

EEN NIEUW MIDDEL TOT ONDERZOEK DER HOOGSTE LUCHTLAGEN.

DOOR

CHR. A. C. NELL.

In de eerste periode van de weerkunde werden meteorologische waarnemingen alleen gedaan op plaatsen aan de oppervlakte der aarde, dus in de onderste luchtlagen gelegen. Het is heel natuurlijk, dat de weerkundigen spoedig begonnen in te zien, dat er veel te leeren zou zijn uit waarnemingen, die in hoogere lagen van den dampkring werden gedaan. Een der meest natuurlijke hulpmiddelen kwam daardoor al spoedig in gebruik; wij bedoelen de wolkenwaarneming, die de gelegenheid gaf gevolgtrekkingen te maken omtrent de heerschende luchtstroomen op grootere hoogten van duizend tot ongeveer tien-duizend meter boven de aardoppervlakte. Met de toenemende belangstelling in de weerkunde werd het aantal waarnemingsstations steeds grooter en werden deze langzamerhand ook gevestigd op de hoogste bergtoppen, waar nog geschikte gebouwen voor verblijf der waarnemers konden worden opgericht. Zulke bergstations bleven toch immer een middending tusschen een landstation en een observatiepost in den vrijen dampkring. Het ideaal der meteorologen bleef waarnemen in den vrijen dampkring op grootere hoogten, vrij van alle storende invloeden door de aarde uitgeoefend. Aan dit ideaal kon de vestiging van een observatiepost op den Eiffeltoren nog slechts ten halve tegemoet komen.

Toen kwam de tijd, waarin de luchtscheepvaart het middel bood de weerkundige waarnemers met hunne instrumenten in hoogere luchtlagen op te voeren. Het middel werd op tamelijk groote schaal toegepast en menige goede oogst van waarnemingen werd binnen- of liever naar beneden gehaald. Het middel was echter gevaarlijk, moeielijk en kostbaar in de toepassing.

Onder deze omstandigheden lag het voor de hand het veel goedkoopere en volkomen gevaarlooze middel toe te passen, dat sedert dien tijd de oorzaak is geweest van een grooten vooruitgang der weerkunde. Wij bedoelen de z.g. meteorologische luchtballons, die tegenwoordig op tweederlei manieren worden gebruikt, nl. als dragers van zelfregistreerende instrumenten, die in hoogere luchtlagen worden opgevoerd, of als vrije ballons, die met behulp van kijkers worden geobserveerd en daardoor dienen als aanwijzers voor de richting der luchtstromen op groote hoogten.

Ook zelfs deze hulpmiddelen zijn niet toereikend om de hoogste lagen van den dampkring te onderzoeken. Tot nog toe bereikten de vrije meteorologische ballons geen grooter hoogten dan ongeveer 28 duizend meter.

Om de atmosfeer op nog grooter hoogten te onderzoeken kan men gebruik maken van sommige lichtverschijnselen, waaruit eenige gevolgtrekkingen te maken zijn omtrent den meteorologischen toestand dier hoogere luchtlagen, waarin deze verschijnselen optreden. Morgen- en avondrood, poollicht, rayons crépusculaires, schemeringsverschijnselen in het algemeen kunnen alle iets leeren omtrent samenstelling, dichtheid en natuurkundige eigenschappen der hoogste luchtlagen, maar omtrent beweging daarvan leeren zij niets.

Het nieuwste hulpmiddel om iets te weten te komen van de beweging in de bovenste luchtlagen heeft Prof. C. C. TROWBRIDGE gevonden in de lichtende staarten, die sommige meteoren nalaten.

