

*Acad. Ph. Traject.  
nomine situae*

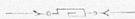
HISTORISCH KRITISCHE BESCHOUWING

VAN DE

ABSORPTIE DER WARMTE DOOR WATERDAMP,

DOOR

C. H. BOON.



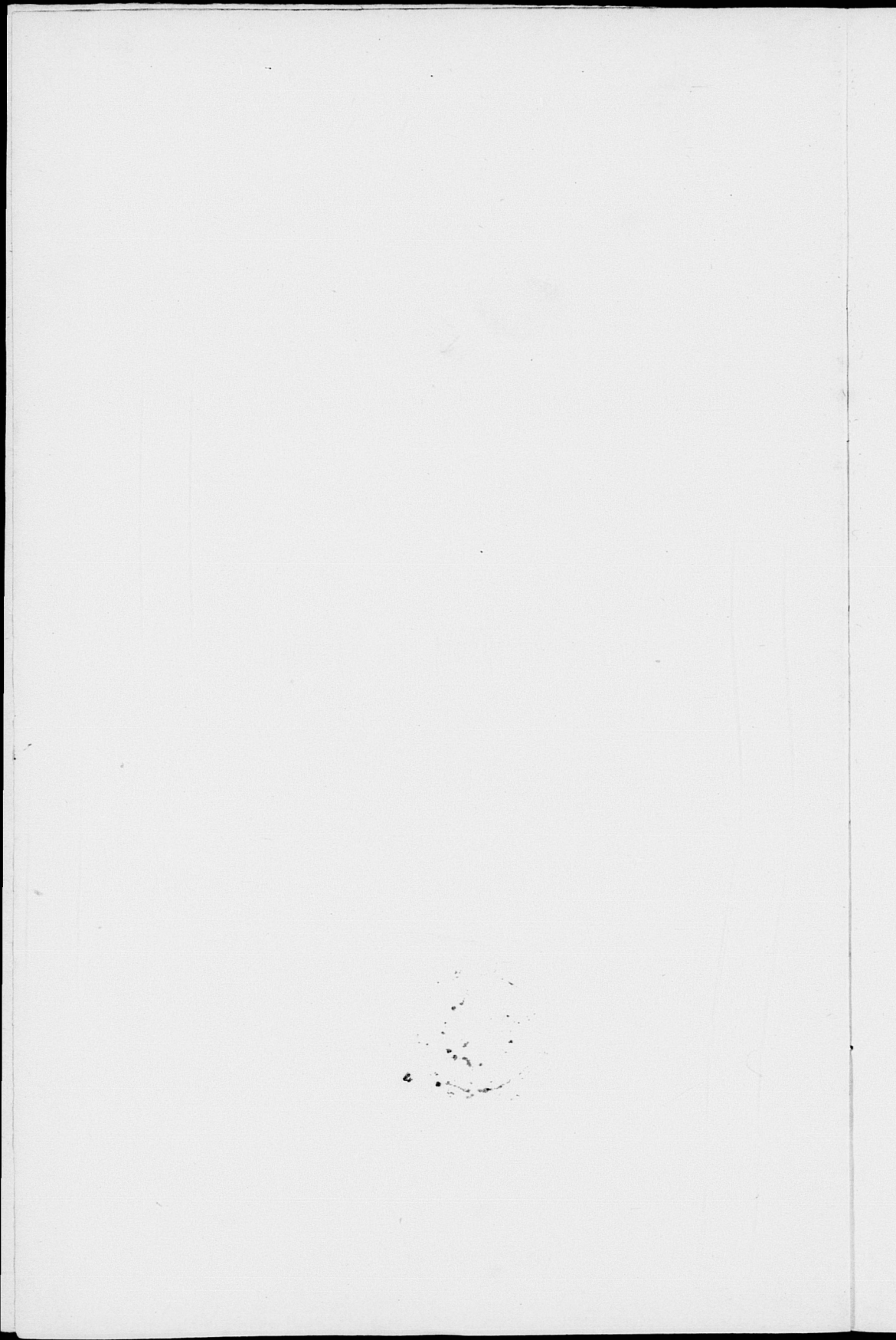
GRONINGEN — 1877. — J. B. HUBER.

Q. oct.

1173

*Q. Phys.*  
*g<sup>o</sup> 1173*

ABSORPTIE DER WARMTE DOOR WATERDAMP.



HISTORISCH KRITISCHE BESCHOUWING

VAN DE

ABSORPTIE DER WARMTE DOOR WATERDAMP,

DOOR

C. H. BOON.

*Doctorandus in de Wis- en Natuurkunde,  
Docent aan het Gymnasium te Utrecht,  
Overleden 16 Jan. 1877.*



GRONINGEN — 1877. — J. B. HUBER.

HISTORICAL SOCIETY OF MASSACHUSETTS

ADDRESS OF THE HONORABLE JOHN W. BARKER

C. F. BOON



Wanneer een lichaam, van welken aard ook, verwarmd wordt, m. a. w. wanneer de bewegingen der moleculen van eenig lichaam vermeerderd worden, zal dit op zijne beurt in staat zijn deze warmte wederom af te geven, in staat zijn zijne bewegingen over te brengen op de moleculen van andere lichamen, die eene geringere beweging bezitten. Bevond het lichaam zich geheel afgezonderd, indien het mogelijk ware in eene volkomen luchtledige ruimte, dan zoude alleen de overal aanwezige, en derhalve ook in deze ruimte zich bevindende, ether in eene grootere trillende beweging geraken, en hierdoor de warmte van het lichaam op andere overgebracht worden; wij zouden hier eene overbrenging der warmte hebben door straling.

Bevindt het lichaam zich evenwel niet in eene luchtledige ruimte, maar is het overal omgeven door lucht of eenig ander gas of door eenen damp, dan kan zijne warmte op verschillende wijzen overgebracht worden op andere lichamen, door strooming, geleiding of straling. Met de laatste hebben wij ons hier alleen bezig te houden. Hierbij valt evenwel na te gaan, of de bewegingen van de ether-moleculen zich aan die van den damp of het gas mededeelen of niet. In het

eerste geval zegt men, dat de warmte geabsorbeerd, in het laatste, dat ze doorgelaten wordt.

Deze voortplanting der warmte door straling, of deze stralende warmte heeft vooral in de laatste jaren de aandacht der geleerden getrokken. Reeds vroeger hadden Melloni en anderen de werking der vaste en vloeibare lichamen op de stralende warmte nagegaan; nu waren het evenwel de gassen en dampen, die ten haren opzichte aan een nauwkeurig onderzoek werden onderworpen. Men verlangde te weten, of zij de stralende warmte doorlieten of haar absorbeerden, en in het laatste geval, hoe groot dit absorptievermogen was.

Wij vinden hieromtrent vooral door Dr. Tyndall, Professor of natural philosophy in the Royal Institution, vele proeven genomen. Hij was hiertoe opgewekt door de onderzoekingen van de Saussure, Fourier, Pouillet en Hopkins „on the transmission of solar and terrestrial heat through the earth's atmosphere.” Omstreeks tegelijk met hem, in 1859 en 1860, werd ook de aandacht van Prof. Magnus te Berlijn gevestigd op de werking der gassen en dampen op de warmte. Zijn punt van onderzoek was voornamelijk, hun geleidingsvermogen der warmte na te gaan. Ten einde hierover tot eene goede uitkomst te geraken, moest hij den invloed der warmte door strooming en straling opheffen of berekenen. Den invloed door strooming hief hij op door de inrichting van zijnen toestel, dien door straling bepaalde hij proefondervindelijk.

Zoo treffen wij twee, op het punt van proefneming, ervaren mannen aan, die zich bezig hielden met hetzelfde onderwerp, zonder dat de een iets van den ander wist. Dit blijkt ten duidelijkste uit de correspondentie, die zij hierover gevoerd hebben, opgeteekend in het werk van Tyndall „Contributions on molecular physics”, pag. 60 en 61, alsmede uit het verschil, dat wij in hunne toestellen aantreffen. Natuurlijk was het, dat toen beide geleerden van elkanders arbeid hoorden, zij de reeds verkregene resultaten wenschten



te vergelijken. In het algemeen kwamen deze vrij goed overeen, alleen omtrent de absorptie van droge en met waterdamp verzadigde lucht waren ze verschillend. Tyndall had gevonden <sup>1)</sup>, „dat bij 15° C. het absorptievermogen der vochtige lucht 15, ja 40 en meermalen nog dat der droge lucht overtrof,” terwijl Magnus tot het resultaat was gekomen, dat <sup>2)</sup> „bij 16° C. de in de lucht aanwezige waterdamp geen merkbaaren invloed op de doorstraling uitoefenende.”

Het is dus niet te verwonderen, dat er niet alleen een groote ijver bij beide geleerden ontstond, om de reeds genomen proeven te herhalen, maar ook een strijd, om door het nemen van proeven elk zijne resultaten als de juiste te doen kennen.

Vóór hen waren omtrent dit punt slechts enkele waarnemingen gedaan door Melloni en Dr. Franz. Melloni had gevonden, dat op eenen afstand van 18 of 20 voet de absorptie van stralende warmte door lucht volkomen onmerkbaar was; Dr. Franz daarentegen, dat de lucht, bevat in eene buis van 3 voet lengte, 3.54 % absorbeerde van de warmte eener Argandsche lamp.

De waarnemingen nu omtrent het absorptievermogen van droge en met waterdamp verzadigde lucht gedaan door de H.H. Tyndall en Magnus, om zoo ieder zijne opinie te verdedigen en te bevestigen, wensch ik na te gaan; den strijd te volgen, die ontstaan is uit de tegenovergestelde resultaten door hen verkregen; en te beproeven, om door het „vóór en tegen” van verschillende zaken aan te geven en te wegen, tot de conclusie te komen, welke waarnemingen tot de meest nauwkeurige uitkomsten geleid hebben.

Weinige quaesties zijn zoo der aandacht waardig als deze, dewijl men door haar tot eene veel betere verklaring kan komen van verschillende meteorologische verschijnselen.

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics in the domain of radiant heat, pag. 411.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112, pag. 540.

Tyndall zegt zelf: <sup>1)</sup> „It is very important that the minds of meteorologists should be set at rest on this subject, that they should be able to apply, without misgiving, this newly revealed physical property of aqueous vapour; for it is certain to have numerous and important applications.” Evenzoo elders: <sup>2)</sup> „Ich hielt es für recht, jedem Einwurf entgegen zu treten, damit die Meteorologen ohne die geringste Sorge die Resultate der Versuche verwerthen könnten. Die Anwendungen dieser Resultate auf ihre Wissenschaft müssen unzählig sein.”

Ook nog Prof. Wild <sup>3)</sup>: „Die Entscheidung dieser Streitfrage hat aber offenbar ein bedeutendes Interesse für die Meteorologie.”

Bij het bestudeeren van alles wat aangaande dit punt door de HH. Tyndall en Magnus is gedaan, is het niet te ontkennen, dat de proeven van Tyndall het talrijkste zijn. We merken dan tevens op, dat beide geleerden een verschillend standpunt innamen, Magnus een opponeerend, Tyndall een defendeerend. Steeds zien we, dat Magnus het een en ander in de waarnemingen van Tyndall opmerkt en afkeurt, en dat deze laatste door zijnen toestel te wijzigen deze objecties krachteloos tracht te maken. Ook komt het duidelijk voor den dag, dat Tyndall zijne meening over dit onderwerp reeds lang had gevestigd vóór Magnus aan bepaalde proefnemingen begon.

Zoo maakt Magnus hem opmerkzaam, dat hij de absorbeerende werking der ammonia niet heeft nagegaan; „probably” zegt hij <sup>4)</sup>: „because it would have attacked your tube”, maar Tyndall antwoordt hem (zie pag. 62 van hetzelfde werk): „The fact however is that early in 1859 I had examined it and established its great absorptive

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 127.

<sup>2)</sup> Tyndall, Heat as a mode of motion. Deutsche autorisirte Ausgabe 1867, pag. 488.

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129, pag. 58.

<sup>4)</sup> Contributions, pag. 61.

power." Ter bevestiging haalt hij aan, dat het te lezen staat in de Bibliothèque universelle van Juli 1859.

Maakt Magnus hem opmerkzaam, dat de klipzoutplaten door hare hygroskopische eigenschap tot onjuiste uitkomsten aanleiding geven, Tyndall doet proeven zonder klipzoutplaten te gebruiken en komt tot hetzelfde resultaat. Ja, toen bij gelegenheid van eene Internationale tentoonstelling Magnus te Londen kwam, herhaalde Tyndall in zijne tegenwoordigheid de proeven, waarbij hij klipzoutplaten gebruikt, geeft Magnus zelf de klipzoutplaten in handen en deze zegt vol verwondering: „there is no moisture there” <sup>1)</sup>. Zoo vinden wij, gelijk wij later zullen zien, dat Tyndall, telkens als Magnus iets afkeurt, door de proef op eene andere wijze te herhalen of door aan te toonen, reeds vroeger hieromtrent onderzoekingen gedaan te hebben, zijn standpunt verdedigt en het terrein, dat hij bewerkt, geheel overziet en van alle oorzaken, waardoor fouten veroorzaakt kunnen worden, reeds op de hoogte is of zich onmiddellijk er van op de hoogte stelt.

Te verwachten was het, dat, toen in den winter van 1865/66 Prof. Wild te Bern de zaak volgens de beide methoden wilde onderzoeken, en zich dus op een geheel neutraal standpunt plaatste, de quaestie uitgemaakt zou worden en de strijd een einde nemen. Hij begint met zeer nauwkeurig proeven te nemen volgens de methode van Tyndall, doch hierdoor schijnt hij — hetgeen zeer te betreuren is — eene vooringenomenheid voor deze opgevat te hebben.

Hebben de proeven van Wild hierdoor niet uitgewerkt, wat ze hadden kunnen uitwerken, toch zijn zij zeer belangrijk.

Ook nog anderen hebben dit onderwerp nader onderzocht; onder hen Prof. Garibaldi te Genua, die zijne proeven en de daardoor verkregene resultaten heeft opgeteekend in een werk: „Le radiazioni nei loro rapporti col vapore d'acqua e altri corpi gassosi.” Ik kan hierbij de verzekering geven,

<sup>1)</sup> Contributions, pag. 124.

dat hij, volgens een schrijven aan mij, nog met onderzoekingen hieromtrent bezig is, die hij zeker zal bekend maken, evenals de vorige in de „Nuovo Cimento.”

In een der laatste nummers van Poggendorff's Annalen treffen we nog eene verhandeling aan over dit onderwerp van Dr. J. L. Hoorweg uit Utrecht, getiteld „Ueber die Diathermansie von feuchter Luft.”

Hierin vinden wij proefnemingen, overeenkomende met die van Tyndall, waarin niet alleen de klipzoutplaten, maar ook de proefbuis geheel zijn weggelaten, alleen met deze wijziging, dat de geheele toestel vrij staat en niet, zoo als bij Tyndall, overdekt is. Van zeer veel belang zijn ook, zooals wij later zien zullen, deze waarnemingen.

Een kort overzicht heb ik hier gegeven van het ontstaan en den voortgang der waarnemingen omtrent deze quaestie, zonder in eenige bijzonderheid te komen.

Gelijk ik reeds zeide, is het mijn doel, hierover nog verder uit te weiden en dieper in de zaak door te dringen, om zoo te trachten tot het resultaat te komen, welke proeven als de juiste moeten aangenomen worden, en welke uitkomsten daarvan het gevolg zijn.

Ik wil niet bepalen, hoe groot de absorptie is der warmte door den waterdamp, maar alleen nagaan, of de proeven volgens de methode van Tyndall dan wel volgens die van Magnus juist zijn en, is het eerste het geval, of dan de absorptie zoo groot is als door Tyndall wordt opgegeven of dat men meer de resultaten van Hoorweg als de ware moet beschouwen, dat namelijk de waterdamp slechts weinig de warmte absorbeert.

Dit is zeker, dat het voor de tegenwoordige natuurkundigen gemakkelijker is hieromtrent proeven te nemen, nu reeds zoo vele tegenwerpingen gemaakt en weggenomen of weerlegd zijn. Tyndall en Magnus hadden een nieuw veld te onderzoeken en hadden dus met de grootste bezwaren te kampen.

Waarnemingen omtrent dit onderwerp zal ik niet doen,

maar alleen eene historisch kritische beschouwing leveren, en wel op deze wijze. Eerst zal ik uitvoerig mededeelen de verschillende proefnemingen door Tyndall, Magnus, Wild, Garibaldi en Hoorweg gedaan; waarop ik in een tweede gedeelte de met de verschillende toestellen verkregen uitkomsten zal laten volgen. In het derde gedeelte hoop ik de proeven nauwkeurig nategaan, de objecties, die gemaakt zijn, optegeven, met de verdediging daarvan, om zoo te trachten tot een resultaat te komen.

---

# H O O F D S T U K I.

## BESCHRIJVING DER PROEVEN.

### Eerste proef van Magnus. <sup>1)</sup>

Op de plaat eener luchtpomp, die, gescheiden van deze, op eenen afzonderlijken voet kan geplaatst worden, was eene thermo-electrische zuil, door middel van eenen kurken ring, stevig bevestigd. Zij was van geel koper vervaardigd en had eene middellijn van 24 mM. en eene lengte van 118 mM. De zuil zelve was slechts 30 mM. lang en bestond uit 56 paar antimoon en bismuth staven; de beide cilindervormige buizen, aan de thermo-electrische zuil bevestigd, waren derhalve ieder 44 mM. lang. De draden van de zuil naar den galvanometer gingen behoorlijk geïsoleerd door de plaat. Over de zuil was een glazen vat FG, dat van onderen open was, luchtdicht op de plaat der luchtpomp bevestigd. Dit vat was 175 mM. hoog en had eene doorsnede van 100 mM. Bovenin bevonden zich twee openingen  $q$  en  $r$ , waarop twee buizen  $qq'$  en  $rr'$  geschroefd waren, elk 30 mM. hoog. Op de buis  $qq'$ , loodrecht boven de thermo-electrische zuil, werd een vat AB aangebracht, uit zeer dun glas bestaande, 56 mM. wijd en 160 mM. hoog. Hierop bevond zich een ander vat C, 100 mM. hoog, dat met den bodem op den top van het

<sup>1)</sup> Pogendorff, Ann. Bd. 112, pag. 514 en vervolgens.

vat AB was geplaatst. Het gesloten einde van dit vat was dus op dat van vat AB vastgemaakt en zijne opening derhalve naar boven gekeerd. Het vat AB had nog eene zijdelingsche opening D, waarin zich eene kurk bevond. Door deze kurk liep eene glazen buis, voorzien van eene kraan H, waardoor het vat AB kon gesloten of in verbinding gebracht worden, hetzij met eene luchtpomp om het luchtledig te maken, hetzij met de buitenlucht of met eene ruimte, waarin een te onderzoeken gas aanwezig was en waarmede het dus kon gevuld worden. In de buis  $rr'$  was eene stop, waardoor eene ronde koperen stang  $ab$  ging, aan welke stang in het vat FG een arm horizontaal was bevestigd. Aan dezen arm  $ac$  waren op eenen afstand van 3 cM twee ronde plaatjes  $cc$  en  $ee$  zoodanig vastgemaakt, dat zij zich juist boven elkander bevonden. Zij waren vervaardigd van vertind blik en hadden eene middellijn van 34 mM. Ze moesten als scherm dienen en konden, als de thermo-electrische zuil aan de werking der warmtestralen moest blootgesteld worden, gemakkelijk worden weggenomen. Hiertoe was buiten het vat FG aan de stang  $ab$  bij  $b$  ook een arm  $bd$  horizontaal bevestigd. Om de zuil zoo veel mogelijk tegen warmte van buiten te vrijwaren, was het vat FG omgeven door een grooter vat NM, eveneens van glas en boven en beneden open. Dit vat was ook luchtdicht op de plaat der luchtpomp bevestigd. De tusschenruimte tusschen beide vaten was tot NN met water gevuld, dat steeds op eene standvastige temperatuur van  $15^{\circ}$  C. werd gehouden. Als warmtebron werd nu het vat C gebruikt, dat zich boven op het vat AB bevond. Dit werd met water gevuld, waardoor stoom gevoerd werd ten einde het op eene standvastige temperatuur van  $100^{\circ}$  C. te houden.

Om nauwkeurig de werking waar te nemen, welke de verschillende stoffen op de thermo-electrische zuil uitoefenen, werd een zeer gevoelige multiplicator met astatische naalden gebruikt. De draadwindingen van dezen multiplica-

tor bestonden uit koper, dat, op galvanoplastische wijze bereid, vrij van ijzer was. Deze multiplicator rustte op eenen stevigen voet, geheel afgezonderd van den toestel zelve.

Wil men nu de diathermansie van een gas bepalen, dan vult men eerst het vat C met water (onverschillig van welke temperatuur), dat tot de temperatuur van 100° C. wordt gebracht en daarop gehouden door damp, welke, ontwikkeld in eene andere kolf, door eene buis tot onder in dit vat gevoerd wordt.

Nu schuift men het scherm *cc ee* weg, zoodat de warmtestralen van de warmtebron de thermo-electrische zuil kunnen bereiken. De naald van den multiplicator komt in beweging, doch zoodra men het scherm *cc ee* weder voor de zuil schuift, gaat de naald op nieuw nagenoeg op nul staan; nagenoeg, omdat of de torsie der draad eene kleine wijziging ondergaan heeft, of doordat er eene geringe temperatuursverandering in het vat FG ontstaan is. Men neemt dus voor en na elke afwijking het gemiddelde van den stand der naald waar en trekt dit van de waargenomene afwijking af.

Moet de toestel met het een of ander gas gevuld worden, dan worden AB en FG luchtledig gepompt door de kraan K te openen, die zich bevindt tusschen de plaat, waarop de thermo-electrische zuil staat, en de plaat van de luchtpomp. Door de kraan H in de buis D wordt nu het gas in de ruimte ingevoerd, deze ruimte nog eens luchtledig gepompt, op nieuw gas ingelaten en uitgedompt en zoo eenige malen, tot dat men vrij zeker kan wezen, dat alleen het te onderzoeken gas zich in de ruimte AB en FG bevindt. — Wil men een gas in *verdunnen* toestand onderzoeken, zoo worden eerst de ruimten AB en FG met het gas gevuld en dit daarna tot op den verlangden graad van verdunning gebracht door de luchtpomp. Die verdunning wordt afgelezen op den manometer, die aan de luchtpomp bevestigd is, of er wordt nog een manometer in de ruimte ABFG



geplaatst, welke door middel van eenen kathetometer wordt afgelezen. Dewijl de gevoeligheid van den galvanometer misschien langzamerhand eene kleine verandering kan hebben ondergaan, zoo wordt het doorstralingsvermogen der gewone lucht op nieuw bepaald, vóór men den toestel met een ander gas vult, waardoor men telkens de verhouding verkrijgt tusschen het doorstralingsvermogen van het te onderzoeken gas tot dat van gewone lucht.

