



# Over de phosphorescentie door bestraling

<https://hdl.handle.net/1874/313755>



Doctrina Miscell.  
Quarto No. 192.

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT



1759 8131

1. J. A. Bergsma, De phosphorescentia per irradiationem.
2. Maandereu, C. L. De herba nicotiana, imprimis de ejus principiis anorganicis.
3. Crombott, P. P. Theses jur. inaug.
4. Schneiders van Graiffenswerth, J. G. A. id.
5. Sanders, A. J. M. van Combe. id.
6. Holhuysen, C. A. D. id.
7. Callenfels, Ph. J. id.
8. Heynsius, A. De susurozum ~~vas~~ vascularium applicatione physica.
9. Rambonet J. J. K. J. L. Theses jur. inaug.
10. Abeloven, A. S. L. G. G. Quaest. chir. inaug.
11. Sels, J. C. van. Theses jur. inaug.
12. Baerle, C. J. van. id.
13. Marle, Ph. J. van. id.
14. Verbluyt, A. van Reigersberg. id.
15. Dieffel, J. S. D. S. D. Cortex spon. Quaest. obstet.
16. Bredius, J. Theses jur. inaug.
17. Pip, J. De coloris et luminis electrici phaenomenis, quae fluxus diuersi tione moderantur.
18. Drantsen, G. G. Theses jur. inaug.
19. Aberson, J. A. H. v. d. Hardt id.
20. Eichstöff, C. J. van. De methodo cruris, exciso pede, per osteoplasin longitate ducendi augendi.
21. Verhaeff, A. J. Quaest. obstet. inaug.
22. Umsgrove, J. H. J. Theses jur. inaug.
23. Lantshler, G. N. id.
24. Goldstein, G. van id.
25. Reuter, J. C. D. de. Quaest. obstet. inaug.

26. Citters Jr., J. D. van. Theses jur. inaug.
27. Mohr, J. van der Meer. Quaestt. obstetr.
28. Doesburgh, Th. van. De colorum  
inmixtione, et dimensione.
29. Doncan, A. Quaestt. argum. obstetr.
30. Pakud, H. Th. Theses jur. inaug.
31. Alpherts, G. A. Quaestt. arg. obstetr.
32. Royaards, G. N. Theses jur. inaug.
33. Maats, J. Quaestt. argum. obstetr.
34. Bergsma, E. De collegiis pupillaribus  
in Hollandia et Zelandia.
35. Dichstorf, C. R. von. Quaestt. obstetr.





DISSERTATIO HISTORICO-PHYSICA INAUGURALIS

DE

PHOSPHORESCENTIA PER IRRADIATIONEM.





DISSERTATIO HISTORICO-PHYSICA INAUGURALIS

DE

**PHOSPHORESCENTIA PER IRRADIATIONEM,**

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

**HENRICI EGBERTI VINKE,**

THEOL. DOCT. ET PROF. ORD.,

NEC NON

AMPLISSIMI SENATUS ACADEMICI CONSENSU

ET

NOBILISSIMAE FACULTATIS MATHeseOS ET PHILOSOPHIAE  
NATURALIS DECRETO,

**Pro Gradu Doctoratus**

SUMMISQUE IN

MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI HONORIBUS  
AC PRIVILEGIIS

**IN ACADEMIA RHENO-TRAJECTINA,**

RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

ERUDITORUM EXAMINI SUBMITTIT

**PETRUS ADRIANUS BERGSMA,**

**Gandavensis.**

A. D. I. M. SEPTEMBRIS ANNI MDCCCLIV, HORA II.



TRAJECTI AD RHENUM,

EX OFFICINA TYPOGRAPHIA GIEBEN & DUMONT.

MDCCCLIV.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

PHOTOGRAPHY AND RADIATION

BY J. H. ...

PHOTOGRAPHY AND RADIATION

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

PHOTOGRAPHY AND RADIATION

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA



PARENTIBUS

OPTIMIS CARISSIMIS

SACRUM.



OVER

DE PHOSPHORESCENTIE DOOR BESTRALING,

DOOR

P. A. BERGSM A.



UTRECHT.

—  
1854.



## EERSTE HOOFDSTUK.

---

VAN DE ONTDEKKING DER PHOSPHORESCENTIE DOOR BESTRALING  
TOT DE PROEVEN VAN BECCARIA (1604—1771).

In Augustus 1604 <sup>1)</sup> was te Bologna een zeker schoenmaker en tevens natuuronderzoeker, genaamd VINCENZO CASCARIOLO, in zijne geheimzinnige werkplaats bezig een mineraal, hetgeen men in de nabijheid van Bologna op den berg Paterno vond, eenige scheikundige bewerkingen te doen ondergaan, met het doel om er zekeren alvermogenden spiritus, dien hij daarin vermoedde, uit te bereiden. Zijn doel mogt hij echter niet bereiken, maar hij werd er door geleid tot de ontdekking van een niet onbelangrijk verschijnsel. Hij begaf zich namelijk met den steen, dien hij de bewerkingen had laten ondergaan, in een duister

---

1) FORTUNIVS LICETVS, *Litheosphorus, seu de lapide Bononiensi, in tenebris lucente.* Utini 1640.



vertrek en zag toen tot zijne niet geringe verbazing, dat die steen een vurigen gloed verspreidde, zonder dat hij er eenige bijzondere warmte aan kon waarnemen. Na eenigen tijd verdoofde die gloed, maar toen hij met het mineraal weder in het licht geweest was, vertoonde het dien op nieuw, en nu vond hij, dat telkens, wanneer hij het mineraal aan het licht had blootgesteld, het eenigen tijd in de duisternis bleef lichten met een vrij sterk licht.

Het verschijnsel, hetgeen CASCARIOLO daar ontdekt had, heeft den naam van phosphorescentie door bestraling verkregen, en de stof, waaraan hij het had waargenomen, heeft zich later onder den naam van den Bologneschen steen, of Bologneschen phosphorus door de geheele geleerde wereld verspreid.

CASCARIOLO beproefde nu meer van die stof te bereiden en vond dat de beste wijze was, het mineraal, dat men op den berg Paterno vond en later gebleken is, zwavelzure bariet te zijn, fijn te stampen, met water en eiwit of lijnolie tot een deeg te kneden en dan tusschen kolen te gloeijen.

Geheel vervuld met zijne ontdekking, vergat hij zijnen spiritus en vertoonde het wonderbaarlijke verschijnsel aan zijne medegenooten in geleerdheid te Bologna; later deelde hij in het geheim de bereiding aan een paar zijner vrienden mede, maar nu was ook spoedig de geheele Bolognesche geleerde wereld bezig het mineraal van den berg Paterno fijn te stampen, met eiwit te mengen en te gloeijen: het verschijnsel was ook zoo treffend en zoo geheimzinnig, terwijl misschien wel een

enkele zich verhalen herinnerde van in het donker lichtende karbonkels van onberekenbare waarde 1).

1) Zoo deelt onder anderen **BENVENUTO CELLINI** het volgende verhaal mede (*Arte del Gioiellare*, lib. 1, pag. 10):

»Beloofd hebbende iets te zeggen van die zeer belangrijke soort van juwelen, die karbonkels genaamd en zeer zelden gevonden worden, zullen wij kortelijk mededeelen, wat wij er van weten. Ten tijde van **CLEMENS VII** zag ik er een bij een zeker **Ragusiaansch** koopman, genaamd **BEIGOIO DI BONA**: dit was een witte karbonkel, van die soort van witheid, waarvan wij zeiden, dat zij gevonden wordt bij die robijnen, waarover wij een weinig vroeger spraken;” (waar hij gezegd had, dat deze robijnen eene soort van loodkleurige witheid of bleekheid hebben, gelijk aan die van een Chalcedon) »Hij had in zich een glans zoo schoon en zoo verwonderlijk, dat hij in den donker scheen, maar niet zoo veel als gekleurde karbonkels, ofschoon het waar is, dat ik hem in eene zeer donkere plaats als bijna uitgegaan vuur zag schijnen. Daar ik niet het geluk gehad heb gekleurde karbonkels zelf te zien lichten, wil ik hier neërschrijven, wat ik daaromtrent in mijne jeugd leerde van een Romeinsch edelman van groote ondervinding ten opzichte van juwelen, die mij vertelde, dat een zekere **JACOPO COLA** bij nacht in een wijngaard zijnde en daar iets aan den voet van een wijnstok ziende, dat als een kleine gloeiende kool lichtte, naar de plaats ging, waar hij meende het vuur gezien te hebben; en dat hij het niet vindende, op dezelfde plaats teruggekeerd, van waar hij het het eerst gezien had, daar hetzelfde licht als vroeger ziende, het zoo zorgvuldig opmerkte, dat hij ten laatste bij hetzelfde kwam en een klein steentje vond, hetgeen hij met verrukking en vreugde medenam. En dat, toen hij het den volgenden dag medebragt om het aan eenige zijner vrienden te laten zien, terwijl hij vertelde, op welke wijze hij het gevonden had, er toevallig een Venetiaansch afgezant bij kwam, bijzonder bekend met juwelen, die, wel wetende, dat het een karbonkel was, het listiglijk voor tien

De roem van den Bologneschen phosphorus bleef niet binnen de muren van Bologna besloten, en

kroonen kocht (terwijl er niemand tegenwoordig was, die de waarde van zulk een kostbaar edelgesteente kende) en den volgenden dag Rome verliet, ten einde te voorkomen, dat hij gedwongen werd het terug te geven. Na eenigen tijd werd het bekend, dat de vermelde Venetiaansche edelman in Constantinopel dien karbonkel verkocht had voor 100,000 kroonen aan den Grooten Heer, die juist aan het bewind gekomen was." Zoodanige verhalen moesten wel een weinig de geldzucht der Bolognesche geleerden prikkelen, hoewel niet allen zoo blindelings die sprookjens aannamen, zoo als uit de volgende schrijvers blijkt :

BOËRIUS DE BOOR (Gem. et Lapid. hist. lib. 2, cap. 8) begint zijn verhaal over de karbonkels aldus: »Magna fama est carbunculi. Is vulgo putatur in tenebris carbonis instar lucere, fortassis quia pyropus seu anthrax appellatus a veteribus fuit. Verum haecenus nemo unquam vere asserere ausus fuit, se gemmam noctu lucentem vidisse. Garcias ab Horto Proregis Indiae medicus refert se allocutum fuisse, qui se vidisse affirmarent. Sed is fidem non habuit."

OLAEUS WORMIUS zegt in de beschrijving van zijn Musaeum (Musaei Wormiani Caput 17): »Sunt qui rubinum veterum carbunculum esse existimant, sed deest una illa nota, quod in tenebris instar anthracis non luceat. Ast talem carbunculum in rerum natura non inveniri major pars authorum existimant. Licet unum aut alterum in India apud magnates quosdam reperiri scribant, cum tamen ex aliorum relatione id habeant saltem, sed ipsi non viderint."

Hoewel dus het meerendeel dier verhalen van karbonkels wel ongegrond zal geweest zijn, zoo zullen wij toch later zien, dat er wel eenige verschijnselen zijn, die er aanleiding toe konden geven; en berigten zoo als, dat het licht dier steenen veranderde met het plaatsn op het warme ligchaam, bewijzen, dat zij niet geheel uit de lucht gegrepen zijn.

verspreidde zich door Europa, maar de bereidingswijze werd niet algemeen bekend en de steen van den berg Paterno was niet gemakkelijk te verkrijgen. Daarom was de vreugde onder de Duitsche natuuronderzoekers groot, toen BALDUIN in 1670 eene soortgelijke stof ontdekte 1). Hij was ook bezig met ik weet niet welken spiritus of oleosum te zoeken, toen hij vond, dat wanneer men krijt met salpeterzuur overgiet en dit mengsel dan in een retort gloeit, het overblijvende dezelfde merkwaardige eigenschap bezit als de Bolognesche steen, hoewel in mindere mate. Het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling werd alzoo al meer en meer bekend, maar had nog weinig meerdere waarde, dan dat het een vreemd verschijnsel was.

Reeds vroeg had het echter eenige wetenschappelijke waarde verkregen, daar het een sterk bewijs scheen voor de lichamelijke van het licht, hetwelk de Bolognesche phosphorus in zijne poriën opnam en in de duisternis weër afgaf. GALILEI heeft het verschijnsel reeds als zoodanig, toen hij te Padua was, aan eenige zijner vrienden laten zien, zoo als blijkt uit een berigt van JULIUS LA GALLA 2), en ook in eenige geschriften over dezen steen, zoo als van LICETUS, POTTERIUS, CELIUS en MENTZEL 3), wordt het als zoodanig aangenomen. Sommigen echter bestreden dit bewijs en namen

---

1) Misc. Berol. vol. I, p. 91.

2) De phaenomenis in orbe lunae, Venetiis 1612.

3) Tractatus de Lapide Bononiensi, 1675.

andere theoriën ter verklaring van het verschijnsel aan, zoo als KIRCHER 1), die aanneemt, dat de door de zon verlichte lucht met een zeer fijnen damp vervuld is, die zich gemakkelijk laat verlichten en dat de Bolognesche phosphorus dien damp in zijne poriën opneemt.

Onder hen, die over dezen steen schreven, was ook de graaf MARSIGLI van Bologna, wiens geschrift 2) in 1698 te Leipzig gedrukt werd, waarin hij als bewijs voor het stoffelijk bestaan van het licht aanvoert, dat de phosphorus steeds licht met dat licht, waarin hij geplaatst is geweest. Hij handelde daarin ook over het ontstaan van het mineraal op den berg Paterno en nam eenige verschijnselen als waar aan, die niet zoo geheel zeker waren, zoodat hij in 1714 tot een togt naar dien berg besloot in gezelschap van LAURENTO, GALEATI en BECCARI om tot zekerheid te komen. Het gevolg van dezen togt was vooreerst, dat MARSIGLI zijn beweren terugnam en vervolgens dat men besloot tot een schei-

---

1) ATHANASII KIRCHERI ars magna lucis et umbrae, Romae 1646.

Uit hetgeen WILDE in zijn *Geschiede der Optik* berigt, zoude men opmaken, dat men ten tijde van KIRCHER reeds de phosphorescentie door bestraling aan den steen, dien men op den berg Paterno vond, zonder dat hij eenige bereiding ondergaan had, had waargenomen; dit is echter het geval niet: KIRCHER berigt, dat men uit de beste stukken door eenvoudige branding den phosphorus bereiden kan, terwijl men andere stukken eerst tot poeder stampen, met eiwit, water of lijnolie mengen en dan branden moet (*Ars magna*, Amstelodami 1671, p. 18).

2) MARSIGLI, Dissertation épistolaire sur le phosphore minéral ou la pierre lumineuse de Bologne.

kundig onderzoek van den phosphorus en tot eenige proeven om den aard van het verschijnsel nader te onderzoeken. Het scheikundige onderzoek, waarmede HOMBERG 1) zich ook reeds bezig had gehouden, leerde, dat er zwavel en eene loogachtige stof in den phosphorus voorkomt, maar hoeveel van elk, konden zij niet bepalen 2).

In ditzelfde jaar ondernamen zij ook nog eenige proeven om nader het verschijnsel van den Bologneschen phosphorus te leeren kennen. Men wist, dat wanneer men dien phosphorus aan het licht blootstelt, hij in een duister vertrek overgebracht eenigen tijd licht van zich afzendt: zij wilden nu onderzoeken in welk en in hoe sterk licht de phosphorus moest geplaatst worden en hoe lang hij er in moest verblijven om in het duister licht van zich te geven.

Een hoofdvereischte, opdat die proeven eenige waarde hebben, is, dat hij, die de verschijnselen waarneemt, eenigen tijd aan den invloed van het licht onttrokken is geweest, zoodat zijne oogen de grootst mogelijke gevoeligheid bezitten; dit hebben zij bij al hunne proeven in acht genomen, hetgeen hunne voorgangers niet altijd gedaan en daardoor andere uitkomsten dan zij gevonden hadden. Twee steenen gebruikten zij, die, zooals zij te voren bepaald hadden, het verschijnsel in gelijke mate vertoonden, plaatsten den een in het

---

1) Histoire de l'Academie, 1693.

2) De Bononiensi scientiarum et artium instituto atque academia Commentarii. Tom. I, p. 186.

onmiddelijke zonlicht, den ander in een door eene lens gevormd beeldje der zon, en lieten beide daar niet langer dan twee minuten. Beiden vertoonden gelijk sterk licht gedurende achttien minuten, alleen lichtte die, die in het verzamelde licht geplaatst was geweest, in den beginne een weinig sterker.

Sommigen en daaronder ook MARSIGLI hadden beweerd, dat de steenen sterker lichtend werden door het teruggekaatste dan door het onmiddelijke zonlicht. Zij namen daarom eenige steenen, die het verschijnsel in gelijke mate vertoonden en plaatsten een deel in onmiddelijk zonlicht, een ander gedeelte in teruggekaast, maar vonden, dat die, welke in het onmiddelijke zonlicht geweest waren, veel sterker lichtend waren dan de andere.

Daarna onderzochten zij de werking van andere lichtbronnen en vonden, dat de steenen na door kunstlicht beschenen te zijn ook licht van zich afgaven, maar dat maanlicht die werking niet had <sup>1)</sup>. Evenmin als het maanlicht werkte het licht van den eenen steen op den anderen, want een niet lichtende steen geplaatst te midden van een groot aantal lichtende steenen werd niet in de geringste mate lichtend. Hierdoor kwamen zij op de gedachte te onderzoeken, of de phosphorescentie zich ook, zoo zij een gedeelte van eenen steen aan het licht blootstelden, over het overige gedeelte zoude verspreiden. Daarom wikkelden zij eenen steen in een zeer dik papier, waarin eene opening gemaakt was, en stelden hem aldus aan het zonlicht bloot: in het duister werd

---

1) Comm. Bon. Tom. I, p. 190.

het papier van den steen afgenomen en nu zagen zij, dat alleen die plaats, waarop het licht door de opening had kunnen vallen, lichtte.

Nog drie punten van hetgeen zij besloten hadden te onderzoeken bleven over, namelijk hoe sterk het licht moet zijn en hoe lang de inwerking moet duren om het verschijnsel te weeg te brengen en eindelijk hoe lang de steenen in het duister lichten.

De vorige proeven hadden reeds geleerd, dat de inwerking van het licht niet langdurig behoeft te zijn: bij nader onderzoek bleek het, dat de steenen slechts twee seconden in het onmiddelijke zonlicht of in het daglicht behoeven te verkeerem om daarna in het duister met hunnen sterksten glans te schitteren, ja zelfs, dat zij na een verblijf van ééne seconde in het licht, reeds licht uitzenden, hoewel minder dan na een verblijf van twee seconden.

De tijd, gedurende welken de steenen in het duister lichten, was verschillend voor verschillende oogen: over het algemeen was het licht na vier minuten reeds zeer zwak, terwijl het na tien of twaalf minuten bijna niet meer waarneembaar was, hoewel zij, die bijzonder gevoelig van oog waren en langen tijd in de duisternis verkeerd hadden, nog na dertig minuten en langer een onzeker schijnsel zagen.

Het bepalen van de sterkte van het licht, dat noodig is om het verschijnsel op te wekken, was zeer moeilijk, omdat men geen goede maat had. Zij hadden twee naast elkander liggende kamertjes, waarvan zij het eene volkomen duister maakten, en waarin hij zich



plaatste, die bepalen zoude, of de steenen licht afgaven of niet, terwijl het andere slechts zwak verlicht werd door licht, hetwelk door de niet naauwkeurig sluitende deur viel. Nu werden de steenen in dit laatste geplaatst op verschillende afstanden van de deur en men zag hoe dicht de steenen bij de deur moesten gebragt worden, opdat het verschijnsel er in opgewekt werd; men vond, dat men de steenen vrij nabij de deur moest brengen, op welke plaats echter het licht toch zoo zwak was, dat men een middelmatig schrift nauwelijks lezen kon. Wij echter weten nu niet, wat de drie waarnemers door een middelmatig schrift verstonden, terwijl de sterkte van het licht, waarbij de een eene zekere soort van schrift kan lezen, veel verschillen kan van die, waarbij een ander zulks doen kan. Alleen kunnen wij er uit besluiten, dat het licht niet sterk behoeft te zijn om het verschijnsel te weeg te brengen. Daarom hebben GALEATI en BECCARI nog eene andere wijze uitgedacht om de sterkte van het vereischte licht te bepalen. Zij hebben namelijk bepaald hoe groot het grootste aantal blaadjes van eene in Italië algemeen bekende papiersoort was, waarmede men de steenen kon bedekken zonder de werking van het zonlicht geheel op te heffen.

Behalve het hier aangevoerde besloten GALEATI en BECCARI uit hunne proeven tot het volgende:

1° Niet alle steenen ontvangen door hetzelfde licht evenveel glans.

2° Tusschen den glans, dien de steenen in de duisternis vertoonen, en het licht, waarin zij geplaatst zijn geweest, bestaat een zeker verband: men heeft name-

lijk opgemerkt, dat dezelfde steen meer schittert, zoo hij in een sterk, dan zoo hij in een zwak licht geweest is.

3° De steenen verliezen des te sneller hunnen glans in de duisternis, hoe zwakker het licht is, waardoor zij beschenen zijn geweest: zoodat het te vermoeden is, dat wanneer men de steenen in een zwak licht plaatst en dan in de duisternis geen glans waarneemt, zij wel eenig licht tot zich getrokken, maar dat reeds gedurende de overbrenging in de duisternis verloren hebben.

4° De steenen moeten eenigen tijd in het licht verblijven om tot den hoogst mogelijken graad van lichten te komen, vooral zoo het licht, waarin men ze plaatst, zwak is.

5° De glans der steenen is verschillend van kleur naarmate zij het van sterk of zwak licht ontleenen: zoo zij het van zwak licht ontleenen, is het schijnsel witachtig, zoo zij het van sterk ontleenen, hebben zij een glans als van gloeiende kolen, hier en daar met zwarte puntjes voorzien.

6° Zoo de steenen ten tweedenmale in het licht geplaatst worden, nemen zij het gemakkelijker en beter op, dan wanneer zij er voor de eerste maal in geplaatst worden, zoodat het schijnt, dat zij nooit te voren ontvangen licht niet gaarne aannemen, maar het vuriger zoeken, zoo zij het slechts eenmaal geproefd hebben.

Hierbij bepaalden zich vooreerst de waarnemingen der Italiaansche natuuronderzoekers, omtrent den Bologneschen steen. Later hebben GALEATI EN ZANOTTI, de secretaris der Bolognesche academie, dat onderzoek

op nieuw opgevat, en de verschijnselen ten opzichte van een paar belangrijke punten onderzocht. GALEATI besloot namelijk te onderzoeken, of de verschijnselen dezelfde waren in het luchtledige als in de lucht, en ZANOTTI, of de Bolognesche steen vreemd en van buiten invallend licht inzuigt, dat in zich bewaart en daardoor schittert, of dat hij door eigen licht schittert, even als andere lichtende lichamen, terwijl het van buiten opvallende slechts noodig is, om het eigene licht van den steen op te wekken. De eerste meening werd aangenomen, maar zonder genoegzamen grond.

In 1718 nam ZANOTTI zijne proeven. Er was toen hevige strijd tusschen de Cartesianen en Newtonianen, zoodat het moeilijk was iets zekers in de leer van het licht te beweren, zonder eene der beide partijen te beledigen: ZANOTTI stelde dus twee wijzen voor om de vraag op te lossen, waarvan de eene aan de aanhangers van DESCARTES, de andere aan die van NEWTON zoude voldoen.

Voor de Cartesianen meende hij was het antwoord gemakkelijk: deze toch stelden het licht in eene beweging van bolletjes, die door de geheele ruimte verspreid waren; zoo er nu iets was dat deze bolletjes in beweging bragt, kon men met zekerheid beweren, dat dit met zijn eigen licht lichtte. De Bolognesche steen lichtte nu zonder dat er eenig lichtend voorwerp in de nabijheid was, moest dus zelf de bolletjes in beweging brengen, en lichtte dus voor de Cartesianen met zijn eigen licht.

De vraag voor de Newtonianen te beantwoorden was moeilijker. Voor deze namelijk waren er verschillende soorten van licht, die hare eigene kleur en breekbaarheid hadden, in het gewone licht vermengd voorkwamen, en daaruit van een gescheiden werden door een prisma. Voor deze moest men dus de steenen in verschillende soorten van licht plaatsen en zien of zij dan met de kleur van het opgevallene licht schitterden of niet, want zoo zij het opvallende licht inzogen en daarna afgaven, moesten zij volgens de theorie der Newtonianen met de kleur van het opgevallene licht lichten. ZANOTTI scheidde dus de verschillende soorten van lichtstof in een bundel daglicht bevat door middel van een zeer schoon Engelsch prisma, hetgeen hij van een Dominikaner monnik ter leen ontvangen had, van een, plaatste één steen in het roode, één in het blaauwe licht en liet ze toen waarnemen door eenige personen, die reeds langen tijd in het duister verkeerd hadden. Hij verkreeg eene andere uitkomst dan MARSIGLI: de beide steenen verspreidden een bijna wit licht, en niemand kon eenig onderscheid tusschen hen waarnemen <sup>1)</sup>. Daar nu volgens de Newtonianen niets de kleur van eenige lichtsoort kon veranderen, lichten ook voor deze de steenen met hun eigen licht.

De verklaring, tot welke ZANOTTI nu het meest overhelde, was dat sommige deelen van deze steenen door het licht aangedaan ontbrandden, en dat daardoor de glans veroorzaakt werd, die zoo lang duurde, tot dat

---

1) Comm. Bon. Tom. I, p. 204.

de brand geheel gebluscht was. Dit kwam ook overeen met den reuk, dien zij afgeven, zoo lang zij lichten, en hierin lag misschien ook wel de oorzaak, waarom het maanlicht het verschijnsel niet te weeg bragt, daar dit ook volgens andere proeven zoo weinig geschikt was, om brand te veroorzaken.

Wij zien, dat ZANOTTI hier een gewichtig verschijnsel ontdekt, hetgeen later echter een zwaren strijd heeft moeten strijden. Behalve dit heeft ZANOTTI nog een ander punt onderzocht; hij heeft namelijk een lichtenden steen door een prisma bekeken, maar zag daardoor geene de minste verandering, noch scheiding van het licht in verschillende kleuren, noch verandering van vorm; hij wilde echter niet beslissen of het aan eenkleurigheid van het licht dan wel aan de zwakheid er van moest toegeschreven worden, want hetzelfde nam hij ook waar, zoo hij door een prisma naar eene gloeiende kool zag <sup>1)</sup>.

Het onderzoek, hetgeen GALEATI zich voorgenomen had en bestond in het onderzoeken van den invloed der lucht bij deze verschijnselen, was niet minder belangrijk dan dat van ZANOTTI: hij deed het echter eerst in het jaar 1728.

GALEATI plaatste een bijzonder goed lichtenden steen in het zonlicht en liet dien toen door verscheidene personen waarnemen, die langen tijd in de duisternis geweest waren: het licht bleef duidelijk waarneembaar

1) Latere onderzoekingen hebben geleerd, dat het licht van eene dof gloeiende kool eenkleurig is.

gedurende 10 minuten. Daarop stelde hij hem onder de klok van eene luchtpomp, die echter niet luchtledig was, aan het zonlicht bloot: nu scheen hij wel een weinig minder licht tot zich getrokken te hebben, maar de uitstraling daarvan duurde toch negen minuten. Nu pompte hij de lucht uit de klok, terwijl de steen door de zon beschenen werd, en bragt den geheelen toestel in de duisternis: de steen lichtte minder sterk dan de eerste maal, maar het licht duurde weder negen minuten, en toen zij een andermaal de lucht weder in de klok bragten, terwijl de steen nog lichtte, bleef het licht van den steen geheel onveranderd.

