

OZON.¹

EEN BESTANDDEEL ONZER DAMPKRINGSLUCHT.

DOOR

Dr. B. VAN DER MEULEN.

Van de stoffen die onzen dampkring samenstellen, is de zuurstof zeker wel de belangrijkste en de meest bekende. Zij is de stof, die het vleesch rotten en het ijzer smelten doet, die de verbranding in onze kachels mogelijk maakt en onderhoudt en eerste voorwaarde is voor het leven van den mensch. — Zien wij het vuur in onze vuurhaarden uitdooven, zoodra de kachellade of de schuif der pijp wordt dichtgeschoven, — het is, omdat de lucht, of liever de zuurstof der lucht, verhinderd wordt de brandstof te bereiken. Dooven de gloeiende kolen uit bij het sluiten onzer doofpotten, waarin ze met huismoederlijke zorg voor den dag van morgen bewaard moeten worden, en bluscht men schoorsteenbranden door den schoorsteen onder of boven af te sluiten met natte karpetkleeden of dekens, — het is wederom omdat de zuurstof daarbij van de gloeiende kolen of van den schoorsteen afgesloten wordt.

Zonder zuurstof geen leven, noch verbranding.

Wie eens op eene scheikundige les of onder het gehoor van een verhandelaar de proeven met zuurstofgas gezien heeft, vergeet niet licht den lichtglans en den gloed, waarmee de verbranding zelfs van de moeilijkst brandbare stoffen plaats vond. Hij zag het ijzer, dat in

¹ C. ENGLER. *Historisch-Kritische Studien über das Ozon*, 1879.

Dr. JOHANN HAMMERSCHMIED. *Das Ozon und seine Wichtigkeit im Haushalte der Natur und des Menschlichen Körpers*, 1873.

Dr. D. HUIZINGA. Eenige onderzoekingen over Ozon; Aoademisch proefschrift 1867. *Wetenschappelijk bijblad van het Album der Natuur*, Jaargangen: 1858, blz. 20; 1859, blz. 14; 1860, blz. 15; 1861, blz. 3, 52 en 59; 1863, blz. 52; 1865, blz. 41; 1868, blz. 18; 1872, blz. 36 en 90; 1873, blz. 29; 1875, blz. 3; 1883, blz. 34.

vochtige lucht en bij gewone temperatuur slechts langzaam roest, in zuivere zuurstof onder een sierlijken regen van schitterende vonken gemakkelijk en snel verbranden, den phosphorus met een verblindend wit licht in een dichten nevel opgaan en de zwavel onder een helder blauwe vlam verdwijnen.

Houden wij in het oog de levendigheid en de snelheid, waarmede de stoffen, die voor verbranding vatbaar zijn, in zuivere zuurstof verbranden, nadat zij eenmaal aangestoken zijn, dan is het niet moeilijk de belangrijke beteekenis na te gaan van het feit, dat in de lucht dit gas met een ander, de stikstof, is vermengd. Op zich zelf niet in staat de verbranding te onderhouden, tempert deze laatste de al te intensieve werking der zuurstof bij de verbrandingsverschijnselen van het dagelijksch leven. Gelijk het water in de spiritus de al te hevige werking van den absoluten alcohol matigt, zoo tempert de stikstof die der zuurstof in de lucht. De ademhalings- en levensverschijnselen van een muis of vogel in zuivere zuurstof hebben bewezen, hoe snel daarbij het proces van verbranding in de weefsels plaats heeft, ten koste van den levensduur van het individu; hoe daarentegen door eenvoudige vermenging der zuurstof met stikstofgas in de juiste verhouding en ten rechten tijde, het aanvankelijk gewijzigde levensproces wederom tot zijn normalen omvang wordt teruggebracht.

Bij de belangrijke rol dan, die de zuurstof vervult in de gewichtigste verschijnselen van het dagelijksch leven en in het leven van mensch en dier, is het niet te verwonderen dat hare ontdekking voor de scheikundige wetenschap is geweest, wat de ontdekking van COPERNICUS voor de sterrekunde, die van HARVEY, met betrekking tot den bloedsomloop der dieren, voor de geneeskundige wetenschap was.

Het onderzoek van LAVOISIER naar de eigenschappen der zuurstof en den waren aard der verbrandingsverschijnselen was de eerste hoeksteen, waarop zich de wetenschap der scheikunde kon ontwikkelen in dien omvang en breedte, waarin zij thans beoefend wordt. In zooverre, maar ook in zooverre alleen had WURTZ recht uit te roepen: "*la chimie est une science française.*"

En wanneer het nu blijkt, dat ozon niets anders is dan een gewijzigde vorm waaronder de zuurstof soms optreedt in de lucht waarin wij leven, — dan erlangt dit element voor ons niet alleen grootere beteekenis, maar krijgt ook deze korte herinnering aan de zuurstof als zoodanig beter zin.

Ofschoon wij thans weten dat ozon niets anders is dan zuurstof in een gewijzigden toestand, waren uitgebreide onderzoekingen noodig, voordat men tot die kennis kwam. Even als in zoovele andere gevallen gaf ook hier een toevallige waarneming den eersten stoot tot de ontdekking dezer stof. Toen n.l. MARTINUS VAN MARUM in 1785 de vonken van een zwaar geladen elektriseermachine liet overspringen door een atmosfeer van zuurstofgas, bemerkte hij daarbij een zeer eigenaardigen reuk, die ook wordt waargenomen op plaatsen, waar de bliksem ingeslagen is. Liet hij de elektrische vonken overspringen door zuurstof, die in een glazen buis door kwik van de buitenlucht was afgesloten, dan zag hij, tegelijk met het optreden van dien eigenaardigen reuk, het kwik roesten en het volume van het gas verminderen. Dat de vermindering van het volume zuurstof hier niet enkel een gevolg was van hare verbinding met kwik, ondervond VAN MARUM reeds door het gas boven water of kalkwater te elektriseeren, — waarbij eveneens een belangrijke volume-vermindering werd waargenomen. Ook al gelukte het hem niet een duidelijke verklaring van dit verschijnsel te geven, toch kan VAN MARUM de eerste genoemd worden, die een verdichting opmerkte bij den overgang van zuurstof tot ozon.

Intusschen danken wij den naam en de nauwkeurige kennis van ozon vooral aan het onvermoeide en streng wetenschappelijk onderzoek van SCHÖNBEIN. Zijne eerste mededeelingen over deze stof dagteekenen van 1839 en 1840, waarin hij bericht dat diezelfde eigenaardige reuk, waarop VAN MARUM in zijne onderzoekingen over electriciteit gewezen had, ook wordt waargenomen bij de ontleding van water door den elektrischen stroom en bij het uitstroomen van wrijvingselektricitet in de gewone, atmosferische lucht. Het sterk riekende gas, — waarvoor hij den naam afleidt van het grieksche woord *ὄζειν*, rieken — kan in glazen vaten gedurende geruimen tijd zonder verandering worden bewaard. Zoodra het echter geschud wordt met stoffen, die zich gemakkelijk met zuurstof verbinden, — o. a. met koolpoeder of ijzer, met zink of kopervijlsel — verliest het gas zijn reuk en daarmede al zijne karakteristieke eigenschappen. Uit zijne eerste mededeelingen blijkt reeds duidelijk, dat SCHÖNBEIN den eigenaardigen ozon-reuk vastknoopt aan een nieuwe gasvormige stof, die aan waterstof gebonden, in geringe hoeveelheid in het water en in de lucht aanwezig is, en in dien verbindingsvorm door electriciteit in zijn beide bestanddeelen wordt ontleed. Toen hem later bleek dat ook bij langzame verbranding

van phosphorus in vochtige lucht ozon ontstond, met dienzelfden eigenaardigen reuk, — kwam hij, vreemd genoeg, tot de conclusie, dat ozon een bestanddeel is van stikstof, die volgens zijne meening uit waterstof en ozon zoude bestaan. Hij schreef:

“Der phosphor, indem er sich mit einem Theil des Sauerstoffs der Atmosphäre zu phosphoriger Säure verbindet, bestimmt durch eine Art von katalytischer Thätigkeit einen anderen Theil des Sauerstoffs, sich mit dem Wasserstoff des Stickstoffs zu vereinigen und das Ozon frei zu machen.” Op overeenkomstige wijze verklaarde hij het ontstaan van ozon bij uitstroomen van electriciteit in de lucht. Intusschen toonden DE LA RIVE EN MARIGNAC aan, dat ozon ook ontstaat bij langzame verbranding van phosphorus in een vochtig mengsel van zuurstof en koolzuur of van zuurstof en waterstof, zonder dat een spoor van stikstof aanwezig is. Het is ongetwijfeld deze waarneming, die het meest heeft bijgedragen dat SCHÖNBEIN zijn hypothese over den aard en het wezen van ozon liet varen, en reeds een jaar na hare afkondiging ozon beschouwde als eene hoogere zuurstofverbinding van waterstof, als waterstofsuroxyd. Tot deze opvatting werd hij gebracht door de meening, dat de aanwezigheid van waterdamp een noodzakelijke en eerste voorwaarde was voor de vorming van ozon. Maar ook deze meening heeft zich niet bevestigd. Toen MARIGNAC EN DE LA RIVE bewezen, dat ozon ook daar ontstaat, waar elektrische vonken door *volkomen droog* zuurstofgas overspringen, hadden zij recht om te besluiten dat deze stof niets anders is dan een gewijzigde vorm van zuurstof. In aanmerking genomen, hoe moeilijk het is om met geheel droge gassen te werken, was het echter niet vreemd, dat SCHÖNBEIN bleef veronderstellen, dat kleine sporen van waterdamp ook in het onderzoek van MARIGNAC EN DE LA RIVE aanwezig moeten geweest zijn. Ruim tien jaren lang bleef hij zijn eenmaal ingenomen standpunt handhaven, totdat het meest nauwkeurig onderzoek hem overtuigde, dat voor de vorming van ozon de tegenwoordigheid van water inderdaad geen vereischte is. Kon dus ook SCHÖNBEIN's tweede hypothese omtrent het wezen van ozon niet gehandhaafd blijven, hem danken wij, dat de beschouwingen over ozon tot steeds eenvoudiger verhoudingen werden teruggebracht. Hij was het, die aantoonde dat zoowel bij ontleding van water door den elektrischen stroom, als bij het elektriseeren van lucht en langzame verbranding van phosphorus, hetzelfde gas, ozon, ontstaat, dat nooit identisch genoemd mocht worden met salpeterigzuur of salpeterzuur.

En ook nadat SCHÖNBEIN zijn lang gehandhaafd standpunt verlaten had en in ozon een gewijzigden (allotropischen) toestand van zuurstof had erkend, — was hij het wederom, wiens voortgezet onderzoek telkens nieuwe gezichtspunten aanwees. De eerste vraag, die zich daarbij aan hem opwierp, was deze: in welk opzicht het ozon van gewone zuurstof verschilt. Hoe eenvoudig schijnbaar van inhoud, — toch moest een breede reeks van proefnemingen voorafgaan, om op deze vraag een duidelijk en zeker antwoord te geven. Moeilijk vooral werd hare beantwoording, toen SCHÖNBEIN zelf daaraan vastknoopte het vermoedelijk bestaan van een tweeden ozontoestand, dien hij onderscheidde met den naam van *antozon*.

De eerste aanleiding tot dit vermoeden gaf de waarneming, dat onderscheidene hoogere zuurstofverbindingen (superoxyden) van metalen, o. a. van lood, zilver en waterstof, een deel van hun zuurstof in actieven (ozonaardigen) toestand bevat, en dit deel gemakkelijk verliezen en overdragen op andere stoffen. In de tweede plaats: dat bij inwerking van ozon of van die hoogere oxyden van zilver of van lood op waterstofsulphoxyd, gewone zuurstof ontstaat. Deze laatste waarneming achtte SCHÖNBEIN blijkbaar van veel belang; zij voerde hem, in verband met de eerste, tot de veronderstelling, dat de superoxyden van zilver en lood de actieve zuurstof in een anderen toestand bevatten dan waterstofsulphoxyd. M. a. w. dat die verschillende superoxyden de actieve zuurstof in twee onderscheidene toestanden (modificaties) kunnen bevatten, die zich als plus $[+]$ en minus $[-]$ tot elkander verhouden of als positief- en negatief-actieve zuurstof. Terwijl hij de negatief-actieve zuurstof ozon $[-]$ en de positief-actieve zuurstof antozon $[+]$ noemt, worden de zuurstofverbindingen, die de eerste modificatie bevatten, *ozoniden*, — de verbindingen met de laatste zuurstofmodificatie, *antozoniden* genoemd. Hij beschreef de respectieve eigenschappen van beiden ¹ en verklaarde het ontstaan van gewone zuurstof bij hunne inwerking op elkander, eenvoudig hieruit, dat de tegengestelde zuurstofmodificaties vrijkomen en zich onderling vereenigen onder neutra-

¹ In zijne mededeeling over ozon en antozon bericht SCHÖNBEIN dat antozon een nog geringere dichtheid heeft dan waterstof, vloeibaar wordt bij 150 atm. drukking en zich in de chemisch werkzame stralen van het spectrum met ozon onder geweldige ontplofing verbindt. En terwijl een negatief elektrische vonk de vereeniging wel tot stand brengt, zou dit voor de positief elektrische vonk niet mogelijk zijn. Zie *Bijblad* 1865, blz. 41. Deze waarnemingen hebben zich intusschen later niet bevestigd.

lisatie hunner karakteristieke en afwijkende eigenschappen. Geheel in aansluiting met deze hypothese van SCHÖNBEIN beschouwde CLAUSIUS het molecule zuurstof als een groep van twee atomen zuurstof van tegenovergesteld elektrischen toestand. Onder bepaalde omstandigheden, als bij langzame oxydatie van phosphorus of bij langzame verbrandingsverschijnselen in het algemeen, — houdt hij het voor mogelijk, dat zich enkele atomen van de overige losmaken uit het molecule en als vrije atomen “umherfliegen”. Deze vrije zuurstofatomen vormen volgens CLAUSIUS het ozon of antozon, al naar den aard van den elektrischen toestand waarin zij verkeerden.

Mocht ook al in deze uitspraak van een autoriteit als CLAUSIUS een krachtige steun liggen opgesloten voor het vermoedelijk bestaan van twee modificaties van actieve zuurstof, — vreemd genoeg, gelukte het niemand, zelfs SCHÖNBEIN niet, het antozon in vrijen toestand af te scheiden. Zelfs de antozoniden, als waterstofsuperoxyd, waaruit een deel der zuurstof gemakkelijk vrijgemaakt kan worden, — leverden ozon in plaats van antozon. En ook al meende SCHÖNBEIN zich uit deze moeilijkheid te redden door de bewering, dat het antozon zich in ozon omzet op het oogenblik, dat het uit zijn verbindingen vrijkomt, — het feit, dat niemand het antozon als zoodanig kende, bleef een belangrijke grond om aan het bestaan daarvan te twijfelen.

Dat het intusschen niet aan onderzoekingen ontbrak, om deze zeer groote leemte in SCHÖNBEIN's hypothese aan te vullen, ligt voor de hand. Een der belangrijkste is wel die van MEISNER, die meende het antozon daaraan herkend te hebben dat het, door water gevoerd, met den waterdamp een duidelijken nevel vormde. Bij ieder verbrandingsverschijnsel wordt volgens hem de gewone zuurstof in ozon en antozon gesplitst, waarbij het ozon zich met de verbrandbare stof verbindt, terwijl het antozon met den voorhanden waterdamp nevels vormt. MEISNER stond zoo vast in het geloof daaraan, dat hij de sterke rookvorming bij verbranding onzer gewone brandstoffen, en zelfs het ontstaan der wolken in de atmosfeer, verklaart uit de verhouding van antozon tot waterdamp.