---

### Eerste proef van Tyndall <sup>1)</sup>.

De eerste toestellen en de daarmee genomene proeven over dit onderwerp lieten veel te wenschen over en gaven tot groote moeilijkheden aanleiding; doch nadat door dikwijls herhaalde proeven vele dier moeilijkheden uit den weg waren geruimd en b.v. gebleken was, dat men de buis, welke de te onderzoeken gassen bevatte, moest sluiten met platen van klipzout, als de meest diathermane stof, kwam Tyndall eindelijk tot eenen toestel, waarmee hij vrij nauwkeurig proeven over dit onderwerp kon nemen. Deze toestel was op de volgende wijze ingericht.

Eene buis  $SS'$ , die de te onderzoeken gassen moet bevatten, is vervaardigd van geel koper. Zij is van binnen gepolijst en in verbinding gesteld met eene luchtpomp  $AA'$ . De buis is bij  $S$  en  $S'$  volkomen luchtdicht gesloten door platen van klipzout. Zij heeft eene lengte van 4 Engelsche voeten = 1.216 meter.

Een kubus  $C$ , gevuld met kokend water, waarin een thermometer  $t$  is gedompeld, is vervaardigd van gegoten koper; aan het eene vlak is een ring, waaraan zeer zorg-

---

<sup>1)</sup> Zijne proeven over dit onderwerp zijn alle beschreven in *Philosophical Magazine* en in de *Philosophical Transactions*, die hij in 1872 vereenigde in één werk: *Contributions to molecular physics in the domain of radiant heat*.

vuldig een koperen buis is bevestigd, die denzelfden diameter heeft als de buis  $SS'$  en luchtdicht met deze kan verbonden worden. Het vlak van den kubus binnen den ring is het stralende oppervlak en bedekt met lampzwart, om het uitstralingsvermogen zoo groot mogelijk te maken. Er bevindt zich derhalve tusschen den kubus  $C$  en de buis  $SS'$  eene voorkamer  $F$ , die ook met de luchtpomp in verbinding staat door middel van eene buis  $DD$ , en, onafhankelijk van de buis  $SS'$ , luchtledig kan gemaakt worden. Om te voorkomen, dat de warmte van den kubus  $C$  door geleiding op de plaat bij  $S$  komen kan, is de voorkamer  $F$  omgeven door een vat  $V$ , hieraan met zijne beide uiteinden vastgesoldeerd. Tot op den bodem van het vat loopt eene buis  $ii$ , terwijl zich aan het bovineinde eene andere buis  $ee$  bevindt. Men laat nu koud water door de buis  $ii$  stroomen, waardoor het vat  $V$  gevuld wordt, terwijl eindelijk dit water door  $ee$  weder weg kan stroomen. Men zorgt nu dat steeds door het vat  $V$  bestendig een stroom koud water gaat, waardoor alle warmte, welke anders de plaat  $S$  zou kunnen bereiken, geabsorbeerd wordt. De kubus  $C$  wordt verhit door eenen gasbrander.

Eene thermo-electrische zuil  $P$  is geplaatst aan het eene einde van de buis  $SS'$  en voorzien van twee kegelvormige reflectoren.

Een tweede kubus  $C'$  dient, om de werking te neutraliseeren der stralen, die, van den kubus  $C$  gekomen, door de buis  $SS'$  de zuil bereikt hebben. Het regelen dezer neutraliseerende werking van  $C'$  was een werk, dat zeer groote nauwkeurigheid vereischte. Hiertoe diende een dubbel scherm  $H$ , dat door middel van eene zeer fijne schroef voor- en achterwaarts kon bewogen worden.

Een galvanometer  $NN'$ , met volkomen astatische naalden, is door middel der draden  $ww$  verbonden met de thermo-electrische zuil  $P$ .

Een toestel  $IJJ$ , bestaande uit 6 buizen, elk 32 Engelse duim of 0.816 meter lang, is gevuld met chlooraal-

cium. Eene buis R is gevuld met puimsteen, doortrokken met kaustische kali; en eene tweede dergelijke buis Z bevat stukjes puimsteen, doortrokken met zuiver zwavelzuur. In eenen gazometer G G bevindt zich het te onderzoeken gas dat, na de verschillende buizen IJJ', R en Z doorloopen te hebben, eindelijk door de buis PP in de buis SS' komt.

Verder vinden wij nog aan dezen toestel verbonden eene buis KM en eene andere buis OO.

De inrichting OO dient, om kleine hoeveelheden gas in de buis SS' te doen komen, ten einde na te gaan, of het absorbeerend vermogen van het te onderzoeken gas evenredig is met de dichtheid. De toestel KM dient, om nog geringere hoeveelheden gas in de buis SS' te brengen, en werd aangebracht, toen men de verhouding van de dichtheid van etherdamp en andere dampen tot hun absorbeerend vermogen wilde bepalen. OO is eene in graden verdeelde glazen buis, waarvan het uiteinde gedompeld is in eenen bak met water B. Zij kan van boven gesloten worden door de kraan *r*. Aan haar is horizontaal eene buis *dd* bevestigd, waarin zich stukjes chloorcalcium bevinden. Deze laatste staat in verband met de hoofdbuis SS'. De buis OO is eerst gevuld met water tot aan de kraan *r*; daarna wordt dit water vervangen door het een of ander gas, dat men wil onderzoeken. Nu wordt de buis SS', alsmede de geheele ruimte tusschen haar en de kraan *r* luchtledig gemaakt; vervolgens de kraan *u* gesloten en *r*' geopend. De kraan *r* aan het einde der buis OO wordt nu langzaam opengedraaid, zoodat het gas niet dan uiterst langzaam in de buis SS' kan komen. Het water rijst dan in OO en zoo kan men tot  $\frac{1}{50}$  gedeelte van eenen kubieken duim de hoeveelheid gas meten dat in de buis komt.

Wat den toestel KM betreft, deze is op de volgende wijze ingericht. Eene zeer kleine flesch K, van eene geel koperen monteerling voorzien, kan gesloten worden door eene kraan C'.

Tusschen de kranen C en C', welke laatste verbonden is met de buis, bevindt zich de ruimte M, waarvan de

inhoud volkomen bekend is. De flesch K wordt gedeeltelijk met ether of eene andere stof, die men wil onderzoeken, gevuld, nadat de lucht er uit verwijderd en dus de damp alleen in K aanwezig is. De kraan C' wordt nu openge draaid en C gesloten, en op deze wijze de ruimte M, na zooveel mogelijk luchtledig gemaakt te zijn, met den zuiveren damp gevuld. Door nu C' dicht te draaien en C te openen kan de damp in de buis SS' komen en kan men nagaan, hoeveel van dezen zich in de buis SS' bevindt.

Tyndall richtte zijne proeven met dezen toestel op de volgende wijze in: De buis SS' en de voorkamer F werden zoo goed mogelijk luchtledig gepompt, en de verbinding, die er tusschen haar bestond, weggenomen, door de kranen *m m'* te sluiten.

Vóór het wegnemen der luchtpomp werd natuurlijk ook de kraan S gesloten, terwijl de verbinding met de U-vormige buizen en met den toestel OO reeds vroeger verbroken was. De stralen van het zwartgemaakte oppervlak van den kubus C gingen nu eerst door de luchtledige ruimte F, daarna door de klipzoutplaat die de proefbuis sluit, door de proefbuis, door de tweede klipzoutplaat S' en kwamen vervolgens, na nog eene dunne laag lucht te hebben doorloopen, op de thermo-electrische zuil P.

Te gelijker tijd vielen ook de stralen van de compensatiebron C' op het tegenovergestelde vlak der zuil, en de naald duidde aan, door de richting waarin ze afweek, welke der beide bronnen de overhand had. Eene beweging van het scherm H met de hand voor- of achterwaarts, was voldoende om de werking der beide bronnen ongeveer gelijk te maken. Om het nog bestaande verschil geheel op te heffen, maakte hij nu gebruik van de met het scherm verbondene micro-meterschroef.

Stond nu de naald juist op 0°, dan werd de lucht in de proefbuis gelaten, die eerst door de U-vormige buizen was gegaan en zoo bevrijd was van waterdamp en koolzuur. Als eene voldoende hoeveelheid lucht in de buis gekomen

was, werd de stand der galvanometernaald waargenomen en uit hare afwijking de grootte van het absorptievermogen bepaald. Daarna werd de buis weder leeggepompt en men liet er nu lucht in komen, die door water was gegaan en zoo met waterdamp verzadigd geworden. De stand van den galvanometer werd wederom waargenomen en eene grootere of kleinere afwijking toonde het verschil aan in absorptievermogen van droge en van met waterdamp verzadigde lucht.

---

Wij zien hier alzoo over eene zelfde zaak proeven genomen volgens twee geheel van elkander verschillende methoden. Beider hoofddoel is, den invloed van strooming en geleiding zooveel mogelijk opteheffen. Magnus tracht dit te doen door een glazen vat te nemen, dat hij verticaal stelt en van boven verwarmt. De thermo-electrische zuil plaatst hij in een ander vat daaronder, hetwelk met het bovenste in verband staat door eene nauwe, eveneens glazen buis, terwijl hij het onderste vat omringt door een grooter vat gevuld met water bij de gewone temperatuur. Tyndall daarentegen bedient zich van eene koperen, van binnen goed gepolijste buis, gesloten door klipzoutplaten, waarbuiten zich aan den eenen kant geheel vrij de thermo-electrische zuil bevindt, en aan den anderen kant de warmtebron geplaatst is, met de proefbuis verbonden door eene luchtledig gemaakte ruimte, voorkamer, omgeven door een vat, waarin steeds water van 15° C. circuleert.

Volgens deze beide methoden, welke wij ter onderscheiding die van Magnus en die van Tyndall zullen noemen, heeft men, hoewel de toestellen dikwerf zeer gewijzigd zijn, een menigte proeven genomen. Wij treffen veranderingen in deze toestellen aan zoowel van henzelven als van anderen. Ik zal de beschrijving van die toestellen hier kortelijk laten volgen, alleen wat de wijzigingen betreft; over hetgeen onveranderd is gebleven, zal ik niet verder

spreken. De volgorde, die ik hierbij in acht zal nemen, zal, om minder in herhalingen te vervallen, dezelfde zijn als bij de hoofdproeven. Het zal daardoor kunnen gebeuren, dat de proeven niet juist beschreven worden in hare ware chronologische volgorde, zooals b.v. met de proeven van Magnus en Wild het geval zal zijn. Doch ik geloof, dat dit aan het geheel niets zal afdoen.

---

PROEVEN VOLGENS DE METHODE VAN MAGNUS.

Wij hebben dan ten eerste eene wijziging van den toestel van Magnus door hemzelve <sup>1)</sup>. Het vat A B (pag. 8) is hier vervangen door eene buis R R. Zij is samengesteld uit verschillende buizen R A, B C, D R, en kan door tusschenvoeging van klipzout- of andere meer of minder diathermane platen in afdeelingen van verschillende lengte verdeeld worden. Elke afdeeling kan afzonderlijk luchtledig gemaakt en met een willekeurig gas gevuld worden. Ook kunnen zulke gassen, die de luchtpomp aantasten, door elke afdeeling doorgevoerd worden, om de daarin aanwezige lucht te verdringen. Ten einde de verschillende buizen gemakkelijk van elkander te kunnen verwijderen en met elkander te verbinden, zijn zij aan weerskanten voorzien van eene geel koperen montering, die eenen vooruitstekenden rand heeft. Men besmeert de randen met een weinig vet en plaatst dan de buizen op elkander; op elk der beide uiteinden wordt vervolgens een hoefijzervormig stuk geel koper geschroefd, dat tegen den vooruitstekenden rand drukt, en zoo de buizen stevig op elkander bevestigd houdt. Moet er eene klipzoutplaat tusschengevoegd worden, zoo plaatst men deze tusschen de beide met vet besmeerde randen.

Het scherm (pag. 9), dat in de buis geplaatst kan wor-

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd 118, pag. 583.

den, bevindt zich in dezen toestel in een kastje P P. Het bestaat hier uit twee dubbele blikken kleppen, die om eene as draaien kunnen, en buiten den wand van het kastje uitsteken. Op deze wijze kunnen de kleppen van buiten geopend en verticaal geplaatst worden, zoodat ze alle warmte doorlaten en eveneens gesloten worden door ze horizontaal te stellen.

Na deze wijziging van den toestel door Magnus zelven, vinden we alleen nog door Prof. Wild te Bern, volgens deze methode, proeven genomen. Het is zeer te betreuren dat deze proeven zooveel in waarde verliezen, daar het blijkt dat Prof. Wild, na nauwkeurig proeven genomen te hebben volgens de methode van Tyndall (deze proeven beschrijf ik later), eene groote vooringenomenheid voor deze toont en daardoor zelfs het karakteristieke der methode van Magnus over het hoofd ziet; hij komt dan ook met deze toestellen tot geene resultaten. Prof. Wild vangt aldus aan na zijne proeven volgens de methode van Tyndall: „<sup>1)</sup> das Wesentliche der Methode des Herrn Magnus besteht darin, dass die Thermokette ganz im innern der zur Aufnahme der Gase bestimmten Röhre sich befindet, und diese letztere durch die Wärmequellen selbst an ihren Enden verschlossen wird. Hierdurch wird ohne Weiteres erreicht, dass die Thermokette beiderseits, sowie auch jede der Wärmequellen stets mit demselben Gase in Berührung stehen, und dass ohne Steinsalz-oder andere durch ihre eigene Absorption störende Verschluss-Platten ganz bestimmt begrenzte Gasschichten zwischen die Wärmequellen und die Thermokette eingeschaltet werden können.” Hierna gaat hij op dezelfde pag. verder en zegt: „Um die Vortheile dieser Methode mit denen der Tyndall'schen wo möglich zu vereinigen, habe ich zunächst u. s. w.”

Uit het laatste blijkt duidelijk zijne vooringenomenheid voor de methode van Tyndall. Had hij tot juiste resultaten

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129, pag. 72.

willen komen, dan had hij zijnen toestel geheel volgens dien van Magnus moeten inrichten, en niet de beide methoden moeten vereenigen. Maar uit den aanvang, waarin hij het karakteristieke der methode van Magnus uiteenzet, blijkt niet minder duidelijk zijn onvolkomen inzicht in de methode van Magnus. Hij ziet toch geheel over het hoofd, dat ook tot het karakteristieke dezer methode behoort, dat de proefbuis verticaal geplaatst en uit glas vervaardigd is. Dit mag volstrekt niet vergeten worden. Magnus zegt n.l. zelf bij zijne proeven over het geleidingsvermogen, waar hij zijne buis verticaal plaatst: <sup>1)</sup> „Doch konnte man immer noch einwenden, dass selbst bei der Erwärmung von oben noch Strömungen entstehen, und dass auf diesen die Verschiedenheit der Temperaturen beruhe.” Na deze proeven, waarbij ik niet verder zal stilstaan, zegt hij (in diezelfde verhandeling pag. 514) „Einen Einwand konnte man noch dagegen erheben, dass überhaupt eine Leitung bei den Gasen stattfindet. Man konnte nämlich behaupten, dass die stärkere Erwärmung des Thermometers im Wasserstoff darauf beruhe, dass dieses Gas die Wärmestrahlen leichter hindurchlässt als alle andern Gase.”

Hierna doet hij met eenen dergelijken toestel, als waarmede hij proeven over het geleidingsvermogen genomen heeft, waarnemingen over het absorptievermogen der gassen. Dus meent hij werkelijk, door den verticalen stand zijner proefbuis den invloed der strooming weg te nemen.

Nog sterker vinden wij het uitgesproken dat Magnus, om strooming en geleiding te overwinnen, den toestel van glas liet vervaardigen en verticaal plaatste, als hij zich over de proeven van Prof. Wild op de volgende wijze uitlaat: <sup>2)</sup> „Auch würde Herr Wild nach meiner Methode genügende Resultaten erhalten haben wenn sein Apparat nicht in dem *wesentlichsten* Theile von dem von mir benutzten ver-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112, pag. 503.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130, pag. 224 en 225.



schieden gewesen wäre. Will man, wie ich es gethan habe, zur Vermeidung von Steinsalz oder andern die Röhre begränzenden Platten, das eine Ende derselben als Wärmequelle für die in derselben angebrachte Thermosäule benutzen, so leuchtet zunächst ein, dass Luftströmungen *nur* zu vermeiden sind wenn die Röhre *vertical* steht, und an ihrem oberen Ende erwärmt wird. Allein wenn, selbst bei solcher Stellung der Röhre, diese aus *Metall* besteht, so erwärmt sich bald der dem erwärmten Ende zunächst befindliche Theil der Wand und sendet seine Strahlen auf die Säule."

Wij zien dus duidelijk, dat de proeven van Prof. Wild volgens deze methode, van weinig of geen waarde zijn. Ik zal de toestellen, door hem gebruikt, hier evenwel kortelijk mededeelen.

De glazen verticale buis (pag. 8) is vervangen door eene blikken buis, horizontaal geplaatst, 4 voet lang en 9 cm. doorsnede. De glazen warmtebron, tot 100° verhit door middel van doorgevoerden stoom, is een blikken kubus, op dezelfde wijze verhit. Aan beide uiteinden der blikken buis bevindt zich zulk eene warmtebron. De verticaal geplaatste zuil in het vat is horizontaal, vrij in de as der buis opgehangen. Tusschen de zuil en de warmtebronnen bevinden zich schermen, die dienen om de warmte van de bron tegen te houden of door te laten.

Bij eene volgende proef plaatst hij deze blikken buis verticaal; dus volgt hij eenigzins meer de methode van Magnus; de zuil is nu ook verticaal geplaatst op eenen afstand 3 voet van de warmtebron. Met dezen toestel kwam hij ook tot geen resultaten, hetgeen niet te verwonderen is, nu wij de onnauwkeurigheid kennen, waarmede hij bij zijne proeven volgens deze methode te werk ging.

2<sup>e</sup>. PROEVEN VOLGENS DE METHODE VAN TYNDALL.

De proeven, volgens deze methode genomen, zijn veel grooter in aantal dan die volgens de vorige. Ik zal ze, om de groote afwijkingen die zij van de hoofdproef vertoonen, verdeelen in drie groepen, en derhalve bij elkander voegen: de waarnemingen waar de thermo-electrische zuil zich, geheel vrij, buiten de proefbuis bevindt; waar de zuil gedeeltelijk in de proefbuis geplaatst is; waar de proefbuis geheel ontbreekt.

---

 WIJZIGINGEN V. D. TOESTEL WAAR DE THERMOZUIL VRIJ, BUITEN DE PROEFBUIS ZICH BEVINDT.

Tyndall zelf wijzigt zijnen toestel (pag. 11—15) aldus <sup>1)</sup>. De proefbuis (pag. 11) neemt hij nu van glas; zij heeft eene lengte van 2 voet en 9 duim <sup>2)</sup> of 83.83 cM. en eene doorsnede van 2.4 duim of 6.069 cM. Overeenkomstig met deze glazen proefbuis neemt hij eene kap van plaatkoper, vastgesoldeerd aan eene buis, 8 duim lang, bestemd om de luchtledige ruimte te vormen vóór de eerste klipzoutplaat, „want,” zegt hij, „daar glas een veel minder reflexievermogen heeft dan koper, kon ik met de warmtebron van 100° niet dat groote verschil teweegbrengen, dat er tusschen de gassen bestaat.”

Ten einde die kap van plaatkoper te verhitten, was eene lamp vervaardigd naar het model van eenen Bunsenschen brander. Het mengsel van gas en lucht, dat in zulk eenen brander ontstaat, ontsnapte van boven door eene spleet, die  $\frac{1}{8}$  duim wijd en 2 duim lang is. Hier ontbrandde het, en

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics Memoir II par. 2.

<sup>2)</sup> In het vervolg sprekende van voeten, duimen, enz., worden hieronder steeds Eng. voeten, enz. verstaan; mocht dit niet het geval zijn, zoo zal er afzonderlijk melding van worden gemaakt.

vormde het eene platte vlam, die genoodzaakt was langs bovenvermelde plaat te strijken, die daardoor tot eene temperatuur van  $270^{\circ}$  verhit werd. Deze vlam was omringd door schermen van bordpapier, en daarom heen bevonden zich doeken, waardoor de lucht kon dringen om de vlam te onderhouden. Hierdoor bleef de vlam meer constant. Door middel van eenen gepasten schoorsteen werd eenige trekking teweeggebracht en tevens een uitweg verschaft aan de verbrandingsproducten. De geheele verdere toestel werd tegen de inwerking der lucht gevrijwaard door hem met touwwerk te omgeven.

Wij vinden ook de buizen waarin de gassen gedroogd of met waterdamp verzadigd werden (pag. 13), veranderd. In plaats van chloorcalcium en puimsteen neemt hij zuiver glas, fijngestooten, goed gereinigd, en bevochtigd met zwavelzuur; en in plaats van bijtende potasch, gezuiverd fijngestooten marmar.

Bij eene andere proef <sup>1)</sup> neemt hij, evenals in de vorige, een glazen buis, doch, voorzoover uit de beschrijving en teekening is op te maken, is de warmtebron dezelfde als bij zijne hoofdproef (pag. 11).

Het is jammer, dat dit niet duidelijker is beschreven, vooral daar deze proef nog al van belang is, dewijl zij in tegenwoordigheid van Magnus herhaald is. Eenige opheldering wordt ons in dezen gelukkig verschaft door Magnus, als hij Pogg. Ann. Bd. 118, pag. 576 deze proef van Tyn-dall beschrijft. Hij zegt hier n.l. dat als warmtebron diende eene koperen plaat, welke door middel van eene gasvlam tot  $300^{\circ}$  C. verhit was.

