

ONDERZOEKINGEN VAN R. BLONDLOT

OVER VOORTPLANTINGSSNELHEID EN POLARISATIE VAN X-STRALEN EN EEN NIEUWE SOORT VAN LICHT

DOOR

G. J. W. BREMER.

(*Compt. Rend.*, 135, p. 666, p. 721 en p. 763
1902, 136, (1903) p. 284, p. 487 en p. 733.

Om de voortplantingssnelheid van x-stralen te leeren kennen, heeft BLONDLOT eene methode uitgedacht om deze te vergelijken met die van de electrische golven van HERTZ. Daartoe werd de inductiestroom van een inductor van RUHMKORFF gebruikt om x-stralen in een focusbuis te doen ontstaan, maar tevens om oscilleerende ontladingen te verwekken in een excitator van HERTZ. Deze bestond uit twee geel koperen cylinders van 8 cM. middellijn en 6 cM. lengte. De draden, die van den inductor uitgingen waren evenwijdig aan elkander. De excitator van HERTZ was tusschen deze draden aangebracht, die verder doorliepen naar de focusbuis. Door de oscilleerende ontladingen in dezen excitator werden electrische golven opgewekt in een resonator, bestaande uit een ringvormigen koperdraad met een kleine slagwijdte. Deze slagwijdte is gekeerd naar den kant van de focusbuis, om aan den x-straal blootgesteld te kunnen worden. Door schermen van zwart papier en een plaat aluminium was zij tegen alle andere stralen beschut. De excitator bevond zich in een flesch met vaselineolie. Wanneer men de slagwijdte van den excitator behoorlijk regelt, dan kan men de focusbuis en den excitator gelijktijdig doen werken. Bij het overspringen van een vonk in den excitator houdt de focusbuis terstond op te lichten, terwijl de oscilleerende ontlading van den excitator voortgaat. Hierdoor wordt in den resonator een golf

opgewekt, die een vonk doet ontstaan in den resonator. Door de werking der x-stralen kan deze vonk helderder worden. Is echter de lengte van de draden tusschen den excitator en de focusbuis niet meer dan 11 cM., dan wordt het sterker lichten der vonk niet waargenomen, zooals blijkt wanneer men een looden plaat tusschen de buis en de vonk plaatst. Dit bewijst, dat de x-stralen reeds uitgedoofd zijn als de vonk ontstaat. De golflengte van den excitator was 1.14 M., de trillingsduur derhalve $\frac{114}{3 \times 10^{10}}$ sec.

De focusbuis houdt op te lichten, zoodra het potentiaal verschil tusschen de electroden een weinig verminderd is bij het begin van de oscilleerende ontlading en wel na een tijd, die korter is dan een vierde van den trillingstijd in den excitator, dus korter dan $\frac{114}{3 \times 10^{10} \times 4}$ sec.

Wanneer men nu, de focusbuis op dezelfde plaats latende, de toevoerdraden eene lengte geeft van 25 cM., dan wordt daardoor de uitdooving van de x-stralen vertraagd met den tijd, dien de golven van HERTZ gebruiken om de lengte $25 - 11 = 14$ cM. te doorloopen.¹ Daardoor wordt dus het oogenblik, waarop de x-stralen bij de vonkruimte in den resonator komen, eveneens vertraagd en zoo is het mogelijk dat zij dan op de vonk inwerken. Dit heeft men inderdaad gezien en het plaatsen van een looden plaat tusschen de focusbuis en de vonkruimte deed de vonk verminderen in helderheid. Nam men draden van 33 cM., 80 cM. en 130 cM. dan was de werking steeds duidelijker.

Deze proeven bewijzen, dat de x-stralen dadelijk verdwijnen als de electriche ontlading in de buis ophoudt.

