in afstand nagenoeg even sterk, zoodat het verschil der werkingen te klein zou zijn om te kunnen worden waargenomen, doch eene andere proefneming bewees hem het onvoldoende van deze verklaring. Hij electriseerde namelijk een harskoek, spande daarboven een plaatje bladtin en nam toen door aanraking de daarop vrij geworden négatieve electriciteit weg. Werden nu de beide bovengenoemde vlierpitballetjes hierbij gebragt dan was het onverschillig of hij ze spoedig of langzaam bewoog, op geenerlei wijze en op geenen afstand had er divergentie plaats. Ten einde de tegenwerping te ontgaan, dat de bolletjes geladen waren en misschien met electriciteit tegengesteld in soort aan die welke door de inductie zou worden opgewekt, deed KNOCHENHAUER ze met positieve electriciteit divergeren (gebondene, voegt hij er bij, hetgeen schijnt te strijden met de vroegere bewering, dat de gebondene electriciteit van alle werking naar buiten is uitgesloten) en zag dan hoe zij hun onderlingen afstand behielden. Het is volgens hem met geene wet van electrische aantrekking en afstooting overeen te brengen, dat de vlierpitballetjes gelijke werking zouden ondervinden van de négatieve electriciteit op den harskoek en van de positieve op het bladtin en dat wel evenzeer voor grootere als voor kleinere afstanden. Hij wilde het echter hierbij niet laten maar trachtte door verdere proefnemingen een antwoord op die vraag te verkrijgen. Daartoe beschrijft hij eerst hoe op het glas van den condensator de electriciteit wordt gevonden, die door de stukken bladtin wordt aangewezen, en hoe dat tin dus alleen dient, om de oppervlakte geleidend te maken; iets

waarvoor men, na het bestaan van Leidsche flesschen met losse bekleedsels geen bewijs meer behoeft. Na deze voorbereidende onderzoekingen een glazen plaat nemende in plaats van het bovenvermelde bladtin, zag hij dat als die plaat, welke nu natuurlijk ook door inductie werd geladen, in rust bleef er geene divergentie der vlierpitballetjes plaats had, maar dat deze bij beweging naar boven of naar beneden met gebondene electriciteit uitweken.

Hierdoor meent nu KNOCHENHAUER reden te hebben, om aan de gebondene electriciteit andere werkingen dan aan de vrije toe te kennen en hij verklaart het resultaat aldus: er wordt op het glas eene zekere hoeveelheid positieve electriciteit door die op den harskoek geinduceerd en wordt nu het glas bewogen, dan wordt er meer of minder gebonden dan vroeger; is het meer, dat wil zeggen, naderen de twee lichamen elkander, dan komt er négatieve electriciteit vrij; wordt hun afstand grooter, dan positieve en deze hoeveelheid vrije electriciteit alleen veroorzaakt het waargenomen verschijnsel. Hij eindigt de opgave dezer proefnemingen met de volgende woorden: Ik besluit hieruit, dat wanneer twee ongelijknamige hoeveelheden electriciteit elkander, afhankelijk van den afstand, geheel binden, deze alle werking naar buiten verliezen en alleen in betrekking tot elkander staan, hetgeen zich voornamelijk door onderlinge aantrekking doet kennen; ten tweede, dat de overige vrije electriciteit, die zich op de eene zijde bevindt en naar buiten werkt, den grens harer werking in de tweede vlakte, waar alleen gebonden electriciteit is, vindt en voorbij dezen geen invloed heeft. In het tegenovergestelde geval toch zou zij nog meer electriciteit binden tot hare werking naar die zijde vernietigd was. In de tus-

schenruimte is echter de werking der vrije electriciteit nog voorhanden, want brengt men door eene opening in de glasschijf of het bladtin de bolletjes nader tot den harskoek, dan divergeren zij.

Het eerste gedeelte der woorden, waarmede KNOCHENHAUER zijne reeks proeven besloot, is de inleiding van eene verhandeling van FECHNER. (*) Hij wijst er op hoe het te betreuren zou zijn als KNOCHENHAUER regt had de onderzoekingen van OHM, RIESS en de mathematische beschouwingen van POISSON te wantrouwen, en hij is dan ook overtuigd KNOCHENHAUER van zijne dwalingen te doen terugkomen en hem te bewijzen, dat zijne waarnemingen wel goed, maar niet met toestellen gedaan zijn, welke de vereischte naauwkeurigheid opleveren. Het is, volgens FECHNER, uit de door KNOCHENHAUER bestreden theorie af te leiden, dat alleen gevoelige electroscopen onder omstandigheden, waar KNOCHENHAUER ze niet waarnam, aanwijzingen kunnen geven.

Uitgaande van de proef dat de levendigste aantrekking, door eene gewrevene dikke lakstang of den knop eener geladene Leidsche flesch op een electrischen slinger of goudblaadje uitgeoefend, plotseling verdwijnt als er een niet geisoleerde groote metaalplaat tusschen die voorwerpen gehouden wordt, geeft FECHNER hiervan eerst eene verklaring. Dit ophouden der werking duurt zoo lang als de regte lijn, die het electriserend ligchaam met den electroscoop verbindt, de metaalplaat ontmoet en daarom maakt FECHNER gebruik van de eigenaardige uitdrukking dat de inductie in de electrische schaduw van die plaat niet waargenomen wordt. Deze op-

(*) P. A. 51 S. 321.

merking is reeds van oudere dagteekening en staat in verband met de waarneming, dat als eene gewrevene lakstang in bladtin gewikkeld en hierbij aangevat wordt, alle electrische werking ophoudt, maar zoodra het bladtin verwijderd wordt, onverminderd te voorschijn treedt. FECHNER's verklaring van het eerstgenoemde verschijnsel komt op het volgende neder: de hoeveelheid der inducerende electriciteit werkende op den electroscoop is grooter dan die der geinduceerde, die zich echter op kleineren afstand bevindt. Nu merkt KNOCHENHAUER teregt op dat het met geen wet van electrische aantrekking overeen te brengen is dat deze werkingen voor alle afstanden van den electroscoop met elkander in evenwigt zijn, maar het is wel mogelijk dat die compensatie voor alle afstanden bij benadering plaats heeft, zoodat de waarneming van het verschil niet dan met de naauwkeurigste en gevoeligste werktuigen mogelijk is.

POISSON bewees dat, wanneer een ligchaam was ingesloten binnen een geisoleerden geleidenden hollen bol, daar buiten geplaatste ligchamen volstrekt geen invloed op het eerste kunnen uitoefenen, welke plaats zij ieder voor zich ook innemen. Vergrooten wij nu den straal des bols meer en meer dan zal een platte geleider als een gedeelte daarvan mogen beschouwd worden en vervangt men nu het overige gedeelte des bols door de aarde, dan houdt alle verschil, behalve in afmeting, op, tusschen de beschouwde proefneming en het geval door POISSON behandeld. Was echter bij POISSON de compensatie volmaakt, dan kan zij in dit geval, dat er toch wezenlijk van onderscheiden is, dit niet meer wezen, maar het is evenmin mogelijk dat het verschil groot is.

Het hier aangevoerde maakt duidelijk op welke wijze men

het verschijnsel, dat er geen inductie door een met de aarde in verbinding staanden geleider plaats hebben zou, kan verklaren. Men merkt daarbij echter op, dat de juistheid der waarneming dat in zoodanig geval geen inductie zou plaats hebben, niet enkel betwijfeld, maar stellig verworpen mag worden. Het is dan ook niet noodig de proefnemingen van FECHNER in dezen verder na te gaan.

KNOCHENHAUER (*) meende toch nog eenige bezwaren tegen het door FECHNER aangevoerde in het midden te moeten brengen. Zijne verhandeling is echter meer gewijd aan de bepaling van de hoeveelheid electriciteit op verschillende afstanden door inductie opgewekt, hetgeen met de vraag, die ons nu bezig houdt, niet zamenhangt. Wanneer daarenboven MÜLLER in zijn Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik S. 46 een gedeelte dier verhandeling als een voorbeeld van onduidelijkheid aanhaalt en het moeijelijk noemt te besluiten uit die mededeelingen wat er mede bewezen moet worden, kunnen wij deze verhandeling verder voorbijgaan. MÜLLER'S oordeel is namelijk: Wollte man die Knochenhauerschen Versuche einer strengen Kritik unterwerfen, so würde man eine Menge Umstände herausfinden welche geeignet sind Zweifel gegen die Genauigkeit der Resultate zu erwecken. Da ich hier unter nachweisen werde wodurch K. durchaus falsche Resultate erhalten musste, so will ich die hier untergeordneten Fehler welche blos der Genauigkeit Eintrag thun, bis auf folgenden Punkt übergehen.

Reeds in P. A. 51, S. 332 meende FECHNER dat men, na het toen in het midden gebragte, volle vrijheid had de aantrekkende en afstootende werking der bindende en gebonden

(*) P. A. 58, S. 31.

electriciteit uit hetzelfde oogpunt te beschouwen als die der vrije. De gebondene electriciteit verkrijgt door dat gebonden zijn, volstrekt geene andere eigenschappen en verliest er ook geene. Wanneer wij hare aantrekking of afstooting niet meer waarnemen is dit hieruit te verklaren, dat deze steeds door de tegengestelde werking der bindende electriciteit wordt opgeheven en wanneer wij ze niet door aanraking aan een ligchaam ontnemen kunnen, ligt dit niet daaraan dat zij in eenen bijzonderen teruggehouden toestand verkeert of dat de afstootende kracht harer deeltjes heeft opgehouden te werken; deze wordt slechts in evenwigt gehouden door de aantrekking van de, wel is waar meer verwijderde maar zeker sterker werkende, bindende electriciteit. Daarbij is de geleider waarmede men aanraakt zelf aan de inducerende werking der bindende electriciteit onderworpen en behoort zelf tot het systeem.

Hiermede zouden wij hetgeen over de gebondene electriciteit te zeggen valt kunnen besluiten en er uit afleiden dat de benaming te verwerpen is, omdat door dien toestand volstrekt geene nieuwe eigenschappen aan de electriciteit gegeven worden, ware het niet dat de analogie met andere aantrekkende en afstootende krachten misschien mede aanleiding tot wijziging der vroegere voorstellingen geeft. Hiervan zullen een paar voorbeelden worden gegeven en wel het eerst uit de leer der warmte.

