

NIEUWS OMTRENT WATERSTOFPEROXYDE.

DOOR

Dr. G. DOIJER VAN CLEEFF.

»Waterstofsuperoxyde is in de laatste jaren herhaaldelijk het onderwerp geweest van onderzoekingen en theoriën, en maakt nog steeds de belangstelling der scheikundigen gaande». Zoo sprak Dr. A. VAN HASSELT ongeveer drie jaar geleden in dit tijdschrift, toen hij het genoemde oxyde als »het bleekmiddel der toekomst» aan de lezers voorgesteld had¹.

De belangstelling is nog sterk toegenomen; Dr. WOLFFENSTEIN (1895 *Wetensch. Bijblad*, bladz. 37) heeft geleerd het zuivere waterstofdioxyde of -peroxyde te bereiden door middel van destillatie bij zeer lage drukking. TAMMAN e. a. gebruiken het verschil tusschen het vriespunt van water en dat van oplossingen van waterstofperoxyde in die vloeistof voor de berekening van het molekulaire gewicht en zijn het ten slotte hierin eens, dat het tot dusver zonder voldoende grond gebruikte teeken voortaan moet worden gebruikt. Tusschen ED. SCHÖNN en ILOSVAY VON NAGY ILOSVÁ is een hartstochtelijke strijd gevoerd over de bepaling van de hoeveelheden waterstofdioxyde, die in de dampkringslucht voorhanden zijn. A. BACH wijst op het belang van het voorkomen van de genoemde stof in groene plantendeelen; hij vindt in aniline, dubbelchroomzure potasch en zuringzuur een drietal stoffen, waarmede, in geval zij in de noodige verhouding met elkander zijn vermengd, zeer kleine hoeveelheden kunnen worden opgespoord, zonder dat andere bestanddeelen der plant storend op de herkenning van het

¹ 1893, 210—222.

waterstofperoxyde werken. BACH heeft getracht eene verklaring te vinden van het ontstaan van organische stoffen uit koolzuur en water, hetgeen zooals bekend is onder invloed van het zonlicht in groene plantendeelen geschiedt. Hij acht het waarschijnlijk, dat uit de bestanddeelen van drie molekulen koolzuur en drie molekulen water eerst zouden ontstaan ééne molekule formaldehyd en twee molekulen van een overkoolzuur, dat, ten slotte zich ontledend in koolzuur, zuurstof en water, in het voorbijgaan waterstofdioxyde doet ontstaan. Zoo sluit hij zich aan bij de bekende opvatting, die in het formaldehyd de eerste stof ziet, waarvoor koolstof, waterstof en zuurstof in dezelfde gewichtsverhoudingen noodig zijn als voor druivensuiker en waaruit deze stof en ook de andere in de plant aanwezige koolhydraten zouden ontstaan; zoo geeft hij bovendien rekenschap van de aanwezigheid eener stof, die op eigenaardige wijze oxydeerend werkt. Inderdaad vindt BACH, nadat hij over een scherp middel ter herkenning beschikken kon, waterstofperoxyde in de groene deelen van 18 van de 25 planten, waarin hij het zocht, terwijl bij 2 de uitkomst twijfelachtig was.

LUDWIG ILOSVAY VON NAGY ILOVA vindt in de richting, die hem door BACH aangewezen was, een aantal stoffen, die meer of min op aniline gelijken, en die eveneens en dikwijls beter kunnen dienen als herkenningsmiddelen op het waterstofperoxyde. Dimethylaniline (in verbinding met dubbele chroomzure potasch en zuringzuur) heeft na vijf minuten eene vloeistof, die $\frac{1}{5000000}$ van haar gewicht van het oxyde bevat, duidelijk geel gekleurd.

SPRING te Luik onderzocht de kleur en de soortelijke warmte van zuiver waterstofperoxyde, nadat WOLFFENSTEIN dit bereid heeft; BRÜHL bepaalt tal van eigenschappen en behandelt de theorie grondig. En in de aflevering van de *Berichte*, volgend op die waarin ILOSVAY schrijft en voorafgaande aan die waarin BRÜHL aan het woord is, geeft de ontdekker nieuwe voorbeelden van de oxydeerende werking, voorbeelden die, het zij in het voorbijgaan opgemerkt, niet gunstig zijn voor de boven gegeven voorstelling van het ontstaan van organische stoffen in de plant. Immers zij maken het waarschijnlijk, dat ook het formaldehyd eene oxydatie zou ondergaan, die de vorming van koolhydraten niet bevorderen zou.