Zie hier een tweede belangrijk verschijnsel door de Italiaansche geleerden ontdekt, dat de Bolognesche steen even goed in het luchtledige als in de lucht licht.

Dat de steen minder sterk licht, zoo hij door eene glazen klok, hetzij met lucht gevuld of niet, bedekt is, dan zoo hij vrij aan het zonlicht wordt blootgesteld, moet toegeschreven worden aan de werking van het glas der klok, hetgeen, zoo als latere onderzoekingen geleerd hebben, een groot deel van de stralen, die het verschijnsel veroorzaken, opslorpt.

Terwijl de Bolognesche geleerden alzoo ijverig bezig geweest waren de phosphorescentie van den Bologneschen phosphorus te onderzoeken, had men in Engeland en Frankrijk soortgelijke verschijnselen aan andere lichamen ontdekt.

In Engeland was het BOYLE, die ze het eerst, in 1663, aan een diamant waarnam en in een brief aan

Sir ROBERT MORRAY mededeelde 1). Hij had gehoord, dat een zijner vrienden, Mr. CLAYTON, een diamant uit Italië had medegebragt, die lichtte, zoo hij gewreven werd: hij ging zijn vriend bezoeken om dat te zien, maar daar zij niets konden waarnemen, kreeg BOYLE den diamant voor éenen nacht mede, waarin hij er verscheidene proeven mede deed. De proeven gelukten hem nu: hij zag niet alleen, dat de diamant gedurende de wrijving lichtte, maar ook, dat hij, zoo hij sterk gewreven werd, nog eenigen tijd bleef lichten nadat de wrijving opgehouden had: hij merkte hierbij op, dat de diamant beter lichtte, zoo hij door witte en roode stoffen, dan, zoo hij door zwarte gewreven werd: de diamant werd bij die wrijving electrisch even als andere diamanten. Het was echter niet eens noodig den diamant te wrijven om hem te doen lichten: reeds alleen door drukking werd hij lichtend.

Toevallig hield hij ook den diamant eens in de nabijheid eener kaars en zag, dat hij ook daarna lichtte, hoewel zwakker dan na wrijving: hij schreef dit toe aan de warmte der kaars, hoewel latere proeven geleerd hebben, dat het ook wel alleen door het licht der kaars kon veroorzaakt zijn, en plaatste hem daarom op een dik stuk verwarmd, niet gloeiend ijzer en zag hem nu ook lichten: eveneens maakte hij hem lichtend door hem eenvoudig in aanraking met zijn ligchaam te houden. In deze drie laatste geval-

---

1) Een afschrift van dezen brief vindt men in *The works of the honourable ROBERT BOYLE*, Volume II, p. 81, Londen 1744.

len was de diamant niet electrisch, terwijl hij lichtte. Zoo de diamant lichtend onder water, wijngeest, oliën of andere vochten geplaatst werd, bleef hij even goed lichten, eveneens zoo men hem onder warm vocht plaatste.

BOYLE onderzocht te gelijker tijd nog keisteenen, bergkrystal en twee andere diamanten, of hij er dezelfde verschijnselen aan kon waarnemen, maar zij vertoonden geen licht; eenigen tijd daarna vond hij echter een anderen diamant, die door wrijving lichtend werd. Later onderzocht hij nog verscheidene diamanten, robijnen, sapphiren en smaragden, maar kon slechts eenige diamanten tot lichten brengen. Dit verminderde wel het wonderbaarlijke van het verschijnsel van CLAYTON's diamant, maar niet het belangrijke. BOYLE plaatste een berigt van zijne waarnemingen in het laatste deel van zijn *Book of Colours*.

Eerst ruim dertig jaren later breidde WALL deze onderzoekingen uit. Omdat in de menschelijke urine en excreta eene groote hoeveelheid oleosum en gemeen zout was, meende WALL <sup>1)</sup>, dat de phosphorus van KUNKEL, waarmede hij zich veel had bezig gehouden, niets anders was dan dat dierlijke oleosum, gestremd met het minerale acidum van den geest van het zout, welk coagulum onder water bewaard en niet ontbonden, maar in de lucht aangestoken werd.

Deze beschouwingen deden WALL gissen, dat de barn-

1) Dr. WALL, Experiments of the Luminous qualities of Amber, Diamonds and Gum Lac, in a Letter to Dr. SLOANE. Philosophical transactions, Vol. XXXIV, for the years 1708 and 1709, p. 69.



steen, dien hij voor een mineraal oleosum gestremd met een mineraal vlugtig acidum hield, een natuurlijke phosphorus zoude zijn: na vele proeven vond hij dan ook, dat een goed gepolijst stuk barnsteen, de knop van zijn wandelstok, lichtte, als het in de duisternis gewreven werd.

Door dat de diamant electrisch is even als de barnsteen, kwam WALL op de gedachte, dat die ook wel een natuurlijke phosphorus kon zijn: hij vond dan ook, dat hij zulks was; daarom meent WALL, dat de diamant een minerale phosphorus genoemd mag worden, daar die, zoo als hij denkt, het zuiverste van alle oleosa gecoaguleerd met een mineraal acidum is. BOYLE nu had gevonden, dat sommige diamanten door wrijving lichtend werden, andere niet; daarom meent WALL, dat hem de eer der ontdekking toekomt, dat dit met alle diamanten het geval is, en dat, zoo iemand anders het eerder geweten heeft, hij het maar had moeten zeggen, want dan hadden de koopers van diamanten zich voor bedrog kunnen vrijwaren, waarvoor zij hem nu wel dankbaar zullen zijn. Hoe dit zij, is hier vrij onverschillig: belangrijker en voor WALL wonderbaarlijker was hetgeen hij verder ontdekte en mededeelde, dat zoo men een diamant in de lucht aan het daglicht blootstelt, hij zonder wrijving licht, even als wanneer hij in eene donkere kamer gewreven is, en dat, zoo men bij de blootstelling aan het licht een deel van den diamant met den vinger bedekt, dit deel niet licht. Bij alle andere steenen, die WALL onderzocht, kon hij dat verschijnsel niet vinden.

Hier vinden wij dus het berigt, dat WALL het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling aan den diamant heeft waargenomen; naauwkeurig schijnt hij het niet onderzocht te hebben en hij berigt niet of hij het bij alle diamanten, die hij waarnam, gevonden heeft.

Groote verwondering baarde het niet aan WALL, dat alle diamanten door wrijving phosphoresceerden; hij toch meende, dat alle lichamen, die electricisch zijn, lichten zullen, want hij neemt aan, dat het licht, dat in hen is, de oorzaak is, dat ze electricisch zijn: zoo men nu deze lichamen wrijft, vertoonen zij hunne electriciteit en moeten dus ook wel de oorzaak er van, dat is het licht, vertoonen.

Veel werden deze ontdekkingen niet uitgebreid, hoewel ze belangrijk genoeg waren, waarvan WALL zelf ook overtuigd schijnt geweest te zijn: hij toch zegt, dat men hetgeen hij heeft medegedeeld, wel als eene beuzeling zoude kunnen aanmerken, maar dat men zoo ook wel het aantrekken van het ijzer door den magneet zoude kunnen beschouwen en dat toch deze eigenschap tot rijke kennis, tot groot nut, tot het ontdekken van werelddeelen geleid heeft, en dat zoo ook eveneens misschien eenmaal zijne ontdekkingen onder de handen van eenig groot genie tot groote zaken zullen leiden. Wij zullen zien, dat anderen zonder zijne hulp die verschijnselen konden ontdekken, en er meer licht over verspreiden: dit was het geval in Frankrijk met DU FAY, in Bologna een weinig later met BECCARI.

DU FAY wilde de natuur der edelgesteenten onder-

zoeken: daarom brandde hij ze ook. Onder anderen brandde hij een steen, dien men met den naam van topaas bestempeld had en veel overeenkomst bezat met den Bologneschen steen: na de branding vertoonde deze de eigenschap van den Bologneschen phosphorus. Nu kwam hij op de gedachte, dat wel meer steenen door branding die eigenschap zouden kunnen krijgen, zoo als b. v. een belemniet, die overeenkomst had met den Bologneschen steen, daarin namelijk, dat hij stralig was: zijne verwachting werd niet bedrogen en nu ging hij met zijn onderzoek voort 1).

Uit alle gipssoorten kreeg hij door branding phosphori: eveneens uit alle kalksteenen en marmers, hoewel uit deze eerst door heftige branding.

Aardachtige stoffen, als mergel en lias, werden niet phosphorisch door branding, wel door behandeling met salpeterzuur, op dezelfde wijze als BALDUIN het krijt behandeld had.

De kiezel- en talksteenen kon hij niet phosphorisch maken.

De phosphori, die hij op deze wijze verkreeg, stelde hij slechts ééne minuut aan het licht bloot, waarna sommigen zeer langen tijd licht afgaven: zoo lichtte de phosphorescerende stof, die hij uit een belemniet bereid had, gedurende één uur.

DU FAY liet het echter niet berusten bij het eenvoudige

1) Hetgeen hij nu vond, maakte hij bekend onder den titel: Mémoire sur un grand nombre de phosphores nouveaux. Histoire de l'Académie royale des sciences, l'Année 1730, p. 524.

dig ontdekken van nieuwe phosphori, maar hij nam er ook proeven mede en bestudeerde de verschijnselen onder verschillende omstandigheden. Hij onderzocht of het licht ook bij het doorvallen door sommige doorschijnende stoffen de eigenschap van de phosphorescentie op te wekken verloor, en vond dat alle steenen, ook de Bolognesche, phosphorescerend werden, zoo ze aan daglicht werden blootgesteld, dat door water, door glas, door welke doorschijnende stof ook gegaan was <sup>1)</sup>: ook door maanlicht en door kunstlicht werden zij lichtend, hoewel zwak.

LEMERY had opgemerkt, dat de Bolognesche phosphorus sterker phosphoresceert door het daglicht, dan door het onmiddelijke zonlicht: wij hebben gezien, dat in Bologna daar ook reeds proeven over genomen waren. DU FAY herhaalde ze en vond, in strijd met hetgeen men te Bologna gezien had, de waarneming van LEMERY bevestigd. Hij nam tevens ook waar, dat de door hem bereide phosphori niet of slecht phosphoresceerden, zoo ze nog warm waren van het branden, en dat ze de eigenschap der phosphorescentie in één of twee maanden na de branding verloren; het eerste is de waarneming van de merkwaardige werking der warmte op de stoffen, die door bestraling phosphoresceren, welke werking men al meer en meer waarnam, en waaraan

1) Zeer naauwkeurig moeten die proeven van DU FAY niet geweest zijn, anders zoude hij wel ontdekt hebben, hetgeen men later gevonden heeft, dat bij het doorvallen door sommige stoffen de eigenschap van het licht om phosphorescentie op te wekken vermindert.

een gedeelte dier verschijnselen, die men later zamen-  
vatte onder den naam van phosphorescentie door ver-  
warming, hunnen oorsprong verschuldigd zijn.

Het is niet te verwonderen, dat DU FAY er toe ge-  
bragt werd zijne phosphori onder water te dompelen,  
terwijl zij lichtten: hij zag dat geen van hen zijn licht  
verloor bij die indompeling: evenzoo behielden de phos-  
phori hunne eigenschappen onder alcohol en ook on-  
der oliën. Zoo hij echter versch gebrande marmers en  
kalksteen en, terwijl ze phosphoresceerden, onder sterk-  
water bragt, nam hun licht wel in het eerste oogen-  
blik toe, maar hield korten tijd daarna op, terwijl de  
steen en opgelost werden. Goede, zuivere Bolognesche  
phosphori werden niet opgelost in sterkwater en ble-  
ven phosphoresceren, eveneens als de door oplossing  
in sterkwater bereide phosphori, die langzamerhand  
weder opgelost werden.

Behalve de phosphori, die DU FAY uit het mineralen-  
rijk bereidde, bereidde hij er ook vele uit het plan-  
ten- en dierenrijk, zoo als uit ivoor, beenderen, schel-  
pen, eijerschalen en ook uit plantenasch, op dezelfde  
wijze behandeld als krijt bij de bereiding van den Bal-  
duinschen phosphorus.

Nadat DU FAY deze groote menigte phosphori ont-  
dekt had, werd hem door de Fransche Academie het  
onderzoek opgedragen van een mineraal, hetgeen in  
1724 door BOURGUET van Bern naar Parijs gezonden  
was, en de eigenschap bezat van te lichten, zoo het  
verwarmd werd. Toen hij dit mineraal onderzocht,  
deed hij tevens proeven op verschillende edelgesteenten

en vond, dat vele van deze door verwarming min of meer lichtend gemaakt werden, waardoor hij tot het onderzoek van den diamant geleid werd, waarvan BERNOULLI voor eenige jaren aan de Academie naar aanleiding van de proeven van BOYLE had medegedeeld, dat hij door wrijving lichtend wordt 1). Hij herhaalde nu de proeven van BOYLE en bepaalde zich eerst tot deze; onder de middelen, die hij gebruikte, om de diamanten te verwarmen, was ook het plaatsen van deze in het zonlicht; hij stelde namelijk verschillend gekleurde diamanten, waaronder 2 gele, gedurende 22 minuten aan het zonlicht bloot, en zag toen, dat de gele zeer sterk phosphoresceerden, gedurende 42 minuten. Daarna plaatste hij ze al korter en korter tijd in het zonlicht, zoodat eindelijk aan geene verwarming te denken viel, en zag, dat sommigen daarna steeds licht in de duisternis vertoonden, waardoor hij tot de ontdekking kwam, dat sommige diamanten de eigenschap bezitten van door bestraling te phosphoresceren 2). Hij onderzocht nu zeer vele diamanten, waaronder 400 gele, en vond, dat velen daarvan phosphorisch waren, waarbij hij opmerkte, dat alle gele die eigenschap bezaten, hoewel ook anders gekleurde haar vertoonden.

Nu DU FAY de phosphorescentie door bestraling, welke hij reeds aan eene menigte stoffen ontdekt had, die hij eene zekere bewerking had doen ondergaan,

1) Histoire de l'Académie, 1707.

2) DU FAY, Recherches sur la lumière des diamants et de plusieurs autres matières. Histoire de l'Académie royale des sciences, l'Année 1735, p. 347.

ook aan diamanten gevonden had, zonder dat deze eenige bewerking ondergaan hadden, kwam hij op de gedachte, dat ook wel andere stoffen, zoo als zij in de natuur voorkomen, die eigenschap konden bezitten, en in de eerste plaats wendde hij zich tot de andere edelgesteenten. Bij deze ontdekte hij echter niets, maar wel bij vele andere steensoorten en bij vloeispaat nam hij eene zeer sterke phosphorescentie waar: bij bergkrystal, talk en zwaarspaat kon hij niets waarnemen. Bij deze proeven vond hij, dat de blootstelling aan het licht niet langdurig behoeft te zijn, om de phosphorescentie op te wekken, dat ze hoogstens 8 tot 10 seconden behoeft te duren, en dat diamanten reeds lichtend worden door ze eenvoudig aan het daglicht bloot te stellen, ja zelfs dat deze phosphoresceren, nadat er daglicht op gevallen is, hetgeen door met gordijnen bedekte vensters, of door gekleurde glazen <sup>1)</sup>, of door water, of door een laag melk van 7 tot 8 lijnen dikte gegaan is.

Één punt boezemde hem bovenal belang in, namelijk de reden, waarom sommige diamanten door bestraling phosphoresceerden, andere niet: hij wist, dat sommige diamantverkoopers hunne diamanten sterk gloeijen, voor dat zij ze verkoopen en meende, dat dit wel de oorzaak van het verschil kon zijn. Hij brandde daarom phosphorische en niet phosphorische diamant-

1) Hierbij merkte hij op, dat de kleur van het licht, waarmede de diamanten lichten, niet afhangt van de kleur van het licht, dat er op gevallen is, daar zij steeds, door welke glazen hij het licht ook liet vallen, hetzelfde licht vertoonden, even als ZANOTTI bij den Bologneschen steen gevonden had.

ten sterk, maar hoe menigmaal hij dit ook mogt bewerkstelligen, het bragt nooit eenige verandering ten opzichte van de phosphorescentie te weeg.

Als zulke sterke warmte niet werkt, wat zal dan werken? vroeg DU FAY zich zelve en hij antwoordde: Niets! Dus kan ik de oorzaak van het verschil in de diamanten niet vinden en zoek er niet naar. Hij zag dus van een onderzoek af, waarmede later BECCARI zich nog langen tijd, maar ook vruchteloos, heeft bezig gehouden.

Door deze ontdekkingen werd DU FAY geleid tot de verdeling der phosphorescerende lichamen in drie klassen. Sommige, zoo als de robijn, phosphoresceeren alleen door wrijving; andere, zoo als bergkristal, door wrijving en door verwarming; weder andere, zoo als de diamant, door wrijving, verwarming en bestraling. Bij deze laatste vond hij eenig onderscheid in het phosphorische licht, al naar dat de oorzaak anders was: hij zag namelijk, dat het licht opgewekt door verwarming, b. v. door dompeling in warm water <sup>1)</sup>, van veel korter duur was dan het licht opgewekt door bestraling.

Bij de bergkristallen, die niet door bestraling maar wel door verwarming phosphoresceerden, merkte DU FAY hetzelfde verschil op, hetgeen hij bij de diamanten had opgemerkt, dat namelijk sommige phosphoresceerden, andere niet, en tevens merkte hij daarbij op, dat eenige

---

1) DU FAY berigt, dat deze eigenschap van den diamant reeds aan ALBERTUS MAGNUS bekend was.



bergkrystallen na 2 of 3 malen verwarmd te zijn, minder lichtend waren, even als hij dat bij den uit Bern gezonden phosphorus en bij eenige andere gevonden had. Daardoor werd hij geleid tot het onderzoek of hij ook door warmte het phosphorescerend vermogen aan sommige stoffen kon ontnemen, hetgeen hij bij den diamant te vergeefs beproefd had. Nu vond hij, dat hij door sterke hitte aan een bergkrystal het vermogen om te phosphoresceren ontnemen kon: dat sommige door bestraling phosphorescerende lichamen die eigenschap door sterke hitte verloren, terwijl hun door zwakkere warmte het vermogen om door verwarming te phosphoresceren ontnomen werd; de uit Bern gezondene phosphorus, die door hitte het vermogen om door verwarming of door bestraling te phosphoresceren verloor, verloor door de sterkste warmte niet de eigenschap van door wrijving te lichten.

Tot zoo verre ontwikkelde DU FAY de leer der phosphorescentie: hij had niet alleen het rijk der kunstmatige phosphori zeer uitgebreid, maar ook gevonden, dat er in de natuur vele stoffen zijn, die het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling vertoonen: hij had bevestigd, dat, welk licht men ook op zoodanigen phosphorus laat vallen, deze steeds licht van dezelfde kleur uitstraalt: verder had hij de werking der warmte op die stoffen bestudeerd en ook bij sommige stoffen de eigenschap gevonden van door verwarming te phosphoresceren, hoewel hij hierbij eene voorwaarde over het hoofd zag, die later, althans bij enkele stoffen, ontdekt werd.

Dit laatste verschijnsel had men onderwijl ook te Bologna leeren kennen; het was in 1725 door GIUSEPPE MONTI aan de Academie aldaar vertoond <sup>1)</sup>. Hij ook had uit Bern een steen gekregen, die niet ver van Briensee gevonden was; zoo hij een weinig poeder van dezen steen in een ijzeren lepeltje verhitte boven kolen, verspreidde het licht in de duisternis, hetgeen toen te Bologna eene bijzonderheid was, daar men nog slechts zeer weinig stoffen kende, die door verwarming phosphoresceerden: MONTI toonde aan, dat men hetzelfde verschijnsel ook aan die steenen kon waarnemen, die sommigen amethyst, anderen smaragd noemden.

Behalve over dit punt is ook over de andere door DU FAY ontdekte verschijnselen te Bologna licht verspreid. In het jaar 1734 werd namelijk BECCARI, dien wij vroeger met den Bologneschen phosphorus hebben bezig gezien, door eene toevallig gemaakte ontdekking weder tot het onderzoek der phosphorescentie gebragt <sup>2)</sup>. Hij bezocht als geneesheer eene kraamvrouw, in wier kamer het zoo duister mogelijk gemaakt was; toen hij haar naderde, zag zij met verwondering, dat hij iets schitterends bij zich droeg, hetgeen ook anderen, die zich bij haar bevonden, waarnamen, maar waarvan hij zelf niets zag, en het bleek, toen eene der aanwezigen het lichtende voorwerp aanraakte, dat het een groote diamant was, dien hij aan den vinger droeg. BECCARI was opgetogen van vreugde over

1) Comm. Bon. Tom. II, pars I, p. 88.

2) Comm. Bon. Tom. II, pars I, p. 274.

deze ontdekking: hij wist wel, dat de diamanten door wrijving en verwarming lichtend worden, maar had nog niet gehoord van de ontdekking van WALL en DU FAY, dat zij het ook worden alleen door blootstelling aan het licht. Langzamerhand begon het licht van zijn diamant te verflaauwen, maar toen hij er slechts even mede naar buiten gegaan was, was de phosphorescentie weder even sterk als te voren. Nu was hij overtuigd, dat die diamant dezelfde eigenschap had als de Bolognesche steen, en wenschte de natuurkunde, de zieke en zich zelve geluk met dien nieuwen phosphorus.

Bij die eerste ontdekking liet BECCARI het niet; hij onderzocht niet alleen zoo vele diamanten als hij slechts krijgen kon, maar ook alle mogelijke soorten van edelgesteenten. Aan deze laatste kon hij echter geene phosphorescentie waarnemen, wel bij sommige andere diamanten, hoewel niet bij alle, ja zelfs bij zeer vele niet. Later vond hij echter, dat ook vele dezer laatsten lichtten, maar dat men om dat waar te nemen op twee zaken vooral moest letten, vooreerst, dat hij, die waarnemen zoude, lang in de duisternis verkeerd had, en vervolgens, dat de diamanten zoo snel mogelijk van de plaats, waar zij verlicht waren, in de duisternis gebragt werden, daar sommige zeer spoedig het ontvangene licht verloren. Niettegenstaande deze voorzorgen kon hij toch niet aan alle diamanten de eigenschap van te lichten waarnemen, en er waren sommige, die zelfs niet door het door eene lens verzamelde licht tot lichten konden gebragt worden. Hij trachtte dus te ontdekken of de diamanten ook een kenteeken hadden, waaraan

men kon zien of zij de eigenschap van in de duisternis te lichten bezaten; maar noch in de kleur, noch in de zuiverheid, noch in den glans, noch in de grootte, waarnaar men gewoonlijk de diamanten onderscheidt, was eenig kenteeken te vinden. Echter merkte hij op, toen hij vele diamanten van verschillende kleur waargenomen had, dat de gele en geelgroene altijd lichtten, hetgeen DU FAY ook opgemerkt had.

BECCARI heeft onderzocht de soort van licht, die vereischt wordt om de diamanten te doen phosphoresceren en gevonden, dat de voortreffelijkste door alle soorten van licht, ja zelfs door het maanlicht, tot lichten gebragt worden. Daarbij merkte hij op, dat sommige diamanten in eene kamer met geslotene vensters geplaatst niet tot lichten gebragt werden, terwijl zulks wel het geval was, zoo men de vensters opende. Dit was een vreemd verschijnsel, daar toch het licht bij het doorvallen door het vensterglas niet aanmerkelijk verzwakt werd: het was weder de waarneming van een verschijnsel, dat honderd jaar later verklaard zoude worden door de waarneming, dat het glas een groot deel der phosphorescentie opwekkende, niet lichtende stralen terughoudt. Hetzelfde had NOMBERG ook reeds vroeger bij een paar minder goede Bolognesche steenen waargenomen.

Hoewel BECCARI vermoedde, dat door het sterkste licht in de diamanten wel het sterkst de phosphorescentie zoude opgewekt worden, besloot hij het toch te onderzoeken; vele werden door het door eene lens verzamelde licht sterker lichtend dan ooit te voren, maar andere vond hij toch, waarbij dat niet het geval

was, terwijl bij sommige het licht wel even sterk, maar korter van duur was. Over het algemeen vond hij bij de verschijnselen, die door licht van verschillende sterkte werden te weeg gebragt, groote onregelmatigheid: sommige diamanten werden door het daglicht sterker en langer lichtend gemaakt dan door het in het brandpunt eener lens verzamelde zonlicht: twee, die door het daglicht even sterk phosphoresceerden, werden door het zonlicht in verschillende mate lichtend, terwijl die, welke het zwakst lichtte, het langst zijn licht behield. BECCARI kon geene regelmaat in die verscheidenheid vinden, die misschien veroorzaakt werd door de verschillende verwarming der diamanten onder de verschillende omstandigheden.

Nadat hij deze verschijnselen bij verschillend sterk licht had nagegaan, wilde BECCARI onderzoeken hoe lang die diamant, waaraan hij het verschijnsel het eerst ontdekt had, in het licht moest blijven, om in de duisternis te lichten, en tevens den duur van dat lichten waarnemen. Hij vond, dat zijn diamant reeds de grootst mogelijke mate van licht in de duisternis vertoonde, zoo hij slechts even door het zonlicht beschenen was, en dat hij niet sterker lichtte, zoo hij er hem langer in hield; bij sommige andere diamanten vond hij, dat het lichten in de duisternis door een langer verblijf in het licht in plaats van sterker te worden, een weinig minder werd, waardoor hij tot het besluit kwam, dat zoo de diamanten eens tot een zekeren graad van glans gekomen zijn, zij, hoe lang zij ook daarna in het licht verblijven, niet tot sterkeren glans kunnen gebragt worden.

Het lichten van den besten diamant van BECCARI duurde ruim vier uren. Het was bij het onderzoek hiervan, dat hij eene gewigtige ontdekking deed; hij had zijn diamant tegen den avond aan het licht blootgesteld en daarna tegen het licht beschermd: toen hij hem na een paar uur onderzocht, lichtte hij nog zwak, waarop hij hem in koud water plaatste om te zien of het licht ook daardoor zoude uitgedoofd worden. Na eenigen tijd haalde hij hem uit het water en kon toen geen spoor van licht waarnemen; daar de diamant echter koud geworden was, plaatste hij hem ter verwarming in zijn mond en zie! nu verspreidde hij weder licht. Deze verkoeling en verwarming herhaalde hij nog eenige malen: de twee eerste malen werd de diamant weder lichtend, hoewel telkens minder, maar de derde maal, dus na de vierde verwarming, kon hij geen licht meer ontdekken. Den volgenden dag heeft hij deze proeven verscheidene malen met warm water herhaald en daardoor gevonden, dat phosphori, die door licht bestraald geweest waren, waaraan men echter geen licht meer kon waarnemen, weder duidelijk waarneembaar licht verspreidden, zoo men ze verwarmde, hetgeen zelfs dan gebeurde, wanneer die voorwerpen door maanlicht beschenen waren.

Nadat hij deze werking der warmte ontdekt had, besloot BECCARI de werking van de stof, waardoor een lichtende diamant omgeven is, te onderzoeken. Hij vond geen onderscheid in het lichten van den diamant, hetzij die in het luchtledige of in de lucht geplaatst was, en ook in kwikzilver behield hij zijn licht niet lan-

ger dan in de lucht; hij had plan gehad lichtende diamanten ook in andere vloeistoffen te plaatsen en deze naar hare verhouding ten opzichte van de phosphorescentie in klassen te verdeelen, maar nu hij vond, dat het lichten in het zeer digte kwik even lang duurde als in de lucht, besloot hij de andere vochten niet te onderzoeken.