Het verdient allezins opmerking dat wij daar dienzelfden term *gebonden* terugvinden en wel voor eene hoeveelheid warmte welker aanwezigheid niet door den thermometer kan worden aangetoond. Men zeide dat die hoeveelheid warmte bij verandering van den aggregatie-toestand geabsorbeerd

werd, hoewel, volgens latere onderzoekingen, aan die hoeveelheid alléén die verandering van aggregatie-toestand is toe te schrijven. Men trachtte te vergeefs het bestaan van die hoeveelheid door thermometers aan te toonen, deze waren voor dat soort van warmte ongevoelig. Later bleek het dat men de hoeveelheid warmte waardoor ijs en warm water veranderd wordt in twee deelen onderscheiden moet: het eerste brengt niet alleen het ijs in den toestand van water, maar houdt het daar ook in, terwijl het andere van dat water de temperatuur verhoogt.

Ten einde deze beide verschillende werkingen der warmte juist te onderscheiden en tevens den aard van het verschijnsel te verklaren, heeft TYNDALL, daarbij vroegere schrijvers tot voorbeeld nemende, ze genoemd inwendige en uitwendige arbeid. (Tyndall, la Chaleur etc., traduit par Moigno p. 138.)

Gaan wij nu over tot de vraag, of eene aantrekking, die zich bepalen zou tot de wederkeerige werking van twee krachten, waarschijnlijk is, en of wij die elders terugvinden, dan leert de zwaartekracht ons het tegengestelde. Dat de aarde en de zon elkander aantrekken, verhindert de werking van beiden op de maan en de planeten volstrekt niet. De *doode tijden* leeren ons daarbij, als het niet uit andere gegevens bleek, dat eene geringe werking niet steeds het gevolg eener geringe kracht behoeft te zijn, maar even goed door de gedeeltelijke opheffing eener groote kracht door eene andere kan worden veroorzaakt. Stellen wij dat een ligchaam tusschen de zon en de aarde zich op die plaats bevond waar beiden het even sterk aantrekken, dan zou eene geringe verplaatsing van dat ligchaam terstond de eene kracht de overhand boven de andere doen verkrijgen en eene

beweging veroorzaken. Op geheel gelijke wijze kunnen wij ons nu voorstellen dat de geleider of de electroscoop zoodanig geplaatst was, dat de tegengestelde werkingen van inducerende en geinduceerde electriciteit elkander in evenwigt hielden, dan zou eene verplaatsing van een van de beide hoeveelheden de goudblaadjes van den electroscoop terstond eene lading doen aanwijzen, gelijk wij hierboven zagen dat werkelijk het geval is.

Het blijkt dus dat eene vergelijking met soortgelijke werkingen in andere deelen der natuurkunde aanleiding geeft tot eene wijziging van het begrip vroeger aan den naam gebondene electriciteit gehecht om daarvoor aan deze en hare werkingen eene volkomene vrijheid toe te schrijven, met dien verstande evenwel dat, juist omdat de electriciteit door inductie is opgewekt, steeds tegengestelde krachten voorhanden zijn, waardoor hare werking zoo al niet geheel opgeheven en onmerkbaar, dan toch voor een zeer groot gedeelte verminderd wordt. Daarom zal het niet noodig zijn meerdere voorbeelden bij te brengen om te bewijzen dat RIESS met regt zeide: Men kan niet van eigenschappen der gebondene electriciteit spreken; de electriciteit verkrijgt door dat gebonden zijn geene andere werking, maar deze wordt wel gewijzigd door de aanwezigheid van beide tegengestelde soorten.

DE THEORIE VAN FARADAY.

Na beschouwd te hebben hetgeen in het midden kan worden gebragt met betrekking tot de gebondene electriciteit zullen wij nu de verdere daarbij behoorende verschijnselen nagaan.

De hoeveelheid geinduceerde electriciteit hangt van eenige omstandigheden af en wel voornamelijk van de intensiteit der lading van het inducerend ligchaam, den afstand der beide ligchamen, terwijl volgens FARADAY de aard van de middenstof tusschen het inducerend en het geinduceerde ligchaam zich bevindende grooten invloed uitoefent. Met zeer veel zorg is het laatstgenoemde punt door FARADAY nagegaan en hij doet eene nieuwe theorie der inductie op dit zijn gevoelen steunen, hoewel van alle zijden de juistheid niet toegestemd wordt, zoo als dit integendeel met de andere zaken, welke op de hoeveelheid geinduceerde electriciteit invloed hebben, wel het geval is.

Op welke wijze heeft de inductie plaats? Vroeger werd algemeen aangenomen, dat wij daar met het uitwerksel eener, in eigenschappen geheel met de zwaartekracht overeenkomende, op afstand werkende, kracht te doen hadden.

Dit werd trouwens ook van het magnetisme aangenomen, omdat men zag dat een magneet door niet magnetische stoffen heen, een stuk ijzer aantrok. Bij het licht en de warmte werd door de emissie-theoriën aangenomen, dat de middenstof niet het middel tot de voortplanting was. FARADAY was echter van een geheel ander gevoelen en meende dat men ook hierbij diezelfde wijziging in de begrippen invoeren moest waartoe men door de undulatie-theorie bij het licht en de warmte is gekomen, en dus even als door deze de ether in beweging wordt voorgesteld, men hier aan de stofdeelen tusschen de ligchamen een gewigtigen rol toekennen moet in de opwekking der geinduceerde electriciteit.

Eene werking op afstand (Actio in distans) is voor hem in het geval der gewone inductie iets onaannemelijks, hoewel hij haar, zoo als wij zien zullen, voor zijne theorie niet alleen op den afstand der moleculen, maar ook op betrekkelijk veel grootere afstanden behoeft. FARADAY zegt uitdrukkelijk dat het zijne bedoeling niet is, dat er nooit werking op afstand plaats hebben zou en het geval van een vacuum in de ruimte tusschen de ligchamen is door hem afzonderlijk en in het begin reeds behandeld.

Dat FARADAY zelf die uitzondering maakt is door RIESS voorbijgezien (P. A. 92 S. 339.)

Om echter deze nieuwe beschouwing ingang te doen vinden, en in plaats van de vroegere in te voeren moet hij twee zaken nagaan en bewijzen en wel:

1º Dat de verdeeling ook in kromme lijnen kan plaats hebben.

2º Dat bij gelijken afstand van het inducerende en het geinduceerde ligchaam de sterkte van de verdeeling en binding

ook van de natuur van den scheidenden niet-geleider afhankelijk is, zoodanig dat, onder overigens gelijke omstandigheden, de binding door verschillende isolatoren heen niet dezelfde is en dat dus ieder isolator een eigen specifiek verdeelingsvermogen bezit.

Gaan wij nu tot het eerste punt over, zijnde:

De verdeeling in kromme lijnen.

FARADAY geeft (Exp. Researches 2d Ed, 1849, vol. I, p. 381, seq.) een verklarend bewijs van die verdeeling, waarbij wordt gebruik gemaakt van de stelling dat er geene inductie plaats heeft, wanneer er tusschen het inducerende en het geinduceerde ligchaam een geleider geplaatst wordt die met de aarde in verbinding is; de onjuistheid van deze bewering is hierboven reeds aangegeven en zal nog nader worden beschouwd.

Wij zullen nu de proefnemingen, door FARADAY in zijne Experimental Researches medegedeeld, vermelden, welke alle op die inductie in kromme lijnen betrekking hebben. Hij neemt een van boven uitgeholde cilinder van schellak, waarin een metalen halve bol kan worden geplaatst. Is het lak nu geëlectriseerd, dan wordt de bol dit door inductie en zal na aanraking zich positief electrisch toonen. Wanneer men nu een verguld bolletje aan een isolerend handvat zoodanig plaatst, dat het met het schellak door eene regte lijn kan worden verbonden, zonder dat deze een ander ligchaam dan lucht ontmoet, zoo is het natuurlijk dat het bolletje geëlectriseerd wordt en wel positief, maar het bijzondere is, dat ook als het metaal zich er tusschen bevindt, inductie wordt

waargenomen met het bijzondere verschijnsel, dat op eenigen afstand boven den halven bol die inductie het sterkst is (waarvan het bewijs met de wringbalans werd gegeven) en onder en boven die plaats weder verzwakt. Uitgaande van het in het begin genoemde feit moet nu de inducerende kracht om den halven bol zijn heengegaan en kan dus niet anders dan in eene kromme lijn hebben gewerkt. Een soortgelijk resultaat werd door F. verkregen, wanneer op het metaal een glazen bakje geplaatst werd met zuivere terpentijnolie gevuld; bragt men het bolletje daarboven of zelfs daarin, dan werd het geladen en dus ging, volgens FARADAY, in dit geval de inducerende kracht door de lucht om het glas heen en toen door de terpentijnolie naar het bolletje.

Nog werd er op de bovenvlakte van den halven metalen bol een schijf zwavel geplaatst die eene holte had waarin het bolletje geplaatst werd, en hetzij men dit ligchaam in op of boven de zwavel plaatste, steeds werd er inductie waargenomen. Het is niet te ontkennen dat de omslagtige verklaring van het tweede geval en de moeijelijke weg langs welke de inducerende kracht zich zou moeten bewegen om aan het daar gestelde te voldoen, wel eenigen twijfel tegen die verklaring kunnen doen ontstaan, maar in het vervolg zal worden aangetoond en verklaard hoe men, zonder dergelijke nieuwe gevoelens en opvattingen te hulp te roepen, zich zeer goed rekenschap van die verschillende gevallen van inductie vermag te geven.

Denkt men zich weder den lakcilinder en in de nabijheid het vergulde bolletje, dat aangaande het bestaan der inductie en hare intensiteit zal moeten beslissen, dan wordt, wanneer een met de aarde in verbinding gebragte holle metalen

cilinder tusschen deze voorwerpen in geplaatst wordt, er geene inductie waargenomen. FARADAY ziet hierin een natuurlijk gevolg en tevens een bewijs van het bestaan der inductie in kromme lijnen, want nu worden de inductie kromme lijnen (het zouden hier echter zonder eenigzints de zaak te veranderen ook regte lijnen kunnen zijn) die anders van het schellak door de lucht en andere diëlectrische ligchamen naar het bolletje kunnen gedacht worden, door het metaal terug gehouden, omdat de inductie zich niet door de geleiders heen vermag uit te strekken. Hier zij nog vermeld, dat FARADAY onder den zoo even gebezigden naam van diëlectrische ligchamen die zamenvat, welke, geene geleiders zijnde, toch de inducerende werking door hunne tegenwoordigheid niet verhinderen.