Deze geleerde zegt daarvan o.a. het volgende: »De stelselmatige waarneming en bestudeering der meteor-staarten is van zeer veel belang voor de meteorologie, want zij is het eenige middel waardoor de aanwezigheid, zoowel als de richting en snelheid van beweging van luchtstromingen op zeer groote hoogten boven de aardoppervlakte kan worden vastgesteld. In deze richting is weinig, of in het geheel geen stelselmatige arbeid verricht.«

Vele astronomen, die zich met de waarneming van »vallende sterren« bezig hielden, hebben een aantal aantekeningen gemaakt omtrent bijzonderheden van de beweging dezer lichtende meteor-staarten, die als lichtende, phosphoreeerende wolkjes zoowel bij nacht als bij dag kunnen worden waargenomen. TROWBRIDGE noemt onder hen, die vele meteor-staarten hebben waargenomen als de voornaamsten: W. F. DENNING, A. I. HERSHEL, in Engeland, en H. A. NEWTON, C. A. YONG en E. E. BARNARD in de Vereenigde Staten. Overigens zijn in verschillende astronomische tijdschriften, maar ook in andere werken, een aantal merkwaardige gevallen van waargenomen meteor-

staarten beschreven. Daardoor is tenminste zooveel aan de vergeetelheid ontrukkt, dat uit het verzamelde materiaal belangrijke gevolgtrekkingen konden worden afgeleid. TROWBRIDGE heeft een groot aantal van zulke gegevens bijeen verzameld en behalve vele andere, die wij hier niet bespreken zullen, ook eenige besluiten daaruit getrokken, die betrekking hebben op de hoogste luchtstreken.

Vele der in beschouwing gekomen gevallen waren uit de jaren 1860 tot 1870, toen veel meer aandacht geschonken werd aan de meteoren dan tegenwoordig, in verband met de Leoniden-stroomen van 1867, 68 en 69. Echter zijn een aantal zeer belangrijke gevallen uit den laatsten tijd afkomstig. Toch vormen de bestudeerde gevallen maar een deel van het geheele aantal beschrevene, daar TROWBRIDGE zich niet wilde wagen aan een bewerking van alle hem ter kennis gekomen gevallen, die een al te uitgebreid materiaal opleverden.

Wij zullen nu eens nagaan tot welke uitkomsten het onderzoek TROWBRIDGE leidde, waarbij wij diens beschrijvingen zooveel mogelijk op den voet zullen volgen.

De hoogte boven de aardoppervlakte, waarop meteor-staarten voorkomen, wanneer zij 's nachts zichtbaar zijn, ligt tusschen 72 en 104 kilometer. Het gunstigst voor langen duur van zichtbaarheid der staarten schijnt een hoogte van 88 kilometer te zijn.

De gemiddelde hoogte van het middelste gedeelte van den staart bleek volgens de gegevens, afgeleid uit de waarnemingen van dertien verschillende gevallen, 86 kilometer te zijn. Deze gevallen waren die, waarin de hoogte bepaald kon worden uit de opgaven van ervaren astronomen op twee of meer stations voor ieder geval. Volgens TROWBRIDGE is dit geen toevallige uitkomst. Hij is van meening dat op deze hoogte de dichtheid van den dampkring het gunstigst is, zoowel voor het ontstaan van de lichtende staarten als voor den langen duur daarvan. Daarom stelt hij voor de luchtlaag op deze hoogte de *meteorstaarten-zône* te noemen.

Meteor-staarten worden niet alleen des nachts maar vaak ook des daags of tijdens de schemering gezien en dan als een op een dunne rookwolk gelijkend verschijnsel, dat door de zonnestralen verlicht wordt. In deze gevallen werden als hoogtecijfers gevonden 40 tot 80 kilometer, zelden grootere hoogten. Daarentegen zijn de lichtende sporen der meteoren des nachts meestal hooger dan 72 kilometer.

In ieder geval verschijnen de meteor-staarten in luchtstreken waarvan wij zeer weinig weten. De hierboven genoemde hulpmiddelen tot onderzoek der hoogere luchtlagen reiken niet tot deze groote

hoogten. Alleen de bestudeering der door vulkanen uitgeworpen stof heeft iets geleerd omtrent luchtstroomen op zeer groote hoogten tot ongeveer 50 kilometer. De op 26 Augustus 1883 door Krakatou uitgeworpen vulkaanstof gaf gelegenheid waar te nemen dat op een hoogte van ongeveer 40 kilometer een oostelijke luchtstroom heerschte, die een snelheid had van bijna 120 kilometer per uur.