Zoo ver was BECCARI gevorderd met zijn onderzoek, toen hij de werken van DU FAY in handen kreeg, waarop hij nog meer onderzoekingen over dit onderwerp ondernam. Het was al sedert lang een punt van onderzoek bij de Academie geweest, of de phosphorescerende stoffen opgevangen licht weder teruggeven, of een eigen licht bevatten, hetgeen zij uitzenden, zoo het door opvallend licht opgewekt wordt. ZANOTTI was bij den Bologneschen steen tot het besluit gekomen, dat het laatste de waarheid was, omdat die steen, in de verschillende kleuren van het zonnenspectrum geplaatst, altijd toch hetzelfde licht in de duisternis verspreidt. BECCARI deed diezelfde proeven met zijne diamanten en kwam tot dezelfde uitkomst, maar toch schortte hij zijn oordeel op. Dat het lichten der diamanten niet daarin bestaat, dat zij eerst licht opnemen en daarna weder uitzenden, was voor hem zeker, maar hij wilde daarom toch niet het besluit aannemen, dat de diamanten door het opvallende licht aangestoken worden en dan met een eigen licht voortlichten, omdat zij door verschillend sterk licht in verschillende mate tot lichten gebracht worden, terwijl de grootte van een brand niet

afhangt van de sterkte der vonk, die hem veroorzaakt heeft.

Nadat BECCARI deze proeven gedaan had en hierdoor tot geen bepaald besluit omtrent de oorzaak der phosphorescentie gekomen was, besloot hij, opgewekt door het voorbeeld van DU FAY, een onderzoek te doen naar de reden, waarom sommige diamanten lichten, andere niet. DU FAY had vermoed, dat dit onderscheid veroorzaakt werd door dat sommige diamanten aan den invloed van groote hitte waren onderworpen geweest, en had daarom eenige diamanten, zowel lichtende als niet lichtende, aan zeer sterke warmte blootgesteld, maar daardoor geene de minste verandering in hen kunnen te weeg brengen. Nu stelde BECCARI zich nog meer voor, namelijk om niet phosphorescerende diamanten tot phosphorescerende, en phosphorescerende tot niet phosphorescerende te maken.

BECCARI was namelijk tot het vermoeden gekomen, dat in de diamanten een zwavel-beginsel, alleen of in verbinding met andere beginsels, de oorzaak van het lichten was. Geheel uit de lucht gegrepen was dat vermoeden niet. BOYLE, FONTENELLE en andere onderzoekers van edelgesteenten hielden het toen voor genoegzaam zeker, dat deze door minerale vochten gekleurd waren; de verwantschap der diamanten met de edelgesteenten gaf recht om ook daar hetzelfde te vermoeden, en de omstandigheid, dat alle gele diamanten phosphoresceren, bragt hem tot de veronderstelling, dat de phosphorescerende diamanten hun lichtend vermogen aan een zwavel-beginsel verschuldigd waren; hierbij kwam



nog het sterk brekend vermogen der diamanten, hetgeen zij met de vochten, die zwavel bevatten, gemeen hadden.

Zoo dit vermoeden waarheid was, kon BECCARI, indien hij aan de phosphorescerende diamanten zwavel onttrekken en aan de niet phosphorescerende zwavel toevoegen kon, naar willekeur de eigenschap der phosphorescentie aan diamanten ontnemen of geven. Het eerste scheen gemakkelijker dan het laatste, daar men reeds door sterk vuur aan edelgesteenten de kleur onttrokken had; maar hoe hij het ook trachtte te volbrengen, het mogt hem niet gelukken.

Om zwaveldamp in de diamanten in te voeren, besloot hij deze langen tijd daarin te doen blijven. Hij plaatste daarom eenige diamanten, zoowel phosphorescerende als niet phosphorescerende, in een mengsel, waaruit door vuur zwaveldamp ontwikkeld werd, en hield dit gedurende vier uren in een sterk gloeienden toestand; nadat hij het had laten bekoelen en de diamanten er uitgehaald had, zag hij, dat deze noch in voorkomen, noch in lichtend vermogen eenigzins veranderd waren. Nog meerdere proeven nam hij op overeenkomstige wijze, maar steeds met denzelfden uitslag; hierdoor liet hij zich echter niet afschrikken, maar wilde nu beproeven diamanten met metaaldampen te doordringen, en wendde zich daartoe tot het ijzer, omdat ijzer in bijna alle lichamen voorkomt en die dus gemakkelijk schijnt te doordringen, en omdat ijzer dikwijls zwavel bevat.

Hij plaatste zijne diamanten daarom in een mengsel

van ijzer en zwavel, hetgeen hij vier uren lang gloeide: de diamanten waren wel eenigzins beschadigd, hier en daar gebarsten en door zwarte vlekken ontsierd, maar ten opzichte van het lichtend vermogen waren zij niet veranderd, en door voortzetting dier proeven gelukte het hem wel zijne diamanten verder te bederven, maar de phosphorescerende bleven phosphorescerend en de niet phosphorescerende bleven niet phosphorescerend.

Nog niet afgeschrikt, trachtte hij de diamanten met den damp van den Bologneschen steen te doordringen: deze toch vertoonde het sterkst van alle lichamen de eigenschap van in het duister te lichten, en zoo men dus eenig ligchaam met deze eigenschap kon doordringen, zou het wel het best gaan uit dien Bologneschen steen. Op welke wijze hij het echter ook trachtte te volbrengen, het mogt hem niet gelukken. Nu was BECCARI ten einde raad en in wanhoop gloeide hij zijne diamanten tusschen smaragden, om toch alles beproefd te hebben, maar steeds met hetzelfde gevolg, zoodat eindelijk zijne hoop om de oorzaak van het lichten der diamanten uit een zwavel-beginsel af te leiden, geheel vervloog.

Het onderzoek der phosphori bleef hem echter steeds belang inboezemen en toen hij later meer tijd kreeg, heeft hij er zich geheel aan gewijd.

Om te voldoen aan de twee voorwaarden, die men bij het waarnemen der verschijnselen van phosphorescentie moet in acht nemen, liet hij een draagbaren toestel maken, waarin hij zich zoodanig kon plaatsen, dat hij in volkomene duisternis verkeerde, terwijl op

de hoogte zijner oogen eene om eene as draaibare schijf was, waarop hij de voorwerpen, die hij onderzoeken wilde, aan het licht blootstellen, en dan door omdraaijing der schijf dadelijk na de inwerking van het licht waarnemen kon. Groot was nu de menigte van voorwerpen, die hij phosphorescerende vond: in alle rijken der natuur waren zij verspreid; fossile, plantaardige en dierlijke stoffen vond hij, die zonder eenige bereiding de eigenschap der phosphorescentie vertoonden. Vele aarden en marmers, vooral de ligt gekleurde, waren phosphori: ook gips, zoo wel gebrand als ongebrand, kalksteen, de onbereide Bolognesche steen, zouten, gedroogde plantendeelen; vooral rijk was het dierenrijk: bijna alle beenderen, schelpen, en eene menigte andere harde stoffen van dat rijk phosphoresceerden: menschentanden bovenal voortreffelijk.

Al deze stoffen werden door sterk licht sterker lichtend dan door zwak, terwijl zij slechts een paar seconden in het licht behoeften te vertoeven, om hunne sterkst mogelijke phosphorescentie te vertoonen, welke dan zes, hoogstens acht, seconden aanhield. BECCARI kon geen kenteeken vinden om de phosphori te ontdekken, zonder eene proef; alleen kon hij eenigzins als zoodanig de kleur aannemen, daar in elke soort de witte stoffen de beste phosphori waren.

Behalve deze stoffen, die BECCARI natuurlijke phosphori noemde, omdat zij niet door menschenhanden bewerkt waren, vond hij nog vele andere, die door kunst bereid waren, en die hij daarom kunstmatige phosphori noemde; hieronder waren de gewone linnen

stoffen en het papier. Verder onderzocht BECCARI die stoffen, welke door eene zwakke inwerking der warmte phosphori gemaakt waren, terwijl DU FAY die onderzocht had, welke door sterke warmte veranderd waren. Onder die, welke BECCARI onderzocht heeft, kwamen voor gebraden vleesch, eijerdoren, vogelveren, peulvruchten, meel, brood, enz. Deze eigenschap, door warmte aan de lichamen medegedeeld, ging echter meestal na eenigen tijd verloren, en kon dan door warmte hun weder medegedeeld worden.

De rijke uitkomsten zijner onderzoekingen verzamelde BECCARI in een geschrift, hetwelk eerst slechts in een besloten kring bewaard bleef, maar later, in 1746, in de gedenkschriften der Bolognesche Academie werd opgenomen, onder den titel: JACOBI BARTHOLOMAEI BECCARII *de quamplurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius* 1). Later breidde hij het rijk der phosphori door betere waarnemingen nog meer uit; vooral verbeterde hij zijne waarnemingen daardoor, dat hij de voorwerpen, die hij onderzoeken wilde, nog spoediger dan vroeger na de inwerking van het licht bezag, en dan zorgde dadelijk die deelen te kunnen bezien, welke door het licht beschenen waren. In het geschrift, waarin hij die betere waarnemingen bekend maakt en hetwelk, onder den titel: JACOBI BARTHOLOMAEI BECCARII *de quamplurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius alter*, in 1747 in de gedenkschriften der Bolognesche academie 2) is

1) Comm. Bon. Tom. II, pars II, p. 136.

2) Comm. Bon. Tom. II, pars III, p. 498.

opgenomen, raadt hij ook aan, zoo mogelijk groote hoeveelheden der te onderzoeken stoffen te nemen, of ze althans over eene groote oppervlakte uit te spreiden.

Nu vond hij, dat alle aardsoorten, ook de donkerste, phosphorisch waren, hoewel hij bij sommige om het lichten te voorschijn te roepen het zonlicht door eene lens moest versterken: alle zand lichtte, ook het talkachtige: van de in groote hoeveelheden voorkomende steensoorten was weder het marmer sterk lichtend, maar behalve dit vertoonden nu ook porphyr, graniet en basalt die eigenschap: verder amiant, talk en ook de steenen harder dan marmer, als malachiet, jaspis, agaten en opalen. Bij voorwerpen, die uit verschillende stoffen waren zamengesteld, vond hij, dat de witte deelen sterker lichtten dan de donkere, de drooge meer dan de vochtige en de ondoorschijnende meer dan de doorschijnende.

Noch DU FAY, noch hij zelf had de phosphorescentie kunnen waarnemen bij krystallen en doorschijnende edelgesteenten, behalve bij den diamant; nu vond hij echter, dat sommige reeds door het eenvoudige, andere door het met behulp van eene lens geconcentreerde zonlicht in de duisternis lichtend werden. Bij die krystallen, welke zelfs aan het geconcentreerde zonlicht weêrstand boden, heeft hij op de volgende wijze de phosphorescentie kunnen opwekken: hij wreef twee krystallen met eenigzins ruwe oppervlakten tegen elkander, zoodanig dat de holten met fijn poeder gevuld werden: dan phosphoresceerden de krystallen, zelfs wanneer ze slechts door het daglicht beschenen waren;

dezelfde bewerking, op glas uitgevoerd, gaf bij deze stof dezelfde uitkomst. Bijna alle edelgesteenten heeft hij tot lichten gebragt, door ze in het brandpunt eener lens te plaatsen: het best lichtten de smaragden, dan volgden de sapphiren en chrysoliten, dan de amethysten en topazen, dan de robijnen, eindelijk de granaten en hyacinthen. Bij deze verschillend gekleurde steenen vond hij, dat de rood gekleurde het minst geschikt voor phosphorescentie waren, hetgeen hij ook reeds bij andere stoffen opgemerkt had.

Bij de metalen had hij vroeger geene phosphorescentie kunnen waarnemen: evenmin nu door de naauwkeurigste waarnemingen; wel phosphoresceerden de zouten, zoo zij van metaal vrij waren, behalve de vitriolen, van welke soort die ook waren.

Nog vele andere tot het rijk der delfstoffen behorende voorwerpen vond hij phosphorescerend, zooals zwavel.

De deelen der planten had BECCARI tot nog toe weinig lichtend gevonden; nu vond hij echter, dat alle door behoorlijke drooging phosphorisch konden gemaakt worden. Bij droog zomerweder waren noten, korenvruchten, boonen, erwten en vele andere zaden in de duisternis lichtend: harsen, gomsoorten en dergelijke stoffen vond hij echter niet of slechts zwak phosphorescerend. Van de oliën onderzocht hij slechts twee soorten, de anijs- en de olijf-olie: bij beide nam hij phosphorescentie waar, zoo ze door koude een weinig verstijfd waren.

Van het dierenrijk had BECCARI reeds gevonden, dat

de harde deelen phosphorescerend waren, maar aan de andere had hij die eigenschap ontzegd: nu vond hij echter, dat die stoffen, welke vroeger alleen na drooging of roosting lichtend werden, zooals nagels, hoornen en haren, veren en vogelbekken, vischschubben en dergelijke stoffen, ook zonder die bewerkingen, de eigenschap der phosphorescentie zwak bezaten. Meer andere dierlijke stoffen vond hij phosphorescerend, onder anderen ook melk, zoo men die in een dun glazen fleschje besluit en niet schudt na de inwerking van het licht.

Toen BECCARI de phosphorescentie zoo algemeen bij de stoffen van het dierenrijk vond, kwam hij tot het vermoeden, dat het levende ligchaam, misschien wel zijn eigen ligchaam, ook die verschijnselen zoude vertoonen; hij stelde daarom zijne hand aan de inwerking van het zonlicht bloot en vond inderdaad, dat die daarna in de duisternis lichtte, vooral de nagels en de toppen, hoewel er eenige twijfel bij hem overbleef of dit lichten niet veroorzaakt werd door zijn verdeelde vreemde stof, die zich op zijn opperhuid bevond, daar zijne hand op verschillende plaatsen verschillend lichtte en het licht ophield door indompeling in warm water. Door herhaalde proeven overtuigde hij zich echter van de waarheid van het lichten zijner hand, en vond, dat die daartoe droog moest zijn, en dat de sterkte van het verschijnsel afhing van de hardheid der opperhuid, zoodat de door hem waargenomene vlakken veroorzaakt werden door de ongelijke dikte van het vel: het schoonst nam hij het verschijnsel van het lichten van zijn eigen

ligchaam waar op een kouden dag in de maand Januarij, toen hij niet alleen zijne hand, maar zelfs zijn geheelen arm zag lichten.

Met deze waarnemingen op zijn eigen ligchaam besloot BECCARI zijne onderzoekingen, en het tooneel van de bestudering der phosphorescentie verplaatste zich voornamelijk naar Duitschland en Engeland.

In Duitschland was het MARGGRAF, die zich met de phosphorescentie bezig hield; in het eerst onderzocht hij hoofdzakelijk de bereiding van den Bologneschen phosphorus, en of men ook niet in Duitschland steenen bezat, waaruit men dien bereiden kon. Zijne eerste uitkomsten bood hij in 1749 aan de Berlijnsche Academie aan 1).

Hij vond, dat eene voorwaarde tot verkrijging van den Bologneschen phosphorus was, dat het vuur sterk, bij de branding de kool in aanraking met de steenen, en de toetreding der lucht niet belemmerd was; want zoo hij het poeder van den natuurlijken Bologneschen steen gedurende twee uren in eene vlam van kool hield, werd het niet phosphorisch, evenmin zoo hij het met kool in goed toegepakte kroezen deed en dan in een sterk vuur plaatste. Zoo hij aan deze voorwaarden voldeed, gelukte het hem uit alle zwaarspaten, die in Duitschland gevonden werden, phosphori te maken,

---

1) MARGGRAF, Mémoire concernant certaines pierres, qui par la stratification avec les charbons et la calcination parviennent à un état et acquièrent une force, par laquelle étant exposées un peu de tems à la lumière, elles brillent ensuite dans un lieu obscur. L'Académie de Berlin, Tom. V, p. 56, l'année 1749.



maar niet uit marmer, gips en andere kalksteen, waarvan hij in de mineralogie van VALLERIUS het berigt gevonden had, dat men ze alle door branding tot phosphori kon maken; wij hebben gezien, dat niet alleen DU FAY uit alle die stoffen phosphori bereid had, maar dat ook BECCARI gevonden had, dat ze zonder eenige bereiding de phosphorescentie vertoonden.

Behalve het hier medegedeelde, deed MARGGRAF nog eenige waarnemingen over het lichtend vermogen van den Bologneschen phosphorus; hij berigt, dat die phosphorus, zoo men hem aan de lucht blootstelt, na verloop van tijd zijn vermogen om te lichten verliest, maar dat dit niet het geval is, zoo men hem in een hermetisch gesloten glazen vat bewaart. Verder bevestigt hij nog van den Bologneschen phosphorus, hetgeen MENTZEL vroeger van den Balduinschen berigt had, dat deze, zoo men hem dadelijk na de bereiding in de duisternis verwarmt, phosphoresceert, waaruit hij besluit, dat men dien phosphorus door verwarming kan doen lichten, zonder dat men hem vooraf aan het licht heeft blootgesteld.

Dit laatste sprak hij echter in het volgende jaar tegen, toen hij een tweede stuk 1) over dit onderwerp in het licht gaf, waarin een scheikundig onderzoek van de

1) MARGGRAF, Examen des parties qui constituent cette espèce de pierres, qui, après avoir été calcinées par le moyen des charbons, acquièrent la propriété de devenir lumineuses, quand on les expose à la lumière; avec l'exposé de la composition artificielle des pierres de cette sorte. L'Académie de Berlin, Tom. VI. p. 144. l'Année 1750.

steen, waaruit men den Bologneschen phosphorus kon bereiden, wordt medegedeeld. Uit dit onderzoek scheen hem te blijken, dat die steenen zwavel en kalk bevatten, waaruit hij besloot, dat men eveneens door oplossing van kalksteen in salpeterzuur, praecipitatie met zwavelzuur en branding van het praecipitaat met kool den phosphorus zoude kunnen bereiden; hij verkreeg echter steeds eene met minder sterk en meer wit licht phosphorescerende stof. En geen wonder; zijn besluit dat de Bolognesche steenen kalk bevatten, was eene dwaling: het berustte op het verkrijgen van een praecipitaat met zwavelzuur.

Omtrent de werking der warmte op de phosphori deelde hij nu betere waarnemingen mede. Hij had gevonden, dat zoo men de uit zwaarspaat bereide phosphori of den Balduinschen phosphorus in den donker op een warm fornuis plaatst, deze niet lichten zoo zij te voren acht of veertien dagen in de duisternis geweest zijn, terwijl zij het wel deden, zoo ze twee of drie dagen te voren aan het licht waren blootgesteld geweest, hoewel zij ook dan, zoo ze lang op het fornuis bleven, ten slotte hun licht verloren. Hieruit besloot MARGGRAF, dat de lichtdeeltjes, die in een phosphorus van eene voorafgaande inzuiging overgebleven waren, door de warmte van het fornuis er uitgedreven werden, waaruit wij zien, dat MARGGRAF het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling beschouwde als eene inzuiging van de opvallende lichtdeeltjes en daarop volgende uitstraling.

Groot zijn de ontdekkingen van MARGGRAF niet; be-

langrijker zijn de proeven eenige jaren later door CANTON in Engeland gedaan, daar deze veel naauwkeuriger waarnam.

Engeland had nog niet zijn eigen phosphorus: in 1764 werd het daarmede door CANTON begiftigd <sup>1)</sup>. Hij bereidde dien uit oesterschalen op de volgende wijze: hij brandde oesterschalen, zocht er de zuiverste deelen uit en stampte die fijn, vermengde dan drie deelen met één deel bloem van zwavel en gloeide dat mengsel gedurende één uur in eene kroes. Hij kreeg op deze wijze eene stof, later onder den naam van den Cantonschen phosphorus algemeen bekend geworden, die, zoo zij slechts even aan de inwerking van het licht was blootgesteld geweest, zoo sterk licht in de duisternis verspreidde, dat men bij het schijnsel met goed voorbereide oogen den tijd op een zakuurwerk kon waarnemen; zoo men die stof in eene drooge flesch met geslepen stop bewaarde, verloor zij niets van die eigenschap. Het licht van dezen phosphorus kon in sterkte wedijveren met dat van den Bologneschen, maar verschilde daarvan doordien het geelachtig wit was, terwijl de laatste phosphorus altijd een meer of min rooden gloed vertoonde.

CANTON deed met zijnen phosphorus vele belangrijke proeven en ontdekte er ook toevallig mede, dat het licht van eene electriche vonk de phosphorescentie

---

1) JOHN CANTON, An easy Method of making a phosphorus, that will imbibe and emit light, like the Bolognian stone; with experiments and observations. Phil. Trans. Tom. LVIII, p. 337.

opwekt. Men beweerde, dat de kunstmatige phosphori door de werking van het zonlicht langzamerhand hunne phosphorescentie verloren. CANTON plaatste twee gelijke stukken van zijnen phosphorus in twee goed gedroogde glazen bollen, die hij daarna hermetisch sloot. Den eenen bol plaatste hij buiten een raam, dat op het zuiden uitzag, den anderen op eene volkomen duistere plaats, en bewaarde ze op deze wijze een jaar lang: daarna werden ze beide door bestraling even sterk lichtend. Nu plaatste hij poeder van zijnen phosphorus in een vochtig glas, hetwelk hij vervolgens hermetisch sloot: het poeder verloor langzamerhand zijn vermogen om te phosphoresceren, hoewel spoediger in den zomer dan in den winter. Hieruit besloot CANTON, dat het vroeger opgegevene beweren valsch was, en dat, zoo een aan de werking van de lucht blootgestelde phosphorus zijn phosphorescerend vermogen verloor, dit, althans gedeeltelijk, door de vochtigheid der lucht veroorzaakt werd.

Ook in wijngeest verloor de phosphorus gedeeltelijk zijne eigenschappen, in ether niet.

Behalve deze proeven deed CANTON vele andere over den invloed der warmte op zijnen phosphorus. Twee gelijke stukken werden aan het licht blootgesteld, en het eene daarna in kokend water gezet, het andere niet: het eerste lichtte veel sterker dan het tweede, maar was na tien minuten duister, terwijl het tweede twee uur lang bleef lichten. Hieruit bleek, dat door verwarming van den phosphorus het licht sterker werd, maar korter duurde.

LEMERY en MUSSCHENBROEK hadden beweerd, dat een heet stuk phosphorus minder licht inzuigt dan een koud; CANTON besloot uit zijne proeven, dat dit beweren wel valsch kon zijn, en dat het verschijnsel, dat het licht van het warme stuk phosphorus zwakker was dan dat van het koude, daardoor veroorzaakt kon worden, dat de phosphorus in den eersten toestand het licht sneller loslaat dan in den laatsten. Dit laatste kon ook wel de reden zijn, waarom sommige Bolognesche steenen minder licht tend werden door het onmiddelijke zonlicht dan door het daglicht, en van de verscheidenheid in de verschijnselen, die BECCARI had waargenomen bij de phosphorescentie opgewekt door licht van verschillende sterkte.

De twee bij de laatste proef gebruikte stukken phosphorus, die CANTON in hermetisch gesloten glazen ballen gedaan had, werden na de proef in de duisternis bewaard en twee dagen later beide in kokend water geplaatst: dat stuk, hetgeen reeds in kokend water geweest was, bleef nu duister, het andere werd lichtend. Daarna stelde hij de beide phosphori weder aan het licht bloot, en dan werden zij weder beide lichtend, zoo ze in kokend water geplaatst werden: hij liet hen beide in de duisternis bekoelen en dan werden zij, in kokend water geplaatst, niet weder lichtend, voordat hij hen aan het licht blootgesteld had. Deze proeven herhaalde CANTON met eenzelfde stuk phosphorus, hetgeen droog in een hermetisch gesloten glas bewaard werd, op verschillende tijden gedurende vier jaren, zonder dat hij eenige verandering in den phosphorus kon waarnemen: hieruit besloot CANTON, dat

zoo eens een phosphorus bij eene zekere temperatuur zoo veel van het ontvangene licht heeft afgegeven, als hij bij die temperatuur afgeven kon, hij dan, als hij in de duisternis bewaard wordt, bij diezelfde temperatuur geen licht meer afgeven kan.

Deze proeven heeft hij ook gedaan met sterkere warmte: hij plaatste namelijk een phosphorus op een bijna gloeiend stuk ijzer, waardoor deze gedurende ééne minuut sterk lichtte, terwijl die phosphorus daarna door diezelfde warmte niet meer tot lichten kon gebragt worden, tenzij hij eerst weder aan het licht was blootgesteld geweest. Op zulk een stuk heet ijzer werd de phosphorus zelfs lichtend na inwerking van maan- en kaarslicht, en ook nadat hij zes maanden in de duisternis geweest was, zoo hij voor de plaatsing in de duisternis door het zonlicht was bestraald.

Het was nu ruim anderhalve eeuw geleden, dat voor de eerste maal het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling werd waargenomen en dat de eerste phosphorus ontdekt werd. Groot, ontzaggelijk groot was het aantal der phosphori, die men nu kende: men had niet alleen geleerd hoe andere phosphori uit verschillende stoffen bereid kunnen worden, dat men vele stoffen door sterke branding, en ook vele door eenvoudige drooging en roosting tot phosphori kan maken, maar ook dat er vele stoffen gevonden worden, die zonder eenige bewerking ondergaan te hebben het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling vertoonen. Door moeite en volhardenden ijver was men tot die kennis gekomen, want de proeven waren lastig,

vorderden veel tijd en vele voorzorgen. Men had de bestanddeelen nagegaan waaruit sommige phosphori bestaan, en de reden zoeken op te sporen, waarom sommige ligchamen van eene zekere soort phosphori zijn, terwijl andere van dezelfde soort het niet zijn. Ook had men het verschijnsel der phosphorescentie zelf naauwkeuriger bestudeerd, de omstandigheden, waaronder het te voorschijn geroepen wordt, onderzocht, en gevonden, dat verschillend gekleurd licht dezelfde phosphori steeds met hetzelfde licht doet phosphoresceren, en dat verwarming na de bestraling de phosphorescentie sterker maar van korter duur doet zijn. Veel had men dus geleerd, maar men kon dit alles maar niet goed in verband met andere verschijnselen opvatten. Sommigen hadden de phosphorescentie opgevat als eene eenvoudige verbranding: mogt dit bij sommige stoffen, zoo als bij den Bologneschen en Cantonschen phosphorus, eenigen schijn van waarheid hebben, voor andere, zoo als voor den diamant, was die opvatting zeker valsch; en ook met den Bologneschen en Cantonschen phosphorus had men waarnemingen gedaan, welke die opvatting voor deze stoffen moeijelijk maakten, zoo als bij voorbeeld, dat men die phosphori zoo lang als men wil aan het licht kan blootstellen, zonder dat de eigenschap der phosphorescentie eenigzins vermindert, zoo men hen slechts tegen vochtigheid beschermt, en dat zij in het luchtledige even goed lichten als in de lucht. Anderen, zoo als CANTON <sup>1)</sup>, hadden, in verband met de beschou-

---

1) Phil. Trans. Tom. LVIII, p. 343.

wing van het licht volgens NEWTON, het verschijnsel opgevat als eene eenvoudige inzuiging en uitstraling van lichtstof. Tegen die opvatting streden echter ten sterkste de waarnemingen, dat, indien men denzelfden phosphorus in licht van verschillende kleur plaatst, hij niet met licht van verschillende kleur, maar steeds met hetzelfde licht phosphoresceert <sup>1)</sup>. Hoewel die waarnemingen op verschillende tijden door velen medegedeeld waren, zoo wilde men toch gaarne, dat zij onjuist waren, want zij strookten niet met de opvatting van het licht, die men zich uit andere verschijnselen gevormd had, en het was moeilijk er zich zoo levendig van te overtuigen, dat zij stand konden houden tegen de liefde voor eene algemeene opvatting. Daarom was het eene blijde boodschap die in 1771 uit Turijn door BECCARIA naar Londen gezonden werd; zij was de volgende <sup>2)</sup>:

JOANNI CANTON, M. A. et Lond. Soc. Membro meritiss.