De proefbuis was nu eens gesloten door klipzoutplaten, dan eens aan beide zijden open, en in dit geval werd eene ruimte van 12 duim opengelaten tusschen dit opene einde en het uitstralingsoppervlak. Twee zijdelings geplaatste buizen waren aan de proefbuis bevestigd. Door de verst

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics Memoir II par. 21.

van de zuil verwijderde opening werd het gas, na gedroogd of met waterdamp verzadigd te zijn, langzaam in de proefbuis gelaten, en door de andere werd tegelijkertijd de lucht in de buis, door middel eener luchtpomp weggevoerd. De lucht bewoog zich derhalve in de proefbuis in de richting van de bron naar de zuil.

Eindelijk vinden wij nog eene proef van Tyndall onder het opschrift: „Radiation through open tubes.”<sup>1)</sup> Hier zijn de klipzoutplaten geheel weggelaten; Magnus had eene objectie gemaakt tegen het gebruik.

De voorkamer F (pag. 12) is geheel open, afgezonderd van de proefbuis, die hier van gepolijst koper is en eene lengte heeft van 4 voet en 3 duim. De lucht werd in en door de proefbuis gevoerd op dezelfde wijze als in de vorige proef. Als warmtebron vinden wij dezelfde gebruikt als bij zijne proef pag. 20, terwijl de compensatiebron een kubus van Leslie was.

De waarneming, beschreven pag. 21 en door Magnus zelven, bij gelegenheid van eene Internationale tentoonstelling te Londen bijgewoond, had hem daar zeer verbaasd door de geringe hygroscopische werking, die de klipzoutplaten vertoonden. Hij had na eene proef, waarbij de proefbuis met verzadigde lucht was gevuld geweest, de klipzoutplaten van de buis genomen, ze bekeken en betast, en moest vol verbazing uitroepen: „there is no moisture there.” Hij wilde, teruggekeerd te Berlijn, zelf deze proef herhalen, want hij zegt: <sup>2)</sup> „Das Resultat dieses Versuches war mir so auffallend, so wenig in Uebereinstimmung mit dem was ich auf anderm Wege gefunden, dass ich, nach Hause zurückgekehrt, ihn zu wiederholen beschloss.”

In plaats van eenen gewonen galvanometer met astatische naalden, nam hij eenen spiegelgalvanometer, die dit voordeel heeft, dat de afwijkingen steeds evenredig zijn met de stroom-

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics Memoir III par. 3.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118. pag. 577.

sterkten, ook als ze een paar honderd millimeters bedragen. Deze afwijkingen werden door middel van eenen kijker op de schaal afgelezen. Als warmtebronnen nam hij zwart gemaakte kubussen, waarin het water, om den storenden invloed der vlam te vermijden, door doorgevoerden stoom tot op eene temperatuur van  $100^{\circ}$  C. gehouden werd. De proefbuis, geheel open, had eene lengte van 0.66 M. en, evenals bij Tyndall, twee zijdelingsche openingen, die tot hetzelfde doel gebruikt werden. De geheele toestel was afgesloten van de omgevende lucht, behalve de beide warmtebronnen.

Ten slotte vinden wij volgens deze methode nog proeven genomen door Prof. Wild.

Lieten zijne proeven volgens de methode van Magnus veel te wenschen over, die volgens die van Tyndall zijn daarentegen zeer nauwkeurig. Hij begon zijne waarnemingen met eenen toestel, veel overeenkomende met dien van Tyndall zonder klipzoutplaten (pag. 21). Zijne thermo-electrische zuil was voorzien van twee reflectoren, ter lengte van 12 cM., terwijl de binnenste opening eene middellijn had van 6.5 cM. In plaats van de ééne proefbuis (pag. 11) en het scherm (pag. 12) vinden wij twee proefbuizen, ter weerszijden der thermo-electrische zuil ééne, die eene lengte hebben van 60 cM. en eene middellijn van 6 cM. Deze proefbuizen waren evenwel voorzien van dunne, loodrecht op de as geplaatste, verkoperde blikken schijfjes, waarvan de buitenste middellijn 12 cM. was. Zij verkleinden de opening zelve niet, maar dienden alleen, om in plaats van schermen eene directe straling te vermijden van de warmtebron naar de thermo-zuil langs den wand der buis. Aan de proefbuizen bevonden zich twee zijdelings geplaatste openingen die naar eenen gazometer en eene lucht-pomp voerden. Het gas kwam in de proefbuizen door de opening het dichtst bij de warmtebron en had dus eene beweging in de buis van de bron naar de zuil. Dit zelfde vond bij alle proeven van Wild plaats. De einden

der buizen waren zoowel van de beide warmtebronnen als van de trechtvormige openingen der thermo-zuil 10 cM verwijderd. Als droog- en verzadigingsstoffen gebruikte hij puimsteen, doortrokken met zwavelzuur, en puimsteen doortrokken met gedistilleerd water. In plaats van, zooals op pag. 14 en 15, droge en vochtige lucht te vergelijken met gewone lucht, vergelijkt hij deze beide onmiddellijk met elkander, door in de eene droge en in de andere buis vochtige lucht te doen komen en deze herhaalde malen te verwisselen. Om de beide gassen dezelfde temperatuur te doen bezitten, legde hij de buizen, waardoor ze van den gashouder naar de proefbuizen gingen, in een zelfde waterbad.

Bij eene volgende proef <sup>1)</sup> wijzigt hij zijnen toestel zoodanig, dat hij de beide proefbuizen aan denzelfden kant der zuil naast elkander plaatst, en derhalve ééne proef buis krijgt ter lengte van 120 cM. Nu plaatst hij dan ook aan den anderen kant der zuil een zelfde scherm, als op pag. 12, tusschen de compensatiebron en de zuil, en eindelijk, bij eene derde proef <sup>2)</sup> verandert hij de proefbuis wederom in dier voege, dat hij, behalve de genoemde proefbuizen van 60 cM. ter weerszijden der zuil, nog twee andere er bij plaatste, elk ter lengte van 15 cM., en wel zóó, dat links op 10 cM. afstand van den trechtvormigen reflector der thermo-zuil, eerst de langere, en dan weder op eenen afstand van 10 cM. van deze de kortere buis geplaatst werd, welke laatste weder op eenen afstand van 10 cM. van de warmtebron verwijderd was. Ter rechterzijde kwam daarentegen eerst de kortere en dan de langere buis, met de zelfde afstanden tusschen beide als aan de linkerzijde. Ook de kortere buizen hadden eene zijdelingsche opening. Door lange gaffelvormige buizen werden de zijdelingsche openingen der beide proefbuizen, die het dichtst bij de zuil geplaatst waren, door de lange buis links en de korte rechts, met een zelfde

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129. pag. 68.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129. pag. 69.

slang in verbinding gebracht, en evenzoo de buizen die verder van de zuil verwijderd waren met eene andere slang. Op deze wijze kan men telkens hetzelfde gas in verschillend lange buizen, tegelijkertijd ter weerszijden der zuil doen komen.

---

WIJZIGINGEN VAN DEN HOOFDTOESTEL WAAR DE THERMO-  
ZUIL ZICH GEDEELTELIJK IN DE PROEFBUIS BEVINDT.

Wij treffen bij Tyndall <sup>1)</sup> alleen eene wijziging aan wat den stand van de zuil ten opzichte van de proefbuis betreft. Deze proef is eigenlijk een overgang tusschen die, waar de zuil geheel vrij, buiten de proefbuis, staat, en waar zij er geheel in geplaatst is. Hij neemt den naar de proefbuis gekeerden reflector van de zuil weg, en steekt dien in de proefbuis, zoodanig, dat hij vast tegen hare wanden aandrukt. De klipzoutplaat wordt daarna op hare plaats gezet aan het einde der buis, zoodat het nauwe einde van den reflector tegen de plaat aansluit. De zuil wordt nu dicht voor de plaat gebracht, doch raakt haar niet aan.

Eene dergelijke plaatsing van de zuil en de proefbuis vinden wij in de proef van Prof. Garibaldi. <sup>2)</sup>

Zijne proefbuis had eene lengte van 75 cM. en eene doorsnede van 5 cM. Het middelste gedeelte is vervaardigd van kristalglas, overigens is zij van geelkoper. De voorkamer F (pag. 12) is hier niet als zoodanig aanwezig, maar, om den invloed door geleiding te verwijderen, is het koperen gedeelte tot aan het kristalglas spiraalsgewijze omgeven door eene slang, die gevuld is met koud water, dat steeds vervangen wordt door ander van dezelfde temperatuur. De warmtebron (pag. 11) is hier eene koperen plaat, bedekt

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics Memoir III.

<sup>2)</sup> Le radiazioni nei loro rapporti col vapore d'acqua e altri corpi gassosi. Genova 1868,

aan de binnenzijde der buis met lampzwart, verhit door eene spiritusvlam. Door haar wordt de proefbuis aan den eenen kant hermetisch gesloten. De thermo-electrische zuil sluit met behulp van eenen metalen ring, die haar omgeeft, het andere uiteinde der proefbuis, terwijl het andere vlak van de zuil geheel vrij buiten deze gelegen is, en de warmte van de compensatiebron ontvangt, die gewijzigd kan worden door het scherm (pag. 12). De klipzoutplaten die op pag. 11 de proefbuis sloten zijn hier dus niet aanwezig. De proefbuis bezit twee zijdelings geplaatste openingen die naar eenen gazometer en eene luchtpomp voeren. Het te onderzoeken gas komt hierin in de nabijheid der zuil, waar tevens eene inrichting is aangebracht, overeenkomende met die bij den hoofdtoestel van Tyndall, beschreven pag. 13, dienende om kleine hoeveelheden gas in de buis te doen komen, terwijl aan het andere uiteinde door eene zijdelingsche opening de proefbuis in verband staat met eene luchtpomp, die het gas uit de proefbuis pompt. Het gas heeft hier dus eene beweging van de zuil naar de bron.

---

WIJZIGINGEN VAN DEN TOESTEL DOOR DE PROEFBUIS GEHEEL  
WEG TE LATEN.

De proefbuis is door Tyndall ten laatste geheel wegge-  
laten. De lucht stijgt op tusschen de warmtebron en de  
zuil van uit eenen hollen cilinder, 3,5 duim middellijn en  
7,5 duim diep, waar zij eerst is verzadigd met waterdamp,  
of gedroogd is. „De toestel was,” zoo lezen wij, <sup>1)</sup> enti-  
rely surrounded by boards, the space within being divided  
by tin screens into compartments which were loosely stuffed  
with paper or horsehair. A roof, moreover, was bent over  
the pile and this was flanked by sheets of tin.” Er kon-

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics Memoir III par. 5.



den derhalve in de nabijheid van den kubus of van de zuil geene luchtstromingen gevormd worden, en den invloed van de buitenlucht was opgeheven. De bovengenoemde holle cilinder was gevuld met kwarts, bevochtigd met gedistilleerd water of met stukjes chloorcalcium, naarmate men vochtige of droge lucht wilde onderzoeken.

Eenen dergelijken toestel treffen wij bij Magnus aan. <sup>1)</sup> Vier nauwe geelkoperen buizen van 8 mM. middellijn en 66 cM. lengte waren op eenen afstand van 12 mM. horizontaal naast elkander geplaatst. Elke buis had 40 fijne openingen, in eene rij achter elkander, 12 mM. van elkander verwijderd. Het eene uiteinde van deze buizen was gesloten, aan het andere waren ze door eene dwarsbuis verbonden, die naar eenen blaasbalg voerde. Dewijl de fijne openingen van de buizen allen naar boven gekeerd waren, zoo bekwam men, bij het inblazen, een groot aantal fijne, van beneden naar boven gerichte luchtstromingen. De geheele toestel was open, zonder eenig bedeksel.

Ten laatste vinden wij op deze wijze proeven genomen door Dr. Hoorweg. <sup>2)</sup> Hier zijn, ter weerszijden der zuil, in plaats van 2 proefbuizen, zooals bij Wild (pag. 23), twee cilinders, aangebracht gelijk aan dien, welken Tyndall (pag. 26) gebruikte. De eene cilinder was gevuld met chloorcalcium, de andere met gezuiverde, en met gedistilleerd water bevochtigde, keisteentjes. Werd nu lucht door beide cilinders geblazen, dan ontstond er links een droge luchtstroom, rechts een vochtige. Deze cilinders werden, bij eene volgende proef, door twee ondiepe bakjes vervangen van 25 cM. lengte, 9 cM. breedte en 5 cM. hoogte, die door eene zijdelingsche buis met de beide cilinders verbonden, en van boven door eene plaat gesloten waren, welke van ontelbare fijne gaatjes was voorzien. Deze proef onderging nog eens eene wijziging, door dat hij de beide

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130 pag. 221.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 155 pag. 385, en Maandbericht voor Natuurwetenschappen, 5de Jaargang No. 6.

bakjes naast elkander plaatste, aan dezelfde zijde van de zuil, en er nu beurtelings droge en met waterdamp verzadigde lucht door blies. De lengte der opstijgende luchtkolommen was dus op 50 cM. gebracht. Eindelijk brengt hij bij eene laatste proef de lengte van de opstijgende luchtkolommen op 1 meter. Daartoe plaatste hij, naast de beide bakjes van 25 cM., nog een bakje van 50 cM., op dezelfde wijze als de beide andere bakjes ingericht. De tweede cilinder, die bij de laatste proeven niet noodig was geweest, werd nu aangewend, om, met dezelfde stof als de andere gevuld, door twee zijdelingsche buizen, droge of verzadigde lucht in dien grooten bak te voeren. De gewone blaasbalg was niet meer voldoende, en werd door de soufflerie, zooals die bij geluidsproeven aangewend wordt, vervangen. Uit 4 gaten, door 4 toetsen der soufflerie geopend, stroomde dan de lucht in de beide cilinders, en van daar in de drie bakken. Bij den grootsten afstand van kubus en zuil was een bak met kokend water, als warmtebron, niet meer voldoende. Deze werd, evenals bij de proeven van Tyndall, vervangen door eene koperen plaat, van voren met roet bedekt, van achteren verhit door eenen Bunsenschen brander.

---

## H O O F D S T U K II.

---

### RESULTATEN, VERKREGEN MET AL DE BESCHREVEN TOESTELLEN.

Wil men, na de beschrijving der verschillende proefnemingen eenig oordeel uitspreken, dan is het in de eerste plaats noodzakelijk dat men wete tot welke resultaten elk harer geleid heeft, en dat men die resultaten vergelijke. Voor dit laatste zouden ze tot dezelfde eenheid teruggebracht moeten worden. Ik zal derhalve eerst de uitkomsten aangeven, zooals wij die door de verschillende waarnemers zelve vinden opgeteekend, in dezelfde volgorde als de proeven beschreven zijn.

Wij vinden vooreerst, dat Magnus bij zijne proefnemingen (pag. 8), ten einde de doorstraling door volkomen droge, en geheel met waterdamp verzadigde lucht met elkander te kunnen vergelijken, de lucht door eenige buizen voerde, die met chloorcalcium gevuld waren, en haar vervolgens door middel van eenen aspirator in zulk eene groote hoeveelheid door de niet zwartgemaakte buis voerde, dat hij kon aannemen dat alle vroeger hierin aanwezige lucht verdreven was.

Nadat nu de doorstraling door deze lucht was bepaald, werd zij door middel van de luchtpomp weder verwijderd, en andere er in gelaten, die, voordat ze in de ruimte tusschen de warmtebron en de thermoziil kwam, langzaam door water

streek. Deze lucht werd ook weder weggepompt, en door andere, vochtige, vervangen. Dit werd driemaal herhaald zoodat men zeker kan zijn dat de lucht, die zich bij eene temperatuur van  $16^{\circ}$  C. en eenen druk van 764.6 mM. in de buis bevond, volkomen verzadigde lucht was.

Nu kwam hij eindelijk tot de volgende resultaten. <sup>1)</sup>

Droge lucht.

Met waterdamp verzadigde lucht.

Warmtebron van  $100^{\circ}$  C.

Rust-punt der naald.	Gemiddeld.	Waargen. afwijk.	Vershil.	Rust-punt der naald.	Gemiddeld.	Waargen. afwijk.	Vershil.
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.5	13.25	12.75
0.0		12.75		+ 0.5	+ 0.5	13.25	12.75
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.5	13.0	12.5
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.75	13.5	12.75
				+ 0.10			

Gemiddelde 12.5.

Gemiddeld 12.75.

Deze proeven toonen aan, dat de waterdamp, die bij  $16^{\circ}$  C. in de lucht aanwezig is, geenen merkbaaren invloed op de doorstraling uitoefent.

De resultaten door Tyndall bij zijne eerste proeven verkregen, zijn niet zoo volledig opgegeven als de bovengenoemde van Magnus. Wij lezen nl. <sup>2)</sup>: De werking door de lucht zelve, en door hare bestanddeelen koolzuur en waterdamp uitgeoefend op stralende warmte onderzoekende, verkreeg ik den 20sten November 1860 de volgende uitkomsten:

Lucht, bevrijd van koolzuur en waterdamp, absorbeerde eene zekere hoeveelheid die wij gelijkstellen met één. Lucht van het laboratorium, dus nog koolzuur en waterdamp bevattende, absorbeerde eene hoeveelheid 15 maal grooter. Hier afrekenende de werking van het koolzuur, vond ik dat de hoeveelheid waterdamp, die op dezen dag in den damp-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112 pag. 540.

<sup>2)</sup> Contributions to molecular physics page 39.

kring aanwezig was, eene absorptie teweeg bracht, ten minste 13 maal grooter dan de lucht zelve. Wij lezen evenwel in eene noot op die zelfde pagina:

„The peculiarities of the locality in which this experiment was made render its repetition under other circumstances necessary.”

Wij zien dus hieruit reeds, dat deze proeven niet als zeer nauwkeurig moeten worden beschouwd.

In de eerste wijziging van den toestel van Magnus (pag. 16) vinden wij dat hij voornamelijk onderzoekt of er ook eenig onderscheid is op te merken, als de warmtebron met de te onderzoeken lucht in aanraking, of er van afgescheiden is door eene luchtledige ruimte. Over het verschil in absorptie van droge, en met waterdamp verzadigde lucht vinden wij het volgende: <sup>1)</sup> Wurde eine Steinsalzplatte bei SS. eingeschaltet und der obere 0.15 Meter hohe Raum abwechselnd leer und mit Luft erfüllt angewendet, während die Röhre BF unterhalb der Platte mit trockner Luft unverändert gefüllt blieb so war die Wirkung auf die Thermosaüle in beiden Fällen ganz dieselbe. Diesen Versuch habe ich wiederholt angestellt. Er widerlegt wie ich glaube die Behauptung des Herrn Tyndall”, zoo eindigt hij, „dass die zu untersuchende Luft mit der Wärmequelle nicht in Berührung sein dürfe.”

Prof. Wild kwam met zijne toestellen (pag. 19), volgens de methode van Magnus tot geene bepaalde resultaten, hetgeen ons, na het reeds gezegde op pagg. 17—19, niet behoeft te verwonderen. Wij lezen van hem zelve hierover: <sup>2)</sup> „Dass (de opheffing van den invloed van strooming en geleiding door het aanbrengen van diaphragmen) war indessen in Wirklichkeit so wenig der Fall, dass keine auch nur einigermassen constante Stellung der Galvanometernadel zu erzielen war.” En verder na zijne tweede proef op pag. 75: „Die geringe Empfindlichkeit einerseits und die erwähnten

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118, pag. 585.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129, pag. 73.

streek. Deze lucht werd ook weder weggepompt, en door andere, vochtige, vervangen. Dit werd driemaal herhaald zoodat men zeker kan zijn dat de lucht, die zich bij eene temperatuur van  $16^{\circ}$  C. en eenen druk van 764.6 mM. in de buis bevond, volkomen verzadigde lucht was.

Nu kwam hij eindelijk tot de volgende resultaten. <sup>1)</sup>

Droge lucht.

Met waterdamp verzadigde lucht.

Warmtebron van  $100^{\circ}$  C.

Rust-punt der naald.	Gemiddeld.	Waargen. afwijk.	Vershil.	Rust-punt der naald.	Gemiddeld.	Waargen. afwijk.	Vershil.
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.5	13.25	12.75
0.0		12.75		+ 0.5	+ 0.5	13.25	12.75
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.5	13.0	12.5
0.0		12.5		+ 0.5	+ 0.75	13.5	12.75
				+ 0.10			

Gemiddelde 12.5.

Gemiddeld 12.75.

Deze proeven toonen aan, dat de waterdamp, die bij  $16^{\circ}$  C. in de lucht aanwezig is, geenen merkbaaren invloed op de doorstraling uitoefent.

De resultaten door Tyndall bij zijne eerste proeven verkregen, zijn niet zoo volledig opgegeven als de bovengenoemde van Magnus. Wij lezen nl. <sup>2)</sup>: De werking door de lucht zelve, en door hare bestanddeelen koolzuur en waterdamp uitgeoefend op stralende warmte onderzoekende, verkreeg ik den 20sten November 1860 de volgende uitkomsten:

Lucht, bevrijd van koolzuur en waterdamp, absorbeerde eene zekere hoeveelheid die wij gelijkstellen met één. Lucht van het laboratorium, dus nog koolzuur en waterdamp bevattende, absorbeerde eene hoeveelheid 15 maal grooter. Hier afrekenende de werking van het koolzuur, vond ik dat de hoeveelheid waterdamp, die op dezen dag in den damp-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112 pag. 540.

<sup>2)</sup> Contributions to molecular physics page 39.

kring aanwezig was, eene absorptie teweeg bracht, ten minste 13 maal grooter dan de lucht zelve. Wij lezen evenwel in eene noot op die zelfde pagina:

„The peculiarities of the locality in which this experiment was made render its repetition under other circumstances necessary.”

Wij zien dus hieruit reeds, dat deze proeven niet als zeer nauwkeurig moeten worden beschouwd.

