

# BIJDRAGE TOT DE GESCHIEDENIS DER HAGELTHEORIËN.

DOOR

Dr. S. R. J. VAN SCHEVICHAVEN.

---

Reeds meer dan eens zijn de lezers van het Album der Natuur in de gelegenheid geweest kennis te maken met de voornaamste hageltheoriën. Zij hebben tevens leeren inzien, dat er tot nog toe geene theorie gevonden is, die alle bezwaren voldoende oplost. Dit mag wel een merkwaardig feit worden genoemd; want er is zeker geen vraagstuk in de geheele natuurkundige wetenschap, dat meer van alle zijden gezien en besproken is, waaraan meer uitstekende geleerden hunne krachten beproefd hebben, en dat reeds sedert zóó vele eeuwen aan de orde is, als het vraagstuk omtrent het ontstaan en de vorming des hagels. Doch is het feit merkwaardig, onverklaarbaar is het niet. Wanneer wij denken aan de buitengewoon talrijke bijvragen, die zich hier voordoen, zooals aan het verband tusschen de afneming van de temperatuur en van de hoogte boven de oppervlakte der aarde, aan den elektrischen toestand der atmosfeer, aan den invloed der elektriciteit op de verdamping, aan de oorzaken der bevrozing, aan het ontstaan van kristallen enz. — dan beginnen wij het vraagstuk te beschouwen als den steen der wijzen, die ieder zoekt en niemand vindt, of wel als het middeneeuwsche vraagstuk der goudmaking. Doch evenals *het zoeken* naar de oplossing van dit alchemistisch vraagstuk der wetenschap veel nut heeft aangebracht, zoo heeft ook het zoeken naar een antwoord op het vraagstuk der hagelvorming veel bijgebracht tot

ontwikkeling onzer kennis. Daarom juist is de geschiedenis van de hageltheoriën niet van belang ontbloot, en mag eene bijdrage tot die geschiedenis op eenige belangstelling hopen.

Het zou ondoenlijk zijn *alle* theoriën te bespreken, want haar aantal is legio. Vele schrijvers schijnen een kinderachtig genoeg te smaken, wanneer zij van "mijne theorie" mogen spreken, al hebben zij ook hoegenaamd niets nieuws medegedeeld. Het schitterendst voorbeeld van zulk eene ijdelheid vond ik bij Prof. MOHR uit Heidelberg, die aan het einde van het stuk, waarin hij ons *zijne* theorie mededeelt, verhaalt, hoe hij aan die schoone ideeën gekomen is. Hij stond voor een geopend venster naar het vallen der hagelsteen en te staren, en dacht na over de verschillende hem bekende theoriën. Eensklaps gaat er een licht voor hem op; alles is hem helder. "Da flöszte mir "der Geist es ein. Froh rief ich aus; jetzt hab's gefunden!" Met deze woorden eindigt hij zijn stuk; jammer, dat die geest later gebleken is een leugengeest geweest te zijn van de ergste soort!

Een ander zegt met plechtigen ernst: "dat hij zijn leven zal wijden aan het vraagstuk der hagelvorming." Hij begint echter reeds aanstonds met eene theorie te geven, die gebleken is evenmin bestand te zijn tegen eene gezonde kritiek. Deze betuiging is reeds meer dan 25 jaar oud, en in al dien tijd hebben wij niets meer van den schrijver aangaande zijne theorie vernomen. Misschien is hij ontrouw geworden aan zijne belofte.

Doch met dat al zullen wij gelegenheid hebben, een aantal hoogst belangrijke feiten te bespreken, en met vele vernuftige theoriën kennis te maken.

Het zal wellicht niet ondienstig zijn, met een enkel woord de verschijnselen te herinneren, die verklaard moeten worden. Deze toch moeten ons helder voor den geest staan, zullen wij met eenig recht een oordeel over hunne verklaring vellen.

Men onderscheidt twee soorten van hagel, den winterhagel (grésils, Graupel) en den zomerhagel (grélons, Schlossen). De eerste soort is in den regel ondoorschijnend; de korrels gelijken op kleine sneeuwballietjes, en naderen nu eens meer, dan eens minder in gedaante en samenstel tot de eigenlijke hagelkorrels of hagelsteen.

