

DE ZON EN DE AARDE.

DOOR

A. VAN OVEN.

(Vervolg en slot van blz. 77).

III.

VERBAND TUSSEN ZONNEVLEKKEN EN WIND EN REGEN.

De weersgesteldheid op onze aarde, de hevigheid der winden, de hoeveelheid en talrijkheid der regens moeten, volgens al het voorgaande, afhankelijk zijn van den toestand der zon en van haren stand met betrekking tot onze aarde. Wij weten dan ook werkelijk dat de meteorologische toestand des nachts, als de zon onder onzen horizon is, geheel anders is dan over dag. Is des daags de grond en de dampkring verwarmd en is er uit zee en rivieren water verdampt, des nachts koelt zij weer af, de aarde verliest hare warmte door uitstraling, en een neerslag van waterdamp onder den vorm van dauw is daarvan het gevolg. Een tweede bewijs hoezeer het weder van de zon afhangt, levert ons de afwisseling der jaargetijden: het eenvoudig feit dat de zon ons elk etmaal gedurende acht uur beschijnt in plaats van zestien, en dat zij op den middag, d. i. op het oogenblik van haar hoogsten stand, slechts 14 graden boven onzen horizon stijgt (21 Dec.) in plaats van 61 (zooals in Juni), veroorzaakt alle verschillen tusschen winter en zomerweer.

Bleef de zon wat hare uitstraling betreft voor het overige volkomen dezelfde, wij zouden geen andere veranderingen in het weder kunnen verwachten; maar zijn er verschijnselen die er op wijzen dat de zon het eene jaar meer warmte geeft dan het andere, dan is het geen gewaagde vooronderstelling dat men den terugslag dier veranderingen ook in het weder zal moeten bespeuren. Nu zijn er waarnemingen, die de veranderlijkheid der zon boven allen twijfel verheffen, en wij konden dus vermoeden dat daarmede ook veranderingen in het weder gelijken tred zouden houden. Over de wijze waarop de verschijnselen in den dampkring van de veranderlijkheid der zon moeten afhangen valt a priori niet veel te zeggen. Wind en regen hebben als eerste oorzaak de verwarming der aarde door de zon; daaruit kan men echter niet het besluit trekken dat hoe meer warmte de zon op zekeren dag uitzendt het des te meer regenen en des te harder waaien zal; die conclusie immers zou ten eenemale valsch zijn. Wat b. v. den regen betreft zal er door meer warmte meer water verdampen, maar omdat het warmer is, zal die damp ook damp kunnen blijven en met den passaatwind meêgevoerd niet zoo spoedig als regen neerslaan; bovendien zal de verdunning der lucht aan den evenaar grooter en zullen de passaatwinden dus sterker zijn en die dampdragende lucht sneller meêvoeren. In het omgekeerde geval verdampft minder water, en is er dus een kleiner regenvoorraad voorhanden; de passaat is dan echter zwakker, de damp wordt dus minder weggevoerd van de plaats waar hij werd opgenomen, en er kan weer spoediger een daling van temperatuur ontstaan, waardoor die damp water wordt. Bovendien zouden wij moeten weten wanneer de zon meer warmte geeft, in de periode dat zich vele of in die waarin zich weinig vlekken vertoonen; en tot onzen spijt zijn wij tot de bekentenis genoodzaakt dat wij omtrent dit punt, dat in die zaak van het grootste belang is, nog in het duister verkeeren. Het is namelijk onmogelijk om met zekerheid te beslissen of de zon, wanneer zij met vlekken bedekt is, meer of minder uitstraalt dan in het omgekeerde geval; en daarom is het niet alleen onmogelijk vooruit te bepalen welke gevolgen der zonnevlekken men op aarde zal waarnemen, maar zelfs wordt de verklaring der waargenomen verschijnselen door deze omstandigheid hoogst moeielijk. Wij verlaten daarom het gebied der bespiegeling, om de resultaten der waarneming te bespreken.

SCHWABE te Dessau heeft na lange jaren van waarneming der zon, gevonden dat het aantal vlekken op de zon aan een periodieke veran-

dering onderhevig is. Zijn er een jaar zeer weinig nieuwe vlekken ontstaan, dan is hun getal het volgend jaar grooter en neemt van jaar tot jaar toe tot het ongeveer in het vijfde jaar een maximum bereikt, om daarna van jaar tot jaar weer af te nemen en, na ongeveer elf jaar na het eerste minimum, weder een minimum te worden; de volgende getallen zullen dit duidelijker maken.

Jaartal.	Vlekken.	
1827	161	} maximum- periode.
1828	225	
1829	199	} gemidd. 195.
1832	84	} minimum- periode.
1833	33	
1834	51	} gemidd. 56.
1836	272	} maximum- periode.
1837	333	
1838	282	} gemidd. 296.
1842	68	} minimum- periode.
1843	34	
1844	52	} gemidd. 51.
1847	257	} maximum- periode.
1848	330	
1849	238	} gemidd. 275.
1854	67	} minimum- periode.
1855	38	
1856	34	} gemidd. 46.
1859	205	} maximum- periode.
1860	210	
1861	204	} gemidd. 206.
1866	45	} minimum- periode.
1867	17	
1868	115	} gemidd. 59.
1869	224	} maximum- periode.
1870	403	
1871	271	} gemidd. 299.