Met de bovenvermelde staat nog het volgende, niet door FARADAY aangehaalde, verschijnsel in verband, namelijk dat een geëlectriseerd ligchaam geen invloed op een electroscoop uitoefent, wanneer deze laatste omgeven is door een niet-geisoleerd weefsel van ijzerdraad; in beide gevallen zal er echter wel eenige inductie plaats hebben, hoewel het even goed mogelijk is, dat de krachten die hierbij in aanmerking komen, geheel en al evenwigt met elkander maken. Beschouwen wij, om dit duidelijk te maken, het laatste geval meer in het bijzonder. Gesteld, er wordt een positief electrisch ligchaam bij den electroscoop gebragt, dan wordt de pos. electriciteit in de goudblaadjes gedreven; het ijzerdraad wordt echter aan alle zijden négatief geëlectriseerd en deze electriciteit zal (wanneer het als bewezen wordt aangenomen, dat deze gebondene electriciteit dezelfde werkingen als de vrije uitoefent) integendeel de positieve uit den knop van den

electroscoop aantrekken en de négatieve naar de goudblaadjes afstooten. Nu is het zeer wel mogelijk dat de krachten in dit geval evenwigt met elkander maken of elkander zoodanig opheffen, dat aan de waarneming der resulterende werking niet kan worden gedacht, tot op zekere hoogte is het te vergelijken met het geval van een stoffelijk punt dat, binnen een boloppervlak, waarvan alle punten eene aantrekkende of afstootende werking uitoefenen, gelegen in rust wezen zal, omdat alle die aantrekkende of afstootende krachten met elkander evenwigt maken. In dit geval is het dus onnoodig de door FARADAY voorgestelde theorie te hulp te roepen om het verschijnsel te verklaren en evenmin in het eerste omdat de twee gevallen geen verschil aanbieden dan alleen door de aanwending van een electroscoop in het laatste geval, waardoor de aanwijzingen en resultaten meer vertrouwen verdienen en het ontbreken van het verschijnsel van inductie in het eerste geval dus nog gemakkelijker te verklaren is. Niettegenstaande die grootere naauwkeurigheid schijnt het toch niet geoorloofd in dit ontbreken van inductie een bewijs voor de theorie van FARADAY te zien.

Met deze zaken heeft FECHNER zich ook bezig gehouden en in zijne reeds vroeger genoemde verhandeling daarvan melding gemaakt. (*) Hij nam eene ronde metaalschijf en isoleerde deze door het midden horizontaal te bevestigen op een lak-cilinder, plaatste op die schijf drie stijlen van lak en zette hierop een geheel aan de eerste gelijke metaalschijf, die zich nu op 1 duim afstand van de eerste bevond. De bovenste schijf werd met de aarde verbonden en de

(*) P. Annalen. 51 S. 326.

onderste door oogenblikkelijke aanraking met den knop van eene Leidsche flesch geladen. Daarna werd aan de bovenzijde een proefschijfje gehouden, dit aan de andere zijde aangeraakt, toen teruggetrokken en de hierdoor op dit proefschijfje verkregen El. aan den electroscoop medegedeeld. Deze laatste was daarbij door eene groote niet geisoleerden metaalplaat van den ondersten schijf gescheiden, zoodat de werking van deze laatste op het meetwerktuig niet in aanmerking behoefde te worden genomen. Was nu het binnen-bekleedsel der Leidsche flesch positief, dan was de onderste schijf dit ook en de bovenste négatief, zoodat er op het proefschijfje weder beide electriciteiten werkten en het gevolg was, dat er steeds négatieve geinduceerd werd, een duidelijk bewijs, dat de werking van de onderste schijf, die direct was geladen, grooteren invloed dan de bovenste had. Nu is het volstrekt niet aan te nemen en met de bekende wetten van aantrekking en afstooting der electriciteit overeen te brengen, dat deze beide invloeden steeds een zelfde verschil zouden hebben en evenmin als FARADAY overal boven den metalen halven bol dezelfde lading verkreeg, geschiedde dit bij FECHNER, hetgeen deze uitdrukkelijk vermeldt. Deze El., zegt hij, was niet dan het sterkst als het proefschijfje zeer nabij de bovenste schijf of met deze in aanraking kwam, maar wanneer het eenige duimen daarboven verheven was en gaf, bij aanwending van een eenigzints groot proefschijfje niet alleen zeer spoedige afwijkingen bij een Bohnenberger-electrometer, maar bragt ook de blaadjes van een goeden goudblad-electrometer tot eene uitwijking van verschillende graden. Bij verdere verwijdering nam de werking langzaam af, maar 4 voeten boven de bovenste schijf was toch nog werking op het proef-

schijfje te bespeuren. Ten einde alle dwalingen en tegenwerpingen te vermijden, werd nagegaan of het schijfje ook electrisch was, alvorens aan de werking der beide metaalplaten te worden onderworpen, doch hierop werd steeds een ontkennend antwoord verkregen.

Later deed FECHNER dezelfde proeven, doch liet hierbij de lakstijlen, die de platen scheidden, weg, waarbij hij echter tot geheel dezelfde resultaten kwam. Dit laatste was te verwachten; want al worden ook die lakstangen door inductie electrisch en dus de lading van de eerste metaalplaat door die tegengestelde electriciteit verminderd, zoo zal die van de bovenste even veel verminderen, waardoor geene omkeering van het resultaat ontstaan kan.

Bij deze proeven werd steeds het midden van het proefschijfje juist boven het midden van de bovenste plaat gehouden; de werking was echter nog sterker, wanneer het meer aan den rand gebragt werd, doch steeds in de electrische schaduw bleef. (Van deze, door FECHNER kortheidshalve ingevoerde uitdrukking, is boven de beteekenis verklaard).

Bij al deze onderzoekingen werd van eene zwakke lading gebruik gemaakt, want anders zou eene verbinding der beide electriciteiten wel door den kleinen afstand van één duim hebben plaats gehad en de lading op die wijze verminderd zijn; dit is eene voor het behandelde vraagstuk hoogst belangrijke bijzonderheid, omdat er nu tusschen de ladingen slechts een klein verschil bestaan kon, terwijl de proeven toch de bovenvermelde uitkomst opleverden. Hieruit is het duidelijk, dat het waargenomen verschijnsel der inductie van het proefschijfje, alleen is toe te schrijven aan het

verschil der werkingen, hoewel dit nog zeer goed waarneembaar was. De verklaring van het verschijnsel, dat de sterkste werking op eenigen afstand van de bovenste schijf plaats heeft, is dan ook zeer eenvoudig en daarin kan men niets bijzonders zien. Wanneer namelijk het proefschijfje op de buitenzijde der bovenste plaat rust, moet de werking van deze en de onderste gelijk wezen, dit is het gewone verschijnsel, dat men de geinduceerde electriciteit niet afleiden kan door aanraking van een geleider: daar wordt dus geene inductie van het proefschijfje waargenomen. Beweegt men nu het schijfje, dan verandert de afstand tot beide platen, maar niet in dezelfde reden waarin het zou moeten geschieden om de werkingen gelijk te doen blijven. Door die beweging zal de invloed van de bovenste plaat meer afnemen, dan die van de onderste, omdat eene kleine verplaatsing, b. v. van 1 duim, meer verschil bij de bovenste geven zal. Gaat men echter verder met deze beweging, dan zullen de werkingen van beide platen zeer afnemen en nagenoeg geheel verdwijnen, zoodat het verschil der werkingen niet anders dan zeer gering zijn kan. Wanneer nu de werking niet overal nul geweest is, kan het niet anders of tusschen de punten, waar zij dit wel was, moet een ander punt gelegen zijn, waar die werking of invloed een maximum was.

Ten overvloede heeft FECHNER de omstandigheden, waaronder hij experimenteerde, veelvuldig gewijzigd en ook de afstand der platen veranderd. Steeds vond hij daarbij de invloed der inducerende schijf grooter, dan die van de andere, en kon in alle beschouwde gevallen op eenigen afstand boven de geinduceerde schijf, een maximum van werking bespeuren.

Op grootere schaal en met verticaal geplaatste platen heeft hij de proeven ook genomen, en daarbij niet van proefschijfjes gebruik gemaakt, omdat de geheele electroscoop in de electrische schaduw van de geinduceerde plaat gebragt werd, en de knop van deze dus de plaats aan het proefschijfje vervulde; hij vond dan terstond eene positieve uitwijking, die, als de afstanden goed genomen waren, vrij sterk was. Liet hij de inducerende plaat en den electroscoop hunnen stand behouden, terwijl de middelste plaat bewogen werd, dan werd altijd de sterkste werking waargenomen als de geinduceerde plaat zich midden tusschen de beide andere voorwerpen bevond en dit was zoo duidelijk en in het oog vallend, dat aan de juistheid der waarneming zelfs niet in het minst kan worden getwijfeld. Daarenboven bleek het volgende uit eene mede door FECHNER gedane proefneming. Hij nam een lakcilinder, en elektriseerde dien door wrijving met kattenvel sterk, plaatste nu hierop een metalen plaat, waarvan de bovenzijde dus négatief en de onderzijde positief electrisch was. Hij had gedurende de proefneming de metaalplaat echter in de hand gehouden, zoodat de négatieve electriciteit afvloeide en de plaat positief geladen bleef. Dit stelsel werd nu boven een Bohnenberger-electroscoop gebragt die, tot het oogenblik dat de proef begon, met de aarde in verbinding geweest was. Werd nu de lakcilinder met de metalen plaat er tegen aan bij den electroscoop gebragt, dan was er volstrekt geene werking waar te nemen, hetzij men met de beide ligchamen den electroscoop naderde, hetzij men die op grooteren afstand bragt. Wordt echter het geheel zeer nabij den electroscoop gebragt en dan de van dezen afgekeerde lakcilinder verwijderd, dan slaat het goud-

blaadje négatief uit, ten bewijze dat de werking der positieve electriciteit van de metaalplaat grooteren invloed verkregen heeft dan de vroeger met haar evenwigt makende, négatieve van den lakcilinder. Deze uitwijking had echter, even als bij de andere gevallen ook vermeld werd, hare grenzen en nam slechts tot op zekeren afstand toe om daarna weder te verminderen. Bewoog men den lakcilinder nu in tegenovergestelde rigting om dien weder in zijn oorspronkelijken stand terug te brengen dan werden alle graden van uitwijking van het goudblaadje ook weder waargenomen, maar zij volgden elkander in de tegengestelde orde op.