Omtrent het gewicht der hagelsteen zijn talrijke verhalen in omloop. Men spreekt van hagelkorrels, die 5 ons wegen. Sommige schrijvers vergelijken ze, wat de grootte betreft, met hazelnoten, of met

duiven- en kippeneieren (MUSSCHENBROEK, te Utrecht). In 1703 viel er hagel, die de grootte had van een vuist, ja, uit Konstantinopel wordt bericht, dat daar hagelkorrels gevallen zijn van 2 pond. Dat men hier soms zeer overdreven heeft, blijkt uit de mededeeling, dat er wel eens stukken ijs uit de lucht gevallen zijn ter grootte van een olifant. Ook vindt men medegedeeld, dat er in 1802 bij een hagelbui een stuk ijs viel van 3 voet lengte, 3 voet breedte en 2 voet hoogte. Acht man konden het niet optillen; het werd geschat op 11 centenaars. Bij diezelfde bui zou er een hagelklomp gevallen zijn, die de grootte zou gehad hebben van een middelmatig reiskoffer. Dat er echter dikwijls hagelkorrels vallen als een kippenei, staat vast; nog verleden jaar in het begin van Augustus had dit plaats in het Elbedal, nabij de Boheemsche grenzen.

Dat zulke stukken ijs groote verwoestingen aanrichten, spreekt van zelf. Maar toch staat men er verbaasd over, dat ze nog niet meer schade veroorzaken, dat niet menschen en dieren, die door zulke hagelsteenen getroffen worden, onmiddellijk sterven. Dit feit heeft eene dubbele oorzaak. Vooreerst schijnt de wolk, waarin die stukken ijs ontstaan, zich niet hoog boven de aarde te verheffen. Wel zijn de opgaven zeer verschillend; zoo vind ik voor de grootste opgave 13500 voet en voor de kleinste een paar honderd voeten. Maar in het algemeen hangen de hagelbuien laag. Ten anderen weegt zulk een stuk ijs niet zóó veel, als men op het eerste gezicht zou denken; het soorlijk gewicht is veel geringer dan dat van compact ijs.

De gedaante der hagelsteenen is zeer verschillend. Men kan ze gevoegelijk tot drie soorten brengen. Tot de eerste soort behooren dan de meer of minder bolvormige, die nog weer zeer onderscheiden zijn. Slechts zelden zijn deze steenen klein en doorschijnend, meermalen zeer groot, en ruw aan de buitenzijde. Hiertoe moet men ook brengen de agglomeraties of samenhoopingen van kleinere korrels, die soms zeer groot kunnen worden. Tot de tweede soort kan men de meer of minder pyramide-vormige steenen brengen, die ook wel peervormig genoemd worden; zij zijn weinig doorschijnend. Tot de derde soort worden gebracht. (door ARAGO) de bolronde, geheel doorschijnende korrels, die echter zeer zelden in deze streken voorkomen.

Na het een en ander over de hagelsteenen te hebben medegedeeld, willen wij eenige waarnemingen omtrent het voorkomen der hagelbuien vermelden.

Verreweg de meeste buien vallen des zomers en wel in de warmste maanden, ofschoon er geen enkele maand kan genoemd worden, waarin wel niet eens zulke buien zijn voorgekomen. Verder is de gewone tijd het warmste gedeelte van den dag, dus gemiddeld des namiddags te twee uur. Doch ook hierop zijn uitzonderingen. Menigmaal heeft men ook 's nachts een hagelbui waargenomen, hoewel die buien nooit zoo hevig waren, als die welke bij dag vallen. Men kan dus zeggen, dat de hagel bij alle temperaturen kan voorkomen,

Het verschijnsel is kenmerkend voor de gematigde luchtstreek. Een hagelbui in aequatoriale gewesten is even zeldzaam als bij ons eene aardbeving. Verreweg de meeste bewoners dier streken kunnen zich van zulk een verschijnsel geene voorstelling vormen. Ook aan de poolstreken kan het eene enkele maal hagelen, maar de bijkomende omstandigheden zijn daar geheel anders dan hier. Het schijnt, dat men daar te doen heeft met eene gewone regenbui, waarvan de droppels bevroren zijn.