Deze getallen spreken voor zich zelve; een geregelde stijging en daling is hier niet te miskennen, en het is boven allen twijfel verheven

dat perioden, waarin een groot aantal zonnevlekken op de zon ontstaan, afwisselen met periodes waarin dat aantal gering is; het tijdsverloop tusschen de opvolgende maxima blijft niet constant, en is ook niet gelijk aan dat tusschen de opvolgende minima. Neemt men niet, zooals ik gedaan heb, minima- en maxima-perioden van drie jaar, maar de jaren zelve waarin het aantal vlekken telkens het grootst en het kleinst was, dan vindt men:

1828 met 225; 1837 met 333; 1848 met 330; 1860 met 210 en 1870 met 403 als maximum-jaren; en 1833 met 33; 1843 met 34; 1856 met 34; (1855 met 38); en 1867 met 17 als minimum-jaren. Het tijdsverloop tusschen de opvolgende maxima is 9, 11, 12 en 10, gemiddeld $10\frac{1}{2}$ jaar; dat tusschen de opvolgende minima 10, 13 en 11, gemiddeld $11\frac{1}{3}$; het tijdsverloop tusschen een maximum-jaar en het daaropvolgend minimum is gemiddeld $6\frac{1}{2}$ jaar, terwijl een minimum na ongeveer 4 jaar reeds weér door een maximum gevolgd wordt.

Zonder in een onderzoek te treden naar de oorzaken die tot deze periodieke verandering in de wervelbewegingen op de zon aanleiding kunnen geven, staat het dus voor ons vast, dat er op dat hemellichaam perioden elkaár afwisselen, waarin het zeer weinig vlekken vertoont of met een groot aantal bedekt is. Telt men de getallen 195, 296, 275, 206 en 299 uit onze tabel bij elkaár en deelt men de som 1271 door 5, dan krijgt men een gemiddeld aantal van 254 zonnevlekken voor elk jaar der maximum-periode, en langs een dergelijken weg slechts 53 voor elk jaar der minimum-periode.

Laat ons nu zien of men in verschijnselen op onze aarde dergelijke perioden kan ontdekken, die een gevolg kunnen zijn van den invloed dozer afwisseling.

Het langst bekend, het zekerst en misschien het minst verklaard is een dergelijke periode in de veranderingen van den stand der magneet-naald. Algemeen bekend is het, dat een vrij opgehangen magneet een bepaalden stand aanneemt; dat een zijner polen met eenige afwijking naar het noorden, de andere naar het zuiden gericht is, en dat de naald, wanneer men haar uit dien stand brengt, na eenige schommelingen er weér in terug keert. Voor een oppervlakkig toeschouwer blijft deze naald, als men haar aan zich zelve overlaat, onbewegelijk staan; hangt men haar echter zóó op, dat haar minste beweging met het gewapend oog waargenomen en gemeten kan worden, dan bemerkt men dat zij bijna nooit in rust is; elken dag volbrengt zij een schommeling

om haar stand van evenwicht, waarvan de wijdde echter zoo klein is dat men haar met het bloote oog niet waarnemen kan. De schommeling begint 's morgens vroeg, bereikt na den middag haar grootste westelijke afwijking, en keert dan langzamerhand naar haar eersten stand terug; bovendien is de magneet nog onderhevig aan plotselinge storingen, die het sterkst zijn als er noorderlicht wordt waargenomen. Vele natuurkundigen hadden opgemerkt dat de grootte van de dagelijksche schommeling der magneetnaald niet altijd dezelfde is, en dat ook niet elk jaar de plotselinge storingen even talrijk en hevig zijn. Zoo had men voor die schommelwijdde in 1784 een boog van bijna 10 minuten, in 1787 een ter grootte van 15 minuten gevonden. LAMONT te Munchen komt de eer toe het eerst gevonden te hebben dat de grootte dezer magnetische veranderingen even regelmatig toe- en afneemt als het aantal zonnevlekken; in 1843 was zij een minimum geweest, in 1848—49 een maximum, en latere waarnemingen hebben overtuigend bewezen dat in de perioden, waarin de zonnevlekken haar maximum bereiken, ook de schommelingen der magneetnaald het grootst en de storingen het hevigst zijn, en omgekeerd het kleinst in de periode der minste zonnevlekken. Daarbij valt nog iets op te merken, dat niet van belang ontbloomt is, n.l. dat de perioden der magnetische veranderingen altijd iets achterblijven bij die der zonnevlekken. Zoo liep een zonnevlek-tijdperk van September 1855 (minimum) tot Maart 1867 (minimum), terwijl het overeenkomstige tijdperk van magnetische verandering in Februari 1856 een aanvang nam en in Augustus 1867 eindigde.

Het feit dezer overeenstemming bestaat, maar de verklaring is nog niet gegeven; de opmerking dat de perioden der magnetische veranderingen volgen op die der zonnevlekken wijst er op, dat de eerste een gevolg zijn van de laatste.

Eene andere periodiciteit, waar eerst veel later op gewezen is en toch zeer de aandacht waardig, heerscht er in de talrijkheid en hevigheid der orkanen in de Indische zee en in den Atlantischen oceaen. DR. MELDRUM, directeur van het observatorium te Mauritius, kwam op het denkbeeld dat in een periode, waarin de zon minder of meer warmte uitstraalt, er ook een overeenstemmende verandering moet bestaan in de bewegingen onzer atmosfeer. Hij ging daarom de orkanen na, die in de jongste vijf en twintig jaren in de Zuid-Indische zee gewoed hadden en vond deze het talrijkst en hevigst in de periode waarin het aantal zonnevlekken zijn maximum bereikt.

