STOF.

DOOR

B. J. GOOSSENS.

Wanneer door eene opening in een overigens donker vertrek een bundel zonnestralen binnendringt, dan ziet men in de lucht talrijke stofjes zweven, wier aanwezigheid men vroeger niet bemerkt had; zij bewegen zich in allerlei richtingen en schijnen door de lucht als het ware gedragen te worden.

In werkelijkheid echter bewegen zij zich alle naar beneden ten opzichte van de lucht, die hen onmiddellijk omgeeft; slechts is hunne snelheid klein en wel kleiner naarmate zij kleiner zijn, en in diezelfde mate zijn zij ook meer aan den invloed der luchtstroomen onderworpen. In eene luchtledige ruimte vallen alle lichamen met eene beweging wier snelheid aanhoudend toeneemt, doch in eene met lucht gevulde ruimte bereikt de snelheid voor ieder lichaam eene zekere grens. De weerstand die een lichaam ondervindt bij zijne beweging in de lucht neemt toe met zijne snelheid en zal dus de oorzaak zijn dat zijne beweging eindelijk in eene eenparige overgaat zoodra hij gelijk geworden is aan het gewicht van het lichaam.

Behalve de snelheid is er een tweede factor, waarvan de weerstand afhankelijk is, namelijk de grootte van het oppervlak. Denken wij ons gelijkvormige lichamen van dezelfde stof, maar verschillende grootte, dan is hun gewicht, dat is de kracht waarmede zij naar beneden worden getrokken, evenredig met de derde macht der lengteafmeting en hun oppervlak met de tweede macht; het oppervlak neemt dus

veel minder snel af dan het gewicht, en de weerstand zal dus bij de kleine lichamen veeleer gelijk zijn aan het gewicht dan bij de groote; de snelheid der eenparige beweging zal veel spoediger bereikt zijn en veel kleiner zijn.

De stofjes wier bewegingen wij met het bloote oog in een sterk licht kunnen volgen zijn niet de eenige, die in de lucht zweven; zij zijn slechts de grootste van een ontzaglijk aantal, waarvan de kleinste zoo fijn zijn, dat wij ze waarschijnlijk nimmer zelfs niet met het sterkst vergrootend miskroskoop zullen waarnemen.

Hoe weet men dan dat zij werkelijk in den dampkring aanwezig zijn? Door de terugkaatsing, die de zonnestralen er op ondervinden; deze toch is de oorzaak dat de ruimten die niet in het direkte zonlicht gelegen zijn, niet in duisternis liggen en dat de kleur van den hemel blauw is. Zonder hen zou eene kamer op het noorden gelegen geheel van licht zijn verstoken, tenzij eenig groot voorwerp het zonlicht naar enkele plaatsen terugkaatst; zonder hen zou ons de zon een lichtende bol toeschijnen, staande aan een zwarten hemel en zouden midden op den dag de sterren voor ons zichtbaar zijn, indien wij slechts het direkte zonlicht van onze oogen verwijderd hielden.

Het zijn deze kleine lichaampjes, vloeibare zoowel als vaste, organische zoowel als anorganische, wier physische eigenschappen in de laatste jaren het onderwerp hebben uitgemaakt der onderzoekingen van AITKEN en LODGE, en CLARCK en die door hen onder den algemeenen naam »stof" worden saamgevat.

De volgende bladzijden hebben ten doel van de voornaamste uitkomsten een overzicht te geven, zonder daarbij steeds den historischen gang der onderzoekingen te volgen of nauwkeurig uit elkaâr te houden, wat door ieder afzonderlijk is verricht. De lezer, die hierin belang mocht stellen kan de oorspronkelijke verhandelingen vinden in de laatste jaargangen der Engelsche tijdschriften *Nature* en *Philosophical Magazine.*

De wijze waarop deze stofjes in den dampkring geraken is natuurlijk zeer verschillend: de grootere ontstaan onder andere als roet en rook bij de onvolkomen verbranding in onze kachels en fabrieken, de kleinere bij de meer volkomen verbranding. Stofvrije lucht en stofvrij gas geven bij verbranding aanleiding tot het ontstaan van een groot aantal stofdeeltjes. Verder worden zij gevormd door de zee wanneer hare golven in schuim spatten op de zandbanken en door den wind, die schuurt langs boomen en huizen. Welk een machtige

factor de zee is kan men dikwijls zien aan het vuil, dat na een hevigen wind uit het westen onze ruiten bedekt; bij chemisch onderzoek blijkt het grootendeels te bestaan uit keukenzout, dat na de verdamping van het water in fijn verdeelden toestand achterblijft.