Behield echter het lak zijnen stand en werd de metaalplaat bewogen tusschen den stand, waarin zij den knop van den electroscoop aanraakt en dien waarin zij op den lakcilinder rust als grenzen, dan wordt ook eene négatieve uitwijking van het goudblaadje waargenomen, die het sterkst is als de plaat zich in het midden bevindt, maar bij verdere verwijdering weder afneemt.

Is nu uit deze proefnemingen gebleken dat FARADAY het ten onregte als een feit beschouwde, dat er geene inductie plaats vindt bij tusschenplaatsing van geleiders met de aarde in verbinding, in zooverre als hij de gronden, waarom die inductie zwakker is, niet zocht in een verschil van twee tegengestelde werkingen, dan blijkt daaruit tevens dat zijne theorie der kromlijnige inductie niet zooveel waarschijnlijkheid voor zich heeft als hij beweert.

FARADAY bestrijdt ook POISSON (*) die bij zijne mathematische beschouwingen aangaande de verdeeling der electriciteit op eenen geleider, die onder den invloed van eenen

(*) Mémoires de l'Institut impérial de France. Année 1811.

anderen geleider geplaatst is, alleen uitging van de onderstelling dat de electriciteit was eene vloeistof, waarbij de deelen der gelijknamige soort elkander afstooten in omgekeerde reden van de vierkanten der afstanden, terwijl er in dezelfde verhouding aantrekking tusschen de deelen der ongelijknamige soorten plaats heeft. FARADAY meent, dat deze onderstellingen niet voldoende kunnen geacht worden, waarom hij de kromlijnige inductie er bij voegt en die door, voor het meerendeel boven aangehaalde proeven tracht te bevestigen. FECHNER (*) verklaart daarentegen in die proefnemingen niets te vinden wat FARADAY'S onderstelling regtvaardigt en zijne tegenwerpingen zijn gegrond op het niet bestaan van gebonden electriciteit in den zin, welke men vroeger daaraan hechtte.

De inductie in kromme lijnen heeft dus nog niet die bewijzen vóór zich, welke men behoeft om de onderstelling eener eenvoudige regtlijnige inductie te verlaten en de andere aan te nemen. FARADAY'S theorie leert echter niet dat alleen, maar omvat ook de invloed der isolerende stoffen tusschen de ligchamen geplaatst; dit deel zullen wij nu nagaan.

(*) Pogg. Annalen Bd. 51 S. 341.

DE SPECIFIEKE INDUCTIE.

Bij gelijken afstand van het inducerende ligchaam is de sterkte der inductie en binding in het geinduceerde ook afhankelijk van den isolerenden middenstof tusschen die ligchamen zoodanig, dat onder overigens gelijke omstandigheden, de binding door verschillende isolatoren heen niet dezelfde is en dat dus ieder isolator een eigen specifiek inducerend vermogen bezit.

Met deze woorden werd het andere deel van FARADAY'S theorie der inductie, aangeduid. In het nu volgende zullen de proefnemingen vermeld en de gronden aangewezen en besproken worden, waarop de Engelsche geleerde zijne meening laat rusten.

Even als ieder stofdeel, waar het zich bevinde, door de zwaartekracht of ruimer genomen door de algemeene aantrekkingskracht wordt aangedaan, zoo ook zal het, onder de invloed der werking van positieve of négatieve electriciteit eene wijziging van den neutralen toestand, waarin het zich bevond, ondervinden en hetzij met eenen geleider verbonden hetzij daarvan geheel afgescheiden, zal er door de

lading der omringende stofdeelen inductie op worden uitgeoefend. Naar den aard der ligchamen kan deze inductie, zich op twee verschillende wijzen uiten. Bij metalen stelt men zich voor dat, hoewel ieder deeltje deels positief deels négatief geinduceerd wordt, toch alleen aan de oppervlakte, het gevolg van die inductie, in eene electrische lading bestaande, wordt waargenomen, omdat de positieve electriciteit van de eene molecule zich terstond met de négatieve van de daaraan grenzende verbindt, hetgeen door den geleidenden toestand van het ligchaam mogelijk gemaakt wordt, zoodat dan een gedeelte van den geleider in den neutralen toestand zal terugkeeren en daarin blijven. Alleen aan de grenzen is die verbinding niet meer mogelijk, omdat daar de tegenovergestelde ongelijknamige electriciteit ontbreekt, zoodat men alleen op die plaatsen electriciteit waarnemen kan. Het is dan ook, zooals FARADAY opmerkt, onmogelijk geleiders door en door te laden, hoewel hier de onderlinge afstootende werking der deeltjes van gelijknamige electriciteit veroorzaakt, dat zij zoover mogelijk van elkander verwijderd worden, hetgeen door de bekende proef van het gazen netje duidelijk gemaakt wordt.

Bij niet geleidende stoffen vindt men de andere soort van inductie; men kan zich voorstellen dat deze stoffen in dezelfde betrekking tot de electriciteit staan als de magnetische ligchamen tot het magnetismus. Bij deze stoffen is het nu niet mogelijk dat de magnetische vloeistof zich van de eene molecule naar de andere voortbeweegt, zoodat hier ieder deeltje een afzonderlijke magneet is en zijne beide polen bezit.

Dergelijke werking van de electriteit wordt bij de isolatoren waargenomen; ieder deel wordt geinduceerd, maar de

ongelijknamige electriciteiten kunnen zich niet met elkander verbinden, hoewel zij in staat zijn elkanders werking te verminderen, even als dit met den magneet plaats heeft. Het gevolg is dat de isolatoren gedurende de inductie ook polen zullen hebben in welker nabijheid de grootste werking waargenomen wordt.

Volgens FARADAY is de inductie verschillend bij de verschillende isolerende stoffen, tusschen de geleiders geplaatst en oefenen deze een belangrijken invloed op die inductie uit.

Om het bewijs van deze stelling te leveren, maakt FARADAY gebruik van twee zooveel mogelijk gelijke toestellen; deze bestonden in de hoofdzaak uit twee concentrische metalen bollen en de ruimte tusschen deze kon gedeeltelijk met verschillende stoffen, wier specifieke inductie moest worden bepaald, gevuld worden. De binnenste bol was door een, met eene bedekking van schellak, aan welker vervaardiging FARADAY grooten zorg wijdde, van het overige afgescheiden metaaldraad met den knop, waarin de toestel eindigde, verbonden. De buitenste bol was op de wijze der Maagdenburger halve bollen ingerigt, zoodat het bovenstuk er af kon genomen worden, waardoor de binnenste bol dan tegelijk werd verwijderd. De metalen voet was doorboord en van een kraan voorzien, waardoor de toestel luchtledig gemaakt en met andere gassen gevuld kon worden ten einde daarmede dezelfde proefnemingen te doen.

Wordt nu de knop bij een bron van electriciteit gebragt en tegelijk het buitenste deel met de aarde verbonden dan wordt deze toestel, welke niet anders is dan eene Leidsche flesch van zeer bijzonderen vorm, geladen, terwijl in gewone omstandigheden eene hoeveelheid lucht den plaats van iso-

lerende middenstof, welke anders door het glas wordt ingenomen, vervult.

Hierbij werden vele voorzorgsmaatregelen vereischt, welke FARADAY in zijne Experimental Researches N°. 1196—1208 (Pogg. Ann. Bd. 46 S. 20) vermeldt.

Bij die proefnemingen werd van de wringbalans van COULOMB gebruik gemaakt. Eerst werd eene Leidsche flesch geladen tot eene bepaalde intensiteit, dan de eene bol van de wringbalans daarmede aangeraakt en nadat deze weder op zijne plaats in het instrument gebragt was, de tweede bol daartegen aangebragt, waarop nu eene afstooting volgde; ten einde te maken dat de bolletjes van de wringbalans eenen afstand van 30 graden hadden, was natuurlijk eene zekere torsie van de draad noodig, afhangende van de, door die aanraking, aan de bolletjes door de Leidsche flesch, medegedeelde lading. Daarna werd een der inductie-toestellen met den knop der Leidsche flesch aangeraakt, terwijl het buitenbekleedsel van dien toestel met de aarde in geleidende verbinding stond. Het is duidelijk dat er daardoor op dien knop en den binnensten bol een overschot van vrije electriciteit voorhanden wezen zal; wordt dus die knop aangeraakt met het daartoe bestemde bolletje van de wringbalans dan zal dit electriciteit overnemen en om de bolletjes weder op den afstand van 30° te houden, zal eene andere torsie der draad noodig zijn. Nu werd de geladen inductie-toestel met den tweeden aangeraakt, welks buitenste bol weder met de aarde verbonden was; de electriciteit verdeelde zich over beide toestellen en de hoeveelheid vrije electriciteit op een der beiden voorhanden, werd weder door de wringbalans bepaald. Daarna werden de toestellen ontladen, en als eerst

I direct geladen was, geschiedt dit nu met II, waarna geheel op dezelfde wijze verder wordt gehandeld. Wanneer nu, zoo besluit FARADAY, in ieder geval de halve ladingen van I en II aan elkander gelijk zijn en te zamen genomen gelijk aan de geheele lading voor dat de aanraking der beide toestellen heeft plaats gehad, dan mag men het als bewezen aannemen dat beide toestellen in kracht aan elkander gelijk zijn en tot vergelijking van de verschillende isolerende middenstoffen kunnen worden aangewend.

Een proef genomen met de toestellen in natuurlijken toestand, dat is met lucht tusschen de concentrische bollen, gaf de volgende uitkomst:

Wringing 160°.

Toestel I.	Toestel II.
254°.	0°.
250°.	

in verband gebragt en terstond gemeten gaf:

. . . . .	122°.
124°.	
1°.	na ontlading.
. . . . .	2°. „

Door de wringing 160° wordt de hoeveelheid vrije electriciteit der Leidsche flesch aangeduid. Hier werd nu de hoeveelheid electriciteit welke toestel I kon afgeven door 249° voorgesteld, van deze 249° werden 122° op den tweeden en 123° op den eersten teruggevonden, zoodat hier eene gelijkmatige verdeeling kan ondersteld worden en het geringe

verschil wel aan verlies door de lucht kan worden toegeschreven.

Daarna werd toestel II geladen en evenzoo gehandeld, het gevolg was:

Wringing 150°.

Toestel I.	Toestel II.
. . . . .	152°.
. . . . .	148°.

aangeraakt en gemeten gaf:

70°.	
. . . . .	73°.
. . . . .	5° na ontlading.
0°.	" "

Hier was de beschikbare hoeveelheid electriciteit 148 — 5 = 143 waarvan de helft weinig verschilt van 70 en van 73; de som is zelfs die geheele hoeveelheid hetgeen voor de gewenschte gelijkheid der toestellen een bewijs oplevert.