In de eerste wijziging van den toestel van Magnus (pag. 16) vinden wij dat hij voornamelijk onderzoekt of er ook eenig onderscheid is op te merken, als de warmtebron met de te onderzoeken lucht in aanraking, of er van afgescheiden is door eene luchtledige ruimte. Over het verschil in absorptie van droge, en met waterdamp verzadigde lucht vinden wij het volgende: <sup>1)</sup> Wurde eine Steinsalzplatte bei SS. eingeschaltet und der obere 0.15 Meter hohe Raum abwechselnd leer und mit Luft erfüllt angewendet, während die Röhre BF unterhalb der Platte mit trockner Luft unverändert gefüllt blieb so war die Wirkung auf die Thermosaüle in beiden Fällen ganz dieselbe. Diesen Versuch habe ich wiederholt angestellt. Er widerlegt wie ich glaube die Behauptung des Herrn Tyndall, zoo eindigt hij, „dass die zu untersuchende Luft mit der Wärmequelle nicht in Berührung sein dürfe.”

Prof. Wild kwam met zijne toestellen (pag. 19), volgens de methode van Magnus tot geene bepaalde resultaten, hetgeen ons, na het reeds gezegde op pagg. 17—19, niet behoeft te verwonderen. Wij lezen van hem zelve hierover: <sup>2)</sup> „Dass (de opheffing van den invloed van strooming en geleiding door het aanbrengen van diaphragmen) war indessen in Wirklichkeit so wenig der Fall, dass keine auch nur einigermaßen constante Stellung der Galvanometernadel zu erzielen war.” En verder na zijne tweede proef op pag. 75: „Die geringe Empfindlichkeit einerseits und die erwähnten

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118, pag. 585.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129, pag. 73.

Strömungen anderseits haben mich bewogen, die Versuche nach der Magnussche Methode schliesslich aufzugeben." Nergens vinden wij ook dien ten gevolge eenige opgave aangegeven.

Uitvoeriger dan bij de waarnemingen met den eersten toestel, vinden wij door Tyndall de uitkomsten opgeteekend die hij met zijnen tweeden (pag. 20) en volgende (pag. 21 en 22) toestellen verkreeg, ten opzichte van droge en vochtige lucht.

„Ik begon,” zoo zegt hij <sup>1)</sup> „mijne onderzoekingen naar de waarheid der reeds vroeger verkregene uitkomsten (pag. 30), in September 1861.”

Nadat hij, bij deze waarnemingen, waarden bekomen had voor het absorptievermogen van de beide stoffen, die hem zeer bevreemden, vond hij, dat de toestel, waarin de lucht gedroogd of met waterdamp verzadigd werd, hiervan de oorzaak was. Hij wijzigde dien daarom zooals op pag. 21 is aangegeven.

Nu kreeg hij, 13 September 1861, voor droge lucht eene afwijking kleiner dan twee graden, terwijl lucht van het laboratorium de naald van  $20^\circ$ , aan den eenen kant, tot  $28^\circ$  aan den anderen bewoog; bij eenen volgenden keer werd de laatste werking nog grooter, daar toen de naald van  $19^\circ$  tot  $32^\circ$  voorbij het nulpunt zich bewoog, en dus eenen boog van  $50^\circ$  doorliep. Vier dagen later vond hij deze uitkomsten wederom bevestigd, daar gewone lucht van het laboratorium eene afwijking van  $29^\circ$ ,  $31^\circ$  en  $30^\circ$  teweegbracht, terwijl die van droge lucht minder dan 1 graad bedroeg. Wij moeten hier wel in het oog houden dat hij, Tyndall, hier niet onderzocht droge en met waterdamp verzadigde lucht, maar de lucht van het laboratorium gedroogd en niet gedroogd. Was het verschil van de gewone lucht en droge lucht van het laboratorium reeds zoo groot, dan is het duidelijk, dat het verschil tusschen volkomen met waterdamp

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics pag. 73.



verzadigde en droge lucht nog veel aanzienlijker zal wezen. Ook bij de volgende proeven moeten wij dit in aanmerking nemen. Nadat hij bij de proef van pag. 21 de proefbuis met vochtige lucht had gevuld, was de afwijking van de naald des galvanometers  $30^\circ$ , welke afwijking, zooals hij zelf zegt, veroorzaakt werd door den meerderen invloed van den compensatie-kubus boven de warmtebron.

Van veel gewicht is hetgeen Tyndall hier zegt van de wijze waarop hij deze waarnemingen deed. Hij zegt nl. „Closing the cocks Q and O, and opening Q'and E' *gentle* pressure being applied to the bag B a current of moist air was *slowly* discharged at the end E' of the experimental tube. The pump in connexion with A was then worked, and thus by degrees the air was *sucked* into the tube T.”

Nu werd deze vochtige lucht door droge vervangen en ten gevolge hiervan keerde de naald tot het nulpunt terug. Dit werd twintig keer herhaald, doch steeds met denzelfden uitslag. Bovendien heeft Tyndall met dezen toestel nog proeven genomen nadat de klipzoutplaten verwijderd waren, hetgeen evenwel in de afwijking geene verandering teweeg bracht.

Bij zijne waarnemingen waar de klipzoutplaten waren weggelaten <sup>1)</sup>, bekwam hij met droge lucht eene afwijking van  $41^\circ$ , hetgeen aantoonde dat eene grootere hoeveelheid warmte door de buis ging. Wanneer nu deze droge lucht vervangen werd door vochtige, bewoog de naald zich terug naar het nulpunt. Hierop werd wederom droge lucht in de buis gevoerd, waarop de naald haren vorigen stand van  $41^\circ$  innam, en toen nu deze lucht door die van het laboratorium vervangen werd, ging de naald ook weder tot  $0^\circ$  terug. Werd de gewone lucht door met waterdamp verzadigde vervangen, dan was de afwijking naar de tegenovergestelde zijde  $15^\circ$ , hetgeen eene grootere absorptie aantoonde.

De hoeveelheid warmte, welke in de bovengenoemde

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics pag. 131.

proeven geabsorbeerd werd, uitgedrukt in honderdste deelen van de totale absorptie, werd gevonden door eene der warmtebronnen te bedekken en de totale afwijking, door de andere warmtebron teweeg gebracht, te bepalen.

Bij eene nauwkeurige herleiding bleek het, dat, als men als eenheid aannam de warmte die er noodig is om de naald van  $0^\circ$  op  $1^\circ$  te brengen, deze, d. w. z. de totale afwijking door één warmtebron teweeg gebracht, overeenkwam met 1200 warmte-eenheden. De afwijking van  $41^\circ$  stemde, volgens diezelfde berekening, overeen met eene absorptie van 50 eenheden. Van 1200 zijn er hier dus 50 door de vochtige lucht geabsorbeerd. Hieruit volgt voor 100 stralen

$$1200 : 100 = 50 : 4.2.$$

Dus eene absorptie van  $4.2\%$  werd teweeg gebracht door den damp die zich in de lucht bevond. Volkomen verzadigde damp gaf eene absorptie van  $5\frac{1}{2}\%$ .

Magnus verkreeg met zijnen toestel, vervaardigd nadat hij te Londen de waarnemingen van Tyndall had bijgewoond, volgens dezelfde methode, beschreven op pag. 20, bij het inblazen van droge en vochtige lucht afwijkingen van den galvanometer, overeenstemmende met die van Tyndall, maar, zegt hij, ik kreeg ze niet altijd, soms zelfs eene afwijking der naald, welke geene absorptie der warmte bij haren doorgang door vochtige lucht aanduidde, maar juist het tegenovergestelde geval, nl. als vochtige lucht door de buis ging, had er eene sterkere verwarming plaats van die zijde der zuil, die naar de buis toegekeerd was. Deze uitkomst verkreeg hij, hoe menigmaal hij de proef ook herhaalde. Eene bepaalde opgave van de grootte der afwijkingen in graden vinden wij hier niet.

Laten we nu nog ten slotte nagaan welke resultaten Prof. Wild bekwam met zijne toestellen volgens de methode van Tyndall ingericht (pag. 23).

De lucht werd in de buis gelaten door de openingen het verst van de zuil verwijderd, en de andere openingen

werden met eene luchtpomp in verbinding gebracht. Hierdoor zegt hij <sup>1)</sup> werd de storende invloed vermeden van luchtstromingen tegen de thermoziil. Men nam de afwijkingen van den magneetspiegel door eenen kijker waar, en wel zóó, dat deze niet afgelezen werden dan nadat door uitpompen der lucht de magneet bijna tot rust gekomen was. Het punt waarop de naald zich bevond vóór het inblazen der lucht werd niet opgeteekend, maar, zooals reeds vroeger vermeld is, werd de droge en vochtige lucht ter weerszijden der zuil op hetzelfde oogenblik verwisseld en dan de afwijking naar de tegenovergestelde zijde afgelezen.

Zoo verkreeg hij:

Links	Rechts.	Aflezing.	Vershil.
Vochtige lucht	droge lucht	520 mM.	110 mM.
droge „	vochtige „	410 mM.	
vochtige „	droge „	440 mM.	110 mM.
droge „	vochtige „	330 mM.	
vochtige „	droge „	490 mM.	120 mM.
droge „	vochtige „	370 mM.	
vochtige „	droge „	440 mM.	100 mM.
droge „	vochtige „	340 mM.	

De verwarming der rechterzijde der zuil had eene afwijking tengevolge in de richting van de klimmende schaaldeelen.

De temperatuur van het vertrek en dus ook die van de met waterdamp verzadigde lucht was 18° C. Verondersteld, zegt Prof. Wild nog, dat de lucht uit de buis uit-treedt, daar waar deze met de luchtpomp is verbonden, dan is de dikte der laag lucht, droog zoowel als met waterdamp verzadigd, 30 cM. Uit bovengenoemde waarnemingen zoude dan volgen, dat, door het vervangen van 30 cM. droge lucht door verzadigde lucht, de verwarming der zuil door de bron van 100° zooveel verminderd werd,

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129. pag. 65.

dat deze vermindering eene afwijking van den magneet ten gevolge had, ongeveer 55 mM. groot, hetgeen, in aanmerking genomen den afstand van de schaal tot den spiegel, in een rond getal met  $1/2^\circ$  graad overeenkomt.

Bij eene tweede waarneming verkreeg men als gemiddelde uit het verschil der aflezingen 98 mM., in plaats van 110 mM. De temperatuur der lucht was  $16^\circ$  C., en tot het drogen en verzadigen der lucht gebruikte men 4 Uvormige buizen, waarin stukjes glas waren, bevochtigd met zuiver geconcentreerd zwavelzuur of gedistilleerd water.

Met de tweede inrichting van zijnen toestel (pag. 24) bekwam Prof. Wild de volgende aflezingen:

Temp.	Lucht in de buis.	Aflezing.	Vershil.
18°	droog . . . .	340 mM.	230 mM.
	vochtig . . . .	570 mM.	240 mM.
	droog . . . .	330 mM.	240 mM.
	vochtig . . . .	570 mM.	240 mM.
17°	vochtig . . . .	470 mM.	190 mM.
	droog . . . .	280 mM.	180 mM.
	vochtig . . . .	460 mM.	

De bijna tweemaal grootere verschillen, die wij in deze tweede waarnemingsreeks vinden, in vergelijking met de eerste reeks, worden duidelijk als wij ons voorstellen, dat de kolom droge of vochtige lucht, welke hier door de warmtestralen moet doorlopen worden, vóór zij de zuil bereiken, tweemaal grooter is dan in het vorige geval.

Ook bij deze proeven had eene verwarming der rechter zijde der zuil eene afwijking in de richting der klimmende getallen ten gevolge, zoodat eene vermeerdering in afwijking van 230 mM., als men links 3 voet droge lucht door bij  $18^\circ$  C. met waterdamp verzadigde lucht verving, eene grootere absorptie der warmtestralen aantoonde. Bij zijne waarnemingen met de derde wijziging van zijnen toestel (pag. 24) bracht men eerst afwisselend droge en

vochtige lucht alleen in de beide meest verwijderde buizen, zoodat derhalve rechts telkens eene 45 cM. dikkere laag aanwezig was.

Hiermede verkreeg men:

Gas in de buitenste buizen.	Aflezing.	Vershil.
droge lucht . . . . .	390 mM. . . . .	18 mM.
vochtige „ . . . . .	405 mM. . . . .	15 mM.
droge „ . . . . .	385 mM. . . . .	15 mM.
vochtige „ . . . . .	395 mM. . . . .	15 mM.
droge „ . . . . .	375 mM. . . . .	

De verschillen zijn zoo gevormd, dat men telkens het gemiddelde van twee aflezingen voor droge lucht met de daartusschen gelegene voor vochtige lucht combineerde.

De temperatuur der omgeving was 20° C.

Eene verwarming der rechterzijde der zuil waar de dikkere gaslaag zich bevond, had eene afwijking der naald ten gevolge in de richting der afnemende getallen, zoodat deze ook eene grootere absorptie der vochtige lucht bevestigden. De verschillen moesten hier veel geringer zijn dan in de voorgaande gevallen. Daar toonden zij aan het verschil in absorptie tusschen eene kolom van 60 cM. vochtige en eene even lange kolom droge lucht, of, tusschen eene kolom van 120 cM. vochtige en droge lucht; hier daarentegen een verschil in absorptie tusschen eene 60 cM. lange kolom vochtige + eene 15 cM. lange kolom gewone lucht met eene 15 cM. lange kolom vochtige + 60 cM. lange gewone lucht, en hetzelfde met droge en gewone lucht.

Eindelijk bracht hij, om de werking te vergrooten, steeds droge lucht in de buitenste, de verst van de zuil verwijderde buizen, en vochtige lucht in de binnenste, de dichtst bij de zuil geplaatste buizen, en verwisselde dit. Dat hierdoor de werking vergroot werd is duidelijk, daar de absorptie door de gewone lucht in de vorige reeks teweeg gebracht hier werd weggenomen, daar ze door droge vervangen werd.

Zoo verkreeg hij:

Buitenste.		Binnenste.		Aflezing.	Vershil.
droge	lucht.	vochtige	lucht.	550 mM.	30 mM.
vochtige	„	droge	„	580 mM.	
droge	„	vochtige	„	550 mM.	40 mM.
vochtige	„	droge	„	590 mM.	
vochtige	„	droge	„	606 mM.	24 mM.
droge	„	vochtige	„	584 mM.	
vochtige	„	droge	„	610 mM.	
vochtige	„	droge	„	512 mM.	26 mM.
droge	„	vochtige	„	491 mM.	
vochtige	„	droge	„	522 mM.	
vochtige	„	droge	„	517 mM.	25 mM.
droge	„	vochtige	„	493 mM.	
vochtige	„	droge	„	519 mM.	

De temperatuur was nu 19° C.

Wat vinden wij nu aangaande de resultaten, verkregen met de toestellen pgg. (25 en 26)?

Bij de proeven, waar Tyndall den eenen reflector der zuil in de proefbuis plaatste, kwam hij tot de uitkomst, dat de waterdamp, op eenen vochtigen dag in de lucht te Londen aanwezig, de absorptie van de gewone lucht 60 maal overtrof. Hetzelfde resultaat bekwam hij met lucht van verschillende deelen van Engeland; van lucht die met waterdamp verzadigd was, zegt hij, dat ze eene absorptie uitoefende 90 maal grooter dan die van de gewone lucht.

Prof. Garibaldi bepaalde eerst het absolute uitstralingsvermogen van de warmtebron van 400° C. Hij had hier toe eerst de proefbuis luchtledig gemaakt. Deze werking der warmtebron werd geneutraliseerd door de compensatie-

bron. Nu werd er door den toestel (pag. 26 of pag. 13), dienende om eene kleine hoeveelheid gas in de proefbuis te doen komen, eene zoo kleine hoeveelheid zuiver gedistilleerd water tusschen de warmtebron en de zuil gebracht, als overeenkwam met eene dampspanning van 5 mM. <sup>1)</sup>

De galvanometernaald bewoog zich nu spoedig in eene richting, die aantoonde, dat het inwendige der buis in doorschijnendheid verloren had, want van de 100 stralen, die het totaal doorstralingsvermogen aangaven, waren er 75 geabsorbeerd.

Nu werd er langzamerhand eene nieuwe hoeveelheid water in de proefbuis gelaten, zoodat de spanning telkens 1 mM. grooter werd; hierbij verkreeg hij onder de drukking van 6, 7, 8 en 9 mM. eene absorptie van 81, 86, 90 en 94 procent.

Hieruit volgt dus, dat eene hoeveelheid waterdamp van eene drukking van 9 mM., welke niet voldoende is om de lucht bij 15° C. te verzadigen, 94% van de donkere stralen, die door de proefbuis gingen absorbeerde, hetgeen dus eene volkomene absorptie door dit gas van donkere warmtestralen aantoonde.

Moeten wij nu ten slotte nagaan welke resultaten die toestellen opleverden, waar niet alleen de klipzoutplaten, maar zelfs de geheele proefbuis was weggelaten (pag. 26—28) dan vinden wij <sup>2)</sup>: Bij het opstijgen van lucht, welke door eene ruimte was gegaan, gevuld met stukjes kwarts die met water bevochtigd waren, week de naald 5 graden af, aantoonende dat de ondoorschijnendheid van de ruimte tusschen de bron en de zuil voor warmtestralen toenam als eene met waterdamp verzadigde kolom lucht opstege. Werd deze verzadigde lucht door droge vervangen, dan week de naald in tegenovergestelde richting 10 graden af, aantoonende

<sup>1)</sup> In het oorspronkelijke staat dit:

„Per mezzo del robinetto massiccio O si introdusse nel tubo una piccola quantità di acqua pura e distillata la quale entrando nel vuoto si convertiva in vapore e produceva una depressione nella colonna del barometro anessa che venne portata a 5 millimetri, regolando a dovere l'introduzione dell' acqua.

<sup>2)</sup> Contributions to molecular physics page 136.

dat de ondoorschijnendheid nu verminderd was. Soms week de naald ongeveer 20 graden af, en deze afwijkingen bleven even groot bij alle volgende proeven met dezen toestel.

Prof. Magnus zegt omtrent de uitkomsten, met zijnen dergelijken toestel verkregen, dat hij geen verschil kreeg hetzij hij droge, hetzij hij vochtige lucht tusschen de zuil en de bron liet opstijgen.

Uitvoeriger zijn de resultaten beschreven, door Dr. Hoorweg verkregen. Bij zijne eerste proeven, waar links van de zuil eene kolom droge, rechts daarentegen eene kolom vochtige lucht opsteeg, nam hij niet de geringste beweging van den spiegel waar. Bij de tweede inrichting van zijnen toestel nam hij eenige absorptie waar door den waterdamp, welke hij op niet meer als  $\frac{1}{2}$  procent schatte; doch bij zijne derde inrichting verkreeg hij, telkens als vochtige lucht opsteeg, eene afwijking van 1 mM.; en als droge lucht opsteeg eene afwijking van 3 mM. aan den anderen kant. De totale afwijking, als één warmtebron weggenomen was, bedroeg 294 mM., hetgeen overeenkomt met eene absorptie van 1.7 procent.

Bij de laatste wijziging van zijnen toestel kreeg hij bij inblazen van met waterdamp verzadigde lucht eene afwijking van 1 mM. ten voordeele van den compenseerenden kubus; doch door inblazen van droge lucht de volgende afwijkingen ten voordeele der koperen plaat.

#### Droge lucht.

Schaalaflezing.		
Zonder inblazen.	Met inblazen.	Afwijking.
27 . . . . .	32 . . . . .	5
28 . . . . .	35 . . . . .	7
29 . . . . .	35 . . . . .	6
30 . . . . .	35 . . . . .	5
31 . . . . .	36 . . . . .	5
30 . . . . .	35 . . . . .	5
29 . . . . .	35 . . . . .	6

Door de koperen plaat alleen 322

---



## HERLEIDING DER RESULTATEN.

Het zou wenschelijk zijn, dat hier werkelijk eene herleiding der verschillende resultaten mogelijk was, opdat wij, met één oogopslag als het ware, de uitkomsten konden overzien die de verschillende geleerden met hunne toestellen verkregen hebben. Men zoude deze daartoe allen moeten herleiden tot eenzelfde eenheid, wat de lengte der proefbuis aangaat. Maar behalve dat de lengten der verschillende proefbuizen zeer dikwijls niet zijn aangegeven, zouden wij stuiten op de ongelijkheid van den aard der proefbuis niet alleen, maar ook op die der warmtebronnen, terwijl wij hierbij dikwerf nog in het onzekere verkeeren, en vragen moeten, was de proefbuis van koper of van glas; was de temperatuur der warmtebron 100° C. of 270° C.? Daarenboven zijn oock soms de uitkomsten niet opgegeven; zooals in de proeven van Tyndall en Magnus, waar de proefbuis geheel is weggelaten; en hebben wij meestal te doen met opgaven van absorptie van droge en vochtige lucht, zonder dat de graad van vochtigheid oock maar eenigszins is aangegeven, noch ook de temperatuur der gewone lucht. Eene herleiding is hier dus onmogelijk, ja zelfs van de proeven van Tyndall alleen kan zij niet met juistheid worden gemaakt. Van waar zullen we uitgaan? Van de proef van Tyndall „Contributions to molecular physics Memoir III par 3, waar hij zegt, dat volkomen verzadigde lucht 5½% absorbeerde? In het werk van hem „Heat as a mode of motion pag. 389” zegt hij van deze zelfde proef: „Air perfectly saturated gives a still greater absorption.” Men zou bij vergelijking van de twee opgaven die wij van de absorptie van vochtige lucht op de twee genoemde plaatsen vinden, bijna concludeeren dat het verschillende proeven waren, alhoewel de toestellen volkomen overeenstemmen. Zal men uitgaan van het gezegde van Tyndall, dat wij vinden in laatstgenoemd werk, pag. 390: „In other experiments I found,

with a tube 4 feet long, and polished within, that the atmospheric vapour, on a day of average dryness, absorbed over 10% of the radiation from our source"? Dit is ook nog al willekeurig daar hij ons verder niets aangaande dezen toestel mededeelt. Prof. Wild heeft dit gedaan, zooals wij later zien zullen, maar ik geloof dat het niet tot volkomen juiste uitkomsten aanleiding kan geven, wel tot eenigszins benaderde, om welke reden ik zijne conclusie ook niet verwerpen zal.

---

## H O O F D S T U K III.

---

KRITISCHE BESCHOUWING OVER DE PROEFNEMINGEN,  
BESCHREVEN pgg. 8—28.

