

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN

51

Prof. Dr S. W. Visser.
Weersverwachtingen op langen
termijn in Nederland

Prof. Dr S. W. Visser.
Long-range weather forecasts in
the Netherlands

Index decimalis 551.509.33

**WEERSVERWACHTINGEN OP LANGEN
TERMIJN IN NEDERLAND**
**LONG-RANGE WEATHER FORECASTS IN THE
NETHERLANDS**

INHOUD

	bladz.
INLEIDING	9
HOOFDSTUK I PERIODES	10
1. De twee periodes van drie jaar	10
a. Het toeval. b. De toevalsperiode van 3 jaar. c. De meteorologische periode van 3 jaar. d. Samenvatting.	
2. De periode van $2\frac{1}{4}$ jaar	21
A. In den neerslag	21
a. De stabiliteit. b. De geografische verspreiding. c. Correlaties. d. De cyclus-periode van 9 jaar. e. Het seizoen-effect.	
B. In de temperatuur	33
3. De periode van 9 jaar	33
A. In den neerslag	33
B. In de temperatuur	34
4. De periode van $3\frac{1}{4}$ jaar	34
A. In den neerslag	34
a. De afleiding van de periode	34
b. De cyclusperiode van 13 jaar	39
B. In de temperatuur	39
5. De periode van 13 jaar	40
6. De periode van $5\frac{1}{4}$ jaar	40
De cyclusperiode van 21 jaar	44
7. De periodes van 6,8 en 7 jaar	44
8. De periode van 7,5 jaar	47
9. De periode van 8 jaar	50
10. De zonnevlekkenperiode van 11 jaar	53
De eigenschappen van de zonnevlekkenperiode	53
A. In den neerslag	55
B. In de temperatuur	63
11. De periode van 35 jaar (Brückner)	67
12. Samenvatting en slotbeschouwingen	68
a. Samenvatting	68
b. De periode van 28 maanden in den luchtdruk te Batavia	69
c. Een jaarlijksche neerslagverwachting gebaseerd op de periodes	72

HOOFDSTUK II

	bladz.
CORRELATIEBEREKENINGEN	75
1. De gekozen gebieden	75
2. De gekozen weer-elementen	78
3. De tijdsverschillen	78
4. De werkmethode	78
a. De correlatie-driehoek	79
b. De correlatie-ellipsen	80
c. De waarschijnlijkheid	83

HOOFDSTUK III

DE ONDERZOCHE CORRELATIES	84
A. De neerslag in Nederland	84
De Noordoostpassaat op den Atlantischen Oceaen	84
1. De Neerslag te Paramaribo. 2. De temperatuur te Ivigtut.	
3. De druk te Ponta Delgada. 4. De druk te Reykjavik. 5. Het	
drukverschil Azoren—IJsland. 6. De temperatuur te De Bilt.	
7. De druk te Berlijn (Dahlem). 8. De druk te Helsinki. 9. Het	
drukverschil Berlijn—Helsinki. 10. De maandelijksche zonne-	
vlekken-variaties. 11. De periodes.	
B. De temperatuur te De Bilt	98
als boven.	
C. Samenvatting	112
1. Tijdsverschillen. 2. Vertrek- en aankomsttijden. 3. Verschillen tus-	
schien temperatuur- en neerslagcorrelaties.	

HOOFDSTUK IV

DE REGRESSIEVERGELIJKINGEN EN HUN TOETSING . .	116
1. De regressievergelijkingen	116
2. De toetsing van de regressievergelijkingen	119
a. Onderzoek over het basistijdvak 1901...1939	120
b. Onderzoek van het tijdvak 1881...1900	123
c. De weersverwachtingen in 1940 en later	126
3. Slotbeschouwingen	127
a. De verwachtingen	127
b. Kritiek op de verwachtingen	128
c. Plaatselijke verwachtingen	129
Samenvatting (in het Engelsch)	130
Litteratuurlijst	141

CONTENTS

	page
INTRODUCTION	9
CHAPTER I. PERIODS	10
1. Two periods of three years	10
<i>a.</i> The accident. <i>b.</i> The chance period of 3 years. <i>c.</i> The meteorological period of 3 years. <i>d.</i> Summary.	
2. The period of $2\frac{1}{4}$ years	21
A. <i>In the precipitation</i>	21
<i>a.</i> The stability. <i>b.</i> The geographical distribution. <i>c.</i> Correlations. <i>d.</i> The cyclus period of 9 years. <i>e.</i> The season effect.	
B. <i>In the temperature</i>	33
3. The period of 9 years	33
A. <i>In the precipitation</i>	33
B. <i>In the temperature</i>	34
4. The period of $3\frac{1}{4}$ years	34
A. <i>In the precipitation</i>	34
<i>a.</i> The deduction of the period.	34
<i>b.</i> The cyclus period of 13 years	39
B. <i>In the temperature</i>	39
5. The period of 13 years	40
6. The period of $5\frac{1}{4}$ years	40
The cyclus period of 21 years	44
7. The periods of 6,8 and 7 years	44
8. The period of 7,5 years	47
9. The period of 8 years	50
10. The sunspot period of 11 years	53
The behaviour of the sunspot period	53
A. <i>In the precipitation</i>	55
B. <i>In the temperature</i>	63
11. The period of 35 years (Brückner)	67
12. Summary and Final Considerations	68
<i>a.</i> Summary	68
<i>b.</i> The period of 28 months in the air pressure at Batavia	69
<i>c.</i> An annual forecast of the precipitation based upon the periods	72

CHAPTER II

	page
CALCULATION OF CORRELATIONS.	75
1. The chosen areas	75
2. The chosen weather elements	78
3. The differences of time	78
4. The working method	78
a. The correlation triangle	79
b. The correlation ellipses	80
c. The probability	83

CHAPTER III

THE RESEARCHED CORRELATIONS.	84
A. The precipitation in the Netherlands	84
The NE trade wind on the Atlantic Ocean	84
1. The precipitation at Paramaribo. 2. The temperature at Ivigtut.	
3. The air pressure at Ponta Delgada. 4. The pressure at Reykjavik.	
5. The pressure difference Azores—Iceland; 6. The temperature at De Bilt. 7. The air pressure at Berlin (Dahlem). 8. The pressure at Helsinki. 9. The pressure difference Berlin—Helsinki. 10. The monthly sunspot variations. 11. The periods.	
B. The temperature at De Bilt	98
as above.	
C. Summary	112
1. Time difference. 2. Times of departure and arrival. 3. Differences between temperature and precipitation correlations.	

CHAPTER IV

THE REGRESSION FORMULAE AND THEIR TESTING	116
1. The regression formulae	116
2. The testing of the equations	119
a. The research of the base area 1901...1939	120
b. The research of the area 1881...1900	123
c. The forecasts for 1940 and after	126
3. Final considerations	127
a. The forecasts	127
b. The critics of the forecasts	128
c. Local forecasts	129
Summary	130
Bibliography	141

INLEIDING

While the forecasting efforts of charlatans are judged by their occasional successes, it is the occasional failures of a government department which are remembered.

Sir Gilbert Walker,
Proc. Nat. Inst. of Sc.
India, Vol. V, N°. 1, 44.

Het onderzoek naar de mogelijkheid van een weersvoorspelling op langen termijn in Nederland werd begonnen in 1936, aanvankelijk met steun van de „Stichting Landbouw Export Bureau 1916—1918”. De resultaten tot in het begin van 1939 bereikt werden in Publicatie N° 23 van deze Stichting gepubliceerd (43)¹⁾.

Het onderzoek is voortgezet, uitgebreid en verdiept. De rekenmethodes werden vereenvoudigd en zoo veel mogelijk bevrijd van subjectieve invloeden. De theoretische opvattingen ondergingen wijzigingen en het werk werd beter aangepast aan de eischen die de praktijk mag stellen. Terwijl in het Rapport alleen regressievergelijkingen voor de vier jaargetijden werden gegeven, omvat het sindsdien verrichte onderzoek vergelijkingen voor de twaalf maanden. Sommige weerselementen, die in 1939 werden toegepast, zijn om verschillende redenen geschrapt, andere zijn ingevoerd. Alle vergelijkingen — voor neerslag en temperatuur — werden aan een strenge contrôle onderworpen. De uitkomsten hiervan, schoon niet in alle opzichten bevredigend, zijn toch zoodanig, dat de conclusie uit het Rapport, dat een weersverwachting op langen termijn met een voldoende mate van succes mogelijk is, gehandhaafd kan blijven.

Enige algemeene opmerkingen gaan vooraf.

De neerslag in Nederland is ontleend aan de „Maandoverzichten van de Weersgesteldheid in Nederland” (1). De neerslagcijfers van Zwanenburg werden mij verstrekt door Ir. A. L a b r i j n. Deze cijfers zijn verkregen na scherp critisch onderzoek en zijn te beschouwen als de best betrouwbare. Ik dank hem voor de bereidwilligheid waarmede hij mij zijn gegevens ter beschikking heeft gesteld. Ook de temperatuur te Zwanenburg dank ik aan hem. Zijn werk is inmiddels als Proefschrift gepubliceerd (37)²⁾.

¹⁾ Zie voor de getallen tusschen haakjes de literatuurlijst aan het einde van deze Verhandeling. De hier genoemde publicatie van het L.E.B.-fonds zal worden geciteerd als het Rapport.

²⁾ Het proefschrift van Dr Labrijn is ook verschenen in de Reeks Mededeelingen en Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut (N°. 49, 1945).

De maandcijfers voor de temperatuur zijn in den regel die volgens driemaaldaagsche waarnemingen en dan eveneens ontleend aan de Maandoverzichten. Die voor Zwanenburg zijn 24-uur-gemiddelden.

De gegevens uit het buitenland zijn afkomstig van „World weather records” (5), de publicaties van de desbetreffende instituten of schriftelijke mededeelingen.

Jaarcijfers hebben in den regel betrekking op het meteorologische jaar, aanvangend in December.

In het Rapport werd medegedeeld, dat aangevangen was met een bewerking van maandverwachtingen voor drie maanden, gebaseerd op overlappende drie-maandsgemiddelden van neerslag en temperatuur. Deze bewerking werd voltooid. Een gemiddelde over drie maanden geeft echter een te sterk afgevlakt beeld van het verloop van het verschijnsel en een verwachting voor drie maanden is dan ook voor de praktijk onbruikbaar. Het was noodzakelijk tot maandgemiddelden en maandelijksche verwachtingen over te gaan. De vrees, dat het veel grilliger verloop van de maandelijksche waarden tot te onzekere resultaten zou leiden bleek ongegrond. Integendeel, de maandelijksche correlaties en de maandelijksche regressievergelijkingen bleken vaak tot betrouwbaarder uitkomsten te leiden dan de driemaandelijksche. Bij de bewerking van de maandverwachtingen gaf vaak dit voorafgaande onderzoek een inzicht in de te gebruiken correlaties. Bovendien kon gebruik worden gemaakt van de opgedane ervaringen, zoodat het werk niet nutteloos is te achten. In het volgende wordt alleen de bewerking van de maandelijksche verwachtingen besproken.

De waarnemingen op het Instituut vingen in 1849 te Utrecht aan en werden in 1896 te De Bilt voortgezet. Gemakshalve wordt uitsluitend over „De Bilt” gesproken, ook wanneer de Utrechtsche reeks bedoeld wordt. De periodes vangen alle in 1849 aan, de oude waarnemingen te Zwanenburg zijn hierbij zoo ingedeeld, dat ze bij het jaar 1849 aansluiten.

Een algemeene samenvatting van het onderzoek wordt aan het einde in Engelsche tekst toegevoegd.

HOOFDSTUK I

PERIODES

Er worden in de litteratuur vele periodes besproken. B a u r (14) somt er met een duur van 2 tot 29 dagen 19 op en 18 van 2 tot 24 jaren. Vele van deze periodes zijn niet critisch genoeg onderzocht. Volgens B a u r zijn ze niet steeds aanwezig; ze sterven af en beginnen opnieuw zonder verband met de voorafgaande. Ze zijn ook niet altijd constant van duur. B a u r noemt ze ter onderscheiding van de zuivere periode „rhythmes”.

De periodes met de volgende golflengtes werden onderzocht: $2\frac{1}{4}$ en 9 jaar; 3 jaar; $3\frac{1}{4}$ en 13 jaar; $5\frac{1}{4}$ jaar; 7, $7\frac{1}{2}$, 8 en 15 jaar; de 11-jarige zonnevlekkenperiode en de 35-jarige van B r ü c k n e r.

Wij zullen beginnen met de periode van 3 jaar, omdat hierbij de invloed van het z.g. toeval besproken moet worden.

In deze opsomming worden een aantal periodes genoemd met een golflengte van een gebroken aantal jaren. In zoo'n geval doorloopt het aangenomen beginpunt van de periode achtereenvolgens het geheele jaar en keert na een zeker aantal op het begin van het jaar terug. Bij de periode van $2\frac{1}{4}$ jaar b.v. is dit het geval met vier periodes, die samen in 9 jaar eenmaal rondloopen. Wij zullen dezen omloopstijd een *cyclus* noemen. In zoo'n cyclus moet zich de periode op een bepaalde wijze afteekenen. Bovendien herhalen zich na afloop van den cyclus dezelfde afwijkingen in dezelfde maand. Er ontstaat dus een periode met den duur van den cyclus. Deze periode zullen wij de *cyclusperiode* noemen. In bovenstaande opsomming is bij iedere periode de bijbehorende cyclusperiode vermeld.

De cyclusperiode vormt een contrôlemiddel op de realiteit van de er in opgesloten periode. Zoo wordt er behalve de periode van 27 maanden ($2\frac{1}{4}$ jaar) in de litteratuur een genoemd van 28 maanden ($2\frac{1}{3}$ jaar) (W a l l é n 50). De cyclusperiode van de laatste omvat drie periodes en duurt 7 jaren. Het zal in het volgende blijken, dat de periode van 9 jaar die van $2\frac{1}{4}$ jaar zeer duidelijk weerspiegelt, maar dat een periode van 7 jaar geheel ontbreekt.

I. De twee periodes van drie jaar

1a. Het toeval

Er heerscht geen toeval. Deze regel geldt strikt genomen ook voor die verschijnselen, die bij uitstek het karakter van het toevallige dragen, de worpen van den dobbelsteen. Maar hoewel de bewegingen van den dobbelsteen: het opnemen, het schudden, het werpen, het uitrollen op de tafel, voldoen aan eenvoudige en welbekende wetten van de mechanica, zal het onmogelijk blijken, die bewegingen te berekenen, en te bepalen, welk van

de zes vlakken boven zal komen te liggen. Het vraagstuk is zoo ingewikkeld, dat de uitkomst onberekenbaar wordt. In zoo'n geval zijn wij gewoon van „toeval” te spreken. Het toevallige is het onberekenbare.

De meteorologische verschijnselen zijn aan wetten gebonden, maar de veelheid en de verscheidenheid van samenwerkende oorzaken zijn ook hier zoo groot, dat het weer de eigenschappen van het toeval verkrijgt: het weer is grillig en onberekenbaar. Geheel juist is deze laatste uitspraak niet. Een aantal van de meteorologische wetten is wel degelijk bekend en hierop berust b.v. zoowel de mogelijkheid van een dagelijksche weersverwachting als die van een verwachting op langen termijn. Het is juist de taak van den meteoroloog in het chaotische, grillige, onberekenbare weer de wetten op te sporen, waardoor het mogelijk wordt een mathematisch-fysische meening over de weersverschijnselen te vormen.

In het toeval zijn verschillende vormen op te merken. De zes mogelijke worpen van een dobbelsteen zijn alle even toevallig, hebben gelijke waarschijnlijkheid. Dit is niet meer het geval bij het werpen van twee dobbelstenen; hierbij is de waarschijnlijkheid 2 of 12 te gooien kleiner dan die op 7. Nog anders is de kans bij de verdeeling van de fouten bij een reeks waarnemingen: de kleine fouten overwegen sterk, de groote komen uiterst weinig voor. De verdeeling van deze toevallige fouten volgt de foutentheorie van Gauss.

Wanneer wij de spreiding van een groot aantal weerkundige gegevens nagaan, zal het ons blijken, dat deze zich om een bepaalde waarde groepeeren; kleine afwijkingen zijn zeer frequent, extreme heel zeldzaam. Dergelijke waarnemingsreeksen volgen vrijwel de foutenwet van Gauss, en zij voldoen aan alle conclusies die door Gauss en zijn opvolgers zijn getrokken. Deze eigenschap maakt de weersverschijnselen geschikt voor de methodes van de statistiek.

1b. De toevalsperiode van 3 jaren

Besson (18) heeft aangetoond, dat ook in een geheel toevallige getallenreeks gemiddeld een periode van 3 eenheden moet optreden. Op onjuiste gronden stellen Grossmann (33) en Wagner (48) de lengte van deze „toevalsperiode” op 4 eenheden (48). De juiste theorie is ook door Böttema (21) opgesteld; hij toonde tevens de gemaakte fout aan.

Van een groep van drie opeenvolgende getallen is het middelste een maximum als het grooter is dan het 1e en het 3e. Het eerstvolgende maximum kan op het 4e getal vallen, maar ook eerst op een van de volgende. De lengte van de periode, de afstand van top tot top, is dus minstens 2, maar kan ook 3, 4 of meer eenheden bedragen.

Böttema beschouwt het geval, dat de getallen der rij N verschillende waarden kunnen hebben en dat de kans op elke waarde even groot is, dus gelijk aan $1/N$. Deze veronderstelling is verwerkelijk bij de proefneming waarbij een lot uit een zak wordt genomen en vóór de volgende trekking

weer bij de andere gevoegd. Laat a een getal der rij zijn. De kans, dat a een maximum wordt is een functie van a en zal grooter worden als a grooter wordt. De kans, dat a voorafgegaan of gevolgd wordt door een getal dat niet grooter is dan a is in beide gevallen gelijk aan a/N ; de kans, dat a een maximum wordt, bedraagt dus a^2/N^2 . Daar de kans op het voorkomen van het getal a gelijk is aan $1/N$, krijgen wij voor de kans k , dat een willekeurig gekozen term van de rij een maximum is:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N \frac{a^2}{N^2} = \frac{1}{N^3} \sum_{a=1}^N a^2 = \frac{(N+1)(2N+1)}{6N^2}$$

Voor eenigszins groote waarden van N is deze uitkomst ongeveer gelijk aan $1/3$, zoodat bij een op de aangegeven wijze tot stand gekomen getallenrij de gemiddelde afstand van twee maxima gelijk is aan 3.