Eene andere oorzaak zijn de uitbarstingen der vulkanen; de fijn verdeelde lava wordt soms tot ontzaglijke hoogten opgevoerd en door den wind op groote afstanden overgebracht. Ook de vallende sterren bij hunne beweging door den dampkring leveren waarschijnlijk hun aandeel in het stof, dat in de hoogste luchtlagen moet aanwezig zijn.

Wanneer men de eigenschappen van het licht wil bestudeeren, dan begint men met eene kamer geheel donker te maken. Wanneer men de eigenschappen van het stof wil nagaan, dan moet men dus eerst trachten zich eene ruimte te verschaffen die vrij is van stof.

Eene dergelijke stofvrije ruimte vindt men in de eerste plaats rondom ieder voorwerp, dat eene hoogere temperatuur heeft dan de omringende lucht. TYNDALL ontdekte dat eene spiritusvlam van ter zijde beschouwd in een sterk licht omgeven is door eene donkere ruimte, die zich naar boven uitstrekt; dat zij donker is komt doordat er geen stofjes in zijn die het licht zijdelings terugkaatsen.

Hetzelfde verschijnsel nam hij waar bij de vlam van een Bunsenschen brander, een gloeienden platinadraad en eene roodgloeiende pook. TYNDALL schreef het toe aan eene verbranding der stofdeeltjes, FRANKLAND aan eene verdamping.

Lord RAYLEIGH toonde aan, dat beide verklaringen onhoudbaar zijn door een voorwerp sterk af te koelen; men neemt dan eene donkere ruimte onder hetzelve waar.

Wil men nu de omstandigheden waaronder zich deze donkere ruimte vertoont bestudeeren, dan neemt men het beste eene doos in den vorm van een sigarenkistje met drie verticale glazen wanden, terwijl de vierde zwart gemaakt is. Hierin brengt men den rook van een smeulend stuk papier of van tabak en laat het licht vallen door twee tegenover elkaâr gelegen zijwanden, terwijl men kijkt naar den zwarten wand, waardoor men een dikken koperen draad gestoken heeft, dien men van buiten met eene vlam verwarmt of in een koudmakend mengsel afkoelt.

Ziet men in de richting van den draad, dan ontwaart men rondom dezen, wanneer hij verwarmd wordt, een smallen zwarten ring die van boven overgaat in een eenigszins gebogen vlak. Een klein temperatuurverschil met de omringende lucht is reeds voldoende om het

verschijnsel te doen ontstaan, doch de ring is smaller naarmate het verschil in temperatuur geringer is en men moet dikwijls eene loup gebruiken om hem te kunnen waarnemen. Zoo vond AITKEN de donkere ruimte, wanneer hij glazen buizen nam waarin water circuleerde, dat slechts eenige graden warmer was dan de omgeving. Wil men alleen het verschijnsel zien zonder de waarneming zeer nauwkeurig te verrichten, dan kan men eenvoudig een glazen kolfje nemen met eene kurk, waardoor een koperdraad is gestoken en dit met sigarendamp vullen.

Bij eenigszins sterke verwarming van den draad is dan het licht van eene gewone gaslamp, zoo noodig door eene lens op den draad geconcentreerd, zeer voldoende.

De donkere ruimte om en boven warme voorwerpen kan men volgens LODGE verklaren door eene afstootende kracht, die als het ware van de warme voorwerpen uitgaat. Alle luchtmoleculen zijn namelijk volgens de beschouwingen der mechanische warmtetheorie in eene snelle beweging en bombardeeren dus als het ware de voorwerpen in hunne omgeving, in ons geval de stofdeeltjes; door verhooging van temperatuur wordt de beweging sneller en het bombardement zal dan heviger zijn aan den kant van de stofjes die naar de warme voorwerpen toegekeerd zijn dan aan den anderen; zij worden dus hierdoor op een afstand gehouden. De opstijgende luchtstroom, die altijd in de buurt van een warm voorwerp ontstaat, neemt deze stofvrije laag mede en vormt de donkere ruimte er boven; de donkere ruimte onder een koud voorwerp kan men verklaren door den neerdalende luchtstroom die langs zulk een voorwerp strijkt en zijn stof op het bovenvlak achterlaat, dat dus als een scherm werkt.

Neemt men een dun metaalblik, dat men in verticalen stand verwarmt, dan ziet men de donkere ruimte zeer duidelijk, doch niet wanneer men het afkoelt, omdat zij dan te smal is.