Zoo vond hij in perioden van het grootst aantal zonnevlekken :

1848	} 26 orkanen.	1859	} 39 orkanen.	1871	} 36 orkanen.
1849		1860		1872	
1850		1861		1873	

en in de minimum-perioden der zonnevlekken :

1855	} 13 orkanen.	1866	} 21 orkanen.
1856		1867	
1857		1868	

In elk maximum-jaar dus gemiddeld ruim 11 en in elk minimum-jaar gemiddeld zes; de jaren van de meeste zonnevlekken, 1860, 1871 en 1848, overtreffen in aantal en kracht der orkanen de minimum-jaren 1856 en 1867; in 1848 alleen vindt men zes hevige orkanen, in 1856 slechts één; in 1860 weder zeven, in 1867 geen en in 1872 zes. Van 1853 tot 1856, een minimum-periode wat de zonnevlekken betreft, had er te Mauritius geen orkaan gewoed, evenmin van 1864 tot 1867.

Dr. HUNTER heeft bij het bespreken van deze waarnemingen en die van POEY, welke een dergelijk resultaat in West-Indie verkreeg, van de meening uitgaande dat de kennis van perioden in het heerschen van stormen en orkanen van groot nut kan zijn voor den wereldhandel, op de officiele lijsten van de Lloyd nagegaan de schipbreuken in de opvolgende jaren; hij geeft lijsten van Engelsche schepen in het bijzonder en van verloren schepen in het algemeen. Hij vond het verlies van geassuureerde Britsche schepen in twee jaren der maximum-periode 17½ pCt. grooter dan in twee jaren der minimum-periode; dat verschil bedroeg 15 pCt. voor verloren schepen in 't algemeen. Als hij de periode van elf jaar in drie groepen verdeelde, waarvan de eerste vier jaren omvat van het kleinst aantal zonnevlekken, de tweede vier jaar van een middelmatig aantal en de derde drie jaar van het maximum, dan staan de getallen, die de schipbreuken van schepen van Groot-Brittanje en Ierland in die tijden voorstellen, tot elkaar als 11,1 tot 11,9 tot 12,5, terwijl voor alle verloren schepen die verhouding 8,6 tot 9,2 tot 9,5 is. Deze verschillen zijn niet zoo gering als zij schijnen, daar in de periode van het grootst aantal zonnevlekken het verlies ongeveer een achtste grooter was dan in de minimum-periode. Zeker is het dat deze statistiek, in verband met de waarnemingen, omtrent de orkanen zelve, de waarschijnlijkheid van het bestaan eener elf-jarige periode in de talrijkheid en hevigheid der stormen meer waarschijnlijk maakt.

Van orkanen tot regen is de overgang niet meer dan natuurlijk. Voordat wij echter de waarnemingen omtrent de regenhoeveelheden bespreken, moeten wij den lezer opmerkzaam maken op de omstandigheid dat de hoeveelheid regen die in een jaar op een plaats valt, afhankelijk is van vele plaatselijke omstandigheden. Bestaat er een periode die van de zon afhangt, dan zullen sommige localiteiten waarschijnlijk veel gunstiger zijn dan andere, om een algemeene wet als deze te doen kennen; immers kunnen op sommige plaatsen de locale omstandigheden zoo sterken invloed op de hoeveelheid regen uitoefenen, dat zij de gevolgen van den zwakkeren algemeenen invloed geheel verbergen. Vindt men dus op deze of gene plaats waarnemingen die niet sluiten met de periode, die men uit waarnemingen op andere plaatsen opmaakt, dan bewijst dit nog niets tegen het bestaan der algemeene wet; vooral niet wanneer men door de ligging dier plaatsen de afwijking eenigszins verklaren kan.

De meergemelde Dr. MELDRUM deelde in 1872 drie reeksen van waarnemingen mede op verschillende plaatsen volbracht, te Brisbane, Adelaide en Port-Louis. Van 1839 tot 1860 was de gemiddelde hoeveelheid regen te Adelaide (in Eng. duimen) 21,8 per jaar; de geringste hoeveelheid in 1859 bedroeg 14,8, de grootste in 1851 daarentegen 30,6; het laatste jaar is twee à drie jaar na dat van de meeste zonnevlekken, terwijl 1859 een jaar vóór dat van het minimum der zonnevlekken is. Groepeerd men de jaren echter weer in drietallen tot maximum- en minimum-perioden, dan vindt men

		te Adelaide:
1842	20,3	} gemiddeld.
1843	17,2	
1844	16,9	
1847	27,6	} 24,2 ^s maximum " " "
1848	19,7	
1849	25,4 ^s	
1855	23,1	} 23,1 minimum " " "
1856	24,9	
1857	21,2	
		te Brisbane:
1860	54,6	} 50,8 maximum-periode der zonnevlekken.
1861	69,4	
1862	28,3	

te Brisbane:

1866 37,2	}	44,7 minimum-periode der zonnevlekken.
1867 61		
1868 36		
1869 54,4	}	59,6 maximum " " "
1870 79,1		
1871 45,4 ⁵		

te Port-Louis:

1855 42,7	}	44,1 minimum-periode der zonnevlekken.
1856 46,2		
1857 43,4		
1859 56,9	}	56,9 maximum " " "
1860 45,2		
1861 68,7		
1866 20,6		
1867 36	}	40,3 minimum " " "
1868 64,2		
1869 45,6		
1870 45,6	}	47,3 maximum " " "
1871 41,6		

De bekende engelsche sterrekundige LOCKYER, die reeds door deze cijfers overtuigd was, voegt er nog eenige waarnemingen bij aan de Kaapstad en te Madras volbracht, waaruit hij in de periode waarin zich het grootst aantal vlekken op de zon vertoont, voor de Kaapstad een gemiddelde hoeveelheid regen 28, in de minimum-periode slechts 20 vindt; van Madras wist hij maar één minimum tijdens de minimum-periode der zonnevlekken van 1843 en een maximum om en bij 1848, het eerste ten bedrage van 42 eng. duimen het tweede van 58.