Zoo wordt in vele scheikundige tijdschriften in den laatsten tijd telkens over het waterstofperoxyde gesproken. Wij mogen niet nalaten op eenige punten de aandacht nader te vestigen, daar in menig opzicht uitspraken van vroegeren tijd door de feiten werden gelogen-

strafft. Vooral het opstel van BRÜHL geeft aanleiding tot deze mededeeling.

Drie jaar geleden was waterstofperoxyde op zich zelf nog niet bekend. Men kende het toen alleen in den vorm van oplossingen in water, aether, enz. Thans weet men er meer van, sedert de onzuivere oplossing, die in den handel voorkomt, aan destillatie in het luchtledige of bij zeer kleine spanning onderworpen wordt. Men verkrijgt dan eene strooperige vloeistof, die volgens SPRING bij $1^{\circ} 5$ een soortelijk gewicht 1,4996 en volgens BRÜHL bij 4° een soortelijk gewicht van 1,4581 heeft¹; bij drie monsters vond BRÜHL bij een drukking van 26 m.M. als kookpunten: $68^{\circ} 3$, $68^{\circ} 8$ en $69^{\circ} 2$; SPRING vulde buizen van 1 à 5 M. lengte en vond dat de kleur meer donkerblauw is dan die van water in dezelfde omstandigheden. Uit de hoogte, waartoe de vloeistof in haarvaatbuisjes opsteeg, berekende dezelfde scheikundige, dat de oppervlaktespanning minder dan half zoo groot als die van water was. BRÜHL bepaalde ook de breking van het licht voor lichtstralen van bepaalde breekbaarheid; daarop komen wij later terug.

Wat de scheikundige samenstelling betreft, komt waterstofperoxyde overeen met eene oplossing van zuurstof in water. Eenigen tijd geleden werd in het fransche weekblad *La Nature* gesproken over de bereiding van zuurstofhoudende dranken; zooals bij de bereiding van spuitwater en van andere mousseerende dranken met koolzuur geschiedt, werd hier zuurstof, die in sterk samengepersten toestand verkeerde, met vloeistoffen in aanraking gebracht en dan daarin opgelost. Wilde men op deze wijze eene vloeistof² bereiden, die, wat de hoeveelheid der scheikundige bestanddeelen betrof, met waterstofperoxyde gelijk stond, dan zou men in 1 L. water van 0° ongeveer 625 L. zuurstof van de gewone spanning moeten oplossen.

Waterstofdioxyde kan inderdaad tot water en tot zuurstof worden. *Eau oxygénée* wordt het daarom zelfs in Frankrijk genoemd. Zoo ergens dan wordt hier een naam gebruikt, die tot verkeerde opvattingen aanleiding geeft. Immers uit water en zuurstof ontstaat geen andere stof, zelfs niet wanneer de zuurstof in den bijzonderen toestand van *actieve zuurstof* verkeert, waarin haar scheikundige werkzaamheid zoo veel krachtiger is. BRÜHL wijst, en zeer terecht, op proeven van wijlen MORITZ TRAUBE, waaraan tot nog toe te weinig gewicht werd gehecht.

¹ SPRING erkent de mogelijkheid, dat de door hem gewogen vloeistof niet volkomen zuiver was, al waren alle bekende verontreinigingen afwezig.

Wanneer men een galvanischen stroom voert door aangezuurd water, wordt dit gedeeltelijk in zuurstof en waterstof veranderd; de vloeistof, die in den toestel overblijft, bevat weldra sporen van waterstofdioxyde. Het schijnt hier, dat het water, dat overblijft, door de zuurstof, die ontstond, werd geoxydeerd. Maar deze schijn is een schijn, die bedriegt. TRAUBE heeft ergens in het water, dat de werking van den galvanischen stroom ondergaat, een diaphragma aangebracht; dientengevolge kunnen de waterstof en de zuurstof, die aan de verschillende polen ontstaan, zich niet met elkander vermengen. Nu blijft het waterstofperoxyde weg. Toch bevindt zich aan den eenen kant van het diaphragma water in aanraking met zuurstof.