B o t t e m a toont vervolgens aan, dat ook onder veel algemeener omstandigheden deze zelfde uitkomst blijft gelden. Men vindt dus een toevalsperiode van 3 eenheden zoowel bij een loterij met gelijke kansen als bij de foutenverdeling volgens G a u s s.

Het resultaat van de theorie beteekent, dat wij bij het constateeren van een periode van 3 jaar steeds erop bedacht moeten zijn louter met een toevals-effect te doen te hebben. Wat de meteorologische waarnemingsrijen betreft, beteekent de aanwezigheid van een 3-jarige periode n i e t, dat zij alleen door toeval bepaald worden. Het beteekent, dat de mogelijk aanwezige regelmatigheden schuil gaan onder zooveel effecten van geheel verschillenden aard, dat de waarnemingsreeks het karakter van het toeval verkrijgt. De wetmatigheden kunnen alleen door scherp critisch onderzoek worden blootgelegd.

1c. De meteorologische periode van drie jaar

Volgens W a g n e r (48) is er slechts één periode met een behoorlijke physische verklaring en dit is juist die van 3 jaar. Aan deze periode, waarop het eerst door B r a k (22) de aandacht is gevestigd, is o.a. door B e r l a g e veel studie gewijd (15, 17).

Zijn opvattingen zijn als volgt samen te vatten:

„As has been shown by many investigators, harmonic analysis of the Darwin pressure curve yields a mean length of the period of 3,4 year approximately. By measurements of tree growth I found a mean length of the period of 3,32 years during the last four centuries. However, no one who has ever studied the Darwin pressure curve can doubt that, when the phenomenon reaches its purest development, the period is exactly 3 years. On many occasions I have endeavoured to show that the solution of the discrepancy lies in the assumption of another cycle of nearly 7 years, most conspicuous in Peru rainfall, interacting with the 3-year cycle. My

impression is that the mean period of 3,4 years is the result of a compromise between a 3-year and a 7-year period and I daresay that from those many weather periodicities revealed by harmonic analysis most are to be interpreted as compromise phenomena of only a few long periodic cycles having a clear physical significance. There should be less harmonic analysing and more critical shifting of the real from the fictitious" (p. 15).

„B. J. Birkeland (19) and A. Wallén (50) have specially emphasized the reality of a 2-year period in Scandinavian weather, whereas harmonic analysis has led F. Baur to the conclusion that real significance must be granted to only three periods in N.W. European weather, the mean lengths of which are 2,3, 3—3,5 and 7,5 years. In the second of these periods we recognize a reflection of the 3-year oscillation. I am further tempted to identify Baur's 2,3 and 7,5 year periods with the Norwegian 2-year period and the Peruvian 7-year period. The more so, because the 7-year period was also found by H. W. Clogh in the United States (28).

It seems rather crude to identify a period of 2 years with a period of 2,3 years, but I do not think it is. It should once more be realized that Fourier's analysis is to be used with great care. „*Our atmosphere pulsates like a system of coupled harmonic oscillators*" (p. 16).

„I therefore do not hesitate to consider the 2,3-year period which was claimed by several investigators, as a compromise result between two basis periods, a 2-year one and a 3-year one." (p. 16).

„Hence, after all, we have found evidence of the existence of only three natural swings. The most significant one occurs with a 3-year period in the Indian and South Pacific Ocean and stretches its tentacles all over the world. Two other swings with a 2-year period and a 7-year period seem to have their base in the North Atlantic, however not in the temperate region occupied by the so called North Atlantic Oscillation, but in the arctic region" (p. 17).

„The 3-year oscillation of the Indian and the South Pacific Ocean is obviously distorted to a mean period of 3,4 years by the 7-year cycle, whereas other instances of distortion of the 3-year oscillation especially in recent years, might very well be explained by reflexes of the 2-year swing" (p. 17).

„In the latter case (the 3-year swing) the main point is an ocean current carrying temperature deviations in 7 months from the high pressure-centre to the low pressure-centre. These 7 months represent the lag between the pressure deviations in the low pressure centre and the corresponding temperature deviations there. According to mathematical considerations previously exposed, the length of the natural period is equal to 4 times the lag just mentioned. Hence, we should expect a period of 28 months. It has been argued, however, that by a mechanism tending to perpetuate the deviations of air pressure in the low pressure centre during the high pressure season there, the period is automatically lengthened from 28 months to 3 years" (p. 17).

Berlage heeft veel beteekenis gehecht aan de jaarringen van een aantal djatiboomen op Java, waarvan een tweetal 400 jaar oud was (16, 17). Hij geeft de volgende samenvattende tabel (17 p. 24), afgeleid uit overlappende elfjaars-gemiddelden.

Duration of weather period in years according to measurements of tree growth

between 1519 and 1600	3,44
1600 — 1700	3,28
1700 — 1800	3,45
1800 — 1900	2,98
1900 — 1929	3,87
1519 — 1929	3,32

Hij merkt hierbij op: We learn that the 3-year swing has been in operation at least during four centuries past. The mean length of the period corresponds with the value found by investigators who have studied the fluctuations of the meteorological elements in this area by harmonic analysis.

The 19th century is apparently characterized by an approximation to undisturbed 3-year fluctuation, whereas in the course of the present century we have been farther away from this ideal than ever, a conclusion which can be reached by a superficial inspection of the Darwin pressure curve, whereas the monsoon forecasts issued in this country have notably suffered from this lack of coherence in the oscillations in recent years.

It should be remarked, however, that this very conclusion from the tree rings on the special character of the 19th century is liable to criticism, because by a malicious coincidence the counting of maxima and minima from any long series of random departures would yield an average of exactly 3 years (18).

Ik heb mij afgevraagd of er in de jaarringen van Berlage's djatiboomen iets naders te ontdekken valt over het bestaan van een zuiver meteorologische periode van 3 jaren. Hierbij heb ik gebruik gemaakt van de door hem gepubliceerde, onvereffende cijfers (16); immers in het vereffeningsproces is het mogelijk, dat bepaalde periodes verloren zijn gegaan. In dit onderzoek heb ik mede betrokken de neerslag- en de temperatuur-waarnemingen van Zwanenburg-De Bilt en twee reeksen toevallige getallen, ieder van 420 trekkingsen uit een zak met 99 nummers.

Allereerst geeft de volgende tabel de frequenties van de verschillende golfengtes.

TABEL I

Frequentietafel van de golflengtes

Golflengte	2		3		4		5		6		7		8		Gem. lengte
Jaarringen 414 jaar	44	100	36	82	23	52	14	32	8	18	0	0	1	2	3,28
Neersl. Zwan. De B. 205 "	20	100	18	90	13	65	8	40	2	10	1	5	0	0	3,31
Temp. Zwan. De B. 204 "	23	100	23	100	14	61	3	13	3	13	0	0	0	0	2,88
Toevalsreeks A. . . 414 trekk.	57	100	34	66	28	38	10	20	6	8	0	0	0	0	3,07
" B. . . 417 "	63		45		17		14		3		0		0		2,94
Theoretisch toeval	$\frac{2}{3}$	100	$\frac{1}{3}$	83	$\frac{13}{17}$	43	—	22	—	11	—	5	—	2	3,00

Iedere golflengte bevat twee kolommen: de frequenties zijn, om ze te kunnen vergelijken, herleid op een aantal 100 in de eerste kolom. Toegevoegd is in de laatste rij de theoretische kans op de golflengtes 2, 3 en 4 bij toevallige getallenreeksen volgens de opgave van B o t t e m a (21). De kans voor de volgende golflengtes mag telkens op de helft van de voorgaande worden gesteld. De frequenties wijken voor alle getallenreeksen min of meer van de theoretische waarden af, maar juist de jaarringen benaderen bij de golflengte 3 de toevalsverdeeling het meest.

Uit de gemiddelde lengte (laatste kolom) blijkt, dat in de beide toevalsreeksen de theoretische waarde 3 vrijwel bereikt wordt, maar dat van de meteorologische reeksen de jaarringen op Java en de neerslag in Nederland ver van de toevalsperiode verwijderd zijn. Dit feit wijst op het voorkomen van een of meer periodes, die belangrijk van het toeval afwijken en waaraan wij daarom fysische realiteit mogen toeschrijven. Hierbij wijs ik nog op een merkwaardige eigenschap die uit B e r l a g e s samenvattende tabel spreekt. In de even eeuwen is de door hem berekende golflengte, gemiddeld 3,50, belangrijk langer dan in de oneven eeuwen met het gemiddelde 3,13. In de 19e eeuw is de reine 3-jarige periode het best tot ontwikkeling gekomen. Wij moeten het zeer wel mogelijk achten, dat toen juist de toevalsperiode het zuiverst benaderd werd. Mag B e r l a g e zich beklagen over te groote aandacht, gewijd aan de harmonische analyse „that powerful but uncritic harmonic analysis (l.c.p. 17)”, er is, dunkt mij, meer reden zich te beklagen over te geringe aandacht, gewijd aan de wetmatige grillen van het toeval, dat critieklooze maar machtige toeval!

Toch valt er, met W a g n e r, niet te twijfelen aan de fysische beteekenis van de karakteristieke 3-jarige luchtdruk golf in NE-Australië en Indonesië.

Uit de frequentietabel laat zich echter niets naders afleiden over deze periode.

Komen er in de jaarringen misschien andere aanwijzingen voor van het bestaan van dergelijke regelmatige golven van drie jaar duur?

In de eerste plaats heb ik mij hierbij afgevraagd: Bestaat er in de periodes van de jaarringen een zekere persistentie, zooals deze aanwezig is in den

luchtdruk; zijn er dus in de jaarringen reeksen van elkaar opvolgende golven van gelijken duur aan te toonen? Deze vraag is ook onderzocht voor de andere bovenvermelde getallenrijen. De onderstaande frequentietabel geeft het aantal golven, die in onafgebroken opeenvolging in iedere getallenrij voorkomen.

TABEL II

Frequenties aantallen opeenvolgende golven

Golflengte	Aantal op- eenvolgende golven	2	3	4	5	6	7	8
Jaarringen	1 2 3 4	24 100 1 4 2 8 3 12	19 100 7 36 1 5	15 1 2	8 3	8	0	1
Neerslag Zwan.-De Bilt	1 2 3 4	20 100 8 40 6 30 0 0	11 100 0 0 1 9 1 9	7 3	6 1	2	1	0
Temp. Zwan.-De Bilt.	1 2 3 4 5	11 100 2 18 1 9 0 0 1 9	11 100 3 27 2 18	11 0 1	3	3	0	0
Toevalsreeksen A + B	1 2 3 4 5 6 7	44 100 15 33 7 16 3 7 0 0 1 2 1 2	39 100 13 33 2 5 2 5	31 7	22 1	7 1		

Om de persistentie te kunnen beoordeelen zijn de uitkomsten voor de golflengten 2 en 3 herleid op 100 voor één enkele golf en aan de tabel toegevoegd.

In de toevalsreeksen zien wij een regelmatige afnemings van het aantal golfstreken met hun lengte. Evenzoo gedragen zich de meeste golven in de meteorologische rijen. Met name gedraagt de drie-jarige golf in de jaarringen zich als de toevalsreeks. Een uitzondering vormen in de golflengte van 2 jaar de jaarringen en de neerslag te Zwanenburg—De Bilt. Lange golfstreken komen hier niet voor; de persistentie is belangrijk minder dan

bij het toeval. Het ligt voor de hand bij de verklaring te denken aan een invloed van de periode van ruim 2 jaar. Immers, indien deze periode in het materiaal voorkomt, kan een hypothetische 2-jarige periode gedurende enkele weinige golflengtes ermee in gelijke phase zijn en dus ontstaat in onze tabel juist het gesignaleerde ontbreken van langdurige reeksen van 2 jaar golflengte. Dan vinden wij in tegenstelling met Berlage: Niet de periode van 2 jaren is reëel, maar die van $2\frac{1}{4}$.

Evenmin als de frequentie levert de persistentie aanwijzingen voor het bestaan van een 3-jarige periode in de jaarringen.

De gestelde eisch, een opeenvolging van regelmatige golven van 3 jaar, is echter, wat de jaarringen betreft, te zwaar. Dit blijkt als volgt:

In het algemeen verloopt de jaarringencurve tegengesteld aan die van den druk. Dit toont fig. 1a aan, waarin de luchtdruk van Batavia, 1866—1930, en de waarnemingen aan de djatiboomen over hetzelfde tijdvak zijn uitgezet. Niet steeds is de tegenstelling duidelijk aanwezig; de groei van den djatiboom hangt zooals Berlage heeft bewezen nog van andere factoren af dan van den met den luchtdruk tegengesteld verlopenden neerslag. Zeer duidelijk is de tegengestelde gang in de jaren met hoogen luchtdruk; deze toch zijn tevens bijzonder droog.

De top in de jaarringen blijkt te vallen in het eerste of in het tweede minimumjaar van den druk. Het gevolg is dat er geen regelmatige series van 3-jarige golven ontstaan, maar dat 2-, 3- en 4-jarige golven elkaar afwisselen.

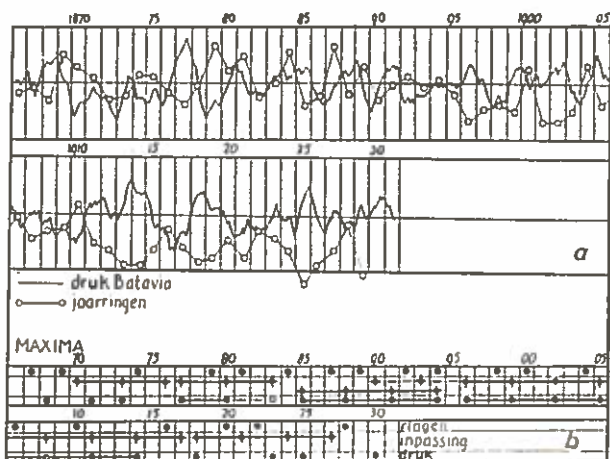


Fig. 1

- Gang van den luchtdruk te Batavia en van de jaarringen van den djatiboom 1866—1930
- Schema van het onderzoek naar het verband tusschen den luchtdruk en de jaarringen van den djatiboom

Wij moeten de vraag dus als volgt stellen: Is het mogelijk tusschen de onregelmatig verloopende jaarring-toppen regelmatige driejarige golven, den druk voorstellende, in te passen en hieruit conclusies te trekken over het voorkomen der 3-jarige druk-periode?

De bewerking wordt verduidelijkt door het schema in fig. 1b. De bovenste rij punten geeft de toppen in de jaarringen aan, de onderste die in den druk. De beide reeksen, 1885—1894, 1896—

1914 zijn door lijnen verbonden. Tusschen beide puntenrijen stellen de kruisjes de inpassing voor. De beide klassieke drukseries komen duidelijk voor den dag, maar in 1894 vallen beide toppen samen. Een groot bezwaar is dit niet, omdat het drukmaximum in 1894 slechts gering is. Een andere ringenreeks, 1879—'81—'84, sluit goed aan bij de drukreeks 1877—'80—'83, waarvan eveneens het laatste maximum gedegenereerd is. Deze drukreeks wordt ook door B r a a k aangegeven (l. c. p. 4 fig. 1).

Het is een bezwaar, dat de inpassing te veel geeft: 1890, 1893 en 1917 in aansluiting aan de drukreeks 1896—1914 en een tweetal rijen 1870—1876 en 1918—1927. Grootte bewijskracht mag aan deze methode blijkbaar niet worden toegekend.

In de jaren sinds 1514 is de inpassing van vele en lange driejarige reeksen mogelijk, maar dit is evenzeer het geval in de beide toevalsrijen A en B. Tabel III geeft een overzicht van de frequenties, waarin opvolgende reeksen voorkomen.

TABEL III

Frequentietabel van de ingepaste golfreeksen van 3 jaar

Lengte van de golfreeksen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jaarringen	6	6	3	5	2	1	0	1	2	0	0
Toeval A	8	8	2	5	2	0	1	0	0	1	0
" B	10	5	5	4	3	1	0	0	0	0	1
(A + B) : 2	9,0	6,5	3,5	4,5	2,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5

De jaarringen gedragen zich, wat de mogelijkheid van de inpassing van een regelmatig 3-jarige periode betreft, volkomen als de toevalsrijen. Ook nu vinden wij dus geen enkele voorkeur van de jaarringen voor de driejaarsperiode.

B r a a k heeft gewezen op een regelmatige serie van 6 drie-jarige golven in de zoutproductie op Madoera. Er is maximale productie van zout in zeer droge jaren; bij de jaarringen liggen de maxima daarentegen in de natte jaren. Wij vinden het volgende:

Maximumjaren

in de zoutproductie 1835 1838 1841 1844 1847 1850 1853
 „ „ jaarringen . . 1836 1840 1843 1847 1852 1854

Fig. 2 brengt de waargenomen waarden in beeld.

De beide reeksen verloopen, met één onregelmatigheid omstreeks 1847, geheel tegengesteld. Dit wijst op een gezamenlijke meteorologische oorzaak, die wij zeker in de 3-jarige drukgolf mogen zoeken. Blijkens de figuur

mag de onregelmatigheid, bestaande in het samenvallen van de twee toppen en het uitvallen van een jaarringen-top, toegeschreven worden aan een zwakke ontwikkeling van de 3-jarige periode.

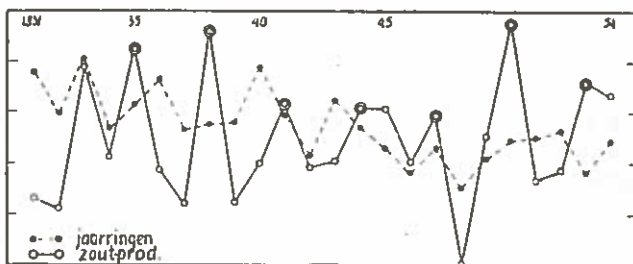


Fig. 2

Het verband tusschen de zoutproductie op Madoera en de jaarringen van den djatiboom 1831...1854

Ten slotte vinden wij dus, dat de jaarringen wel degelijk overeenstemming opleveren met de periode van 3 jaar, zoowel in de opbrengst van de zout-industrie, als in de barometeraflezingen na 1878. Dat er echter langs statistischen weg zoo weinig resultaat valt te boeken bewijst nadrukkelijk dat de meteorologische 3-jaarsperiode zeker geen algemeen verschijnsel is en slechts onder bijzonder gunstige omstandigheden tot stand komt.

In de 19e eeuw treffen wij de periode herhaaldelijk aan: 1835—1853; 1877—1883; 1885—1894 en na 1896, 12 golven op een totaal van 33. Eerst nu is dan ook B e r l a g e's conclusie gewettigd dat in die eeuw de zuiver meteorologische periode overheerschte. Wij moeten echter vaststellen, dat evenals na 1914, vóór de 19e eeuw de periode vrijwel ontbrak: statistische onderzoeken leveren alle zonder uitzondering een negatief resultaat op.