JOANNES BAPTISTA BECCARIA, ex Scholiis Piis, S. P. D.

Thecas plures confici curavi ex lamina ferrea cylindraceas intus nigerrimas. Operculum late pertusum crystallo ocluditur, colore in theca quaque diverso. Singulis thecis offas immisi ex phosphoro calcareo-sulphureo singulas omnia pares. Hae clausae soli objici-

---

1) Deze waarnemingen waren ook nog in Engeland door WILSON bevestigd, door wien tevens gevonden was, dat de sterk breekbare stralen de phosphorescentie sterker opwekken dan de stralen van geringe breekbaarheid, en dat deze laatste somwijlen de phosphorescentie, welke door de eerste opgewekt is, uitdooven.

2) Phil. Trans. Tom. LXI, Pars. I, p. 212.



untur simul omnes; asportatas in tenebras aperio, atque offam, quae per crystallum viridem, video virescere; rubescere, quae per rubram; flavescere, quae per flavam crystallum lucem imbut: videlicet confit hoc experimento jam non quantam solum lucem ebiberit phosphorus, sed et qualem, eam ipsum unice emittere. Quod etiam experimentum Regiae Societati obveniet fortasse non injucundum. Vale.

Eindelijk was het waargenomen, wat men verlangde; de phosphorus lichtte met het licht, waardoor hij bestraald was. Het bezwaar, hetwelk drukte, was opgeheven; de phosphorescentie was eene eenvoudige inzuiging van het licht en daarop volgende uitstraling in de duisternis. Zoo werd door een onwaarheid de inzuigingstheorie bevestigd. Had men slechts zelf waargenomen, en zich niet laten wegslepen door de liefde voor eene theorie, men was niet in die dwaling vervallen.

---

## TWEEDE HOOFDSTUK.

VAN DE PROEVEN VAN BECCARIA TOT DE ONDERZOEKINGEN VAN  
BECQUEREL (1771—1839).

Niettegenstaande het door BECCARIA medegedeelde eene onwaarheid was, zoo als uit alle latere onderzoekingen gebleken is, en men zich hiervan in bijna alle geschriften over de phosphorescentie overtuigen kon, is dat berigt toch vrij algemeen als waarheid aangenomen tot in 1809, toen het door DESSAIGNES is weérlegd. Hieruit blijkt, dat men in de laatste jaren der vorige eeuw de phosphori weinig onderzocht heeft. Men bleef staan bij de opvatting, dat de phosphorescentie veroorzaakt werd door eene inzuiging van het licht en bestempelde de phosphori algemeen met de namen lichtmagneten en lichtzuigers, die zij ook al vroeger van sommige schrijvers ontvangen hadden. Wij vinden dan ook uit dien tijd alleen de vermelding van onderzoekingen van enkele bijzonderheden, zooals onder anderen door SCHEELE, die den vloeispaat en daarbij tevens

de phosphorescentie van dit mineraal onderzocht 1), welk verschijnsel reeds vroeger door anderen aan sommige steenen van deze soort in bijzonder sterke mate was waargenomen.

Omdat men door branding deze eigenschap aan den vloeispaat ontnemen kon, schijnt SCHEELE aanvankelijk vermoed te hebben, dat de oorzaak der phosphorescentie eene zwakke verbranding was. Maar toen hij een lichtenden vloeispaat in het luchtledige gebragt had en deze daarin nog een uur lang phosphoresceerde, besloot hij, dat men dat lichten niet aan eene fijne, brandbare, in den vloeispaat bevatte stof kon toeschrijven.

Deze laatste proef herhaalde WEDGWOOD 2) in Engeland met marmer en kwam tot dezelfde uitkomst, terwijl hij tevens vond, dat, indien hij lichtenden vloeispaat of lichtend marmer in koolzuur plaatste, de phosphorescentie dezer stoffen even lang aanhield, als wanneer zij in dampkringslucht bleven.

WEDGWOOD nam deze proeven, terwijl hij verscheidene onderzoekingen over de opwekking van licht door warmte deed. Hij strooide daartoe poeder van alle mogelijke stoffen op eene zeer dikke, bijna gloeiende, ijzeren plaat en vond, dat zeer vele stoffen daarop lichtend werden, onder anderen ook glas, dat gesmolten en dadelijk na de bekoeling gestampt en op het heete ijzer gebragt werd. Het licht was bij alle stof-

1) Abhandlungen der Schwedischen Akademie der Wissenschaften. B. XXXIII, p. 122, Anno 1775.

2) Phil. Trans. for 1792, pag. 28.

fen verreweg het sterkst in de eerste oogenblikken, maar de tijd, gedurende welken het aanhield, was zeer verschillend. Meestal was het licht ongekleurd; gekleurd was het licht van blaauwen vloeispaat, hetwelk eerst groen, daarna violet was; dat van sommige marmers was roodachtig of oranje; zuivere kalkaarde gaf een blaauwachtig wit, poeder van robijnen een rood licht.

Hoewel WEDGWOOD bij het licht, hetwelk hij door verwarming opwekte, den invloed van voorafgaande bestraling, die door sommigen, zooals door CANTON, waargenomen was, over het hoofd heeft gezien, zoo heeft hij toch opgemerkt, dat, indien men eenzelfde voorwerp ten tweeden male verwarmt, het veel minder lichtend wordt dan de eerste maal, en dat, wanneer men dit voorwerp in stukken breekt, het in het geheel niet meer licht, tenzij men het eerst eenigen tijd aan het licht blootstelt.

Omtrent de oorzaak dezer door de warmte opgewekte phosphorescentie wilde WEDGWOOD geen oordeel uitspreken. Hij kon haar niet aan verbranding toeschrijven om de proeven, die hij in het luchtledige en in koolzuur genomen had; daarom zoude hij wel gaarne de phosphorescentie als eene soort van zwak gloeijen willen beschouwen, maar dat kon niet, want het gloeijen houdt aan, zoo lang het vuur werkt, terwijl de phosphorescentie na eenigen tijd al zwakker en zwakker wordt en eindelijk geheel ophoudt, al blijft de warmte, die haar veroorzaakt heeft, voortduren. Hij gaf dus geene verklaring.

Soortgelijke proeven, namelijk proeven over de in-

werking der warmte op de phosphorescerende stoffen, naam NATHANAEL HULME <sup>1)</sup> in Engeland met den Cantonschen phosphorus. Hij verkreeg de volgende uitkomsten:

1°. Een matige graad van warmte verhoogt de levendigheid van het ingezogene licht.

Dit besloot hij daaruit, dat lichtende Cantonsche phosphorus bij aanraking met de hand en bij plaatsing in water van  $126^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$ ,  $111^{\circ}$  F. sterker lichtend werd.

2°. Bij een hoogen graad van warmte verdwijnt het ingezogene licht; want lichtende Cantonsche phosphorus geplaatst in kokend water of op een bijna gloeiend stuk ijzer werd een oogenblik sterk lichtend, maar spoedig daarna duister.

3°. Verborgten, ingezogen licht wordt door warmte opgewekt en in den toestand van lichten gebragt.

Cantonsche phosphorus namelijk, die tien dagen in de duisternis bewaard was, werd, op een bijna gloeiend ijzer gelegd, sterk lichtend.

4°. Koude dooft het ingezogene licht uit.

Dit leidde HULME uit het volgende af: hij plaatste den phosphorus in een fleschje en liet het zonlicht er op vallen, zoodat de phosphorus sterk lichtte; daarna plaatste hij het fleschje in een koudmakend mengsel, waardoor na weinige minuten het licht geheel uitgedoofd werd; nu bragt hij het weder in water van  $60^{\circ}$  F. en daardoor werd de phosphorus op nieuw sterk lichtend.

1) Phil. Trans. for 1802. — Gilb. Ann. XXII, 224.

HULME'S proeven leerden niet veel nieuws; men ziet, dat zij eene bevestiging zijn van hetgeen CANTON heeft medegedeeld, en dat hij het lichten van den phosphorus toeschreef aan eene inzuiging van het licht.

Deze stilstand in de onderzoekingen der phosphorescentie, die eenmaal zoo zeer de belangstelling had opgewekt, scheen in Frankrijk te mishagen en men was daar van oordeel, dat die verschijnselen wel een naauwkeuriger onderzoek waardig waren, en dat het wenschelijk was, dat men omtrent de oorzaak er van tot zekerheid kwam. Althans de physisch-mathematische klasse van het Keizerlijk-Fransche Instituut der wetenschappen schreef in 1807 de volgende prijsvraag uit: *Etablir par expérience quels sont les rapports qui existent entre les différens modes de phosphorescence, et à quelle cause est due chaque espèce en excluant l'examen des phénomènes de ce genre, que l'on observe dans les animaux vivans.*

Wat gevraagd werd, was veel. Er werden eenige antwoorden op ingezonden en de bekrooning had plaats in 1809. Het bekroonde antwoord was van JEAN PHILIBERT DESSAIGNES, vroeger priester van het oratorium, toen directeur van het opvoedingsinstituut te Vendôme; een uitvoerig uittreksel van zijn antwoord plaatste DESSAIGNES in de Junij- en Julij-aflevering van Delametherie's *Journal de physique*, waarin hij ook later verdere onderzoekingen mededeelde.

Over een tweede antwoord, hetwelk in voortreffelijkheid aan dat van DESSAIGNES grensde, werd het volgende oordeel door het Instituut uitgesproken: »Ce

*mémoire contient un grand nombre d'observations, et de discussions qui annoncent un savant distingué et qui méritent un éloge particulier.*" Het bleek, dat die geleerde was JOSEPH PLACIDUS HEINRICH, hoogleeraar te Neuremberg. HEINRICH was ontevreden, omdat hij met eene ijdele lofzuiging het strijdperk moest verlaten en wilde zijne ontelbare proeven en de besluiten, die hij daaruit getrokken had, niet verloren laten gaan, zoodat hij besloot zijn onderzoek voort te zetten en het later in het licht te geven.

DESSAIGNES bevestigde de vóór hem waargenomene algemeenheid der phosphorescentie, maar deed behalve dat vele proeven om de oorzaak van dit verschijnsel op te sporen, die echter meestal zeer onvolledig waren en daarom slechts eene korte vermelding waardig zijn. Van hetgeen hij deed was voor het oogenblik het belangrijkste, dat hij het door BECCARIA in 1771 medegedeelde en algemeen als waarheid aangenomene berigt tegensprak, na zich op verschillende wijzen van de valscheheid van dit beweren overtuigd te hebben, en dat hij op grond daarvan de opvatting bestreed, dat de phosphorescentie veroorzaakt wordt door eene inzuiging van het licht. Hij bragt het echter niet veel verder dan zijne voorgangers in het opsporen van de oorzaak der phosphorescentie.

Bij zijne verklaring zal ik niet lang stilstaan, daar zij, op slechte gronden steunende, door hem zelve gedurende een kort tijdsverloop aanmerkelijk veranderd en door anderen spoedig weêrlegd en vergeten is. Zijne fout was, over het algemeen, dat hij uit enkele

gevallen tot alle besloot, en bij zijne proeven slechts enkele omstandigheden in aanmerking nam.

Door de werking van het krystallisatiewater te overdrijven kwam DESSAIGNES er toe, om aan het water eene groote rol bij de phosphorescentie toe te schrijven, waarvan hij als oorzaak beschouwde eene in de ligchamen bevatte vloeistof, die van electricischen aard was. Dit laatste steunde bij hem op de volgende gronden.

Van alle metaalpoeders, die, indien zij op eene heete, ijzeren plaat gestrooid worden, een oogenblik licht verspreiden, vond hij die van zink en antimonium het sterkst phosphorescerend; hieruit besloot hij, dat deze metalen veel van die vloeistof bevatten, terwijl zij zich juist zoo ten opzichte van de galvanische eigenschap verhielden. Wat hij met die galvanische eigenschap bedoelt, geeft DESSAIGNES niet aan.

Vervolgens meende hij opgemerkt te hebben, dat alle stoffen, die de electriciteit goed geleiden, zwak of in het geheel niet, en die, welke haar niet geleiden, moeilijk phosphoresceren, terwijl de phosphorescentie bij de half geleidende stoffen het sterkst werd opgewekt. Later vond hij zelf vele uitzonderingen op deze overeenkomst.

De gewigtigste reden eindelijk was, dat de electriche vonk en zelfs de eenvoudige doorgang van de electriciteit de phosphorescentie teruggaf aan eene menigte ligchamen, die haar door branding verloren hadden.

Het eerste verschijnsel is belangrijk; wij zullen wel dra eenige waarnemingen van hetzelfde mededeelen. Het laatste berustte op de volgende proef: DESSAIGNES ontnam



aan poeder van adulaar door branding het vermogen om te phosphoresceren, mengde het met water, en liet het droogen, nadat hij er electriciteit door had laten stroomen; daarna was het weder phosphorisch. Daar DESSAIGNES niet onderzocht had, wat er gebeurd zoude zijn, indien hij de electriciteit niet doorgevoerd had, had hij geen regt het herkrijgen der phosphorescentie aan de doorgevoerde electriciteit toe te schrijven. Uit deze ééne proef besloot hij echter, dat het doorvoeren van electriciteit de phosphorescentie herstelt van stoffen, die haar door branding verloren hebben.

Op deze wijze ging DESSAIGNES verder. Zoo vergeleek hij den invloed, dien de oneffenheden van phosphorescerende lichamen op het lichten uitoefenen, met de werking van punten op geëlectriseerde lichamen, daar sommige mineralen beter door verwarming phosphoresceerden, indien hunne oppervlakten ruw, dan wanneer deze glad waren.

Aan het water schreef DESSAIGNES na zijne verdere onderzoekingen al meer en meer invloed toe en kwam eindelijk zoo ver, dat hij dit als hoofdbron beschouwde van alle phosphorescentie, die niet door scheikundige verbinding veroorzaakt wordt, zelfs bij glas en bij den Cantonschen phosphorus. Deze laatste stof verspreidt echter, zoo men haar, versch bereid en nog gloeiend, in eene drooge glazen buis doet, welke men daarna hermetisch sluit, een levendig licht, indien men haar slechts even aan de zonnestralen blootstelt; daarom kon men evenmin bij haar als bij glas de tegenwoordigheid van water als noodzakelijk voor de phospho-

rescentie aannemen, en was het duidelijk, dat de theorie van DESSAIGNES valsch was.

Later heeft hij deze vreemde meening zelf nog weder gewijzigd en meer de electriciteit als de hoofdoorzaak der phosphorescentie aangenomen, maar onbepaald en zonder grond.

Van de vele proeven, die DESSAIGNES deed, zijn de belangrijkste die, welke hij nam over het herstellen der phosphorescentie door verwarming door middel van de electriche vonk. Hij ontnam aan glas en vloeispaat door branding het vermogen van door verwarming te phosphoresceren; liet hij dan eene electriche vonk over deze stoffen slaan, zoo verkregen zij de verlorene eigenschap weder. Indien hij meerdere vonken achtereenvolgens liet overslaan, phosphoresceerden de stoffen daarna ten slotte reeds zonder verwarming. Dit opwekken der phosphorescentie door het overslaan eener electriche vonk heeft DESSAIGNES bij vele stoffen waargenomen, die door bestraling phosphoresceerden.

Behalve deze proeven wil ik nog eenige door DESSAIGNES waargenomene verschijnselen mededeelen, die hij, met het oog op het verband tusschen de phosphorescentie en de electriche lichtverschijnselen, als de werking van punten beschouwde. Zuivere rhomboëdrische kalkspaat wordt gewoonlijk door het zonlicht niet phosphorescerend; wordt deze echter zeer sterk door het zonlicht beschenen, zoo ziet men op de kanten eenen zwakken glans. Indien men een der zijvlakken van het krystal ruw maakt, wordt het door daglicht sterk lichtend. Zuivere prisma's van arragoniet verkrijgen

door zon- en daglicht slechts een zwakken glans, maar zoo men hen aan stukken stoot, worden zij op de breuk sterk phosphorisch; bij WERNER's apatiet en bij het chrysoliet der juwelieren vond DESSAIGNES hetzelfde. Hiermede willen wij de mededeeling van zijne proeven eindigen.

Was DESSAIGNES tot eene vreemde theorie gekomen, tot eene niet minder vreemde kwam HEINRICH, wiens onderzoekingen wij nu willen nagaan.

Het eerste gedeelte van zijn werk over de phosphorescentie <sup>1)</sup> verscheen in 1811; hij behandelt daarin de phosphorescentie opgewekt door licht. Later verschenen de andere gedeelten, die over de op andere wijzen veroorzaakte phosphorescentiën handelen.

HEINRICH heeft ijverig waargenomen en steeds gezorgd in volkomene duisternis te zijn, wanneer hij zijne proeven deed; hij heeft dan ook de phosphorescentie door bestraling van zeer vele stoffen opgemerkt, die echter van de meeste reeds door anderen gezien was. Van alle voorwerpen, die hij onderzocht, vond hij over het algemeen het best phosphorescerend die, welke kalk bevatten. Merkwaardig is de phosphorescentie van ijs, die hij aan sommige zuivere stukken zeer schoon waarnam. De mineralen en in het algemeen de natuurlijke lichamen phosphoresceerden met wit licht. Het polijsten scheen aan de phosphorescentie te schaden; want een stuk marmer lichtte veel sterker

1) Die Phosphorescenz der Körper nach allen Umständen untersucht und erläutert von JOSEPH FLACIDUS HEINRICH. Nürnberg 1820.

op eene versche breuk dan op eene gepolijste oppervlakte.

Vele proeven nam HEINRICH om tot de kennis van de oorzaak der phosphorescentie te komen, die meestal daarin bestonden, dat hij aan phosphorische ligchamen deze eigenschap ontnam, of uit verschillende stoffen phosphori bereidde; deze proeven zijn echter minder belangrijk, omdat HEINRICH niet alles in aanmerking nam, wat bij dezelve gebeurde. De belangrijkste proef, die hij genomen heeft en waarbij hij een verschijnsel zag, hetwelk slechts door weinigen vóór hem waargenomen en zeker niet algemeen bekend was, is de volgende. Hij liet een bundel zonlicht door een prisma vallen en plaatste nu een diamant in de verschillende kleuren, waarin het zonlicht na doorgang door het prisma gescheiden was; door het blaauwe licht werd de diamant met denzelfden witten gloed lichtend, waarmede hij na inwerking van het witte zonlicht phosphoreeerde, maar in het roode licht werd hij volstrekt niet lichtend.

Verder nam hij ook proeven over de werking van de electriche vonk op de phosphori, maar liet daarbij even als DESSAIGNES de vonk over en door de ligchamen slaan; daar men niet zeker is, dat hetgeen men dan na het overslaan van de vonk waarneemt, alleen aan de werking van het licht moet toegeschreven worden, gaan wij deze waarnemingen met stilzwijgen voorbij. Alleen willen wij het volgende mededeelen. Daar sommige stoffen door de overslaande vonk beschadigd werden en hem dit wel eens minder welkom was, bedekte

hij eenige malen de voorwerpen, waarmede hij de proeven nemen wilde, met glas en liet dan de vonk over het glas slaan; de phosphorescentie werd dan ook wel opgewekt, maar was zwakker dan wanneer de vonk onmiddelijk over de stoffen sloeg.

CANTON en anderen hadden reeds vroeger waargenomen, dat de electriche vonk op afstand de phosphorescentie opwekt; later werden deze waarnemingen met het electriche licht vooral door BECQUEREL al meer en meer uitgebreid.

Even als DESSAIGNES trok HEINRICH te velde tegen de inzuigingstheorie en verwierp haar om de volgende redenen:

1°. Omdat het licht der phosphorescerende stoffen niet alleen van de oppervlakte, maar ook uit het inwendige dier lichamen voortkomt. Wanneer men namelijk de beste der door bestraling phosphorescerende lichamen in de duisternis ziet lichten, zoo vertoonen zij zich als bijna doorschijnend; men neme daartoe een plaatje van wit marmer of groenen vloeispaat. HEINRICH vijlde in een marmeren plaatje, terwijl het phosphoresceerde, eene sleuf van eene lijn diepte, en zag, dat het inwendige dezer sleuf even goed lichtte als de oppervlakte van het marmer. Nu achtte hij het onmogelijk, dat, indien het licht door het marmer ingezogen werd, het er zoo diep zou indringen, zich dan weder daarvan losrukken en zijn weg in de lucht terugnemen.

2°. Omdat er onderscheid in de phosphorescentie is van twee naar het uiterlijke voorkomen geheel gelijke lichamen; zoo b. v. van koolzure kalkaarden en mineralen, die tot het talkgeslacht behooren.

3°. Omdat eenige vloeispaten en diamanten door eene bestraling van vijf tot zes seconden eene phosphorescentie verkrijgen, die vijftig tot zestig minuten duurt.

4°. Omdat het phosphoresceren voortduurt, nadat de bestraling opgehouden heeft, en dus de kracht, die het lichten onderhoudt, in het ligchaam zelf zijn en binnen in het ligchaam werken moet.

5°. Omdat de waarneming leert, dat eene lang aanhoudende bestraling wel eens meer schadelijk dan voordelig is; want, indien het lichten in eene teruggave van het gedurende de bestraling op het ligchaam vallende licht bestond, zoude de sterkte der phosphorescentie met die van het opvallende licht moeten toenemen, althans in een en hetzelfde ligchaam.

6°. Omdat het licht van de phosphori zich niet door drukken, wrijven, afwasschen, onder water dompelen, enz. laat opheffen.

7°. Omdat eene volkomene polijsting aan de phosphorescentie schaadt, terwijl zij gunstig is voor de spiegeling; spiegeling nu is eene terugwerping van het opvallende licht, wanneer dus de inzuigingstheorie, die toch op eene terugwerping van opvallend licht neêrkomt, waar was, moest polijsten ook de phosphorescentie bevorderen 1).

8°. Omdat groene vloeispaat met wit licht phospho-

---

1) HEINRICH begaat hier eene fout in zijne redenering; het spiegelen bestaat in eene terugwerping van het licht aan de oppervlakte, terwijl de phosphorescentie volgens de inzuigingstheorie ook wel in eene terugwerping, maar in eene terugwerping uit het inwendige van het phosphorescerende ligchaam bestaat.

resceert. Groene vloeispaat nu is groen, omdat hij de niet-groene lichtstralen opslorpt: wanneer dus de phosphorescentie bestond in eene inzuiging en terugwerping van het opvallende licht, moest de groene vloeispaat met groen licht phosphoresceren.

9°. Omdat een diamant, die door het witte zonlicht met een vurig wit licht phosphoresceert, indien hij door het blaauwe licht van een zonnenspectrum lichtend gemaakt wordt, ook met hetzelfde vurig-witte, nimmer met blaauw licht phosphoresceert.

10°. Omdat hij meent waargenomen te hebben, dat de lichamen door de phosphorescentie langzamerhand veranderd worden.

Om deze redenen, die wel niet alle gewigtig en gegrond zijn, meende HEINRICH, dat de phosphorescentie door bestraling niet aan eene inzuiging van licht kon toegeschreven worden, maar dat iets anders daarvan de oorzaak zijn moest. Gaan wij nu na wat hij als de oorzaak aannam.

HEINRICH gaat uit van de veronderstelling, dat geene stof door bestraling phosphoresceert, die niet of eene gezuurde aarde, of een ander met een zuur verbonden bestanddeel bevat.

Hoewel hij meent, dat men in de natuurkunde geene door inductie gevondene wet heeft, die vaster staat dan deze, zoo geloof ik toch, dat zij wel te betwijfelen is. IJs, suiker, arabische gom en vele diamanten zijn voortreffelijke phosphori. Bevatten deze stoffen nu een zuur? Suiker en arabische gom bevatten een zuur, zegt HEINRICH, want bij drooge destillatie leveren

zij koolzuur en eenige andere zuren. Die diamanten, welke lichten, moeten koolzuur bevatten, de andere niet, of zoo de laatste het bevatten, moet het er uiterst innig mede verbonden zijn; eenmaal moeten de analyses dat leeren en het zou HEINRICH niet verwonderen, als men hem, omdat hij voorspeld heeft, dat sommige diamanten koolzuur bevatten, eenmaal dezelfde hulde zal toebrengen, die men aan NEWTON heeft toegebracht, omdat hij voorspeld had, dat de diamanten kool bevatten. In zijn vermoeden omtrent de diamanten werd HEINRICH bevestigd door de volgende proef. Op eene gloeiende, een weinig uitgeholde kool werd borax zoo lang gesmolten, totdat het geheel doorzigtig was. Nu werd in den borax een diamant gelegd, die niet door bestraling phosphoresceerde, en het vuur zoo lang onderhouden, totdat de borax geheel verdwenen was. De diamant had dan het vermogen verkregen van door bestraling te phosphoresceren. Het was hem dus gelukt aan een niet phosphorischen diamant deze eigenschap mede te deelen, waarnaar BECCARI zoo lang vruchteloos getracht had. Indien het aan BECCARI gelukt was, zoo had deze de verandering misschien wel aan ingedrongen zwavel toegeschreven; HEINRICH vermoedde nu, dat de koolstof van den diamant of uit de lucht, of uit de gloeiende kool, of uit den borax zuurstof opgenomen had, en dat daardoor de diamant tot phosphoresceren geschikt geworden was.

Over het ijs spreekt HEINRICH niet; misschien vermoedde hij daar wel koolzuur.

Zoo de hier aangenomene wet waar was, moesten



gezuurde aarden ophouden te lichten, wanneer zij ontzuurd werden, en, indien de phosphorescentie door het zuur veroorzaakt werd, moesten ongezuurde of ontzuurde aarden tot phosphoresceren geschikt worden, zoo zij met een zuur verbonden werden.

Het eerste bevestigde HEINRICH op de volgende wijze. Hij gloeide zwaarspaat, vloeispaat en witte kalksinter waardoor deze stoffen de eigenschap der phosphorescentie verloren; nu meende hij, dat zij ontzuurd en daarom niet langer phosphorisch waren. DESSAIGNES, die hetzelfde vond, meende, dat het water verjaagd was en dat de stoffen daarom niet meer lichtend waren.

Het tweede bevestigde HEINRICH ook door vele proeven. Zoo nam hij b. v. kwikzilveroxyde, hetwelk niet phosphoresceerde door bestraling; dit verzadigde hij met zwavelzuur en droogde het goed; daarna vertoonde het eene sterke phosphorescentie, die langer dan vijf minuten aanhield.

Uit deze en vele dergelijke proeven meende HEINRICH met zekerheid te kunnen besluiten, dat de naaste oorzaak der phosphorescentie door bestraling van eene zekere betrekking van het licht tot de zuren ahangt.

Bij dit eerste valsche besluit voegde hij een tweede, hetwelk ook valsch was, namelijk dat het licht in de geheele organische en anorganische natuur steeds eene ontzuring (desoxydatie) veroorzaakt, en meende nu, dat dit misschien wel tot eene eindverklaring der phosphorescentie zoude leiden.

Daartoe nam hij aan, dat alle phosphorescentie door

bestraling vergezeld is door eene zwakke ontzuring der phosphorescerende stoffen, waartoe hij, zelfs na aanneming zijner twee eerste besluiten, geen regt had; want de phosphorescentie heeft plaats, nadat de bestraling opgehouden heeft, terwijl hij wel meende te weten, dat het licht eene ontzuring veroorzaakt, maar niet, dat die ontzuring nog voortduurt, nadat het opvallen van het licht opgehouden heeft.