Echter bleek al spoedig, dat het zoogenaamde antozon slechts daar ontstaat, waar ozon in tegenwoordigheid van water verloren gaat, zoodat het vermoeden niet ver lag, dat het hypothetische antozon van SCHÖNBEIN niets anders was dan waterstofperoxyd, dat gevormd was door verbinding van water met de zuurstof van ozon. Inderdaad gelukte

het dan ook, uit zuurstofgas dat, volgens het onderzoek van MEISNER, antozon bevatten moest, door zeer sterke afkoeling een vloeistof aangeslagen te zien, die zeer duidelijke aanwijzing op waterstofperoxyd gaf.

Aan deze waarneming van ENGLER en NASSE sluit zich nauw een onderzoek van VON BABO, die bewees dat het ozon, dat gevormd wordt bij het elektriseeren van zuurstof met positieve elektriciteit, in niets verschilt van dat hetwelk ontstaat uit negatief geëlektriseerde zuurstof. Toch ware het te verwachten, dat bij deze proeven de zuurstof als + geëlektriseerde zuurstof de eigenschappen van antozon, als — elektrische zuurstof die van ozon vertoonen zou. Nadat nu eindelijk nog bewezen was dat de veronderstelde ozoniden en antozoniden, ook in de oxydatie- (verbrandings-) verschijnselen, waartoe zij de zuurstof leveren, — niet wezenlijk onderscheiden zijn, kon ook deze strijd in hoofdzaak als geëindigd worden beschouwd en SCHÖNBEIN's tweede hypothese mede als gevallen.

Men ziet het, SCHÖNBEIN was in het stellen zijner hypothesen niet gelukkig. Toch mag hem niet de roem onthouden worden, dat hij juist door zijne hypothesen telkens nieuwe gezichtspunten aanwees, die tot nieuw en steeds uitgebreider onderzoek prikkelden. Onvermoeid en nauwkeurig waarnemer als hij was, wees hij den weg en de richting aan, waarin zich dat onderzoek had te bewegen, en nam daaraan zelf het ijverigst en met het meest gelukkig gevolg deel.

Nadat nu ook de hypothese van ozon en antozon gevallen was, bleef nog altijd ter beantwoording over de vraag: waardoor onderscheidt zich het ozon van gewone zuurstof?

Wat de oplossing dezer vraag wel het meest in den weg stond, was het feit, dat het onmogelijk bleek dit gas in zuiveren toestand te bereiden, vrij van de gewone zuurstof, waaruit het werd verkregen. Hoe ook de methoden van bereiding gewijzigd worden, — nog altijd zoekt men te vergeefs naar een methode, waardoor het mogelijk is een bepaald volume zuurstof *geheel* in ozon om te zetten.

De eerste echter, die onafhankelijk van dit bezwaar, een beschouwing over de constitutie van ozon leverde, welke der waarheid het meest nabij kwam, was wederom CLAUSIUS. Ofschoon hij nog vasthoudt aan het bestaan van ozon en antozon, beschouwt hij beide modificaties als losse verbindingen van positief of negatief elektrische zuurstofatomen met moleculen van gewone zuurstof. Dat deze opvatting met die van onzen tijd zeer na overeenkomt, blijkt wel hieruit dat ook

thans het molecuul ozon beschouwd wordt te bestaan uit drie, — het molecuul gewone zuurstof uit slechts twee atomen van dit element.

Van dit standpunt uit, moet dus ozon teruggebracht worden tot een toestand van verdichting van gewone zuurstof, — eene opvatting, waartoe men onwillekeurig geleid wordt, zoo dikwijls men bij ozoniseering van gewone zuurstof eene vermindering van het volume ziet intreden. Zeer terecht dan ook begrepen ANDREWS en TAIT dat aan de oplossing van de vraag naar de constitutie van ozon, moest voorafgaan een onderzoek naar het bedrag der verdichting bij ozoniseering van zuurstof. Met dat doel werd een zeker volume zuurstof door middel van stille elektrische ontladingen geëlektriseerd, — en nadat nu in een deel van dit volume de hoeveelheid ozon bepaald werd, werd in een gelijk deel het ozon door verhitting tot gewone zuurstof teruggebracht en de vermeerdering van volume nauwkeurig bepaald. Worden de fouten geëlimineerd, die zij in hunne berekening maakten, dan stemt het resultaat van hun onderzoek vrij wel met de later verkregen uitkomsten overeen. Vreemd echter is, dat zij in dat onderzoek aanleiding konden vinden, ozon geen modificatie van zuurstof te noemen, maar te beschouwen als een samengesteld gas. Terwijl deze meening van verschillende kanten bestreden werd, beschouwde SONET, op den grondslag van het volgend onderzoek, het ozon het eerst als zuurstof, die tot $\frac{2}{3}$ deel van haar oorspronkelijk volume verdicht is. Een bepaald volume ozonhoudende zuurstof, door elektrolyse verkregen, verdeelt hij in twee gelijke deelen, vernietigt in de eene helft daarvan het ozon door middel van een galvanisch verhitten (gloeienden) platinadraad en schudt de andere helft ozonhoudende zuurstof met terpentijnolie, waardoor ozon geheel wordt opgeslorpt.

Terwijl dus uit de vermindering van volume, die in het laatste geval optreedt, het volume ozon kon worden afgeleid, wees de vermeerdering van volume bij de reductie van ozon tot gewone zuurstof onder den invloed van den gloeienden platinadraad, het bedrag der uitzetting aan bij den overgang van een even groot volume ozon tot gewone zuurstof. Werden bv. uit 30 cm.³ ozonhoudende zuurstof, 2 cm.³ ozon door terpentijnolie opgeslorpt, dan nam het volume van de nog overige 30 cm.³ dierzelfde zuurstof, na verhitting door een gloeienden platinadraad met 1 cm.³ toe. M. a. w. wanneer 2 cm.³ ozon door verhitting worden omgezet tot gewone zuurstof, vormen zich 3 cm.³ van deze laatste. Of omgekeerd, waar gewone zuurstof tot ozon omgezet wordt, daar zal

een verdichting moeten plaats vinden in de verhouding van 3 vol. : 2 vol. Deze waarneming werd later nog door SORET bevestigd, bij bepaling van de diffusie-snelheid van ozon in verhouding tot die van chloor, waarbij de dichtheid van ozon ≈ 1.658 (dichtheid van zuurstof ≈ 1) gevonden werd, en het molecuul ozon uit 3 atomen zuurstof bleek samengesteld te zijn. In overeenstemming met deze opvatting werd door WELTZIEN geconstateerd, dat de ozonvorming bij *die* reacties het gemakkelijkst plaats vindt, waar drie atomen zuurstof vrijkomen, — zooals bij de omzetting van chroomzuur door zwavelzuur enz. En THAU vond, dat bij verbrandingsprocessen zich voornamelijk dan ozon vormt, wanneer waterstof mede verbrandt, — daarentegen niet, waar koolstof verbrandt. Hij verklaart dit door het feit, dat 1 atoom koolstof voor hare verbranding tot koolzuur een geheel molecuul zuurstof behoeft, terwijl 2 atomen waterstof slechts 1 atoom zuurstof nodig hebben voor de vorming van 1 mol. water. Nadat ook nog BRODIE de juistheid van SORET's opvatting omtrent de constitutie van ozon proefondervindelijk had bewezen, kan dit vraagpunt tegenwoordig als opgelost worden beschouwd en wel in dien zin dat ozon is: verdichte zuurstof, welke op 1 mol. bestaat uit 3 atomen. Wat de wijze betreft, waarop de atomen in het molecuul tezamenhangen, — daarover zijn de meeningen nog verdeeld. Terwijl men aanvankelijk meende dat de atomen ringvormig samenhangen, volgens het schema $\begin{smallmatrix} & \text{O} & \\ & \diagup \quad \diagdown & \\ \text{O} & & \text{O} \end{smallmatrix}$, schijnt het thermochemisch onderzoek er op te wijzen, dat de zuurstofatomen tot opene ketens verbonden zijn, volgens: O-O-O.

Intusschen mogen wij niet verder gaan in de onderzoekingen betreffende dit punt. Het aangevoerde moge voldoende zijn om te doen zien, hoe men stap voor stap is doorgedrongen tot de kennis van het ozon en welken gang het onderzoek daarbij gevolgd heeft.