Zet men onder eene groote glazen klok, die men met magnesiumdamp gevuld heeft, een kolfje met warm water en een ander met koud water, dan vindt men na eenigen tijd, dat het koude kolfje sterk met magnesium is bedekt, terwijl op het warme zich slechts enkele grootere deeltjes hebben afgezet, die te zwaar waren om door de afstootende werking op een afstand te worden gehouden. De luchtstroomen, die in deze ongelijk verwarmde ruimte ontstaan, zijn echter waarschijnlijk niet geheel zonder invloed op het resultaat.

In het groot zien wij hetzelfde gebeuren in eene kamer die door eene kachel verwarmd wordt; alles wordt spoedig stoffig, omdat de

lucht eene hoogere temperatuur heeft dan de wanden en de meubels, In veel geringer mate is dit het geval in een vertrek dat door een open vuur of door de zon wordt verwarmd daar de stralende warmte die hiervan uitgaat, de lucht doorloopt nagenoeg zonder hare temperatuur te doen rijzen en dus de vaste voorwerpen de hoogste temperatuur hebben. AITKEN heeft de lucht gefiltreerd door haar in een langzamen stroom te laten strijken door eene nauwe ruimte tusschen een warm en een koud voorwerp.

Een ander hulpmiddel om de lucht van stof te zuiveren is de elektriciteit. Wanneer men een koperdraad voorzien van eene punt door den kurk steekt van eene flesch, waarin zich tabaksrook bevindt en den draad zwak elektrisch maakt, dan rangschikken zich de deeltjes volgens de elektrische krachtlijnen evenals ijzervijlsel onder de werking van een magneet zich hoofdzakelijk ophoopt in de richting der magnetische krachtlijnen. Verhoogt men den elektrischen patentiaal van den geleider, zoodat er eene pluimontlading ontstaat, dan geraakt de rook in heftige beweging en slaat in een oogenblik neer op de wanden van de flesch, waaraan hij met groote kracht vastkleeft. Deze verrassende proef is zeer gemakkelijk te herhalen daar eene kleine elektriseermachine of zelfs een elektrophoor voldoende is. AITKEN oppert de onderstelling dat deze werking der elektriciteit met het optreden van ozon de reden is, waarom een onweer de lucht zuivert en de melk zuur maakt en andere ontbindingsverschijnselen bevordert.

Men kan vervolgens ook stofvrije lucht verkrijgen door haar te filtreeren door een dikken prop watten, die men met een weinig glycerine bevochtigt; dit middel was reeds aan TYNDALL bekend en is door AITKEN aangewend bij zijne onderzoekingen omtrent het condenseeren van waterdamp tot mist en nevel. Laatstgenoemde heeft namelijk gevonden, dat waterdamp om te condenseeren eene zekere vaste kern noodig heeft en dat bij de afwezigheid van alle stof de damp ver kan afgekoeld worden beneden de temperatuur der omgeving zonder dat hij in zichtbare waterdruppeltjes overgaat. Het gemakkelijkste middel om de lucht plotseling af te koelen bestaat hierin dat men haar snel verdunt.

Neemt men nu eene flesch met een weinig water om de lucht goed met damp verzadigd te houden, en verdunt men de lucht door één slag eener kleine luchtpomp, dan ziet men daarbinnen eenen dichten nevel, die vooral duidelijk is wanneer men een sterk licht er door laat vallen.

Doet men dezelfde proef met eene andere flesch, waarin de lucht door filtreeren is gezuiverd, dan bemerkt men zelfs bij meer slagen van de pomp niets. Laat men een weinig ongefiltreerde lucht binnen, dan vertoont zich de nevel terstond weer, en de deeltjes zijn grooter naarmate er minder stofjes in de lucht zijn, zoodat men ze bij nagenoeg zuivere lucht als kleine druppeltjes snel ziet vallen.

Laat men een stroom damp van kokend water in de vrije lucht of in eene flesch met ongezuiverde lucht ontwijken, dan wordt de gecondenseerde damp zichtbaar als wasem; laat men echter den damp stroomen in eene flesch met door watten gefiltreerde lucht dan blijft hij onzichtbaar en condenseert alleen op de wanden.

Een prop van watten blijkt dus voldoende te zijn, om de lucht zelfs van de fijnste stofjes te bevrijden en een respirator met watten kan dus misschien een voorbehoedmiddel zijn tegen infectieziekte, die door het inademen van besmette lucht ontstaat.

Wanneer dus in den dampkring geene stofdeeltjes aanwezig waren, dan zou de waterdamp in een toestand van sterke oververzadiging geraken en alleen condenseeren op de vaste voorwerpen daarin aanwezig. Onze kleederen en woningen zouden met water worden doortrokken en geen mist of regen zou zich uit den meer dan verzadigden damp vormen.