Neemt men nu spiraalsgewijze gewonden draden van onveranderlijke lengte, b.v. 0.5 M., en verwijderd men langzamerhand de buis van de vonkruimte in den resonator, dan zullen daarbij de x-stralen steeds later bij de vonkruimte komen. Is nu hun snelheid vergelijkbaar met die der golven van HERTZ, dan zal de uitwerking der verwijdering van de buis analoog zijn aan die van een verlenging der draden, dat wil zeggen dat het oogenblik, waarop de x-stralen bij de vonkruimte komen, beter samenvalt met die waarop de vonk ontstaat en de x-stralen zullen daarop beter inwerken. Dit werd door de

¹ Door deze draden gaan niet de golven van HERTZ, maar de inductiestroom van den inductor van RUHMKORFF. B.

proef bevestigd, de helderheid der vonk nam toe bij de verwijdering der buis. Ook nu werd het bewijs geleverd, dat de uitwerking veroorzaakt is door de x-stralen; want zij verdwijnt als men een kleine looden schijf tegen de aluminiumplaat tusschen de vonkruimte en de buis plaatst. Hieruit blijkt dus, dat de voortplantingssnelheid der x-stralen vergelijkbaar is met die der golven van HERTZ. Met langere draden van 80 cM. werd aangetoond, dat men een maximumwerking der x-stralen verkreeg bij een draadlengte van 53 c.M. tusschen de buis en de vonkruimte. Maakt men de draden α cM. langer, dan komen de x-stralen $\frac{\alpha}{V}$ seconden later bij de vonkruimte, $V \frac{\text{cM.}}{\text{sec.}}$ is de voortplantingssnelheid der golven van HERTZ;¹ om nu de maximumwerking terug te krijgen, kan men de buis dichter bij de vonkruimte plaatsen. Is daarvoor noodig een vermindering in afstand van β cM. en de snelheid der x-stralen $V' \frac{\text{cM.}}{\text{sec.}}$, dan is $\frac{\beta}{V'} = \frac{\alpha}{V}$ zoo-
dat $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{V'}{V}$ wordt.

Talrijke waarnemingen met verschillende waarden van α werden gedaan. De gemiddelde waarden van drie seriën van proeven hebben gegeven $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{V'}{V} = \frac{161.7, 138}{163.5, 139}$ en $\frac{146}{144}$.

Deze quotienten zijn nagenoeg gelijk aan de eenheid, waaruit besloten mag worden, dat $V = V'$.

In de tweede plaats werd een reeks proeven genomen, waarbij niet de draden, die naar de focusbuis leiden, verlengd of verkort werden, maar de draad van den resonator.

De uiteinden van den resonator waren ongeveer 0.3 cM. van elkaar verwijderd. Men soldeerde daaraan twee draden en bevestigde den vonkmicrometer aan het uiteinde daarvan, terwijl men de vonkruimte op denzelfden afstand van de focusbuis liet staan, door de aangehechte draden om te buigen. Door de werking van den excitator op den resonator ontstaat hierin een golf van HERTZ, die een zekere draadlengte moet doorloopen om tot de vonkruimte te komen en een vonk voort te brengen. Heeft men iedere helft van den resonator verlengd met a centimeters, dan ontstaat de vonk $\frac{a}{V}$ sec. later en

¹ Voortplantingssnelheid van den inductiestroom. B.

is het noodig den afstand van de buis tot de vonkengte met b cM. te doen toenemen, zoodat $\frac{b}{V'} = \frac{a}{V}$ om weér de grootste helderheid der vonk te krijgen. Talrijke in de uitkomst overeenstemmende proeven, waarbij men a varieerde tusschen 0 cM. tot 25 cM., gaven $\frac{b}{a} = \frac{V'}{V} = 0.93$. Deze uitkomst stemt voldoende overeen met die der vorige proeven.

BLONDLOT besluit hieruit: »*De voortplantingssnelheid der x-stralen is gelijk aan die van de golven van Hertz of aan die van het licht in de lucht*».