1d. Samenvatting

Wij vatten de conclusies uit ons betoog als volgt samen:

1. Het toeval heeft bij het periode-onderzoek veel meer beteekenis dan men gewoonlijk aanneemt. Men moet steeds bedacht zijn op een toevals-periode van 3 eenheden.

2. De frequenties van de golfengtes in een aantal onderzochte meteorologische waarnemingsreeksen bewijzen het voorkomen van een of meer periodes, die belangrijk van de toevallige afwijken en die dus nader op hun physische eigenschappen moeten worden getoetst.

3. De karakteristieke 3-jarige schommelingen in den luchtdruk in NW-Australië en Indonesië zijn toe te schrijven aan een bijzonder gunstigen samenloop van omstandigheden.

4. Deze schommelingen kwamen in het bijzonder tot ontwikkeling in de 19e eeuw, maar noch vóór noch na dien tijd zijn ze met zekerheid aan te toonen. De zuiver meteorologische periode heeft niet die groote beteekenis, die men algemeen eraan heeft gehecht.

2. De periode van $2\frac{1}{4}$ jaar

A. In den Neerslag

De uitkomsten van het onderzoek naar de periode van 27 maanden zijn reeds elders gepubliceerd (44 en Rapport p. 13) en worden hier in hun hoofdzaken herhaald. Sindsdien is het onderzoek uitgebreid en werd ook het neerslagmateriaal van Zwanenburg bestudeerd. Deze periode verdient een hooge mate van vertrouwen.

2a. De stabiliteit

Bij de onderverdeling van het materiaal sinds 1849 voor den neerslag in Nederland in cycli van 9 jaren bleek de stabiliteit vooral uit het standvastige optreden van een droog tijdperk van 5 maanden.

Tabel IVA bevat in afwijking van de overeenkomstige tabel in het Rapport (blz. 14) de maandelijksche afwijkingen en wel voor 22 volledige cycli sinds 1741. Het beginjaar van iederen cyclus is aangegeven en daarnaast het gemiddelde. De afwijkingen zijn berekend voor de 27 maanden 1...27 ten opzichte van het gemiddelde van den desbetreffenden cyclus.

De volgende tabel IVB geeft de uitkomsten van Zwanenburg 1741...1848 en van Utrecht—De Bilt, 1849...1938, alsmede die voor 5 tijdvakken van 36 of 45 jaar. Hierbij is de cyclus 1894...1902 weggelaten, omdat hij valt in den klimaatsprong van Schmauss (40), waarover later gesproken zal worden. Verder zijn in deze tabel de constanten van de harmonische analyse opgenomen. De resultaten zijn grafisch voorgesteld in Fig. 3, (zie bladz. 22).

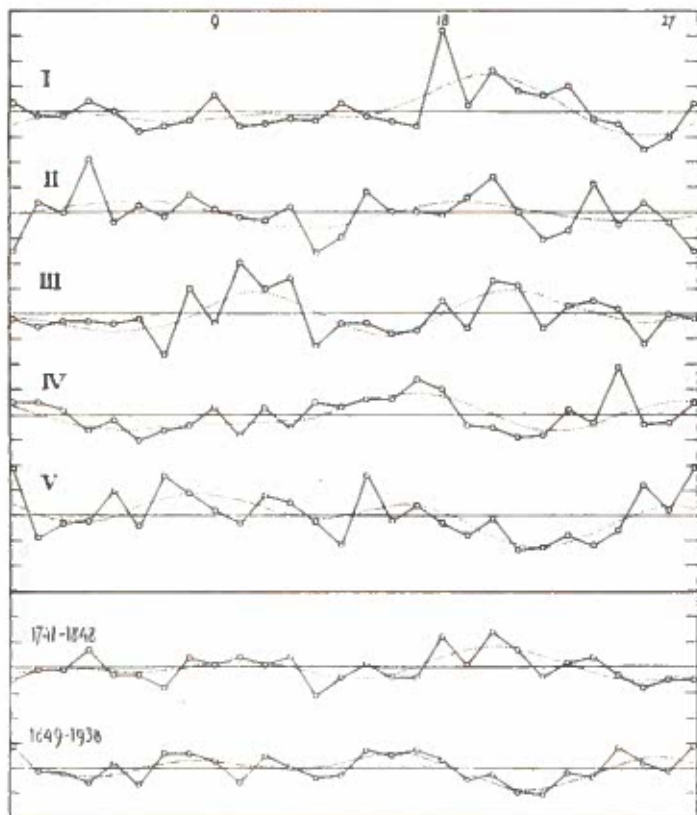


Fig. 3

Periode van 24 jaar. Neerslag 1741...1938 (Tabel IV B). Gestippeld:
harmonische analyse, ieder schaaldeel stelt 10 mm voor

TABEL IVA

Periode van 2¼ jaar. Neerslag Zwanenburg—De Bilt 1741...1938

Nº	Beginjaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1741	56	40	-9	0	22	-10	-10	-27	-1	3	9	-20	-17	14
2	1750	65	-10	-24	-10	-35	25	-18	-6	-35	-11	-10	-18	5	-13
3	1759	70	-14	46	-9	15	-2	3	10	16	10	-28	22	0	-5
4	1768	59	-4	-19	13	13	-12	-16	1	6	21	5	-3	-1	-10
5	1777	61	-10	-15	-6	24	-3	-1	9	29	-11	17	-3	26	-31
6	1786	62	-13	21	-20	20	-17	10	0	-4	9	-1	-9	-21	-12
7	1795	51	-19	19	11	31	-7	7	1	-4	-9	-21	1	-7	-14
8	1804	56	-19	-10	17	10	11	-5	-16	6	15	-4	-2	11	-6
9	1813	61	-6	4	11	14	-17	-6	-3	-9	8	17	17	15	-6
10	1822	64	-2	6	-31	-15	0	9	-28	32	-9	13	28	16	-27
11	1831	60	-14	-14	7	28	28	-11	4	7	12	42	-1	9	-10
12	1840	66	14	-15	16	-38	-27	1	-38	11	-26	6	-2	15	-10
13	1849	62	-6	13	-7	-12	20	-17	-36	5	22	-30	7	9	11
14	1858	53	-6	1	-7	-23	3	-7	7	-1	16	-29	19	10	-3
15	1867	60	17	14	-4	-15	-6	-17	5	11	-1	-3	-16	-24	15
16	1876	62	15	-12	15	11	-2	4	5	-29	5	11	-6	0	-10
17	1885	59	3	7	13	8	-15	-12	-11	-8	-28	12	13	-19	13
18	1894	62	-6	5	-14	-17	-9	-8	27	37	4	-9	4	4	18
19	1903	61	13	-5	-21	9	23	11	3	26	2	2	31	5	-7
20	1912	68	61	-16	-7	2	-1	-20	20	-20	9	4	20	-9	4
21	1921	61	-4	-9	15	2	1	-1	17	3	-4	-11	-23	3	-17
22	1930	62	6	-6	0	-23	17	-4	26	38	1	-8	5	20	14
23	1939														

Nº	Beginjaar	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	1741	14	-6	-1	7	-3	3	47	4	0	-25	-14	11	-22	-18
2	1750	23	0	22	-15	58	-29	33	13	9	53	-8	-14	-13	-7
3	1759	-20	-1	-22	-10	34	10	-22	6	-22	20	-10	-12	-13	3
4	1768	-5	-1	-13	-7	41	23	6	10	-2	-9	21	-5	-13	-18
5	1777	-1	18	-12	15	-11	-14	17	-13	-24	1	29	1	-31	-1
6	1786	-12	-18	14	-3	-16	-1	23	6	-21	2	22	28	0	8
7	1795	-16	9	-4	20	11	-5	27	7	5	-13	11	-32	12	-14
8	1804	-13	21	2	-31	12	44	-12	0	-5	-19	-28	-18	35	-10
9	1813	-17	-23	7	13	-25	2	-10	47	-7	3	-21	2	-7	-3
10	1822	2	34	-17	-30	11	-18	13	19	6	-14	-10	0	0	10
11	1831	-2	-23	-7	4	14	-12	-11	-12	-18	-6	12	-11	-13	-6
12	1840	-1	-3	-13	-15	9	4	61	-9	-6	28	38	17	-27	-3

Nº	Beginjaar	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
13	1849	-28	28	-1	17	10	14	28	-2	-23	1	-14	-4	14	-22
14	1858	-7	-9	23	11	-7	12	-23	-1	-5	8	-6	11	-21	15
15	1867	-6	-2	0	13	23	-9	-16	-7	-8	7	8	40	-12	5
16	1876	13	22	4	9	-13	-12	-12	-4	23	2	-6	14	3	-14
17	1885	45	-8	4	18	37	-25	-2	-31	-27	-9	2	33	-2	-1
18	1894	5	-29	34	-16	-10	1	-4	2	-22	0	22	8	-13	-1
19	1903	-16	31	-9	-27	-4	-12	-29	-15	10	-12	-21	-16	7	22
20	1912	-7	22	0	21	0	-15	10	-12	-23	-5	2	-7	4	-27
21	1921	-1	17	-6	11	-3	-7	3	-18	2	-9	-13	8	16	20
22	1930	-24	-5	5	10	-4	3	11	-11	-40	-4	-18	-10	21	-9
23	1939														

TABEL IVB

Periode van 2 $\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1741...1938. Onderverdeeling
(zie fig. 3)

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Zwanenburg														
1741...1848	-5	-1	-1	7	-3	-3	-8	4	1	4	1	4	-11	-4
De Bilt														
1849...1938	9	-1	-2	-6	2	-7	6	6	3	-6	5	0	4	-3
I 1741...1775	3	-2	-2	4	0	-8	-6	-4	6	-6	-5	-3	-4	3
II 1777...1812	-15	4	0	21	-4	3	-2	7	1	-2	-3	2	-16	-10
III 1813...1848	-2	-5	-3	-3	-4	-2	-16	10	-4	20	10	14	-13	-4
IV 1849...1893	5	5	2	-6	-2	-10	-6	-4	3	-8	3	-5	5	3
V 1903...1938	19	-9	-3	-2	10	-4	16	9	2	-3	8	5	-2	-12

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Zwanenburg													
1741...1848	1	-4	-4	12	1	14	7	-4	2	4	-3	-8	-5
De Bilt													
1849...1938	7	5	7	3	-5	-3	-10	-11	-2	-4	8	2	-1
I 1741...1775	-2	-4	-6	32	2	16	8	6	10	-3	-5	-15	-10
II 1777...1812	8	0	0	-1	6	14	0	-11	-7	11	-5	4	-4
III 1813...1848	-4	-8	-7	5	-6	13	11	-6	3	5	2	-12	0
IV 1849...1893	6	6	14	10	-4	-5	-9	-8	2	-3	19	-4	-3
V 1903...1938	16	-2	4	-3	-8	-1	-14	-13	-8	-12	-6	12	2

Harmonische Analyse

		a_1	A_1	a_2	A_2	a_3	A_3
Zwanenburg 1741...1848		2,07 mm	213,6 ^o	3,54 mm	293,7 ^o	2,96 mm	51,0 ^o
De Bilt 1849...1938		2,19	328,0	3,16	95,9	4,15	173,9
I	1741...1776	5,89	216,9	5,52	319,4	3,70	33,4
II	1777...1812	0,97	78,5	4,50	327,9	0,87	146,8
III	1813...1848	2,70	219,2	5,33	227,9	4,95	53,2
IV	1849...1893	2,63	222,5	5,10	89,5	3,10	180,4
V	1903...1938	5,96	350,2	1,85	74,3	4,97	160,5

Hoewel de stabiliteit in de Zwanenburgsche reeks niet zoo goed is als in die van De Bilt, toont toch de figuur hun groote overeenkomst. Beiden dekken elkander vrijwel wanneer wij de periode voor Zwanenburg drie maanden terugschuiven. Dit blijkt uit den correlatie-coëfficiënt tusschen de 27 afwijkingen van de drie maanden teruggeschoven Zwanenburgsche periode en die van De Bilt, welke de hooge waarde van $+ 0,47$ bereikt. De waarschijnlijkheid, dat een dergelijke correlatie geheel door toeval tot stand zou komen, is ongeveer 0,01. Het middenjaar van de eerste reeks is 1794 van de tweede 1893. In 100 jaren zou de periode 3 maanden teruggelopen zijn, per jaar ruim 1 dag en de periode zou dus ongeveer 3 dagen korter zijn dan 27 maanden. Deze conclusie is, ondanks de hooge correlatie, onjuist. Dit blijkt bij de beschouwing van de groepen I—V. De grafieken leeren, dat het karakter van de periode sterk veranderlijk is. De harmonische analyse toont aan, dat in de groep II de 27-maands-periode, met een afwijking a van slechts 1 mm, vrijwel geheel afwezig is, maar ook, dat in de groepen I, III en IV de phasehoek A_1 gelijk is gebleven, terwijl hij in groep V plotseling sterk is veranderd. De periode is het best ontwikkeld in I en V.

De sprong in den phasehoek tusschen de groepen IV en V valt in den 18en cyclus 1893...1902. Hierin ligt de groote klimaatsprong, waarop door Schmauss de aandacht is gevestigd (40). De 18e cyclus vertoont inderdaad een sterk afwijkend karakter dat blijkbaar aan den sprong moet worden toegeschreven.

De klimaatsprong van Schmauss, die in de 27-maandsperiode zoo opvallend tot uiting komt, zal ook in het volgende van groote beteekenis blijken te zijn.

De laatste dekade van de 19e eeuw vormt een belangrijke scheiding tusschen de weersverschijnselen vóór en na dien tijd.

Wij komen dus tot deze conclusie: De periode van 27 maanden handhaaft zich geruimen tijd om dan op te houden en na een interval opnieuw te beginnen. Zoo vertoont zij dus de eigenschappen van een rythme volgens Wagner.

Wij dienen de periode van 27 maanden zorgvuldig te controleeren! Wij zien, dat na den klimaatsprong een nieuw rythme van gelijken duur is aangevangen en mogen verwachten, dat dit zich voorloopig zal handhaven.

De 23e cyclus, in 1939 aangevangen, gedraagt zich nog op bevredigende wijze. Wij komen hierop nader terug.

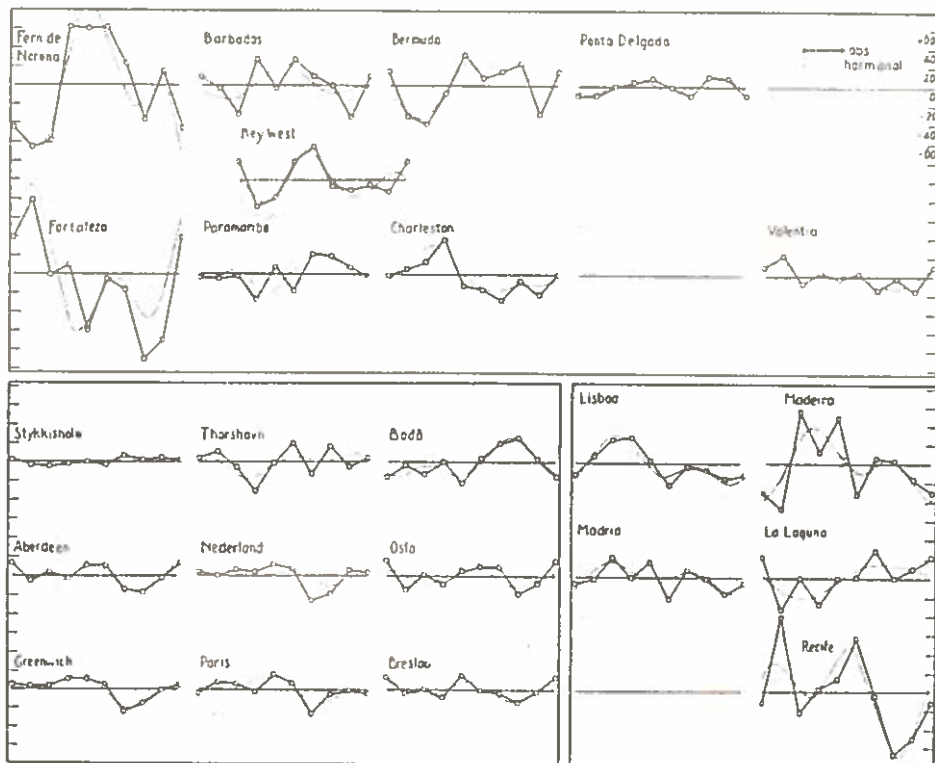


Fig. 4

Periode van 2½ jaar. Neerslag 1876...1938 (Tabel V). Geografische verspreiding.
Ieder schaaldeel stelt 20 mm voor

2b. De geografische verspreiding

De periode is over den geheelen noordelijken Atlantischen Oceaan en zijn kustgebieden aanwezig.

Tabel V (blz. 28) en fig. 4 geven een beeld van het verloop voor een 26-tal stations. De getallen in de tabel stellen de afwijkingen voor, berekend uit

de gemiddelde waarde voor iederen cyclus van 9 jaar, en wel voor de 9 seizoenen waarin de periode te verdeelen is. De meesten gelden voor het tijdvak 1876...1929.

De tabel bevat twee deelen: „oceanische stations” en „continentale stations”, alsmede de gegevens voor een aantal stations in NE-Amerika en in het zuidoosten van den noordelijken Atlantischen Oceaan.

De getallen in de laatste kolom geven de maanden aan, waarin de maxima of de minima vallen, verkregen door harmonische analyse. Zij zijn in de tabel aangegeven door onderstreeping van de desbetreffende seizoenen.

De constanten van de harmonische analyse zijn in tabel VI opgenomen. (zie blz. 29).

In de eerste plaats valt de tegengestelde gang van de oceanische en de continentale stations op. Steeds gaat het maximum op zee gepaard met het minimum op de nabijgelegen kust. Enkele sterke minima (Fortaleza in de seizoenen 8 en 9, Key West in 2 en 3) blijven hierbij buiten beschouwing omdat zij waarschijnlijk aan andere invloeden mogen worden toegeschreven.

In de tweede plaats zien wij een later optreden van de maxima en de minima, gepaard met een vermindering van de amplitude, in de richting van het Golfstroomstelsel. De tabel leert dat de schommelingen in 6 of 7 maanden den Atlantischen Oceaan oversteken.

De stations in NE-Amerika vallen buiten de werkingssfeer van de periode. In het zuid-oosten van het onderzochte gebied schijnt het maximum zich in de maanden 7...10 te vormen en zich in toenemende mate in SW-lijke richting te ontwikkelen. Een onderzoek naar deze periode in de oceanografische gegevens van den Atlantischen Oceaan zal noodig zijn om te beslissen, hoe de oversteek over den oceaan langs den NE-passaat en de aansluiting bij Fernando de Noronha tot stand komen.