Voor het overige wenschen wij ons te bepalen tot de vermelding zijner belangrijkste eigenschappen, zijn voorkomen in de natuur, en de toepassingen die het vindt.

Ofschoon volgens SCHÖNBEIN ozon ontstaat bij iedere opslorping en verdichting van zuurstof door fijnverdeelde metalen, schijnt het aan twijfel onderhevig of inderdaad bij iedere verdichting van zuurstof noodzakelijk ozon ontstaat; uit het onderzoek van PICTET en CAILLETET met vlocibare zuurstof, is althans niet gebleken dat bij vervluchting der

vloeistof, ozon gevormd wordt. Uit een verdichting van moleculen heeft nog niet noodwendig te volgen een verplaatsing of andere groepeerings van atomen in het molecuul. Daarentegen vormt zich altijd ozon, waar elektriciteit, hetzij positieve of negatieve E., uitstroomt in zuurstofgas of zuurstofhoudende gasmengsels, — en de ervaring leert, dat de ozonvorming des te krachtiger plaats heeft, naarmate de El. ont-ladingen stiller d. i. zonder slagen of vonken plaats hebben. Vreemd is het, dat het alleen gelukt de geheele hoeveelheid zuurstof te ozoniseeren, wanneer achtereenvolgens het gevormde ozon wordt afgevoerd. Heeft dit niet plaats, dan schijnt het ozon weer in gewone zuurstof te worden omgezet, zoodra de hoeveelheid ozon een bepaalde grens bereikt. Een dergelijk verschijnsel wordt trouwens opgemerkt bij de vorming van ammoniak uit stikstof en waterstof langs elektrischen weg. Ook is gebleken dat de ozonisatie aan de negatieve pool krachtiger is dan aan de positieve, dat zij toeneemt met de sterkte der El. lading, en afneemt met den afstand der elektroden.

In de tweede plaats heeft het onderzoek geleerd, dat ozon ontstaat bij verdamping van water of van zoutoplossingen. De waarneming echter dat de ozonvorming toeneemt met de sterkte der zoutoplossing, geeft recht tot de veronderstelling, dat deze wijze van ontstaan tot elektriciteitswerking teruggebracht moet worden en tot een verschijnsel van wrijvingselectriciteit in het bijzonder. Zooveel is zeker dat de zeelucht na storm en eveneens de lucht boven gradeerwerken vrij aanzienlijke hoeveelheden ozon bevatten kan tengevolge van de verdamping.

Ook ontstaat ozon vrij algemeen bij die scheikundige processen, waarbij zuurstof wordt afgescheiden, hetzij onder den invloed van den elektrischen stroom (elektrolyse van water) of van zuren.

In hoever bij de afscheiding (uitademing) van zuurstof door de planten, ozon gevormd wordt, schijnt onbeslist te zijn. Ofschoon LUCA beweert dat de atmospherische lucht, die uit een plantenkas over kalium geleid wordt, salpeterzuur vormt en *ozonhoudend* is, is deze meening door anderen — en daaronder Prof. G. J. MULDER en Prof. D. HUIZINGA — bestreden. Houdt men in het oog de gunstige voorwaarden die voor oxydatieprocessen in het bladweefsel bestaan op het oogenblik van zuurstofvorming, dan schijnt een afscheiding van ozon in en door dat weefsel niet zeer waarschijnlijk.

Meer zekerheid bestaat, waar het de vorming van ozon betreft door langzame verbranding van phosphorus in vochtige lucht. Heeft die lang-

zame oxydatie in atmosferische lucht plaats, dan schijnen tegelijk met het ozon kleine hoeveelheden salpeterigzuur gevormd te worden. Vreemder is het, dat de ozonisatie in zuivere zuurstof alleen dan is opgemerkt, wanneer de drukking van het gas met behulp van een luchtpomp tot minder dan één atmosfeer drukking is teruggebracht. Heeft men de grens van drukking bereikt, waarbij de ozonvorming plaats grijpt, dan gaat deze voort, ook wanneer men een gas als waterstof of stikstof, dat indifferent is ten opzichte van phosphorus, tot de zuurstof laat toestroomen, zoolang totdat de drukking van het gasmengsel weer één atmosfeer geworden is. Eerste voorwaarde voor het ontstaan van ozon door langzame verbranding schijnt dus wel te zijn dat de zuurstof als zoodanig staat onder een drukking van minder dan één atmosfeer. Met het verschijnsel van het lichten van den phosphorus, dat dan intreedt, wordt tegelijkertijd de ozonvorming waargenomen. Intusschen is deze behalve voor phosphorus nog voor onderscheidene andere stoffen in een toestand van langzame verbranding opgemerkt. Zoo o. a. voor aether, alcohol, bitteramandelolie, citroenolie, lijnolie, voor terpentijnolie en die metalen, welke aan de lucht roesten.

Bij al deze verschillende omstandigheden, waaronder ozon ontstaat, voegt zich eindelijk nog deze dat, — zooals reeds vroeger opgemerkt is, — ozonvorming plaats heeft bij snelle verbranding van die stoffen, welke waterstof bevatten, zooals lichtgas, petroleum, onze gewone brandstoffen enz.

Dat het ons bij zoo vele verschillende omstandigheden, waaronder ozon gevormd wordt, niet aan middelen ontbreekt om haar tot bepaalde doeleinden te bereiden, ligt voor de hand. Onderscheidene methoden zijn dan ook voorgeslagen voor eene bereiding in het groot, waar men het ozon in de techniek meende te kunnen toepassen. Een der meest gebruikelijke methoden is wel die, welke berust op de langzame oxydatie van phosphorus, — waarbij de lucht vóór hare aanraking met den phosphorus zoolang door azijnzuur wordt geleid, totdat zij met de dampen daarvan geheel verzadigd is. Wil men intusschen het aanvankelijk gevormde ozon niet weer vernietigd zien, dan is het noodig het eenmaal gevormde ozon zoo spoedig mogelijk aan den invloed van phosphorus te onttrekken. Niet zoodra toch is de zuurstof aan de geozoniseerde lucht onttrokken, of de phosphorus oxydeert zich ten koste van het ozon. Daaruit laat zich verklaren dat geen ozon gevormd wordt, indien men lucht leidt over phosphorus die over lange glazen buizen is uitgespreid.

Naast deze methode van ozonbereiding, maakt men met voordeel gebruik van elektriciteit. Is het te doen meer om een zuiver dan geconcentreerd gas, dan bereidt men dit door de ontleding van water door den elektrischen stroom; waar men een sterk ozonhoudend gas verlangt, daar past men toe de ozoniseerende werking van stille elektrische ontladingen in zuurstof of lucht.

Van de verschillende toestellen, die meer of minder tot dit doel gebruikt kunnen worden, behooren wel tot de meest eenvoudige die, waarin de zuurstof door een nauw kanaal van glazen buizen stroomt, wier binnen- en buitenoppervlakte met bladtin bekleed of door de oplossing van een metaalzout omspoeld zijn, dat de elektriciteit goed geleidt. Hetzij dat de tegenovergestelde pooldraden eener krachtig werkende elektrische batterij met de bladtinbekleedsels of met de oplossing van het goed geleidend metaalzout in aanraking worden gebracht, — in beide gevallen heeft, door het kanaal heen, waardoor de zuurstof geleid wordt, een stille ontlading plaats, tengevolge waarvan de zuurstof geozoniseerd wordt. Welken belangrijken invloed intusschen de temperatuur op de ozonvorming uitoefent, moge hieruit blijken, dat de hoeveelheden ozon bij de temp.: 100° , 20° , 0° en -23° tot elkander staan als de getallen: 0, 10, 15 en 21.

Naast deze meest gebruikelijke methoden ter bereiding van ozon, is ten behoeve van technische doeleinden in de laatste jaren nog aanbevolen eene methode, die berust op het inblazen van zuurstof of van lucht in brandend lichtgas.