De invloed van den bodem, van de physische gesteldheid der landen is van grooten invloed op het verschijnsel. Zoo is b. v. Middelburg bekend wegens de vele hagelbuien, die daar gevallen zijn. Ik vind opgeteekend, dat het daar in 1783 24 maal hagelde, in het volgende jaar 22 maal. In de vallei van Aosta hagelt het nooit. In Wurtemberg blijven de boschrijke streken verschoond van de hagelbuien, die de graanvelden en wijngaarden daar zoo dikwerf verwoesten.

Zware buien, die zich ver in de lengte uitstrekken, vormen dikwijls twee evenwijdige zoomen of strepen, waartusschen een gordel ligt, die niet door den hagel geteisterd wordt.

In het algemeen is het verschijnsel slechts van korten duur.

Wij moeten thans nog eenige verschijnselen vermelden, die de hagelbuien altijd of dikwijls vergezellen. Bijna altijd gaan ze gepaard met elektrische verschijnselen, met donder en bliksem; maar in zeer enkele gevallen worden deze verschijnselen niet vermeld.

Vele waarnemers hebben opgemerkt, dat bij eene hagelbui zeer dikwijls voorkomen de zoogenaamde "vents" of "bouffées par rafales", dat wil zeggen, zeer snel op elkaar volgende windstooten of rukwinden, die na denzelfden tijd zeer regelmatig terugkomen. Men bericht, dat die winden soms ondragelijk warm kunnen zijn, zoodat de waarnemer een gevoel krijgt alsof hij door stoom omringd is.

De windrichting is tijdens de bui zeer veranderlijk; men ziet de

wolken in alle richtingen bewegen. Soms tijds bespeurt men een rollende beweging in de wolkenmassa; de onderste randen zijn dikwijls als franjes uitgetand. Na de bui is de lucht aanmerkelijk afgekoeld. Tegelijk met den hagel valt er dikwijls sneeuw en regen. Maar zelden valt er hagel, wanneer de regen eenigen tijd heeft aangehouden.

Soms tijds gaan de hagelbuien vergezeld van een niet minder merkwaardig verschijnsel, namelijk van een waterhoos. Verder hebben sommige waarnemers een sterk geluid vernomen, dat aan het vallen der hagelsteenen voorafging, en dat door sommigen vergeleken wordt bij het naderen van eene afdeeling zware ruitery, door anderen bij het schud-den van een zak met noten. De berichten aangaande dit geluid loopen echter zeer uiteen.

Nog andere meer speciale waarnemingen bespreken wij, als wij de theoriën der waarnemers behandelen.

De voornaamste vragen, die zich aanstonds aan onzen geest opdringen, zijn zeker deze: 1° Welke is de oorzaak van de koude, die juist in het warmste jaargetijde zulke enorme massa's ijs kan vormen? 2° Het ontstaan der koude buiten rekening latende, hoe verklaart men dan de verschillende vormen en de structuur der hagelsteenen? 3° Hoe is het mogelijk, dat die steenen eene grootte bereiken veel grooter dan de grootste regendroppels?

Het zijn dan ook voornamelijk deze vragen geweest, waarmede de natuurkundigen en meteorologen zich hebben bezig gehouden. De een bestudeerde meer de ééne, de andere eene andere vraag. Ik wil hier eerst de meeningen van enkele filosofen der oudheid mededeelen, om daarna de theoriën te behandelen, die zich een zekeren naam verworven hebben, lettende daarbij minder op de tijdsorde dan op het beginsel, dat aan die theoriën ten grondslag ligt.

Zonder mij bezig te houden met verklaringen als deze: "De hagelkorrels zijn de door het vallen afgeronde stukjes van bevroren wolken, die uiteen zijn gesprongen," deel ik u aanstonds het gevoelen mede van ANAXAGORAS (500 v. Ch.). Volgens hem dringt de warme luchtstroom, die van de aarde opstijgt, de wolken naar boven, tot zij in zulk een koude streek komen, dat er bevriezing plaats heeft. De korrels vallen dus van eene grootte hoogte.