Zoo kwam hij tot de volgende eindverklaring:

De waarneming leert ons, dat in vele gezuurde lichamen het licht eene zwakke ontzuring veroorzaakt, dat is, dat het licht den band losmaakt, die het zuur of de zuurstof aan het andere bestanddeel bindt. Daar nu vele lichamen, zoo als de metalen, door deze ontzuring weder brandbaar worden, hetwelk zij in hunnen gezuurden toestand, als oxyden, niet waren, gaat de lichtstof met de lichamen eene verbinding aan, terwijl het zuur of de zuurstof ontwijkt. Te gelijk met die ontzuring heeft nu een zwak lichtverschijnsel plaats, hetwelk veroorzaakt wordt, doordat met het zuur een deel van de te voren met het ligchaam zwak verbondene lichtstof vrij wordt, of doordat het ontwijkende zuur een weinig licht met zich medesleept en zichtbaar wordt. De phosphorescentie door bestraling is dus eene onmiddellijke werking van het zuur, eene midde-lijke van het zuur vrij makende licht.

Zoodanige verklaring geeft HEINRICH van het verschijnsel der phosphorescentie door bestraling, eene verklaring, die eene tegenstrijdigheid bevat, want dan zoude het licht zich met de stof, waarop het valt,

verbinden, en er tevens ander licht, hetwelk er in bevat was, uit vrij maken. Deze verklaring lijdt ook aan dubbelzinnigheid, daar HEINRICH door het woord ontzuring (*Entsäuerung*) nu eens het onttrekken van zuurstof, dan weder het onttrekken van een zuur verstaat. Zij strijdt ook met de waarneming; want vooreerst komt niet in alle phosphorescerende stoffen zuurstof of een zuur voor; vervolgens is het volstrekt niet bewezen, dat het licht in de phosphori, welke zuurstof of een zuur bevatten, steeds eene ontzuring veroorzaakt, en evenmin, dat die ontzuring voortduurt, nadat het licht op de stof gevallen is, dat is, gedurende den tijd, waarin men eigenlijk de phosphorescentie waarneemt.

HEINRICH was echter zeer ingenomen met zijne theorie en begreep, dat nu door haar alles in de schoonste harmonie kwam. Zoo was, om een voorbeeld van die harmonie te geven, het nu volkomen duidelijk, waarom de kunstmatige phosphori, in een hermetisch gesloten glazen buis aan het licht blootgesteld, jaren lang hun lichtend vermogen kunnen behouden, terwijl zij, niet van de lucht afgesloten, aan het licht blootgesteld langzamerhand hun lichtend vermogen verliezen; in het laatste geval namelijk kon de zuurstof ontwijken, terwijl deze in het eerste geval in de buis besloten en de oorzaak der phosphorescentie dus bij den phosphorus bleef.

Even als de theorie van DESSAIGNES is die van HEINRICH spoedig vergeten.

De door het Fransche Instituut uitgeschrevene prijsvraag had wel tot vele onderzoekingen en tot belang-

rijke opmerkingen aanleiding gegeven, maar het is te betreuren, dat de beide voornaamste onderzoekers bij het mededeelen hunner proeven zich steeds door eene ongepaste vooringenomenheid met hunne theorie laten wegslepen.

Terwijl HEINRICH zoo ijverig met zijne onderzoekingen en met de ontwikkeling zijner theorie der phosphorescentie bezig was, behandelden nog twee anderen in Duitschland datzelfde onderwerp, namelijk SEEBECK en VON GROTHUSS.

SEEBECK bevestigde, hetgeen reeds velen vóór hem gevonden hadden, dat de Bolognesche phosphorus even goed licht in het luchtledige als in de lucht; hij nam de phosphorescentie waar in het Torricellische vacuum <sup>1)</sup>.

Behalve deze deed hij nog belangrijke waarnemingen over het verschil in de werking van verschillende lichtsoorten. Hij plaatste Cantonschen phosphorus in roode, gele en blaauwe buizen; zoo hij dan op eenigen afstand eene electriche vonk liet overslaan, werd alleen die phosphorus, welke in de blaauwe buis was, lichtend. Hieruit bleek, dat het licht eener electriche vonk de phosphorescentie opwekt en dit vermogen verliest bij het doorvallen door rood en geel glas.

Door proeven met het zonlicht vond SEEBECK, dat het roode licht niet alleen bij sommige stoffen geene phosphorescentie opwekt, maar zelfs de door ander licht opgewekte phosphorescentie uitdooft.

1) SCHWEIGER'S Journal, VII, p. 121.

Op Bologneschen en Cantonschen phosphorus liet hij het zonnenspectrum vallen. Die phosphori werden sterk lichtend in het blaauw en violet, zelfs buiten het violet, waar men nauwelijks eenig licht kon waarnemen; minder lichtend werden zij door het groene, nog minder door het gele, het zwakst door het roode licht. Zoo de opening, waardoor het zonlicht op het prisma viel, zeer smal was, werden de phosphori lichtend in het blaauwe en violette licht, niet in het roode.

SEEBECK liet vervolgens licht, hetwelk door een zeer donker blaauw glas gegaan was, op een Bologneschen phosphorus vallen, die daardoor, hoewel het licht zeer zwak was, sterk lichtend werd; indien het licht door een geelachtig rood glas ging, voordat het op den phosphorus viel, zoo werd deze volstrekt niet lichtend, hoewel het roode glas veel meer licht doorliet dan het blaauwe.

Wanneer in het licht, hetwelk door het geelachtig roode glas gegaan was, een phosphorus geplaatst werd, die door onveranderd zonlicht phosphorescerend geworden was, hield dit lichten na twee minuten op, terwijl het in de duisternis tien minuten aanhield; hieruit bleek, dat het roode licht de phosphorescentie uitdooft.

Dit uitdooven der phosphorescentie door het roode licht bevestigde SEEBECK nog door achter het glas eene lens te plaatsen; indien hij dan een lichtenden phosphorus in het brandpunt dier lens plaatste, werd het licht oogenblikkelijk uitgedoofd.

Deze waarnemingen van SEEBECK zijn belangrijk; zij

zijn eene bevestiging van hetgeen WILSON had medegedeeld. Later is dit onderscheid tusschen het roode en blaauwe licht door EDMOND BECQUEREL naauwkeurig onderzocht.

VON GROTHUSS trad op als bestrijder van DESSAIGNES en later ook van HEINRICH, en beschouwde de phosphorescentie door bestraling weder als eene ware licht-inzuiging.

Hij ontdekte eenen nieuwen lichtzuiger in den roodachtig violetten vloeispaat van Nertschinsk, ook onder den naam van pyrosmaragd en chlorophaan bekend, en maakte die ontdekking te gelijk met zijne eerste onderzoekingen in 1815 bekend <sup>1)</sup>. Hij verwarmde een chlorophaan, die zoowel bij opvallend als bij doorvallend licht roodachtig violet was, op gloeiende kolen, waardoor deze langzamerhand zijne kleur verloor en wit werd. Door verdere verwarming werd de chlorophaan bij opvallend licht groen, zoodat het een groene steen scheen, terwijl hij bij doorvallend licht nog steeds roodachtig violet bleef; bij bekoeling werd hij eerst weder wit, daarna violet. Terwijl de chlorophaan door verwarming groen geworden was, welke eigenschap reeds bekend was en waaraan hij zijn naam ontleende, bragt VON GROTHUSS hem in de duisternis en zag hem daar met een smaragdgroen licht phosphoresceren <sup>2)</sup>. Dit schreef hij toe aan licht, hetwelk

1) SCHWEIGGER'S Journal XV, p. 133.

2) WEDGWOOD en HEINRICH hadden ook reeds de phosphorescentie van den chlorophaan waargenomen, maar VON GROTHUSS wist zulks toen nog niet.

het mineraal bevatte en door de warmte uitgedreven werd; want zoo hij het een tijd lang gloeide, werd het waterhelder, bleef kleurloos na de bekoeling en had dan het vermogen om te phosphoresceren verloren.

Nadat VON GROTHUSS het lichten van den chlorophaan door verwarming gevonden had, vond hij, dat dit mineraal ook zeer sterk door bestraling phosphoresceert. Hij bewaarde een chlorophaan ruim eene maand in de duisternis, waarna deze noch door de warmte der hand, noch door die van den adem tot lichten gebragt werd. Indien hij het mineraal nu slechts eenige minuten aan het zon- of daglicht blootstelde, phosphoresceerde het meerdere dagen, ja, weken lang; was het na drie of vier weken duister geworden, zoo werd het door de warmte der hand of van den adem weder sterk lichtend. Na twee of drie maanden, gedurende welken tijd het volkomen aan den invloed van het licht onttrokken was geweest, werd het niet meer door de warmte der hand, maar door eene warmte van  $45^{\circ}$  tot  $50^{\circ}$  R. lichtend; deze laatste verwarming veroorzaakte VON GROTHUSS door den chlorophaan in water van dien warmtegraad te plaatsen.

De gevoeligheid van den chlorophaan bleek ook daaruit, dat hij na blootstelling aan het licht eener kaars, gedurende slechts 2 minuten, 10 uren lang phosphoresceerde, en dan na 48 uren nog door de warmte der hand lichtend werd.

Met dezen chlorophaan heeft VON GROTHUSS proeven genomen over den invloed van warmte en koude. Hij stelde het mineraal bij eene temperatuur van  $-25^{\circ}$  R. aan het zonlicht bloot, waarna het, in eene kamer

gebragt waarvan de temperatuur  $+ 6^{\circ}$  tot  $+ 8^{\circ}$  R. was, sterk phosphoresceerde; indien het, verwarmd tot  $25^{\circ}$  of  $30^{\circ}$  R., aan het licht blootgesteld en daarna in eene temperatuur van  $0^{\circ}$  tot  $- 10^{\circ}$  gebragt werd, lichtte het slechts zeer zwak. Hieruit besloot VON GROTTNUS, dat koude het inzuigen, warmte daarentegen het uitstralen van licht bevordert.

Denzelfden invloed der temperatuur heeft VON GROTTNUS ook bij andere door bestraling phosphorescerende stoffen waargenomen 1).

Behalve den invloed der temperatuur op de phosphorescentie onderzocht hij ook dien van den hygroskopischen toestand der lichamen. Hij vond, dat deze invloed groot is en meende uit eenige proeven te mogen besluiten, dat de phosphorescentie der lichtzuigers in omgekeerde reden met de vochtigheid staat; dit besloot hij ook uit het tijdelijk versterken der phosphorescentie van wit papier, indien men dit verwarmt, daar dit gevolg der warmte dadelijk verdween, indien men de verwarmde plaatsen met een vochtig penseel bestreek. De Bolognesche en Cantonsche phosphori bleven wel even sterk lichten, indien hij hen phosphorescerend onder water plaatste, ja, werden zelfs sterker lichtend, zoo zij in warm water gebragt werden, maar het water doordrong ook die phosphori geenszins.

1) VON GROTTNUS vond de phosphorescentie door bestraling bij alle lichtgekleurde, vooral bij witte lichamen, maar niet bij metalen, noch bij vloeistoffen; van eene kopergravure was de phosphorescentie zoo sterk, dat hij het op het papier voorgestelde duidelijk kon waarnemen.



VON GROTHUSS acht het beweren van DESSAIGNES, dat een zeker watergehalte in de lichamen noodzakelijk is voor de phosphorescentie, ongegrond, omdat DESSAIGNES in die gevallen, waarin hij het water uit de phosphorescerende stoffen verdreef en deze dan niet meer phosphorisch vond, niet alleen het water verdreef, maar den geheelen toestand der stoffen veranderde.

Ook verwierp hij de theorie van DESSAIGNES, omdat men noch aan diamant, noch aan glas, van welke beide stoffen de eerste zeer phosphorisch is, een watergehalte kan toeschrijven.

Ter verklaring der phosphorescentie moet men volgens VON GROTHUSS tusschen de twee volgende stellingen eene keuze doen. De eerste is, dat het licht stofelijk door de lichtzuigers opgenomen wordt, de tweede, dat door de bestraling in de lichtzuigers voorhanden licht opgewekt wordt. De laatste meening kon VON GROTHUSS niet aannemen om den bekenden invloed der warmte op de phosphori. Wanneer men namelijk een Cantonschen phosphorus aan het licht blootstelt en dan op eene heete ijzeren plaat brengt, licht hij een oogenblik zeer sterk; indien men hem na bekoeling weder op de heete plaat brengt, zal hij niet lichten, tenzij men hem eerst aan het licht heeft blootgesteld. Nu meent VON GROTHUSS, dat, indien de oorzaak in den phosphorus zelf gelegen is, deze na de bekoeling weder door de heete plaat tot lichten moet gebragt worden, en dat de noodzakelijkheid eener nieuwe bestraling voor de phosphorescentie door verwarming bewijst, dat de phosphorus het licht opzuigt, hetwelk

de warmte er weder uitdrijft. Hij beschouwt dit tevens als een sterk bewijs voor de stoffelijkheid van het licht, omdat iets, hetwelk opgezogen en uitgedreven wordt, noodzakelijk stof moet zijn. Ik geloof, dat VON GROTHUSS juist door zijne innige overtuiging van de stoffelijkheid van het licht tot het aannemen zijner verklaring gekomen is; op dat stoffelijke bestaan van het licht steunt namelijk zijne verwerping van de andere verklaring.

Het groote bezwaar tegen de inzuigingstheorie bleef echter, dat geen van de bekende phosphori steeds dat gekleurde licht in de duisternis weder uitzendt, hetwelk men er op heeft laten vallen; indien men dus de inzuigingstheorie wilde vasthouden, moest men de lichttheorie van NEWTON wijzigen.

Om zich van deze eigenschap der lichtzuigers te overtuigen, heeft VON GROTHUSS vele phosphori in de verschillende deelen van het spectrum onderzocht. Hij vond echter bij dezelfde stof nimmer eenig verschil in de kleur van het phosphorische licht; wel vond hij verschil in de sterkte; door het onmiddelijke zonlicht was de phosphorescentie het sterkst, dan door de violette en blaauwe stralen, dan door de roode, terwijl bij sommige stoffen het roode licht de phosphorescentie volstrekt niet opwekte, welk verschil ook reeds door HEINRICH, SEEBECK en anderen waargenomen was. Om zoo zuiver mogelijk éénkleurig licht te verkrijgen, liet VON GROTHUSS een bundel blaauw licht van een zonnenspectrum door een tweede prisma vallen; door het op deze wijze gezuiverde blaauwe licht werden de phosphori

lichtend met hetzelfde licht, waarmede zij phosphoresceerden, wanneer zij door wit licht bestraald waren. VON GROTHUSS liet ook het spectrum op een wit, glanzend visitekaartje vallen en zag nu alleen op die plaatsen phosphorescentie, waar de violette, blaauwe en groene stralen gevallen waren, terwijl dat gedeelte, hetwelk door de gele, oranje en roode stralen getroffen was, volstrekt niet phosphoresceerde; de sterkste phosphorescentie was op die plaats, waar de blaauwe stralen gevallen waren, en van daar af verminderde zij naar de beide zijden. VON GROTHUSS meent, dat de reden, waarom door rood licht geene of slechts zwakke phosphorescentie veroorzaakt wordt, welligt is de meerdere warmte van dit licht, daar, zooals hij aangetoond heeft, de lichtinzugende kracht der phosphori in omgekeerde reden met den warmtegraad staat; als zeker durft hij dit echter niet aannemen, daar men reeds een ander verschil tusschen het licht van verschillende kleur gevonden heeft, namelijk in de scheikundige werking op metaalzouten, zooals op chloorzilver.

Dat dezelfde phosphorus steeds met hetzelfde licht phosphoresceert, in welk gedeelte van het spectrum men hem ook plaatse, kon VON GROTHUSS zich met aanneme der theorie van NEWTON nog veel moeilijker of liever in het geheel niet verklaren. Daarom zag hij zich genoodzaakt in strijd met de beschouwingen van NEWTON aan te nemen, dat blaauw licht door middel van rood lichtende phosphori in rood en dit wederom door middel van blaauwachtig lichtende phosphori in blaauw licht veranderd wordt; verder, dat ook

elke prismatische lichtstraal door witachtig lichtende phosphori veranderd wordt in bleek of wit licht, hetwelk door een prisma gezien wederom in kleuren gescheiden wordt.

Om dit te verklaren, neemt VON GROTHUSS aan, dat de kleur van het licht, hetwelk eenig ligchaam uitzendt, afhangt van den grooteren of kleineren weêrstand, dien het bij het uitstroomen uit de oppervlakte van het ligchaam ondervindt. Hij neemt daarom twee mogelijke bewegingen der lichtstof aan, namelijk eene regtlijnige in de rigting, waarin de lichtstof van het ligchaam uitgaat, en eene schommelende, loodregt op deze. Slechts de laatste beweging is veranderlijk en de grootte der schommelingen, verbonden met hare snelheid, bepaalt de kleuren op dezelfde wijze als de toon van eene snaar bepaald wordt; wanneer de lichtstof alleen eene regtlijnige beweging heeft, veroorzaakt zij den indruk van wit licht.

Een bewijs voor de onveranderlijkheid der regtlijnige beweging is het gelijktijdig zichtbaar worden van lichamen van verschillende kleur, die op grooten afstand van den waarnemer zijn. De schommelende beweging der lichtstof kan elken denkbaren graad van snelheid hebben, hoewel het zintuig van het gezigt slechts zeven hoofdsoorten van deze beweging onderscheidt.

Wanneer nu de lichtstof eenmaal in eene bepaalde schommelende beweging gebragt is, kennen wij tot nu toe geen ander middel om deze te veranderen, dan een tweeden lichtstraal van andere kleur langs denzelf-

den weg te laten gaan, of ook de lichtstof door sommige lichtzuigers te laten opslorpen; bij het uitreden uit deze lichamen moet dan de ingezogene lichtstof zoodanigen weêrstand vinden, dat zij eene bepaalde schommelende beweging verkrijgt verschillend van die, welke zij vroeger had. VON GROTHUSS nam echter nog enkele verschijnselen waar, waarbij dit het geval moest zijn, en die zich volgens de theorie van NEWTON geenszins lieten verklaren. Onder anderen het volgende; hij stelde wit licht zamen uit prismatisch blaauw en oranje, plaatste in dat mengsel een lapje scharlakenrood laken en nam nu waar, dat in het licht, hetwelk van het laken in zijn oog viel en eene bruine tint had, de roode kleur zeer sterk was. Dit liet zich volgens de theorie van NEWTON niet verklaren, maar wel, indien men de zijne aannam; dan leerde deze proef, dat het scharlakenroode laken de schommelende beweging van de ingedrongene lichtstof bij de uitreding kon veranderen. Dit en meer dergelijke verschijnselen deden hem te meer zijne theorie voor gegrond houden.

Behalve door het zon- of daglicht liet VON GROTHUSS ook nog zijne phosphori door electriciteit lichten. Hierbij zag hij dezelfde merkwaardige werking van de electriciteit op stoffen, waaraan het vermogen om te phosphoresceren door branding ontnomen is, welke door DESSAIGNES en HEINRICH waargenomen was. Hij ontnam namelijk door gloeiing aan een chlorophaan het vermogen om door bestraling te phosphoresceren, liet daarna door dien chlorophaan eenige malen eene elektrische vonk slaan en vond, dat deze daar-

door zijne phosphorescentie weder verkregen had. Deze eigenschap behield die stof dan ook na oplossing in zoutzuur en afzondering daaruit, even als een chlorophaan, wien de phosphorescentie niet ontnomen was, terwijl een chlorophaan, die gegloeid en daardoor geen phosphorus meer was, ook na oplossing in zoutzuur en afzondering daaruit, de phosphorescentie door bestraling niet vertoonde. VON GROTHUSS besluit hieruit, dat de electriciteit den chlorophaan weder geschikt maakt voor het indringen van het licht, welke geschiktheid het gloeijen hem ontnomen had.

Was VON GROTHUSS door zijne eerste waarnemingen tot aannahme der inzuigingstheorie gekomen, zijne volgende bevestigden hem daarin, en niet lang na de uitgave van zijne eerste verhandeling maakte hij eene tweede <sup>1)</sup> bekend, waarin hij die theorie, zoo als hij meende, volkomen bewees. Hij bestrijdt nu ook de theorie van HEINRICH, die hij vroeger niet kende.

HEINRICH had, zoo als wij gezien hebben, de phosphorescentie aan eene ontzuring van de phosphorerende stof toegeschreven. VON GROTHUSS kon die theorie niet aannemen, al was het alleen omdat in den diamant, die de phosphorescentie toch zeer sterk vertoont, geen zuur aanwezig is. Ook had HEINRICH nimmer het zuur, hetwelk volgens hem bij de phosphorescentie ontwikkeld werd, opgevangen, en al had

1) Beweis dass bei der Phosphorescenz der Körper mittelst Insolation ein wahres Lichteinsaugen im wörtlichen Sinne Statt findet. SCHWETZGER's Journal, B. XV, p. 172.

hij door gloeiing aan sommige phosphorescerende stoffen de eigenschap der phosphorescentie ontnomen, zoo kon hij daaruit niet het besluit trekken, dat dit was, omdat er zuur uitgedreven was; want de structuur van het ligchaam kon door die gloeiing ook wel zoodanig veranderd zijn, dat het ongeschikt geworden was voor het opnemen, of voor het uitstralen van lichtstof.

VON GROTHUSS verwerpt dus zoowel de theorie van HEINRICH als die van DESSAIGNES en houdt zich zoo als vroeger aan zijne inzuigingstheorie; hij kan namelijk uit zijne herhaalde proeven niet anders besluiten, dan dat de chlorophaan door bestraling licht in zich opneemt, hetwelk hij naar gelang van de temperatuur van het hem omgevende medium en eindelijk al zwakker en zwakker weder uitstraalt, en dat hij, na volkomene uitstraling van het eenmaal ontvangene licht, zoolang slechts zijne structuur en scheikundige samenstelling onveranderd blijven, steeds weder op nieuw licht door herhaalde bestraling, zoowel van zon- en kunstlicht, als van electrisch licht, in zich zuigen en dan langzaam uitstralen kan.

Daar toch een phosphorus, hoe lang men hem ook aan het licht blootstelt, nimmer ophoudt te phosphoresceren, moet hij de lichtstof wel van buiten opnemen, anders zoude het lichten eenmaal moeten ophouden door gebrek aan lichtstof. Alleen door sterke warmte, waarbij de structuur of de scheikundige samenstelling van den phosphorus veranderd wordt, kan hij het vermogen om te phosphoresceren verliezen, maar kan dat dan herkrijgen door eene electrische vonk, dat

is, door de electro-mechanische kracht vereenigd met het electriche licht, waarschijnlijk dewijl daardoor het indringen van de lichtstof mechanisch bevorderd wordt. Ook de werking der warmte op de phosphori bevestigde von GROTHUSS in zijne meening; want een chlorophaan, die lang in de duisternis bewaard is en door eene warmte van  $32^{\circ}$  R. niet meer lichtend wordt, phosphoresceert reeds door eene warmte van  $20^{\circ}$  R., nadat men hem aan het licht blootgesteld en daarna zoolang in het duister bewaard heeft, totdat hij niet meer licht. Was nu door de bestraling een eigen fluidum van den chlorophaan in beweging gebragt, zoo moest dit het weegbare gedeelte van den chlorophaan gedeeltelijk verlaten hebben, en deze daarna dus nog evenmin als vroeger lichtend worden door eene warmte van  $20^{\circ}$  R.; daar dit nu niet het geval was, zoo moest de chlorophaan wel lichtstof opgenomen hebben. Wel had DESSAIGNES in een glazen buis, met klei bedekt, Cantonschen phosphorus bereid, dien hij dadelijk na de bereiding in de duisternis gebragt had en daar, na bekoeling, op eene heete ijzeren plaat had zien lichten, maar hij was daarbij niet zeker, dat niet een deel der buis langer gegloeid had dan de phosphorus, waardoor deze licht ingezogen kon hebben.

Daar nu geen natuurkundige eenigen phosphorus op andere wijze dan door licht tot phosphorescentie gebragt had, dit licht mogt uit gloeiende, of uit brandende lichamen uitgegaan of door electriciteit opgewekt zijn; daar men verder al het aan de phosphori aanhangende licht, hetwelk zij bij eenige gelegenheid konden opgezogen



hebben, hun zoodanig door verhitting kon ontnemen, dat zij bij geene temperatuur onder de gloeihitte den minsten lichtschijn meer van zich gaven en men hun de beroofde phosphorescentie door middel van eene enkele nieuwe bestraling van weinige seconden weder zoo lang kon teruggeven, als het op nieuw ingezogene licht de weegbare stof der phosphori niet verlaten had, zoo meende VON GROTHUSS niet langer te mogen twijfelen, maar de phosphorescentie door bestraling aan eene lichtinzuiging in den waren zin des woords te moeten toeschrijven.

HEINRICH had, zoo als wij gezien hebben, zijne bezwaren tegen de inzuigingstheorie medegedeeld. Een daarvan was, dat zoo men eene groeve van eene lijn diepte in eene phosphorescerende marmerplaat vijlt, die groeve phosphoresceert en dus de marmerplaat, indien er eene inzuiging plaats had, althans tot op de diepte van eene lijn door het licht zoude moeten doordrongen zijn, hetwelk HEINRICH als onmogelijk beschouwt. Volgens VON GROTHUSS bewijst deze waarneming, dat het licht niet alleen in de uiterste oppervlakte van den phosphorus, maar ook door mededeeling, op dezelfde wijze als de warmtestof zich voortplant, in het inwendige van den phosphorus langzamerhand kan indringen, en hij meent, dat alzoo deze waarneming voor de licht-adhaesie spreekt. Een stuk krijt kan door water tamelijk diep doordrongen worden; waarom zoude nu niet, vraagt VON GROTHUSS, het licht, hetwelk oneindig fijner is dan het water, in het marmer tot de diepte van eene lijn kunnen indringen?

Een ander dergelijk bezwaar van HEINRICH weêrlegt VON GROTHUSS op dezelfde wijze. HEINRICH kon zich namelijk niet begrijpen, hoe eene inzuiging, die slechts den korten tijd aanhield, gedurende welken men een diamant aan het licht behoeft bloot te stellen om hem te doen phosphoresceren, eene uitzending kon ten gevolge hebben, die zoolang duurde, als de phosphorescentie van den diamant.

VON GROTHUSS antwoordde: het natte krijt behoeft in de gewone temperatuur vele uren, ja, dagen om eindelijk weder droog te worden, waarom kan nu de diamant niet zestig minuten noodig hebben, om het grootste deel der ingezogene lichtstof weder uit te stralen?

Wij zien, dat het gevolg, hetwelk HEINRICH en VON GROTHUSS uit de proeven trekken, afhangt van hetgeen zij zich kunnen voorstellen of niet. Door dergelijke redeneringen komt men gewis niet tot meerdere zekerheid.

De hoofdoorzaak waarom VON GROTHUSS zoo zeer aan de inzuigingstheorie hechtte, is wel zijne gehechtheid aan de voorstelling, volgens welke uit de lichtende voorwerpen deeltjes uitstroomen, die op het netvlies vallende den lichtindruk veroorzaken; het was hem daarom onmogelijk om, als hij aan licht dacht, niet tevens aan lichtdeeltjes te denken, waardoor hij gedwongen werd tot zijne opvatting der phosphorescentie als eene lichtinzuiging. In zijne stoffelijke opvatting van het licht werd VON GROTHUSS ook nog bevestigd door sommige proeven met phosphorescerende licha-

men, zoo als de volgende. Hij gloeide keukenzout, liet door een deel van het gegloeide zout electriche vonken slaan, door een ander deel niet. De beide gedeelten loste hij nu afzonderlijk op in water, dampte de oplossingen uit en bragt dan het zout op een heet ijzer; dat zout, waardoor de electriche vonken geslagen waren, phosphoresceerde aanmerkelijk sterker dan het andere. Hetzelfde had hij vroeger reeds bij chlorophaan waargenomen. Met dit mineraal deed hij nu nog de volgende merkwaardige proef; hij loste niet gegloeiden chlorophaan in zoutzuur op, deed er zwavelzuur bij en kreeg daardoor een praecipitaat van gips; dit bragt hij op het heete ijzer, en nu lichtte het bijna even goed en bijna met dezelfde kleur als de chlorophaan.