2c. *Correlaties.*

Vooruitlopende op de bespreking van de correlaties in het volgende Hoofdstuk, geven wij de correlatie-coëfficiënten tusschen de afwijkingen in de neerslag-periode van $2\frac{1}{4}$ jaar en die in den maandelijkschen neerslag in Nederland, omdat zij het sterke verband tusschen beide verschijnselen zoo duidelijk aantoonen.

Maand	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
r	+ 0,26	0,09	0,34	0,35	0,19	0,38	0,29	0,23	0,26	0,39	0,50	0,23

TABEL V

Periode van $2\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1876...1929. Geografische verspreiding
(zie fig. 4)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Max. maand
Oceanische Stations										
Fernando de Noronha .	-45	-65	-58	62	61	62	23	-56	15	14
Barbados ¹⁾	10	-2	-3	28	2	28	10	0	-33	14
Bermuda	15	-33	-41	-8	33	8	15	23	-30	17
Ponta Delgada ²⁾	-10	-10	0	4	8	-1	-10	10	9	18
Stykkisholm	2	-3	-5	-2	0	-3	6	2	4	20
Thorshavn ³⁾	4	11	-6	-30	-1	20	-12	17	-5	20
Bodö	-15	-3	-13	0	-22	4	20	26	3	21
Continentale Stations										
										Min. maand
Fortaleza ⁴⁾	39	79	0	10	-60	-5	-17	-90	-70	14
Paramaribo	-3	-5	-2	-27	7	-18	21	19	7	14
Key West	20	-27	-18	20	36	-6	-10	-5	-11	17
Charleston	-1	5	13	37	-13	-17	-28	-7	-22	17
Valentia	10	22	-7	4	-2	3	-14	-2	-15	19
Greenwich	5	3	3	11	11	6	-4	-15	-1	20
Aberdeen	14	-5	4	-2	11	11	-14	-17	-2	20
Nederland	4	1	7	5	13	8	-25	-18	6	20
Paris (P. St. Maur) . .	-4	8	6	-2	17	7	-26	-5	-1	20
Oslo	17	-14	2	-8	6	11	10	-18	-7	22
Breslau	14	-3	1	-8	16	-1	-3	-14	-2	22
NE—Amerika										
Toronto	-21	19	4	8	-14	14	-2	-7	0	
Eastport	-5	18	-23	13	-3	20	13	-5	-18	
Ivigut	-20	-32	-3	9	27	-16	12	33	-11	
SE—N-Atlantische Oceaan										
Lisboa	-12	7	25	27	3	-23	-3	-7	-16	
Madrid	-6	-2	21	0	17	-22	8	-1	-17	
Madeira	-30	-47	55	13	49	-32	6	3	-16	
La Laguna ⁵⁾	22	-33	0	-27	0	1	29	0	10	
Recife	-12	79	-22	3	14	58	-4	-67	-50	

¹⁾ 1883—1930; ²⁾ 1894—1930; ³⁾ 1873—1925; ⁴⁾ sinds 1921 Porangaba; ⁵⁾ 1885—1900; 1911—1929.

TABEL VI

Periode van 2 $\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1876...1929. Harmonische analyses

	a_1	A_1	a_2	A_2
Oceanische Stations				
Fernando de Noronha	53,9 mm	265,3°	40,9 mm	146,5°
Barbados	13,2	262,1	8,9	108,0
Bermuda	24,1	226,1	13,7	120,1
Ponta Delgada	2,2	209,6	8,5	206,6
Stykkisholm	8,6	187,2	0,4	204,8
Thorshavn	9,0	158,1	7,3	68,3
Bodö	15,1	184,9	11,5	281,3
Continentale Stations				
Fortaleza	50,0	63,8	46,8	21,8
Paramaribo	14,0	166,9	8,6	321,9
Key West	11,1	291,1	18,7	142,3
Charleston	21,0	7,0	8,1	263,6
Valentia	9,1	28,1	7,0	51,9
Greenwich	11,8	357,6	10,8	130,4
Aberdeen	6,6	346,4	12,2	114,0
Nederland	11,2	358,4	12,6	133,8
Paris	9,1	350,8	8,1	128,3
Oslo	4,3	283,3	9,1	85,0
Breslau	3,3	354,4	9,4	92,3
NE-Amerika				
Toronto	5,3	336,4	5,1	308,9
Eastport	8,6	266,7	6,4	51,6
Ivigut	17,2	241,4	15,4	237,2
SE N-Atlantische Oceaan				
Lisboa	18,4	353,8	13,5	289,6
Madrid	9,1	335,9	10,7	311,5
Madeira	22,5	309,7	21,4	252,3
La Laguna	17,1	177,9	4,3	72,9
Recife	31,2	328,7	35,7	55,8

In 10 van de 12 maanden bereiken de coëfficiënten niet alleen hoge waarden, maar kunnen zij ook in de regressievergelijkingen voor de maandelijksche weersverwachting worden toegepast.

Dit resultaat verhoogt het vertrouwen, dat in deze periode mag worden gesteld.

Het is niet duidelijk waarom de correlatie in de maanden Januari en April zoo laag uitvalt.

2d. De cycluseriode van 9 jaren

Hoe de periode zich gedraagt in den 9-jarigen cyclus blijkt het duidelijkst bij de groep V, 1903...1938, waarin zij het krachtigst ontwikkeld is.

Wij rangschikken de maandelijksche afwijkingen in 9 kolommen van 12 ieder. De som der afwijkingen in iedere kolom geeft dan de jaarlijksche afwijking in den cyclus. Het procédé is in tabel VII verduidelijkt. Blijkbaar moet het eerste jaar nat, het tweede jaar droog zijn. Het derde jaar wordt nog nat, maar in het 4e en het 5e jaar is de aanvang van de periode zoover opgeschoven, dat de jaarlijksche afwisseling verloren gaat. Het 6e en het 8e jaar vallen weer nat uit, het 7e en 9e droog. De jaarlijksche afwijkingen in den cyclus zijn aangegeven in de rij u_c .

TABEL VII

Cyclusperiode van 9 jaar. Neerslag 1903...1938

Maand			Jaar								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13	25	19	— 2	— 6	— 3	— 13	16	— 8	— 2	— 2
2	14	26	— 9	— 12	12	8	— 8	9	— 1	10	4
3	15	27	— 3	16	2	5	— 12	2	— 14	— 4	— 3
4	16	1	— 2	— 2	19	— 2	— 6	— 3	— 13	16	— 8
5	17	2	10	4	— 9	— 12	12	8	— 8	9	— 1
6	18	3	— 4	— 3	— 3	16	2	5	— 12	2	— 14
7	19	etc.	16	— 8	— 2	— 2	19	— 2	— 6	— 3	— 13
8	20		9	— 1	10	4	— 9	— 12	12	8	— 8
9	21		2	— 14	— 4	— 3	— 3	16	2	5	— 12
10	22		— 3	— 13	16	— 8	— 2	— 2	19	— 2	— 6
11	23		8	— 8	9	— 1	10	4	— 9	— 12	12
12	24		5	— 12	2	— 14	— 4	— 3	— 3	16	2
u_c			48	— 55	46	— 12	— 15	39	— 42	44	— 50
u_j			71	— 74	22	— 39	— 16	56	42	20	— 80
$u_j - u_c$			23	— 19	— 24	— 27	— 1	17	84	— 24	— 30

Bepalen wij den 9-jarigen cyclus uit de waargenomen jaarsommen dan vinden wij de getallen die in de tabel in de rij u_j zijn aangegeven. Hun verloop komt vrijwel overeen met dat van u_c , echter met een belangrijke uitzondering in het 7e jaar. Er schuilt blijkbaar in den neerslag nog een afzonderlijke 9-jarige periode, waarvan de gang wordt voorgesteld door het verschil ($u_j - u_c$).

Wij kunnen dezelfde bewerking toepassen op de 5 groepen waarin wij het materiaal sinds 1741 verdeeld hebben en vinden dan de uitkomsten, die in tabel VIII vermeld staan.

TABEL VIII

Cyclusperiode van 9 jaar. Neerslag 1741...1938 (zie fig. 5, bladz. 32)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I 1741...1776									
u_c	-21	59	-37	32	-21	-17	9	-24	31
u_j	-86	-4	-24	13	26	130	44	-76	-25
$u_j - u_c$	-65	-63	13	-19	47	147	35	-52	-56
II 1777...1812									
u_c	12	-7	10	-2	-4	-16	-3	4	7
u_j	-61	37	1	9	-35	87	23	-49	-11
$u_j - u_c$	-73	44	-9	11	-31	103	26	-53	-18
III 1813...1848									
u_c	16	-11	-38	31	-27	3	0	4	0
u_j	-41	-40	5	82	-32	-37	64	48	-45
$u_j - u_c$	-57	-29	43	51	-5	-40	64	44	-45
IV 1849...1893									
u_c	-24	17	-3	17	-5	28	-4	-20	14
u_j	-42	-2	-9	45	5	28	3	11	-39
$u_j - u_c$	-18	-19	-6	28	10	0	7	31	-53
V 1903...1938									
u_c	48	-55	46	-12	-15	39	-42	44	-50
u_j	71	-74	22	-39	-16	56	42	20	-60
$u_j - u_c$	23	-19	-24	-27	-1	17	84	-24	-30

Fig. 5 geeft de kromme u_c , u_j en $(u_j - u_c)$ voor iedere groep.

Het karakter van de u_c curve hangt af van de teekenverdeling in den desbetreffenden cyclus en is dus niet steeds gelijk. Ook in de eerste groep komt de cyclus goed uit. In de tweede groep is de cyclus, evenals de periode zelf, vrijwel afwezig.

Op de afzonderlijke periode van 9 jaren komen wij nader terug.

De 6 jaren 1939...1944 van den 23en cyclus vertoonen ten opzichte van hun gemiddelde waarde het volgende verloop:

1939	1940	1941	1942	1943	1944
74	-14	-4	22	-81	7

Deze uitkomst stemt voldoende overeen met die van het tijdvak 1903...1938. Wij mogen concluderen, dat de periode nog gaande is.

2e. Het seizoen-effect

Door die periodes samen te nemen, die alle in den winter aanvangen en evenzoo die welke in de andere jaargetijden beginnen, moeten wij de periode

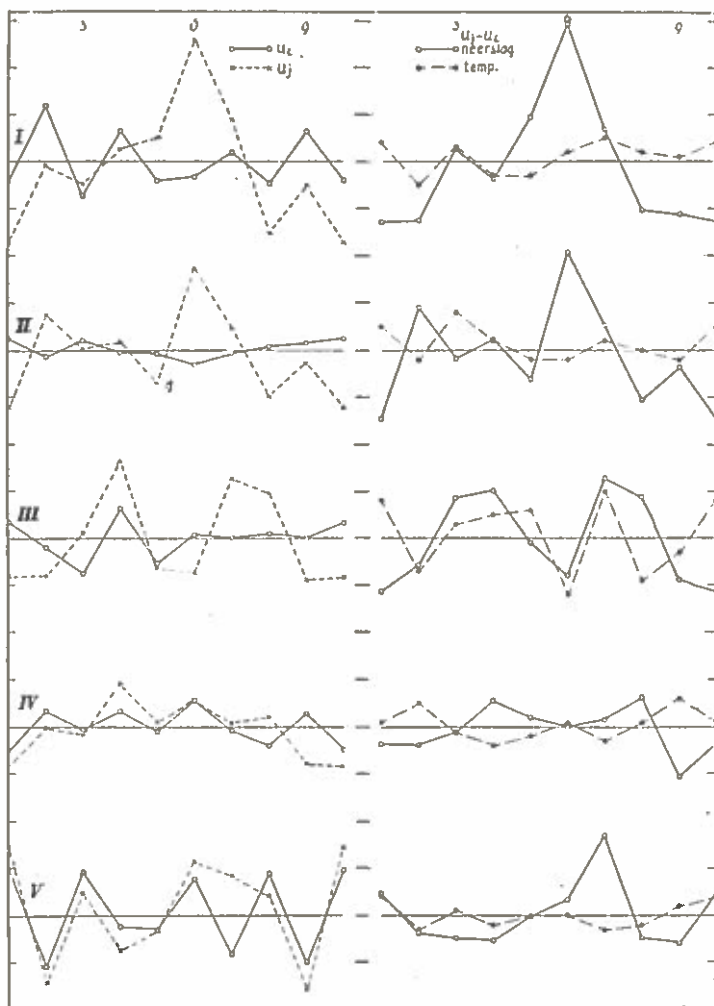


Fig. 5

Cycluseriode van 9 jaar. Neerslag 1741...1938 (Tabel VIII)

Ieder schaaldeel stelt 50 mm voor

Voor de temperatuur-curve (rechts) stelt ieder schaaldeel 1° voor

op de proef kunnen stellen. In het Rapport werden daarbij bepaalde vervormingen in de 4 zoo verkregen krommen gevonden, die aan een wind-

effect werden toegeschreven. Het onderzoek had betrekking op het tijdvak 1849...1938. Nu gebleken is, dat de klimaatsprong van Schmauss een groote stoornis in de ontwikkeling van de periode heeft veroorzaakt was het gewenscht het gevonden effect te onderzoeken voor het tijdvak 1903...1938. Hierbij kwam evenwel het verschijnsel niet duidelijk voor den dag, zonderdat uit te maken valt of dit alleen te wijten is aan den te korten duur van dit tijdvak. Wij zullen goed doen een beslissing over het seizoen-effect tot later uit te stellen.

B. De periode van $2\frac{1}{4}$ jaar in de temperatuur

In het Rapport is aangetoond (p. 22), dat in de temperatuur de periode van 27 maanden veel minder tot ontwikkeling komt dan in den neerslag.

Er is wel hier en daar overeenstemming tusschen de krommen voor Zwanenburg en De Bilt, maar daar staan groote en belangrijke verschillen tegenover. De amplitudo is gering: de grootste afwijking in de maandcijfers voor De Bilt is slechts 0,3°. Terwijl voor den neerslag de stabiliteit reeds duidelijk is in tijdvakken van 9 jaren, is dit voor de temperatuur bij onderverdeling over twee tijdvakken van 45 jaar niet het geval.

Wij hebben de periode van 27 maanden om deze redenen bij de temperatuur niet toegepast.

Tabel IX bevat den gang van de temperatuurperiode voor De Bilt over het tijdvak 1849...1938 overgenomen uit het Rapport.

TABEL IX

Periode van $2\frac{1}{4}$ jaar. Temperatuur De Bilt 1849...1938

Maand	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Afwijking	0,1	0	0	0,2	0,1	0	0	-0,1	-0,1
Maand	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Afwijking	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0	0,1	0,2
Maand	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Afwijking	0,2	0	0	-0,1	0	0,2	0,2	0,1	0,1

3. De periode van 9 jaar

A. In den neerslag

Bij de beschouwing van de cyclusperiode van 9 jaar (tabel VIII, fig. 5) blijkt er een rest ($u_1 - u_c$) over te blijven, die aanzienlijke waarden bereiken kan. Er bestaat blijkbaar een afzonderlijke periode met een duur van 9 jaar. Het karakter blijkt uit de rechter helft van fig. 5. De periode is niet

stabiël: in de 3e en de 4e groep, van 1813...1893, is zij vrijwel afwezig; in de 1e, de 2e en de 5e groep is zij getypeerd door een scherpe positieve top, tot 1812 in het zesde jaar, na 1903 in het 7e jaar. Wij hebben hier ook weer een voorbeeld van een „rhythme”. Het ontbreekt gedurende het grootste deel van de 19e eeuw.

Het hiaat en de phasesprong in deze periode vallen lang voor den klimaat-sprong van S c h m a u s s. Het schijnt dus, alsof deze periode onafhankelijk is van die van 27 maanden en van de cyclusperiode van 9 jaren.

B. In de temperatuur

Blijkens de in fig. 5 ingeteeke niet voor u_c gecorrigeerde krommen voor de temperatuur is hierbij de 9-jarige periode niet of nauwelijks aanwezig.

De afwijkingen u_i voor dezelfde groepen als in tabel VIII (blz. 31) zijn als volgt:

TABEL X

Periode van 9 jaar. Temperatuur 1741...1938. Afwijkingen u_i
(zie fig. 5)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I 1741...1776 . .	0,4	—0,5	0,3	—0,3	—0,3	0,2	0,5	0,2	0,1
II 1777...1812 . .	0,5	—0,2	0,8	0,2	—0,2	—0,2	0,2	0,0	—0,2
III 1813...1848 . .	0,8	—0,7	0,3	0,5	0,6	—1,2	1,0	—0,9	—0,3
IV 1849...1893 . .	0,1	0,5	—0,1	—0,4	—0,2	0,1	—0,3	0,1	0,6
V 1894...1938 . .	0,2	—0,2	0,2	—0,1	0,0	—0,2	0,2	—0,2	0,0

Voor de temperatuur heeft de periode van 9 jaar niet of nauwelijks betekenis.

4. De periode van $3\frac{1}{4}$ jaar

A. In den neerslag

4a. De afleiding van de periode

In het Rapport (p. 28) werd de periode van $3\frac{1}{4}$ jaar afgeleid met de methode van den teekencoëfficiënt ontwikkeld door D e B o e r (20). Hiertoe worden de afwijkingen van de normaal weergegeven alleen door hun teeken. Men vergelijkt de teekens die p jaar uiteenliggen en bepaalt het aantal malen, dat er overeenkomst of verschil in teeken is. De „teekencoëfficiënt” is gelijk aan het overschot aan overeenkomst over verschil, gedeeld door het totale aantal. Schuilt er in het materiaal een periode dan zal telkens wanneer p in de buurt ligt van een even aantal halve golflengtes, de teekencoëfficiënt hooge positieve waarden aannemen; telkens wanneer p in de buurt van een oneven aantal malen de halve periode komt, hooge negatieve. Er ontstaat

dan een regelmatige opeenvolging van positieve en negatieve waarden van de teekencoëfficiënt waaruit de lengte van de periode is af te leiden. De teekencoëfficiënt is een vereenvoudigde correlatiecoëfficiënt, waarbij de afwijkingen aan $+1$, 0 of -1 worden gelijkgesteld.

Fig. 6, overgenomen uit het Rapport (fig. 7, blz. 29), geeft het resultaat van het onderzoek weer, nadat de jaarlijksche neerslagafwijkingen bevrijd waren van de periodes van $2\frac{1}{4}$ en $5\frac{1}{4}$ jaar, over het tijdvak 1849...1937. De abscis geeft het tijdsverschil p aan, de ordinaat den teekencoëfficiënt.