ARISTOTELES heeft deze meening zóó vernuftig weerlegd, dat ik mij niet onthouden kan zijne eigene woorden hier te laten volgen:

“Hagel,” zegt hij, “is ijs, en waar ijs ontstaat, moet koude wezen. Het water kan niet bevroren zijn, voordat het ontstaan is, en het kan ook niet eenigen tijd in de lucht zijn opgehangen. Wel kunnen kleine regendroppels samenkomen, en zóó groote droppels vormen, maar bevroren vloeistoffen kunnen zich niet verbinden. Het ontstaan der hagelsteenen heeft ANAXAGORAS dus in het geheel niet verklaard. Daarenboven zijn de korrels, als zij op de aarde vallen, geenszins rond van vorm, omdat het neervallen in eene kleine tijdsruimte wordt volbracht, als geschiedde het bevroren dicht bij de aarde, en niet in de bovenlucht; vielen zij uit groote hoogte, dan moesten zij rondom afgeschaafd beneden komen. Verder hagelt het zelden op hooge bergen, ten minste veel minder dan in lage streken, hetgeen, als ANAXAGORAS gelijk had, juist omgekeerd zou moeten plaats hebben.” De verklaring van ARISTOTELES zelf komt hierop neder. De warmte, die een wolk van alle zijden omgeeft, perst de koude naar binnen, want de wolk wordt van alle zijden even sterk gedrukt. Deze drukking maakt van de kleine waterdroppeltjes groote, die door de koude bevroren.

Men zal moeielijk aan deze redeneeringen scherpzinnigheid kunnen ontzeggen, al is het ook, dat de verklaring zelve niets waard is. In zijn werk over de meteorologie stelt hij overal warmte en koude als polen tegenover elkander. De wetenschap heeft dit stelsel sedert lang omver geworpen, maar toch hebben wij eerbied voor de schrandere toepassing van dit beginsel, en voor de nauwkeurige waarneming der feiten, eene zeldzaamheid in die dagen. ANAXIMENES (500 v. Chr.), waagt zich niet aan eene verklaring der koude. De wolken kunnen volgens hem dik worden, en geven dan, als zij krachtig worden samengeperst, slagregens. Als het water bij het neerkomen vast is geworden, vormt het sneeuw, en, wanneer deze sneeuw door vochtigen damp omgeven is, ontstaat hagel. Men zal inzien, dat deze laatste bewering herinnert aan de nieuwste theoriën.

EPICURUS (342 v. Chr.) toont dat hij het verschijnsel niet kent, en de eenige schrijver der oudheid, die ons nog belangstelling kan inboezemen, PLINIUS (79 n. Chr.), stelt onze verwachtingen eenigszins te leur. Wel geeft hij eenige waarnemingen op, maar voegt geen woord ter verklaring daarbij. Die waarnemingen echter zijn niet van belang ontbloomt. Zoo zegt hij, dat het nooit des winters, en meestal over dag, zelden 's nachts hagelt, dat N. W. wind hagel aanbrengt, dat

witte, dikke wolken de voorboden van hagelbuien zijn, en dat de hagel sneller smelt dan de sneeuw. Zijn eindbesluit, dat er hagel ontstaat wanneer de regen bevriest, wordt echter niet gemotiveerd.

Met de kennis der tot hiertoe waargenomen feiten toegerust, zou een scherpzinnig denker wellicht nieuwe feiten hebben gevonden en zich, met kans op een gunstigen uitslag, aan het opstellen eener theorie gewaagd hebben. Maar de nacht der middeleeuwen verdrong ook hier de schemering van wetenschappelijken zin. Allerlei metaphysische bespiegelingen namen de plaats in van wetenschappelijke onderzoekingen, en, bij het eerste ontwaken uit dien nacht, redeneerde men wel wetenschappelijker, steunde men zelfs op een beter beginsel dan dat van ARISTOTELES, maar, daar men zich meestal weinig stoorde aan de waarnemingen door de ouden medegedeeld, kwam men met theoriën voor den dag, die ARISTOTELES zonder veel moeite zou weerlegd hebben. Eerst veel later, toen men meer bekend werd met de elektrische verschijnselen, begon de questie con amore behandeld te worden.