TRAUBE heeft echter meer gedaan dan aangetoond, hoe de nieuwe verbinding *niet* ontstaat. Hij heeft haar aan elk van de twee kanten van het diaphragma laten ontstaan, op zóódanige wijze, dat hij zeggen mag, dat waterstof met bovengenoemde actieve zuurstof haar voortbrengt. Daartoe heeft hij aan de pool, waar de zuurstof uit het water vrij wordt (deze zuurstof is *actieve zuurstof*), waterstof door het water laten stroomen; onmiddellijk is de aanwezigheid van waterstofperoxyde te merken. Ook het omgekeerde is mogelijk; namelijk waterstof in actieven toestand (in de scheikunde meestal »*waterstof in staat van wording*» genoemd) kan op zuurstof werken en het waterstofdioxyde voortbrengen. Zoo deed TRAUBE dit aan den anderen kant van het diaphragma ontstaan door zuurstof te voeren langs de pool, waar de waterstof in wordenden toestand uit het water ontstond.

De naam *eau oxygénée*, als drager van een denkbeeld, moet dus worden afgekeurd.

Dat waterstofdioxyde water en zuurstof geven kan, heeft men geweten van den tijd af, toen THÉNARD, de ontdekker, het had bestudeerd. Ja men meende, dat deze scheikundige verandering zóó gemakkelijk gebeurde, dat het daarom in zuiveren toestand onbekend bleef.

»In geconcentreerde oplossing ontleedt de stof zich vrij spoedig, zoodat zij niet bewaard kan worden; in verdunde oplossing, vooral als deze een weinig zuur wordt gemaakt, kan zij op eene koele plaats onbepaald lang bewaard blijven», zoo schreef dr. A. VAN HASSELT drie jaar geleden en zoo was het algemeen gevoelen.

Anders luidt hetgeen BÜHL ons thans bericht. »Het door destillatie in het luchtledige bereide hyperoxyde kan veel beter worden bewaard dan de nog niet gedestilleerde vloeistof, die altijd zouten,

kieselzuur, enz. bevat. Monsters van eene 95 pct. oplossing en van eene 99 pct. oplossing werden in dichtgesmolten en rechtopstaande buisjes van kalihoudend glas op eene donkere en koele plaats bewaard. Het eerste werd na 6 en het tweede na 5 weken voor den dag gehaald; toen de buisjes opengemaakt werden, had de vrij geworden zuurstof in het eerste buisje eene geringe en in het tweede zoo goed als geen spanning.

Een derde monster bestond uit zuiver waterstofperoxyde; vijftig dagen werd dit in een schaal van resistenzglas, die den vorm van een halven bol had, bewaard op eene plaats, waar sterk zwavelzuur steeds den waterdamp uit de omgeving kon wegnemen en waar geen zonnestraal doordringen kon, maar niet in donker; na afloop van de proef had geen ontleding plaats gehad; er werd nog 99.48 pct. waterstofperoxyde gevonden."

Waterstofperoxyde kan dus bewaard worden. Toch is het eene stof, waarmede men zeer omzichtig moet te werk gaan. De geringste oneffenheid in den wand van de flesch of van de schaal kan de aanleiding voor eene ontleding zijn. »Wanneer de molekulen met eene effene oppervlakte in aanraking zijn, glijden zij daarover heen als billardballen over een billard, maar wanneer eenige scherpe kant of uitsteeksel op haar weg ligt, vliegen zij in stukken"; dit door BRÜHL gebruikte beeld geeft eene voorstelling van de uiterste gevoeligheid der molekulen, mits men daarbij in het oog houde, dat de deeltjes, waarin zij uiteenspatten, geen kleinere deeltjes van dezelfde stof zijn, maar deeltjes water en deeltjes zuurstof. Dat de laatste een gas is, en dat, als dit verwarmd wordt door de voortgebrachte warmte, eene zelfde gewichtshoeveelheid stof veel meer ruimte inneemt, is de reden, waarom de bedoelde ontleding van grootere hoeveelheden eene ontloffing kan teweeg brengen.

De voorbeelden, die van de uiterste gevoeligheid van waterstofperoxyde worden genoemd, zijn hoogst merkwaardig.

Het ontleedt zich veel sterker, wanneer het over eene glazen plaat uitgeschonken wordt, dan wanneer het in een bolvormig of cilinder-vormig vat bewaard wordt. Wanneer de plaat van mat glas is, wordt de ontleding geweldig.