Het komt mij wenschelijk voor bij de kritische beschouwing der verschillende proeven dezelfde volgorde in acht te nemen, die ik bij hare beschrijving opgegeven heb; met dien verstande evenwel dat ik de proef van Magnus, beschreven pgg. 8—11, voeg bij de andere proeven, volgens deze methode, pgg. 16—20; en evenzoo de proef van Tyndall (pgg. 11—15) bij die, volgens zijne methode genomen, waar de thermo-electrische zuil vrij staat, geheel buiten de proefbuis, pgg. 20—25.

---

BESCHOUWING DER PROEVEN, GENOMEN VOLGENS DE  
METHODE VAN MAGNUS.

Groot is het verschil in de methoden door Magnus en Tyndall gevolgd, zooals wij reeds bij de beschrijving gezien hebben; niet minder groot is ook (zooals uit de woorden van Magnus en Tyndall kan opgemaakt worden) het verschil in uitkomsten door beiden verkregen, vooral wat de absorptie van droge en met waterdamp verzadigde lucht betreft.

Hieruit moet dus volgen dat eene der beide methoden de meest nauwkeurige is.

Slechts weinig proeven zijn volgens de methode van Magnus genomen, alleen door hem zelve en door Prof. Wild, terwijl wij die van den laatsten gerust verwerpen kunnen, waarvoor ik de reden reeds aangegeven heb bij de beschrijving, pag. 17 tot 19.

Alleen dus de proeven door Magnus zelve genomen, blijven ter beschouwing over. Voor wij over deze een oordeel vellen, moeten wij met de resultaten te rade gaan, welke met de toestellen volgens de methode van Magnus en met die volgens de methode van Tyndall zijn verkregen.

Wij vinden hierover drie zeer van elkander verschillende uitspraken:

Magnus zegt: „Bekanntlich findet eine Differenz zwischen den Resultaten, welche Hr. Tyndall für die Absorption der strahlenden Wärme erhalten hat und den von mir gefundenen statt. Zwar haben wir beide, unabhängig von einander, nach zwei ganz verschiedenen Methoden, für fast alle Gase Werthe gefunden, die so weit mit einander übereinstimmen, als man es bei Messungen der Art erwarten kann, für die Absorption der trocknen Luft, im Vergleich zu dem luftverdünnten Raume, ist dagegen von mir ein viel grösserer Werth erhalten worden, als von Hrn. Tyndall <sup>1)</sup>.”

Eveneens zegt hij later <sup>2)</sup>: „Beide Untersuchungen (die van Tyndall en Magnus zelve) haben das Resultat geliefert, dass einige Gase, in eine Röhre von 1 Meter Länge eingeschlossen, weniger als die Hälfte von der auf sie fallenden Wärme durchlassen. In dieser Beziehung stimmten die von uns gefundenen Resultate im Allgemeinen mit einander überein, in Bezug aber auf die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft zeigten sie grosse Verschiedenheit.” Dit laatste toont hij in getallen aan.

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118. pag. 575.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130. pag. 207.

Tyndall daarentegen zegt <sup>1)</sup>:

„Professor Magnus refers to the agreement which subsists between his results and mine in the case of the more powerfully acting gases, in proof of the correctness of his mode of experiment. The agreement, however, is not such as to warrant the conclusion drawn from it. The case may be illustrated by reference to a delicate chemist's balance as compared with one of those used in common life. Weighing pounds, both balances would roughly agree, but in weighing milligrammes the coarser balance would infallibly fail. I think it vain to expect a correct determination in any case requiring great delicacy with the apparatus which Professor Magnus employs.”

Prof. Wild komt daarentegen door berekening tot de conclusie dat ook het verschil in absorptie, door beiden voor waterdamp verkregen, niet zeer groot is.

Wij lezen nl. hierover <sup>2)</sup>:

„Magnus schliesst nähnlich aus seinen Versuchen mit trockener und mit bei 16° C. mit Wasserdampf gesättigter Luft, dass der bei 16° C. in der Luft vorhandene Wasserdampf keinen merkbaren Einfluss auf die Absorption ausübe. Zwischen der Wärmequelle von 100° und der Thermokette war dabei je eine Luftschicht von 1 Fuss Dicke eingeschaltet. Die Ablenkungen der Galvanometernadel betrug hierbei resp. 12°,5 und 12°,6 deren Differenz also Unterhalb des mittlern Beobachtungsfehlers von 0°,2 fällt. Anderseits folgert Herr Tyndall aus seinen schönen Messungen, dass eine 4 Fuss lange Schicht von mit Wasserdampf gesättigter Luft in runder Zahl 10 Procent der gesammten Strahlung absorbire und zwar gilt diese Zahl auch für die Versuche, wo die Röhre mit Steinsalzplatten verschlossen war. Von 100 einfallenden Strahlen würden also 90 durchgehen, oder wenn wir die Wärmewirkung der einfallenden Strahlen gleich 1

<sup>1)</sup> Contributions on molecular physics, page 159.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129. pag. 58 en 59.

setzen so wäre diejenige der austretenden 0.90. Nehmen wir an, dass gleichdicke Schichten gleichviel absorbiren, was bei der schwach absorbirenden feuchten Luft wohl zulässig ist, so würden hiernach von 100 einfallenden Strahlen durch eine Schicht feuchter Luft von bloss 1 Fuss Dicke 97.5 durchgehen oder die Wärmewirkung der austretenden Strahlen zu der der einfallenden wie 0.975 zu 1 sich verhalten. Dieser Abnahme der Wärmewirkung hätte bei den Versuchen des Herrn Magnus eine Verminderung der Ablenkung um  $0^{\circ},4$  entsprechen müssen, so dass die Differenz zwischen den Angaben beider Forscher sich in Wirklichkeit bloss auf eine, den Beobachtungsfehler bei der einen Untersuchung um etwa das Doppelte überschreitenden Grösse reducirt."

Is het waar hetgeen Prof. Magnus zegt, dan is de toestel van hem en van Tyndall even goed [ingericht,] en moet eene fout begaan zijn door een van beiden bij de waarnemingen over droge en met waterdamp verzadigde lucht, hetzij dat zoowel de droge als de verzadigde lucht beiden niet zuiver waren, of dat slechts een van deze twee aan zuiverheid te wenschen overliet, hetzij dat de aflezingen niet met de vereischte nauwkeurigheid geschied zijn. Het is toch zeer onwaarschijnlijk, dat, waar twee zulke ervaren proefnemers als Tyndall en Magnus, volgens geheel verschillende methoden verscheidene gassen onderzoeken en, met uitzondering van één, tot ongeveer gelijke resultaten komen, de verschillende uitkomsten van dit ééne aan fouten in de toestellen zelve zouden moeten toegeschreven worden. Het omgekeerde, dat n.l. van al de resultaten, die volgens de twee verschillende methoden verkregen zijn er slechts één overeenkwam, zou, dunkt mij, met meer waarschijnlijkheid zijn oorzaak kunnen vinden in eene fout in een der beide toestellen. Is dus waar hetgeen Magnus zegt, dan hebben wij ons slechts te bepalen tot het onderzoek naar de zuiverheid der droge en met waterdamp verzadigde lucht en naar de wijze waarop dit onderzocht is.

Is eveneens de berekening van Prof. Wild juist, dan zouden al de resultaten, door Magnus en Tyndall verkregen, overeenkomen, en zouden wij tot het besluit komen, niet dat beide methoden en de toestellen er naar ingericht volmaakt goed zijn, maar dat de eene boven de andere verkiesbaar is om zijne grootere gevoeligheid.

Geheel iets anders wordt het, als wij ons aan de verklaring van Tyndall houden, dat de resultaten in het geheel niet overeenkomen, noch die van droge en met waterdamp verzadigde lucht, noch die omtrent de andere gassen.

In dit geval moet de fout nog in iets anders gelegen zijn dan in de gevoeligheid.

Deze quaestie moet derhalve eerst onderzocht en uitgeemaakt worden vóór de toestel van Magnus en zijne methode nader kan besproken worden.

Staan we het eerst stil bij de berekening van Prof. Wild. Bij den aanvang van zijne onderzoekingen, geloof ik, dat wij mogen zeggen, dat hij zich op een onzijdig standpunt bevindt. Hij toont hier nog geene vooringenomenheid voor de methode van Tyndall zooals eenige bladzijden later, door mij reeds aangetoond pagg. 17—19. Hij begint met te spreken over de proef v. Magnus pag. 8—11 en geeft het resultaat aan, dat deze met zijnen toestel verkreeg, zooals wij het opgeteekend vinden pag. 30. Nu zegt hij: „Die Ablenkungen der Galvanometernadel betrugten hierbei resp.  $12^{\circ},5$  und  $12^{\circ},6$  deren Differenz also unterhalb des mittlern Beobachtungsfehlers von  $0^{\circ},2$  fällt.” Dit wordt volkomen bevestigd als men Pogg. Ann. Bd. 112 de opgaven onder „Differenz” vergelijkt met het gemiddelde.

Met dit resultaat van Magnus vergelijkt Prof. Wild de resultaten door Tyndall verkregen. Hij gaat uit van de verklaring van laatstgenoemde: „In other experiments I found, with a tube 4 feet long, and polished within, that the atmospheric vapour, on a day of average dryness, absorbed over 10 percent, of the radiation from our source.” <sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Tyndall. Heat considered as a mode of motion. 1865.

Hieruit moet dus volgen dat eene der beide methoden de meest nauwkeurige is.

Slechts weinig proeven zijn volgens de methode van Magnus genomen, alleen door hem zelven en door Prof. Wild, terwijl wij die van den laatsten gerust verwerpen kunnen, waarvoor ik de reden reeds aangegeven heb bij de beschrijving, pag. 17 tot 19.

Alleen dus de proeven door Magnus zelven genomen, blijven ter beschouwing over. Voor wij over deze een oordeel vellen, moeten wij met de resultaten te rade gaan, welke met de toestellen volgens de methode van Magnus en met die volgens de methode van Tyndall zijn verkregen.

Wij vinden hierover drie zeer van elkander verschillende uitspraken:

Magnus zegt: „Bekanntlich findet eine Differenz zwischen den Resultaten, welche Hr. Tyndall für die Absorption der strahlenden Wärme erhalten hat und den von mir gefundenen statt. Zwar haben wir beide, unabhängig von einander, nach zwei ganz verschiedenen Methoden, für fast alle Gase Werthe gefunden, die so weit mit einander übereinstimmen, als man es bei Messungen der Art erwarten kann, für die Absorption der trocknen Luft, im Vergleich zu dem luftverdünnten Raume, ist dagegen von mir ein viel grösserer Werth erhalten worden, als von Hrn. Tyndall <sup>1)</sup>.”

Eveneens zegt hij later <sup>2)</sup>: „Beide Untersuchungen (die van Tyndall en Magnus zelven) haben das Resultat geliefert, dass einige Gase, in eine Röhre von 1 Meter Länge eingeschlossen, weniger als die Hälfte von der auf sie fallenden Wärme durchlassen. In dieser Beziehung stimmten die von uns gefundenen Resultate im Allgemeinen mit einander überein, in Bezug aber auf die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft zeigten sie grosse Verschiedenheit.” Dit laatste toont hij in getallen aan.

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118. pag. 575.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130. pag. 207.



Tyndall daarentegen zegt <sup>1)</sup>:

„Professor Magnus refers to the agreement which subsists between his results and mine in the case of the more powerfully acting gases, in proof of the correctness of his mode of experiment. The agreement, however, is not such as to warrant the conclusion drawn from it. The case may be illustrated by reference to a delicate chemist's balance as compared with one of those used in common life. Weighing pounds, both balances would roughly agree, but in weighing milligrammes the coarser balance would infallibly fail. I think it vain to expect a correct determination in any case requiring great delicacy with the apparatus which Professor Magnus employs.”

Prof. Wild komt daarentegen door berekening tot de conclusie dat ook het verschil in absorptie, door beiden voor waterdamp verkregen, niet zeer groot is.

Wij lezen nl. hierover <sup>2)</sup>:

„Magnus schliesst nämlich aus seinen Versuchen mit trockener und mit bei 16° C. mit Wasserdampf gesättigter Luft, dass der bei 16° C. in der Luft vorhandene Wasserdampf keinen merkbaren Einfluss auf die Absorption ausübe. Zwischen der Wärmequelle von 100° und der Thermokette war dabei je eine Luftschicht von 1 Fuss Dicke eingeschaltet. Die Ablenkungen der Galvanometernadel betragen hierbei resp. 12°,5 und 12°,6 deren Differenz also Unterhalb des mittlern Beobachtungsfehlers von 0°,2 fällt. Andererseits folgert Herr Tyndall aus seinen schönen Messungen, dass eine 4 Fuss lange Schicht von mit Wasserdampf gesättigter Luft in runder Zahl 10 Procent der gesammten Strahlung absorbire und zwar gilt diese Zahl auch für die Versuche, wo die Röhre mit Steinsalzplatten verschlossen war. Von 100 einfallenden Strahlen würden also 90 durchgehen, oder wenn wir die Wärmewirkung der einfallenden Strahlen gleich 1

<sup>1)</sup> Contributions on molecular physics, page 159.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129. pag. 58 en 59.

setzen so wäre diejenige der austretenden 0.90. Nehmen wir an, dass gleichdicke Schichten gleichviel absorbiren, was bei der schwach absorbirenden feuchten Luft wohl zulässig ist, so würden hiernach von 100 einfallenden Strahlen durch eine Schicht feuchter Luft von bloss 1 Fuss Dicke 97.5 durchgehen oder die Wärmewirkung der austretenden Strahlen zu der der einfallenden wie 0.975 zu 1 sich verhalten. Dieser Abnahme der Wärmewirkung hätte bei den Versuchen des Herrn Magnus eine Verminderung der Ablenkung um  $0^{\circ},4$  entsprechen müssen, so dass die Differenz zwischen den Angaben beider Forscher sich in Wirklichkeit bloss auf eine, den Beobachtungsfehler bei der einen Untersuchung um etwa das Doppelte überschreitenden Grösse reducirt."

Is het waar hetgeen Prof. Magnus zegt, dan is de toestel van hem en van Tyndall even goed [ingericht,] en moet eene fout begaan zijn door een van beiden bij de waarnemingen over droge en met waterdamp verzadigde lucht, hetzij dat zoowel de droge als de verzadigde lucht beiden niet zuiver waren, of dat slechts een van deze twee aan zuiverheid te wenschen overliet, hetzij dat de aflezingen niet met de vereischte nauwkeurigheid geschied zijn. Het is toch zeer onwaarschijnlijk, dat, waar twee zulke ervaren proefnemers als Tyndall en Magnus, volgens geheel verschillende methoden verscheidene gassen onderzoeken en, met uitzondering van één, tot ongeveer gelijke resultaten komen, de verschillende uitkomsten van dit ééne aan fouten in de toestellen zelve zouden moeten toegeschreven worden. Het omgekeerde, dat n.l. van al de resultaten, die volgens de twee verschillende methoden verkregen zijn er slechts één overeenkwam, zou, dunkt mij, met meer waarschijnlijkheid zijn oorzaak kunnen vinden in eene fout in een der beide toestellen. Is dus waar hetgeen Magnus zegt, dan hebben wij ons slechts te bepalen tot het onderzoek naar de zuiverheid der droge en met waterdamp verzadigde lucht en naar de wijze waarop dit onderzocht is.

Is eveneens de berekening van Prof. Wild juist, dan zouden al de resultaten, door Magnus en Tyndall verkregen, overeenkomen, en zouden wij tot het besluit komen, niet dat beide methoden en de toestellen er naar ingericht volmaakt goed zijn, maar dat de eene boven de andere verkiesbaar is om zijne grootere gevoeligheid.

Geheel iets anders wordt het, als wij ons aan de verklaring van Tyndall houden, dat de resultaten in het geheel niet overeenkomen, noch die van droge en met waterdamp verzadigde lucht, noch die omtrent de andere gassen.

In dit geval moet de fout nog in iets anders gelegen zijn dan in de gevoeligheid.

Deze quaestie moet derhalve eerst onderzocht en uitgemaakt worden vóór de toestel van Magnus en zijne methode nader kan besproken worden.

Staan we het eerst stil bij de berekening van Prof. Wild. Bij den aanvang van zijne onderzoekingen, geloof ik, dat wij mogen zeggen, dat hij zich op een onzijdig standpunt bevindt. Hij toont hier nog geene vooringenomenheid voor de methode van Tyndall zooals eenige bladzijden later, door mij reeds aangetoond pagg. 17—19. Hij begint met te spreken over de proef v. Magnus pag. 8—11 en geeft het resultaat aan, dat deze met zijnen toestel verkreeg, zooals wij het opgeteekend vinden pag. 30. Nu zegt hij: „Die Ablenkungen der Galvanometernadel betrugten hierbei resp.  $12^{\circ},5$  und  $12^{\circ},6$  deren Differenz also unterhalb des mittlern Beobachtungsfehlers von  $0^{\circ},2$  fällt.” Dit wordt volkomen bevestigd als men Pogg. Ann. Bd. 112 de opgaven onder „Differenz” vergelijkt met het gemiddelde.

Met dit resultaat van Magnus vergelijkt Prof. Wild de resultaten door Tyndall verkregen. Hij gaat uit van de verklaring van laatstgenoemde: „In other experiments I found, with a tube 4 feet long, and polished within, that the atmospheric vapour, on a day of average dryness, absorbed over 10 percent, of the radiation from our source.” <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Tyndall. Heat considered as a mode of motion. 1865.

Ik geloof dat deze uitdrukking eenigszins verzwakt wordt door in plaats van „atmospheric vapour on a day of average dryness” te vertalen „mit Wasserdampf gesättigter Luft”. Voor met waterdamp verzadigde lucht had Tyndall wellicht eene nog grootere procentsgewijze absorptie gevonden. Deze verzwakking wordt nog grooter door „over 10 percent” te vertalen „in runder zahl 10 Procent”. Juister zou het wellicht geweest zijn daar, overeenkomstig met „volkomen verzadigde lucht”, ook te vertalen „11 of 12 percent”. Hierdoor wordt nu het verschil tusschen de resultaten van Tyndall en Magnus *nog* geringer als waartoe Wild komt door hetgeen *hij* aanneemt. Wij kunnen dus gerust toestemmen het gezegde van Prof. Wild „die Resultate, welche jeder der genannten Forscher (Magnus en Tyndall) nach seiner Methode erhalten hat, differiren bei näherer Betrachtung gar nicht so sehr, wie es wohl auf den ersten Anblick erscheint.” <sup>1)</sup> Wij moeten nu nog nagaan of wellicht ook de uitspraak van Magnus pag. 44 juist is: dat de uitkomsten van hem en Tyndall, betreffende de overige gassen, vrij goed overeenkomen.

Wij vinden hieromtrent reeds eene poging in het werk gesteld door Dr. Hoorweg <sup>2)</sup>, maar ten eerste komt mij zijn punt van uitgang niet juist voor. Hij zegt nl. „Tyndall benutzte eine Röhre von 2 Fuss 8 Zoll Länge” en in deze buis „absorbirt mit Wasserdampf gesättigter Luft 90 Mal stärker als trockene Luft, und dabei 10 Proc. der gesammten Wärme.” Dit is dunkt mij in strijd met de verklaring van Tyndall zelve die wij op de vorige pagina vonden, wat de lengte der buis betreft. Ten tweede zou het volgens mijne opinie nog niet tegen de methode van Magnus strijden als zijne resultaten, vergeleken met die van Tyndall, berekend naar de opgave van de absorptie door waterdamp hierboven vermeld, niet overeenkomen; zij zouden

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 129 pag. 58.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 155 pag. 386.

dan vergeleken zijn alleen met het grootste resultaat, dat door dezen verkregen is. Is dit geheel onpartijdig? Ik geloof, dat wij die resultaten van Magnus ook nog als juist kunnen beschouwen, als zijne opgaven over de absorptie der andere gassen gelegen zijn tusschen de opgaven over de absorptie dezer gassen, afgeleid uit *twee* verschillende waarden van Tyndall. Deze herleiding is evenwel aan moeilijkheden onderhevig, door de onnauwkeurigheid waarmede laatstgenoemde zijne resultaten mededeelt, zooals ik reeds zeide pgg. 41 en 42. Het komt mij evenwel voor, dat de quaestie opgelost wordt door een gezegde waartoe Tyndall zelf komt. Eerst, zooals wij pag. 45 zagen, komt hij op tegen de uitspraak van Magnus, dat hunne uitkomsten aangaande de andere gassen zouden overeenstemmen. Later schijnt hij evenwel van deze gedachte terug gekomen te zijn als hij zegt <sup>1)</sup>: „But as regards absorption by gases, Professor Magnus and myself had operated on the same substances; and considering the totally different methods employed, the correspondence between our results must be regarded as remarkable.” Erkent dus Tyndall zelf dat de resultaten van hem en Magnus, wat andere gassen betreft, overeenkomen, dan wordt onze twijfel daaraan zeer verminderd. Is in dit laatste gezegde van Tyndall eene beleefdheid van hem tegenover Magnus te zoeken, zoo geloof ik dat dit wat te ver getrokken is. Tyndall zou, als hij dit wilde doen, niet gezegd hebben: „our results must be regarded as *remarkable*.” In dit „remarkable” is, dunkt mij, meer als eene beleefdheid gelegen, en geeft te kennen dat het verschil in resultaten niet zoo bijzonder groot is. Ik geloof dus, dat de toestel van Magnus niet geheel te verwerpen is, maar wel dat hij met eenige wijziging tot grootere afwijkingen en zoo tot duidelijker resultaten zou gekomen zijn. Om dit aan te toonen, moet ik mij weer beroepen op eene proef van Tyndall, en wel op de eerste wijziging, die hij zijnen oorspronkelijken toe-

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 410.

stel doet ondergaan (pag. 20). Hij gebruikt bij eene glazen buis eene warmtebron van hoogere temperatuur, 270° C., om hierdoor te gemoet te komen aan het nadeel door het geringere reflexievermogen van het glas teweeg gebracht. Magnus gebruikt evenwel eene warmtebron van 100° bij eene glazen proefbuis. Dit moet tot minder duidelijke resultaten aanleiding geven, als wij zien dat het reflexievermogen van glas slechts  $\frac{1}{10}$  is van gepolijst koper, zooals wij vinden opgegeven volgens Leslie in Jamin Cours de physique tome 2, pag. 270.