Wij willen daarom in de eerste plaats mededeelen, welke rol men de elektriciteit bij het vormen van hagelbuien en bij het ontstaan van den hagel heeft laten vervullen en nog laat vervullen. Zooals het met zoovele nieuwe ontdekkingen gaat, werd ook de elektriciteit gebezigd om alles te verklaren, wat tot hiertoe op eene verklaring gewacht had. Men wist, dat door verdamping koude ontstaat, een verschijnsel dat theoretisch verklaard en door velerlei proeven aangetoond kan worden. Nu beweerden CAVALLO, HERMBSTÄDT, SCHÜBLER, MONGEZ en anderen dat de elektriciteit, die op de wolken opgehoopt is, de verdamping zoozeer bevorderde, dat er eene koude zou ontstaan, voldoende om de regendroppels te doen bevriezen. VAN MARUM, ERMAN en MUNCKE toonden echter door proeven aan, dat niet-geëlektriseerd en wel-geëlektriseerd water een volkomen gelijken damp opleverden, zoowel wat hoeveelheid, als wat spankracht betreft; ook in de snelheid der verdamping was geen onderscheid te bespeuren. In ieder geval is de invloed van de elektriciteit op de verdamping zeer gering. Verder toonden DE SAUSSURE en DE LUC, maar vooral REIMARUS, aan, dat men geen recht heeft om de wolken zoo maar als magazijnen van elektriciteit te beschouwen. Voegt men hierbij nog, dat de hagelkorrels in het geheel niet het voorkomen van bevroren regendroppels hebben, die daarenboven hier als voorhanden worden aangenomen, dan wordt het begrijpelijk, waarom men van de bevordering der ver-

damping door de elektriciteit weinig meer hoort spreken. Alleen bij DE LA RIVE vinden wij nog sporen van deze meening. Wel wordt door sommigen (o. a. door SCHWAAB) de verdamping te hulp geroepen om elektriciteit te doen ontstaan, maar de mogelijkheid hiervan is tot hiertoe evenmin door proeven aangetoond.

VOLNEY, de warmte nog altijd als een *stof* beschouwende, voerde een nieuw denkbeeld in. De elektrische ontladingen, die bij iedere bui voorkomen, nemen, volgens hem, een groot deel van de warmtestof der wolken in beslag. Hierdoor wordt waterdamp gecondenseerd, hetgeen eene ledige ruimte doet ontstaan, waarin de koudere lucht der bovenste luchtlagen met kracht neerstort, het water samendrukt, doet bevroren en met kracht naar omlaag werpt.

Wij moeten in deze theorie twee zaken goed van elkander onderscheiden. VOLNEY meent dat er warmte wordt omgezet in elektriciteit, en dat de daardoor ontstane afkoeling voldoende is om water te condenseren. Afgescheiden van deze zienswijze, beweert hij, dat de condensatie van waterdamp eene ledige ruimte zal doen ontstaan, een denkbeeld, dat later door SCHWAAB omhelsd en door MOHR meer uitgewerkt is. Het omzetten van warmte in elektriciteit is, ofschoon in een eenigszins anderen vorm, verdedigd door DE LUC en LICHTENBERG, en in den jaargang 1853 van dit Tijdschrift door Prof. HARTING. Deze gaat echter nog verder dan VOLNEY en meent, dat er bij die omzetting zooveel koude zal worden voortgebracht, dat er groote hagelsteenen van b. v. 2 dm. diameter kunnen ontstaan. Wel mag de Hoogleraar deze stelling stout noemen. Wij betwisten in het geheel niet de mogelijkheid, evenmin als het feit, dat men met behulp dier stelling vele verschijnselen verklaren kan. Maar juist in de omstandigheid dat HARTING zooveel verder gaat dan VOLNEY, ligt het bewijs voor de weinige waarde dezer theorie. Op de vraag: "hoeveel warmte verdwijnt er bij het ontstaan dier electriciteit?" moet men niet alleen het antwoord schuldig blijven, maar wij kunnen niet eens ons eene voorstelling van die omzetting vormen. En om nu met eene hypothese eene andere te verklaren, is, dunkt ons, wat al te stout. Een flink bewijs voor de juistheid dezer theorie kan natuurlijk niet worden bijgebracht.