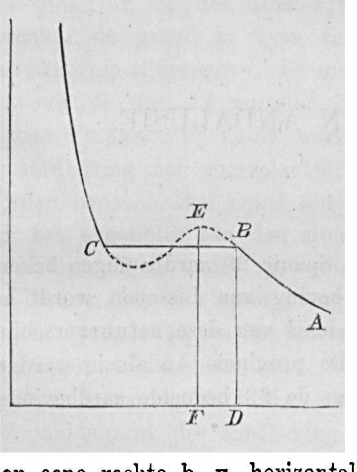
Het zijn voornamelijk de kleinste stofdeeltjes die men zelfs in een bundel sterk zonlicht niet waarneemt, maar die in onnoemlijk aantal aanwezig zijn, die als kernen voor de condensatie van waterdamp dienen. De grootere zijn zeker niet onwerkzaam, maar hun aantal is te gering om een dichten nevel te vormen. De rook der fabrieken is dan ook niet de oorzaak van den dichten mist dien men in groote steden zooals Londen dikwijls heeft: hij geeft er slechts het zwarte, vuile karakter aan.

Wanneer men lucht van verschillenden oorsprong onderzoekt, dan vindt men uit de grootere dichtheid van den nevel, dat de lucht uit de huizen steeds meer stof bevat dan de buitenlucht en dat b.v. de verbranding van zwavel de lucht in hevige mate stoffig maakt.

De juistheid der gevolgtrekking door AITKEN uit zijne proeven gemaakt, dat voor het condenseeren van waterdamp in de lucht vaste kernen noodig zijn, is onlangs door KIESSLING betwijfeld. Deze vond, dat er bij iedere afkoeling ook in volkomen stofvrije lucht zich enkele nevellichaampjes vormen, die echter alleen in direkt zonlicht zijn waar te nemen. Het is natuurlijk moeilijk uit te maken of de lucht

bij zijne proeven werkelijk geheel stofvrij was; bij eene herhaling der proeven gelukte het mij vrij gemakkelijk de lucht zoover stofvrij te krijgen, dat er in sterk kalklicht geen condensatie was waar te nemen, doch ik ben nog niet in de gelegenheid geweest ze met zonlicht over te doen; in allen gevalle is het zeker, dat de nevelvorming sterker is naarmate er meer stofjes zijn.

De verklaring van het verschijnsel moet waarschijnlijk gezocht worden in den invloed van den vorm der vloeistofoppervlakte op de spanning van den waterdamp, die zich er boven bevindt. W. THOMSON heeft aangetoond, dat deze spanning boven een hol oppervlak kleiner is dan boven een plat oppervlak en dus boven een bol oppervlak grooter. Hieruit volgt dus dat bolletjes beneden eene zekere groote niet kunnen bestaan, tenzij de spanning van den waterdamp veel grooter is dan wat men gewoon is maximum van spanning te noemen.



De mogelijkheid van het bestaan dezer grootere spanning was dan ook reeds door THOMSON vermoed en door Prof. VAN DER WAALS afgeleid uit beschouwingen omtrent de isothermische lijn van waterdamp. Onder zulk eene lijn verstaat men de kromme lijn die men verkrijgt, wanneer men op eene rechte b. v. horizontale lijn stukken uitzet, die het volume aangeven, in de verschillende punten loodlijnen opricht die bij onveranderde temperatuur de bij behoorende drukking aangeven en de uiteinden dezer loodlijnen vereenigt. Voor waterdamp heeft deze lijn ongeveer een verloop als in de figuur is aangegeven, wanneer men namelijk begint met in eene luchtledige ruimte eene kleine hoeveelheid water te brengen en dan bij constante temperatuur het volume allengs verkleint. Het gedeelte van A tot B behoort bij den onverzadigden damp, van B tot C heeft men verzadigden damp en vloeistof; de spanning van den damp verandert niet bij vermindering in volume en bij C is alles in vloeistof overgegaan en er is een groote vermeerdering in drukking noodig om het volume ook slechts een weinig te doen afnemen.

De isotherme zooals zij uit de proef is afgeleid, wordt door eene hori-

zontale lijn slechts in één punt gesneden; de berekeningen van Prof. VAN DER WAALS geven drie mogelijke snijpunten, en dit kan niet anders dan wanneer de isotherme tusschen B en C ongeveer een vorm heeft als door de gestippelde lijn is aangewezen, maar dan moet er ook eene grootere spanning mogelijk zijn dan B D van het punt B en is het maximum E F. Het schijnt mij niet onwaarschijnlijk dat het bestaan dezer grootere spanning door de proeven van AITKEN zal kunworden aangetoond, doch het is wenschelijk ook in verband met de bewering van KIESSLING, dat quantitatieve proeven de zaak beslissen.