De objectie gemaakt door Tyndall tegen de proef van Magnus, dat het bovenvlak van de proefbuis het uitstralingsoppervlak der warmtebron was, zooals hij dit zegt in zijne Contributions to molecular physics pag. 114 met deze woorden: „I was on the point of falling into the same error etc. In one experiment where this (bringing the gas to be examined into contact with the source of heat) occurred I obtained an action forty times that I knew it ought to be”, is van weinig waarde. Hij geeft hierbij niets naders aangaande den toestel zelven, wat den stand der buis betreft, horizontaal of vertikaal, of wat haren aard aangaat, of zij van glas of van koper vervaardigd was.

Eene andere proef, die hij op deze zelfde bladzijde nog beschrijft, genomen 4 Nov. 1860, is van meer belang. Hij zegt: „Na mij overtuigd te hebben dat de toestel, waarin de gassen gedroogd werden, volmaakt goed was, bracht de lucht van het laboratorium, goed gedroogd, bij haar doorgaan door de buis eene absorptie teweeg gelijk 1. Nu werd deze zelfde lucht ook in de voorkamer gelaten, kwam dus in aanraking met de bron. De naald van den galvanometer toonde na 2 minuten een warmteverlies aan evenredig met eene absorptie van 50. De voorkamer is 8 duim lang, de proefbuis 33 duim, (dus dit is dezelfde toestel als beschreven is pag. 20); derhalve eene kolom van 8 duim lengte in aanraking met het uitstralingsoppervlak brengt eene 50 maal grootere uitwerking teweeg dan eene

kolom viermaal langer, waar het gas niet in aanraking is met de warmtebron"

Hiermede schijnt in strijd te zijn de waarneming van Magnus over dit zelfde punt, beschreven pag. 16, waarmede hij de uitkomsten verkreeg, opgeteekend pag. 31.

Gaan wij beide proeven vergelijken, dan zien wij dadelijk twee groote verschillen, ten eerste de temperatuur der warmtebron, bij Tyndall 270° C. en bij Magnus 100° C., en ten tweede den stand der buis, bij den eersten een horizontalen, bij den laatsten een verticalen. Voornamelijk het eerste verschil is van waarde, want trachtte Tyndall, door de voorkamer (van glas) met een vat water van een standvastige temperatuur te omgeven, de strooming en geleiding op te heffen, Magnus deed dit door het glazen vat verticaal te plaatsen.

Ik geloof dat ook hier de fout bij Tyndall gelegen is en dat wellicht de strooming nog een grooter invloed gehad heeft. Of ook andere oorzaken van onnauwkeurigheid in den toestel van Magnus zijn aan te wijzen, zullen wij nog later vinden.

Van de andere proefnemingen valt ons dadelijk eene op, nl. die door Magnus genomen werd, na zijnen terugkeer uit Londen, in navolging van eene van Tyndall, aldaar door hem bijgewoond, reeds beschreven pgg. 22 en 23 en waarvan wij de uitkomsten opgeteekend vinden pag. 34.

Ik geloof dat deze proef van Magnus een groot bewijs is voor de nauwkeurigheid waarmede Tyndall experimenteert. In het eerst, zoo lezen wij pag. 34, kreeg hij dezelfde uitkomsten als Tyndall, doch later juist geheel tegenovergestelde. Waardoor hij juist tegenovergestelde uitkomsten verkreeg wordt door hem zeer duidelijk en juist verklaard, maar daardoor springt ons ook in het oog de fout door hem begaan. Hij zegt nl.: 1) „Ich fand zunächst, dass nur wenn die Luft mit einer gewissen Kraft eingeblasen wurde, die Ablenkung erfolgte." Daarna verklaart hij zijne resul-

1) Pogg. Ann. Bd. 118, pag. 580.

taten door te zeggen, dat de droge en met waterdamp verzadigde lucht tegen de thermo-electrische zuil komt en daar verkoeling teweeg brengt door de verdamping van den daarop neêrgeslagenen waterdamp, of verwarming door het neêrslaan van dezen. Hieruit blijkt dus dat de lucht met eene groote snelheid door de proefbuis gedreven werd. En wat vinden wij daarentegen door Tyndall gezegd? „Als de kranen Q en O gesloten en Q' en O' geopend waren en *zachtjes* op de blaasbalg gedrukt werd, ging een stroom vochtige lucht *langzaam* naar het uiteinde E' der proefbuis. De luchtpomp werd nu tevens in werking gebracht en zoo ging de lucht *langzaam* door de proefbuis heen.” <sup>1)</sup> De lucht *kon* nu niet tegen de zuil aankomen en Tyndall moest dus tot zuiverder resultaten komen.

Mocht men uit de in het Duitsch aangevoerde zinsnede, op de vorige pagina, opmaken dat Magnus, bij eene langzamere doorvoering der lucht door de proefbuis, geene afwijking verkreeg en daaruit besluiten dat hij nooit afwijkingen met toestellen volgens de methode van Tyndall bekwam, die overeenstemden met die van Tyndall, dan moet ik verwijzen naar eene verklaring hieromtrent van Magnus zelve. <sup>2)</sup> Met eenen toestel overeenkomende met den eersten van Prof. Wild volgens de methode van Tyndall „erhielt ich auch dieselben Resultate wie Hr. Wild, Erwärmung beim Einblasen von trockner Luft, Erkaltung durch feuchte, nur waren die Ausschläge des Galvanometers noch etwas gröszer als er sie angiebt, wahrscheinlich weil das Instrument, dessen ich mich bediente, empfindlicher war.” Bovendien komt het op deze zelfde pagina eenige regels later duidelijk uit, dat hier werkelijk de lucht zeer langzaam door de buis ging, want wij lezen: „Auch fand ich bald, dass die saugende Pumpe überflüssig war, denn die Ausschläge blieben dieselben, sie mochte angewendet werden oder nicht.”

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 113.

<sup>2)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130, pag. 210.



Dus zelfs als de luchtstroom niet verzwakt werd door de werking der luchtpomp, was deze nog zoo gering, dat men haren invloed niet op de zuil waarnam.

In de proeven van Prof. Wild vinden wij een verschijnsel, volkomen overeenkomende met het hier vermeldde van Prof. Magnus.

„Zu verschiedenen Malen wurden auch vor Beginn oder am Schluss der Beobachtungen die Leslie'schen Würfel entfernt und nunmehr die Wirkung auf die Thermokette ohne Wärmequelle beobachtet, wenn man die Pumpen in Bewegung setzte. Nur bei starkem Einblasen der Luft erhielt man hierbei eine Bewegung des Spaltenbildes von ungefähr einem Scalentheil, aber im entgegengesetzten Sinne von den vorigen, d. h. so, dass dieselbe eine Erwärmung derjenigen Seite der Thermokette anzeigte, auf welcher die feuchte Luft in die Röhre getrieben wurde.“ Wij zien hier, zooals ook Prof. Wild laat volgen, volkomen hetzelfde resultaat als door Magnus verkregen was met zijnen toestel (pgg. 22 en 23). Uit deze redeneering van Wild volgt (eene gevolgtrekking, waartegen ik bij de behandeling van de zoo even aangehaalde proef van Magnus opkwam) dat, als de lucht niet *sterk* door de proefbuis geblazen werd, geene afwijking van de magneetnaald werd waargenomen in dezen zin, en tevens dat bij al zijne andere waarnemingen de lucht langzaam door de buis gedreven werd, want nergens elders spreekt hij van de werking, die hij hier verkreeg bij een hard inblazen van de lucht.

Wij kunnen dus deze proef van Magnus gerust verwerpen. Ik heb om deze reden haar afzonderlijk behandeld. De overige proeven zal ik niet elk afzonderlijk behandelen, maar eenigszins allen te gelijk. 1<sup>o</sup>. zal ik nagaan de werking der klipzoutplaten; 2<sup>o</sup>. den invloed der luchtlaag tusschen de proefbuis en de zuil, en hieruit een besluit trekken ten opzichte der toestellen waar de zuil geheel vrijstaat en waar zij in de proefbuis geplaatst is. Hierbij zal ik tevens behandelen den invloed door geleiding en streaming, en de

verschillende methoden ter vergelijking van de werking van droge en vochtige lucht, de compensatiebron. 3°. Nagaan den invloed van den neerslag op den wand der proefbuis, de vaporhaesie, en de dynamische radiatie en absorptie, en hierdoor overgaan tot de beschouwing der derde reeks proeven, d. w. z. van die, waar de proefbuis zelve is weggelaten.

#### DE KLIPZOUTPLATEN.

Ik heb deze genomen als een eerste punt van beschouwing, omdat Magnus in zijn oordeel over Tyndall's methode dadelijk objecties maakt tegen het gebruik er van, nadat hij de objecties door Tyndall gemaakt tegen het onmiddellijk verband tusschen de warmtebron en het te onderzoeken gas, had trachten te wederleggen, hetgeen door mij reeds op pag. 50 en 51 is behandeld.

Hij zegt n.l. <sup>1)</sup>: „Es scheint ausser Zweifel dass diese Ursache (der Absorption der feuchten Luft) in der Anwendung der Steinsalzplatten zu suchen ist.” Hij laat hier onmiddelijk eene proef op volgen, door hem zelve genomen, waar hij, bij weglating der klipzoutplaten, een zeer gering verschil verkreeg (steeds minder dan 1%) tusschen de absorptie van droge en met waterdamp verzadigde lucht, terwijl hij bij het gebruik van deze een „bedeutend groszer” verschil bekwam. Hij verwijst hierna nog naar andere waarnemingen omtrent de hygroskopische eigenschap der klipzoutplaten genomen, en opgeteekend in Pogg. Ann. Bd. 114, pag. 635. Daar zegt hij: „Plaatst men eene klipzoutplaat onder een klok in eene schuinsche richting, en onder die klok een vat water, dan neemt het klipzout dit water tot zich, hetwelk zich in het laagst gelegene punt ophoopt en droppelswijze terugvalt. Zoo werd de aantrekking van het water onderzocht tusschen 10° en 25° C.,

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 118, pag. 587.

terwijl het water in het vat geene hoogere temperatuur bezat. Ter vergelijking plaatste hij naast de klipzoutplaat eene glazen plaat, deze laatste trok niets geen water tot zich. De klipzoutplaten waren volkomen wit en doorzichtig, en niet alleen die afkomstig waren van Northwich bij Chester, maar ook die uit Tyrol gaven dezelfde uitkomsten. Stelde men daarna de platen aan den invloed bloot van droge lucht of lucht van het laboratorium, zoo waren ze na een paar uren geheel droog."

Was Tyndall onbekend met deze eigenschap? Volstrekt niet. Hij zegt zelf <sup>1)</sup> „Klipzout is eene hygroscopische stof. Als men tegen eene klipzoutplaat ademt verbreidt zich de vochtigheid in eene dunne laag over de plaat heen. Bezoekers van de Internationale tentoonstelling kunnen getuigen hoe vochtig de stukken klipzout waren die uit Oostenrijk en Hongarije ingezonden waren", en „de hygroscopische eigenschap van het klipzout is bekend". Hetgeen Tyndall op het laatste volgen laat toont aan dat hij de meeste voorzorgen in acht nam bij het gebruik. Hij zegt toch „Care is necessary in the use of it, and especial care when air, artificially moistened, is blown over it.

But as I use it the necessary caution is by no means inordinate. I have, for example, permitted my assistant, Mrr Cottrell, to experiment for a week at a time with dry and moist air, and to detach every evening the rocksalt-plates from the experimental tube while the latter was filled with moist air. In these experiments no more trace of moisture, or its effects, was found upon the plates of salt than could be discerned upon the most carefully dried and polished surface of flint-glass or rock-crystal.

Het is dus niet te verwonderen, dat Magnus de absorptie van den waterdamp bij Tyndall's proeven toeschreef aan de klipzoutplaten, maar daar Tyndall zelf ook met deze eigenschap bekend was en de meest mogelijke voorzichtig-

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 127 en 384.

heid gebruikte, zal de fout, die er door teweeg gebracht kon worden in het geval hij er onbekend mede was, nu zeer veel geringer zijn. Laten wij nu verder raadplegen de proeven zelve. Wij behoeven hiertoe slechts te verwijzen naar zijne waarneming, beschreven pag. 21.

Hier heeft hij de proefbuis nu eens niet, dan eens wel door klipzoutplaten gesloten. In beide gevallen krijgt hij evenwel hetzelfde verschil in afwijking voor droge en vochtige lucht.

Van veel gewicht is hierbij nog de proef van Dr. E. Frankland <sup>1)</sup>. Hij gebruikt denzelfden toestel als Tyndall pag. 21 en doet proeven over de absorptie van vochtige en droge lucht, niet alleen met eene proefbuis gesloten met klipzoutplaten, maar ook met eene zonder, die aan beide zijden geheel open is. Na eenige proeven zegt hij: „It was thus evident that any obstruction to the passage of the rays of heat through the tube, or, in other words, any *cooling* of that face of the pile which was turned towards the tube, would be indicated by an increased deflection of the needle on the same side of zero, which I will call the — side, whilst a *heating* of the same face of the pile would be attended by a diminished deflection, or even by a passage of the needle to the opposite or + side of zero.”

Nu geeft hij in eene tabel eenige afwijkingen op door droge en vochtige lucht teweeg gebracht, in het geval dat de buis open en in 't geval dat deze gesloten was.

De buis gevuld met	Afwijking der naald bij de	
	opene buis	geslotene buis.
Gewone lucht . . . . .	— 42	. . . — 42
Droge lucht . . . . .	+ 13	. . . + 7
Gewone lucht . . . . .	— 43	. . . . .
Droge lucht . . . . .	+ 6	. . . . .
Gewone lucht . . . . .	— 42 en 46.5	. . . . .
Droge lucht . . . . .	+ 14	. . . . .

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 152 etc.

Wij zien hier dus volstrekt geen verschil in absorptie door de klipzoutplaten teweeg gebracht. Hij zegt: „I saw also the following experiments made by yourself (Tyndall) when the ends of the brass tube were closed by plates of rock-salt” en laat dan de beide opgaven — 42 en + 7 volgen; om hiermede aan te toonen dat hij dezelfde uitkomsten verkrijgt als Tyndall verkregen had; hij laat er nog op volgen: „Rain was falling at the time these last determinations were made, and the air was very moist. On removing the plates of rock-salt from the tube they appeared to be quite dry; and after being breathed upon, the film of moisture soon disappeared and they recovered their previous lustre.” In dit laatste gezegde, alhoewel „het schijnbare” geen afdoend bewijs is, pleit hier het „schijnbaar” droog zijn toch sterk voor het klipzout, daar gedurende de waarnemingen de lucht zoozeer vochtig was, en kunnen wij wel besluiten dat deze stof geen zeer nadeeligen invloed uitoefende. Ook Tyndall geeft meermalen te kennen dat de platen volkomen droog waren, b. v. voor dat hij den toestel, pag. 21, beschrijft, waarmede hij de proeven genomen heeft, welke ook door Magnus later zijn aanschouwd, zegt hij, dat hij elken avond de klipzoutplaten van de buis afnam en dat „on examining the plates, after the undried air of the laboratory had been experimented with, no trace of precipitated moisture was observed upon their surfaces” <sup>1)</sup>. Eveneens op pag. 413 van het aangehaalde werk zegt hij: „The apparatus has been taken asunder more than fifty times on occasions when I had most reason to expect precipitation, but no trace of moisture has been found on my plates.”

Van het meeste gewicht is hieromtrent de bekentenis van Magnus zelve pag. 22, dat hij, bij gelegenheid van de Internationale tentoonstelling te Londen zijnde, en zelf die proeven van Tyndall aanschouwende waar de proefbuis met klipzoutplaten gesloten was, uitriep: *There is no moisture there.*”

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 111.

Het komt mij dus voor, na de verklaringen door Tyndall, Frankland en Magnus afgelegd aangaande het volkomen afwezig zijn van eenen aanslag op de klipzoutplaten en de overeenkomst die wij vinden in de resultaten verkregen met toestellen waar de proefbuis open was of door klipzoutplaten gesloten, deze, niettegenstaande hare groote hygroscopiciteit, wel gebruikt kunnen worden mits met de grootst mogelijke voorzichtigheid. Ik geloof niet dat aan haar het verschil in de uitkomsten tusschen Tyndall en Magnus behoeft toegeschreven te worden, maar brengen zij geen wezenlijk voordeel aan, vergrooten zij de nauwkeurigheid der proef niet, dan geloof ik wel dat het aan te raden is ze weg te laten, daar zij toch zeer gemakkelijk van invloed zullen kunnen zijn.

---

DE INVLOED DER LUCHTLAAG TUSSEN DE PROEFBUIS  
EN DE THERMO-ELECTRISCHE ZUIL.

De behandeling van dit punt kan geschieden in de beantwoording van deze vraag: Kan de luchtlaag, tusschen de proefbuis en de zuil, eenigen invloed hebben op de stralen die, uit de proefbuis gekomen, de zuil moeten treffen?

Wij zullen hierdoor van zelf gebracht worden tot de vraag:

Wat is het beste de proefbuis in onmiddelijk verband te brengen met de zuil of deze van elkander gescheiden te houden? Hiertoe moeten wij dan tevens nagaan, in hoeverre de mogelijke invloed der geleiding en streaming in beide gevallen is opgeheven. Op den invloed, dien de luchtlaag tusschen de proefbuis en de zuil op de stralen kan hebben, die uit de eerste uitgaan de laatste moeten treffen, is, volgens Tyndall, door Magnus opmerkzaam gemaakt.

Wij lezen toch (Contributions to molecular physics page 130): „A reference to the plate which accompanies the last two memoirs will show the thermoëlectric pile stan-

ding, with its two conical reflectors, at some little distance from the end of the experimental tube. Hence, to reach the pile after it has quitted the tube, the heat had to pass through a length of air somewhat greater than the depth of the reflector. It has been suggested to me that the calorific rays may be entirely sifted in this interval — that all rays capable of being absorbed by air may be absorbed in the space intervening between the experimental tube and the adjacent face of the pile." Hij geeft evenwel niet de plaats aan waar Magnus zich hierover uitlaat, maar ter verdediging van deze objectie dient de proef van Tyndall, pag. 25. Hier bevindt zich tusschen de zuil en de proefbuis eene ruimte van  $\frac{1}{20}$  cM., en merken wij eene nog grootere absorptie van vochtige lucht op dan bij andere waarnemingen waar deze ruimte 12 cM. groot was, zooals bij de proef pag. 21. Tyndall wil hiermede aantoonen dat, mocht men eene objectie willen maken tegen eene vorige waarneming, als zouden daar tusschen de buis en de zuil de warmtestralen voor een gedeelte door de lucht geabsorbeerd worden, hij reeds door eene andere waarneming een nog grooter absorptievermogen kan aantoonen, dat deze objectie hem dus niet terug doet komen van zijne opinie dat de waterdamp zeer sterk de warmte absorbeert. Maar zelfs de objectie, de werking der lucht op de warmtestralen tusschen de buis en de zuil, tracht hij te weerleggen, zeggende: „If, however, a doubt on this point should exist, I can state that I have purposely sent radiant heat through an interval of 24 inches of dry air previous to permitting it to enter the experimental tube, and found all effects to be the same as when the beam had traversed 24 inches of a vacuum." Op dit punt is overigens niet teruggekomen, en ik voor mij geloof ook niet dat de luchtlaag van veel invloed kan geweest zijn op de stralen zelf, daar deze ruimte zeer gering

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics page 129.

is met betrekking tot de lengte van de geheele proefbuis, die eene lengte van 48 of van 33 cM. had.

Op andere invloeden maakt ons Prof. Wild opmerkzaam. Hij vrijwaart zijne zuil tegen eene directe straling van de warmtebron door, zooals wij op pag. 23 zagen, de proefbuizen te voorzien van dunne, loodrecht op de as geplaatste blikken schijfjes, waarvan de buitenste middellijn 12 cM. was. Deze voorzorg komt mij zeer goed voor, daar niets deze directe straling belet.

Laten wij thans nagaan in hoeverre de invloed door geleiding en strooming bij de verschillende toestellen is opgeheven. Hierbij komt nog die door *straling*, waarin door Prof. Wild voorzien is, zooals ik reeds zoo even opmerkte. Wat de strooming betreft, ik geloof dat bij eene inrichting der toestellen, zooals wij hier overal vinden, nl. eenen horizontalen stand der proefbuis, hiervan weinig nadeel te vreezen is. Strooming kan dáár plaats vinden, waar eene volkomen begrensde ruimte ongelijk verwarmd wordt. Men zal dan natuurlijk verticale stroomingen verkrijgen als het ondervlak meer verwarmd wordt dan het bovenvlak, zijdelingsche daarentegen als twee tegenovergestelde zijvlakken niet even sterk verwarmd worden. Verticale stroomingen kunnen hier niet ontstaan. Het uitstralingsoppervlak toch heeft eene verticale middellijn van 29 duim of 7 cM., de warmtebron is òf eene kubus v. Leslie, bevattende water bij 100° C, òf eene plaat verhit tot 270° C, en de verschillende punten aan het oppervlak zullen een niet noemenswaard verschil van temperatuur bezitten.

Het ontstaan van zijdelingsche is, geloof ik, door Tyndall niet volkomen opgeheven zijn; zij zullen evenwel geen groot verschil in absorptie teweeg brengen, en alleen in die proeven van hem kunnen plaats vinden, waar de klipzoutplaten weggenomen zijn en daarenboven door de lucht, die zich tusschen de voorkamer en de proefbuis en tusschen deze en de zuil zich bevindt, verminderd worden. Om deze zelfde reden zullen ze ook van minder invloed zijn



bij de proeven van Wild volgens de methode van Tyndall.

Wel zouden wij hier zeer zeker werking van ondervinden bij eenen verticalen stand van deze, wanneer daarenboven de warmtebron beneden was aangebracht, doch ook bij eene plaatsing van de warmtebron boven de proefbuis, zooals wij bij de toestellen van Magnus zagen, is de invloed hiervan van geene beteekenis. Wat verder de geleiding betreft, deze wordt in de toestellen van Tyndall geheel opgeheven door het vat, pag. 12, hetwelk zich om de voorkamer bevindt, in de toestellen waar klipzoutplaten zijn aangebracht of om diezelfde ruimte in die toestellen, waar deze zijn weggelaten. Mocht nog eenige warmte door geleiding tot het einde van deze afkoelende ruimte zijn voortgeplant, dan zal in de toestellen, pagg. 20—25, de invloed hiervan nog zeer verzwakt worden, daar deze warmte door straling van het einde der proefbuis af de zuil zou moeten bereiken. Dit zal slechts met een zeer klein gedeelte het geval zijn, daar zij van het einde der proefbuis natuurlijk niet alleen in de richting naar de zuil zal uitstralen, maar in alle richtingen.