Hieruit volgt onmiddellijk, dat x-stralen moeten naderen tot spectrale stralen. Van de hypothesen, die omtrent hun aard uitgesproken zijn, kunnen twee slechts voldoen; 1^o die, welke ze beschouwt als stralen van zeer kleine golflengte; 2^o die voorgesteld door E. WIECHERT ¹⁾ en door SIR GEORGES STOKES ²⁾ en waarvan BLONDLOT het beginsel aldus weergeeft: »de Röntgenstralen bestaan in een opvolging van onafhankelijke stooten (pulsaties), uitgaande van de punten waar de van de kathode voortgeslingerde moleculen de anti-kathode ontmoeten, en beginnen oogenblikkelijk bij deze ontmoeting. Deze pulsaties zijn transversaal en planten zich in den aether voort als lichttrillingen en met dezelfde snelheid. Hetgeen de Röntgenstralen onderscheidt van spectrale stralen is, dat zij niet in onafgebroken trillingen van den aether bestaan, maar in geïsoleerde, uiterst korte pulsaties.» SIR GEORGES STOKES heeft deze theorie ontwikkeld in een samenkomst van de »Manchester literary en philosophical Society» ³⁾. Hieruit haal ik het volgende aan: »Veronderstellen wij, dat een regen van moleculen op de antikathode valt en dat deze, na eenigen tijd geduurd te hebben, ophoudt. Volgens de inzichten, die ik uitgesproken heb over den aard der Röntgenstralen, beginnen deze te ontstaan terzelfder tijd als de regen van moleculen, gaan voort zich te vormen zoolang deze duurt en houden tegelijk met hem op.» Daar van den anderen kant de kathodestrallen denzelfden duur hebben als de stroom, die door de buis van CROOKES gaat, omdat zij zelve een deel van dien stroom vormen, volgt daaruit, dat de x-stralen moeten uitdooven

¹⁾ Abh. der phys.-oekon. Geselsch. zu Königsberg u. Wied. Ann.; Bd. 59, 1896.

²⁾ Proc. of the Cambridge phil. Soc., t. 9, 1896, p. 215.

³⁾ Memoirs and Proc. of the Manchester lit. and philosophical Society, t. 51, 1897.

zoodra de ontlading in de buis opgehouden is. Maar dat is juist hetgeen ik aangetoond heb."

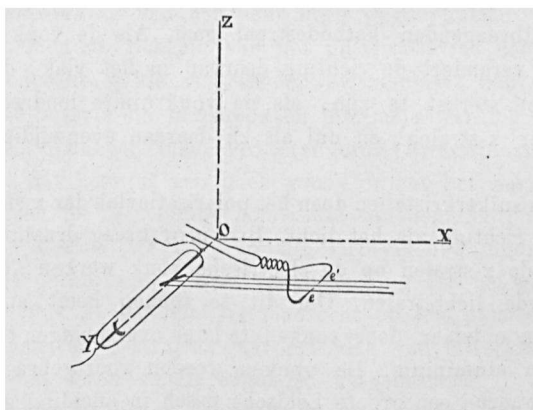
In dezelfde conferentie toont SIR GEORGE STOKES aan, dat zijne hypothese de verklaring geeft van de kenmerkende eigenschappen der x-stralen, het ontbreken van terugkaatsing en breking, etc.

A. SOMMERFELD heeft van deze theorie uitgaande een theorie gegeven van de diffractie der x-stralen, die rekening geeft van de merkwaardige proeven van HAGA en WIND over deze diffractie. ¹⁾

Ook heeft J. THOMSON, uitgaande van deze voorstellingen, zijne denkbeelden ontwikkeld omtrent het wezen der kathodestralen en der Röntgenstralen. ²⁾

BLONDIOT meende te mogen verwachten, dat x-stralen gepolariseerd zijn, omdat aan de voorwaarde van dissymmetrie voldaan is. Elk der x-stralen toch ontstaat uit een kathodestraal, zoodat deze stralen een vlak bepalen, waarin (of loodrecht daarop) de x-straal bijzondere eigenschappen kan hebben. Dat is de dissymmetrie, die voor polarisatie noodig is.

Om het bestaan van deze polarisatie te toonen werd door BLONDIOT de volgende proef genomen. In een gewone focusbuis werden x-stralen opgewekt. Over de draden, die den stroom van den inductor naar de buis voerden, waren korte glazen buizen geschoven, om elk van welke een geleidingsdraad met een lis was geslagen. Deze draden waren om elkaar heen gewonden en liepen uit in punten, die op een kleinen afstand van elkaar gehouden werden. Door electrosta-



¹⁾ Zeitschrift für Math. u. Physik, Bd. 46, 1901, p. 11.

²⁾ Phil. Mag. (5) deel 45, 1898, p. 172.

tische inductie werd bij elke afbreking van den stroom in den inductor een stroom opgewekt in de draden met de lissen, waardoor een kleine vonk gevormd werd tusschen de puntige uiteinden, op hetzelfde oogenblik, waarop de x-stralen door de focusbuis werden uitgezonden. Tusschen deze buis en de vonkruimte werd een blad aluminium van 4 d.M. lengte en breedte geplaatst, om elken directen invloed van de elektroden op de vonk tegen te gaan.