Uit deze proeven zag hij dus, dat eene onweegbare stof met de weegbare vaste stof verbindingen aan kon gaan, diè zelfs bij den overgang van die vaste stof in den toestand van vloeistof en daarop volgenden teruggang tot den toestand van vaste stof onveranderd bleven bestaan, ja, dat zelfs die onweegbare stof bij scheikundige stofwisseling van de elementen der weegbare stof uit de vroegere verbinding in de ontstaande nieuwe verbinding overgaat, en dan slechts later eene gunstige omstandigheid behoeft, om weder als licht in de oneindige ruimte te ontsnappen.

Wel zijn het belangrijke verschijnselen die von GROTTHUSS mededeelt, en men ziet, dat zij hem moesten bevestigen in zijne opvatting van het licht; nu men echter die opvatting heeft moeten laten varen, staan die verschijnselen slechts te verwonderlijker voor

ons, zoo als bijna alle verschijnselen der phosphorescentie.

Na VON GROTHUSS is er een tijd lang stilstand in de onderzoekingen der phosphorescentie geweest, en als wij zien, hoe groot het verschil is tusschen de theoriën der drie laatste onderzoekers, die bijna gelijktijdig gewerkt hebben, zoo worden wij geleid tot het besluit, dat het ook de tijd nog niet was om de oorzaak dier verschijnselen met goed gevolg nader te onderzoeken.

BREWSTER maakte in 1819 eenige onderzoekingen over de phosphorescentie door verwarming der mineralen bekend <sup>1)</sup>, waarbij hij mededeelt, dat hij geene polarisatie aan het phosphorische licht gevonden heeft.

De merkwaardige werking van de electriche vonk op die phosphorische stoffen, waaraan men door warmte de phosphorescentie ontnomen heeft, trok op nieuw na eenige jaren, in 1830, de opmerkzaamheid tot zich van PEARSALL <sup>2)</sup>, die toen de onderzoekingen zijner voorgangers niet schijnt gekend te hebben. Hij vond ook, dat zoo men over chlorophaan of apatiet, waaraan men door gloeiing de eigenschap om door verwarming te phosphoresceren ontnomen heeft, electriche vonken laat slaan, die stoffen weder door verwarming lichtend worden, welke werking niet door eene aanhoudende bestraling van dag- of zonlicht wordt uitgeoefend. Hij merkte daarbij op, dat het licht, hetwelk zij dan verspreid-

1) Edinburgh Philosophical Journal, Tom. I, p. 383. — Ann. Chim. et de Phys., Tom. XIV, p. 288.

2) Journal of the Royal Institution, No. 1, p. 77. — Pogg. Ann. B. XX, S. 252.

den, niet altijd gelijk was aan dat, waarmede zij vroeger phosphoresceerden, waardoor hij op de gedachte kwam om te onderzoeken, of ook de electriche vonk lichamen door warmte phosphorescerend zoude maken, die deze eigenschap nimmer vertoond hadden. Hij liet daarom vonken slaan over witten vloeispaat, die niet door verwarming phosphoresceerde, en vond, dat deze dit daarna wel deed, groote stukken met blaauw, kleine met bleekgeel licht. Dezelfde werking had de electriche vonk op niet phosphorescerende diamanten; zwak phosphorescerende maakte zij beter. Bij den vloeispaat deed hij eene vreemde waarneming, dat namelijk de witte stukken, die phosphorescerend geworden waren, juist op die plaatsen, waar zij die eigenschap vertoonden, eene zwakke, blaauwe kleur verkregen hadden; deze kleur drong echter niet ver door, maar vertoonde zich slechts aan de oppervlakte van het mineraal, zoo als men zien kon, wanneer men het in stukken brak.

Later nam PEARSALL dit mededeelen der phosphorescentie door eene electriche vonk ook aan vele andere lichamen waar <sup>1)</sup>, en merkte bij die latere onderzoekingen op, dat de kleur van het licht, door de warmte na het overslaan der electriciteit ontwikkeld, afhing van het aantal en de sterkte der vonken, die men had laten overslaan. Aan sommige stukken vloeispaat kon hij door het overvoeren van electriche slagen eene phosphorescentie mededeelen, welke zoo sterk was als

---

1) Journal of the Royal Institution, N<sup>o</sup>. 1, p. 267. — Pogg. Ann. B. XXII, S. 566.

die van chlorophaan; door de werking van het licht werd echter de aan enkele stoffen medegedeelde phosphorescentie door verwarming na eenigen tijd verzwakt; dit is te merkwaardiger, omdat, zoo als PEARSALL opmerkte, de electriche vonk ook de phosphorescentie door bestraling versterkt.

PEARSALL onderzocht nu ook of het noodig is, dat de electriche vonk over de lichamen heenslaat, om hun de phosphorescentie mede te deelen, en vond, dat het niet noodzakelijk is. Hij plaatste namelijk stoffen, waaraan hij de phosphorescentie door branding ontnomen had, in hermetisch gesloten glazen buizen en liet electriche vonken over deze slaan; dan vond hij, dat die stoffen ook phosphorisch werden, hoewel hij meer vonken moest doen overslaan, dan indien hij deze onmiddelijk over de te onderzoeken stoffen liet gaan.

Het licht van een galvanischen stroom tusschen koolspitsen herstelde ook zwak de phosphorescentie door verwarming in gebrande oesterschalen, niet in gebranden vloeispaat.

PEARSALL deelt in zijne tweede verhandeling ook nog naauwkeuriger onderzoekingen mede over de in niet gekleurde vloeispaat door electriche vonken veroorzaakte kleuren. Die kleuren waren of blaauw of roodachtig, het sterkst aan kanten, hoeken en randen van barsten, maar niet blijvend; sommige vloeispaten verloren die kleuren reeds in weinige dagen, hoewel andere, die in de duisternis bewaard waren, dezelve nog na twee maanden vertoonden. De electriche vonk bragt in de kleur van gekleurde vloeispaten, die nog in hun

natuurlijken toestand waren, geene verandering, behalve bij een donker purperrooden vloeispaat, wiens kleur sterker werd; werd echter aan die vloeispaten door branding de kleur ontnomen, zoo werden die deelen, welke de sterkste kleur vertoond hadden, het eerst weder gekleurd.

PEARSALL beschouwde deze kleuring van den vloeispaat door de electriciteit als een gevolg van opgewekte schommelingen der deeltjes, die, indien zij meermalen herhaald werden, de structuur veranderden en in een bijzonderen toestand bragten; dit gaf echter weinig licht.

Door OSANN <sup>1)</sup> werd in 1834 nog eene laatste poging gedaan om eene inzuigingstheorie te behouden. Reeds vroeger had hij nieuwe phosphori uit oesterschelpen met realgar of met zwavelantimonium bereid en daarmede waarnemingen gedaan; nu ontdekte hij nog een paar nieuwe phosphori.

Zeer uitvoerig bespreekt hij wat wel de oorzaak der phosphorescentie zijn kan. Eerst doet hij de vraag, of het ook eene verbranding is, en beantwoordt haar ontkennend, omdat vele phosphori onverbrandbaar zijn, en omdat de phosphorescentie even sterk in het luchtledige en onder water als in de lucht is. Daarna blijven er voor hem nog slechts twee verklaringen over. De eerste is, dat de phosphorescentie bestaat in eene teruggave van door de bestraling ontvangen licht; de tweede, dat de phosphori licht bevat-

1) Pogg. Ann. B. XXXIII, S. 405.

ten, hetwelk in hen door de bestraling opgewekt wordt. Deze beide verklaringen onderscheidt hij door de namen van inzuigings- en opwekkingstheorie.

De opwekkingstheorie verwierp hij voornamelijk, omdat de phosphorescentie door verwarming vooraf moet gegaan zijn door een bestraling. Hij bereidde phosphori in bedekte aarden kroezen en liet hen dan in de duisternis bekoelen; indien hij nu deze phosphori door kokend water in het duister verwarmde, werden zij niet lichtend, tenzij hij hen eerst aan licht had blootgesteld, en om hen dan later bij diezelfde temperatuur weder te doen lichten, moest hij hen eerst op nieuw aan het licht blootstellen.

De gewone inzuigingstheorie kon echter niet aannemen om de bekende gelijkheid in kleur der phosphorescentie, wanneer deze in eenzelfden phosphorus door licht van verschillende kleur opgewekt wordt, waarvan hij zich door vele proeven met licht, hetwelk door gekleurde glazen gegaan was, overtuigd had, en ook nog om de volgende, sterk sprekende proef. Hij plaatste in eene doos, waarin alleen door een violet glas licht kon intreden, een stukje wit papier, hetwelk hij dan door het violette glas heen slechts zwak kon zien; indien hij nu in plaats van dit papier een goeden phosphorus in de doos lag, zag hij dezen zeer duidelijk door het glas heen. Was nu de phosphorescentie eene eenvoudige teruggave van het opgevallene licht, zoo moest men den phosphorus niet duidelijker door het glas heen zien dan het witte papier; daaruit besloot hij, dat de phosphorescentie niet eene



eenvoudige teruggave van het opgevallene licht was; toch meende hij, dat men de phosphori inderdaad als lichtzuigers moest beschouwen. Volgens hem nemen zij, indien zij aan het licht blootgesteld worden, eene zekere hoeveelheid daarvan op. Een deel geven zij weder af en hierin bestaat gewoonlijk de phosphorescentie; een ander houden zij vaster gebonden, en dit kan slechts door warmte uit hen verdreven worden. De opwekking der phosphorescentie door verschillend gekleurd licht, die niet in verhouding tot de sterkte van het opvallende licht staat, wordt nu op de volgende wijze verklaard. Niet het licht, hetwelk de phosphori verkrijgen, wanneer zij onder de gekleurde glazen zijn, is het, waarmede zij daarna in de duisternis phosphoresceren; maar het licht, hetwelk van eene vroegere bestraling in hen overgebleven is, wordt door de inwerking van de verschillend gekleurde stralen uit hen ontwikkeld. Dat de blaauwe en violette lichtstralen sterker werken dan de andere, is eene eigenaardigheid van die lichtsoorten.

Zoo meende OSANN den strijd der waarnemingen tegen de inzuigingstheorie op te heffen, dat is door eene aanname, die tegen zich zelve strijdt, zoo als dadelijk in de oogen springt. Is namelijk het eerste gedeelte zijner aanname waar, zoo is het tweede niet waar, omdat hij in het eerste gedeelte aanneemt, dat het bij eene bestraling opgenomene en daarna niet uitgezondene licht slechts door de warmte kan uitgedreven worden, terwijl hij in het tweede aanneemt, dat het door het gekleurde licht uitgedreven wordt. Daarenboven

strijdt zijne verklaring met de waarnemingen, daar, indien zij waarheid was, de kleur van het licht, waarmede onder gekleurde glazen geplaatste phosphori phosphoresceren, steeds eenigzins zoude moeten overhellen naar de kleur van het glas, waaronder zij geplaatst geweest waren.

Deze vergeefsche poging van OSANN om eene inzuigingstheorie te verdedigen is de laatste geweest, die men gewaagd heeft. De belangrijke ontwikkeling der kennis van de lichtverschijnselen, de onderzoekingen omtrent de scheikundige werking van het licht en de ontdekkingen van de eigenschappen der stralende warmte door MELLONI begonnen haren invloed uit te oefenen op de onderzoekingen der phosphorescentie door bestraling. Met de wijzigingen, die de beschouwingen over de lichtverschijnselen ondergingen, moest ook eene wijziging der opvatting van de phosphorescentie gepaard gaan; de inzuigings-theorie moest verdwijnen. BECQUEREL opende in 1839 eenen nieuwen weg door zijne proeven over de eigenschap van sommige volkomen doorzigtige stoffen, om aan het doervallende licht het vermogen van de phosphorescentie op te wekken, geheel of gedeeltelijk te ontnemen.

### DERDE HOOFDSTUK.

#### VAN DE PROEVEN VAN BECQUEREL TOT DE LAATSTE ONDER- ZOEKINGEN (1839—1854).

BECQUEREL was sedert eenigen tijd bezig te onderzoeken, of het licht ook nog niet eenige andere eigenschappen bezat, dan die, welke meer in het bijzonder betrekking hebben op de warmte en op scheikundige werkingen en werd daardoor geleid tot het onderzoeken van het vermogen van het licht om sommige stoffen phosphorescerend te maken. Zijne proeven, die hij vooral met electrisch licht nam, leerden hem, dat dit vermogen zoo niet geheel, dan toch voornamelijk aan de violette stralen eigen is, terwijl het aan de roode volkomen scheen te ontbreken; verder nam hij waar, dat sommige stoffen, die het witte licht, wat het lichtend vermogen betreft, onveranderd doorlaten, aan het licht bij doorvalling bijna de helft van het vermogen om phosphorescentie op te wekken, ontnemen.

Deze eerste uitkomsten zijner onderzoekingen maakte

BECQUEREL in 1839 aan de Fransche Academie bekend 1). Reeds drie jaren vroeger had hij in het vierde deel van zijn *Traité de l'électricité et du magnétisme* over de phosphorescentie geschreven, maar schijnt toen zelf nog weinig onderzoekingen gedaan en hoofdzakelijk slechts die van HEINRICH, DESSAIGNES en PEARSALL gekend te hebben; in het zesde deel van dit werk, hetwelk in 1840 het licht zag, handelt hij uitvoeriger over de phosphorescentie, nadat hij de werken van VON GROTHUSS en anderen heeft leeren kennen en zelf meer onderzoekingen gedaan heeft.

De theoretische beschouwingen, waartoe BECQUEREL in 1836 gekomen was en die hem bij zijn latere onderzoekingen geleid hebben, zijn de volgende. Hij neemt als volkomen bewezen aan, dat er ontwikkeling van electriciteit plaats heeft, telkenmale, als de deeltjes der ligchamen eene zekere storing ondervinden, hetzij in hun aggregatie-toestand, hetzij in hunne scheikundige verbinding. Indien deze deeltjes niet gescheiden worden, heeft er meer of min onmiddellijke hereeniging der twee ontwikkelde electricische vloeistoffen plaats, die, naarmate de natuur der ligchamen en de spanning der electriciteit is, licht en warmte kunnen voortbrengen. Daar bij slecht geleidende ligchamen de twee ontwikkelde electricische vloeistoffen niet naar de oppervlakte van het ligchaam kunnen gaan, blijven zij in het inwendige der ligchamen rondom elk deeltje, en daar hare spanning groot is, moet hare vereeniging door

1) Comptes rendus, Tom. VIII, p. 183.

eene uitstraling van licht vergezeld zijn. Op deze wijze kan er, wanneer de deeltjes van een ligchaam door wrijving, warmte, of licht uit hun natuurlijken evenwigtstoestand gebragt, of, hetzij door scheikundige werking, hetzij door een electricchen schok ontbonden worden, licht uitstralen, vooral indien de lichamen slechte geleiders zijn. Omdat het nu juist deze werkingen zijn, welke de phosphorescentie veroorzaken, neemt BECQUEREL de identiteit van het electricche licht met het licht der phosphorescentie aan. Hij wordt des te meer tot die aanname gebragt, door dat de lichtverschijnselen duidelijk dezelfde zijn in de beide gevallen, en door dat alle goede geleiders der electriciteit, waarin de electricche verschijnselen zelden door lichtuitstraling vergezeld zijn, geene phosphorescentie vertoonen.

BECQUEREL vermoedt verder, dat de warmte bij de phosphorescentie door verwarming eene algemeene spling, daardoor scheiding der electricche vloeistoffen en door hereeniging van deze lichtontwikkeling veroorzaakt. Bij de phosphorescentie door bestraling neemt hij aan, dat het licht of eene oogenblikkelijke verandering van den moleculairen toestand, of scheikundige ontbindingen veroorzaakt.

Behalve door deze theoretische beschouwingen werd BECQUEREL bij zijne volgende onderzoekingen geleid door hetgeen men van de verdeeling der warmte in het zonnenspectrum gevonden had, door de uitkomsten van MELLONI's onderzoekingen over de stralende warmte en door de ongelijke scheikundige werking der stralen van verschillende breekbaarheid.

BECQUEREL begon zijne proeven 1) met het onderzoeken van de werking eener electriche vonk op oesterschelpen, die met of zonder zwavel gebrand waren. Hij toonde aan, dat de electriche vonk niet door electriche invloeden, maar door het licht, hetwelk zij uitstraalt, werkt. Indien men namelijk de schelpen achtereenvolgens op eenen afstand van 1, 5, 20, 30 decimeters van de overslaande vonk plaatst, worden zij steeds lichtend, hoewel de sterkte der phosphorescentie afneemt, zoo de afstand van de schelpen tot de vonk toeneemt. De phosphorescentie wordt door de vonk ook opgewekt op nog veel grooteren afstand, alwaar de electriche invloeden volstrekt niet meer waarneembaar zijn. Dezelfde werking van de electriche vonk vond BECQUEREL ook bij groenen vloeispaat.

Wanneer de phosphorescentie, welke in de schelpen door de eerste vonk opgewekt werd, zwak was, was zij na de tweede vonk sterker, en bij volgende ontloadingen nam zij al meer en meer toe, zoodat de schelpen eindelijk zeer sterk phosphoresceerden. Hieruit blijkt, dat de electriche vonk ook op afstand de schelpen al meer en meer tot phosphorescentiegeschikt maakte. Hierbij merkte BECQUEREL op, dat bij de met zwavel gebrande schelpen de reuk van zwavelwaterstof, hetwelk ontstond door de werking van het sulfuretum calcii op het water van de lucht, bij het sterker worden van de phosphorescentie ook toenam, hetgeen schijnt aan te toonen, dat te gelijk met het lichtend vermogen der schelpen ook de geschiktheid om ontbonden te worden toenam.

1) Comptes rendus, Tom. VIII. p. 216.

Nadat BECQUEREL deze werking van de electriche vonk genoegzaam bevestigd had, ging hij over tot het onderzoek van de veranderingen, die het electriche licht, ten opzichte van het vermogen om phosphorescentie op te wekken, ondergaat bij het doorvallen door verschillende stoffen. Hij liet het licht vallen door wit glas, door rood glas, hetwelk door protoxydum cupri gekleurd was, door violet glas en door andere gekleurde glazen en ook door blaadjes van gelatina.

De schelpen werden geplaatst op een afstand van 2 centimeters van de plaats, waar eene vonk van eene ontlading van 48 Leidsche flesschen oversprong; de opgewekte phosphorescentie was sterk. Nu bedekte BECQUEREL de schelpen met een wit glas van 3 millimeters dikte, en liet weder eene vonk overslaan; de phosphorescentie, die nu opgewekt werd, was aanmerkelijk zwakker dan de vorige maal. Bij het doorvallen door eene glasplaat van 8 millimeters dikte verloor het licht nog meer van zijne werking; ook bij bedekking der schelpen met eene glasplaat van 1 mill. dikte en met een blaadje gelatina, waarvan de dikte minder was dan een vijfzigste van een millimeter, was de phosphorescentie zeer zwak. Indien BECQUEREL de schelpen op den afstand van 1 en van 2 decimeters van de vonk plaatste, verkreeg hij dezelfde uitkomsten.

De uitkomsten der proeven met gekleurde glazen waren de volgende; een rood glas van 2 millimeters dikte ontnam aan het licht volkomen het vermogen om phosphorescentie op te wekken, terwijl een donker violet glas dezelfde werking had als het witte, ja, zelfs

bijna nog minder aan het licht ontnam. Onder het blaauwe glas was de phosphorescentie zwakker dan onder het violette; een geelachtig groen glas ontnam al het vermogen aan het electriche licht.

Deze verschillende werking der gekleurde glazen op het doervallende licht was reeds vroeger door anderen en voornamelijk door OSANN onderzocht, maar hetgeen de onderzoekingen van BECQUEREL bovenal belangrijk maakte, was, dat zij aantoonde, dat stoffen, die het licht onveranderd doorlaten, wat betreft het lichtend vermogen, er voor een groot gedeelte het vermogen om de phosphorescentie op te wekken aan kunnen ontnemen.

Toen BECQUEREL zijne eerste mededeeling over de phosphorescentie aan de Academie deed, kwam BIOT op het vermoeden, dat er van de electriche vonk wel eene bijzondere soort van stralen kon uitgaan, welke de phosphorescentie opwekken en verschillen van die, welke den lichtindruk veroorzaken, eveneens als, volgens de proeven van MELLONI, door een gloeiend ligchaam warmtestralen uitgezonden worden, onderscheiden van de lichtstralen. Daarom vereenigde hij zich met BECQUEREL om gezamentlijk eenige proeven over dit onderwerp te nemen.

Eerst werden de waarnemingen bevestigd, die BECQUEREL had medegedeeld over de werking der electriche vonk op met zwavel gebrande oesterschelpen, indien tusschen de schelpen en de vonk niets was dan lucht 1).

1) Comptes rendus, Tom. VIII, p. 223.



Daarna werden de schelpen bedekt door eene plaat, welke zamengesteld was uit eene glasplaat van  $3^{\text{mm}},65$  en eene plaat bergkristal van  $5^{\text{mm}},953$  dikte, en wel zoodanig, dat de verbindingslijn der twee platen beantwoordde aan het midden van den afstand der bollen, tusschen welke de electriche vonk zoude overspringen. Het electriche licht wekte nu in dat deel der schelpen, hetwelk door het bergkristal bedekt was, oogenblikkelijk eene sterke phosphorescentie op, terwijl het door het glas bedekte gedeelte volkomen duister bleef. De plaat werd omgekeerd, zoodat de plaats, waar vroeger het bergkristal lag, ingenomen werd door het glas; de uitkomst was dezelfde, maar het licht verspreidde zich, voordat het geheel verdween, ook over dat deel, hetwelk door het glas bedekt was.

Deze wijze van proefneming bezat een groot voordeel boven de vroeger door BECQUEREL gevolgde, daar men nu de werking der verschillende stoffen door gelijktijdige waarneming kon vergelijken, terwijl vroeger deze vergelijking door opvolgende waarnemingen moest geschieden. Een nadeel van deze wijze was echter, dat, indien de phosphorescentie onder het eene gedeelte van de zamengestelde plaat zeer zwak was in vergelijking met die onder het andere, zij geheel onwaarneembaar zou kunnen worden door de sterkte van het naburige licht.

Op deze wijze onderzochten BECQUEREL en BIOT de werking van eene plaat helder gips van  $7^{\text{mm}},6$  dikte, die zeer diathermaan was; het gips ontnam aan het doorvallende licht bijna nog minder het vermogen om

de phosphorescentie op te wekken dan het bergkristal. Het licht gegaan door eene plaat bergkristal van  $41^{\text{mm}},25$  dikte, gesneden loodregt op de as, wekte eveneens eene sterke phosphorescentie op.

Al deze proeven bevestigen, dat het vermogen der electriche vonk om de phosphorescentie op te wekken ook afhangt van stralen, die onderscheiden zijn van de lichtstralen.

Om te weten, of die stralen zich in eene regte lijn door de lucht voortplanten, bedekten BIOT en BECQUEREL eene kroes, welke gebrande schelpen bevatte, met een ondoorschijnend papier, waarin eene opening van één millimeter middellijn gemaakt was, welke overeenkwam met het midden van de oppervlakte der phosphorische stof. Dadelijk na het overslaan der vonk namen zij het papier weg, en zagen het midden der schelpen sterk lichtend, terwijl het overige gedeelte duister was; langzamerhand echter plantte het licht zich over de geheele oppervlakte voort.

Bij verder onderzoek van de werking der doorschijnende stoffen bleek het, dat gelatina ook voor een groot deel het vermogen om phosphorescentie op te wekken aan het licht ontnam, maar minder dan BECQUEREL uit zijne eerste proeven opgemaakt had. Daardoor kwamen BIOT en BECQUEREL tot het vermoeden, dat de schelpen misschien gevoeliger geworden waren gedurende de menigvuldige proeven, hetgeen daardoor bevestigd werd, dat licht door glasplaten van  $3^{\text{mm}},55$  en van  $42^{\text{mm}}$  dikte gegaan ook nu phosphorescentie opwekte. Daarom lieten zij het licht weder door de zamengestelde platen

vallen; de schelpen, die door het glazen gedeelte bedekt waren, phosphoresceerden, hoewel altijd veel minder dan die, waarop dat licht viel, hetwelk door het bergkristal gegaan was.

Hierdoor werd de waarneming bevestigd, die BECQUEREL bij zijne vorige proeven gedaan had, dat de stralen, welke van eene electrische vonk uitgaan, de schelpen meer geschikt tot phosphorescentie maken.

BIOT en BECQUEREL gingen nu over tot het onderzoek van rookkwarts, waarvan MELLONI aangetoond had, dat het even diathermaan is als helder bergkristal. Zij vereenigden eene plaat rookkwarts van  $21^{\text{mm}},75$  met eene glazen plaat van  $3^{\text{mm}},55$  dikte en lieten het licht door deze zamengestelde plaat op de oesterschelpen vallen; de schelpen onder de rookkwarts werden sterk lichtend, onder het glas bijna niet.

Licht gevallen door eene laag water van  $3^{\text{mm}},5$ , welke besloten was tusschen twee dunne plaatjes bergkristal en tusschen een ring van mat glas, wekte ook phosphorescentie op, maar de werking van het water werd niet met die van andere stoffen vergeleken 1).

In de volgende vergadering der Academie maakte BIOT eenige onderzoekingen bekend 2) over het ver-

1) Nadat BIOT en BECQUEREL hunne proeven medegedeeld hadden, maakte ARAGO aan de Academie eene bijzonder goede bereidingswijze van den Bologneschen phosphorus bekend, welke door DAGUERRE gevonden was. (Comptes rendus, Tom. VIII, p. 243).

2) Comptes rendus, Tom. VIII, p. 259.

mogen van het daglicht om phosphorescentie op te wekken

Hij heeft op het van de zon afkomstige licht dezelfde proeven gedaan, die hij met BECQUEREL op het electrische licht genomen had, dat is, hij heeft het door verschillende stoffen laten vallen en toen de werking van het doorgevallene licht op met zwavel gebrande oesterschelpen nagegaan.

Hij kwam tot dezelfde uitkomsten als bij het electrische licht. Drie kroezen met oesterschelpen gevuld, de eerste bedekt met eene glasplaat van 3<sup>mm</sup> dikte, de tweede met eene plaat bergkristal van 7<sup>mm</sup> dikte, de derde niet bedekt, werden op eenen somberen dag gedurende 2 seconden aan de werking van het daglicht blootgesteld, en daarna in de duisternis waargenomen; de eerste kroes vertoonde het zwakste, de laatste het sterkste licht. Bij eene oogenblikkelijke inwerking verwekte het daglicht door gelatina gegaan eene veel zwakere phosphorescentie dan het onveranderde daglicht, en dan daglicht gegaan door eene plaat bergkristal; blaauw cobaltglas ontnam aan het daglicht minder dan gelatina het vermogen om phosphorescentie op te wekken. Licht, hetwelk gevallen was door eene plaat rookkwarts van 21<sup>mm</sup>,75 dikte, welke loodregt op de as gesneden was, verwekte ook bij eene oogenblikkelijke inwerking eene sterke phosphorescentie.

De inwerking van het licht liet BIOR bij deze onderzoekingen slechts twee seconden en somtijds korter duren; want, indien deze langeren tijd aanhield, werd de phosphorescentie door het licht, hetwelk door de verschil-

lende stoffen gevallen was, bijna even sterk opgewekt als door het onveranderde daglicht; dit is misschien de reden geweest, waarom DU FAY, die ook reeds de werking van verschillende stoffen op het doorvallende licht onderzocht, niets gevonden heeft.

De oesterschelpen phosphoresceerden ook zeer sterk onder water, misschien wel sterker dan in de lucht.