Wij willen onze lezers niet vermoeien met alle tabellen die wij zouden kunnen mededeelen en waaruit met meer of minder zekerheid overeenstemming blijkt tusschen de perioden waarin op sommige plaatsen de meeste of minste regen valt en die van het grootste en het kleinste aantal zonnevlekken. Toch moeten wij nog eenige belangrijke reeksen van waarnemingen opsommen, maar ook hierbij den lezer waarschuwen, niet te verwachten dat overal en altijd de hoeveelheid regen en het aantal zonnevlekken gelijken tred zullen houden, in dien zin dat volmaakt in hetzelfde jaar, waarin de meeste of de minste vlekken zich vertoonden ook de regen een maximum of minimum was;

men mag al zeer tevreden zijn als de gemiddelde hoeveelheden van een groot aantal maximum-perioden aanzienlijk meer bedraagt dan het gemiddelde van een aantal perioden van minimum-zonnevlekken, want daardoor leert men een algemeene wet kennen, waaraan, ten minste over een gedeelte van den aardbol, de hoeveelheid regen onderworpen is, en dat is meer dan men tot nog toe wist. Wij weten dat er een periode is in het aantal zonnevlekken; wij weten dat dit wijst op een verandering in de warmte en uitstraling der zon; wij vermoeden dat er daarom een overeenstemmende verandering zal zijn in de temperatuur, den wind en den regen op onze aarde. Vinden wij nu op de groote meerderheid der plaatsen, waar de hoeveelheid regen gedurende een lange reeks van jaren gemeten is, werkelijk ook hierin een periode van maximum en minimum, dan is dit een bevestiging van ons vermoeden, en dan wordt dit niet den bodem ingeslagen, wanneer op sommige plaatsen, om locale redenen, de waarnemingen deze periode niet toonen.

In het begin van 1877 maakte Dr. HUNTER, Director-General of statistics in Engelsch-Indie, een stuk publiek met de registers van de regenhoeveelheden jaarlijks te Madras gevallen, van 1813 tot 1877; hij verdeelde de jaren in groepen van elf jaar en vormde uit elke groep een kleinere groep jaren, waarin de regenhoeveelheid een maximum was en een andere waarin deze het kleinst was; de eerste stemde overeen met een maximum-periode der zonnevlekken, de laatste met een minimum-periode. De gemiddelde hoeveelheid regen per jaar was 48,5 eng. duimen, verkregen door de 64 hoeveelheden bij elkaar te tellen en door 64 te deelen; de gemiddelde hoeveelheid der maximum-groep was 53,4, die der minimum-groep 41,6. Zoekt men uit zijn tabel den regen voor de bekende jaren der maximum- en minimum-zonnevlekken, dan vindt men:

		Eng. duimen:
minimum-zonnevlekken	1833	37,1
maximum	„ 1837	49,3
minimum	„ 1843	50,3
maximum	„ 1848	54,8
minimum	„ 1856	47
maximum	„ 1860	27,6
minimum	„ 1867	24,4
maximum	„ 1870	74,1
minimum	„ 1876	21,5.

De jaren 1843 en 1860 weerspreken de theorie, daar 1843, dat een minimum moest zijn, betrekkelijk groot, 1860, dat een maximum moest zijn, klein is. Om een juist oordeel te vellen, zou men echter die jaren moeten vergelijken met de voorafgaande en volgende, of nog liever neme men het gemiddelde der jaren 1833, 1843, 1856, 1867 en 1876 en vergelijke dat met dat van 1837, 1848, 1860 en 1876; voor het eerste viudt men dan 36 voor het laatste 51,4, waartusschen een zeer beslist verschil bestaat. Neemt men, zooveel mogelijk met behoud der elf-jarige periode, de jaren waarin de hoeveelheid regen het grootst en het kleinst was of ten minste veel grooter of kleiner dan in de onmiddellijk voorafgaande en volgende jaren, dan vindt men:

Eng. duimen.			
In 1818	76,25		maximum zonnevlekken.
„ 1823	26,6		minimum „
„ 1827	88,4	1828	maximum „
„ 1832	18,4 ⁵	1833	minimum „
„ 1842	36,5	1843	minimum „
„ 1847	81	1848	maximum „
„ 1855	32,3	1856	minimum „
„ 1859	55,1	1860	maximum „
„ 1867	24,4		minimum „
„ 1870	74,1		maximum „
„ 1876	21,5		minimum „

De overeenstemming der perioden is ook na het inzien van deze tabel niet te miskennen; toch valt daarbij iets in het oog, dat een vreemden indruk maakt en dat ik ook bij een andere groepeerling van cijfers bewaarheid heb gevonden, namelijk dat vele maxima en minima der regenhoeveelheden hier de maxima en minima der zonnevlekken een jaar voorafgaan; — ware dit zoo, dan zou het eerste moeielijk een gevolg van het laatste kunnen zijn; dan was er door deze onderzoekingen wel eenige samenhang tusschen de variatiën der hoeveelheid regen en der zonnevlekken waarschijnlijk, zoodat zij b. v. beide gevolgen van een zelfde oorzaak konden zijn, maar niet zóó dat de verandering in den regen een gevolg kon zijn van de meerdere of mindere zonnevlekken. — Dit daarlatende, in de hoop dat verdere waarnemingen het zullen ophelderen, constateeren wij dat ook deze reeks een elfjarige periode aantoont in de hoeveelheid regen te Madras.