Zij de buis geplaatst in de richting IJO, de spiegel bij O, zoo dat de x-stralen gericht zijn evenwijdig aan OX. De vonkruimte $e e'$ in het vlak IJOX evenwijdig aan IJO. Als de lengte der vonk dan behoorlijk geregeld is, dan ziet men de helderheid daarvan toenemen door de x-stralen. Wordt een plaat van lood of glas op den weg der stralen geplaatst, dan neemt de helderheid der vonk weer af. Draait men nu de vonkruimte om de as OX, dan neemt de werking der x-stralen af en zij wordt nul als de vonkruimte evenwijdig is aan OZ. Derhalve toont de bundel x-stralen dezelfde dissymmetrie als een bundel gepolariseerd licht. Hij heeft, volgens de uitdrukking van NEWTON, kanten die van elkaar verschillen, of anders gezegd hij is *gepolariseerd*. Het verschijnsel is gemakkelijk waar te nemen als de vonk goed geregeld is. Daarvoor moet hij zeer kort en zwak zijn. Als men nu de focusbuis om haar as, die evenwijdig is aan de kathodestralen, doet draaien, veranderen de verschijnselen niet zoolang de x-stralen nog de vonkruimte bereiken.

Het vlak van werking is dus onafhankelijk van de richting der antikathode, het is altijd het vlak, dat door den x-straal en den dezen voortbrengenden kathodestraal gaat. Als de vonk in dat vlak is en men verandert de richting daarvan in het vlak, dan blijkt de werking het sterkst te zijn, als de vonkruimte loodrecht is op de richting der x-stralen, en nul als zij daaraan evenwijdig is of bijna evenwijdig.

Kwarts en suikerkristallen doen het polarisatievlak der x-stralen draaien in dezelfde richting als het licht. BLONDLOT kreeg draaiingen van 40°.

Evenals de x-stralen op de electriche vonk werken, doen dit ook gepolariseerde lichtstralen. Om dit te toonen heeft BLONDLOT deze stralen doen ontstaan door vonken te laten overspringen tusschen twee punten van aluminium. De vonken werden voortgebracht door een inductor, waarbij een groote Leidsche flesch in afleiding geplaatst was. De vonken waren horizontaal. Het licht daarvan viel op een glazen plaat, die evenwijdig was aan de vonken op een afstand van onge-

veer 12 m.M. Na de terugkaatsing zijn de stralen min of meer gepolariseerd naar gelang de hoek van inval min of meer nabij den polarisatiehoek ligt. Men kan aldus de stralen, die horizontaal teruggekaatst zijn, polariseeren of althans gedeeltelijk.

Het vlak van deze geheele of gedeeltelijke polarisatie is verticaal. Men laat deze stralen vallen op de kleine vonk, die op dezelfde wijze verkregen wordt als bij de vorige proef met de x-stralen.

Een scherm belet het licht der bron direct de kleine vonk te bereiken en een zinken schijf van 30 cM. middellijn, alleen doorboord door een gat van 2 cM. diameter om den gepolariseerden stralenbundel door te laten, beschermt de vonk tegen elken electrischen invloed. Om ze te kunnen zien zonder verblind te worden door den gepolariseerden bundel, plaatst men op den weg van dezen stralenbundel een kwartsplaat evenwijdig aan de as, zwak verzilverd, met de as verticaal om de polarisatierichting van het doorgelaten licht te behouden. De zilverlaag laat de zeer breekbare stralen door. Als nu de kleine vonk horizontaal gericht is, dan ziet men, dat zij merkbaar schitterender en witter is, wanneer zij den gepolariseerden bundel ontvangt; want als men dezen door een scherm onderschept, dan ziet men ze dadelijk zwakker en roodachtig worden. Dezelfde uitwerking wordt verkregen door de stralen te onderscheppen met een dikke glazen plaat, die de zeer breekbare stralen niet doorlaat.

Plaatst men de vonk verticaal, dan wordt zij dadelijk zwak en roodachtig en een scherm of glazen plaat oefent daarop geen invloed meer uit. De werking van het licht heeft opgehouden.