De meteoren-staarten zijn voornamelijk van belang met het oog op de kennis der luchtstroomen op zeer groote hoogten. TROWBRIDGE onderzocht twee-en-zestig gevallen en kwam daarbij tot de slotsom, dat van de meteor-staarten, die des nachts gezien werden, in 12 gevallen de drift van West naar Oost, in evenzooveel gevallen van N.W. naar Z.O. was. Tien gevallen gaven een bewegingsrichting van de hoogste luchtstroomen van Zuid naar Noord, zes in omgekeerde richting, vier gevallen van Z.W. naar N.O., evenzooveel gevallen in omgekeerde richting, twee gevallen van Z.O. naar N.W., drie gevallen, waarin de meteor-staart in tweeërlei luchtstreamingen lag. Merkwaardig is dat geen enkele maal een afdrijven van den staart naar het Westen gezien werd. Daarentegen kwamen op twee na alle meteor-staarten, die des daags gezien werden, in een Oost-West gerichten luchtstroom voor.

BARNARD vermoedde dat op het Noordelijk halfmond op groote hoogten boven de aardoppervlakte een oostelijk gerichte luchtstroom heerschte. In hoofdzaak wordt dit vermoeden bevestigd door de bovenaangehaalde waarnemingen, voor zoover deze, hoofdzakelijk in Groot-Brittanje en de Vereenigde Staten verricht, dit kunnen bewijzen. Een tweede gevolgtrekking door TROWBRIDGE gemaakt is, dat meteor-staarten, die op een hoogte van 80 tot 100 K.M. verschijnen, aantoonen dat op die hoogte boven de aardoppervlakte luchtstreamingen in verschillende richtingen kunnen voorkomen, althans in de Vereenigde Staten en Groot-Brittanje, welke gevolgtrekking wellicht voor de geheele gematigde zône kan worden gemaakt.

Aan het feit, dat de meesten der bij dag waargenomen meteor-staarten een luchtstroom van Oost naar West aantoonde, hecht TROWBRIDGE niet veel gewicht, daar het aantal waarnemingen toch maar klein is en de drift van zulk een staart niet zeer nauwkeurig kan worden vastgesteld.

Aangaande de snelheid, waarmede deze hooge luchtstroomen zich voortbewegen, deelt TROWBRIDGE de volgende gegevens mede: in een geval was deze snelheid 200 K.M. per uur naar het Noorden, op een hoogte van 96.5 K.M. In een ander geval werd een snelheid geconstateerd van 196 K.M. per uur naar Z.O. op een hoogte van 86,8

K.M. In vele andere gevallen was de snelheid nog grooter dan 160 K.M. per uur, zoodat de gevolgtrekking mag worden gemaakt, dat over het algemeen zulke groote snelheden van luchtstroomen op deze aanzienlijke hoogten een normaal verschijnsel zijn.

De waarneming van lichtende staarten, die de meteoren achterlaten, leidt ook tot verdere gevolgtrekkingen ten aanzien van de beweging der zeer hoog gelegen luchtlagen. Het is een bekend feit, dat zulke staarten, nadat zij eenigen tijd zichtbaar zijn geweest, van vorm veranderen en daarbij een gekronkelde gedaante aannemen. Dikwijls worden na eenigen tijd vormen waargenomen, die op de letter *M* of *N* gelijken. Hiervoor is slechts één verklaring mogelijk, nl. dat de staart ligt in twee of meer luchtlagen, die een verschillende bewegingsrichting of snelheid hebben.