De theorie, die wel het meest van zich heeft doen spreken, en geheel steunt op de leer der elektriciteit, is die van VOLTA. Volgens hem, stijgen de wolken des zomers zóó hoog, dat zij zeer droge luchtlagen bereiken; bij droge lucht is de verdamping zeer sterk, en deze



wordt zeer vermeerderd, wanneer de zonnestralen vallen op de bovenste oppervlakte der wolk. De hierdoor uit de "vapeurs vésiculaires" <sup>1</sup> ontstane dampen verzadigen de lucht met waterdamp, stijgen gedeeltelijk in de hoogte, en worden door de koude der hoogere luchtlagen wederom tot blaasjesdamp verdicht. Onder deze omstandigheden moet de bovenste wolk positief, de onderste negatief elektrisch worden. Door de verdamping moet er nu warmte in de onderste wolk gebonden worden, waardoor bevroering optreedt van den blaasjesdamp. Deze zeer kleine ijsstukjes zijn negatief electrisch en worden dus door de bovenste wolk aangetrokken; dáár worden ze positief en naar de onderste wolk teruggestooten, welk spel zich, evenals bij den zoogenaamden elektrischen poppendans, zoolang herhaalt, tot er op de oorspronkelijk kleine ijsstukjes een groote massa damp is neergeslagen, die aanstonds befrist en de ijsstukjes zóó zwaar maakt, dat ze eindelijk naar beneden vallen.

Deze theorie werd door BELLANI, PRECHTL, IDELER en anderen krachtig bestreden. Er zijn daartegen zoovele afdoende argumenten aangevoerd, dat men haar gerust als onaannemelijk mag aanmerken. Ik wil er maar een paar opnoemen: 1<sup>o</sup> zoodra men in den "elektrischen poppendans" een der platen door een vloeistof vervangt, houdt de op en neer gaande beweging geheel op; 2<sup>o</sup> des nachts, wanneer de zonnearmte haren invloed niet kan doen gelden, en zelfs vroeg in den morgen, heeft men hagelbuien waargenomen; 3<sup>o</sup> wanneer de hagelsteen zoolang in den dampkring worden opgehouden, dan moet de elektrische spanning der wolken gedurende al dien tijd óf constant, óf steeds toenemend worden aangenomen. Dit nu is het geval niet. Die spanning neemt óf voortdurend af, óf wordt bij eene plotselinge ontlading in eens opgeheven; 4<sup>o</sup> GAY LUSSAC heeft bevonden, dat er bij eene temperatuur hooger dan 8<sup>o</sup> C. nooit eene verdamping kan plaats hebben, die zooveel koude doet ontstaan, dat daardoor bevroering optreedt. Dit zij voldoende ter weerlegging van VOLTA's theorie.

Wij hebben thans de voornaamste rollen besproken, die men aan de elektriciteit heeft opgedragen. Ter verklaring van bijzaken is zij echter door vele geleerden, die ik niet genoemd heb, te hulp geroepen. MUSSCHENBROEK bezigt haar om *grootte* regendroppels te doen ontstaan,

---

<sup>1</sup> VOLTA neemt evenals de SAUSSURE aan, dat de nevels, die wij wolken noemen, bestaan uit zeer kleine waterblaasjes.

die dan boven de sneeuwgrens zullen bevroren, welke geheele voorstelling tegen alle waarnemingen strijdt. DE LA RIVE vindt het even als VOLTA niet onwaarschijnlijk, dat de hagelkorrels door de wolken worden aangetrokken, en laat de aarde de wolken aantrekken. Dit alles betreft echter bijzaken. OERSTED is, voor zoover ons bekend is, de eerste geweest, die de stelling heeft uitgesproken: de elektriciteit is een gevolg, geen oorzaak. Meer en meer heeft dit gevoelen ingang gevonden, zoodat men in de nieuwste theoriën alleen in zooverre nog hier en daar van de elektriciteit vindt gesproken, dat de elektrische ontladingen eene zuivere mechanische werking kunnen te weeg brengen (DUFUR).