Nadat BIOT de werking van ongekleurde stoffen op het doorvallende daglicht onderzocht had, ging hij over tot het onderzoek van de werking van gekleurde glazen <sup>1)</sup>.

Vooraf deed hij echter eenige waarnemingen over de werking van andere warmte of licht uitstralende ligchamen. Een metalen vat, waarin kokend water was, wekte alleen bij aanraking phosphorescentie op; eene heete, maar niet gloeiende, ijzeren staaf wekte zoowel op afstand, als bij aanraking vrij sterk phosphorescentie op. De vlam van alcohol met zout veroorzaakte in gebrande schelpen, die, indien zij door sterk licht bestraald werden, met verschillend gekleurd licht phosphoresceerden, eene zwakke phosphorescentie met bleek licht, hetwelk in alle schelpen van dezelfde kleur was.

Uit de proeven met gekleurde glazen bleek, dat het violette glas het vermogen van het daglicht om de phosphorescentie op te wekken zeer weinig verzwakte, terwijl een rood glas, hetwelk nagenoeg alleen de warmtestralen en de roode lichtstralen doorliet, het bijna geheel wegnam. Daglicht, gevallen door een zeker blaauwachtig groen glas, hetwelk daaraan al het ver-

1) Comptes rendus, Tom. VIII, p. 315.

mogen om op het gevoelige papier te werken ontnam, wekte nog phosphorescentie op, hoewel zwak; dit duidt aan, dat er geene volkomene overeenkomst bestaat tusschen de stralen, die het gevoelige papier aandoen, en tusschen die, welke de phosphorescentie opwekken.

Uit het gedeeltelijk ontnemen van het vermogen om phosphorescentie op te wekken door ongekleurde doorzigtige stoffen volgt, dat zoo wel met het daglicht, als met het electriche licht stralen gepaard gaan, die geen lichtindruk op het netvlies veroorzaken, maar in sommige stoffen phosphorescentie opwekken. Wel had men vroeger waargenomen, dat licht, hetwelk door glas gevallen is, somwijlen de phosphorescentie slechts zwak opwekt, maar men had dit, hoewel het vreemd was, aan verzwakking van het licht toegeschreven, en was niet op de gedachte gekomen, dat er met het licht iets kan vergezeld gaan, hetwelk geen licht is en door wit glas teruggehouden wordt.

BIOT was bij zijne proeven geholpen door EDMOND BECQUEREL. Deze deed in hetzelfde jaar nog eenige proeven over de phosphorescentie 1).

Hij bevestigde, dat de met zwavel gebrande oesterschelpen even goed in het luchtledige phosphoresceeren als in de lucht, hetzij de phosphorescentie door het zonlicht of door de electriche vonk opgewekt wordt; in het laatste geval waren de schelpen bij zijne proeven geplaatst onder eene klok, waarin van boven eene ope-

---

1) Comptes rendus, Tom. VIII, p. 493. — Ann. de chim. et de phys. Tom. LXXI. p. 36.

ning gemaakt was, die door eene gipsplaat gesloten werd, boven welke hij dan de electriche vonk liet overslaan.

Wanneer dus de vonk in de lucht overslaat, is de door haar opgewekte phosphorescentie even sterk, hetzij de oesterschelpen in de lucht of in het luchtledige zijn; dit is echter niet het geval, indien de vonk in het eene geval door de lucht, in het andere door het luchtledige gaat. In het laatste geval is de opgewekte phosphorescentie steeds zeer veel zwakker dan in het eerste.

EDMOND BECQUEREL had twee glazen ballons, waarin metaaldraden zoodanig gebragt waren, dat hij in beide door dezelfde ontlading eener electriche batterij eene vonk kon doen overspringen. In die ballons plaatste hij gebrande oesterschelpen zoodanig, dat deze even sterk phosphoresceerden, indien in beide, wanneer zij met lucht van dezelfde drukking gevuld waren, eene electriche vonk oversloeg. Nu pompte BECQUEREL de lucht uit een der ballons en liet in beide eene electriche vonk overslaan; de schelpen in den luchtledigen ballon werden veel minder lichtend dan die, welke in den anderen waren. Indien hij in plaats van gebrande oesterschelpen een niet bijzonder goeden Bologneschen steen nam, werd door de vonk, die in de lucht oversprong, eene vrij sterke phosphorescentie opgewekt, terwijl de vonk in het luchtledige geene waarneembare phosphorescentie veroorzaakte.

Werd in een der ballons door middel van eene perspomp zooveel lucht gebragt, dat hij met lucht van 3 tot 4 atmosferen drukking gevuld was, dan

wekte de vonk, die in dezen ballon oversprong, eene veel sterkere phosphorescentie op, dan de vonk, die in lucht van gewone drukking oversprong.

Indien BECQUEREL een der ballons met koolzuur van dezelfde drukking als de lucht vulde, was de werking der beide vonken dezelfde, hoewel deze niet gelijk waren.

Daar volgens de eerste proeven van EDMOND BECQUEREL de drukking der lucht geen invloed heeft op de phosphorescentie der oesterschelpen, leeren de laatste proeven, dat het aantal der stralen van eene elektrische vonk, welke het vermogen bezitten om de phosphorescentie op te wekken, afhangt van de spanning der lucht, waarin die vonk overspringt.

BECQUEREL deelt te gelijker tijd met deze proeven ook andere mede, die hij genomen heeft over den invloed van verhooging en verlagings der temperatuur van phosphorescerende schelpen.

Wanneer van phosphorescerende schelpen een gedeelte in de gewone temperatuur blijft, terwijl het andere in een koudmakend mengsel van  $-20^{\circ}$  C. geplaatst wordt, eindigt het phosphoresceren van het laatste gedeelte veel spoediger dan dat van het eerste. Worden nu de beide gedeelten, terwijl het eene steeds in het koudmakende mengsel is, gelijktijdig aan het licht blootgesteld en daarna in de duisternis overgebracht, zoo phosphoresceren zij in gelijke mate; maar brengt men, nadat het lichten geheel opgehouden heeft, de afgekoelde schelpen in de gewone temperatuur, zoo worden zij weder een oogenblik lichtend. Indien men hen dan verwarmt, zoo verschijnt het licht weder.



Wanneer men de schelpen bij eene temperatuur van 100 tot 200° C. aan het zonlicht blootstelt, zijn zij na overbrenging in de duisternis slechts zwak lichtend; na blootstelling aan het zonlicht op een gloeiend ijzer phosphoresceren zij volstrekt niet.

Deze proeven bevestigen de uitkomsten door CANTON, VON GROTHUSS en anderen vroeger verkregen.

EDMOND BECQUEREL maakte in 1842 weder onderzoekingen over de phosphorescentie bekend <sup>1)</sup>, namelijk de verschijnselen, die men waarneemt, indien men het zonnenspectrum op phosphorische stoffen laat vallen.

Hij spreidde poeder van Bologneschen en van Cantonschen phosphorus op met oplossing van arabische gom bestreken papier uit. Hierop liet hij het spectrum vallen. Het gedeelte, hetwelk dan phosphoreeerde, was door de donkere strepen doorsneden, die men in het lichtspectrum en in het chemische spectrum waarneemt.

Bij den Cantonschen phosphorus waren de grenzen van dat gedeelte van het spectrum, hetwelk de phosphorescentie opgewekt had, aan de eene zijde in het indigo tusschen de strepen G en F, het dichtst bij G, aan de andere zijde ver buiten het violet voorbij de streep P <sup>2)</sup>.

Tusschen die grenzen waren twee plaatsen, waar

1) Comptes rendus, Tom. XIV, p. 901. — Bibl. univ. de Genève, Août 1842.

2) De strepen buiten het lichtspectrum zijn die, welke EDMOND BECQUEREL door middel van het chemische spectrum gevonden heeft.

de phosphorescentie het sterkst was, de eene in het violet tusschen G en H, het digst bij H, de andere buiten het lichtspectrum, bij de streep O. De minder breekbare stralen, van die plaats af, waar de phosphorescentie ophield, tot voorbij de streep A, verwekten niet alleen geene phosphorescentie, maar doofden haar zelfs uit, indien zij door andere stralen opgewekt was; want na eenigen tijd werd de geheele oppervlakte van het papier door het verstrooide licht, hetwelk te gelijk met het spectrum er op viel, phosphorescerend, behalve de plaats, waar die minder breekbare stralen gevallen waren. BECQUEREL bevestigde dit nog door den phosphorus, voordat deze door het spectrum getroffen werd, aan het daglicht bloot te stellen. Wanneer men vervolgens het geheele papier liet duister worden, en het daarna verwarmde, werd het weder lichtend, behalve die plaatsen, waar de minder breekbare stralen van de streep G af tot voorbij A gevallen waren.

De grenzen der stralen, welke de phosphorescentie van den Bologneschen steen opwekken, zijn aan de eene zijde tusschen G en H, het digst bij G, aan de andere zijde bij P. Van die grenzen af nam de phosphorescentie toe tot buiten het violet, tusschen de strepen J en M, waar zij het sterkst was.

Even als bij het sulfuretum calcii werd door de minder breekbare stralen, tot voorbij A, niet alleen geene phosphorescentie opgewekt in het sulfuretum barii, maar zelfs de door andere stralen opgewekte uitgedoofd.

Deze waarnemingen van BECQUEREL leeren, dat het grootste gedeelte der lichtstralen, ten minste bij deze twee phosphori, niet alleen geene phosphorescentie opwekt, maar die zelfs tegengaat, terwijl er van de zon niet lichtende stralen uitgaan, welke de phosphorescentie opwekken. Verder blijkt uit die waarnemingen, dat niet altijd dezelfde stralen op dezelfde wijze op de phosphorescerende stoffen werken.

MATTEUCCI maakte in hetzelfde jaar proeven over de phosphorescentie bekend, die hij, onbekend met de meeste vroegere onderzoekingen, genomen heeft. Zijne voornaamste uitkomsten wil ik hier mededeelen.

De phosphorescentie van den Cantonschen phosphorus werd slechts opgewekt door de violette en indigo stralen van een zonnenspectrum, hetwelk met een vrij goed prisma van glas en met een waterprisma verkregen was <sup>1)</sup>.

De gedeelten van het zonnenspectrum, welke de phosphorescentie opwekten, waren niet geheel gelijk voor de twee verschillende prisma's.

Bij den Bologneschen phosphorus was de sterkste werking van het spectrum in het blaauw-groen. Zoo de inwerking langer dan een paar minuten aanhield, werd het geheele spectrum phosphorescerend, maar steeds was de sterkste phosphorescentie op dezelfde plaats.

De vaste stoffen, die het best de phosphorescentie opwekkende, zoogenaamde phosphorogenische stralen

---

1) Comptes rendus, Tom. XV, p. 288.

doorlaten, zijn aluin, kwarts, steenzout; die, welke hen het meest terughouden, zijn mica, zelfs zeer dun, en tourmalijn.

Zeer dunne lagen olijfolie, wijn en terpentijnolie ontnemen aan het licht het vermogen om phosphorescentie op te wekken; eveneens eene laag chloorgas van 45 millimeters dikte; dampen van iodium veranderen het licht in dit opzigt niet.

MATTEUCCI heeft een groot aantal waarnemingen gedaan, waaruit bleek, dat de doorschijnendheid der stoffen geen gelijken tred houdt met de eigenschap om de phosphorogenische stralen door te laten, en dat de wijze, volgens welke men de stoffen naar die laatste eigenschap kan rangschikken, niet dezelfde is voor verschillende lichtbronnen.

Ook heeft MATTEUCCI getracht den tijd te bepalen, gedurende welken een zonnestraal moet werken om de phosphorescentie op te wekken. Hij onderzocht dit op de volgende wijze:

Door eene ronde opening van 45<sup>mm</sup> middellijn valt een zonnestraal in eene duistere kamer; op eenen afstand van 20 centimeters van deze opening staat eene blikken schijf, die om eene as kan ronddraaijen en waarin dicht bij den omtrek eene opening geboord is; 40 centimeters achter dit schijfje wordt een met phosphorus bedekt papier geplaatst.

MATTEUCCI bepaalde nu, welke de grootste snelheid was, waarmede hij de blikken schijf kon ronddraaijen, zonder dat één indruk van het licht, hetwelk door de opening viel, ophield phosphorescentie

op te wekken. Hij berekende daarna den duur van den indruk.

De tijd noodig om bij den Cantonschen phosphorus de phosphorescentie op te wekken was 0,3 seconde; de dan opgewekte phosphorescentie duurde slechts een gedeelte van eene seconde. Indien de lichtindruk van korteren duur was, meende MATTEUCCI, dat er nog wel phosphorescentie werd opgewekt, maar dat die te spoedig voorbij was om te kunnen worden waargenomen. Zoo de schijf al sneller en sneller werd omgedraaid, moest men het aantal indrukken al meer en meer vermeerderen om waarneembare phosphorescentie te verkrijgen. Dit toont aan, dat wat de phosphorus door den eersten indruk verkregen heeft, niet verloren is bij den tweeden.

De besluiten, welke MATTEUCCI uit zijne proeven over het opslorpen der phosphorogenische stralen getrokken heeft, waren onjuist. Dit werd veroorzaakt door zijne wijze van proefnemen.

Hij liet een bundel zonlicht gaan door de stof, welke hij onderzoeken wilde, en dan zonder verdere verandering op den phosphorus vallen. EDMOND BECQUEREL volgde eene betere wijze en kwam tot andere uitkomsten. Hij maakte zijne nieuwe onderzoekingen in 1843 bekend in eene verhandeling over de verschillende werkingen der zonnestrallen 1).

— BECQUEREL vormde op de bekende wijze door eene

1) Comptes rendus, Tom. XVII, p. 882. — Ann. de chim. et de phys., 3<sup>e</sup> série, T. IX, p. 257.

lens achter het prisma te plaatsen een zeer zuiver spectrum, waarin de strepen van FRAUNHOFER duidelijk gezien werden. Hij plaatste verder tusschen de spleet in het venster en het prisma een metalen plaatje, waarin twee ronde openingen waren, zoodat op het prisma twee afgescheidene bundels en op het scherm of de phosphorescerende stof twee spectra vielen. Nu werd voor ééne dier openingen de te onderzoeken stof geplaatst; dan kon hij door vergelijking van het nu gewijzigde spectrum met het andere nagaan, welke phosphorogenische stralen aan het licht onttrokken waren. Om de werking van vochten te onderzoeken plaatste BECQUEREL deze in bakjes van flintglas met evenwijdige wanden.

Zijne uitkomsten waren de volgende. Water en alcohol verandert het doervallende zonlicht niet ten opzichte van het vermogen om phosphorescentie op te wekken. Door terpentijn- en naphtha-olie worden bijna al de phosphorogenische stralen, welke buiten het violet liggen, teruggehouden, terwijl de andere onverzwakt doorgaan. Kreosoot, olie van bittere amandelen, eene zure oplossing van zwavelzure kinine en dichroët houden niet alleen de stralen, breekbaarder dan violet, maar ook de uiterste stralen van het violet terug. Al deze stoffen laten de stralen, welke de phosphorescentie uitdooven, onveranderd door.

Dat deze wijze van proefneming, welke EDMOND BECQUEREL volgde, verreweg beter is dan die zijner voorgangers, ja, dat zelfs de laatste tot dwaling leidt, blijkt uit het volgende.

MATTEUCCI had uit zijne proeven afgeleid, dat door de zon stralen uitgezonden worden van gelijke breekbaarheid als de lichtstralen, die geen lichtindruk veroorzaken, maar phosphorescentie opwekken. Indien hij namelijk phosphori in het zonnenspectrum onderzocht, zag hij, dat de violette en blauwe stralen phosphorescentie opwekten; liet hij nu een bundel zonlicht door terpentijn- of olijf-olie vallen, zoo wekte deze in de phosphori geene phosphorescentie op, terwijl toch de violette en blauwe stralen door die stoffen doorgelaten werden.

Uit de proeven van BECQUEREL blijkt nu, dat de phosphori in dit laatste geval duister gebleven waren, niet omdat de phosphorogenische stralen van de breekbaarheid der blauwe en violette lichtstralen terug gehouden waren, maar omdat te gelijk met hen stralen werden doorgelaten, welke de phosphorescentie uitdoofden.

Het uitdooven der phosphorescentie door sommige stralen, welke van de zon uitgaan, werd in 1845 ook door RIESS bij diamanten waargenomen <sup>1)</sup>.

Hij liet op een diamant zonlicht vallen, hetwelk door een blaauw glas gegaan was; de diamant phosphoresceerde langer dan zeven minuten, indien hij in de duisternis gebragt werd. Wanneer daarentegen de diamant, na de bestraling door het blaauwe licht, gedurende 50 seconden onder een rood glas aan het zonlicht werd blootgesteld, verdween de phosphores-

---

1) Pogg. Ann. B. LXIV, S. 334.

centie anderhalve minuut, nadat zij door het blaauwe licht opgewekt was.

Belangrijker dan deze waarnemingen van RIESS zijn de naauwkeurige onderzoekingen met het zonnespectrum op nieuw door EDMOND BECQUEREL in 1847 gedaan 1).

Indien men den Cantonschen phosphorus bereidt, verkrijgt men sommige gedeelten, die met groen, andere die met blaauw, weder andere, die met naar het oranje overhellend geel licht phosphoresceren. Daar er dus verschil tusschen de phosphorescentie dezer deelen bestaat, moet men hen, wanneer men naauwkeurig onderzoeken wil, vaneen scheiden.

Dit deed BECQUEREL. Hij vereenigde de verschillende soorten, maakte de schelpen tot poeder en spreidde het poeder van elke soort op een met gom bestreken papier uit.

De onderzoekingen over de werking der warmte op de phosphori hadden geleerd, dat de invloed eener bestraling blijft voortduren, ook nadat men geene phosphorescentie meer kan waarnemen. Om dus de werking eener bestraling onafhankelijk van eene vorige te leeren kennen, moet men de phosphori eerst verwarmen.

Ten einde dit gemakkelijk te kunnen doen, spande BECQUEREL zijne met de phosphori bedekte papieren op koperen platen.

Wanneer deze phosphori door verwarming der ko-

---

1) Comptes rendus, Tom. XXV, p. 632. — Ann. de chim. et de phys., 3<sup>e</sup> série, Tom. XXII, p. 244.



peren platen gedurende een kwartier uurs in de duisternis op eene temperatuur van 200 tot 300° C. gehouden worden, en men er na bekoeling een zeer zuiver zonnenspectrum op laat vallen, ziet men steeds twee gedeelten, die phosphorescerend geworden zijn. Het eene gedeelte is dat, waar de sterkst breekbare lichtstralen, het andere dat, waar stralen van nog grootere breekbaarheid gevallen zijn.

De grenzen dezer twee lichtende deelen, die door eene duistere tusschenruimte gescheiden zijn, verschillen voor de verschillende soorten van den phosphorus, welken men op het papier gebragt heeft. Indien men groen lichtenden phosphorus gebruikt, die het sterkst phosphoresceert, zijn de grenzen van het eene gedeelte bij de strepen G en H, van het andere aan de eene zijde tusschen M en N, aan de andere zijde voorbij P; tusschen M en I is de phosphorus duister. Bij blaauw phosphorescerenden phosphorus is het gedeelte, waar de meest breekbare stralen gewerkt hebben, tusschen dezelfde grenzen begrepen, het andere ligt tusschen de strepen H en M; het duistere gedeelte tusschen de twee lichtende is dus veel kleiner dan in het eerste geval. Van den geel lichtenden phosphorus, die het zwakst phosphoresceert, is het eene gedeelte, hetwelk vrij sterk licht, begrepen tusschen de strepen O en P; terwijl het andere gedeelte zoo zwak licht, dat men de grenzen niet bepalen kan 1).

1) Om deze waarnemingen goed te doen raadt BECQUEREL aan, dadelijk na de inwerking van het licht den phosphorus te verwarmen, waardoor de phosphorescentie sterker wordt.

In de drie verschillende gevallen zijn dus de grenzen der twee lichtende plaatsen niet dezelfde, zoodat naarmate de phosphorus verschilt, de phosphorescentie door verschillende stralen wordt opgewekt; steeds is er echter een groot gedeelte der lichtstralen, hetwelk onder deze omstandigheden volstrekt niet op de phosphori schijnt te werken.

Zoodanig vond BECQUEREL de werking van het zonnenspectrum op phosphori, die men door verwarming aan den invloed van vroegere bestraling onttrokken heeft.

Daarna onderzocht hij wat gebeurt, wanneer men het met Cantonschen phosphorus bedekte papier aan het licht blootstelt, zoodat het over de geheele oppervlakte phosphoresceert, en men er dan het zonnenspectrum gedurende een paar minuten op laat vallen.

De geheele oppervlakte blijft in dat geval phosphorescerend, behalve die plaatsen, waar dat gedeelte van het spectrum gevallen is, hetwelk zich uitstrekt van de streep G af tot voorbij de streep A in het rood. Verwarmt men vervolgens het papier, zoo worden de lichtende gedeelten voor een oogenblik nog sterker lichtend, terwijl het gedeelte, hetwelk niet phosphoresceerde, duister blijft. Dit gedeelte is dus door de werking der minder breekbare stralen van het spectrum in denzelfden toestand gekomen als of men het buiten den invloed van het licht verwarmd had.

Laat men daarentegen op den phosphorus, die aan het licht is blootgesteld geweest, maar daarna niet verwarmd is, hetzij hij nog phosphoresceert of niet, het

spectrum slechts eenige seconden vallen, zoo zijn de uitkomsten anders.

Niet alleen zijn die plaatsen, waar de stralen gevallen zijn, die tusschen de strepen G en H en tusschen O en P inliggen, sterker lichtend geworden; maar men neemt ook eene levendige phosphorescentie waar, van het blaauw af tot voorbij het rood, welk gedeelte bij eene langere inwerking duister werd.

Hieruit blijkt, dat er groote overeenkomst bestaat tusschen de werking van de minder breekbare stralen en tusschen die eener verwarming op stoffen, die aan eene bestraling zijn blootgesteld geweest. De opheffing van den toestand, waarin de stof door de bestraling gebragt is, wordt in beide gevallen voorafgegaan door eene uitstraling van licht.

Deze werking der minder breekbare stralen kan, volgens BECQUEREL, niet aan verwarming der phosphori toegeschreven worden, omdat deze gedurende den korten tijd der werking niet kan veroorzaakt worden. Zij ver- toont zich het eerst tusschen de strepen C en D aan den kant van het oranje en breidt zich van daar vervolgens uit aan de eene zijde tot voorbij de streep A van het roode licht, op eenen afstand van A minstens gelijk aan dien van A tot D, aan de andere zijde tot voorbij G.

Deze laatste proeven heeft BECQUEREL genomen met dien phosphorus, welke met groen licht phosphoresceerde en de gevoeligste was.

Met den blaauwen phosphorus breidde het gedeelte van het spectrum, hetwelk de phosphorescentie ver-

nietigde, zich meer naar den kant van H uit, zoodat het zich in dat geval aan beide zijden verder uitstrekt dan het lichtspectrum.

Bij den gelen phosphorus waren de verschijnselen nagenoeg dezelfde, maar niet naauwkeurig waar te nemen om de geringe gevoeligheid van dien phosphorus; het uitdoovende gedeelte van het spectrum scheen zich aan de zijde van het violet tot bij de streep G uit te breiden.

Uit deze proeven ziet men dus, dat de zonnestrallen twee zeer verschillende werkingen op den Cantonschen phosphorus uitoefenen. De eene is zoodanig, dat de phosphorus na eene oogenblikkelijke bestraling lichtend wordt, en wanneer dat lichten geëindigd is, gedurende eenigen tijd de eigenschap heeft van door verwarming te phosphoresceren; deze werking wordt over het algemeen uitgeoefend door de stralen, waarvan de breekbaarheid grooter is dan die der lichtstralen. De andere werking gaat de vorige tegen en wordt uitgeoefend door het gedeelte van het spectrum gelegen van het violet af tot voorbij het rood.

Dit gedeelte ontnemt echter aan den phosphorus de eigenschap van door verwarming te phosphoresceren niet oogenblikkelijk; maar wanneer de phosphorus door de meest breekbare stralen zoodanig gewijzigd is, dat hij, ofschoon niet meer lichtend bij de temperatuur der omgeving, in de duisternis door verwarming lichtend kan worden, dan werken de minst breekbare stralen, die deze stof niet waarneembaar verwarmen, op dezelfde wijze als de warmte, veroorzaken eene kort-

stondige uitstraling van licht, waarna de phosphorescerende stof weder duister wordt, en nu de eigenschap van door verwarming te lichten verloren heeft.

Het is eene belangrijke waarheid, welke hier door BECQUEREL aan het licht is gebragt, waaruit de onvolledigheid der meeste voorafgaande onderzoekingen, vooral van die over de absorptie der phosphorogenische stralen, blijkt. Er volgt uit, dat de eenige goede wijze om de phosphorescentie van eene stof te onderzoeken is, dat men de werking der stralen van verschillende breekbaarheid op die stof afzonderlijk nagaat.

Uit de proeven van BIOT volgt echter, dat ook bij al de proeven van BECQUEREL eene fout begaan is. BECQUEREL gebruikte namelijk ter vorming van het spectrum een glazen prisma en eene glazen lens; uit de proeven van BIOT volgt, dat glas de phosphorogenische stralen gedeeltelijk terughoudt, zoodat niet alle stralen van die soort, welke van de zon uitgaan, bij de proeven van BECQUEREL op den phosphorus vielen. BECQUEREL leerde dus slechts de breekbaarheid van die phosphorogenische stralen kennen, welke door het glas doorgelaten werden. Om dezelfde reden is er ook eene fout in zijne proeven over de absorptie dier stralen door verschillende stoffen; want het is zeer ligt mogelijk, dat die stoffen stralen doorlieten, welke door het glas opgeslorpt werden en alleen daarom geene werking op den phosphorus vertoonden. Om deze fout te vermijden zoude men een prisma en eene lens moeten gebruiken van zoodanige stof, welke geene phosphorogenische stralen terughoudt. Daar kwarts deze stralen in veel

grootere mate doorlaat dan glas, zal men nader aan de waarheid komen dan BECQUEREL, indien men een prisma en eene lens van kwarts gebruikt.

Wij zijn nu genaderd tot de laatste onderzoekingen over de phosphorescentie door bestraling, die van DRAPER, welke in 1851 bekend geworden zijn <sup>1)</sup>.

DRAPER koos van de vele vaste stoffen, welke de phosphorescentie door bestraling vertoonen, voor de meeste zijner proeven den vloeispaat, zoowel om de sterke phosphorescentie, als om de onveranderlijkheid van dit mineraal in lucht en in water. Als lichtbron gebruikte hij meestal eene elektrische vonk, omdat hij aan deze steeds dezelfde sterkte kon geven.

DRAPER stelde zich in de eerste plaats voor de vier volgende vragen te beantwoorden: 1°, of een phosphorisch ligchaam eenigzins uitzet of inkrimpt, terwijl het phosphoresceert; 2°, of het eenige verandering in structuur ondergaat; 3°, of er eenige warmte ontwikkeld wordt te gelijk met het licht; 4°, of er ontwikkeling van electriciteit plaats heeft.

1°. Ondergaat een ligchaam eenige verandering van volumen, terwijl het phosphoresceert?

Om dit te onderzoeken nam DRAPER eene glazen buis van twee Eng. duim lengte en 0,75 Eng. duim middellijn, die aan den eenen kant met eene kwartsplaat gesloten was, aan de andere zijde in eene naauwe thermometerbuis eindigde; langs deze laatste was eene schaal geplaatst. In de buis werden achtereenvolgens ver-

---

1) Phil. Mag. Series IV, Vol. I, p. 81.

schillende phosphori geplaatst en de buis met uitgekookt water gevuld. Dan liet DRAPER voor de kwartsplaat eene sterke electriche vonk overspringen. De phosphori werden sterk lichtend, maar er vertoonde zich volstrekt geene verandering van volumen.