Daarna (P. A. 46, S. 557) werd in de eene toestel een halfbolvormige schaal lak geplaatst in de ruimte tusschen de metalen bollen. Het gevolg was nu:

Wringing 250°.

Toestel I (Lak).	Toestel II (Lucht).
0°.	
. . . . .	304°.
. . . . .	297°.

De lading werd verdeeld en nu gaf:

113°. . . . . .

. . . . . 121°.

0°. . . . . na ontlading.

. . . . . 7°. „

De beschikbare hoeveelheid electriciteit wordt hier door 297° — 7° = 290° voorgesteld; de lading van den eersten toestel nam 113° toe, en die van den tweeden 176° (290° — (121° — 7°) af. Is dit onderscheid alleen aan het lak in tegenstelling met de lucht toe te schrijven, dan zou de geschiktheid voor inductie omgekeerd evenredig aan die getallen zijn en daaruit volgen, dat als men het inducerend vermogen van den eersten toestel door de éénheid voorstelt, dat van den tweeden $\frac{176}{113}$ = 1,55 wezen zou. Eene andere ook met het lak genomen proef gaf 1,37; nog een paar andere leverden 1,49 en 1,50 als uitkomsten. Op dezelfde wijze heeft FARADAY met glas (1,45) zwavel (1,66), spermaceti (1,6) proeven genomen, waarbij de tusschen ( ) geplaatste getallen de uitkomsten zijner waarnemingen zijn. Voor alle gassen zonder onderscheid en voor de lucht bij verschillende digtheden, ten gevolge van temperatuurs-veranderingen, vond hij dezelfde getallen, waaruit dus een zeer bijzonder onderscheid tusschen vaste en gasvormige ligchamen blijken zou.

De proeven met steenolie en terpentijnolie gaven geene bruikbare uitkomsten; zij zijn in de Exp. Researches N°. 1280—1282 vermeld.

Nog nam FARADAY de volgende proef: midden tusschen twee metaalplaten op isolerende voetstukken bevindt zich eene derde; ieder van de twee eerste zijn in verbinding met een goudblaadje en de laatste is in een gesloten klok

geplaatst. Nu wordt de middelste plaat positief geladen, de beide anderen worden dus geinduceerd en zijn, na aanraking met de hand, négatief electrisch. Nu is er geene vrije electriciteit die zich naar de goudblaadjes begeven kan en deze houden dan ook hunnen vorigen stand met betrekking tot elkander. Wordt echter een der uiterste platen naar de middelste toe bewogen dan komt er, wegens de ontbinding eener grootere hoeveelheid neutrale vloeistof, positieve electriciteit in een der goudblaadjes en zij trekken elkander aan. Wanneer men nu die uiterste plaat terug beweegt en dus alles weder in den oorspronkelijken stand brengt dan worden de goudblaadjes weder evenwijdig, omdat de aantrekkende en afstootende krachten der hoeveelheden electriciteit, op de drie platen voorhanden, evenwigt met elkander maken. Wordt nu echter eene lakplaat tusschen twee der geleidende platen gebragt dan volgt terstond eene aantrekking der goudblaadjes, welke weder ophoudt bij de verwijdering van het lak. Dit verklaart FARADAY aldus:

Laat de lakplaat tusschen de middelste en die links daarvan worden ingebragt, dan wordt op die linker meer négatieve gebonden en dus positieve electriciteit afgestooten; nu trekt de linkerplaat meer positieve op de middelste aan, waardoor van uit deze minder vrije electriciteit op de regter plaat werkt en dáár dus minder négatieve bindt; daarom verspreidt zich dit overschot van négatieve electriciteit over het daarmede verbonden goudblaadje en dit is de oorzaak der waargenomene aantrekking.

Nu is het volkomen waar dat de aantrekking op die wijze kan verklaard worden doch het bewijs, dat de opgegevene soorten juist op de genoemde platen vrij komen, is niet ge-

leverd en daarop is het duidelijk dat in dezen alles aankomt.

MÜLLER beweert daarentegen, dat deze waarneming geene bewijskracht bezit, want dat FARADAY, om overtuigend te maken, hetgeen hij beweert dat plaats vinden zou, had moeten aantoonen, dat, bij *dezelfde* lading op de middelste plaat, meer electriciteit op een der andere gebonden wordt door tusschenplaatsing der harsplaat. Hij zelf nam de proef daarom op eene andere wijze en wel als volgt: Onder een geisoleerden positief geladen bol, staat een goudblad-electroscoop; de plaat van dezen wordt négatief, de goudblaadjes positief geladen, waardoor eene divergentie ontstaat; nu bragt hij eene plaat lak tusschen den bol en den electroscoop, waardoor, volgens FARADAY, nog meer négatieve electriciteit moest gebonden en meer positieve afgestooten worden en de goudblaadjes sterker divergeren dan anders; dit was integendeel bij hem het geval niet want de goudblaadjes bewogen zich naar elkander toe.

MÜLLER (*) besluit hier terstond uit dat FARADAY uit zijne proeven verkeerde gevolgtrekkingen heeft afgeleid. Toen KNOCHENHAUER (†) dezelfde resultaten als FARADAY verkreeg, meende MÜLLER dat hij zich in de polen van zijn Bohnenberger-electroscoop moest vergist hebben, en eene beweging naar den négatieven pool voor eene naar den positieven hebben aangezien. Het verschil is echter zeer goed te verklaren zonder aan eene zoodanige groote vergissing te denken.

Waaraan de onzekerheid, ontstaande door de geheel tegengestelde resultaten van FARADAY en MÜLLER, is toe te

(*) Bericht S. 59, 60.

(†) P. A. Bd. 51 S 126.

schrijven, werd door RIESS verklaard (*). Hij begint met de opmerking, dat het verlaten van de juiste beschouwingswijze der inductie, zoo als die uit de theorie van FRANKLIN volgt en door AEPINUS, COULOMB en POISSON aangenomen werd, de beschouwing en het onderzoek van bepaalde gevallen noodig gemaakt heeft. Had men toch de theorie van FRANKLIN eenvoudig gevolgd, dan zou men tot de overtuiging gekomen zijn, dat ieder geval waarbij inducerende en geinduceerde electriciteit op een derde ligchaam werken, zoo ingewikkeld wordt dat het trachten naar bepaalde, voor alle gevallen geldige regels, tot de onvruchtbaarste ondernemingen moet worden gerekend. Ook hier weder uit RIESS zich sterk tegen de benaming gebonden electriciteit, voornamelijk omdat dit woord in de natuurkunde reeds in anderen zin wordt gebezigd, en het wat te veel geeischt is, dat men hier onder den naam gebonden verstaan zal dat, behalve de werking van die hoeveelheid electriciteit nog die van eene kleinere hoeveelheid ongelijknamige moet worden in rekening gebragt.

Daarna tot de theorie van FARADAY overgaande wat betreft de specifieke inductie, zegt de schrijver, dat de veronderstelling, dat van de drie daarbij in aanmerking komende hoeveelheden electriciteit, twee alleen op elkander werken door hare onjuistheid, FARADAY noodzakelijk tot onjuiste resultaten brengen moet; de proeven welke die onderstelling moeten bevestigen, zijn even goed uit de gelijktijdige werking der drie hoeveelheden electriciteit te verklaren.

Omdat er na een zoo groot verschil van werking bij de

(*) P. Ann. Bd. 92 (1854) S. 337.

inductie schijnt te bestaan tusschen geleiders en niet-geleiders en wel zoodanig dat de tusschenplaatsing van, met de aarde in verbinding gebragte, geleiders de geheele werking opheffen zou en zij geisoleerd zijnde, die verminderen, terwijl daarentegen het tusschenvoegen van niet-geleiders de inductie vermeerderen zou; en daar dit aan de onduidelijkheid der beteekenis van de proeven moet worden toegeschreven heeft RIESS getracht door proeven die onduidelijkheid en twijfelachtigheid te doen verdwijnen.

Twee door glazen staafjes geisoleerde metaalplaten werden met naar elkander gekeerde vlakken verticaal op eene tafel geplaatst. De eene plaat was door een metaaldraad verbonden met een goudblad-electroscoop of bij naauwkeuriger waarnemingen met eenen van Bohnenberger en de andere plaat werd positief geladen. Het goudblaadje werd dus positief electrisch doch die eerste hoeveelheid electriciteit werd door aanraking verwijderd. Gaf nu, na tusschenvoeging der isolerende plaat het goudblaadje weder teekenen van positief geladen te zijn, dan was dit een gevolg van schijnbaar versterkte, gaf het négatieve electriciteit aan, dan van schijnbaar verzwakte inductie. Ten einde nu alle verwarring te voorkomen werd de electroscoop weder ontladen na de tusschenvoeging van de onderzochte plaat, zoodat, bij verwijdering van deze, eene tegengestelde werking plaats vinden moest; werd nu eene aanwijzing van positieve electriciteit in het goudblaadje verkregen dan bewees die dat de hoeveelheid geinduceerde electriciteit door die plaat oorspronkelijk was verminderd, eene aanwijzing van négatieve dat die vermeerderd was. Deze twee waarnemingen gaven dus eene proef op elkander waardoor de besluiten veel in kracht winnen.

Eene vreemde waarneming, door de theorie van FARADAY moeijelijk te verklaren, was deze, dat altijd op het oogenblik, dat de isolerende plaat tusschen de metaalplaten gebragt werd, de inductie van de tweede plaat verminderd scheen te zijn, ook als die door de geheele plaat werd vermeerderd. Het is moeijelijk hierna aan de stof zelven invloed op het verschijnsel toe te schrijven, omdat er geen grond voor is aan te geven, dat een klein gedeelte van de isolerende plaat eene werking zou verzwakken, welke zij in haar geheel genomen, versterkt. RIESS verkreeg de navolgende uitkomsten na de inrigting zoodanig te hebben gewijzigd, dat daardoor de naauwkeurigheid werd bevorderd.

Metaalplaten van 52 lijn doorsnede.

Afstand 18 lijn.

Tusschenplaat.	Inductie.
A. Lak (48½ lijn middellijn, 1¼ lijn dik.)	vermeerderd.
a. Lak (15 bij 3.)	„
b. Paraffine (54 bij 5¾.)	„
B. „ (29½ bij 3½.)	„
b. „ (27½ bij 1⅓.)	„
C. c. Gutta-percha 2 proeven	„
Glimmer (Regth. 6 bij 4 dm. 0,05 lijn dik)	verminderd.
D. d. Glas. 2 proeven	vermeerderd.
d'. 1 proef	verminderd.