Dit blijft ook nog gelden voor den toestel van Tyndall, pag. 25, waar de eene reflector der thermozuil in de proefbuis geplaatst is, welke proef, zooals ik daar zeide, eigenlijk als een overgang moet beschouwd worden tusschen de proeven, waar de zuil volkomen vrij buiten de buis zich bevindt, en die waar zij er geheel in staat.

Bij den toestel van Garibaldi, waar werkelijk de zuil in onmiddellijk verband staat met de proefbuis, is evenwel de invloed der geleiding nog volkomener opgeheven, daar wij hier, behalve de met water gevulde buis, die op de temperatuur der omgeving gehouden wordt en zich om de proefbuis bevindt, nog een gedeelte der proefbuis van kristalglas zien vervaardigd. De invloed, door zijdelingsche strooming mogelijk, is hier, alhoewel hij altijd gering blijft, toch sterker als bij de vorige proeven. De toestel van Garibaldi staat dus als het ware alleen. Zeer gemakkelijk

zou hier het verschijnsel zich kunnen voordoen, dat door Magnus is waargenomen, pag. 51. Wij vinden hier evenwel geen spoor van, een bewijs dat ook Garibaldi de lucht langzaam door de buis liet gaan. Wij vinden hier nog eene afwijking van de toestellen van Tyndall en Wild. De lucht toch, die door de buis gevoerd werd, stroomt bij Garibaldi in eene richting van de zuil af, terwijl zij in de andere toestellen naar de zuil toestroomde. Hierdoor kan niet de werking plaats vinden, waar wij reeds op gewezen hebben, pag. 51.

Het komt mij voor dat wat den invloed betreft der buitenlucht op de zuil, het te verkiezen is de zuil binnen de proefbuis te plaatsen en in dat geval de wijzigingen aan te wenden, door Garibaldi aangebracht. Van den anderen kant zal eenige invloed door strooming hier aanwezig kunnen zijn. Ik geloof dat beide, buitenlucht en stroomingen, niet zoo sterk zullen zijn, dat wij, wat dit betreft, eenige voorkeur hebben. Vóór wij evenwel den invloed der proefbuis zelve beschouwen, wil ik hier nog nagaan de werking der compensatiebron.

Men kan het absorbeerend vermogen van droge en vochtige lucht langs twee verschillende wegen onderzoeken:

1°. door ze direct met elkander te vergelijken, zooals Prof. Wild deed met zijnen eersten en derden toestel volgens de methode van Tyndall en 2°. door ze beide te vergelijken met eene derde stof, zooals Tyndall bij al zijne proeven gedaan heeft, waarin hij door Wild met zijnen tweeden toestel volgens deze methode, alsmede door Garibaldi is nagevolgd.

Prof. Wild plaatste daartoe in het eene geval, zooals wij zagen pag. 23, ter weerszijden der zuil twee koperen buizen, beide evenlang en van binnen gepolijst, waardoor de warmtestralen, die daarachter geplaatst waren, haren weg moesten nemen om de zuil te bereiken. Bij de andere proeven was het eene vlak der zuil geheel vrij, daarop werkte volkomen de omgevende lucht. Alleen was eene compensatiebron aangebracht en een scherm, waardoor de werking van deze laatste

gewijzigd kon worden, opdat men zoo de warmte op de beide oppervlakken der zuil volkomen gelijk kon maken, vóór men met de eigenlijke proeven een aanvang maakte. Beide methoden zijn zeer goed in theorie, maar, het komt mij voor, dat in de praktijk de eerste zeer gemakkelijk tot fouten moet aanleiding geven, ja, dat zij zelfs noodzakelijk daartoe moet leiden. Wil men toch de eerste methode aanwenden en waarnemingen doen, zooals ze door Prof. Wild gedaan zijn, en droge en vochtige lucht bij afwisseling door de beide buizen rechts en links van de zuil doen gaan, dan is het niet alleen voldoende dat de beide buizen even lang en goed gepolijst zijn, maar dan moeten zij ook volkomen gelijk zijn, d. w. z. het koper moet overal in de beide buizen dezelfde dikte en dezelfde dichtheid hebben, hetgeen toch inderdaad bijna onmogelijk te verkrijgen is. Dat door eenige ongelijkheid eene fout moet ontstaan, blijkt reeds uit een verschijnsel dat ik hier aanhalen zal, en waarop ik later nog breedvoeriger zal terug komen. Magnus deelt ons n.l. eene proef mede <sup>1)</sup>, waar hij denzelfden toestel gebruikt als Prof. Wild pag. 23: „Auf beiden Seiten der mit ihren Conen versehenen Thermosaüle war eine, aussen und innen polirte Messingröhre 60 cM. lang und 6 cM. im Durchmesser, horizontal angebracht.” Ter weerszijden van die buizen stonden warmtebronnen, en tusschen deze en de buizen schermen, zoodat men de verwarming van de beide oppervlakken der zuil kon regelen.” Nu zegt hij verder, pag. 211: „Wenn in die erwähnten beiden Messingröhren keine Luft eingeblasen wird und die Galvanometernadel befindet sich in der Ruhelage, so empfangen beide Seiten der Thermosaüle gleich viel Wärme. Wenn alsdann in beide Messingröhren gleichzeitig trockne, oder in beide gleichzeitig feuchte Luft eingeblasen wird, so müsste das Galvanometer in der Ruhelage bleiben, vorausgesetzt dass beide Röhren sich gleichmässig mit der eingeblasenen Luft

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 130, pag. 209.

füllen. Als indess der Versuch angestellt wurde, zeigte sich, dass das Galvanometer, wenn es beim Einblasen trockner Luft in beide Röhren in der Gleichgewichtslage war, beim Einblasen feuchter nicht darin verblieb, dass also die beiden Seiten der Säule alsdann nicht mehr gleich viel Wärme empfangen." Ik vermeld hier alleen dit verschijnsel zonder er dieper in door te dringen; maar het bewijst, dunkt mij, tegen de methode van proefneming van Wild bij zijne 1ste en 3de reeks proeven. Beter komt mij de andere compensatie-methode voor. Hier bereiken steeds de warmtestralen der compensatiebron het oppervlak der zuil na de laag lucht, tusschen beide gelegen, doorloopen te hebben. Verandert deze lucht iets, dit zal toch tusschen twee opvolgende proeven zeer weinig zijn, en van bijna geen invloed op den galvanometer. Is de verandering werkelijk zoo groot dat zij eenigen invloed heeft op den galvanometer, dan is dit toch bij beide proeven hetzelfde, en wij zouden dus bij de 1ste en 3de reeks proeven van Wild behalve de fout door de ongelijkheid der beide buizen, ook nog deze fout krijgen, zoodat in elk geval, hetzij de omgevende lucht verandert of niet, de tweede methode verkieslijker is dan de eerste. Wat de compensatie betreft, Magnus heeft deze in zijne toestellen nog eenvoudiger; de lucht heeft geen toegang tot het oppervlak der zuil dat niet naar de warmtebron is toegekeerd. Het andere oppervlak der zuil zoude, doch dit is haast niet aan te nemen, alleen verwarmd kunnen worden door dat de plaat der luchtpomp, waarop zijn toestel geplaatst is, pgg. 8—11, warmte ontvangt van buiten en deze aan de zuil mededeelt. Maar bij deze methode is eene andere fout op te merken, die de oorzaak van het geringe verschil in afwijkingen moet zijn in de proefnemingen van Magnus. Wanneer de toestel luchtledig is, zal de magneetnaald van den galvanometer niet op nul staan, zoodat Magnus zijne afwijkingen niet in de nabijheid van het nulpunt, of ter weerszijden er van vindt aangegeven, en de naald daar toch het gevoeligste is. Hoe

verder zij van het nulpunt af is, des te minder gevoelig is zij in hare werking.

Uit al het tot nu toe beschouwde, van pag. 54 af, blijkt het ten duidelijkste, dat ook op de toestellen volgens de methode van Tyndall ingericht, op die van hem zelven, van Wild en Garibaldi, veel valt aan te merken. Van deze is de toestel van Garibaldi de beste; de invloed door de klipzoutplaten teweeggebracht, hoe gering ook, is hier niet aanwezig, die van verwarming der zuil door directe straling langs den wand der buis en die door geleiding is opgeheven, evenals die door directe verwarming der zuil door de buitenlucht, omdat de thermoëlectrische zuil in de proefbuis is geplaatst. Zijdelingsche strooming kan hier nog aanwezig zijn. Eindelijk is de richting waarin de lucht zich door de buis beweegt beter dan in de andere toestellen.

Van veel waarde zou het geweest zijn, zoo Prof. Garibaldi uitvoeriger was geweest in het beschrijven der resultaten die hij verkregen heeft. Hij komt tot dezelfde resultaten als Tyndall n.l. dat het absorptievermogen van vochtige lucht veel grooter is dan dat van droge lucht.

Waren slechts de tot op de vorige pagina behandelde proeven ons bekend, ze zouden mij gestemd hebben voor de resultaten door de instrumenten volgens de methode van Tyndall verkregen. Magnus staat met zijne methode, met zijnen toestel alleen; slechts Wild heeft proeven volgens die methode genomen, doch zeer ongelukkige. Tegenover hem staat Tyndall met zijne methode, volgens welke niet alleen hij zelf proeven genomen heeft met toestellen die nu deze dan gene wijziging ondervonden, maar volgens welke ook Wild en Garibaldi toestellen hebben ingericht. Allen kwamen ze in 't algemeen tot hetzelfde resultaat.

Ja zelfs Magnus heeft een toestel volgens deze methode ingericht en door eene duidelijk aantewijzen afwijking in de methode van experimenteren komt hij ook tot juist tegenovergestelde resultaten; maar later krijgt hij, in navolging van de proeven van Prof. Wild, dezelfde resultaten als deze.

Dit pleit alles zeer ten voordeele van de resultaten door de toestellen volgens de methode van Tyndall verkregen, die ik daarom boven die van Magnus verkies. Veel goeds heeft de toestel van Magnus, maar door de plaatsing der thermoziil is hij, om de zoo even opgegeven reden, niet zoo gevoelig en geeft daarom minder nauwkeurige uitkomsten.

#### INVLOED VAN DEN WAND DER PROEFBUIS.

Wilde men de doorstraling van warmte door verschillende gassen onderzoeken, dan moesten deze, volgens het denkbeeld zoowel van Tyndall als van Magnus, in van alle zijden geslotene ruimten gebracht worden, om invloeden als beweging enz. van de omgevende lucht, weg te nemen. Dit beginsel hebben beide in hunne eerste toestellen toegepast, evenals Garibaldi en Wild. Het was evenwel niet onverschillig uit welke stof die ruimte vervaardigd werd.

Beide begrepen zij dat die ruimte, de proefbuis, zoodanig moest zijn dat de warmtestralen door het binnenoppervlak zoo veel mogelijk teruggekaatst werden, opdat daardoor de werking vergroot werd.

Magnus zegt hieromtrent bij de beschouwing van zijn eersten toestel:

„Lässt man nämlich die von einer Wärmequelle kommenden Strahlen, ohne dass sie durch irgend eine Röhre gegangen sind, auf eine Thermosäule einwirken, so erhält man stets eine geringere Ablenkung der Nadel als wenn die Strahlen, bei unveränderter Wärmequelle und unveränderter Entfernung von der Thermosäule, durch eine an beiden Enden offenen, d. h. durch keine Art von Platten verschlossene Röhre gehen. Die vermerkte Wirkung rührt offenbar daher, dass von der inneren Wand der Röhre Strahlen reflectirt werden, so dass nicht nur die direct von der Wärmequelle kommenden, sondern auch die schräg in die Röhre einfallenden und von dieser reflectirten Strahlen die

Säule treffen"! <sup>1)</sup> Hij laat hier nog op volgen dat, wanneer die wand met zwart, ruw papier bedekt was, de werking op de zuil wel grooter was dan wanneer de buis geheel was weggelaten, maar toch veel geringer dan wanneer de glazen wand geheel onbedekt was.

Ook Tyndall toont duidelijk aan dat hij buizen aanwendt om de werking te vergrooten; want hij zegt, dat hij eene geel koperen buis boven eene glazen verkiest, „glassbeing far inferior to brass in *reflecting power*, I could not with this source bring out with the desired force the vast differences existing between various kinds of gaseous matter". <sup>2)</sup> De temperatuur zijner warmtebron is dan ook, wanneer hij eene glazen proefbuis gebruikt, 270° C in plaats van 100° C.

Heeft derhalve de wand der buis slechts een meer of minder versterkenden invloed door de terugkaatsing der warmtestralen, dan is eene van binnen goed gepolijste koperen buis te verkiezen boven een glazen, als men sterk sprekende resultaten verkrijgen wil. Magnus schijnt evenwel die reflecteerende werking niet zoo bijzonder wensche-lijk te vinden, daar hij op de zooveen aangehaalde blad-zijde uit Pogg. Ann. zegt: „Man kann den Einfluss der Röhre zwar dadurch geringer machen, dass man Diaphragmen einsetzt, welche die Bestrahlung der inneren Wand hindern; ihn ganz zu vermeiden, ist mir nicht gelungen".

Hij tracht dit toch evenwel zooveel mogelijk te doen door de bovenste ruimte van de onderste, waarin de thermo- zuil geplaatst is, te scheiden door eene buis van 30 mM. lang, want hij zegt: <sup>3)</sup> „Nachdem sich die Abhängigkeit der Durchstrahlung von der Beschaffenheit der Röhrenwand bei diesen Versuchen herausgestellt hatte, kam ich auf den Gedanken, dass vielleicht auf beiden Zahlen, welche für die Durchlassung der Strahlen mit meinem Apparate ge-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112, pag. 527.

<sup>2)</sup> Contributions to molecular physics, page 71.

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. Bd. 112, pag. 541.

funden worden, die innere Wand von Einfluss gewesen sein könnte. Zwar konnten onmöglich von der verticalen Wand des oberen Gefässes Strahlen so reflectirt worden sein, dass sie auf die Thermosäule fielen. Nur von dem engen in dem Kork befindlichen Theile dieses Gefässes war diess möglich; indess ist dieses Stück nur 30 mM. lang, und die Reflexion von der Wand desselben gegen die Säule konnte nur unter einem sehr grossen Winkel stattfinden". Ik geloof dat Magnus hierdoor zijne resultaten veel verzwakt heeft, beter ware het dan geweest de buis van de bron tot de zuil overal denzelfden diameter te geven.

Maar laten we verder zien.

Prof. Magnus wijst nog op andere verschijnselen. Hij doet dit Pogg. Ann. Bd. 130 pagg. 207—227. De uitkomsten door Prof. Wild verkregen, met toestellen volgens de methode van Tyndall ingericht, hadden hem verrast; hij besloot ze te herhalen. Hij had zijn toestel volkomen volgens dien van Wild ingericht en, zegt hij, „ich erhielt auch dieselben Resultate wie Herr Wild, Erwärmung der Säule beim Einblasen von trockner Luft, Erkaltung durch feuchte, nur waren die Ausschläge des Galvanometers noch etwas grösser als er sie angiebt, wahrscheinlich weil das Instrument, dessen ich mich bediente, empfindlicher war.”

Met deze resultaten, die pleiten voor de methode van Tyndall en voor de juistheid zijner resultaten, dus ook tegen al de door hem zelven vroeger verkregene, was hij niet tevreden; en nu stelt hij daarom een nauwkeurig onderzoek in naar den invloed van den wand der buis op de warmtestralen. Hij vermeldt eerst het verschijnsel, door mij reeds aangehaald, pag. 63, waaruit dus blijkt, zooals ik ook zoo even zeide, dat de wand der buis wel degelijk invloed op de warmtestralen uitoefent. Hoe beter de buis van binnen gepolijst is hoe grooter het verschil in warmte is op de zuil. Wanneer de buis met eene dikke laag zwartsel bedekt is, zal zelfs het tegenovergestelde verschijnsel plaats vinden, als wanneer zij gepolijst



is, nl. verwarming, wanneer vochtige lucht, — afkoeling als droge lucht, door haar wordt gedreven. Maar, zegt Magnus verder, er kan nog iets anders plaats vinden. „Es ist früher von mir beobachtet worden, das feste Körper, sowohl metallische als nicht metallische, Wasserdämpfe anziehen aus der sie umgebenden Luft, und an ihrer Oberfläche verdichten.“ Deze verdichte dampen laten zich niet met het oog waarnemen, maar de verwarming of afkoeling, die plaats heeft als een vaste wand in aanraking komt met vochtige of droge lucht van dezelfde temperatuur, laat zich op geene andere wijze verklaren. Aan die verdichting schrijft hij nu de resultaten van Tyndall en Wild toe.

Om aan te toonen dat deze overal plaats heeft, bevestigt hij eene thermoëlectrische zuil buiten tegen de buis aan zoodat „die Berührungslinie parallel mit der Axe der Röhre war.“ Nu zag hij, dat telkens als vochtige lucht door de buis werd geblazen, de zuil eene vermeerdering in warmte aangaf en dat het tegenovergestelde plaats had, wanneer er droge lucht door gedreven werd. Hierop vervolgt hij: „Bedenkt man wie viel mehr Wärme vom Wasser als von einer polirten metallischen Oberfläche absorbirt wird, so leuchtet ein, dass die innere Röhrrand von den auf sie fallenden Strahlen einen viel grösseren Antheil absorbirt, wenn sie mit Wasser bekleidet, als wenn sie ganz trocken ist. Je mehr Wärme aber die Röhre absorbirt, um so weniger reflectirt sie und um so weniger gelangt zur Säule. Wahrscheinlich ist die Wirkung des Wassers in diesen Röhren noch dadurch grösser, dass dasselbe keine continuirliche Schicht bildet, sondern sich in einzelnen kleinen Massen ansetzt, welche die geringe Menge von Wärme, die nicht absorbirt worden, nach allen Richtungen zerstreuen. Die Menge der Wärme, welche ausschliesslich durch Reflexion von der inneren Wand einer der erwähnten polirten Messingröhren, die mit trockner Luft gefüllt war, zur Säule gelangte, war etwa 6 Mal so gross als die, welche direct, unter Fortlassung der Röhre, auf dieselbe

fiel. Wenn aber  $\frac{1}{7}$  von der Wärme, welche die Säule empfängt, reflectirt sind, so muss jede Verminderung der Reflexion eine fast ebenso grosse Verminderung der Erwärmung zur Folge haben.

Die Kohlentheile, welche die geschwärzte Röhre bedecken, wirken in ähnlicher Weise absorbirend wie die condensirten Wassertheile, nur in erhöhtem Maasse; daher wird ihre Absorption durch das abgesetzte Wasser wenig oder gar nicht vermehrt. Aus diesem Grunde beobachtet man keine Erkaltung beim Einblasen von feuchter Luft in die stark geschwärzte Röhre. Im Gegentheil wurde, wie oben erwähnt, eine Erwärmung beobachtet. Diese entsteht offenbar durch die Verdichtung der Dämpfe an der Wand der Röhre. Denn wenn gar keine Wärmequelle angewendet wurde und man blies feuchte Luft in eine dieser Röhren, so erwärmte sich die Säule ebenfalls. Bei polirten metallischen Röhren liess sich von dieser Erwärmung nur in seltenen Fällen etwas wahrnehmen; ohne Zweifel weil die Wärme, sobald sie frei wurde, sich sogleich durch die ganze Masse des Metalls verbreitete. Von einer Bewegung der feuchten Luft bis zur Säule stammte diese Erwärmung nicht, denn sonst hätte sie bei allen diesen Röhren sich zeigen müssen, da sie sämmtlich genau von denselben Dimensionen waren".

Hij gaat hierop nog nauwkeuriger te werk, en richt den toestel zoo in, dat de temperatuur der buis verhoogd of verlaagd kon worden. En nu verkrijgt hij, wanneer de temperatuur der buis  $38^{\circ}$  C was en die der droge of vochtige lucht slechts  $16^{\circ}$  of  $17^{\circ}$  C bedroeg, nog eene verwarming bij het instroomen van vochtige en eene afkoeling door droge lucht. Deze lucht stroomde hier tegen de zuil, die dezelfde temperatuur had als de buis, terwijl de laatste slechts 2 mM. middellijn had, eene lengte van 4 meter en krom gebogen was, zoodat de lucht op dezen langen weg gelegenheid had zich te verwarmen.

Dit verschijnsel noemt Magnus „Vaporhaesie“.

Laten we nu nog even kortelijk herhalen, hoe Magnus de resultaten van Tyndall en Wild door deze „Vaporhaesie” verklaart.

Vochtige lucht wordt door de buis gedreven. Uit deze lucht, hetzij ze dezelfde of zelfs eene veel lagere temperatuur heeft dan de buis, wordt waterdamp gecondenseerd tegen den wand der buis. De warmte die daarbij vrij wordt, verbreidt zich over de geheele buis, tengevolge van haar goed geleidingsvermogen. Door dit in kleine massaas afgezette water wordt de terugkaatsende werking van den wand verminderd, en daardoor eveneens de hoeveelheid warmte, die op de zuil valt. Wordt nu deze lucht door droge vervangen dan wordt het water wederom opgenomen, de wand der buis herkrijgt daardoor zijn groot terugkaatsend vermogen, dus valt er eene veel grootere hoeveelheid warmte op de zuil. Magnus besluit hieruit, dat bij het onderzoek naar het absorptievermogen van de warmte door gassen, en dus ook hier door droge en vochtige lucht, geen gebruik mag gemaakt worden van buizen, om het te onderzoeken gas, gedurende de proefneming, door te laten gaan; hij wijzigt daarom zijnen toestel geheel. Later kom ik hierop terug, daar we nu eerst moeten nagaan, de opinie van Tyndall over de boven beschrevene waarnemingen door Magnus genomen, en zijne wederleggingen van de objectie, die hierdoor tegen zijne methode en resultaten gemaakt is.