Korten tijd later maakte HUNTER waarnemingen openbaar, waaruit

bleek dat dezelfde periode, die hij te Madras had opgemerkt, ook op andere plaatsen bestond, die door verschillende deelen van denzelfden oceaan geïnfloenceerd werden. Opmerking verdient dat HUNTER deze waarnemingen mededeelt naar aanleiding van talrijke verzoeken om inlichting, die hij ontving, omtrent de kansen op regen in de districten van Madras gedurende de mousson van het najaar van 1877 en in verband daarmee omtrent de uitzichten van den hongersnood in Indie. Ik haal dit alleen aan om te laten zien hoeveel indruk het aangetoonde verband en de mogelijkheid om daardoor misschien iets omtrent het weder te kunnen voorspellen, reeds op velen schijnt gemaakt te hebben.

Zijn mededeeling geldt, behalve Madras, nog Bombay en de Kaap de Goede Hoop; hij neemt van elken cyclus van elf jaar eenige bij elkaar en vindt:

	te Madras.	aan de Kaap.	te Bombay.	
	regen in eng. duimen.			
In het 1e en 2e . . .	42,1	21	68	Min. zonnevl.
" " 3e en 4e . . .	49,1	23,9	67,4	
" " 5e en 6e . . .	54,6	28,1	71,2	Max. "
" " 7e en 8e . . .	52,4	27,8	79,3	
" " 9e en 10e . . .	49	23,3	76,4	
" " 11e	37	21,2	70,3	Min. "

Neemt men in aanmerking dat deze getallen gemiddelden zijn uit een groot aantal elfjarige perioden (te Madras van 1813 tot 76, aan de Kaap van 1842 tot 1870 en te Bombay van 1817—76), dan zal men moeten erkennen dat de gang veel bewijst voor het verband tusschen het aantal zonnevlekken en de hoeveelheid regen; immers neemt op de drie stations de hoeveelheid regen regelmatig toe van de periode van het kleinste aantal zonnevlekken tot die van het maximum, om later weer geregeld af te nemen; te Madras en aan de Kaap vindt men ook het minste regen in het minimum-jaar en het meest in het jaar waarin het aantal zonnevlekken een maximum was; alleen Bombay blijft wat achter en daar wordt en minimum en maximum van den regen ook iets later bereikt dan dat der zonnevlekken. Ondertusschen is het verschil tusschen minimum en maximum daar ook veel geringer: te Madras bedraagt dit 17,6 op 37, d. i. bijna de helft; aan de Kaap 7 op 21,2 bijna een derde; te Bombay 12 op 67 d. i. iets meer dan een zesde.

Dit alles zou ons er toe leiden aan te nemen dat er geen redelijke twijfel kan bestaan, dat althans in de keerkringslanden de hoeveelheid regen toe- en afneemt met het aantal vlekken dat zich op de zon vertoont, ware het niet dat ongeveer een jaar geleden E. DOUGLAS ARCHIBALD andere resultaten had publiek gemaakt, gegrond op regenwaarnemingen te Calcutta van 1837 tot 1876. Bij een eerste lezing zou men meenen dat er een onoplosbare strijd bestaat tusschen de resultaten van DOUGLAS ARCHIBALD en de tot hiertoe medegedeelde, daar hij begint met de mededeeling dat de winterregens te Calcutta een maximum bereiken in de jaren waarin het aantal zonnevlekken het kleinst is, en omgekeerd, terwijl wij hebben trachten aan te toonen dat de totale hoeveelheid, die in een jaar valt, juist een maximum is in de jaren van de meeste zonnevlekken.

De hoeveelheid regen in den winter gevallen bedroeg in de veertig jaar van 1837 tot 1876 gemiddeld 5,4, terwijl hij

in de jaren van het min. zonnevlekken	6,4	waarnam,
in de twee volgende	5,9	„
in twee jaren van de maximum periode	4,4	„
en in het elfde jaar, dus het volgend minimum	8,5	„

Deze mededeeling werd echter weldra aangevuld door een andere, waaruit bleek dat ook in Calcutta de totale hoeveelheid regen 's jaars denzelfden gang volgt als te Madras, maar dat hier een nieuwe bijzonderheid gevonden was, die voor de verklaring van het verband tusschen regen en zonnevlekken van het hoogste belang is. Reeds bij zijn eerste mededeeling uitte ARCHIBALD het vermoeden dat deze bijzonderheid dat de winterregens een tegengestelde periode hebben, niet veel zuidelijker dan Calcutta zal opgemerkt worden, maar daarentegen nog duidelijker zal blijken in de noordelijker streken, meer in de nabijheid van het Himalaya-gebergte.

Werkelijk werd hij hierin bevestigd door zijne verdere onderzoekingen en ook door mededeelingen van HILL, een weerkundige in de noordwestelijke provinciën van Engelsch-Indië. In een officieel verslag aan de regeering had HILL geconstateerd dat in de jaren waarin de zon het grootst aantal vlekken vertoont, des zomers *meer* en des winters *minder* regen valt dan de gemiddelde hoeveelheid, terwijl in jaren waarin het aantal zonnevlekken een minimum is, er juist des zomers minder en 's winters meer regen valt. In dat stuk zegt hij:

“Ik heb sedert 1861 de hoeveelheid regen nagegaan te Benares, Al-

lahabad, Agra, Baresly, Roorkee, Dehra, Muilsvorie en Nuini Tal, en ik bevond gemiddeld de totale jaarlijksche hoeveelheid in een periode van het maximum der zonnevlekken (1861, 1869, 1870, 1871) ongeveer 14 percent *boven* het gemiddelde van alle jaren, en in de minimum-periode 1866, 67, 68 ongeveer 4 percent *daar onder*. Beschouwt men echter alleen den winterregen, dan is deze in de periode van het maximum der zonnevlekken 21 percent *beneden* het gemiddelde en in de minimum-periode 20 percent *er boven*."