Dat er bij verdamping warmte gebonden wordt, is een bekend verschijnsel. Het is dan ook geenszins te verwonderen, dat men het optreden van koude in het warme jaargetijde, zooals dit bij den hagel plaats heeft, aan deze oorzaak heeft toegeschreven. Wij zagen reeds, dat VOLNEY er gebruik van maakte, maar de man die dit beginsel het meest consequent hier heeft toegepast, was LEOPOLD VON BUCH (1814). Hij neemt eenvoudig aan, dat de damp, dien de warme opstijgende luchtstroom bevat, in hoogere lagen neerslaat, en droppels vormt. Terwijl deze naar omlaag vallen, verdampen zij voortdurend, omdat ze steeds opstijgende, warme luchtstroomen ontmoeten; die verdamping doet koude ontstaan, waardoor er een neerslag van damp op de reeds ontstane droppels plaats heeft. Een nieuwe verdamping en nieuwe koude zijn daarvan het gevolg, en eindelijk zal de druppel bevroren en als hagel op aarde vallen. IDELER (1833) heeft zich bijna geheel bij deze zienswijze aangesloten.

Tegen deze theorie zijn gewichtige bedenkingen ingebracht. Wij zeiden reeds, dat GAY LUSSAC heeft aangetoond, dat er bij 8° C. in *droge* lucht geene verdamping kan optreden, die bevroering ten gevolge heeft. Maar toegegeven, dat de regendroppels bevroren doordat zij in eene warme omgeving komen (welke stelling, zóó uitgesproken, al zeer vreemd klinkt), hoe wil men dan het feit verklaren, dat verreweg de meeste hagelbuien met elektrische verschijnselen gepaard gaan? Daarenboven kunnen er, wanneer de theorie juist was, nooit hagelsteenen ontstaan ter grootte van een kippenei, en kan het verschijnsel zich niet zóó ver uitstrekken als somtijds het geval is. Ook gelijken de hagelkorrels niet in het minste op bevroren regendroppels.

GAY LUSSAC had opgemerkt, dat de wolken van boven door een

horizontaal plat vlak begrensd zijn, en meent, dat deze vlakke door uitstraling genoeg koude kan voortbrengen om hagel te vormen. ALEXANDER VON HUMBOLDT voegt bij deze oorzaak van koude nog eene andere; de warme opstijgende luchtstroom breidt zich, zegt hij, in de laag gelegen luchtlagen zeer ver uit en kan dus zeer veel warmte binden. — Het argument, dat wij onder 2<sup>o</sup> tegen VOLTA's theorie bijbrachten, geldt ook tegen deze zienswijzen, terwijl bijna alle bedenkingen tegen LEOPOLD VON BUCH's theorie aangevoerd, ook hier van kracht zijn. Het ontstaan der koude door verdamping, uitstraling of uitzetting der lucht te verklaren, schijnt als mislukt te moeten beschouwd worden. In den tegenwoordigen tijd vindt deze verklaring geene aanhangers meer.

“Maar van waar dan die koude?” bleef men vragen. Meer en meer komt men er toe om hierop aldus te antwoorden: “door het vermengen of ontmoeten van twee tegengestelde luchtstroomen, waarvan de een warm, de ander koud is.” Zeer verschillend echter zijn de voorstellingen, die men zich van deze ontmoeting vormt. Terwijl sommigen met een enkel woord eene zeer oppervlakkige beschrijving geven van hetgeen hier zal plaats hebben, dringen anderen veel dieper door en behandelen de zaak au fond. Wij zagen reeds, dat VOLNEY wederom de eerste was, die de koude verklaart door de bovenlucht in de ledige ruimte te laten storten, welke ontstaat als de waterdamp wordt gecondenseerd door het gebonden worden van warmte bij de elektrische ontladingen. Als bewijs voert hij aan, dat er geen hagelbui is waargenomen zonder storm, en dat de hevigheid daarvan evenredig is aan de grootte der hagelsteenen.

Reeds in 1838 heeft OERSTED eene theorie gegeven, die veel te weinig bekend is geworden, en waarvan de latere schrijvers veel te weinig notitie genomen hebben. Het stukje is te belangrijk om er niet den korten inhoud van mede te deelen. Men kan, volgens hem, als bewezen aannemen, dat er in den dampkring dikwijls evenwijdige en tegengestelde luchtstroomen moeten optreden, en dat deze “Wirbeln,” wervelwinden, doen ontstaan. Men is zelfs bij een luchtvaart eens op een wolk gestooten, die in draaiende beweging was. De ervaring leert verder, dat er in de bovenlucht nog evenwijdige en tegengestelde luchtstroomen bestaan, terwijl het op aarde rustig is. De loodrechte stroom, door verschil in temperatuur op aarde ontstaan, is in de boven-

lucht nog waar te nemen, als hij op aarde reeds niet meer bestaat.