BRÜHL beproefde eene oplossing te filtreeren door eene uitgegloeide plaat van asbest; de vloeistof werd ontleed en gaf zóóveel gas, dat de asbestvezelen van elkander loslieten en terwijl de laatste droppels aflekten, werd de nog bevochtigde plaats zóó heet, dat er zware

wolken van wasem en van waterstofperoxyde afsloegen. Het was geraden met het filtreren op te houden, wanneer men eene ontploffing wilde voorkomen.

Wanneer een platinadraad in eene sterke oplossing van waterstofperoxyde of in de zuivere stof gestoken wordt, begint op hetzelfde oogenblik eene levendige ontwikkeling van zuurstof. Hierbij spelen weder oppervlaktewerkingen eene belangrijke rol, evenals bij de volgende proef van SPRING. Eene 38-pct.-oplossing kon in eene fijn gepolijste platinaschaal tot 60° worden verwarmd, zonder dat zuurstof vrij werd; was daarentegen de schaal gekrast, dan had er reeds bij de gewone temperatuur eene ontwikkeling van zuurstof plaats en werd deze bij verwarming stormachtig. In paraffine vond BRÜHL een materiaal, waaruit de beste schalen konden worden gemaakt om waterstofperoxyde of zijne oplossingen in te bewaren.

Het is dus geraden reeds met de zuivere stof de grootste voorzichtigheid in acht te nemen. Veel gevaarlijker zijn nog stoffen, die er door kunnen worden gevormd. WOLFFENSTEIN had reeds bij zijn onderzoek naar de oxydeerende werking op aceton en de daarbij gevormde ontplofbare stof (de mededeeling volgt in het *Wetensch. Bijblad*) het vermoeden uitgesproken, dat de ontploffingen, die soms optreden, moeten toegeschreven worden aan eene ontplofbare stof, die ontstaat uit den voor de zuivering van het waterstofhyperoxyde gebruikten aether.

Voor dit vermoeden bestaat veel grond. BRÜHL heeft nooit eene ontploffing gezien bij de destillatie van de oplossing in water, die voor den handel in het groot wordt bereid. SPRING zag wel ontploffingen bij het destilleeren van met behulp van aether bereide vloeistoffen, en BRÜHL was getuige van eene geweldige ontploffing van eene vloeistof, die eveneens met aether gezuiverd was.

De aether wordt op de volgende wijze gebruikt. De ruwe oplossing, die ook zouten en kiezelzuur bevat, wordt met aether geschud; een gedeelte van het waterstofperoxyde gaat nu uit het water in oplossing over in den aether. Deze neemt niets van de onzuiverheden op. Later schudt men de aetherische oplossing weder met water; hierin gaat nu van het waterstofperoxyde over en de aether kan weder met eene nieuwe hoeveelheid van de ruwe oplossing worden geschud.

BRÜHL had nu zulk eene oplossing in aether aan destillatie in het luchtledige onderworpen. Terwijl de verkregen dampen en vloeistoffen een sterken reuk naar ozon hadden, bleef er 1 à 2 cM³. over van

eene dikke, kleurlooze en reuklooze vloeistof. Kleine hoeveelheden hiervan werden aan een spatel van platina in eene donkere gasvlam gebracht en brachten daar zwakke ontploffingen te weeg. BRÜHL werd hierop wat zorgeloos en stak eene glazen staaf in de vloeistof om daarvan een druppel in eene reageerbuis over te brengen. Als een kanonskogel sloeg het glazen schaaltje, dat de vloeistof bevatte en een inhoud van ongeveer 7 cM³. had, door de houten tafel, waarop het stond; alle flesschen en gereedschappen in het vertrek waren verbrijzeld, de brandbare inhoud van eenige flesschen sloeg in brand, zonder dat er eene vlam in de buurt was. BRÜHL had zijne oogen gelukkig beschermd door een dubbele bril van mica; de glazen van de buitenste bril waren er uit geslagen, maar ongemak leed hij persoonlijk gelukkig niet.

Waarschijnlijk lag de aanleiding van de ontploffing hierin, dat de glazen staaf *scherp* afgesneden en later niet rond gesmolten was, en de oorzaak in de aanwezigheid van eene door de inwerking van aether en waterstofperoxyde gevormde stof. BRÜHL vraagt, of deze stof misschien een nog hooger oxyde van waterstof is, waarover BERTHELOT in 1880 schreef.