Nu is het waar dat de veelheid der stations hier in compensatie moet gelden voor de schaarsheid der waarnemingen, die zich slechts over één periode uitstrekken; maar ARCHIBALD is er in geslaagd ook registers te bemachtigen van perioden vóór den Indischen opstand, daar gedurende dien tijd van oorlog en verwarring niet veel waarnemingen gedaan zijn, en ook deze zijn in volkomen overeenstemming met de gevonden wet; de tabellen, die hij van Calcutta en Dehra opgeeft, geven in een minimum-periode der zonnevlekken een zeer beslist maximum voor den regen van December tot April, terwijl hij voor den zuid-west mousson van Juni tot November 82,6 eng. duim regen vindt voor de jaren waarin er een maximum van zonnevlekken is, en slechts 62,1 voor de jaren van het minimum.

Uit dit alles meenen wij het besluit te mogen trekken dat de waarnemingen in Indië geleerd hebben, dat maximum en minimum van zonnevlekken samen gaan met een maximum en minimum van regen over het geheele jaar, maar dat in Noord-Indië de hoeveelheid regen des winters in de jaren van het minimum der zonnevlekken die in de jaren van het maximum overtreft, en omgekeerd in de jaren van het maximum der zonnevlekken de zomerregens het sterkst zijn.

De waarnemingen, die wij voor gematigde luchtstreken gevonden hebben, zijn geheel onbevredigend; alleen schijnt het vrij zeker dat het water in de groote meeren van Noord-Amerika het hoogst staat, eenige jaren na de periode van het minimum der zonnevlekken, en heeft SCHUSTER een lijstje gegeven van de beste wijnjaren in Duitschland, die vrij merkwaardig overeenstemmen met die waarin het aantal zonnevlekken een minimum is. Wij laten het hier volgen.

Minim. zonnevlekken.	Beste wijnjaren.
1785	1784.
1798	—
1810—11.	1811.

Minim. zonnevlekken.	Beste wijnjaren.
1823	1822.
1834	1834.
1844	1846.
1857	1857.
1867	1868.

Vindt men het jaartal zelf niet steeds overeenstemmend, men neme in aanmerking dat schaarschheid van zonnevlekken zich niet tot één jaar bepaalt, maar dat men perioden heeft waarin het aantal zonnevlekken gering is en andere waarin het groot is, en de eerste dezer perioden stemmen vrij wel overeen met de goede wijnjaren. Een poging om verband te vinden tusschen de zonnevlekken en de cholera-epidemieën gaan wij met stilzwijgen voorbij, omdat zij ons mislukt schijnt.

Hoe zullen wij dit alles nu verklaren? Moeten wij ons bepalen tot de eenvoudige waarneming en het aan den tijd overlaten om een antwoord te vinden op de vraag: van waar dit verband tusschen zonnevlekken en de jaarlijksche hoeveelheid regen? Van waar de tegenstrijdigheid in sommige streken tusschen de wet die de hoeveelheid zomer- en winterregen schijnt te volgen? Of kunnen wij een poging wagen om de oorzaak van dit verband eenigermate op te sporen? Het antwoord daarop moet voor een groot deel samenvallen met het antwoord op die andere vraag: hoe is het met den gang der temperatuur gedurende de perioden van het maximum en die van het minimum der zonnevlekken, want de hoeveelheden regen zullen in de eerste plaats afhankelijk zijn van stijging en daling van temperatuur in verband met den wind.

Deze vraag is echter op het oogenblik moeielijk met zekerheid te beantwoorden. BALFOUR STEWART meent uit de waarnemingen te Kew te mogen opmaken dat de grootte der temperatuursveranderingen, d. i. het verschil tusschen de hoogste en laagste temperatuur, in het algemeen grooter is in de perioden der meeste dan in die der minste zonnevlekken, maar zeer duidelijk blijkt die overeenstemming toch niet. STONE, de directeur van het observatorium aan de Kaap de Goede Hoop, deelde in 1871 aan de Royal Society mee, dat uit de thermometer-waarnemingen aan de Kaap volbracht, blijkt, dat de gemiddelde temperatuur kleiner is in de jaren van het maximum der zonnevlekken en toeneemt naarmate haar aantal afneemt.

POEY schreef in 1874 een brief aan de fransche academie van weten-

schappen met de volgende besluiten: 1°. Vele verschijnselen in den dampkring en op aarde hebben een ruim tienjarige periode, overeenstemmende met die van de maxima en minima der zonnevlekken. 2°. Sommige zijn heviger tijdens de periode der maxima, andere juist tijdens die der minima. 3°. Alle verschijnselen, die rechtstreeks of zijdelings met *vermeerdering* van warmte in verband staan, bereiken hun maximum als er de minste vlekken op de zon zijn, en die in verband met een *vermindering* van warmte juist ten tijde van het maximum der vlekken. 4°. De invloed der vlekken is zuiver een quaestie van hooger of lager temperatuur.

KÖPPEN, POGSON en HILL beweren eveneens dat uit de waarnemingen blijkt, dat de jaren waarin het aantal zonnevlekken een minimum is, juist de warmste zijn op onze aarde, en hoewel dit min of meer strijdt met de theorie van LOCKYER, volgens welke zonnevlekken de bewijzen zijn van groote hevigheid der werkingen op de zon, meenen wij toch aan deze waarnemingen groot gewicht te moeten hechten. BALFOUR STEWART beschouwt de vlekken als bewijzen van zeer hevige werking op de zon, of in de woorden van Sir J. HERSCHEL: "*the solar pot seems then to be boiling very rapidly*". De "terrestrial pot", meent STEWART, dient nu wel de "solar pot" te volgen; en alle verschijnselen die een vermindering van kracht aanwijzen, zoo als periodiek wederkerende hongersnooden, gevolgen van droogte, zullen zich in de periode van weinig vlekken vertoonen, terwijl andere, die het gevolg zijn van hevige werking, zoo als orkanen en schipbreuken in de maximum-periode zullen plaats grijpen.