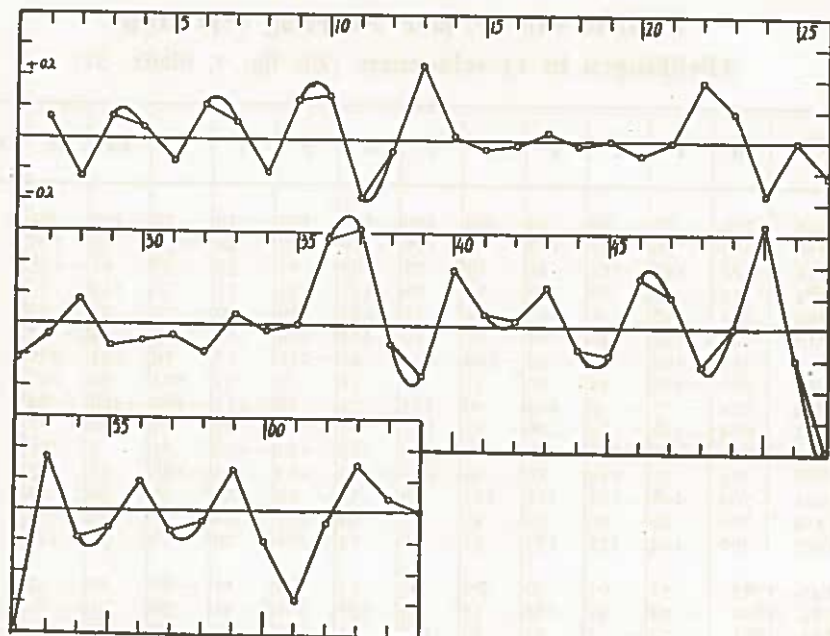


Fig. 6

Periode van $3\frac{1}{2}$ jaar. Neerslag 1849...1937. Teeken-coëfficiënten

Het verloop van de toppen en de dalen is in het grootste deel van de grafiek opvallend regelmatig. Van bijzondere beteekenis is het vlakke verloop van de kromme tusschen $p = 15$ en $p = 35$. Deze onregelmatigheid moet worden toegeschreven aan een hiaat in de periode tusschen 1865 en 1885. Daarna is de periode opnieuw tot stand gekomen met een phaseverschil ten opzichte van de reeks vóór 1871.

Uit de kromme werd de lengte van de periode berekend op 3,24 jaar, de phasesprong op 1,16 jaar of 14 maanden.

Het karakter van de periode werd voor deze Verhandeling uit het cijfermateriaal op de gewone wijze afgeleid. Hiertoe werd gebruik gemaakt van de seizoenwaarnemingen, 13 in iedere periode.

De cyclus bedraagt 13 jaren. Evenals bij de andere periodes werden de afwijkingen bepaald ten opzichte van het gemiddelde in iederen cyclus. Er zijn 15 cycli tusschen 1745 en 1940 beschikbaar.

Tabel XI bevat de afwijkingen voor alle cycli. De tabel geeft achtereenvolgens het volgnummer, het beginjaar, het gemiddelde m en de afwijkingen voor de 13 seizoenen.

TABEL XI

Periode van $3\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1745...1940
Afwijkingen in 13 seizoenen. (Zie fig. 7, bladz. 37)

Nº.	Begin- jaar	m	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I:
1	1745	770	- 87	- 89	99	189	230	-160	107	- 16	10	-190	- 62	- 53	
2	1758	825	96	- 47	153	- 28	-106	-116	- 59	42	-184	13	165	125	-
3	1771	724	145	-154	- 41	19	77	63	40	- 59	- 30	91	-138	- 40	
4	1784	714	- 99	80	265	- 28	76	-157	- 33	- 71	- 72	113	59	- 37	-
5	1797	622	- 96	- 1	217	11	53	-153	136	- 36	- 70	- 35	- 73	28	
6	1810	720	36	40	67	- 27	19	-165	199	14	- 25	14	- 47	46	-1
7	1823	755	164	- 47	- 23	-124	253	42	-210	77	- 19	231	-230	-117	-
8	1836	760	-310	34	- 30	35	31	- 51	- 70	- 53	124	92	127	86	-
9	1849	724	- 77	- 9	224	29	115	72	- 28	-112	-162	-168	64	12	
10	1862	664	-136	65	- 16	31	102	87	- 16	- 43	20	- 74	11	-116	
11	1875	715	66	-126	150	- 65	163	183	-134	-106	- 71	- 5	107	-154	-
12	1888	755	57	113	10	- 14	-219	- 33	263	-122	-128	28	13	201	-1
13	1901	763	-106	-107	-112	-112	66	- 33	- 19	127	57	59	72	80	
14	1914	762	28	10	- 39	- 45	- 71	- 90	157	- 98	97	133	- 70	0	
15	1927	766	-124	172	173	- 25	- 40	24	-101	29	- 52	- 51	126	-186	
I	1745...1783		51	- 97	70	60	67	- 71	29	- 11	- 68	- 29	- 12	11	
II	1784...1822		- 53	40	183	- 15	49	-158	101	- 31	- 56	31	- 20	12	-
III	1823...1861		- 74	- 7	57	- 20	133	21	-103	- 29	- 19	52	- 13	- 6	
IV	1862...1900		- 4	17	48	- 16	15	79	38	- 90	- 60	- 17	44	- 23	-
V	1901...1927		- 67	25	7	- 61	- 15	- 33	12	19	34	47	43	- 35	

De afwijkingen werden in 5 groepen, I...V, ieder van 39 jaren, samen genomen (tabel XI). Om den tijd van het hiaat nader te bepalen werden nog een 4-tal tusschengelegen groepen van 39 jaren toegevoegd en voor alle werden de volgende harmonische constanten berekend, voor de tusschen gevoegde alleen die van den eersten term.

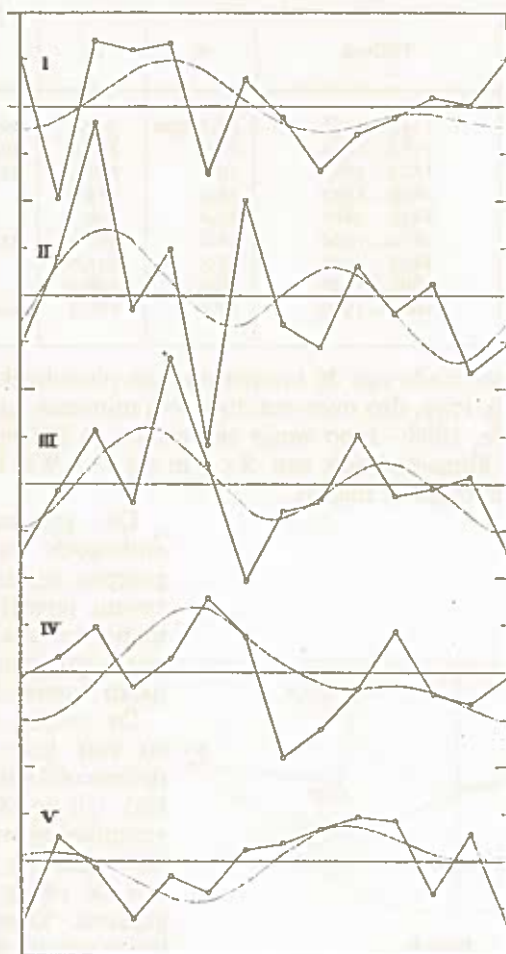


Fig. 7

Periode van 3 $\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1745...1939(Tabel XI).
Gestippeld: harmonische analyse. Ieder schaaldeel
stelt 50 mm voor

TABEL XII

Periode van $3\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1745...1939. Harmonische analyse
(zie fig. 8)

	Groep	Tijdvak	a_1	A_1	a_2	A_2
I	1...3	1745...1783	28,3 mm	343,3°	20,2 mm	228,2°
II	4...6	1784...1822	28,7	347,0	49,3	334,6
III	7...9	1823...1861	19,7	343,7	40,0	267,1
	8...10	1836...1874	34,4	314,0	—	—
	9...11	1849...1887	57,6	339,3	—	—
IV	10...12	1862...1900	16,6	307,6	23,9	215,8
	11...13	1875...1913	25,5	241,6	—	—
	12...14	1888...1926	40,6	196,9	—	—
V	13...15	1901...1939	27,6	166,5	19,0	357,2

Wij vinden tot het einde van de 11e periode een phasehoek A_1 , die vrijwel constant blijft sinds 1745, dus over een duur van minstens 143 jaar, maar bij de twaalfde periode, 1888—1900 vangt een groote en belangrijke wijziging aan, juist bij den klimaatsprong van Schmauss! Wij hebben ook nu met een typisch rythme te maken.

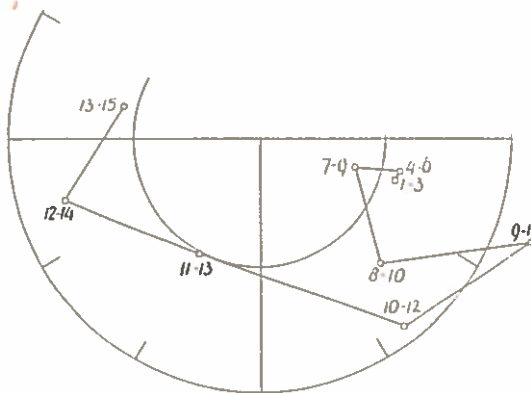


Fig. 8

Periode van $3\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1745—1939.
Harmonische analyse (Tabel XII)

De resultaten van het onderzoek bij de 5 hoofdgroepen zijn in fig. 7 weergegeven, terwijl fig. 8 de harmonische analyses voor alle negen groepen in poolcoördinaten voorstelt.

De sprong is veel groter en valt later dan met den teekencoefficiënt werd afgeleid. Uit fig. 8 blijkt, dat de verandering waarschijnlijk de halve periode bedraagt, dat dus de phase vrijwel is omgekeerd. Deze tegenstelling blijkt ook uit fig. 7 bij vergelijking van de laatste groep met de eerste drie.

De periode van $3\frac{1}{4}$ jaar is betrekkelijk zwak ontwikkeld. Uit fig. 7 blijkt, dat de jaarlijksche afwijkingen belangrijker zijn dan de amplitudo van de periode. De overeenstemming tusschen de waargenomen en de berekende curve is het grootst in de laatste groep, 1901...1939. Voor de neerslag-verwachting heeft deze periode slechts geringe beteekenis en is zij niet toegepast.

4b. De cyclusperiode van 13 jaar.

In het geheele tijdvak van 1745...1887, waarin de periode van $3\frac{1}{4}$ jaar homogeen maar zwak ontwikkeld is, spreekt ook de cyclusperiode zwak en volgen de jaarlijksche afwijkingen den cyclus slechts in geringe mate.

Het verloop van den cyclus en den jaarlijkschen gang is in het tijdvak 1901...1939, na den sprong, zeer grillig. Dit tijdvak is blijkbaar nog te kort om conclusies toe te laten.

De resultaten van het onderzoek zijn in tabel XIII afgedrukt.

TABEL XIII

Cyclusperiode van 13 jaar. Neerslag 1745...1939 (zie fig. 9)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1745	u_c	19	8	-18	5	8	-32	-23	+37	-17	-14	53	-24	-2
tot	u_j	-7	2	13	1	17	25	-4	-7	-12	-19	24	-31	-3
1887	$u_j - u_c$	-26	-7	31	-4	9	57	19	-44	5	-5	-29	-7	-1
1901	u_c	-96	-17	89	-6	-107	143	-48	-102	112	-30	-44	62	84
tot	u_j	38	33	66	24	39	-36	-139	-190	17	56	-40	94	41
1939	$u_j - u_c$	134	50	-23	30	146	-179	-91	-88	-95	86	4	32	-43

B. De periode van $3\frac{1}{4}$ jaar in de temperatuur

Blijkens het Rapport (p. 32) is de periode van $3\frac{1}{4}$ jaar in de temperatuur nauwelijks aanwezig. Dit blijkt hieruit, dat zij niet is aan te toonen met de methode der teekencoefficienten en dat er weinig of geen verband bestaat tusschen de twee tijdvakken 1849...1871 en 1884...1936. Voor de temperatuurverwachting is deze periode niet bruikbaar.

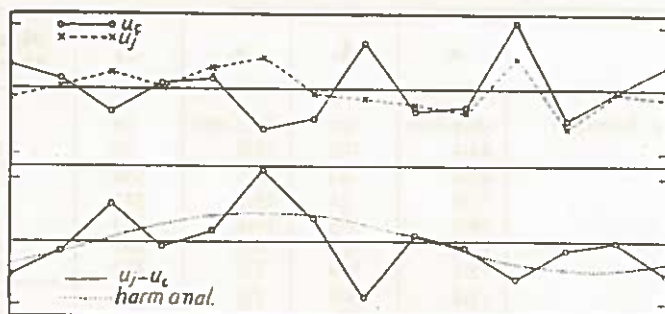


Fig. 9

Cyclusperiode van 13 jaar. Neerslag 1745...1887 (Tabel XIII).
Ieder schaaldeel stelt 50 mm voor

5. De periode van 13 jaar

A. In den Neerslag

Na de jaarlijksche afwijkingen bevrijd te hebben van de cycluseriode blijft de grillig verloopende 13-jarige neerslagcurve over, die in tabel XIII door rij $(u_1 - u_c)$ is weergegeven.

Het verloop van u_1 , u_c en $(u_1 - u_c)$ is in fig. 9 voorgesteld voor het tijdvak 1745...1887. De gestippelde kromme in de onderste helft is het resultaat van de harmonische analyse van de 13-jarige periode. Ook hieruit blijkt slechts een zwakke periode met een ten opzichte van de optredende storingen kleine amplitudo.

De waargenomen afwijkingen met hun toppen om de 3 of 4 jaar doen sterk aan de toevalsperiode denken.

B. In de temperatuur

Naar de 13-jarige periode in de temperatuur werd geen onderzoek ingesteld, omdat er geen loonende resultaten waren te verwachten.

6. De periode van $5\frac{1}{4}$ jaar

A. In den Neerslag

De Boer (20) vond een stabiele periode van $5\frac{1}{4}$ jaar in den neerslag, die zich over den Atlantischen Oceaan voortplant in de richting van den Golfstroom.

Deze voortplanting blijkt uit het volgende overzicht van de constanten der harmonische analyse, uitgevoerd voor 21 seizoenen (overgenomen uit het Rapport, blz. 23).

Tabel XIV

Periode van $5\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag 1849...1938. Geografische verspreiding. Harmonische analyse

	a_1	A_1	a_2	A_2	Maximum in seizoen
Fernando de Noronha	59,5 mm	27°	21,4 mm	26°	3,7
Ceará	44,2	125	28,6	59	20,0
{ Paramaribo	47,6	43	24,0	358	3,7
{ Barbados	21,6	42	15,7	321	3,8
{ Bermuda	14,2	305	16,4	344	9,5
{ Charleston	18,4	279	8,7	207	10,0
Ponta Delgada	15,7	154	5,9	284	18,3
Valentia	15,4	308	7,6	291	9,3
Nederland	7,3	282	5,8	34	10,8
Stryksholm	10,2	156	7,7	51	18,2
Thorshavn	9,0	30	9,4	224	4,5
Bodö	16,5	75	11,1	154	1,6

De periode van 27 maanden steekt den Oceaan over in 6 of 7 maanden, die van $5\frac{1}{4}$ jaar in ongeveer 11 jaar. De verhouding van deze beide tijdsduren is 1 : 20, de snelheden der beide periodes verhouden zich dus als 20 : 1. Het is een welbekend feit, dat de normale verhouding van stroomsnelheid tot windsnelheid op de open zee eveneens 20 : 1 is. De Boer trok dan ook de conclusie, dat de lange periode getransporteerd wordt door het water van den Golfstroom, de korte door de algemeene luchtcirculatie op den Atlantischen Oceaan. Hij leidde uit de atlassen van De Bilt (2) de stroomsnelheid af tusschen Bermuda en Valentia en vond een jaarlijksch gemiddelde van 6,8 km in 24 uur. De periode doorloopt dezen afstand, 5800 km, in 5 jaar, met een gemiddelde van 3,2 km in 24 uur. Voor de windsnelheid vond hij 105 km in 24 uur; de korte periode heeft 2,2 maand noodig, met een gemiddelde snelheid van 86 km in 24 uur. De verhouding tusschen stroomsnelheid en windsnelheid is 1 : 16, die van de beide periodes 1 : 26, uitkomsten, die, gezien de vele onzekere factoren bij deze berekening, voldoende geacht mogen worden.

Bij De Boer's verhoudingsgetallen valt op te merken, dat volgens Wüst (52) de eigenlijke kernmassa van de watercirculatie zich niet aan de oppervlakte bevindt maar op 200 m diepte. Of de stroomsnelheid op dit niveau al of niet beter overeenstemt met de voortplantingssnelheid van de lange periode, blijft een onbeantwoorde vraag.

Bij de vergelijking van Paramaribo en Barbados, Bermuda en Charleston in de tabellen VI en XIV blijkt, dat deze periode niet die tegenstelling vertoont tusschen land- en zeestations als de 27-maandsperiode. Dit is heel wel verklaarbaar, indien de lange periode aan het zeewater is toe te schrijven.

Uit tabel XIV blijkt, dat het maximum te Thorshavn (Faroër) belangrijk later intreedt dan te Stykkisholm op IJsland en Bodö in Noorwegen. Minder duidelijk treedt deze verlating ook op bij de periode van 27 maanden (tabel V). De Boer meende te mogen veronderstellen, dat de Faroër niet op den hoofdweg van de luchtcirculatie en den Golfstroom tusschen Valentia en Bodö liggen, maar dat de storingen deze eilanden eerst bereiken na vermenging met koude stroomingen uit de IJszee. Ook dit vraagstuk kan pas na uitvoerige studie worden beantwoord.

Tabel XV (blz. 42) bevat de afwijkingen voor 9 cycli van 21 jaar, in de 21 seizoenen, waarin de periode te verdeelen is. De tabel bevat tevens de constanten van de harmonische analyse voor tijdvakken van 42 jaren, van 1744...1911, alsmede voor 1901...1942.

De conclusie in het Rapport, dat de periode in den neerslag niet krachtig ontwikkeld is, wordt bevestigd. De maximale uitwijking is kleiner dan 10 mm, en vaak belangrijk kleiner dan in de tweede harmonische. De phasehoek blijft van 1786...1869 vrijwel constant en loopt daarna terug naar de waarde, die hij in het eerste tijdvak 1744...1785 had.