Prof. TROWBRIDGE haalt een geval aan waarin drie luchtstroomen van tegengestelde richting konden worden aangetoond. In vele der onderzochte gevallen lagen de meteor-staarten in twee verschillende luchtstroomen, hetzij dat deze ieder een verschillende bewegingsrichting hadden, hetzij dat de bewegingssnelheid niet overal dezelfde was. Dat deel van een meteor-staart, hetwelk in een luchtstroom van grootere snelheid ligt, zal als het ware vooruit loopen op de voortbeweging van het andere deel, dat zich bevindt in een luchtstroom met een langzamere beweging. De staart wordt dan in tweeën gesneden of verkrijgt den vorm van een *V*.

In het algemeen kan dan ook worden aangenomen, dat op zeer groote hoogte van meer dan 100 K.M. evenzeer verschil in bewegingsrichting en snelheid van de lucht kan voorkomen als in de onderste lagen van den dampkring, waar men zulke verschillen natuurlijk gemakkelijker kan waarnemen. De waarneming van meteor-staarten bevestigt dit vermoeden en geeft dus ook in dit opzicht de gelegenheid iets te weten te komen van die hooge luchtstreken, die voor geen menschelijke hulpmiddelen bereikbaar zijn.

In verband met de geografische breedte kan Prof. TROWBRIDGE slechts een vermoeden uitspreken betreffende de richting der luchtstroomen op zeer groote hoogten. Uit hetgeen af te leiden valt uit de onderzochte gevallen, zou volgen, dat naarmate men noordelijker komt in de gematigde luchtstreek, de luchtstreaming op 100 K.M. hoogte eerst noordwaarts gericht is, vervolgens noordoostwaarts en eindelijk, wanneer de 50^{ste} tot 60^{ste} Noorderbreedtegraad bereikt is, zuidoostwaarts. Niet onwaarschijnlijk spelen locale invloeden, zooals verdeeling van land en zee, daarbij een rol.

Eén bijzonderheid mag hier niet stilzwijgend worden voorbijgegaan.

Men zou allicht geneigd zijn aan te nemen, dat een schijnbaar dalende beweging van een meteor-staart zou moeten worden toegeschreven aan een werkelijk naar-beneden-vallen van de stof waaruit de staart is samengesteld. Berekeningen hebben aangetoond dat deze gevolgtrekking onjuist zou zijn. De Krakatou-commissie, indertijd door de »*Royal Society of Great Britain*» benoemd, heeft berekend, dat een stofdeeltje met een diameter van 0.000075 c.M. op een hoogte van 270 K.M. boven de aardoppervlakte zou neervallen met een snelheid van 15 meter per dag. Prof. TROWBRIDGE neemt aan, dat de deeltjes waaruit de meteor-staarten bestaan, niet kleiner kunnen zijn dan 0.000075 c.M. in middellijn, doch daartegenover staat, dat zij zich in veel ijler lucht bevinden en bij hun val dus minder weerstand zouden ondervinden. Doch indien de valsnelheid 16000 maal zoo groot was als de bovengenoemde, dus ongeveer anderhalve kilometer per minuut, zou dat nog niet waarneembaar zijn. Een schijnbaar dalende beweging is dus niets anders dan een die ontstaat, doordat de beweging van den waarnemer af gericht is.

Eigenaardig is de gevolgtrekking die TROWBRIDGE maakt ten opzichte van de dichtheid der lucht op zulke groote hoogten. Hij nam proeven met nagloeïng in electrodenlooze vacuumbuizen, om te onderzoeken welk verband bestond tusschen het vacuum en den duur van het nagloeien. Op grond van de resultaten dezer proefnemingen kwam hij tot het besluit, dat de luchtdrukking op een hoogte van 100 K.M. ongeveer 0.1 m.M. moet bedragen.

Uit een en ander blijkt wel dat in een nauwkeurige waarneming van meteor-staarten een middel gelegen is om gegevens te verkrijgen omtrent de bewegingen in de zeer hooge luchtlagen. Wij onderschrijven daarom gaarne de opwekking, die Prof. TROWBRIDGE aan zijn verhandeling toevoegt, om vooral bij het waarnemen van meteor-staarten nauwkeurig verplaatsing en vormveranderingen aan te teekenen en te schetsen.

's-Gravenhage, April 1908.