Dr. Tyndall begint met eene proef <sup>1)</sup>, overeenkomende met die van Magnus, pag. 69; maar in plaats dat „die Berührungslinie der Säule parallel war mit der Axe der Röhre”, wordt de buis door de zuil gesloten en komt dus het te onderzoeken gas juist tegen de zuil aan. Hij krijgt evenwel hetzelfde verschijnsel als Magnus, afkoeling door droge lucht. Na die oogenblikkelijke afkoeling treedt evenwel eene verwarming op, die langzamerhand afneemt. Hij verklaart dit verschijnsel, doch doet geene verdere proeven

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, page 393.

met vochtige lucht, zoodat deze proef maar ten halve geeft wat we verlangen en het resultaat daarenboven veel met dat van Magnus overeenkomt. Daarna zegt hij, dat bij zijne eerste proef (pgg. 11—15) de geringste vrees, dat eene verandering in het reflecteerend oppervlak der proefbuis oorzaak mocht zijn van de verkregene resultaten, hem had doen besluiten, het absorptievermogen van alle dampen nategaan, zcowel in van binnen gepolijste als zwartgemaakte buizen, en dat „the substantial identity observed in the two cases renders the conclusion impossible that condensation on the surface of the polished tube could have had any material influence on the results”. <sup>1)</sup> Dit gezegde bewijst niets omtrent droge en vochtige lucht, want eerst nadat hij het absorptievermogen der gassen in verschillende buizen onderzocht, vermeldt hij zijne resultaten omtrent droge en vochtige lucht, waarvan hij bovendien zegt, zooals ik reeds pag. 31 opmerkte, dat ze niet nauwkeurig waren.

Tyndall zegt verder, dat, al neemt men aan, dat op het binnenvlak der buis geene condensatie plaats heeft, deze dan wellicht wel op de klipzoutplaten zou plaats vinden, maar dat ook dit zelfs niet kon aangetoond worden, en dat in Memoir V van zijne „Contributions to molecular physics” duidelijk het tegenovergestelde blijkt. Eene mogelijke verdichting op de klipzoutplaten doet hier niets af, want Magnus deed zijne proeven in opene buizen, waar dus geene andere condensatie kan plaats vinden, dan op het binnenvlak der buis.

Tyndall wijst in een hoofdstuk getiteld „Latest experiments <sup>2)</sup>” nog op een ander verschijnsel, reeds door hem opgemerkt als hij proeven nam met zijnen toestel, dien ik op pag. 20 en 21 beschreven heb. Wanneer nl. de proefbuis zooveel mogelijk luchtledig gepompt was en er dan droge lucht werd ingelaten, toonde de thermoziil eene

---

<sup>1)</sup> Contributions to molecular physics, pag. 394.

<sup>2)</sup> Contributions etc. pag. 394.

warmte-toename aan; bij het uitpompen daarentegen vermindert deze warmte weder. Instrooming van gas had dus eene temperatuursverhooging, uitpomping eene temperatuursverlaging ten gevolge. Hij noemde dit verschijnsel „dynamische uitstraling en absorptie.” Het kan, dunkt mij, alleen plaats hebben in door klipzout- of andere platen geslotene buizen en eene te groote warmte op de zuil aangeven, dewijl telkens, als droge of vochtige lucht zal onderzocht worden, eerst de buis zooveel mogelijk luchtledig gepompt moet worden. Deze zal in beide gevallen evenveel te groot zijn, wanneer ten minste telkens evenveel droge of vochtige lucht in de buis wordt gelaten. De fout, door de dynamische radiatie teweeg gebracht, zal dus in beide gevallen even groot zijn en derhalve geen verschil opleveren tusschen de grootte van het absorptievermogen van droge en vochtige lucht. Deze fout zal bij opene buizen evenwel geheel anders zijn. Daar is steeds de buis met lucht van de omgeving gevuld, die door doorvoering van droge of vochtige lucht eenigszins meer in beweging zal komen. Bij het begin der proef kan dus dynamische radiatie plaats hebben; maar is eenmaal het doorvoeren van lucht door de buis begonnen, dan zal deze beweging niet meer gewijzigd worden, daar de overgang van het doorvoeren van droge in dat van vochtige lucht zonder eenig oponthoud plaats heeft, alleen door een plotseling open- en toedoen van twee kranen.

Tyndall bedient zich van deze dynamische radiatie om de juistheid van zijne resultaten te bewijzen.

„To an observer looking at the needle as the moist air entered the *closed* experimental tube, the action of the aqueous vapour would in some cases appear to be absolutely *nil*. At starting and at concluding the needle would point to zero, or nearly so. But when this was the case it was always found that the entrance of *dry* air caused a deflection of seven or eight degrees *on the side of heat*. This was entirely due to the dynamic heating of the interior surface of the tube by the collision of the air; and this effect,

*plus* the slightly additional effect of surface condensation, had to be overcome by the moist air. In short, when the needle remained at zero with the moist air, the deflection produced by the dynamic heating of the dry air became the measure of the absorption." <sup>1)</sup>

Wij zien hieruit, dat Tyndall erkent dat er condensatie plaats vindt, derhalve dat, wanneer vochtige lucht in de buis komt, deze neerslaat op den binnenwand. Een gevolg hiervan moet eene vermindering zijn in terugkaatsend vermogen, dus eene vermindering van de hoeveelheid warmte op de zuil. Nu zegt Tyndall evenwel om de sterke absorptie van den waterdamp aan te toonen, dat wanneer wij bij droge lucht eene afwijking van 7 à 8 graden verkregen en bij vochtige lucht geene, dit zijn oorzaak daarin vond, dat de dynamische warmtestraling *plus* de warmte ten gevolge der condensatie door de absorptie eerst moeten geneutraliseerd worden, voor wij eenige afwijking van de naald waarnemen kunnen.

Mij dunkt hieruit blijkt, dat Tyndall niet volkomen met het verschijnsel door Magnus aangegeven op de hoogte was, anders had hij dit „*plus*” in „*minus*” veranderd. Tyndall onderstelt wellicht dat de warmte, door het afgezette water vrij geworden, tegen de zuil straalt. Ware dit het geval, dan had Tyndall gelijk, maar het zou in strijd zijn met het groote warmtegeleidingsvermogen van het koper.

Ten laatste (pag. 398) wijst Tyndall nog op eene proef waarbij hij eene proefbuis gebruikte, die eene doorsnede had  $2\frac{1}{2}$  maal grooter dan de klipzoutplaten waardoor ze gesloten werden, en door welke hij, naar hij meende, een bundel stralen liet gaan, zonder dat ze de wanden troffen.

Door de oneffenheid van het warmte uitstralend oppervlak is dit echter onmogelijk; altijd zullen eenige stralen den wand treffen en daar den invloed der gecondenseerde vochtige lucht ondervinden.

---

<sup>1)</sup> Contributions etc. pag. 395.

Ik geloof dus met Magnus, dat het wenschelijk is, proeven over droge en vochtige lucht te nemen met toestellen waar de proefbuizen geheel weggelaten worden.

Volgens deze methode zijn nog slechts weinig proeven genomen, de uitvoerigsten zijn die van Dr. Hoorweg. Toch vinden wij reeds veel onderscheid tusschen de verschillende toestellen. Den toestel van Magnus kunnen wij minder goed beoordeelen, omdat wij daar niets vinden aangegeven van de grootte der afwijkingen van de temperatuur der omgeving.

De toestel van Tyndall is geheel anders; wij zien hier gelet op den invloed der buitenlucht. Beide toestellen volgens deze methode en de proeven er mede genomen zijn nog te primitief, dan dat wij er veel van kunnen zeggen.

Een verschil in de toestellen van Hoorweg en Tyndall bestaat daarin, dat Tyndall dien geheel overdekt had en Hoorweg niet. Deze veronderstelt dat de opstijgende lucht bij Tyndall tegen de overdekking teruggekaatst werd <sup>1)</sup> en zoo de zuil bereikte. Dit komt mij evenwel bij de inrichting van zijne overdekking onwaarschijnlijk voor. Ik geloof dat eene grootere duidelijkheid in de beschrijving van den geheelen toestel meer licht hieromtrent zou kunnen verschaffen. Tyndall krijgt hier wederom meer absorptie door vochtige dan door droge lucht, evenals vroeger bij zijne andere waarnemingen. Over de grootte van die absorptie in vergelijking met zijne vroegere opgaven, kunnen wij weinig oordeelen, daar deze niet nauwkeurig genoeg opgegeven zijn.

Wat de proeven van Dr. Hoorweg betreft, zij zijn het talrijkst, en geven ons een duidelijk inzicht in alles, door de nauwkeurigheid waarmede ze beschreven zijn. De beide eerste toestellen zijn van het minste belang, daar zijne thermozuil, zooals hij zelf zegt, niet gevoelig genoeg was. Nadat hij echter hare gevoeligheid vergroot heeft, krijgt hij uitkomsten, die in zooverre met die van Tyndall over-

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. Bd. 155, pag. 392.

afwijking van de naald waar. Maar hij merkte hierbij tevens nog een ander verschijnsel op, overeenkomende met een door Magnus waargenomen (Pogg. Ann. Bd. 118. pgg. 577 en verv.); en waarover straks door mij zal gesproken worden.

Na in een eerste hoofdstuk de door Tyndall, Magnus en anderen genomene proeven behandeld te hebben, vermeldt hij, in een tweede, een onderzoek door hem zelven gedaan. Hij heeft eene methode aangenomen, die voldoet aan het beginsel, dat naar mijn beweren op pag. 76 moet in acht genomen worden, als men een nauwkeurig resultaat wil verkrijgen; hij heeft nl. de afwijking bepaald, teweeggebracht door de uitstraling van de opstijgende droge- of vochtige lucht, en deze later van de totale afwijking afgetrokken. Wij lezen toch Hoofdstuk II, par. 3: „Om dus de grootte der absorptie te bepalen, moet de verandering, die de opstijgende luchtstroom op de hoeveelheid warmte, door de warmtebron op de thermozuil uitgestraald, veroorzaakte, verminderd worden met de verandering, welke die luchtstroom zelf, dus zonder warmtebron, ten gevolge heeft. Dit verschil is dan geabsorbeerde warmte.”

Zijn toestel had veel overeenkomst met dien, welken Dr. Hoorweg gebruikte, pag. 27 en 28. Wij vinden door den Heer Haga evenwel den toestel aan alle zijden omgeven met schermen, alleen van boven is hij open, terwijl hij bij zijne proeven steeds ter weerszijden der thermozuil twee achter elkander geplaatste blikken cylinders gebruikt, die eene hoogte hebben van 18 cM en eenen diameter van 9.5 cM. Deze waren dus hooger dan die, welke Dr. Hoorweg aanwendde, ze dienden ook hier weder om de lucht te drogen aan den eenen kant der zuil en om haar te verzadigen aan den anderen kant.

Ik heb dezen toestel hier slechts medegedeeld in zooverre hij afwijkt van dien, door Dr. Hoorweg gebruikt; dank zij der groote nauwkeurigheid, waarmede de Heer Haga hem beschreven heeft, is men in staat gesteld om ook zonder tee-



kening een volledig inzicht in zijne waarnemingen te krijgen.

Uit hetgeen ik op pag. 76 zeide, blijkt dat ik de waarnemingen van den Heer Haga beter vind dan de door Tyndall, Magnus en Hoorweg met overeenkomstige toestellen genomene, dewijl hier de grootte der afwijking, door hem te recht aan de uitstraling der vochtige en droge lucht toegeschreven, berekend en van de totale afwijking afgetrokken wordt.

Doch ook deze toestel heeft zijne gebreken, die echter wel weg te nemen zijn. Zij worden door Haga zelven opgenoemd. Hoofdstuk II, par. 4, spreekt hij van eene secundaire werking, <sup>1)</sup> die nooit uitbleef. „Het tijdsverloop”, zegt hij, „tusschen deze en de eerste werking werd wel grooter, wanneer de cylinder, waaruit de lucht opsteeg, van de zuil verwijderd werd, doch het was nooit groot genoeg om den blijvenden uitslag van den stroom, door de eerste werking veroorzaakt, te meten.”

Hij laat hierop onmiddellijk volgen:

„Bezwaren bracht dit volstrekt niet mede, integendeel, de kleine veranderingen van het aardmagnetisme en de invloeden van het lokaal, waarin de proeven verricht werden, op de zuil, veranderden steeds, hoe weinig ook, den stand van den magneet; daarom was het voordeelig iedere aflezing binnen zoo kort mogelijken tijd te doen, zoodat ik zeker kon zijn dat bovengenoemde invloeden geene veranderingen in den stand van den magneet ten gevolge konden hebben.” Hierna berekent hij den blijvenden uitslag uit den eersten en toont aan dat de magnetische werking van de aarde een constant verschil zal teweeg brengen.

<sup>1)</sup> Onder secundaire werking verstaat hij eene werking die de galvanometer aanwijst, onmiddellijk na de eerste werking, die eene afwijking der magneetnaald teweeg brengt, maar van de eerste in richting verschillend. De opstijgende vochtige lucht, minder warm dan de omgevende, doet de naald afwijken in eene bepaalde richting, eerste werking, gevolg van straling. Nu volgt er eene, aan deze richting tegenovergestelde, afwijking, de secundaire werking. Deze verklaart de Heer Haga door het condenseeren van den zich verspreidenden waterdamp tegen den reflector der zuil en tegen de zuil zelve, waardoor warmte vrij wordt.

Zoo tracht hij hier door berekening twee van de fouten weg te nemen; over de derde fout, te weeg gebracht door den invloed van het lokaal, spreekt hij niet verder, alhoewel deze ook nog al van belang is.

De opheffing der eerste fout, eene onjuiste afwijking en aflezing door de spoedige opvolging der eerste en tweede werking, zou verkieslijker zijn, zooveel mogelijk, door de inrichting van den toestel te bewerkstelligen, dan zulks alleen door berekening te doen. Dit is zonder twijfel uitvoerbaar, daar wij hier voor het eerst van deze secundaire werking melding vinden gemaakt, en Magnus, Tyndall en Hoorweg toch te nauwkeurige experimentators alsmede hunne toestellen te fijn en te goed ingericht waren, om deze werking niet op te merken of aan te toonen. Het is niet moeilijk te ontdekken waardoor deze secundaire werking bij Haga veroorzaakt wordt, als wij zijnen toestel vergelijken met die der anderen, waarvan ik dien van Magnus uitzonder, omdat deze daartoe te onnauwkeurig beschreven is. Haga had nl. de thermozuil 11 cM. boven het bovenste oppervlak der cylinders geplaatst (volgens Hoofdstuk II par. 2 waren de cylinders 18 cM. hoog, en volgens de noot in par. 3 bevond zich het midden der zuil 29 cM. boven de tafel, waarop ook de cylinders geplaatst waren), terwijl deze 24 cM. van de zuil verwijderd waren. Bij Dr. Hoorweg ligt het onderste gedeelte van den reflector in hetzelfde vlak als het bovenzvlak der cylinders, of (volgens zijne verklaring aan mij, want uit de teekening is het niet duidelijk op te maken) misschien een halve centimeter hooger, zooals het ook bij Tyndall het geval is. Indien Haga derhalve de zuil iets lager geplaatst had, evenals dit bij de anderen gebeurd is, zou hij deze bron van onnauwkeurigheid weggenomen hebben. Bij het uittreden van de lucht uit de cylinders zou de terugkaatsing, die zij ondergaat tegen het chloorcalcium of tegen de kiezelsteentjes, haar in alle richtingen en dus ook in horizontale richting verspreiden, ware het niet, dat die lucht bij het uittre-

den eene beweging naar bovee had. Door die opwaartsche beweging zal de lucht de cylindere niet in horizontale, doch slechts in schuine opwaartsche richting verlaten. Wanneer dus de reflector en de zuil in hetzelfde vlak als het bovenzvlak der cylindere gelegen zijn, dan kunnen de luchtdeeltjes deze niet treffen, maar gaan er over heen. Wat den invloed der omgevende lucht betreft, deze is duidelijk merkbaar in de proeven van Haga. Veronderstellen wij, dat bij den aanvang der waarnemingen de lucht van het vertrek volkomen droog is en de temperatuur 15° C. Wanneer nu vochtige lucht opstijgt tusschen de bron en de zuil zal de geheele ruimte langzamerhand eenigszins vochtig worden, de warmtestralen der beide warmtebronnen eene niet meer volkomen droge ruimte doorloopen vóór zij de zuil bereiken, en bij eene volgende proef zal eene kolom verzadigde lucht eene geringere afwijking der naald veroorzaken, hetgeen aan de nauwkeurigheid der proef schade doen zal. Wij vinden ook bij de waarnemingen van Haga, na eenige proeven, deze geringere afwijking merkbaar.

In Hoofdstuk II, par. 5, heeft hij de uitkomsten opgeteekend welke hij telkens verkreeg. Letten wij nu op die, waar de schermpjes voor de openingen waren en tevens op die, waar ze opgehaald waren, dan is in de tabel, pag. 61

zonder warmtebron:	met warmtebron:
7	14
10	11
6.5	13
10	13
10	11
9.5	14.5
8.5	11
7.5	11
6	
7	
8	

wel eene vermindering in grootte der uitslagen te zien.

Deze invloed der omgevende lucht kan niet anders weggenomen worden dan door de zuil van boven te bedekken, zooals reeds Tyndall het gedaan heeft, omdat daardoor de vochtigheid zal gecondenseerd worden tegen de bovenbekleding en zich niet zoo spoedig zal verspreiden naar de andere zijde der zuil. Wel geloof ik met Dr. Hoorweg (ik besprak dit met hem, toen ik hem om inlichting vroeg naar den stand van den reflector boven het oppervlak der cylinders bij zijne waarnemingen) dat het wenschelijk is, ingeval men den toestel, door hem van boven te bedekken, tegen den invloed der omgevende lucht wil vrijwaren, eerst proeven te doen met toestellen die van boven open zijn, opdat afwijkingen der naald niet aan het bedekken kunnen toegeschreven worden. Men moet natuurlijk, voor de bedekking eene stof nemen, die zooveel mogelijk de opstijgende droge of vochtige lucht opneemt, zonder haar terug te kaatsen, b. v. een netwerk van touw op gevuld met wol of iets dergelijks.

De toestel van Haga is overigens in dit opzicht te verkiezen boven de anderen, volgens deze methode, dat de cylinders zoo hoog zijn; hierdoor heeft de lucht ruimschoots de tijd om te drogen of zich te verzadigen. Dit kon met de zooveel lagere cylinders bij de drie laatste toestellen van Hoorweg minder goed plaats grijpen.

---

Nog eene verhandeling over deze quaestie is verschenen in Pogg. Ann. Bd. 158 pag. 177, onder den titel „Ueber die Fähigkeit der Luft und des Wasserstoffgases, die Wärme zu leiten und deren Strahlen durchzulassen.“ Zij is van Dr. H. Buff in Giesen en uitgekomen 30 Maart 1876.

De waarnemingen van dezen mogen geene verbetering genoemd worden. Zij zijn te vergelijken met die, welke door Magnus met zijnen eersten toestel (pgg. 8—11) genomen zijn. De veranderingen welke wij door Dr. Buff gemaakt vinden, betreffen in de eerste plaats het uitstra-

lingsoppervlak, dat hier van goed gepolijst geel koper vervaardigd is, terwijl de onderste glascylinder, die op de plaat der luchtpomp stond, hier 20 cM hoog en 7.5 cM in doorsnede was, dus veel kleiner dan dien van Magnus. In de tweede plaats is de thermozuil hier vervangen door aan elkander gesoldeerd ijzer- en zilverdraad, dat boven de soldeerplaat platgeslagen is tot een dikte van 12.5 mM. Dit plaatje was zwart gemaakt om de warmte beter te absorbeeren en de beide draden zijn met watten of katoen omwonden, opdat oogenblikkelijk plaats vindende temperatuurveranderingen geen invloed zouden uitoefenen. Deze toestel, hoe goed misschien om waarnemingen te doen over het geleidingsvermogen, leent zich minder goed voor die over absorptie-vermogen. De grootste fout is gelegen in het groote geleidingsvermogen van het uitstralende oppervlak, waardoor, niettegenstaande de voorzorg om het onderste gedeelte op de temperatuur der omgeving te houden door het te plaatsen in een grooter vat, waarin water van 15° C circuleert, het glas nog verwarmd wordt, en hierdoor luchtstromingen ontstaan kunnen. Bovendien moet er eene fout gelegen zijn in den toestel, waardoor Buff de thermozuil vervangt. Niettegenstaande hij nl. het uitstralingsvermogen van het geel koper vergroot door dit met zwartsel te bedekken (pag. 197) krijgt hij weinig grootere afwijkingen der magneetnaald, waarmede de ijzer-zilverdraden in verband staan. Een gewone thermo-electrische zuil, waar bismuth- en antimoonstaven aan elkander gesoldeerd zijn, moet reeds zeer nauwkeurig bewerkt worden, zal hij uiterst fijne verschillen aangeven. Zien wij de thermo-electrische reeks der metalen na, dan bemerken wij dat deze beide metalen het verst van elkander afstaan in die reeks, en dus eene sterkere werking geven, dan elke andere combinatie van twee metalen uit die reeks doen zal, dus ook veel sterker dan de zilver- en ijzerdraden van den toestel van Buff, die zoo veel dichter bij elkander staan (zie Jamin, Cours de physique tome III pag. 42). Bovendien bestaat eene gewone

zuil van bismuth en antimoon, niet uit 1 element maar uit 25 of 36 elementen, om de gevoeligheid te vergrooten, bij Buff bestaat zij slechts uit één ijzer- en zilverdraad. Het is dus niet te verwonderen dat hij bijna geen afwijkingen van de naald verkreeg.

Van zijne proeven aangaande het absorptievermogen van droge en met waterdamp verzadigde lucht, vinden wij nog weinig opgeteekend; later schijnt hij hieromtrent nog betere proeven te willen doen. Hij nam ze tot nu toe met dezen gewijzigden toestel van Magnus en geeft hierbij bepaaldelijk op, dat zijn uitstralingsoppervlak glad gepolijst was, hetgeen tot onnauwkeurige uitkomsten aanleiding moet geven. Beter was het dit met zwartsel te bedekken, om de uitstraling zoo groot mogelijk te maken. Zeer wenschelijk is het dat hij zijne nog te nemen proeven met eenen anderen, beteren toestel moge nemen.

---