Voor de neerslagverwachting op langen termijn heeft de periode van $5\frac{1}{4}$ jaar geen beteekenis.

TABEL XV

Periode van $5\frac{1}{4}$ jaar. Neerslag Zwanenburg—De Bilt 1744...1942
In 21 seizoenen

N ^o .	Beginjaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1744	199	-21	-62	-71	19	7	30	-25	47	26	-10	-16
2	1765	185	45	1	-18	-6	38	1	29	-5	22	-22	-24
3	1786	168	38	42	-16	-12	-22	22	50	30	10	-10	-6
4	1807	181	-1	-37	19	32	-87	-41	30	18	19	-18	11
5	1828	190	5	8	34	40	-44	-34	22	19	-43	16	33
6	1849	172	-29	-10	0	78	-12	17	-34	16	42	19	-19
7	1870	177	2	50	39	-1	2	-52	21	-3	33	5	0
8	1891	183	-47	3	44	-35	14	-35	-25	53	17	-17	-23
9	1912	195	-22	30	31	22	-16	0	-2	-34	17	6	-43

N ^o .	Beginjaar	m	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1744	199	-13	21	-25	-29	12	85	20	-18	15	17
2	1765	185	-1	-26	-25	11	27	-17	1	4	-7	-27
3	1786	168	-16	-31	-16	32	-15	-52	18	-19	22	-12
4	1807	181	-21	36	2	-23	12	1	0	68	-10	-13
5	1828	190	4	-5	13	32	7	-62	-34	14	20	12
6	1849	172	-1	-2	-28	-4	-1	-38	39	-8	-30	22
7	1870	177	37	5	-22	3	15	-25	22	-10	9	-33
8	1891	183	27	15	-27	30	-17	2	27	-18	-19	7
9	1912	195	45	58	26	-6	-11	-44	-28	-36	-21	36

Harmonische Analyse

		a ₁	A ₁	a ₂	A ₂
1...2	1744...1785	0,7 mm	261,5°	1,8 mm	240,9°
3...4	1786...1827	2,1	354,7	7,6	183,5
5...6	1828...1869	7,5	356,8	6,5	63,8
7...8	1870...1911	3,4	294,5	4,9	72,6
	1901...1942	9,7	273,4	1,3	60,6

B. De Periode van $5\frac{1}{4}$ jaar in de temperatuur

Tabel XVI bevat de resultaten voor de seizoentemperaturen van Zwanenburg en De Bilt, en is op dezelfde wijze ingericht als Tabel XV.

Ook in de temperatuur blijkt de periode van $5\frac{1}{4}$ jaar slechts zwak ontwikkeld te zijn. De maximale uitwijking in de harmonische analyse is $\frac{1}{4}-\frac{1}{8}^{\circ}$. De phasehoek blijkt constant van 1828...1911 en vertoont in de 20e eeuw een krachtigen teruggang, waarschijnlijk onder invloed van den klimaatsprong van S c h m a u s s. Er is weinig overeenstemming met den gang van den neerslag.

TABEL XVI

Periode van $5\frac{1}{4}$ jaar. Temperatuur Zwanenburg—De Bilt. 1794...1942
In 21 seizoenen

N°	Beginjaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1744	9,0	-0,4	-0,8	-0,8	0,4	0,5	0,6	0,5	-0,3	-0,4	-0,3	-0,8
2	1765	9,1	-0,2	0	0	0,5	-0,4	-0,1	-0,6	0,2	-1,0	0,3	-0,2
3	1786	8,6	0,2	-0,3	-0,1	-0,4	0,5	0,2	0,3	0,7	0,1	0,5	-0,6
4	1807	9,0	0,3	-1,5	0,2	-0,8	0,4	0,1	0,1	-0,8	0,1	0,3	-1,1
5	1828	9,0	0,5	0,4	0,5	0,4	-0,1	-0,4	-0,4	0,3	-1,3	1,2	-0,7
6	1849	9,1	0,6	-0,5	-0,3	-1,1	-0,9	0,1	-0,5	-0,3	0,4	0,3	-0,2
7	1870	9,0	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,4	-0,1	0,1	0,8	-0,7	-0,1	0,1
8	1891	9,0	-0,2	-0,1	-0,3	-0,6	0,2	-0,2	-0,1	0,5	-0,7	0,4	0,2
9	1912	9,1	-0,2	0,1	0,3	-0,5	0,4	-1,1	-1,3	0,2	0,2	0,3	0,2

N°	Beginjaar	m	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1744	9,0°	-0,4	0,1	-0,5	0	0,4	0	0,2	1,1	0,6	0,5
2	1765	9,1	1,3	0,4	-1,3	0,5	0,5	0,5	-0,1	-0,9	0,4	0,8
3	1786	8,6	-0,1	-0,6	-0,9	-0,9	-1,1	-0,1	0,7	0,3	0,8	0,6
4	1807	9,0	-0,4	0,3	-0,7	-0,6	0,5	-0,4	0,2	1,0	1,2	0,4
5	1828	9,0	1,3	0	0,1	0,1	1,0	-0,3	-0,6	0,6	-1,1	-0,2
6	1849	9,1	0,3	0,1	0,4	1,7	0,7	0	0,4	-0,4	-0,1	-0,5
7	1870	9,0	0,2	0,4	0	1,2	-0,1	0	-0,2	0,4	-0,7	-0,1
8	1891	9,0	0,3	0	0,9	0,4	-0,3	-0,8	0,2	0,5	0,4	0,2
9	1912	9,1	0,7	1,1	-0,7	-0,4	0	0,8	0,5	-0,5	0,2	-0,7

Harmonische Analyse

		a_1	A_1	a_2	A_2
1...2	1744...1785	0,17 mm	135,9°	0,15 mm	260,7°
3...4	1786...1827	0,33	77,9	0,22	153,3
5...6	1828...1869	0,34	224,4	0,23	357,7
7...8	1870...1911	0,25	233,2	0,02	83,1
	1901...1942	0,23	156,1	0,24	125,5

De beteekenis van deze temperatuur-periode voor de lange-afstands-verwachting moet minder hoog geschat worden dan in het Rapport werd aangenomen. Inderdaad zijn ook de correlatiecoëfficiënten van de periode met de maandelijksche afwijkingen van de temperatuur over het algemeen klein en verlopen zij onregelmatig. Dit blijkt uit het volgende overzicht:

Maand	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
r	0,35	0,13	0,37	0,13	0,10	0,38	0,38	0,04	0,00	0,04	0,09	-0,03

Geen enkele maal kon deze periode in een regressievergelijking voor de maandelijksche temperatuurverwachting toegepast worden. Ook hieruit blijkt haar geringe beteekenis.

Voor de weersverwachting op langen termijn moet de periode van $5\frac{1}{4}$ jaar zoowel voor neerslag als voor temperatuur verworpen worden.

De cyclusperiode van 21 jaar

Omdat de periode van $5\frac{1}{4}$ jaar zoowel voor den neerslag als voor de temperatuur van geringe waarde blijkt te zijn, werd geen onderzoek ingesteld naar het verloop van deze periode in den cyclus van 21 jaren.

7. De periodes van 6,8 en 7 jaar

A. In den neerslag

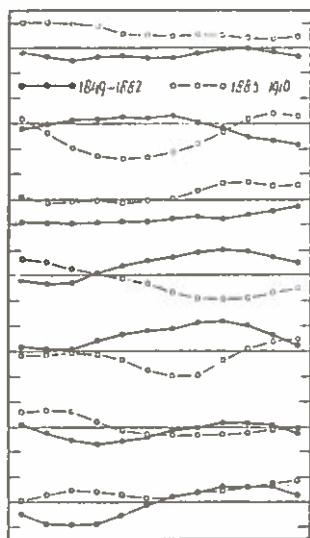


Fig. 10

Periode van 6,8 jaar (herleid op 7 jaar). Neerslag 1849...1882 en 1883...1916. Ieder schaaldeel stelt 50 mm voor

Van Everdingen (29) heeft bij een jaarlijksche verwachting voor den neerslag een periode van 7 jaren toegepast. Het is mogelijk, dat wij hier te doen hebben met de periode, die sinds oeroude tijden eens in de 7 jaar regen brengt op de noordkust van Peru en die ook door Berlage (15) is aangetoond in den oostmoesson op Java. Berlage stelde den duur op 6,8 jaar. Wij hebben nagegaan of deze duur een beter resultaat gaf dan die van 7 jaar. Hiertoe werden twee cycli van 5 periodes, ieder dus omvattende 34 jaren, 1849...1882 en 1883...1916 met elkaar vergeleken.

Vijf periodes van 6,8 jaar kunnen herleid worden tot 5 periodes van 7 jaar door in 34 jaar 1 jaar uit te loopen, in 34 maanden dus 1 maand. Schrijven we de 17e maand twee maal in en herhalen we dit daarna iedere 34e maand dan wordt de fout nooit groter dan $\frac{1}{2}$ maand. De gemiddelde afwijkingen voor ieder van de 84 maanden van de op 7 jaar herleide periode worden in fig. 10 in 7 rijen, ieder van 1 jaar, voorgesteld door middel van overlappende 7-maandsommen. Uit deze figuur

bijkt, dat de beide cycli vrijwel tegengesteld verlopen. In 5 periodes keert de phase om en is het verloop dus 0,5 periode, per periode 0,1 periode. De duur van de periode is niet 6,8 jaar maar $6,8 \pm 0,68 = 7,5$ of 6,1 jaar.

Bij een overeenkomstig onderzoek van twee tijdvakken van 35 jaren (5 periodes van 7,0 jaar: 1849...1883 en 1884...1918) kon overeenstemming verkregen worden door de tweede curve 21 maanden achteruit te zetten, per periode dus 4,2 maand of 0,35 jaar. Dit leidt tot een duur van de periode van 7,35 jaar.

Wij vinden dus langs beide wegen een periode die belangrijk langer is dan 6,8 of 7 jaar.

In de 29 tijdvakken van 7 jaren die sinds 1737 beschikbaar zijn spreekt de zuiver 7-jarige periode het duidelijkst in de jaren na 1898. De amplitudo neemt af, naarmate het tijdvak langer is. Zie tabel XVII.

TABEL XVII

Periode van 7 jaar. Neerslag Zwanenburg—De Bilt 1737...1939

N°	Tijdvak	1	2	3	4	5	6	7	Amplitudo
1...29	1737...1939	735	723	728	739	709	750	741	41
1...15	1737...1841	751	744	739	728	671	732	755	84
16...29	1842...1939	717	702	717	751	750	769	727	67
24...29	1898...1939	747	728	709	729	789	809	766	100

Neerslag in Nederland (Rapport bladz. 33)

1894...1939	689	670	659	700	732	712	678	73
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Het karakter van de 29 periodes van 7 jaar blijkt uit de schematische voorstelling van fig. 11a. Hierin zijn de afwijkingen van het gemiddelde van iedere periode weergegeven door de volgende teekens:

+ of — afwijking ≤ 10 % van het 7-jaarsgemiddelde;

× „ > 10 % „ „ „

* „ > 20 % „ „ „

Positieve afwijkingen zijn door arceering aangeduid.

Er loopt een wel gedefinieerde baan van negatieve afwijkingen dwars over dit schema. Hieruit blijkt het bestaan van een periode van nauwkeurig

7,5 jaar. In de figuur is de periode van deze lengte aangegeven door de streeplijn in de negatieve baan. De streeplijn dient alleen ter illustratie, maar geeft niet de ligging der werkelijke minima weer. De aansluiting is zeer nauw. De afwijkingen zullen in de volgende paragraaf nader besproken worden.

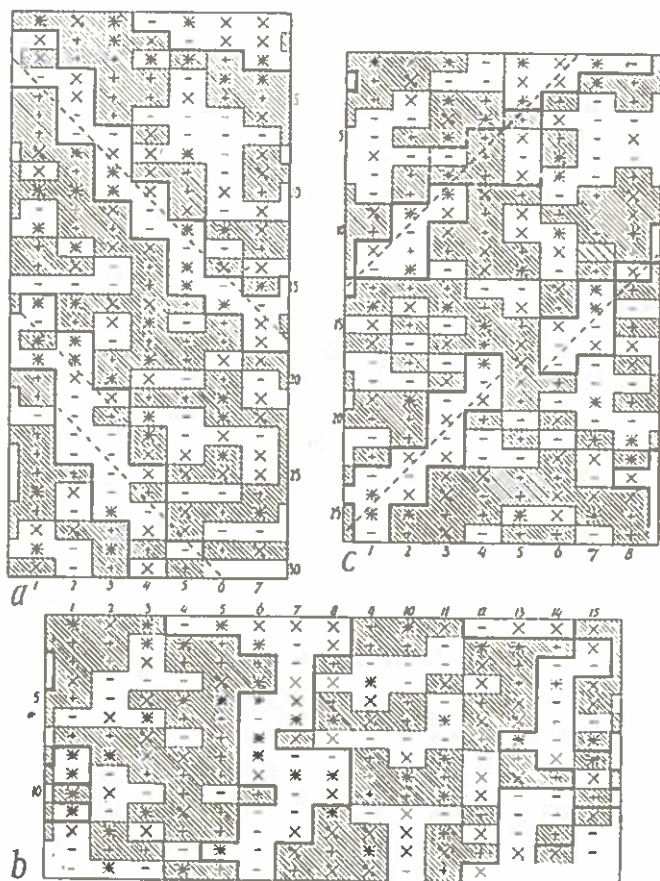


Fig. 11

a. Periode van 7 jaar. Neerslag 1737...1939. b. Periode van 7,5 jaar. Neerslag 1737...1931. c. Periode van 8 jaar. Neerslag 1737...1944

B. De 7-jarige periode in de temperatuur

Het onderzoek naar de 7-jarige periode in de temperatuur leidt tot de volgende uitkomsten. De tabel is op dezelfde wijze voorgesteld als de vorige.

TABEL XVIII

Periode van 7 jaar. Temperatuur Zwanenburg—De Bilt. 1737...1939
(24-uur gemiddelden)

N°	Tijdvak	1	2	3	4	5	6	7	Amplitudo
1...29	1737...1939	9,1°	9,3°	8,9°	8,8°	9,1°	9,0°	9,0°	0,5°
1...15	1737...1841	9,0	9,2	8,6	8,7	9,1	8,9	8,8	0,6
16...29	1842...1939	9,1	9,2	9,2	8,9	9,1	9,1	9,2	0,3
24...29	1898...1939	9,2	9,5	9,3	8,8	9,1	9,0	9,4	0,7

Temperatuur De Bilt (3-maal-daagsche waarn.; Rapport blz. 38)

	1849...1938	10,2	10,2	10,2	10,1	9,9	10,0	10,2	0,3
--	-------------	------	------	------	------	-----	------	------	-----

Er ligt een maximum in het tweede jaar, een minimum in het vierde. De amplitudo is gering. Misschien is de periode reëel, maar dan toch te zwak om voor de weersverwachting veel beteekenis te hebben.

8. De periode van 7,5 jaar

De periode van 7,5 jaar wordt door B a u r (13) genoemd als een van de drie periodes in het weer van NW-Europa, waaraan reële beteekenis mag worden gehecht.

A. In den neerslag

De periode van 7,5 jaar laat zich het eenvoudigst onderzoeken in cycli van 15 jaren. Wij vinden voor de 13 volledige cycli van 1737...1931 de volgende afwijkingen van de gemiddelde waarden in iedere cyclus (tabel XIX).

TABEL XIX

Periode van 7,5 jaar. Neerslag Zwanenburg—De Bilt 1737...1931
In cycli van 15 jaar. (Zie fig. 12.)

N°	Begin- jaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1737	706	122	28	143	-108	-236	-140	-165	-77	61	224	109	-28	-95	-62	225
2	1752	821	-18	27	-245	175	-10	-184	39	-111	16	-13	-43	253	257	9	-145
3	1767	727	123	69	-39	72	103	-16	-86	-30	-53	-101	-81	17	45	-31	6
4	1782	728	162	-16	10	-27	158	337	-78	-36	-138	11	159	-179	-69	-273	-7
5	1797	650	-16	-39	31	86	90	-223	-110	-31	-101	-11	22	55	114	-32	162
6	1812	726	-72	122	-186	59	76	14	-135	189	139	56	-171	97	122	-40	-33
7	1827	761	-17	43	115	-76	44	-167	93	-96	-25	-20	-34	32	-170	-44	322
8	1842	762	-200	183	77	61	5	-180	-36	-28	56	-126	283	-27	61	-131	9
9	1857	642	-193	-4	25	50	22	-52	-117	-183	64	175	44	-79	154	92	-2

N ^o	Begin- jaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	1872	732	145	-157	-37	46	-28	87	8	-50	58	44	220	-114	-98	-96	-31
11	1887	738	-265	-68	136	40	46	17	-24	210	5	-55	-5	-14	-47	-60	8c
12	1902	766	-135	160	-170	10	-22	-100	-122	65	53	-124	271	-46	20	124	28
13	1917	753	30	132	-11	-113	-355	-104	88	19	146	-62	123	62	-128	159	25
14	1932	(745)	-1	-234	-35	172	5	-18	37	84	76	-1	36	-119			
I...I3	1737...1931	-26	18	-12	21	-8	-55	-50	-12	22	0	69	2	12	-30	46	
I...I0	1737...1886	3	1	-11	33	22	-53	-59	-46	7	23	48	5	32	-61	5c	
	1899...1943	-35	20	-71	24	-123	-75	2	57	92	-62	144	-34	-53	73	41	

Harmonische Analyse

		a ₁	A ₁	a ₂	A ₂
I...I3	1737...1931	20,2 mm	163,5°	25,5 mm	23,4°
I...I0	1737...1886	18,8	142,3	28,3	338,3
	1899...1943	41,3	199,6	36,1	80,3

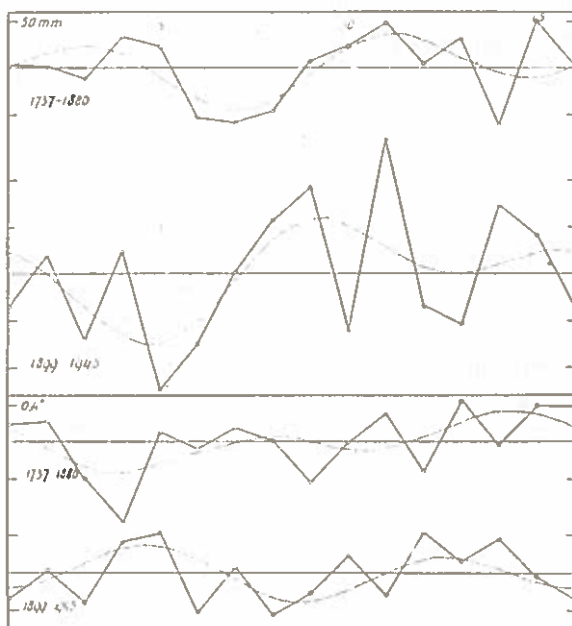


Fig. 12

Periode van 7,5 jaar. Neerslag en temperatuur 1737...1943.
In cycli van 15 jaar. Gestippeld: harmonische analyse
(Tabel XIX en XX)

De waargenomen afwijkingen en de resultaten van de harmonische analyse zijn in fig. 12 afgebeeld voor de tijdvakken 1737...1886 (periode I...I0) en 1899...1943.