Ook andere natuurkundigen huldigen de meening dat de temperatuur van sommige deelen der zonsoppervlakte het hoogst is ten tijde van het maximum der zonnevlekken, want in die periode heeft men de sterkste uitbarstingen van waterstof, de vorming van fakkels en protuberanzen; maar daaruit volgt volstrekt nog niet dat de totale hoeveelheid warmte, die de zon uitstraalt, in die periode grooter is. De vlekken zelve stralen zeker minder licht en minder warmte uit dan een gelijke oppervlakte der fotosfeer zelve. De directe waarnemingen wijzen op geringer temperatuur tijdens de periode van het geringst aantal vlekken; zoo vond HILL in 1870 (een jaar van maximum van zonnevlekken) de gemiddelde temperatuur op drie stations 46°,6 en in 1876 (minimum) 58,2°; hij heeft andere waarnemingen, die echter dezelfde resultaten leverden, alleen op heldere

dagen volbracht, ten einde er niet nu eens meer dan weder minder warmte door wolken en nevels zou worden opgeslorpt. Ook wijzen rechtstreeksche metingen van LANGLEY op verminderde uitstraling der vlekken, hoewel die vermindering in uitgestraalde warmte veel geringer is dan de vermindering van licht.

Nemen wij aan dat de perioden, waarin zich de minste zonnevlekken vertoonen, het warmst zijn, dan is daardoor de overeenstemming tusschen die perioden en die van den besten wijnoogst goed verklaard; maar waarom valt er dan in die periode in de keerkringslanden de minste regen en in Noord-Indie des winters de meeste?

Daarbij moeten wij in de eerste plaats het oog vestigen op de twee directe oorzaken van regen: 1^o de aanwezigheid van waterdamp in de lucht, b. v. aangevoerd door een met damp bezwangerden luchtstroom, en 2^o de afkoeling, waardoor die damp den vorm van damp niet meer behouden kan, maar als water moet neerslaan. In de jaren waarin zich de minste vlekken op de zon vertoonen en zij dus, naar wij meenen, de meeste warmte uitzendt, zal de verdamping het sterkst zijn, maar de temperatuur zal tusschen de keerkringen dan ook hoog genoeg blijven om dat water voor een groot deel den dampvorm te doen behouden; het zal daar dus niet zoo spoedig en niet zoo hevig regenen. Is daarentegen in de jaren van het grootst aantal zonnevlekken de temperatuur lager, dan verdampt er wel minder water, maar dan kunnen de luchtstroomen zooveel waterdamp niet blijven bevatten en laten dien weldra als regen neerslaan; bovendien zijn de passaatstroomen, die het gevolg zijn van de grooter verwarming tusschen de keerkringen, in die jaren niet zoo hevig als in de periode der minima; de met damp bezwangerde lucht wordt dus niet zoo snel naar noord of zuid afgevoerd, maar kan zich nog tusschen de keerkringen van dat water ontlasten, terwijl zij het in de warmere periode der minima meêvoert naar noordelijker en zuidelijker streken. In de jaren waarin het aantal zonnevlekken het geringst is, wordt er dus veel water opgenomen, maar valt niet neer in de nabijheid der plaatsu waar het opgenomen is; het blijft damp en wordt als damp ver weggevoerd. In de keerkringslanden zal, zooals de waarneming dan ook leert, de hoeveelheid regen in dat tijdperk een minimum zijn; is het getal zonnevlekken daarentegen het grootst, dan valt de opgenomen waterdamp als regen neder in de nabijheid der plaatsen waar hij gevormd is en regent het in de tropische gewesten dus heviger. Is deze theorie de juiste, dan

zou daaruit moeten volgen dat de damp die in de jaren van het minimum der zonnevlekken niet tusschen de keerkringen valt, wordt meegevoerd naar de gematigde luchtstreken en aldaar als regen moet neerslaan; dáár moeten dus de regens kort na een minimum-periode der zonnevlekken het hevigst zijn.

Dat in de minimum-jaren die damp meer en sneller wordt meegevoerd, blijkt uit de waarnemingen van de snelheid van den wind op verschillende stations in Indie; zij bedroeg gemiddeld 101 mijl per dag in de periode van het maximum der zonnevlekken, en 138 in de periode van het minimum. In de laatste periode kon er tusschen de keerkringen minder regen vallen dan in de eerste, omdat de damp sneller werd weggevoerd. Zoo bleven in Juni 1877 de zomerregens in Noord-Indie bijna geheel uit en men kon den damp, die den grond vruchtbaar had moeten maken, hoog in de lucht met den zuid-westen wind zien wegdrijven.

De waarnemingen, die ons leeren dat juist in de minimum-periode in Indie de winterregens het hevigst, de zomerregens het zwakst zijn en omgekeerd, bevestigen deze verklaring ten volle. Ware immers het Himalaya-gebergte er niet, dan zou de damp, die in de minimum-periode niet uit de lucht gevallen is, over Indie heen drijven; de lucht die hem draagt zou langzaam bekoelen en dalen en de gematigde luchtstreek meer regen brengen. Tegen dit kolossaal gebergte stuit echter deze dalende, sterk met damp bezwangerde luchtstroom; hij wordt teruggestooten; en als in December de zon, beneden de linie gedaald, verre van Calcutta en het overige van Noord-Indie verwijderd is, keert deze luchtstroom als wintermousson terug en ontlast zich met groote hevigheid over de noordelijke provinciën van Indie. De winterregen zal dus in deze periode daar sterker zijn dan in die van het maximum der zonnevlekken, omdat er meer water verdampt en minder neergevallen is, en er dus meer damp aanwezig is om door den wintermousson over Noord-Indie te worden uitgestort.