Het grootste deel dier proeven bevestigt dus de theorie van FARADAY aangaande de vermeerdering, doch de twee waargenomen verminderingen bewijzen, dat die vermeerdering geen eigenschap der isolatoren is; want bij stoffen,

even isolerend als glas en glimmer, werd vermeerdering waargenomen.

Maar oók bij tusschenplaatsing van geleiders, welke geisoleerd waren, werd zoowel vermeerdering als vermindering der inductie waargenomen, doch hierbij was het duidelijk, dat alleen de afmetingen van de tusschenplaat invloed uitoefenen, zoodat het noodzakelijk is op de twee hoeveelheden electriciteit, die op de tusschen geplaatste geleidende plaat worden te voorschijn geroepen, acht te geven. Die hoeveelheden zijn wel even groot, maar de positieve is nader bij de geinduceerde plaat dan de négatieve en daarenboven hangt de verdeeling dezer hoeveelheden over de zijden der platen, zoowel van de afmetingen en afstand der beide platen als van de vorm en de grootte der tusschengevoegde plaat af Hij verkreeg namelijk het volgende:

Tusschenplaten.	Inductie.
Bladtin ($18\frac{1}{6}$ bij 0,03 lijn)	vermeerderd.
Geel koper ($7\frac{19}{12}$ bij $2\frac{11}{24}$)	„
Zilver ($18\frac{1}{6}$ bij 1 $\frac{5}{12}$)	„
Koper (47 bij $\frac{3}{8}$)	verminderd.

Eene verandering der afmetingen van de tusschenplaat kan hare werking op de geinduceerde plaat door twee verschillende oorzaken wijzigen:

1°. verandert daardoor de hoeveelheid electriciteit en hare verdeeling over het oppervlak; en

2°. verandert zij den afstand waarop de hoeveelheden, in de tusschenplaat geinduceerde, electriciteit zich van de geinduceerde plaat bevinden.

Nu kunnen die hoeveelheden en hare onderlinge afstand zoodanig zijn, dat de invloed der gelijktijdige werking onmerkbaar wordt, maar het kan evenzeer plaats hebben, dat die invloed de werking der oorspronkelijk geladen plaat versterkt of verzwakt. De vraag, welke wijziging der hoeveelheid geinduceerde electriciteit door de tusschenvoeging van een geleidende geisoleerde plaat zal worden veroorzaakt, is dus volkomen onbepaald. Is die plaat echter met de aarde in verbinding, dan is er op diezelfde vraag wel antwoord te geven, maar dan ontstaat er een groot verschil tusschen de werking van geleidende en niet-geleidende platen, welke alle vergelijking der uitkomsten in beide gevallen verbiedt, omdat natuurlijk, bij geleiders met de aarde verbonden, de invloed der afgestootene hoeveelheid positieve electriciteit, tegelijk met het afvloeijen van die hoeveelheid, verdwijnt. Ten einde deze zaak nog verder na te gaan maakte RIESS ook van bollen gebruik in plaats van de geleidende platen aan te wenden, en zoo als uit de nu volgende tabel, vergeleken met de voorgaande, blijken zal, kwam hij tot het resultaat dat dezelfde isolerende middenstoffen bij platen de hoeveelheid geinduceerde electriciteit vermeerderen en bij bollen verminderen kunnen.

Tusschenplaat.	Inductie van den neutralen bol.
Lak A.	verminderd.
„ *a.*	vermeerderd.
Paraffine B.	„
„ *b.*	„
Guttapercha C.	verminderd.
„ *c.*	vermeerderd.
Glas D.	„
„ *d.*	verminderd.

Teregt besluit RIESS hieruit dat de invloed der isolerende tusschenplaten zoowel van de vorm en de afmetingen der gebezigde platen als van die der geleiders, bij de proef gebezigd, afhangt. Geleidende platen welke geisoleerd waren, maakten de inductie van den neutralen bol zoowel grooter als kleiner, want het gevolg was:

Tusschenplaat.		Inductie.
Geel koper	($7\frac{19}{24}$, $2\frac{11}{12}$ lijn)	vermeerderd.
„ „	(„ $\frac{5}{12}$ „)	verminderd.
Zilver	($18\frac{1}{6}$, $1\frac{5}{12}$ „)	vermeerderd.
Bladtin	($18\frac{1}{6}$, 0,03 „)	verminderd.
Koper	(47, $\frac{3}{8}$ „)	„

Hier valt aan de werkingen der hoeveelheden electriciteit op de tusschenplaat niet te twijfelen. Ten einde na te gaan hoe die hoeveelheden electriciteit op de tusschenplaat verdeeld waren werd de plaat alleen tegenover den inducerenden bol geplaatst en toen op verschillende punten van het oppervlak aangeraakt en aangaande den aard van de daardoor weggenomen electriciteit de electroscoop geraadpleegd. Is die verdeeling in vele punten nagegaan, dan kan het gevolg op de inductie daaruit in vele gevallen zeer goed worden afgeleid en is in ieder geval daaruit te verklaren. Over het algemeen veroorzaken dunne breede platen eene schijnbare verzwakking, en dikke smalle eene schijnbare versterking, wanneer men van bollen gebruik maakt. Dit is alleen een gevolg van de wijze waarop de geinduceerde hoeveelheden electriciteit over de platen verdeeld zijn en men mag wel besluiten, dat dit bij isolerende tusschenplaten hetzelfde

geval is. Dan moet echter het invoegen *tusschen* de platen geen noodzakelijk vereischte zijn en zal het in de nabijheid of ter zijde plaatsen gelijke gevolgen hebben, en dit was ook het geval, want dan werd eene verminderde inductie waargenomen en hieraan hecht zich het bovenvermelde aangaande de vermindering op het oogenblik, dat de tusschenplaatsing begon, vast. Gaat men de plaatsen na, waar de electriciteit zich onder die omstandigheden zal bevinden, dan is dit ook gemakkelijk te verklaren.

FARADAY (*) schrijft dit echter aan de groote inductieve capaciteit van het schellak toe, en zegt, dat die eigenschap eene zekere mate van geleiding vervangt wegens de wijziging in de krachtlijnen daardoor veroorzaakt; hij zou dit dan echter altijd moeten toepassen, omdat RIESS die vermindering in alle gevallen waarnam.

Eenige proefnemingen, door mij aangaande die zaak gedaan, gaven steeds eene vermeerdering der inductie bij aanwending van lakplaten die aan wit zijden draden opgehangen waren; een van deze was klein en vrij dik, de andere grooter en dun; de proef werd als die van RIESS ingerigt en hoewel de derde plaat ook aanwezig was werd toch maar van één der beide uitersten de vermeerdering of vermindering der inductie door middel van een electroscoop van Bohnenberger bepaald.

De middelste plaat was négatief geladen en de geinduceerde dus na aanraking positief. De tusschenvoeging der harsplaat deed het goudblaadje zich naar den positieven pool bewegen zoodat er meer négatieve vrij was gekomen

(*) P. A. 97 S. 427.

en meer positieve gebonden. Het gevolg was dus geheel hetzelfde als wanneer er boven den electroscoop een gewreven pijp lak bewogen werd. Hierbij merkte ik echter op, dat, bij voortdurend tusschenbrengen en verwijderen van de lakplaat de beweging van het goudblaadje langzaam vermeerderde hetgeen daaraan is toe te schrijven dat de plaat door wrijving tegen de luchtdeelen, hoewel zwak, dan toch eenigzints met négatieve electriciteit werd geladen. De inrigting werd nu zoodanig veranderd dat de lakplaat haren stand behield en de metaalplaten bewogen werden, dan bleef het verschijnsel, behalve die toename der uitwijking van het goudblaadje, geheel hetzelfde.

FARADAY (*) heeft bezwaren tegen het door RIESS aangevoerde, in het midden gebragt: allereerst tegen de voorstelling zijner theorie. RIESS beweerde, dat de inductie volgens FARADAY niet anders dan eene werking van aan elkander grenzende deeltjes was, doch FARADAY zegt dit alleen aan te nemen, in geval dat er stofdeelen in de ruimte, door welke de inductie geschiedt, voorhanden zijn. Daarenboven liggen de moleculen niet terstond tegen elkander aan, want dan zou, even als bij metalen terstond eene vereeniging der ongelijknamige electriciteiten plaats hebben en FARADAY neemt dan ook aan dat de werking zich wel door eene ledige ruimte zoo groot als de afstand der moleculen voortplanten kan; hij gaat echter nog verder en zegt, dat wanneer er zich eene grootere ledige ruimte tusschen twee deeltjes bevond, niets verhinderen zou dat er toch werking tusschen deze plaats had. Gesteld een positief-electrisch deeltje kon zich

(*) P. A. 97 S. 415—441.

bevinden in het midden van een geheel ledige ruimte van één duim, dan kan dit deeltje toch op alle deeltjes, die dit vacuum begrenzen, werken met eene kracht omgekeerd evenredig aan het vierkant van den afstand.

FARADAY'S gevoelen aangaande de werking eener tusschengevoegde geleidende plaat, is door RIESS ook onjuist voorgesteld. RIESS beweerde: (*) Door tusschenvoeging van eene geleidende plaat zou de lading der geinduceerde verminderd worden, omdat nu de inductie in plaats van in regte lijnen door de luchtmassa heen in kromme lijnen, om den rand der tusschenplaat, moet plaats hebben. FARADAY deelt echter mede dat, naar zijn gevoelen, integendeel door die tusschenplaatsing meer krachtlijnen door de ruimte, welke de plaat inneemt, zullen gaan dan anders en die plaat de inductie dus versterken zal, hoewel de grootte en vorm der platen en de onderling afstanden en nog andere omstandigheden daarop grooten invloed uitoefenen, zooals door RIESS duidelijk is gemaakt. FARADAY heeft dit geval aangehaald en vermeld als een waarin kromlijnige inductie mogelijk is en niet als bewijs dat die steeds plaats hebben zou. FARADAY verklaart echter niet, hoe het komt dat er in sommige gevallen toch vermindering waargenomen is en die bijkomende omstandigheden zullen het resultaat toch wel niet geheel kunnen omkeeren.