In fig. 11b zijn de afwijkingen op dezelfde wijze schematisch voorgesteld als in fig. 11a voor de periode van 7 jaar. De negatieve baan valt nu in twee verticale strooken uiteen. Er komt een zeer stabiele periode voor den dag, waarvan de minima van het begin af in het 7e en het 14e jaar vallen. Blijkens fig. 12 bedraagt de phasesprong op het einde der 19e eeuw ongeveer 2 jaar.

Tabel XIX bevat ook de constantes van de harmonische analyse.

De harmonische vergelijkingen voor de neerslagperiode van 7,5 jaar zijn:

$$\begin{aligned} N^{\circ} 1...10 \quad 1737...1886 \quad u &= 18,8 \sin (x + 338,3^{\circ}) \\ 1899...1943 \quad u &= 36,1 \sin (x + 80,3^{\circ}). \end{aligned}$$

De phasesprong is 2,1 jaar. Er blijkt een duidelijke periode van 15 jaar te bestaan.

B. De periode van 7,5 jaar in de temperatuur

De uitkomsten voor den 15-jarigen cyclus in de temperatuur zijn in tabel XX en fig. 12 weergegeven.

TABEL XX

Periode van 7,5 jaar. Temperatuur Zwanenburg—De Bilt 1737...1931
(zie fig. 12)

Begin jaar	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1737	8,7	1,3	0,3	0,5	-2,1	0,2	-0,7	-0,1	-0,3	-0,1	-0,9	0,7	0,1	0,8	1,1	-0,1
1752	9,0	0,4	0,3	-0,3	-0,5	0,6	-0,1	0,1	1,2	-0,6	0,7	-0,6	-1,3	-0,1	0,1	-0,1
1767	9,3	-0,8	-1,0	-0,5	-0,3	-1,0	0,2	0,5	0,1	0,5	-0,2	-0,4	-0,1	1,7	0,3	0,6
1782	8,7	-0,1	1,3	-1,1	-0,7	-1,1	0,1	0,7	-1,5	0,2	0,5	0,0	0,1	1,0	-0,6	1,0
1797	8,5	0,5	1,3	-1,4	-0,1	0,5	0,0	-0,8	0,0	-1,9	0,5	0,7	0,1	-0,3	-0,3	1,7
1812	9,0	-0,4	-0,4	-1,5	0,0	-1,3	0,1	0,4	0,8	-1,3	-0,3	1,7	-1,2	0,8	1,0	1,1
1827	9,1	-0,1	0,7	-1,1	-1,3	0,9	-0,4	-0,1	1,6	0,3	0,1	0,0	-1,3	-0,1	0,4	-0,1
1842	8,9	0,1	0,2	0,4	-1,6	2,1	-0,3	0,1	0,4	-0,5	0,0	0,9	-0,2	-0,5	-1,2	-0,3
1857	9,3	0,7	-0,5	0,9	-1,3	-0,3	0,4	0,5	-0,5	-0,1	0,3	0,1	0,9	0,5	-0,6	-1,3
1872	9,2	0,6	0,4	0,4	-0,4	-0,2	0,3	0,5	-1,4	-0,7	-0,5	0,2	0,0	0,9	-0,3	-0,2
1887	9,0	-0,8	-1,2	0,1	-0,3	-1,0	-0,2	0,4	-0,1	-0,2	0,2	0,2	0,5	0,9	0,8	0,1
1902	9,1	-0,6	0,2	-0,3	-0,1	0,4	-0,7	-0,4	-0,9	0,2	0,9	0,1	0,7	0,5	-0,3	0,4
1917	9,0	-0,3	-0,2	-0,7	0,4	0,8	-0,8	0,1	-0,7	0,3	0,6	0,2	0,0	-0,7	0,9	-0,3
1932	(9,3)	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	-1,1	-0,9	-1,0	0,6			
1737...1931		0,0	0,1	-0,4	-0,7	0,0	-0,2	0,1	-0,1	-0,3	0,1	0,3	-0,1	0,4	0,1	0,2
1737...1886		0,2	0,2	-0,4	-0,9	0,0	-0,1	0,2	0,0	-0,4	0,0	0,3	-0,3	0,4	0,0	0,2
1899...1943		-0,3	0,0	-0,3	0,3	0,4	-0,4	0,1	-0,4	-0,2	0,2	-0,2	0,4	0,1	0,4	0,0

Harmonische Analyse

		a_1	A_1	a_2	A_2
1...13	1737...1931	0,23 mm	174,5°	0,12 mm	166,0°
1...10	1737...1886	0,19	162,2	0,19	150,9
	1899...1943	0,10	45,3	0,23	265,5

De harmonische vergelijkingen voor de temperatuurperiode van 7,5 jaar zijn:

$$\begin{aligned} N^{\circ} 1...10 \ 1737...1886 \quad u &= 0,19 \sin (x + 150,9^{\circ}) \\ 1899...1943 \quad u &= 0,23 \sin (x + 265,5^{\circ}). \end{aligned}$$

Met een uitwijking van $0,2^{\circ}$ is deze periode slechts zwak ontwikkeld en heeft geen waarde voor de prognose.

Ook de periode van 15 jaar is zeer zwak.

9. De periode van 8 jaar

Volgens Tetrode (41) bestaat er een merkwaardige periode van 8 jaar in de luchttemperatuur, welke hij in een aantal stations heeft opgespoord. Hij zocht naar een verband tusschen de temperatuur en de conjuncties van Venus en kwam hierbij tot een onderzoek van dit verband in een periode van 8 jaar, omdat 5 opeenvolgende gelijknamige conjuncties slechts 2,3 dag van de volle 8 jaar verschillen.

In het tijdvak van 8 jaar verlopen de conjuncties van Venus als volgt:

	1930	1931	1932	1933	1934
Bovenste conjuncties	6II —	8IX	—	21IV	— 18XI
Onderste „	— 22XI	—	29VI	—	5II —

	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Bovenste conjuncties .	—	29VI	—	4II —	5IX	—
Onderste „ .	8IX	—	18IV	— 20XI	—	26VI

Tetrode denkt bij de verklaring van zijn temperatuurperiode blijkbaar aan een eb- en vloedwerking van Venus op de zon, welke zich tevens uit in het aantal zonnevlekken volgens onderzoekingen van Mrs M a u n d e r en van S a n f o r d. Het is echter duidelijk, dat het door hem beoogde effect een periode van 4 jaar moet veroorzaken, omdat in het getijverschijnsel de beide conjuncties gelijkwaardig zijn. Na 4 jaar vallen het gestelde conjuncties, zooals ook uit de tabel blijkt, op dezelfde data. De periode moet niet een duur van 8 jaren maar van 4 jaren hebben.

De periode is slechts zwak ontwikkeld, met een amplitudo van niet veel meer dan $0,2^{\circ}$, de waarschijnlijke fouten lopen van $0,18^{\circ}$ tot $0,50^{\circ}$.

A. In den Neerslag

Er zijn 26 periodes van 8 jaar beschikbaar. Zij leveren de volgende gemiddelden op.

TABEL XXI

Periode van 8 jaar. Neerslag 1737...1944

N°	Tijdvak	1	2	3	4	5	6	7	8
1...13	1737...1840	736	710	782	776	670	682	728	737
14...26	1841...1944	700	759	758	753	744	745	713	741
1...26	1737...1944	717	735	770	764	707	713	721	739

De afwijkingen zijn in fig. 11c (blz. 46) op dezelfde wijze schematisch afgebeeld als voor de periodes van 7 en 7,5 jaar. Het verloop is, zooals te verwachten is, als het ware een spiegelbeeld van dat van de 7-jarige. De 4e periode (beginjaar 1761) is slechts zwak ontwikkeld. In de 18e periode (beginjaar 1873) begint de phasesprong zich kenbaar te maken, waardoor het minimum vervroegd wordt.

De periode heeft even weinig realiteit als die van 7 jaren.

B. De periode van 8 jaar in de temperatuur

Voor dezelfde tijdvakken als bij den neerslag leveren de temperaturen (24-uur-gemiddelden) de volgende gemiddelde waarden op:

TABEL XXII

Periode van 8 jaar. Temperatuur 1737...1944

N°	Tijdvak	1	2	3	4	5	6	7	8
1...13	1737...1840	9,0	8,9	9,0	8,9	8,7	8,9	9,0	8,7
14...26	1841...1944	9,3	9,2	9,1	9,2	8,9	9,2	8,9	9,0
1...26	1737...1944	9,2	9,1	9,0	9,0	8,8	9,0	8,7	8,8

Er komt, geheel in tegenstelling met de op grond van het getij-effect te verwachten 4-jarige periode, een maximum in het 1e, een minimum in het 5e jaar tevoorschijn. Er is dus een 8-jarige periode aanwezig, maar de verklaring van Tetrode kan niet juist zijn. De periode is zwak, maar verloopt stabiel over het geheele meer dan 200-jarige tijdvak.

Om iets naders over deze periode te ontdekken heb ik de amplitudo bepaald door de verschillen in de maandgemiddelden die 4 jaren uiteen liggen, te berekenen, voor alle maanden van het 1e en het 5e jaar, later

aangevuld met de 6 maanden van de hieraan voorafgaande jaren. De resultaten zijn als volgt (Tabel XXXIII en fig. 13):

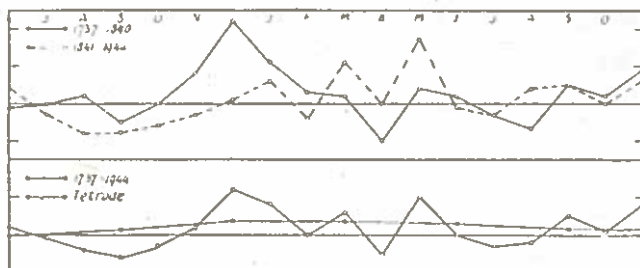


Fig. 13

Periode van 8 jaar. Temperatuur 1737...1944. Amplitudo's.
(Tabel XXIII). Ieder schaaldeel stelt 1° voor

TABEL XXIII

Periode van 8 jaar. Temperatuur 1737...1944. Amplitudo's (zie fig. 13)

		J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
I...13	1737...1840	-0,1	0,0	0,2	-0,5	0,0	0,8	2,2	1,1	0,3	0,2
14...26	1841...1944	0,4	-0,3	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0,1	0,6	-0,4	1,1
I...26	1737...1944	0,2	-0,1	-0,4	-0,6	-0,3	0,2	1,2	0,8	0,0	0,6
Tetrode	1780...1939	-0,03			0,13			0,37			0,37

		A	M	J	J	A	S	O	N	
I...13	1737...1840	-1,0	0,4	0,2	-0,3	-0,7	0,5	0,2	0,9	
14...26	1841...1944	0,0	1,7	-0,1	-0,3	0,4	0,5	0,0	0,6	
I...26	1737...1944	-0,5	1,0	0,0	-0,3	-0,2	-0,5	0,1	0,8	
Tetrode	1780...1939			0,31			0,16			0,14

Deze uitkomsten zijn in fig. 13 afgebeeld, met die, afgeleid uit Tetrodes trimester-gemiddelden (Febr....April, Mei...Juli etc.), welke mede in de tabel vermeld zijn.

Hoewel er in de beide helften waarin het 200-jarige tijdvak gesplitst is, wel eenige overeenkomst aanwezig is, is deze toch niet groot genoeg om de betrouwbaarheid van de temperatuurperiode van 8 jaren te wettigen.

Bovendien komen er, al is ook de meerderheid der amplitudo's positief, grillig verdeelde negatieve voor, die allerminst de geschiktheid van de periode voor de maandprognose verhoogen.

De waarde van de 8-jarige periode is gering of nihil te achten.

10. De zonnevlekkenperiode van 11 jaar

De eigenschappen van de zonnevlekkenperiode

De litteratuur over de ruim 11-jarige periode, de zonnevlekkenperiode, is zeer uitgebreid. Toch mag er slechts betrekkelijk weinig als vast staand beschouwd worden.

Voor een deel spruiten de moeilijkheden uit den veranderlijken duur der zonnevlekkenperiode voort. Sinds 1749 schommelt de duur tusschen 9 en 14 jaar (48). Verschillende onderzoekers komen dan ook tot zeer verschillende resultaten. Terwijl Wolf in 1866 den duur op 11,1 jaar stelde, kwam Wagner op 11¹/₈, Stumpff in 1930 op 11,25 jaar, Dinsmore Alter in 1928 op 11,37 jaar, Hanisch in 1935 op 11,55 jaar (Wagner, 48, p. 187).

Wij mogen nog niet concludeeren, dat de periode in de zonneactiviteit, die de oorsprong is van de ontwikkeling der vlekken, werkelijk onregelmatig is. Er zijn sinds 1749 slechts 17 periodes voorbijgegaan en er kunnen belangrijke toevalligheden in de zonnevlekkengetallen schuilen. Wij kunnen het geval vergelijken met dat van de maximale maandtemperaturen. De warmste maanden loopen uiteen van Juni tot en met Augustus, de tijdsduur varieert tusschen 10 en 14 maanden. Deze grenzen stemmen volkomen overeen met die van de zonnevlekkenperiode.

Het is dus zeer wel mogelijk, dat de periode van de zonsactiviteit constant van duur is, maar dat de zonnevlekken, één van de uitingen van de actie op de zon, deze standvastigheid niet vertoonen door den invloed van toevallige omstandigheden van allerlei aard.

Van den anderen kant moeten wij wel degelijk bedenken, dat het geheele effect van de 11-jarige periode in de weersverschijnselen aan het toeval te wijten kan zijn. Dit bleek als volgt bij een onderzoek naar toevalsperiodes (45). Er werden 250 trekkingen gedaan uit een zak met 99 nummers. De getrokken nummers werden in 11 kolommen gerangschikt. Fig. 14 (blz. 54) geeft de uitkomsten voor de eerste 220 trekkingen:

- 1°. de 4 krommen *a*, *b*, *c*, *d*, die de gemiddelden weergeven van telkens 5 groepen van 11;
- 2°. de 2 krommen *e* en *f*, de gemiddelden van de eerste 10 en de laatste 10 groepen van 11;
- 3°. de kromme *g*, het gemiddelde van alle 20 groepen.

Men vindt nu behalve een overwegende deeling in drieën, als gevolg van het optreden van de toevalsperiode van 3 eenheden, in de curven *a*, *c*, *d*, *f* en *g* een duidelijke periode van 11 eenheden met een maximum in de eerste helft, een minimum in de tweede helft.

De curve *h* ten slotte geeft het gemiddelde verloop van de 2 volle groepen van 11 in de resteerende 30 trekkingen. De driedeeeling is hierin bijzonder opvallend.

Het onloochenbare feit, dat een periode van 11 optreedt in zuivere toevalsgetallen, schrijft ons groote voorzichtigheid voor bij de beoordeeling

van de zoo zwakke meteorologische elfjarige periode. Hier kan dan ook alleen een natuurkundige verklaring van het verband met de even lange zonnevlekkenperiode ons redden.

Wij kunnen den jaarlijkschen gang van de temperatuur beter benaderen, wanneer wij de middelste maand van de aaneensluitende warmste drie maanden als maximummaand aannemen. Dan blijken de maximummaanden overwegend in Juli te vallen, bij uitzondering in Augustus, en de schommelingen loopen nog slechts tusschen 11 en 13 maanden uiteen. Dezelfde methode hebben wij toegepast op de zonnevlekken. Als maximum-zonnevlekkenjaar aanvaarden wij dus het middelste van 3 opeenvolgende topjaren, als minimumjaar het middelste van 3 opeenvolgende daljaren. Hierbij blijkt de scheefheid van de kromme veel minder te worden; de twee takken worden in plaats van 4 en 7 jaren nu 5 en 6 jaren. Deze methode is ook door Mecking (38) toegepast¹⁾.

Wij verkrijgen nu het volgende overzicht (tabel XXIV).

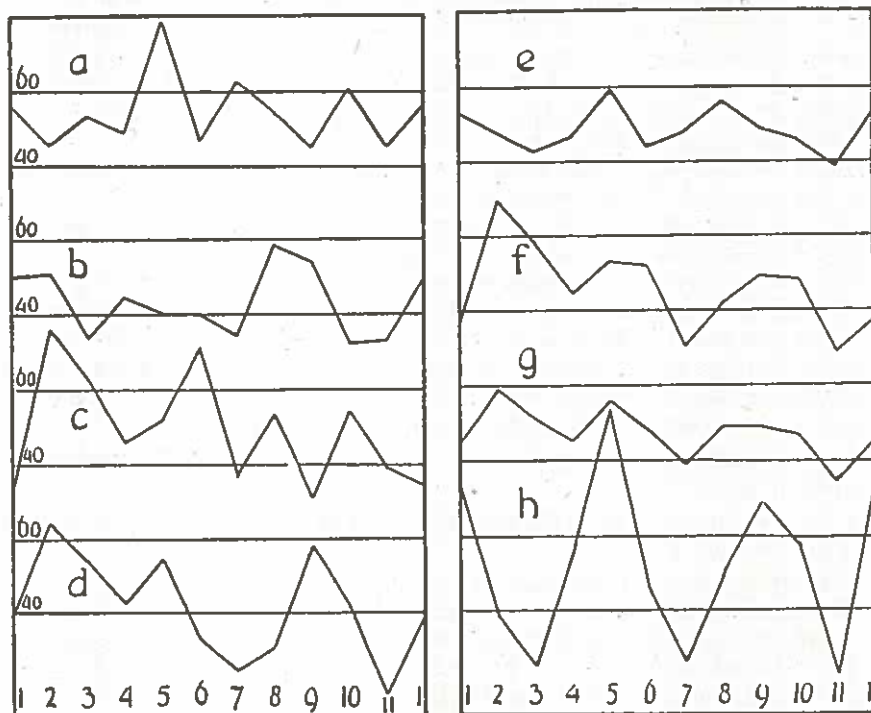


Fig. 14. Toevalsperiode van 11 jaar

¹⁾ Al is deze methode uit een astronomisch oogpunt niet geheel juist, voor meteorologische doeleinden, waar het gaat om werkingen tijdens het maximum en het minimum, is deze werkwijze zeker geoorloofd.