De meeste toepassingen die het ozon ook in de techniek vindt, zijn gegrond op zijn sterk oxydeerend en bleekend vermogen. Veertig maal sterker werkend dan het chloor, bleekt ozon veel sneller dan dit de sterkste kleuren: indigoblauw, lakmoes, cochenille en de meest intensieve anilinkleuren. Terwijl het alcohol omzet tot aldehyd en azijnzuur, ontploft het bij vermenging met olieformend gas¹. Zilver zwart kleurende door oxydatie tot zilveroxyd, werkt het slechts weinig op kwikzilver in, ontnemt daaraan zijn glans en doet het aan de glaswanden aankleven.

Daarentegen grijpt het organische stoffen zeer krachtig aan, en het is deze eigenschap vooral, die het werken met ozon zeer moeilijk maakt

¹ Hoofbestanddeel van het lichtgas.

en ons noodzaakt, hout, papier of kwik en caoutchouc zooveel mogelijk te vermijden in de toestellen, waarin men zuurstof ozoniseeren wil. Gewone schrijfkinkt verdwijnt in ozon, doch de daarmee gebleekte letters worden na eenigen tijd weer geel.

Kleurloos, maar van een eigenaardig sterken reuk, is het nog niet gelukt ozon als zoodanig tot een vloeistof te verdichten¹, noch bij -100° onder gewone dampkringsdrukking, noch bij -40° onder een drukking van $3\frac{1}{2}$ atmosfeer. Tot 270° verhit, verandert het in gewone zuurstof, met verlies van den reuk. Intusschen verdwijnt deze ook reeds bij schudden in flesschen met glasscherven of bij doorvoering door lange buizen. Niet onwaarschijnlijk wordt hier het ozon vernietigd door de organische stoffes, waarmee de binnenwanden eener buis allicht verontreinigd zijn.

Bij lage temperatuur in water oplosbaar, neemt de oplosbaarheid bij verwarming sterk af; herhaaldelijk door water geleid of lang met water in gesloten flesschen bewaard, gaat ozon in gewone zuurstof over, onder gelijktijdige vorming van een hooger oxyd van water ($\text{H}_2\text{O}_2 = \text{waterstofperoxyd}$). Ongetwijfeld moet een dergelijke werking van ozon op den waterdamp der atmosfeer als een der belangrijkste bronnen beschouwd worden voor het waterstofperoxyd, dat met het ozon zoo dikwijls in de lucht wordt aangetroffen.

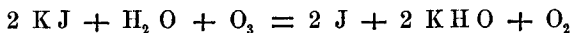
Veel sterker dan door water wordt het ozon opgeslorpt door een oplossing van oxalzuur, waarin het lang onveranderd bewaard kan worden.

Van de vele eigenschappen, waarvan men met meer of minder voordeel gebruik maken kan ter opsporing van ozon in de lucht of andere gassen, komen het eerst die in aanmerking, welke op haar ontkleurend en oxydeerend vermogen berusten. Waar men met eenigszins groote hoeveelheden ozon werken kan, wordt vrij algemeen guajakinctuur gebruikt, dat door ozon eerst blauw gekleurd, eindelijk geheel ontkleurd wordt. 't Is duidelijk echter, dat deze reactie alleen toepassing

¹ Intusschen schijnen HAUTEFEUILLE en CHAPPUIS uit hunne onderzoeken te mogen afleiden, dat het ozon zoowel als gas als in den tot een vloeistof verdichten toestand blauw is. Zelfs is door CHAPPUIS het absorptiespectrum van ozon bestudeerd en konden door hem reeds elf absorptiestrepen en banden daarin waargenomen en nauwkeurig beschreven worden. Nader onderzoek zal nog moeten bewijzen, in hoever de blauwe kleur des hemels toegeschreven zal moeten worden aan de eigenaardige kleur van het in de lucht aanwezige ozongas. Voor het tegenwoordige schijnt ons dit veel meer vermoed dan wel bewezen. Zie *Bijblad* 1883, blz. 34.

vinden kan, indien chloor — dat ook bleekend op guajak inwerkt — afwezig is. Waar ozon in zeer kleine hoeveelheden opgespoord moet worden, daar maakt men bij voorkeur gebruik van haar verhouding tot joodkalium. HOUZEAU bediende zich daarbij van filtreerpapier, dat voor de eene helft met eene neutrale lakmoesoplossing en voor de andere helft gedrenkt is met een dito lakmoesvocht, waaraan nog een weinig joodkalium toegevoegd is.

Bij de ontleding van deze verbinding bij aanwezigheid van water, komt nevens jodium nog kaliumhydroxyd vrij, dat het lakmoesvocht duidelijk blauw kleurt in een tint, die duidelijk onderscheiden is van die van neutraal lakmoesvocht.



Joodkalium + water + ozon = Jodium + kaliumhydroxyd + zuurstof.

Eerste voorwaarden voor een nauwkeurige bepaling van het ozongehalte der lucht, zijn: dat het filtreerpapier en het joodkalium voor deze proeven, zoo zuiver mogelijk zijn; dat het papier voor regen, sneeuw en zonlicht en voor al die gassen beschut is, die op ozon als zoodanig inwerken en dit kunnen omzetten tot gewone zuurstof. Daarenvens moet de lucht ongehinderd, dat is in vrije luchtstrooming het papier kunnen bereiken. Ofschoon vochtige lucht de reactie van ozon op joodkalium-lakmoespapier bevordert, kan een te groote vochtigheidstoestand aan een nauwkeurige ozonbepaling schaden.

Het zijn vooral HOUZEAU, FOX, en hier te lande Prof. HUIZINGA, die het eerst op deze en andere schadelijke invloeden gewezen en daarmede de mindere betrouwbaarheid van vroegere ozonbepalingen aangetoond hebben. Hebben de latere bepalingen dus boven die van vroegere jaren reeds voor, dat de voornaamste fouten van waarneming vermeden zijn, — zij overtreffen deze ook nog verre in de gevoeligheid der methode, die bij de laatste onderzoekingen gevolgd is. Hoe ver deze reikt, moge vooral hieruit blijken, dat nog 0.0002—0.0003 milligram ozon duidelijk kan worden opgespoord. 't Kan hier niet de plaats zijn, die methoden in bijzonderheden te omschrijven, het moge voldoende zijn op te merken, dat de gewichtshoeveelheid ozon wordt afgeleid uit de intensiteit der tinten, die het joodkalium-lakmoespapier aanneemt, vergeleken met staalkaarten van dito papier, waarop verschillende tinten afgedrukt zijn, bij inwerking van bepaalde en bekende gewichtshoeveelheden ozon.

Wat aangaat het voorkomen van ozon ¹ in onzen dampkring, uit de onderscheidene voorwaarden, waaraan voor zijne vorming in de natuur voldaan is, mag worden afgeleid dat het een bijna nooit ontbrekend bestanddeel onzer atmosfeer is.

Een der vroegst bekende bronnen van het atmospherisch ozon is de invloed van den bliksem. Wij wezen er op, dat SCHÖNBEIN reeds bij de ontdekking van ozon, den eigenaardigen reuk, dien men waarnemen kan in de nabijheid van plaatsen, waar de bliksem ingeslagen is, aan ozon toeschreef. Zelf had hij gelegenheid na het inslaan van den bliksem, zich van de identiteit van den daarbij optredenden reuk met dien van ozon te overtuigen. Ofschoon nu ook van andere zijden deze waarneming is bevestigd, bestrijdt HOUZEAU SCHÖNBEIN's bewering, en is van meening, dat die eigenaardige reuk, die bij bliksemslagen waargenomen wordt, veel meer toebehoort aan het daarbij gevormde sapeterigzuur en salpeterzuur, dan aan ozon. Hij grondt zich daarbij vooral op de ervaring, dat bij het doorslaan van elektrische vonken door een zuurstofhoudende atmosfeer in opzettelijk daartoe genomen proeven, weinig of geen ozon gevormd wordt. Maar ook deze waarneming is bestreden door anderen, die duidelijk het ontstaan van ozon onder den invloed van elektrische vonken meenen te hebben bewezen. Wat hiervan dan ook zij, zeker is het, dat tijdens, maar vooral na onweders (zie later) de lucht meer dan gewone hoeveelheden ozon bevat. Houdt men daarbij in het oog, dat stille elektrische ontladingen een krachtiger bron voor ozonvorming zijn dan de elektrische vonk, en dat die stille ontladingen ook in den dampkring mogelijk zijn, wanneer de ongelijknamige elektriciteiten van wolk en aarde door de lucht heen langzaam samenvloeien en zich vereenigen, — dan is het zeer waarschijnlijk, dat, meer nog dan door de bliksemvonk, de ozonvorming in de atmosfeer door stille elektrische ontladingen bevorderd wordt.