De plaats welken de isolerende plaat tusschen de geleidende plaat en den electroscoop inneemt, schijnt ook invloed op het verschijnsel en de sterkte daarvan te hebben, hetgeen niet te verwonderen is. Dienaangaande vermeldt KNOCHENHAUER (†) dat het hem mogelijk geweest is, door eene

(*) P. A. Bd. 92 S. 340.
(†) P. A. Bd. 51 S. 226.

beweging der lakplaat het goudblaadje eene regelmatige schommelende beweging te doen verkrijgen; het is echter veel eenvoudiger dit verschijnsel te verklaren, door op te merken dat eene zoodanige beweging zoowel de hoeveelheden electriciteit op de tusschenplaat als de verdeeling op het oppervlak van deze wijzigen zal, hetgeen natuurlijk niet zonder invloed op het verschijnsel wezen kan.

Hoewel nu vele bijzondere omstandigheden eene wijziging van het verschijnsel kunnen veroorzaken, schijnt het mij toch noodig te zijn, om aan de stof eene specifieke inductie toe te schrijven omdat even als de stand en afmetingen der tusschenplaat en ook de aard der ligchamen, tusschen welke zij ingebragt wordt, daarop, blijkens de proeven van RIESS, grooten invloed uitoefenen, het als zeker moet worden beschouwd, dat onder overigens gelijke omstandigheden, de scheiding der electriciteit in platen van verschillend isolerend vermogen niet even sterk zijn zal; de werking van deze hoeveelheden, zal dus met eene verwisseling der isolerende platen ook veranderen. Omdat nu de soort van isolerend medium hierop invloed heeft kan men van eene specifieke inductie spreken; een hoofdinvloed bij de statische inductie is deze echter niet, omdat andere omstandigheden het resultaat kunnen omkeeren. Het is het eenvoudigste (ofschoon aan ieder geval nog zeer ingewikkeld wordt) de verklaring te zoeken in de gelijktijdige werkingen van drie hoeveelheden electriciteit op eenig neutraal ligchaam en in de wijze waarop de electriciteit over het tusschengeplaatste ligchaam zal verspreid zijn. Het isolerend ligchaam zelf oefent door zijne zamenstelling en aard zoowel op de grootte dier hoeveelheden als op de verspreiding grooten invloed uit.

Wat nu FARADAY'S onderstelling betreft dat de deeltjes van alle, aan electrieke werkingen onderworpen, ligchamen polair zouden gerigt zijn, deze kan zoo als wij nu zullen aantoonen niet met grond worden tegengesproken. Letten wij weder eerst op de proefnemingen van FARADAY zelven (*). Hij had gezuiverde terpentijnolie in een glazen bakje gedaan door welks wanden twee in punten eindigende metalen staven heengingen. Op de vloeistof werden stukjes zijde geworpen en zoodra nu tusschen de metalen punten (van welke de eene met eene electriseer-machine de andere met de aarde in verbinding was), eene ontlading plaats greep, veranderden die stukjes zijde van plaats en begaven zich in de rigting der lijn die de metalen punten vereenigde en bleven, zoolang er ontlading plaats had, in dien toestand verkeeren, terwijl er eenige kracht moest aangewend worden om ze te scheiden. Hield de ontlading op, dan verlieten de deeltjes zijde hunne plaats, en de aldus gevormde keten verviel. FARADAY vergelijkt het met den stand der ijzerdeeltjes tusschen een hoefmagneet.

De Chemische theorie der galvanische stroomen en de electrolyse, zoo gemakkelijk door die polariteit der deelen te verklaren, leveren juist door die eenvoudige verklaring eene groote waarschijnlijk op voor dit gedeelte van FARADAY'S theorie.

In de Annales de Chimie et de Physique Tomes 27 et 28 heeft MATTEUCCI eene zeer uitgebreide verhandeling over de voortplanting der electriciteit in isolerende vaste en gasvormige ligchamen geplaatst. Wat de vaste ligchamen

(*) Exp. Res. T. I. pag. 429.

betreft, observeerde hij dat zeer kleine cilinders van stearinezuur, zwavel en lak die 8 á 10 millimeters lang en 2 millimeters dik waren, opgehangen aan een cocondraad onder een klok, wanneer zij geheel vrij van electriciteit zijn, bij de toenadering van een gewreven pijp glas of lak beginnen te schommelen en eindelijk in rust komende zich gedragen als een magnetisch ligchaam tegenover een magneet. Hierbij waren de uiteinden ongelijkmatig electrisch en wel zoo dat het naar den geladen staaf toegekeerde einde met dezen ongelijknamig was. Wordt het lak of glas verwijderd dan verdwijnt in den isolerenden cilinder alle aanwijzing van electriciteit. Deze proef bewijst dus dat de eerste evenwigtstoestand opgewekt in een isolerend ligchaam, door een ander dat geëlectriseerd is, bestaat in de scheiding der electrische vloeistoffen in ieder deeltje, welke scheiding in één enkel oogenblik plaats heeft en ophoudt even als bij geleiders; wij zullen echter straks zien dat deze proef eenigzints anders moet worden verklaard tengevolge der onderzoekingen van KOHLRAUSCH. Het verschil van isolerende en geleidende ligchamen bestaat, volgens MATTEUCCI, in de meerdere of mindere gemakkelijkheid waarmede de moleculaire electrische toestanden worden gewijzigd, hetgeen een verschil veroorzaakt in de opgewekte hoeveelheid electriciteit, welke hoeveelheid van het geleidend vermogen afhankelijk is.

MATTEUCCI's waarnemingen aangaande de verhouding der gasvormige ligchamen tegenover de electriciteit hebben alle het verlies in de lucht van een geladen ligchaam ten doel; uit die waarnemingen heeft hij negen verschillende gevolgen afgeleid al naarmate van de omstandigheden waaronder de proeven plaats hadden. Een dezer is dat het verlies aan

electriciteit in bewogen lucht grooter is dan in lucht die zich in rust bevindt. Dit kan verklaard worden door op te merken dat er een zekere tijd noodig is, opdat de eerst door het geladen ligchaam aangetrokken luchtdeeltjes weder hierdoor afgestooten worden en dat de hiertoe noodige kracht door de beweging der omgevende lucht welligt wordt vermeerderd. Overigens hebben de omringende ligchamen een merkbaren invloed op het verlies aan electriciteit, wanneer zij namelijk geladen zijn; gelijknamig geladenen verminderen dit verlies, ongelijknamig geladenen vermeerderen het. In het tweede geval werken beide hoeveelheden electriciteit om de luchtdeeltjes van het eerste ligchaam te verwijderen en dus in denzelfden zin; in het eerste geval werken zij elkander tegen. „Het is," zegt MATTEUCCI, (*) niet moeijelijk door proeven te bewijzen dat de electriciteit zich in een isolerend medium voortplant." Op de overtuigendste wijze blijkt dit bij de aanwending van die isolerende stoffen tot vervaardiging van een condensator; na ontlading der beide bekleedsels neemt men, als de condensator eenige oogenblikken geladen is geweest, een residuum of nablijvende lading waar, en hij schrijft dit aan het indringen der electriciteit in de isolerende plaat toe.

De reden waarom MATTEUCCI dit indringen der electriciteit aanneemt, is uit de volgende proeven duidelijk. Een cubus van spermaceti, die aan beide zijden geleidend bekleed en dus tot een condensator gemaakt was, werd geladen. Na de ontlading werden de metaalplaten verwijderd en toen door middel van een glazen plaatje insnijdingen in den cubus

(*) Ann. de Ch. et de Ph. Tom. 27 Pag. 145.

gemaakt. Tot eene zekere diepte waren de oppervlakken van alle die insnijdingen positief, wanneer zij aan de zijde van de electriseermachine genomen waren, in het andere deel van den cubus négatief.

Van eenige micaplaatjes werd een condensator gemaakt door ze op elkander te plaatsen en dan aan beide zijden metaalplaten te brengen. Nadat het eene bekleedsel met de electricermachine in verband was geweest en het andere met de aarde, werd de condensator ontladen, en nu bleek het, dat de micaplaatjes van de eene zijde overal positief en van de andere overal négatief electrisch waren.

Aan eene meerdere of mindere mate van geleiding schijnt men hier echter niet te mogen denken, omdat dan de electriciteiten even goed verder konden doordringen en dit zelfs, hoe meer zij elkander naderen, wegens de dan grootere aantrekking sterzou moeten zijn, tot dat eene verbinding tot neutrale vloeistof volgt Daarenboven zou die geleiding het verschijnsel, dat bij te sterke lading de electriciteiten zich door het glas heen kunnen vereenigen, waarbij dit dan doorboord wordt, niet verklaren.

KOHLRAUSCH (*) heeft met grooten zorg de bestaande theorie van het residuum, bepaaldelijk bij de Leidsche flesch, nagegaan en vele proeven hieromtrent gedaan.

Daarbij gaat hij uit van het bekende verschijnsel, dat eene door verbinding der beide bekleedsel ontladen Leidsche flesch, na eenigen tijd weder eene meer of minder belangrijke lading vertoont. Daaruit volgt, dat een deel van de eerst medegedeelde hoeveelheid electriciteit zich onder zoodanige omstandigheden bevindt, dat zij slechts zwak of volstrekt niet

(*) Pogg. Annalen. Bd. 91 S. 56 en 197.

meer op de spanning aan den knop invloed uitoefenen kan. De spanning neemt dan ook veel meer af, dan aan het verlies door de lucht kan toegeschreven worden.

Heeft eene Leidsche flesch eenigen tijd geladen gestaan en wordt deze lading nu merkbaar verminderd, zoodat de spanning sprongsgewijze verandert, dan neemt men waar, dat de overblijvende lading, al naar mate van de omstandigheden eerst langzaam zinkt of na vooraf eenigen tijd even sterk te zijn gebleven begint af te nemen, maar in de meeste gevallen eerst stijgt, dan op dezelfde hoogte blijft en daarna weder vermindert. De hoeveelheid electriciteit aan eene Leidsche flesch medegedeeld moet dus in twee deelen, de beschikbare lading en het residuum, worden gescheiden; dit laatste deel splitst KOHLRAUSCH weder in twee anderen: verborgen en weder te voorschijn komende residuum. Daarna toest hij de soms gemaakte veronderstellingen, dat de onbekleede rand van de flesch of ook wel de stof waarmede het bladtin op het glas is bevestigd, de oorzaken van dit verlies zouden zijn, aan de proef en beantwoordt die onderstellingen ontkennend. Hierbij merkt KOHLRAUSCH op, dat het verschil niet zoo zeer in de breedte, dan wel in den omtrek van het onbekleede gedeelte zou te zoeken zijn, omdat men zou kunnen aannemen, dat de ruimte over welke de electriciteit zich verplaatsen kan, in alle gevallen slechts gering is. Dit aannemende zou echter, wanneer de bekleeding even groot blijft, maar de rand in omtrek verminderd, eene vermindering van het residuum daarvan het noodzakelijk gevolg moeten zijn en dit is het geval niet. Wat het tweede betreft zegt W. VON BEZOLD (*)

(*) Pogg. Annalen Bd. 114. S. 404. folgg.

dat dit niet in alle gevallen kan aangenomen worden en vooral niet wanneer de electriciteit werkelijk als in het glas indringend wordt aangenomen. Is dat bindmiddel geleidend dan wordt de isolator dunner en is het meer isolerend dan de stof tusschen de platen, dan moet het dat indringen vertragen. Over het algemeen hebben, volgens dezen, tusschengevoegde lagen grooten invloed. Zijne proeven beslisten niet of de grootte van het residuum alleen van de dikte van het glas afhangt en het is waarschijnlijk, dat de soort van het glas er mede invloed op zal hebben.