De onderzoekingen van SPRING en van BRÜHL zijn vooral daarom van groot belang, omdat zij eene verklaring trachten te geven van den aard van het waterstofdioxyde en van de tegenstrijdige werkingen, die het nitroëfent, namelijk als eene oxydeerende of zuurstof-afgeevende en als eene reduceerende of zuurstof-onttrekkende. Van de lezers, die ook daaromtrent iets wenschen te vernemen, zal eenige kennis van scheikundige beschouwingen worden gevergd.

Het teeken voor eene molekule waterstofdioxyde is H₂O₂. Dikwerf wordt dit als eene vereeniging van twee groepen hydroxyl OH beschouwd. TRAUBE, die aantoonde (zie boven) dat de fransche naam *eau oxygénée* verkeerd gekozen is, stelde eene geheel andere opvatting voor. Hij zag in dit oxyde eene naar verhouding zeer losse verbinding tusschen zuurstof en waterstof; de samenvoeging der atomen stelde hij voor door het teeken H O : O H., waarin het aantal punten tusschen de letterteekens op de waardigheid of valentie der atomen wees, waar die punten naast staan.

Wanneer oxyden van metalen (zilveroxyde b. v.) bij aanraking met waterstofperoxyde worden gereduceerd (zilveroxyde tot zilver), zou de losse verbinding tusschen de waterstof en de zuurstof van dit laatste worden verbroken. Er blijven dan over molekulen gewone

zuurstof voorgesteld door $O:O$; de beide atomen waterstof (H) zouden zich met de zuurstof van de stof, die gereduceerd wordt, verbinden tot water. Voor deze redeneering van TRAUBE was de grond het feit, dat de vrijgeworden zuurstof gewone en geen actieve zuurstof is; dit laatste had zij moeten zijn, ingeval uit de atomen $H:O:H$ één atoom zuurstof O de overige als water had laten gaan om later met de atomen zuurstof van de stof, die de reductie ondergaat, gewone zuurstof te vormen.

De bedoeling van TRAUBE was, dat de zuurstof, die als bestanddeel van waterstofdioxyde wordt voorgesteld, bij de vereeniging met waterstof tot eene nieuwe stof, minder van haar eigen wezen heeft opgegeven dan zuurstof, die met waterstof water heeft gevormd. Nu hebben in het laatste jaar SPRING en BRÜHL de taak aanvaard om er onderzoek naar te doen, of dit inderdaad zoo is.

SPRING heeft de blauwe kleur van water vergeleken met die van waterstofdioxyde en met die van oplossingen van koperchloride, waarvan de blauwe kleur veel gemakkelijker en bij kleinere hoeveelheden waargenomen kan worden. Hij zocht van beide vloeistoffen de lengte der kolommen, die de zelfde tint en deze even sterk vertoonden als oplossingen van koperchloride van bepaalde sterkte. De uitkomst was, dat waterstofdioxyde sterker blauw gekleurd is dan water, en wel 1.62 maal zoo sterk. Van den invloed van de eigenschappen van zuurstof is dus minder verloren gegaan. Trouwens dit zou misschien in geringere mate of in het geheel niet kunnen veroorzaakt zijn door de wijze van verbinding der atomen, het zou ook het gevolg van het grooter gehalte aan zuurstof kunnen zijn. Voor dit laatste pleit niet weinig de bijzonderheid, dat de verdichting die 1 L. zuurstof heeft ondergaan wanneer het met waterstof water of waterstofdioxyde heeft gevormd, in het laatste geval eveneens ongeveer 1,6 maal zoo groot is als in het eerste geval. Dat wij dus in deze twee oxyden van waterstof met twee verbindingen van geheel verschillende soorten te doen hebben, heeft het onderzoek van SPRING niet geleerd.¹ Trouwens dit zegt hij zelf.

Anders is het met het onderzoek, dat door BRÜHL werd ingesteld naar de breking van het licht. Hij liet licht vallen door verschillende

¹ Wanneer waterstofdioxyde moleculaire zuurstof bevatte, zooals sommigen beweren, dan had de blauwe kleur veel sterker moeten zijn, ten minste wanneer OLSZEWSKI goed zag, voordat hij vloeibare zuurstof vijftig maal zoo sterk gekleurd noemde als water.

monsters van waterstofdioxyde, dat zich daartoe in prisma's van matgeslepen glas bevond, waarvan de binnenkant met een laagje paraffine was bedekt; ook het dekplaatje was van onderen met paraffine bekleed en gestolde paraffine diende als een kurk, waarin een thermometer vastgezet was. Deze paraffine was een voldoende middel om te verhinderen, dat het waterstofdioxyde gedurende de proef gedeeltelijk ontleed werd.