Waar het overigens de andere bronnen voor het ozon van onzen dampkring geldt, kan verwezen worden naar bladz. 106, waar de verschillende vormingswijzen van ozon uitvoerig zijn besproken. Daaruit is gebleken

¹ Ofschoon door Prof. SCHRÖTTER het voorkomen van ozon in het mineraalrijk geconstateerd is, zoo o. a. in een soort van vloeispaath, dat bij bekrassing een eigenaardigen ozon-reuk ontwikkelde en waaruit het gas zelfs kon worden afgescheiden, hebben latere mededeelingen de bewering van SCHRÖTTER niet bevestigd. Zie *Bijblad* 1861, blz. 52.

dat zoowel de talrijke verschijnselen van verdamping die aan de aardoppervlakte plaats vinden, als de onderscheidene verbrandingsprocessen van het dagelijksch leven, even zoovele bronnen genoemd kunnen worden voor het ozon onzer atmosfeer. Intusschen mag uit den zeer ongelijken omvang, waarin al deze verschijnselen op verschillende tijden en plaatsen gebeuren, afgeleid worden, dat het ozongehalte der lucht aan belangrijke schommelingen onderhevig en van plaatselijke zoowel als klimatische of meteorologische invloeden afhankelijk is.

Raadplegen wij de volgende tabel, door HOUZEAU opgesteld, als resultaat van zijne onderzoekingen naar het ozongehalte der lucht in verschillende jaargetijden, gedurende tien achtereenvolgende jaren (1861—1870):

Dagen met duidelijk ozongehalte.		
December	3.6	} totaal voor de wintermaanden . . 12.6.
Januari	3.6	
Februari	5.4	
Maart	11.7	} " " " voorjaarsmaanden 40.5.
April	12.8	
Mei	16.0	
Juni	15.9	} " " " zomermaanden . . 37.4.
Juli	12.2	
Augustus	9.3	
September	8.1	} " " " herfstmaanden . . 19.3.
October	6.3	
November	4.9	

Blijkt uit deze opgaven duidelijk, dat het grootste aantal ozondagen in de lente valt, bovendien wijst de tabel de maand Mei aan als de maand, die het rijkst is aan atmospherisch ozon. Dit werd voor al de jaren van het tienjarig onderzoek van HOUZEAU bevestigd gevonden. Gedurende het geheele tijdperk van 1861—1870 werden door hem voor Mei in het geheel 160 dagen met sterke ozonreactie aangeteekend; voor 10 Junimaanden 159 als maxima voor de verschillende maanden van het jaar; slechts 36 ozondagen als minima voor de maanden Januari en December. Ook in een onderzoek van FOX naar het ozongehalte der lucht in de verschillende maanden op onderscheidene plaatsen, vielen de meeste maxima in het voorjaar; de meeste minima in den herfst. Minder eenstemmig dan omtrent de verdeling van ozon over de verschillende jaargetijden, luiden de gevoelens waar het betreft de

afwijkingen in de hoeveelheid ozon bij *dag* en bij *nacht*. Ofschoon de meesten, die zich met waarnemingen omtrent dit punt bezig gehouden hebben, van meening zijn, dat de lucht 's nachts meer ozon bevat dan des daags, leidt HOUZEAU's onderzoek tot een juist tegenovergesteld resultaat, terwijl KOSMANN vindt, dat de lucht in steden alléén 's nachts, — in het open veld daarentegen *daags* het meeste ozon bevat. Nadere onderzoekingen zullen nog moeten volgen, alvorens dit punt voldoende opgehelderd heeten mag. Eveneens zal nog een nauwkeuriger onderzoek moeten aanwijzen, in hoever het ozongehalte der lucht rechtstreeks afhankelijk is van haar elektrischen toestand. Dat ook daaromtrent nog zoo weinig met zekerheid te zeggen valt, moet voornamelijk hieruit verklaard worden, dat een onderzoek naar den invloed van den elektrischen toestand der lucht zoo moeilijk los te maken is van de invloeden, die de temperatuur, de vochtigheidstoestand der lucht, de jaargetijden, dag en nacht enz. uitoefenen op het ozongehalte der atmosfeer. Dit schijnt te veel uit het oog verloren bij vroegere bepalingen, en daarom dan ook zijn de waarnemingen van HOUZEAU omtrent dit punt het meest betrouwbaar. HOUZEAU vond, dat de hoeveelheid ozon aanmerkelijk toeneemt gedurende het onweer, maar over het algemeen den eersten dag daarna nog grooter is dan op den dag van het onweer zelf, en nog eenige dagen later vrij aanzienlijk blijft. Intusschen staan tegenover deze waarnemingen weer die van FOX en anderen, volgens welke het onweer niet den minsten invloed heeft op het ozongehalte der lucht, en die een eventuele rijzing daarvan op rekening brengen van atmosferische neerslagen, als regen, sneeuw en hagel, die vaak een onweer vergezellen.

HOUZEAU stemt toe dat regen, sneeuw, hagel en mist inderdaad invloed uitoefenen op het ozongehalte der lucht, maar meent daarmee nauwkeurig genoeg rekening gehouden te hebben, waar het zijne waarnemingen betreffende het onweer betrof. De volgende tabel kan het bewijzen, dat de hoeveelheid ozon bij regen aanzienlijk veel hooger is dan bij helder "mooi weer".

	Aantal regendagen van 1861—1870.	Aantal regendagen met ozongehalte.	Ozondagen op 100 regendagen.
Lente.	309	156	50
Zomer	285	156	55
Herfst	302	92	30
Winter.	308	60	19

Gem. p. jaar 38

	Aantal dagen met helder weer.	Aantal heldere dagen met ozondagen.	Ozondagen op 100 heldere dagen.
Lente.	567	236	42
Zomer	558	215	38
Herfst	486	91	19
Winter.	486	66	13
			Gem. p. jaar 28

Bij regen hebben wij dus meer ozon in de lucht te verwachten dan bij zonnig helder weer. Zoo ook bij sneeuw- of hageljacht. Zelfs kan het ozongehalte in sneeuw soms zoo aanzienlijk zijn, dat een enkele sneeuwvlok op ozonpapier een blauwe vlek ontstaan doet.

De vraag is gesteld of deze atmosferische neerslagen direct dan wel indirect het ozongehalte der lucht vermeerderen. Houden wij in het oog dat ozon is een sterk oxydeerend gas, dat krachtig inwerkt op organische stoffen, niet het minst waar deze in fijn verdeelden toestand aangetroffen worden, dan is het duidelijk dat men, bij de beantwoording van die vraag, rekening moet houden met de millioenen van stofjes die de lucht verontreinigen. Want, werkt het ozon der atmosfeer vernietigend in op de ontelbare organische stofjes die in onzen dampkring rondweven, — 't is duidelijk dat deze ook op hun beurt het ozon vernietigen of althans tot gewone zuurstof terugbrengen. Waar dus de productie van ozon dezelfde blijft, daar zal het ozongehalte der atmosfeer toenemen, zoodra deze door regen, sneeuw of hagelslag van deze stofjes gezuiverd is. Werken dus atmosferische neerslagen misschien meer indirect dan direct op het ozongehalte, — toch schijnt het niet onwaarschijnlijk, dat ieder neerslag, dat de vochtigheidstoestand der lucht wijzigt en tegelijk daarmee den omvang van verdamping in de hoogere of lagere luchtlagen, ook reeds directen invloed moet uitoefenen op het ozongehalte der atmosfeer.