Gewoonlijk verklaart men dit residuum aldus: de afstooting tusschen de deeltjes derzelfde soort van electriciteit, verbonden met de aantrekking van die der andere soort zal een deel der electriciteit in het glas doen dringen; een deel hiervan is dan verhinderd aan de ontlading deel te nemen en komt eerst later, omdat dan de krachten geheel anders geworden zijn, te voorschijn.

Een naauwgezet onderzoek bragt KOHLRAUSCH er toe die hypothese te verwerpen. Wordt toch het verschijnsel op de opgegevene wijze verklaard, dan zou de werking der electriciteit, die na de ontlading in het glas overblijft, op ieder punt van het geisoleerde binnenbekleedsel nul moeten zijn. Was dit namelijk het geval niet, dan zou men moeten aannemen, dat er zich onder het positieve bekleedsel eene laag négatieve electriciteit bevond en dat op die wijze alle werking opgeheven werd. Het is echter duidelijk dat men, onder die omstandigheden, als residuum alleen het verschil van die beide hoeveeheden positieve en négatieve electriciteit waarnemen zou, hetgeen met de ondervinding strijdt.

Beschouwt men nu eene Franklinsche plaat, die op hare

geheel gelijke zijde, geheel gelijk, doch tegengesteld geladen was, dan zouden de in het glas gedrongene hoeveelheden, wat grootte en verspreiding betreft, ook geheel gelijk moeten wezen. Hier zou nu die aantrekking stellig niet nul zijn en toch wordt er een residuum waargenomen.

Daarbij komt nog dat het residuum zou moeten toenemen, in het geval dat dit aan indringen wordt toegeschreven, hoe langer de Leidsche flesch geladen staan blijft, en dit is het geval niet.

Nu zijn vier andere gevallen denkbaar:

1°. Onder het oppervlak ontstaat aan de eene zijde eene laag positieve aan de andere zijde een laag négatieve electriciteit.

2°. eene reeks van zoodanige afwisselende lagen is evenwijdig achter elkander geplaatst.

3°. Bij alle deeltjes vindt de scheiding der neutrale vloeistof in dezelfde rigting plaats, zonder dat de electriciteit van het eene deeltje op het andere overgaan kan. Als nu die werking na het ophouden der kracht bleef voortduren, zou een zoodanige isolator werking op een punt daar buiten uitoefenen.

4° Kan de electriciteit reeds van nature in ieder deeltje van het glas gescheiden zijn, maar in gewonen toestand evenmin werken als de moleculaire stroomen in week ijzer dit tot magneet maken. Worden nu door eenige oorzaak alle deeltjes in denzelfden zin gedraaid, dan is de som van alle afstanden der positief electrische deeltjes tot eenig vlak anders dan de som van alle afstanden der négatief geladen deeltjes. Deze laatste onderstelling voldoet het meeste; daarbij is dan het niet-oogenblikkelijk bereikt worden van het

maximum een eenvoudig gevolg van den weerstand door de deeltjes aan die beweging geboden. Het verschijnsel heeft dan groote overeenkomst met de elastische Nachwirkung door W. WEBER bij zijden draden gevonden en welke eigenschap stellig ook aan het glas eigen is.

Hiertegen heeft W. VON BEZOLD (*) bezwaren in het midden gebragt. Het eerste van deze geldt de scherpe afscheiding van geleiders en isolatoren door KOHLRAUSCH aangenomen, terwijl ook hier allerlei tusschengraden voorkomen, zoodat sommige glazen zelfs, wegens hun geleidend vermogen, niet tot het zamenstellen van een condensator kunnen worden aangewend.

Ten einde de nieuwe theorie van KOHLRAUSCH na te gaan, heeft VON BEZOLD bepaald, welke krachten op een punt binnen de geladen bekleedsels werken en omgekeerd de werkingen beschouwd welke hoeveelheden electriciteit in die punten opgewekt, zoude uitoefenen op de electriciteit, welke op de bekleedsels verspreid is.

Uit het proefondervindelijk gedeelte scheen te blijken dat, zoowel het bevestigingsmiddel tusschen den geleider en het glas als tusschengevoegde lagen invloed op die werkingen uitoefenen eene bevochtiging der oppervlakken met water geeft eene snellere, droogte der oppervlakken eene langzame vermindering.

Volgens VON BEZOLD laten deze bijzonderheden zich uit de theorie van KOHLRAUSCH volstrekt niet verklaren, maar wel door het indringen in den isolator aan te nemen.

Is echter de electriciteit eens door den laag heengedron-

(*) Pogg. Annalen 114. S. 404.

gen, dan zal de verdere invloed niet groot kunnen zijn, evenmin als in het geval, dat er voor de draaijing of polarisatie van de deelen der tusschenplaat of laag, meerdere of mindere kracht noodig was; het verschijnsel zal er dan verder niet door veranderd worden.

Evenzeer als tusschengevoegde lagen hebben omringende lagen invloed op de inductie en op de lading van een geleider.

MATTEUCCI heeft daaromtrent in de Annales de Ch. et Ph. Tome 57 eene nieuwe mededeeling gedaan, met gedeeltelijke verwijzing naar die in het 27ste en 28ste. Heeft men een altijd even sterk geladen geleiden, dan is de hoeveelheid electriciteit, welke een andere geleider van dezen overneemt, veel grooter, als de laatste met zwavel omgeven is dan wanneer de lucht aan alle zijden den geleider raakt; omgekeerd stoot een met zwavel omgeven geleider minder electriciteit af.

Het isolerend vermogen hangt af van den graad van polarisatie, zoodat als deze geringer is, de stof beter isoleert.

MATTEUCCI besluit uit die proeven, dat aan die eigenschap, dat een met zwavel omringende geleider meer electriciteit opneemt dan een andere, ook de werking van de isolerende tusschenplaat bij den condensator en van het glas bij de Leidsche flesch moet worden toegeschreven.

Uit al hetgeen in dit proefschrift is vermeld, komt het mij voor, dat het volgende besluit is af te leiden:

De theorie van FARADAY kan niet in plaats van die der werking op afstand maar wel naast deze worden aangenomen, in zooverre dat, zonder tusschen geplaatste stofdeelen de inductie wel geschiedt, doch dat de aanwezigheid van die

stofdeelen, door die scheiding hunner neutrale vloeistof, invloed op het verschijnsel heeft.

Worden nu verschillende isolatoren aangewend, dan zullen de hoeveelheden electriciteit die, op deze door de inductie opgewekt worden, van de eene stof tot de andere verschillen en dus eene *specifieke inductie* geven.

De verspreiding over en in het isolerend ligchaam kan op vele wijzen invloed op de inducerende werking uitoefenen. Hierbij schijnt het echter voornamelijk van het oppervlak af te hangen omdat KNOCHENHAUER (*) en MATTEUCCI (†) die even groot bij massieve en holle isolatoren vonden of ook bij isolatoren welker kern uit andere stoffen bestond; dit had echter alleen plaats bij eenigzins groote afmetingen der isolatoren.

(*) Pogg. Annalen. Bd. 51. S. 129.

(†) Ann. de Ch. et de Ph. T. 27, p. 166.

STELLINGEN.

I.

Er bestaat geen gebonden Electriciteit.

II.

Ten onregte beweeren BIOT (Traité de Physique Math. et Exp. Tome II pg. 325) en MÜLLER (Physik Bd. II. S. 134) dat het electrisch reactierad geheel analoog is met het waterrad van Segner.

III.

Er bestaat geen absoluut nulpunt van warmte en de bepaling daarvan uit de vermindering in volumen is zeer gewaagd.

IV.

Het is waarschijnlijk dat de maan invloed heeft op het weder.

V.

De hoek tusschen twee lijnen mag niet anders bepaald worden dan als het verschil in rigting.

VI.

Teregt zegt Prof. LOBATTO over de differentialen: Mij althans is eene verhouding tusschen grootheden, die opgehouden hebben te bestaan, steeds als wiskundige onzin voorgekomen, daargelaten nog de moeijelijkheid waarin men alsdan vervalt bij het onderscheiden der differentialen van veranderlijke en van standvastige grootheden.

(*Differentiaal Rekening I* Voorrede).

VII.

Teregt ontkent BIRNBAUM (Grûndzüge der Astronomischen Geographie) de kracht van vele gewoonlijk aangevoerde gronden voor de bolvormige gedaante der Aarde.

VIII.

„The philosopher's stone is no more to be found in the „organic than in the inorganic world; and we shall seek as „vainly to transform the lower animal types into the higher

„ones by any of our theories as did the alchimists of old to „change the baser metals into gold."

AGASSIZ.
(Methods of study in Natural History.)

IX.

Het is onjuist eene afzonderlijke orde der Solidungula aan te nemen.

X.

Teregt worden door VAN HALL, LE MAOUT en anderen de ranken van den wijnstok niet als de vervormde hoofdas der plant, maar als vervormde bloemstelen beschouwd.

XI.

Ten onregte zegt SEUBERT (Plantenkunde, vertaald door OUDEMANS pg. 271): „Licht behoeven de zwammen daarentegen bijna volstrekt niet omdat zij geen bladgroen vormen."

XII.

Een scheikundig ligchaam is bij verschillende temperaturen verschillend.

XIII.

De gistcellen zijn niet de oorzaak maar het gevolg der gisting.

XIV.

Er bestaan meer dan twee allotropische zuurstoffen.

XV.

Wat in theorie waar is, kan niet blijken in de praktijk onwaar te zijn.