Onder de stoffen, die in de buis geplaatst werden, was ook een zeer sterk lichtende chlorophaan. DRAPER berekende, dat, indien het volumen van dezen  $\frac{1}{1200}$ ste veranderde, het niveau eene verplaatsing van ééne verdeling der schaal moest ondergaan. Hij vond ook hier geene de minste verplaatsing.

Hieruit besluit DRAPER, dat het volumen van een phosphorisch ligchaam niet waarneembaar verandert gedurende de phosphorescentie.

DRAPER heeft ook op een vloeispaat, gedurende de phosphorescentie, door middel van OERSTED'S toestel om de zamendrukbaarheid van het water te bewijzen, bij herhaling gelijkmatige drukkingen van 1 tot 4 atmosferen uitgeoefend; daardoor werd nimmer eenige verandering in het lichten veroorzaakt.

2°. Vergezelt eenige verandering in structuur de phosphorescentie der lichamen?

DRAPER bragt eene goed gepolijste plaat vloeispaat in den Nörrembergschen polarisatietoestel, waarin hij eene door ongelijke verwarming veroorzaakte verandering in de structuur van den vloeispaat kon waarnemen. Hij vond op deze wijze geene de minste verandering in structuur, wanneer hij de phosphorescentie door eene sterke electriche vonk opwekte.

DRAPER vermoedde echter, vooral om de proeven van

PEARSALL, zulk eene verandering, en onderzocht daarom of er ook door eene electriche vonk eenige verandering in de oppervlakte van den vloeispaat kwam, ten opzichte van het vermogen om gassen te verdigten. Hij liet eene electriche vonk zeer nabij de goed gepolijste oppervlakte van een vloeispaat overslaan en plaatste deze in kwikdampen; deze werden op den vloeispaat verdigt op en digt bij die deelen, welke meer onmiddellijk aan de vonk waren blootgesteld geweest. Dit schijnt in deze gevallen eenige moleculaire verandering aan de oppervlakte aan te toonen.

3°. Gaat de phosphorescentie met eene ontwikkeling van warmte vergezeld?

Om deze vraag te beantwoorden bestreek DRAPER een bol van een luchtthermometer met gom, waarop hij poeder van vloeispaat strooide; dit deed hij phosphoresceren door eene in de nabijheid overspringende vonk, maar hij nam geene de minste verplaatsing van den index waar.

Hij onderzocht dit ook met den toestel, dien hij ter beantwoording der eerste vraag gebruikt had. Hij leedigde namelijk de buis en liet slechts in de thermometerbuis een droppel water als index. In de buis werden achtereenvolgens verschillende phosphorische stoffen geplaatst, welke door eene voor de kwartsplaat overspringende vonk lichtend werden. Hoewel de phosphori sterk lichtten, nam DRAPER nooit eenige verplaatsing van den index waar.

Verwisselde hij echter de kwartsplaat, welke de buis aan de eene zijde sloot, door eene kurk, waardoor twee ijzeren draden luchtdigt gingen, zoodat hij de vonk



in de buis kon doen overspringen, dan waren de uitkomsten anders. In de eerste oogenblikken na het overspringen der vonk werd de index hevig voortgedreven, maar kwam spoedig terug en tot rust; daarop volgde eene langzame verplaatsing, die eene kleine uitzetting der lucht aanduidde. Dit vond DRAPER zoo dikwijls, als hij de proef nam. Bij eene der proeven stond de index vóór het overspringen der vonk op  $24^{\circ}$ ; na het overspringen keerde hij terug op  $26^{\circ}$ , waarna eene verplaatsing volgde tot op  $32^{\circ}$ . Wanneer de vonk oversprong, terwijl de vloeispaat niet in de buis was, volgde er, nadat de index tot rust gekomen was, eene langzame zamentrekking. Hieruit besloot DRAPER, dat met de uitstraling van het phosphorische licht waarschijnlijk eene zwakke ontwikkeling van warmte gepaard gaat. De oorzaken van storing zijn echter zoo groot, dat dit besluit wel eenigzins te betwijfelen is; te meer, daar DRAPER door middel van een thermomultiplicator geene verwarming vond, terwijl de verwarming van een vloeispaat, veroorzaakt door hem even met den vinger aan te raken, een grooten uitslag der naalden veroorzaakte.

4°. Is de phosphorescentie vergezeld met eene ontwikkeling van electriciteit?

Noch door middel van een gevoeligen electroscoop, noch door middel van het aantrekken van kleine lichamen heeft DRAPER eenig spoor van electriciteit kunnen ontdekken aan stoffen, welke door bestraling phosphoresceerden, wanneer hij slechts zorgvuldig alle wrijving vermeed.

Behalve de beantwoording dezer vier vragen deelt DRAPER nog eenige onderzoekingen mede, die hij over verschillende punten gedaan heeft. Zie hier zijne uitkomsten.

Phosphorescerende lichamen geplaatst in het veld van een sterken electro-magneet vertoonen geen verschil in hunne lichtverschijnselen, hetzij de stroom door gaat, of niet.

Phosphorescentie plant zich niet over van het eene ligchaam op het andere; dit vond DRAPER door middel van twee vloeispaten, waarvan hij den eenen sterk phosphorescerend gemaakt en in aanraking met den anderen gebragt had.

Indien men het licht van eene electriche vonk door eene gepolijste plaat van vloeispaat laat gaan, voordat het op poeder van chlorophaan valt, veroorzaakt het geene phosphorescentie; aan zonlicht wordt door vloeispaat dit vermogen niet ontnomen.

Daarna heeft DRAPER getracht het licht, hetwelk door de schitterendste phosphori uitgestraald werd, te vergelijken met dat van andere lichtbronnen. Hij deed dit volgens de methode van BOUGUER en vond, dat het licht, hetwelk een phosphorescerende chlorophaan uitstraalde, drieduizendmaal zwakker was dan dat van eene 0,6 Eng. duim hooge olievlam.

Ten slotte onderzoekt DRAPER den invloed der temperatuur op de phosphorescentie. Hij komt tot dezelfde uitkomsten als die, welke het laatst door EDMOND BECQUEREL verkregen zijn.

Hij wijst daarom op de fout, welke men begaat, wan-

neer men de phosphorescentie door verwarming onderzoekt, afgezonderd van die door bestraling. Daar het licht op sommige stoffen zoodanigen invloed uitoefent, dat zij, nadat de phosphorescentie bij de bestaande temperatuur opgehouden heeft, later door verwarming phosphoresceren, heeft men, indien eenig ligchaam door verwarming phosphoresceert, geen regt om die phosphorescentie alleen aan de verwarming toe te schrijven, tenzij men aantoot, dat eene vroegere bestraling geen invloed uitoefent.

Deze proeven van DRAPER zijn de laatste, welke over de phosphorescentie door bestraling gedaan zijn.

Wanneer wij een blik laten gaan over de vele onderzoeken, welke over de phosphorescentie door bestraling sedert de ontdekking van dit verschijnsel gedaan zijn, zien wij, dat, hoewel men menigmaal in dwaling verviel en bijna geen der onderzoekers tot voldoende uitkomsten kwam, toch langzamerhand eenige kennis aangaande dat verschijnsel verworven is.

De onderzoeken leeren ons, dat er vele stoffen zijn, welke de eigenschap bezitten van door bestraling te phosphoresceren; dat metalen en vloeistoffen haar niet, donker-gekleurde vaste lichamen haar slechts zwak of ook volstrekt niet bezitten; slechts eene waarneming van het phosphoresceren van een vocht door bestraling wordt vermeld, namelijk door BECCARI, die de phosphorescentie van melk waarnam.

Verder duiden de meeste onderzoeken aan, dat de phosphorescentie door de sterk breekbare stralen veroorzaakt wordt; de laatste nauwkeurige proeven met

het zonnenspectrum bevestigen dit, en ook de sterke werking van de electriche vonk toont het aan, daar volgens de laatste mededeelingen door STOKES gedaan van zoodanige vonk zeer vele stralen van groote breekbaarheid uitgaan.

Eene uitzondering hierop meent DRAPER gevonden te hebben bij het kalklicht. Aan dit licht werden namelijk door wit glas, door eene roode oplossing van sulphocyaniet van ijzer en door eene sterke oplossing van bichromas potassae de phosphorogenische stralen niet ontnomen, wel door eene blaauwe oplossing van koper in zwavelzure ammonia. Daarom meende DRAPER, dat in het kalklicht de stralen van het roode einde van het spectrum de werkende zijn. Deze onderzoekingen leeren echter, dat het hier niet de sterkst breekbare stralen zijn, waardoor de phosphorescentie veroorzaakt wordt, want die worden door glas teruggehouden, maar zij geven geen regt om dat besluit te trekken, hetwelk DRAPER er uit afgeleid heeft. Om dit met zekerheid te kunnen bepalen had DRAPER de werking der verschillende stralen van het kalklicht afzonderlijk moeten nagaan.

Waar men nauwkeurig onderzocht heeft, is gevonden, dat het de sterk breekbare stralen zijn, waardoor de phosphorescentie veroorzaakt wordt.

Wat door die sterk breekbare stralen in de phosphorescerende stoffen veroorzaakt wordt, is onbekend. Deze stoffen worden in zoodanigen toestand gebracht, dat zij lichttrillingen in den ether veroorzaken, dat is, dat er stralen van hen uitgaan, waarvan de breekbaarheid niet dezelfde is als die van de stralen, waar-

door deze toestand ontstaan is. Welke die toestand is, weet men niet, even min als men weet, wat in elk ander zelflichtend ligchaam gebeurt.

De wijze, waarop de verschijnselen der phosphorescentie opgevat worden, is dus geheel veranderd in de laatste jaren, sedert de theorie der undulatie algemeen is aangenomen. De vraag, of de phosphori licht inzuigen, of niet, met welke beantwoording men zich zoo menigmaal heeft bezig gehouden, wordt niet meer gedaan.

Het valt duidelijk in het oog, dat de verschijnselen der phosphorescentie door bestraling groote overeenkomst vertoonen met die der inwendige dispersie of fluorescentie, door STOKES voor twee jaren onderzocht. Even als bij de phosphorescentie wordt bij de inwendige dispersie de stof in zoodanigen toestand gebracht, dat zij licht uitstraalt. BREWSTER houdt het voor waarschijnlijk, dat fluorescentie en phosphorescentie eenzelfde verschijnsel zijn <sup>1)</sup>. Het is misschien niet onbelangrijk ten slotte de beide verschijnselen met elkander te vergelijken.

Uit de onderzoekingen van STOKES volgt, dat het de sterk breekbare stralen zijn, waardoor bij de inwendige dispersie de stof in den toestand van lichten gebragt wordt. Waar men de werking der stralen van verschillende breekbaarheid op de phosphori afzonderlijk heeft nagegaan, heeft men gevonden, dat ook hier de sterk breekbare stralen de werkende zijn. Nog andere proe-

---

1) Treatise on optics, London, 1853 p. 183.

ven leeren, dat de phosphorescentie wordt opgewekt door die stralen, welke ook de inwendige dispersie veroorzaken. Door het licht eener sterke electriche vonk wordt namelijk eene inwendige dispersie veroorzaakt; dit vermogen wordt echter aan het electriche licht ontnomen, indien het door glas, niet wanneer het door kwarts gaat 1). BECQUEREL en BIOT hebben gevonden, dat door glas ook de phosphorogenische stralen eener electriche vonk teruggehouden worden, niet door kwarts. STOKES deelt ook mede, dat, wanneer het electriche licht door eene oplossing van zwavelzure kinine gegaan is, het daardoor evenzeer het vermogen om, op een Cantonschen phosphorus vallende, phosphorescentie op te wekken, als dat om, op eene oplossing van zwavelzure kinine vallende, de inwendige dispersie te veroorzaken verloren heeft 2).

Voor zoo verre de onderzoekingen naauwkeurig geweest zijn, heeft men dus gevonden, dat zoo wel de phosphorescentie, als de fluorescentie door de stralen van groote breekbaarheid veroorzaakt wordt.

Om deze reden is het waarschijnlijk, dat ook bij de phosphorescentie de breekbaarheid der stralen, welke haar veroorzaken, de grens is van de breekbaarheid van het ontstaande licht, even als STOKES dit bij de inwendige dispersie gevonden heeft, en dat een straal, welke phosphorescentie opwekt, daarbij in licht van geringere breekbaarheid veranderd wordt. BREWSTER

---

1) Pogg. Ann. EB. IV, S. 317.

2) Pogg. Ann. EB. IV, S. 318.

heeft gevonden dat in het phosphorische licht steeds stralen van verschillende breekbaarheid zijn 1).

Gaan wij nu na, welke overeenkomst er bestaat tuschen de phosphorische stoffen en tuschen die, waarbij men de inwendige dispersie waarneemt. STOKES beweert dat er geene betrekking tuschen deze twee soorten van lichamen gevonden wordt 2); deze bewering schijnt echter niet volkomen gegrond, zoo als wij zullen zien.

Het aantal der stoffen, welke de eigenschap der phosphorescentie bezitten, is groot; niet minder talrijk zijn die lichamen, welke de inwendige dispersie vertoonen, en STOKES noemt het opsommen dezer stoffen eene taak zonder einde. Bij drie klassen van lichamen heeft men echter over het algemeen geene phosphorescentie gevonden; deze drie klassen zijn de vloeistoffen, de metalen en de meeste donker-gekleurde stoffen. Bij de twee laatste soorten van lichamen heeft STOKES ook geene inwendige dispersie waargenomen 3); wel bij vloeistoffen. De twee groote klassen van lichamen, welke de inwendige dispersie niet vertoonen, bezitten dus ook juist niet de eigenschap van door bestraling te phosphoresceren. Bij zeer vele der phosphorische stoffen is ook de inwendige dispersie waargenomen, zoo als bij vloeispaat, kalksteen, krijt, hout, horens, beenderen, ivoor, witte schelpen, leder, vederen, de huid der hand, vingernagels, wit papier,

1) Treatise on optics, London, 1853 p. 186.

2) Pogg. Ann. EB. IV, S. 322.

3) Pogg. Ann. EB. IV, S. 268, 261.

Bologneschen en Cantonschen phosphorus. STOKES meent, dat de Bolognesche en Cantonsche phosphori de inwendige dispersie niet vertoonen, maar ten onregte; inderdaad vertoonen deze phosphori de inwendige dispersie in sterke mate. Wanneer men namelijk het zonnenspectrum laat vallen op een papier, hetwelk met een dezer phosphori bedekt is, worden die plaatsen, waar de uiterste violette stralen en de stralen van nog grootere breekbaarheid vallen, lichtend, even als dit gebeurt, wanneer het zonnenspectrum op zwavelzure kinine valt 1). Dit verschijnsel is vooral treffend, wanneer men een Bologneschen phosphorus, waarvan sommige deelen niet phosphoresceren, in de violette stralen plaatst; die deelen, welke niet phosphoresceren, verspreiden dan een violet licht, terwijl van die, welke phosphoresceren, een rood licht uitgaat. Terwijl het licht dus op den Bologneschen of Cantonschen phosphorus valt, vertoont zich juist dat verschijnsel, waaraan STOKES den naam van inwendige dispersie gegeven heeft. Het is waarschijnlijk, dat dit bij alle phosphorische stoffen het geval is; bij

1) EDMOND BECQUEREL deelt het volgende mede (Ann. de chim. et de phys., 3<sup>e</sup> série, T. IX, p. 320): »Un fait que j'ai souvent observé, c'est que, lorsque le spectre solaire frappe une substance telle que le sulfure de calcium phosphorescent, pendant son action le papier sur lequel est déposée cette substance paraît lumineux non-seulement de A en H, mais encore jusqu'en P; de sorte qu'on peut voir toutes les raies du spectre de A en P dessinées par projection." Zelf heb ik dit verschijnsel meermalen bij Bologneschen en Cantonschen phosphorus waargenomen.



deze lichamen duurt dit lichten echter voort, nadat de bestraling opgehouden heeft, hetwelk niet het geval is bij die stoffen, welke de inwendige dispersie maar geene phosphorescentie vertoonen.

Er bestaat dus een groot verband tusschen de phosphorische stoffen, en die, waarbij men de inwendige dispersie waarneemt.

Een merkwaardig punt van overeenkomst tusschen de beide verschijnselen is de invloed, welke door de warmte op hen uitgeoefend wordt. Uit vele proeven is gebleken, dat de phosphorescentie door bestraling vermindert, indien de phosphorische stoffen gedurende de bestraling verwarmd worden. STOKES heeft ook bij enkele stoffen den invloed eener verwarming op de inwendige dispersie onderzocht en gevonden, dat deze daardoor insgelijks zeer verminderd wordt <sup>1)</sup>. Deze overeenkomst is belangrijk, daar in beide gevallen dezelfde verandering der stof denzelfden invloed op de beide verschijnselen uitoefent.

Als verschil tusschen de phosphorescentie en fluorescentie geeft STOKES op <sup>2)</sup>, dat bij het eerste verschijnsel het licht zich van het eene deel van het lichaam op het andere voortplant, terwijl dit bij de inwendige dispersie niet het geval is. Waarop dit berusten van STOKES berust is mij onbekend. EDMOND BECQUEREL zegt <sup>3)</sup>, dat hij in de phosphorogenische stra-

1) Pogg. Ann. EB. IV, S. 293.

2) Pogg. Ann. EB. IV, S. 321.

3) Ann. de chim. et de phys. 3<sup>e</sup> série, T. IX, p. 314 et 321.

len donkere strepen gevonden heeft, welke identisch zijn met de strepen van het lichtspectrum en van het chemische spectrum. De meeste onderzoekers hebben gevonden, dat, wanneer zij slechts een gedeelte van een phosphorus aan het licht blootstelden, dit ook alleen lichtend werd. Wanneer men bij voorbeeld Cantonschen phosphorus met een papier bedekt, hetwelk door daarop gedrukte zwarte letters gedeeltelijk ondoorschijnend geworden is, kan men duidelijk die plaatsen erkennen, welke door de letters bedekt geweest zijn; wel zijn de grenzen niet zoo scherp, dat men de letters duidelijk onderscheiden kan, maar evenmin zal men, indien men het papier zelf zwak verlicht, de letters schep kunnen zien. DRAPER deelt mede, dat indien men een phosphorus slechts gedeeltelijk aan het licht blootstelt, en dezen dan in de duisternis brengt, alleen die deelen, welke door het licht getroffen zijn, later door verwarming phosphoresceren; zoodat niet alleen het licht der phosphori, maar ook die toestand, waardoor zij later bij verwarming lichtend worden, zich niet aan de naastgelegene deelen schijnt mede te deelen. Slechts twee waarnemingen heb ik gevonden van voortplanting der phosphorescentie; zij zijn gedaan door BIOT en BECQUEREL. De eene deden zij bij de proeven over het opslorpen der phosphorogenische stralen door glas, waarbij zij de zamengestelde platen gebruikten; zij zagen namelijk (zie bl. 98), dat na het overslaan der vonk dat gedeelte lichtend werd, hetwelk onder het kwarts was, terwijl de schelpen onder het glas duister bleven; bij het verzwakken van de phospho-

rescentie van het eerste gedeelte verspreidde het licht zich over het laatste. De tweede waarneming deden zij bij het onderzoeken van de rigting, waarin de phosphorogenische stralen zich voortplanten (zie bl. 99); hierbij verspreidde het licht zich later over dat gedeelte, hetwelk door het papier bedekt geweest was. Bij deze beide proeven is het echter mogelijk, dat die gedeelten, waarover het licht zich scheen voort te planten, reeds dadelijk na het overslaan der vonk eene zwakke phosphorescentie verkregen hadden, welke men echter aanvankelijk niet waarnam wegens het sterke lichten der nabij gelegene gedeelten, en dat men alzoo door het later waarneembaar worden van deze zwakke phosphorescentie gekomen is tot de onjuiste meening, dat de phosphorescentie zich voortplantte. Men heeft dus geen recht uit deze twee proeven het besluit te trekken, dat bij de phosphorescentie het licht zich van het eene deel van den phosphorus aan het andere mededeelt, vooral daar vele andere waarnemingen het tegendeel leeren. De vraag omtrent het al of niet mededeelen zal echter moeilijk volkomen te beslissen zijn, daar de grenzen van het phosphorische licht niet scherp te bepalen zijn, wanneer dit zeer zwak is.

— Twijfelachtig is het alzoo, of er in dit opzigt verschil of overeenkomst tusschen de verschijnselen der phosphorescentie en fluorescentie bestaat, hoewel het laatste het waarschijnlijkste is.

— Het voorname onderscheid tusschen de beide verschijnselen is, volgens STOKES, het plotseling eindigen van de inwendige dispersie, wanneer het licht niet

meer opvalt. Het is echter de vraag, in hoe verre dit plotseling ophouden waarlijk plaats heeft.

Bij die stoffen, welke de beide verschijnselen vertoonen, en welker aantal groot is, eindigt het lichten, hetwelk men inwendige dispersie noemt, niet plotseling, nadat de bestraling opgehouden heeft, maar duurt voort en wordt dan phosphorescentie genoemd. Bij sommige stoffen duurt dit dan dagen, bij andere uren, bij andere minuten, bij andere slechts weinige seconden. Eindelijk zijn er stoffen, de vochten en andere niet phosphorescerende lichamen, waarbij men geen voortduren van het lichten heeft waargenomen; hieruit volgt dat bij deze stoffen de toestand van licht-uitstraling, waarin zij gebragt zijn, of onmiddellijk eindigt, nadat de bestraling heeft opgehouden, of daarna slechts zoo korten tijd blijft voortduren, dat dit onwaarneembaar is; maar er volgt niet uit, dat de toestand van lichtuitstraling, waarin de stof zich gedurende de bestraling bevindt, eene andere is dan die der phosphorescerende lichamen, nadat de bestraling heeft opgehouden.

Uit al het aangevoerde schijnt het volgende besluit te mogen opgemaakt worden. Het veranderen van de breekbaarheid der lichtstralen en het lichtend worden der onzichtbare stralen voorbij het violet van het spectrum, hetgeen door STOKES als kenmerk der inwendige dispersie wordt opgegeven, is evenzeer eene eigenschap der phosphorescentie door bestraling, terwijl de door STOKES aangewezen verschillen tusschen de inwendige dispersie en die phosphorescentie ge-

deeltelijk onbewezen, gedeeltelijk meer van quantitatieven dan van qualitatieven aard zijn, zoodat het hoogst waarschijnlijk is, dat beide verschijnselen naauw verwand zijn en hunnen grond hebben in een zelfden toestand van licht-uitstraling, in duur en sterkte gewijzigd door den aard der stof, waarin de opvallende stralen die verschijnselen te voorschijn roepen.

# N A A M L I J S T.

	Blz.		Blz.
ALBERTUS MAGNUS.....	25.	HULME.....	54.
BALDUIN.....	5.	KIRCHER.....	6.
BECCARL.....	6, 27.	LAURENTO.....	6.
BECCARIA.....	49.	LEMERY.....	21.
BECQUEREL.....	92, 97.	LICETUS.....	5.
BECQUEREL (EDMOND).....	103, 110, 113.	MARGGRAF.....	41.
BIOT.....	97, 100.	MARSIGLI.....	6.
BOYLE.....	15.	MATTEUCCI.....	108.
BREWSTER.....	85.	MENTZEL.....	5.
CASCARIOLO.....	1.	MONTI.....	27.
CANTON.....	44.	OSANN.....	88.
CELIUS.....	5.	PEARSALL.....	85.
DAGUERRE.....	100.	POTTERIUS.....	5.
DESSAIGNES.....	55.	RIESS.....	112.
DRAPER.....	119.	SCHEELE.....	51.
FAY (DU).....	19.	SEEBECK.....	69.
GALEATI.....	6, 14.	WALL.....	17.
GALILEI.....	5.	WEDGWOOD.....	52.
GROTTHUSS (VON).....	71.	WILSON.....	49.
HEINRICH.....	60.	ZANOTTI.....	12.
HOMBERG.....	7.		

## INHOUD.

---

	Blz.
EERSTE HOOFDSTUK. VAN DE ONTDEKKING DER PHOSPHORESCENTIE DOOR BESTRALING TOT DE PROEVEN VAN BECCARIA (1604—1771).....	1
TWEEDE HOOFDSTUK. VAN DE PROEVEN VAN BECCARIA TOT DE ONDERZOEKINGEN VAN BECQUEREL (1771—1839).....	51
DERDE HOOFDSTUK. VAN DE PROEVEN VAN BECQUEREL TOT DE LAATSTE ONDERZOEKINGEN (1839—1854).....	92

---

## THESES.

### I.

Wanneer licht geabsorbeerd wordt, wordt het gedeeltelijk of als licht van geringere breekbaarheid of als warmte gedispergeerd.

### II.

Alle stoffen, welke door bestraling phosphoresceren, veroorzaken inwendige dispersie.

### III.

Bij de phosphorescentie door verwarming wordt invloed uitgeoefend door eene vroegere bestraling.

### IV.

De verklaring door BECQUEREL van de phosphorescentie door verwarming gegeven is onjuist.

### V.

Warmte- en lichtstralen, chemische en phosphorogenische stralen verschillen alleen in breekbaarheid.



## VI.

De verklaring van het diamagnetisme door WEBER gegeven is niet aannemelijk.

## VII.

In het verstrooide licht moet men onderscheiden licht, hetwelk aan de oppervlakte van het ligchaam teruggekaatst, en licht, hetwelk uit het ligchaam uitgetreden is.

## VIII.

Ten onregte wordt beweerd, dat het licht der wolken niet gepolariseerd is.

## IX.

De sterkte van den lichtindruk, welke door de ethertrillingen op het netvlies veroorzaakt wordt, hangt niet alleen af van de amplitude der trillingen, maar ook van den trillingstijd.

## X.

De dertig kleine planeten zijn niet vroeger vereenigd geweest.

## XI.

Het bewijs van LA PLACE voor het niet afkoelen der aarde is onvoldoende.

## XII.

De proeven van BEAUMERT beslissen niet de zamenstelling van Ozon.

## XIII.

De methode om arsenik te ontdekken door reductie van zwavel-arsenik met cyankalium verdient niet in alle opzichten aanbeveling.

## XIV.

Het is niet waarschijnlijk, dat het ontlede van eene organische stof door middel van een galvanischen stroom licht zal verspreiden over de constitutie dier stof.

## XV.

Bij de phanerogamische planten ontstaat het embryo in de pollenbuis.

## XVI.

De verklaring door GAUDICHAUD van de diktegroei der stengels van dicotyledonen gegeven is onjuist.

## XVII.

Uit de waarneming, dat het foetus van een dier gedurende zijne ontwikkeling overeenkomt met lagere diersoorten, heeft men niet het regt te besluiten, dat de verschillende diersoorten uit elkander ontstaan zijn.

## XVIII.

De steenkolenlagen zijn ontstaan op eene wijze overeenkomstig met die, waarop de turf gevormd is.

## XIX.

Op sommige plaatsen, waar koraal-eilanden ontstaan zijn, is de bodem gedaald.

---

XIV

Die erste Voraussetzung ist die, dass die  
Menge der zu untersuchenden  
Gegenstände eine gewisse Grösse  
erreichen muss.

XV

Die zweite Voraussetzung ist die, dass  
die Gegenstände in der  
Menge eine gewisse Grösse  
erreichen müssen.

XVI

Die dritte Voraussetzung ist die, dass  
die Gegenstände in der  
Menge eine gewisse Grösse  
erreichen müssen.

XVII

Die vierte Voraussetzung ist die, dass  
die Gegenstände in der  
Menge eine gewisse Grösse  
erreichen müssen.

XVIII

Die fünfte Voraussetzung ist die, dass  
die Gegenstände in der  
Menge eine gewisse Grösse  
erreichen müssen.