Uit het feit dat, bij overigens gelijke productie, alle invloeden, die de lucht zuiver houden van onderscheidene organische stofjes, indirect het ozongehalte daarvan zullen verhoogen, — wil ENGLER verklaard hebben het verschijnsel, dat de lucht binnen in de bosschen of wouden armer aan ozon is, dan boven de kruinen der boomen. Volgens ENGLER werkt het onmetelijk dak van takken, naalden en bladen als een reusachtig filter, dat de talrijke uitwasemingen en stofdeeltjes der planten terughoudt en afsluit voor de bovenste luchtlagen, die daardoor zuiverder en tegelijk ozonrijker zullen zijn. Wat hiervan ook zij, zeker

is het dat de lucht, die van wouden of bosschen overwaait, soms vrij aanzienlijke hoeveelheden ozon bevat, terwijl daarentegen de lucht arm aan ozon is, die over steden of moerassen gestreken is, met hare duizende stofjes of miasmas, die het ozon hebben kunnen vernietigen.

Belangrijk zijn de resultaten, waartoe het onderzoek omtrent het ozongehalte der lucht in volkrijke steden, met haar nauwe straten en stegen, heeft geleid. Was het te verwachten dat dit gehalte voor een goed deel afhankelijk zou zijn van de meer of mindere zindelijkheids-toestand, — het onderzoek heeft dit geheel bevestigd. Hoe volkrijker de stad, hoe nauwer de straten en hoe vuiler, des te kleiner bleek de hoeveelheid atmospherisch ozon. En zoo ook is het in zekeren zin voor ieder huis in de verschillende straten. De voorwaarden voor het meer of minder bedrag aan ozon, worden voor het grootste deel bepaald door de zindelijkheid der woningen. Over het algemeen echter wordt in bewoonde ruimten weinig of geen ozon aangetroffen.

Uiterst gering vooral is de hoeveelheid ozon in de lucht van hospitalen, waar het door de talrijke excreta en uitwasemingen der zieken schijnt vernietigd te worden in dezelfde verhouding, waarin het gevormd wordt. Maar opmerkelijk reeds is de snelheid, waarmee het ozon vernietigd wordt, die met de buitenlucht tot onze woonvertrekken doordringt. WOLFFHUGEL, die zich met dit onderzoek 't meest beziggehouden heeft, verklaart dit voor een goed deel uit het stof, dat aan de wanden en de verschillende voorwerpen onzer woningen aankleeft, maar voor een ander deel uit de filtratie van de lucht door den mortel en de steenen waaruit de muren opgetrokken zijn. Bij de natuurlijke ventilatie die door de muren plaats vindt, werken de bouwsteenen als filters voor de duizende stofjes der buitenlucht. Dat deze zich niet alleen aan de oppervlakte verzamelen, maar ook tot een zekere diepte beneden de oppervlakte daarin doordringen, blijkt uit het betrekkelijk aanzienlijk stikstofgehalte van 0,115 proc. dat in de metselkalk van sommige woonhuizen aangetroffen is.

Volgens WOLFFHUGEL moet dit organisch stof, dat door onze bouwsteenen uit de buitenlucht opgenomen wordt, een belangrijk aandeel hebben in het desozoniseerend vermogen, dat door onze woonhuizen uitgeoefend wordt. Met het oog daarop acht hij het voor de zindelijkheidstoestand onzer woningen en voor de zuiverheid der lucht van het allerhoogste belang, dat de buitenste laag onzer muren op geregelde tijden wordt verwijderd en vernieuwd.

Is door ons reeds opgemerkt, dat het ozongehalte der lucht zeer verschillend kan zijn, al naarmate zij van bosschen of van steden naar ons is overgewaaid, dan moet ook daaruit reeds volgen, dat de invloed der *wind-richting*, waarin de sterkste ozonreactie waargenomen wordt, geheel beheerscht wordt door de ligging van de plaats van waarneming. Dit wordt voor kuststreken nog bevestigd door het feit, dat het ozongehalte der lucht daar veel grooter is, wanneer de wind van zee naar land, dan omgekeerd van land naar zee gericht is. Voor ons land zijn daaromtrent zeer uitvoerige onderzoeken ondernomen door Prof. HUIZINGA aan de kusten van Texel; voor Engeland door FOX. Deze waarnemingen vooral wijzen er op, dat de verdamping van water, van zoutoplossingen in het bijzonder, als een der belangrijkste bronnen voor ozon beschouwd moet worden. Wat overigens de invloed van de windrichting op het ozongehalte der lucht betreft, daaromtrent bericht DESPALLES, dat een maximum van ozon wordt waargenomen bij westen-, een minimum bij oostenwind, zoo n.l. de wind uit het zuiden naar het noorden loopt. Hij acht dit hoog ozongehalte onder die omstandigheden voor de openbare gezondheid eer voordelig dan nadeelig ¹.

Vraagt men nu van welke beteekenis het ozon in onzen dampkring is voor het leven van plant of dier, — dan moet de wetenschap op die vraag het antwoord schuldig blijven. Ofschoon, bij de intensieve werking die ozon uitoefent op organische stoffen en op dierlijke weefsels, slijmvliezen in het bijzonder, wel te verwachten is, dat daaraan een rol toekomt in de levensverschijnselen van planten en dieren, geheel twijfelachtig is de richting, waarin het werkt, het aandeel dat het daarbij heeft.

Intusschen ontbreekt het niet aan onderzoeken, van verschillende kanten ingesteld om op dit punt tot klaarheid te komen. Vooral waar het geldt den invloed, dien het meer of minder ozongehalte der atmosfeer uitoefent op den gang der cholera. Maar het is ook juist op dit gebied, dat de verschillende waarnemingen tot de meest uiteenlopende uitkomsten geleid hebben. Terwijl MOFFAT gedurende de cholera-epidemieën die in 1854 en 1866 in Engeland heerschten, waarnam dat de grootste intensiteit der cholera samenviel met een minimum

¹ Zie *Bijblad* 1873, blz. 29.

van ozon, — en omgekeerd, een vermindering der epidemie met een toeneming van het ozongehalte der atmosfeer, — blijkt uit de waarnemingen van anderen juist het tegenovergestelde. v. PETTENKOFER o. a. vond bij een groot aantal proeven gedurende de epidemie te Munchen niet het minste verband. Hoe weinig overeenstemmend inderdaad de uitkomsten van dergelijke onderzoeken zijn, moge blijken uit de volgende opgaven, ontleend aan een waarneming van STRAMBIO tijdens een cholera-epidemie te Milaan in 1855.

	Aantal ziektegevallen.	Aantal sterftegevallen.	Gemiddeld ozongehalte p. dag.
Juli	11	4	5.09
Augustus	429	279	4.95
September.	378	273	5.56
October	60	54	6.46
November.	21	11	4.61

Kan hier al zeer weinig verband tusschen het ozongehalte der lucht en den gang der ziekte blijken, toch is het meer dan onwaarschijnlijk, dat een zoo krachtig agens als ozon, indifferent zal staan tegenover die laag georganiseerde wezens, die als kiemen eener besmettelijke ziekte verondersteld worden in tijden van epidemieën de lucht te infecteeren. Zeer wel is het mogelijk dus, dat later een nog onbekend verband zal blijken tusschen het ozongehalte der lucht en cholera of diphteritis, kroep en andere gevreesde longaandoeningen. Ofschoon deze laatste volgens sommigen aan bepaalde jaargetijden gebonden zijn en met een hooger ozongehalte 't hevigst optreden, — strijdt de aanprijzing van een ozonrijke zeelucht voor lijders aan tuberculose zoozeer met deze waarneming, dat nauwkeuriger onderzoek hier alleen beslissen kan. Moeilijk is het te verdedigen, dat ozon op het ademhalingsproces of op de organen voor de ademhaling en op het bloed geen werking zou kunnen uitoefenen, omdat volgens de meening van enkelen het ozon reeds vernietigd zou zijn alvorens het de longblaasjes bereikt kon hebben.