Het licht, dat door de vloeistof heen drong, werd uit de oorspronkelijke richting afgeleid. Het bedrag van het verschil tusschen de oorspronkelijke en de nieuwe richting werd voor eenige lichtstralen van bepaalde breekbaarheid bepaald: voor het roode lithiumlicht, het gele natriumlicht en voor het licht, dat waterstof in Geisslersche buizen uitstraalt (dus voor de strepen H_{α} , H_{β} en H_{γ}).

De grootte van dit bedrag is grooter dan het zou moeten zijn, wanneer twee groepen hydroxyl in H_2O_2 mochten worden aangenomen. Dit wijst op grootere overeenkomst met zuivere zuurstof, waar de breking van het licht inderdaad sterker is. Toch is zij bij waterstofdioxyde iets minder groot dan bij zuurstof zelf; de atomen zuurstof, die twee aan twee molekulen zuurstof vormen, hebben trouwens in waterstofperoxyde een gedeelte van hun bindingsvermogen moeten gebruiken voor de vereeniging met waterstof.

BUTLER neemt nu aan, dat een atoom zuurstof (O) tweewaardig en vierwaardig kan zijn, gelijk dit ook het geval is met atomen van andere grondstoffen uit de natuurlijke groep, waarin zuurstof te thuis behoort. Hij drukt den samenhang der atomen in waterstofdioxyde uit door het teeken: $H.O : O.H$. Het verband van deze stof met zuurstof, waaruit het door de werking van waterstof in wordenden toestand ontstaan kan, en dat te gelijk met water een ontledingsprodukt er van kan zijn, kan inderdaad met die formule worden verklaard.

Nog in één opzicht geven water en waterstofdioxyde, beiden oxyden van waterstof, eene merkwaardige tegenstelling. Wanneer het eerste uit de grondstoffen ontstaat, wordt er veel warmte vrij; er wordt dus dan door die stoffen veel arbeidsvermogen van plaats afgestaan. De ontleding van het tweede in water en zuurstof geeft warmte, zooals boven reeds gezegd werd; de vorming uit water en zuurstof zou dus arbeidsvermogen van plaats kosten en daar de vorming van water uit de grondstoffen warmte geeft, zou die van waterstofperoxyde uit die grondstoffen (in geval deze vorming uitvoerbaar ware) minder warmte geven.

BRÜHL spreekt hierover op eene wijze, die doet vermoeden, dat hij eene verklaring meent te geven. Water kan ontstaan uit molekulen waterstof en molekulen zuurstof; voor de vorming van het tweede oxyde moeten òf de molekulen waterstof òf de molekulen zuurstof in atomen worden gesplitst; dat hiertoe arbeid moet worden verricht en dat hierbij dus arbeidsvermogen wordt opgenomen, zooals BRÜHL opmerkt, is volkomen waar; evenzoo, dat dit opgenomen arbeidsvermogen later weder in den vorm van warmte kan worden afgestaan.

Maar waarom dit laatste niet gebeurt bij de vereeniging van die ééne grondstof in den vorm van atomen met de andere in den vorm van molekulen, daarin ligt juist de vraag. Deze vraag loopt BRÜHL stilletjes voorbij, wanneer hij zegt: »Het arbeidsvermogen, dat in de van elkander losgemaakte atomen waterstof voorhanden is, wordt niet verbruikt, wanneer die atomen waterstof zich verbinden met de molekulen zuurstof, die nog met drie-vierde-gedeelten van hun bindingsvermogen met elkander verbonden blijven.»

Maar het is ondankbaar, en ook hier niet de plaats, om aanmerkingen te maken op den arbeid van BRÜHL. Rijk is die arbeid aan gevolgtrekkingen omtrent de constitutie van ozon, omtrent die van koolmonoxyde (reeds vroeger had BRÜHL opgemerkt, dat met het molekulaire brekingsvermogen van deze verbinding een tweewaardig atoom koolstof zich niet, en daarentegen een vierwaardig atoom koolstof zich wel rijmen laat) en omtrent die van water. Van deze gevolgtrekkingen zijn er stellig nog aan ernstige bedenkingen onderhevig, maar dat vermindert het gewicht niet van den arbeid, waarop in deze mededeeling de aandacht gevestigd werd.