Madras, waarvan wij vele waarnemingen bezitten, is, evenals geheel Zuid-Indie, niet in dezelfde omstandigheden als de noordelijke provinciën; in de minimum-periode valt daar de minste regen, omdat de damp wordt weggevoerd; in de maximum-periode valt er 's zomers de meeste regen omdat de damp dan neerslaat dicht bij de plaats waar hij ontstaat. 's Winters zou men meenen dat het in die jaren aldaar minder moest regenen, omdat al de dampen reeds uit de lucht zijn neergeslagen,

maar ook dit is niet het geval, daar de noord-oost mousson water genoeg kan opnemen uit de golf van Bengalen, die hij overtrekt voordat hij Madras bereikt.

Vraagt men waarom wij steeds van de Indische waarnemingen spreken en ter nauwernood of geheel niet van andere plaatsen gewagen, hoewel ook daarvan vele regenregisters bestaan, dan ligt de verklaring hierin, dat deze uitgebreide streek door haar bijzondere ligging tusschen 5 en 30 graden noorderbreedte, ten zuiden bespoeld door den Indischen oceaan, die onmetelijke watermassa die zich van daar tot de zuidpool uitstrekt, en ten noorden begrensd door de kolossale hoogten van het Himalaya-gebergte, in hare meteorologie de veranderingen in de uitstraling der zon het meest zal weerspiegelen; de invloed dier veranderingen op snelheid en richting der regenbrengende winden zal hier het gemakkelijkst zijn na te gaan. Bovendien leiden de indische waarnemingen tot een conclusie; die in andere luchtstreken verricht in het algemeen niet.

Wanneer het Himalaya-gebergte niet bestond, zou in de periode van de minste zonnevlekken, in Noord-Indie, des winters zooveel regen niet vallen; de met damp bezwangerde luchtstroom zou zich in noordelijker streken van zijn regen ontlasten. Daar waar hooge bergketens dien luchtstroom niet tegenhouden moest men, zooals reeds gezegd is, in die tijden heviger regens in de gematigde luchtstreek hebben. Het enig direct bewijs, dat hiervan te vinden is, zijn de meergenoemde Canadasehe meren, die het hoogst staan eenige jaren na de minimumperiode der zonnevlekken. Het valt echter niet te ontkennen dat deze resultaten, evenals alle die men uit waarnemingen in de gematigde luchtstreek afleidt, zeer onzeker zijn; wel heeft BAXENDELL gemeend ook in Engeland een periode te ontdekken in regen, temperatuur en barometerdruk, overeenkomende met die der zonnevlekken, maar aan JELINEK en andere bekende meteorologen is het niet gelukt in Europa een verband met eenige zekerheid vast te stellen. Ook een onderzoek van waarnemingen in Amerika hebben HUNTER slechts negatieve resultaten opgeleverd.

In de onderstelling dat werkelijk de warmte die de zon ons toezendt het geringst is in de periode waarin zich het kleinste aantal zonnevlekken vertoont, zouden dus de waarnemingen omtrent de hoeveelheid regen vrij goed te verklaren zijn. Hoe echter te verklaren dat in de periode van het maximum der zonnevlekken er in de tro-

pische gewesten de meeste en hevigste orkanen heerschen? Op die vraag kunnen wij niet met zekerheid antwoorden; een orkaan is een wervelwind die ontstaat door het samentreffen van luchtstroomen, die zich met verschillende snelheid of in verschillende richting voortbewegen. Uit de beide stroomen van den passaatwind zal een wervelwind ontstaan, wanneer de noord-oost passaat zooveel gestegen en de zuid-west passaat zooveel gedaald is dat zij *nevens* elkander komen te liggen in plaats van *boven* elkander; dit ontmoetingspunt nu zal dicht bij den evenaar liggen in de koudste periode, dus, volgens onze onderstelling, tijdens het maximum der zonnevlekken, en daaruit volgt dan dat in die jaren de orkanen heviger moeten zijn in streken in de nabijheid van den evenaar, en dit komt volkomen met de waarneming overeen. In die jaren, waarin het aantal vlekken een minimum is verwijderd daarentegen, dat ontmoetingspunt zich van de tropische gewesten en zullen dus ook de orkanen afnemen in de streken, waaromtrent wij de meeste waarnemingen bezitten.

Trots het onzekere wat in dit alles nog heerscht, meenen wij toch dat de medegedeelde resultaten zoowel van theoretisch als van practisch standpunt niet van belang ontbloomt zijn. Er bestaat kennelijk het nauwste verband tussehen de verschijnselen op de oppervlakte der zon en die op onze aarde, en wij hebben het grootste belang er bij, dat verband in al zijne bijzonderheden te leeren kennen. Wij weten niet of de veranderingen in het magnetisme en de weersverschijnselen alleen een gevolg zijn van vermeerdering of vermindering in de uitgestraalde warmte der zon, dan of er nog andere, b. v. elektrische, werkingen bijkomen, maar zeker is het dat alleen geregelde waarneming van de zon zoowel als van de verschijnselen op aarde die met de zon in verband staan, gepaard met een degelijk onderzoek en een onderlinge vergelijking der waarnemingen, ons daaromtrent licht zal geven. Datgene wat wij in betrekkelijk korten tijd reeds gevonden hebben, is zoo belangrijk, dat het ten zeerste uitlokt tot verdere krachtsinspanning.