Ook al moet toegestemd worden, dat een deel van het ozon, die wij met de lucht inademen, op den langen weg naar de longblaasjes verloren gaat, — de omstandigheid, dat de karakteristieke ozonreuk nog zeer lang aan de kleederen en handen blijft hangen van den persoon, die er mee gewerkt heeft, bewijst althans, dat het in sporen nog lang blijft voortbestaan, ook waar de voorwaarden voor zijne vernietiging voortdurend aanwezig zijn. Maar bovendien hebben verschillende waar-

nemingen bewezen, dat ozon in eenigszins geconcentreerden toestand ingeademd, een krachtige physiologische werking uitoefent. Zoowel SCHÜNBEIN, als HOUZEAU, THIÉNARD, FOX en anderen, die zich met ozon-onderzoekingen hebben bezig gehouden, maken melding van de lastige en tot hoesten prikkelende werking, die ozon op de ademhalingsorganen uitoefent. Bij de inademing van een ozon-rijke lucht vermindert het aantal polsslagen en ademhalingen in één minuut vrij sterk, daalt te gelijkertijd de temperatuur en wordt het bloed vencus.

Overigens is volgens FOX merkwaardig de zeer ongelijke werking, die ozon op verschillende diersoorten uitoefent. Terwijl muizen reeds sterven in een atmosfeer met $\frac{1}{6000}$ ozon, verdragen vogels over het algemeen een veel grooter ozongehalte, zonder daarvan eenig merkbaar nadcel te ondervinden, — een verschijnsel, dat in zooverre minder bevreemden kan, omdat hun levenswijze hun veel meer in onmiddelijke aanraking brengt met hoogere, ozonrijkere luchtlagen. Bij al den twijfel, die nog bestaan blijft met betrekking tot de werking van ozon op het menschelijk organisme, is het wel duidelijk dat de therapeutische toepassing van ozon nog slechts gering kan zijn. De groote ophief, waarmede inhalaties van ozon door middel van "ozonwater" — een oplossing van ozon in water — aangekondigd zijn als remedie tegen verschillende kwalen, o. a. tuberculose, asthma, bleekzucht enz., was weinig in overeenstemming met de genezing, die zij aanbrachten.

Daarentegen mag op goede gronden aangenomen worden, dat ozon als desinfecteurend agens een toekomst heeft belangrijker dan enig ander ontsmettend middel; belangrijker ook dan het chloor, dat het in oxydeerend, dus bleekend of ontsmettend vermogen veertig malen overtreft. De proeven die door FOX genomen zijn met rottende vloeistoffen, waarin talrijke kiemen en sporen van baacteriën, vibrionen en monaden tot ontwikkeling gekomen waren, hebben bewezen dat ozon de kiemen dezer laag georganiseerde wezens doodt en vernietigt zonder merkbare gasontwikkeling en onder ontwikkeling van salpeterzuur en salpeterigzure verbindingen. In ozonhoudend water was geen leven en ontwikkeling van deze lagere organismen mogelijk. De onaangename reuk, die aan rottend bloed eigen is, wordt door ozon weggenomen. In verband met deze feiten kan het niet bevreemden dat men op onderscheidene wijzen reeds getracht heeft, de lucht in besmette woningen of in ziekenhuizen, door kunstmatig ontwikkeld ozon te desinfecteeren.

Een der meest algemeen toegepaste beginselen daarbij is, de vor-

ming van ozon door verdamping van water, waartoe dit in daarvoor ingerichte apparaten fijn verdeeld uitgeworpen of over vloeren, meubelen i. h. a. over groote oppervlakten gesprenkeld wordt. Daarenboven heeft men de besmette lucht van ziekenzalen kunstmatig geozoniseerd door stille elektrische ontladingen. Welke methode intusschen ook gevolgd wordt, steeds dient zorg gedragen te worden dat het ozongehalte der lucht bepaalde grenzen niet te boven gaat. Boven die grenzen zal, evenals bij de toepassing van chloorgas als ontsmettingsmiddel, het geneesmiddel erger kunnen worden dan de kwaal en het ozon zelf tot bedenkelijke ziekteverschijnselen aanleiding kunnen geven. Bij een regelmatigte ontwikkeling en goed onderhouden ventilatie mag evenwel ozon een der meest te waardeeren middelen geacht worden ter vernietiging dier lagere organismen, die als contagiën en miasmas de atmosfeer der ziekenzalen besmetten en vergiftigen. Onder de andere methoden die aanbevolen zijn voor een kunstmatige ontwikkeling van ozon — behandeling o. a. van verschillende zuurstofrijke verbindingen met zuren — verdient die van MANTEGAZZA nog een bijzondere vermelding. Uitgaande van de waarneming, dat sterk riekende bloemen als van de fenikel, lavendel en pepermunt tot ozonvorming aanleiding geven, dringt MANTEGAZZA aan op het aanplanten van dergelijke gewassen, die rijk zijn aan aetherische olie.

Is het dus te voorzien dat ozon als desinfecteerend middel een belangrijke toekomst tegemoet gaat, ook zijne beteekenis voor de techniek schijnt steeds grooter omtrekken aan te nemen. In de eerste plaats waar het zijne toepassing geldt tot het bleeken van verschillende stoffen. Reeds werd het met goed gevolg door GORUP-BESANEZ gebruikt tot het zuiveren van oude drukwerken, platen en teekeningen in zwart krijt, en sedert jaren is het ozon toegepast tot het bleeken van ivoor, waartoe dit gedurende eenige weken in photogeen of andere vluchtige olies ondergedompeld en aan het zonlicht blootgesteld wordt. Het ozon dat daarbij ontstaat, werkt bleekend op het ivoor in en maakt dit blank en zuiver. Zoo ook heeft men de ozon-bleek met voordeel toegepast voor struisvogel-vederen, waarbij men eveneens van vluchtige olies, als terpentijnolie, thymiaan- of lavendelolie gebruik maakt. In deze olies ondergedompeld, worden de veëren aan den invloed van het zonlicht blootgesteld of men hangt ze in kamers op, waarin de lucht met de dampen dezer aetherische olies is verzadigd en door het zonlicht helder verlicht wordt.

Bij deze belangrijke beteekenis die ozon reeds heeft voor het kunst-

matig bleeken van verschillende stoffen, voegt zich nog de rol, die het vervult in de gewone "veldbleek". Om het even of daarbij het ozon ontstaan is door het levensproces der grasplant òf door verdamping van het water, òf dat 't het reeds gevormde ozon der dampkringslucht is, — zooveel is zeker dat het voornamelijk het ozon is, dat het linnen op het bleekveld bleekt. Dertig tot veertig maal krachtiger bleekend dan chloorgas, heeft de ozonbleek — hetzij dan de natuurlijke of kunstmatige — dit belangrijke voordeel, dat daarbij geen schadelijke stoffen vrijkomen, die het doek of de te bleeken zelfstandigheid kunnen aantasten of schaden.

Eindelijk nog heeft ozon, krachtens zijn sterk oxydeerend vermogen, toepassing gevonden tot het ontfoeselen van whisky, volgens sommigen met voortreffelijken, volgens anderen met twijfelachtigen uitslag. Wordt van den eenen kant beweerd, dat een behandeling der whisky met geozoniseerde lucht gedurende slechts 10 minuten voldoende zou zijn, om haar het aangename aroma van oude belegene dranken te doen aannemen, — van den anderen kant wordt dit bestreden en schijnt men van gevoelen, dat het aroma door ozoniseeren verkreogen, slechts korten tijd bestaan blijft en spoedig weer plaats maakt voor den vroegeren brandenden smaak.

Kan niet worden ontkend, dat veel overdreven is wat voor ozon is aan geprezen, toch moet toegestemd worden dat wij in ozon een stof voor ons hebben, die krachtens hare sterk oxydeerende eigenschappen als bestanddeel onzer atmosfeer niet nalaten zal haar rol te spelen in het levensproces der dieren. Is nog veel onbekend, wat zijn invloed op den gezondheidstoestand van den mensch in het bijzonder betreft, — dat het een rol daarin speelt, mag boven allen twijfel gesteld worden. Hier vooral ligt een veld van onderzoek even belangrijk als veelomvattend en samengesteld. Want een der moeilijkste opgaven zal het zijn andere elementen, die tegelijk met ozon hun invloed op den gezondheidstoestand van den mensch doen gelden, uit dat onderzoek te verwijderen of nauwkeurig in rekening te brengen. Intusschen mag thans het ozon belangrijk genoeg heeten om het in dit Album onder de aandacht te brengen.

Winschoten, 1883.