Verandert men de richting van het polarisatievlak der lichtstralen door een loodrecht op de as gesneden kwartsplaat, dan draait eveneens het vlak waarin de maximale en minimale werking op de vonk plaats heeft. Wanneer men de verzilverde kwartsplaat zoodanigen stand geeft, dat haar as een hoek van 45° met het horizontale vlak maakt, hetgeen de rechtlijnige polarisatie van den lichtbundel opheft, dan blijft de sterkte der vonk in alle richtingen dezelfde.

Er bestaat derhalve een vlak van inwerking van het gepolariseerde licht op de vonk en dit vlak is loodrecht op het polarisatievlak. In het geval van de x-stralen gaat het vlak van inwerking door den x-straal en den dezen voortbrengenden kathodestraal.

Hieruit meent BLONDLOT een belangrijk gevolg te kunnen trekken, uitgaande van de electromagnetische theorie, zoowel voor het licht als voor de x-stralen. Bij de x-stralen kan de electrische tril-

ling, die voortgebracht is door de kathodestralen, alleen in het vlak van deze liggen, derhalve in het vlak van inwerking.

De analogie wijst aan, dat het ook zoo zijn moet met de lichtstralen en bij gevolg is bij deze de electriche trilling loodrecht op het polarisatievlak, hetgeen overeenstemt met de zienswijze van O. WIENER. Neemt men, in plaats hiervan, de theorie van den elastischen aether aan, dan is de aethertrilling, die voortgebracht wordt door de in beweging verkeerende stof van den kathodestraal, ook nog in het vlak van den x-straal en den hem voortbrengenden kathodestraal, met andere woorden in het vlak van inwerking. Men besluit bij analogie daaruit, dat in een gepolariseerden lichtstraal de trillingen loodrecht op het polarisatievlak zijn, dat is de hypothese van FRESNEL.

Bij een later onderzoek bleek het aan BLONDLOT, dat de door een focusbuis uitgezonden stralen, die door een plaat aluminium of zwart papier gegaan zijn en inwerken op een electriche vonk; een draaiing van het polarisatievlak ondergaan, als men ze door een plaatje mica laat gaan. Door zulk een plaatje krijgt men namelijk elliptische polarisatie. Als men toch een micaplaatje op den weg der stralen plaatst en de as van dit plaatje een hoek van 45° met het polarisatievlak der uitgezonden stralen maakt, dan is de rechtlijnige polarisatie verdwenen; want de werking op de kleine vonk blijft dezelfde hoe de richting daarvan ook is. Een tweede plaatje mica, zoodanig op den weg der stralen geplaatst dat zijn as loodrecht is op die van het eerste plaatje, herstelt de rechtlijnige polarisatie. De stralen worden ook gewoon gebroken. Hij bewees dit door ze te laten gaan door een kwartsprisma, dat ze doet afwijken. Men kan ze ook concentreeren door een lens van kwarts. Door gepolijst glas worden zij gewoon teruggekaatst en door matglas diffuus. Hieruit volgt, dat deze stralen geen x-stralen zijn, want die worden niet gebroken, noch teruggekaatst.

De kleine vonk heeft dus *een nieuwe soort stralen* doen kennen, die door aluminium en zwart papier heen gaan, die gepolariseerd zijn bij de uitstraling, circulair en elliptisch gepolariseerd kunnen worden, maar geen fluorescentie, noch photographische werking veroorzaken.

Onder deze stralen zijn er, wier brekingsaanwijzer nabij 2 is, maar waarschijnlijk geven zij een geheel spectrum; want de door het prisma verkregen stralenbundel schijnt zich over een groote uitgestrektheid uit te breiden. Als men de intensiteit van den stroom zoo gering maakt, dat de focusbuis geen licht meer geeft, dan krijgt

men deze stralen toch nog, maar zwakker. Hieruit is dus gebleken, dat de polarisatie van x-stralen verkeerd gezien was.

BLONDLOT zegt hierbij niets van zijn snelheidsbepaling der x-stralen. Het is echter zeer waarschijnlijk, dat hij bij dat onderzoek met dezelfde stralen te doen had en dat dus door dat onderzoek omtrent de snelheid van x-stralen nog niets gebleken is. Daarmede zou dan ook de steun vervallen zijn, dien hij door zijn onderzoekingen meende gegeven te hebben aan de voorstellingen van WIECHERT en STOKES omtrent den aard der x-stralen. Hij zal het onderzoek omtrent de door hem ontdekte stralen voortzetten.