Misschien ontstaan nu alle hagelbuien uit wervelwinden, die in de hoogere lagen der atmosfeer worden voortgebracht, en zich boven de onderste wolkenlagen voortbewegen. Het is ten minste zeker, dat de wervelwinden, die wij te zien krijgen, de zoogenaamde *hoozen*, dikwijls door hagel worden vergezeld, hetzij gedurende hare verschijning, hetzij kort daarna. Zulk een hoos strekt zich naar boven veel verder uit, dan wij haar zien kunnen. Ze kan ook nergens elders dan boven in de atmosfeer ontstaan zijn, én omdat ze op alle plaatsen voorkomt, én omdat ze meestal verschijnt als het op aarde stil is. Zij draait om eene verticale of bijna verticale as, zoodat er bij die as door de middelpuntvliedende kracht eene verijlde ruimte ontstaat. Nadert zij de aarde, dan dringt van onder de vochtige lucht in die ruimte, en trekt de luchtdeeltjes, die zich in het rond bevinden, met zich mede. Wanneer de hoos de oppervlakte der aarde *raakt*, dan worden de lucht- en andere deeltjes naar buiten gedreven, en, wegens den weerstand, dien de omliggende massa's bieden, ook naar boven. Deze lucht kan echter de verijlde ruimte niet geheel vullen; van daar, dat er ook van boven lucht en wolken indringen, die vooral bij de as zich met groote snelheid naar omlaag begeven. De vermenging, of liever de ontmoeting van deze beide luchtstroomen, doet nu door condensatie en bevrozing regen en hagel ontstaan. Eerst stijgen de vaste deelen naar boven, later dalen ze weer, waardoor er eene beweging ontstaat als van twee elkander kruisende schroefdraden. Op zekeren afstand van de as houdt de middelpuntvliedende kracht de deeltjes zwevende; van daar de trechtervorm der hoozen. Door de beweging der hagelkorrels in het binnenste gedeelte des trechters, geraken ze nu eens in koude, dan weer in warme lucht, waardoor de afwisselende lagen, die wij bij de meeste hagelkorrels aantreffen, noodzakelijk ontstaan moeten. De smalle stropen, die de hagelbui meestal vormt, worden verklaard door de betrekkelijk nauwe opening, waarin de hoos moet uitloopen. De beweging der buien van het Z. W. naar het N. O. wordt verklaard door de opmerking, dat in deze streken Z. W. wind de meest heerschende is. OERSTED voert eene menigte voorbeelden aan om te bewijzen, dat zijne verklaring van een hoos volkomen met de verschijnselen overeenstemt; wij kunnen die hier laten rusten.

OERSTED steunt bij zijne theorie op de waarnemingen en opmerkingen van KAEMTZ. Deze heeft o. a. het ontstaan van wervelwinden, die

om horizontale assen draaien, verklaard door de ongelijke verwarming van den bodem, en de daaruit ontstaande verschillen in intensiteit der opstijgende luchtstroomen. De theorie van OERSTED is in den laatsten tijd in bescherming genomen door D<sup>r</sup>. KRECKE, die haar bijna in zijn geheel heeft overgenomen en nieuwe argumenten voor hare juistheid heeft bijgebracht.

Zonder twijfel is er veel in deze theorie wat ons aantrekt, al is het ook, dat er nu en dan wel eens eene bedenking oprijst. Zoo is b. v. de verklaring van de richting, waarin de hagelbuien zich bewegen, wel niet houdbaar. Maar men gevoelt sympathie voor eene theorie, die het zoo moeielijk verschijnsel des hagels ondergeschikt maakt aan de groote wet der Tornado's, die wij aan de onderzoekingen van DOVE te danken hebben; deze onderzoekingen vallen omstreeks samen met den tijd, waarin OERSTED zijn stuk schreef.

*(Wordt vervolgd.)*