TABEL XXIV

Minima en maxima van het jaarlijksche relatieve zonnevlekkengetal

	Minimum			Gemidd. zonne- vlekken- getal	Maximum			Gemidd. zonne- vlekken- getal	Duur	
1	1754	55	56	11,1	1760	61	62	71,4	6 + 4 = 10	jaar
2	64	65	66	23,4	69	70	71	96,8	5 + 5 = 10	"
3	74	75	76	16,7	78	79	(80) ¹⁾	121,8	4 + 5 = 9	"
4	83	84	85	17,4	87	88	89	128,0	4 + 10 = 14	"
5	97	98	99	5,6	1802	03	04	44,2	5 + 7 = 12	"
6	1809	10	11	1,2	15	16	17	41,8	6 + 6 = 12	"
7	21	22	23*	4,3	28	29*	30	65,9	7 + 4 = 11	"
8	32	33*	34	14,6	36	37*	38	124,6	4 + 6 = 10	"
9	42	43*	44	16,8	47	48*	49	110,8	5 + 7 = 12	"
10	54*	55	56	10,4	59	60*	61	89,4	5 + 6 = 11	"
11	65	66*	67	19,6	70	71*	72	114,8	5 + 6 = 11	"
12	(76)	77*	78*)	6,6	82	83*	84	63,0	6 + 6 = 12	"
13	88	89*	90	7,0	93	94*	(95) ²⁾	75,8	5 + 7 = 12	"
14	1900	01*	02	5,3	1905	06*	07	58,8	5 + 6 = 11	"
15	11	12*	13	3,9	(16)	17	18*)	83,6	5 + 6 = 11	"
16	22	23*	24	10,6	27	28*	29	70,2	5 + 5 = 10	"
17	32	33	34	8,3	37	38	39	108,4	5 + 6 = 11	"
Gemiddeld. . . .				10,8	Gemiddeld. . . .			86,4	5,1 + 6,0 = 11,1 jaar	

In deze tabel zijn de extreme jaren vet gedrukt. In de gevallen, gemerkt ¹⁾ —¹⁾, zijn de opeenvolgende drietallen resp. 1777...79, 1877...79, 1892...94 en 1917...19; de afwijking van de aangegeven gedraglijn is geoorloofd, omdat het verschil klein is en de regelmatigheid er belangrijk door wordt vergroot. Met sterretjes zijn de extremen volgens M e c k i n g aangegeven. Ook hij heeft zich eenige wijzigingen veroorloofd. Er blijven met hem drie verschillen over (1822—'23, 1854—'55, en 1917—'18), die voor ons doel niet van belang zijn.

Wij merken op, dat de gemiddelde periode nog steeds 11,1 is, zooals reeds in 1866 door Wolf (51, 314) werd vastgesteld.

De gemiddelde zonnevlekkengetallen zijn berekend volgens het procédé $(a + 2b + c) : 4$.

A. De zonnevlekkenperiode in den neerslag

In de paragraaf over de zonnevlekken wordt steeds het burgerlijke jaar (Jan...Dec). toegepast.

De jaarlijksche neerslagafwijkingen zijn in de volgende tabel opgenomen, gerangschikt naar afdalend maximum zonnevlekkengetal N. De afwijkingen hebben betrekking op den gemiddelden neerslag in iedere periode (zie tabel XXV).

TABEL XXV

Zonnevlekkenperiode. Neerslag 1755...1944. Jaarlijksche afwijkingen

N°	Beginjaar	N	Min.							
4	1784	127	28	— 9	156	355				
3	1775	122	— 46	— 94	— 74	24				
8	1833	121	107	— 82	— 11	— 6				
11	1866	117	102	— 29	— 152	81	19			
9	1843	106	157	51	35	— 21	— 206			
17	1933	104	— 246	— 47	160	— 7	— 30			
2	1765	96	80	— 76	98	44	— 64			
10	1855	89	14	154	— 168	20	50			
15	1912	80	271	— 46	20	124	128			
13	1889	76	112	16	22	— 7	— 48			
16	1923	71	46	— 23	104	— 104	81			
1	1755	70	143	— 42	— 216	— 33	— 143	— 16		
7	1822	67	— 183	85	110	— 52	— 42	6		66
12	1877	62	111	32	— 26	82	68	244		
14	1901	60	83	— 104	191	— 139	41			
5	1798	45	— 29	41	96	100	— 213			
6	1810	41	— 109	85	— 73	— 123	— 187	58		

N°	Beginjaar	N	Max.										Min.
4	1784	127	— 60	— 8	— 120	29	157	— 161	— 51	— 255	11	— 76	28
3	1775	122	42	— 24	13	170	— 8						— 46
8	1833	121	— 20	46	— 156	— 30	336	— 185					107
11	1866	117	— 75	162	— 140	— 20	63	— 11					102
9	1843	106	— 62	— 54	30	— 152	257	— 53	35				157
17	1933	104	25	72	62	— 13	24	— 131					— 246
2	1765	96	47	78	— 41	— 111	— 55						80
10	1855	89	75	45	— 27	— 92	— 157	— 11					14
15	1912	80	17	119	— 24	— 126	— 368	— 117					271
13	1889	76	186	— 19	— 79	— 29	— 38	— 71	— 37				112
16	1923	71	20	— 170	117	— 23	— 51						46
1	1755	70	— 45	— 85	211	225							143
7	1822	67	138	— 46	67	— 144							— 183
12	1877	62	— 90	— 74	— 72	— 7	— 235	— 38					111
14	1901	60	9	— 75	— 91	96	84	— 93					83
5	1798	45	— 100	— 21	— 91	— 1	32	65	124				— 29
6	1810	41	75	13	— 136	208	138	55					— 109

In deze tabel komt de regel van Wolf (51) duidelijk uit dat de krachtigste zonnevlekkenperiodes het snelst tot ontwikkeling komen. Deze regel is uitvoerig door Waldmeier (49) bestudeerd. Wat den dalenden tak betreft, komt hij (l.c. p. 118) tot de slotsom, dat bij hooge maxima de duur van den dalenden tak langer is dan bij lage maxima.

De opstijgende tak loopt van 4 tot en met 7 jaar uiteen, de dalende van 4 tot en met 10. Men kan die takken, welke niet meer dan 1 jaar afwijken van het gemiddelde (resp. 5 en 6 jaar) zonder bezwaar op den gemiddelden duur herleiden. Een reductie op dit gemiddelde bij een afwijkenden duur van 2 of meer jaren lijkt mij te ver te gaan. Bovendien heeft men dan blijkbaar te maken met al te onregelmatige zonnevlekkenperiodes. Daarom is het het beste dergelijke gevallen bij het verdere onderzoek buiten beschouwing te laten. Het zijn in den opstijgenden tak de 7e periode (1822...1829; 7 jaar) en in den dalenden tak de 1e (1761...1765; 4 jaar), de 4e (1788...1798; 10 jaar) en de 7e (1829...1833; 4 jaar).

De reductie geschiedt volgens de volgende regels:

a. Reductie van n op $(n + 1)$ in denzelfden tijd.

Gegeven n waarden a, b, c, d enz.

De $(n + 1)$ waarden worden:

$$\frac{n}{n+1} a; \frac{1}{n+1} a + \frac{n-1}{n+1} b; \frac{2}{n+1} b + \frac{n-2}{n+1} c; \frac{3}{n+1} c + \frac{n-3}{n+1} d \text{ enz.}$$

Omdat de jaren in de verhouding $\frac{n}{n+1}$ verkort zijn, moeten de uitkomsten, om ze weer tot volle jaren te herleiden, vermenigvuldigd worden met $\frac{n+1}{n}$.

b. Reductie van $(n + 1)$ op n in denzelfden tijd.

Gegeven $(n + 1)$ waarden a, b, c, d , enz.

De n waarden worden

$$a + \frac{1}{n} b; \frac{n-1}{n} b + \frac{2}{n} c; \frac{n-2}{n} c + \frac{3}{n} d; \frac{n-3}{n} d + \frac{n-4}{n} e \text{ enz.}$$

Reductie tot volle jaren geschiedt door vermenigvuldiging van de uitkomsten met $\frac{n}{n+1}$.

Uit de neerslagafwijkingen van tabel XXV worden op deze wijze de gereduceerde afwijkingen van tabel XXVI afgeleid.

De stijgende en de dalende tak zullen afzonderlijk beschouwd worden; vandaar dat de tabel in twee deelen is gesplitst en dat, afhankelijk van de toegepaste reductie, de minima en de maxima in de twee helften niet steeds gelijk zijn.

B r a a k (24) constateert in den neerslag in Nederland, dat in den regel de meeste neerslag valt in het tijdvak van vlekkenminimum tot -maximum en dat na het vlekkenmaximum een droger tijdvak intreedt met een regen-minimum tusschen vlekkenmaximum en minimum. Het diagram over het tijdvak 1853...1931 vertoont een scherp regen-minimum 2 jaar vóór het

vlekkenminimum, gevolgd door een snelle stijging in den loop van een jaar. Na het regenmaximum, dat 1 jaar vóór het vlekkenmaximum valt, volgt een geleidelijke vermindering van den regenval. Opmerking verdient, dat het genoemde regenminimum niet door een enkel bijzonder afwijkend jaar tot stand komt, maar dat in zes van de zeven periodes het tweede jaar voor het vlekkenminimum droger is dan het volgende (1865, 1876, 1887, 1899, 1911 en 1921).

TABEL XXVI

Zonnevlekkenperiode. Neerslag 1755...1944. Gereduceerde jaarlijksche afwijkingen

Nº.	Min. jaar	N	Min.						Max. jaar	Max.						Min. I	Gemidd. neerslag
			1	2	3	4	5	6		6	7	8	9	10	11		
1	1755	71	117	92	147	96	51	40	1761	—	—	—	—	—	—	—	853
2	1765	97	80	76	98	44	64	47	1770	47	73	1	77	92	33	80	752
3	1775	122	46	85	82	35	28	42	1779	41	12	0	81	111	15	46	720
4	1784	128	28	1	90	235	272	60	1788	—	—	—	—	—	—	—	710
5	1798	44	29	41	96	100	213	100	1803	120	51	76	20	70	146	13	640
6	1810	42	81	40	94	160	12	73	1816	75	13	136	208	138	55	109	727
7	1822	66	—	—	—	—	—	—	1829	—	—	—	—	—	—	—	738
8	1833	125	107	60	24	8	8	20	1837	20	46	156	30	336	185	107	747
9	1843	111	157	51	35	21	206	62	1848	61	32	38	52	68	13	142	788
10	1855	89	14	154	168	20	50	75	1860	75	45	27	92	157	11	14	617
11	1866	115	102	29	152	81	19	75	1871	75	162	140	20	63	11	102	715
12	1877	63	99	15	21	74	194	42	1883	90	74	72	7	235	38	111	708
13	1889	76	112	16	22	7	48	186	1894	159	34	60	34	59	46	94	763
14	1901	59	83	104	191	139	41	9	1906	9	75	91	96	84	93	83	735
15	1912	84	271	46	20	124	128	17	1917	17	119	24	126	368	117	271	766
16	1923	70	46	23	104	104	81	20	1928	20	138	9	47	33	34	46	795
17	1933	108	246	47	160	7	30	25	1938	25	72	62	13	24	131	246	757

F. Baur (14) komt tot een overeenkomstige conclusie voor West-Duitsland: „Met een enkele uitzondering was sinds 1800 in Duitsland West van den Weichsel of de eerste of de tweede zomer (Hochsommer) voor een vlekkenminimum droog. Meestal was het de twee jaar voor het minimum gelegen zomer”.

Hier staat tegenover, dat A. Thraen (42) in West-Europa twee types onderscheidt: tegengesteld verloop van neerslag en zonnevlekken in het gebied van de Middellandsche Zee, parallele gang in Noord- en Midden-Europa; er komen echter belangrijke uitzonderingen voor die moeilijk te verklaren zijn.

Wat leeren ons nu de getallen van tabel XXVI?

Wij hebben de 17 beschikbare periodes in verschillende groepen verdeeld als volgt:

a. *de eerste 9 periodes, 1755...1854; in den opgaanden tak zijn 8 periodes beschikbaar; maximum zonnevlekkengetal N gemiddeld 90; in den dalenden tak 6 periodes (2, 3, 5, 6, 8, 9); N gemiddeld 90.*

b. *de laatste 8 periodes 1855...1944; in beide takken 8 periodes; N gemiddeld 83.*

c. *alle periodes, 1755...1944; 16 in den opgaanden tak; N gemiddeld 86; 14 in den dalenden tak; N gemiddeld 85.*

d1. *duur van den opgaanden tak 4 jaar, gereduceerd op 5 jaar; 3 periodes (3, 4 en 8); N gemiddeld 125.*

d2. *duur van den opgaanden tak 5 jaar; 10 periodes (2, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17); N gemiddeld 85.*

d3. *duur van den opgaanden tak 6 jaar, gereduceerd op 5 jaar; 3 periodes (1, 6, 12), N gemiddeld 59.*

e1. *duur van den dalenden tak 5 jaar, gereduceerd op 6 jaar; 3 periodes (2, 3, 16), N gemiddeld 99.*

e2. *duur van den dalenden tak 6 jaar; 8 periodes (6, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 17), N gemiddeld 82.*

e3. *duur van den dalenden tak 7 jaar; gereduceerd op 6 jaar; 3 periodes (5, 9, 13), N gemiddeld 77.*

f. *5 regelmatige 11-jarige periodes (10, 11, 14, 15, 17), N gemiddeld 87.*

g. *hoogste waarden van het maximale zonnevlekkengetal, opgaande tak 8 periodes (2, 3, 4, 9, 10, 11, 17), N gemiddeld 112, dalende tak 7 periodes (2, 3, 8, 9, 10, 11, 17), N gemiddeld 110.*

h. *laagste waarden van het maximale zonnevlekkengetal, opgaande tak 8 periodes (1, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 16), N gemiddeld 64, dalende tak 7 periodes (5, 6, 12, 13, 14, 15, 16), N gemiddeld 62.*

i. *oneven volgnummers, opgaande tak 8 periodes (1, 3, 5, 9, 11, 13, 15, 17), N gemiddeld 91, dalende tak 7 periodes (3, 5, 9, 11, 13, 15, 17), N gemiddeld 94.*

j. *even volgnummers, opgaande tak 8 periodes (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16) N gemiddeld 84, dalende tak 7 periodes (2, 6, 8, 10, 12, 14, 16), N gemiddeld 78.*

De resultaten zijn in tabel XXVII opgenomen (blz. 61) en in fig. 15 grafisch voorgesteld.

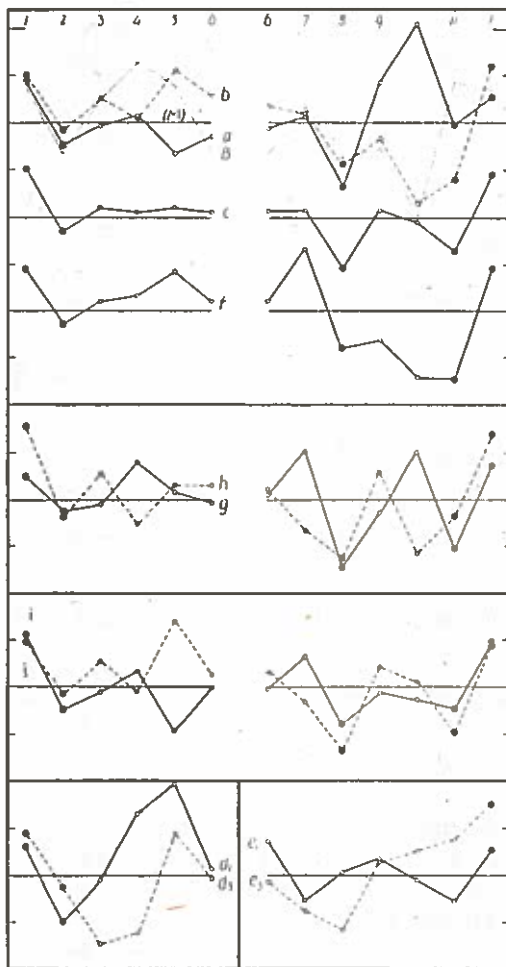


Fig. 15

Zonnevlekkenperiode. Neerslag 1755...1944. Onderverdeling in groepen (Tabel XXVII). Ieder schaaldeel stelt 50 mm voor

voor oneven periodes $\log N = 2,48 - 0,10 T$

voor even periodes $\log N = 2,69 - 0,17 T$.

Wij vinden de volgende vier eigenschappen, die in alle of bijna alle groepen voorkomen. Men bedenke, dat deze vier punten betrekking hebben op de gereduceerde jaarcijfers.

De groep **b** (1855...1944) vertoont groote overeenkomst met de uitkomsten van **Braak** (1853...1931), welke mede in de tabel en de figuur zijn opgenomen. Men bedenke hierbij, dat **Braak** een stijgenden tak van 4 jaar en een dalenden van 7 jaar heeft aangenomen. Het vlekkenmaximum valt bij zijn curve in (*M*).

De groep **a** (1755...1854) verloopt voor een groot deel, vooral in den dalenden tak, tegengesteld aan de groep **b**.

In de andere groepen wordt de invloed van den verschillenden duur der beide takken nagegaan (*d* en *e*) en de invloed van de grootte van het zonnevlekkengetal (*g* en *h*), terwijl de groep *f* de 5 periodes bevat, die regelmatig verloop. De groepen *i* en *j* zijn gekozen in verband met de eigenschap van de zonnevlekken, dat in ieder minimum hun polariteit omkeert. Waldmeier constateert, dat ook het karakter in even periodes afwijkt van dat in de onevene. Hij vindt het volgende verband tusschen het maximale zonnevlekkengetal *N* en den duur *T* van den stijgenden tak (49 p. 112):

1. *Het minimum-zonnevlekkenjaar (N° 1 van de tabel) is een nat jaar.*

In tabel XXVII zijn in het minimumjaar alle afwijkingen positief. In tabel XXVI, de 17 afzonderlijke periodes, zijn er 12 positief, 4 negatief. Wij merken hierbij op, dat op één na het droogste jaar van de heele reeks sinds 1755, met een afwijking van -246 mm, het minimumjaar 1933 is!

TABEL XXVII

Zonnevlekkenperiode. Neerslag 1755...1944. Gereduceerde jaarcijfers
Onderverdeeling. Zie fig. 15

Groep	Min.						N	Groep	Max.						Min.				N
	1	2	3	4	5	6			6	7	8	9	10	11	1				
a	42	-23	-4	7	-32	-15	90		-6	6	-68	42	105	-3	27	90			
b	60	-8	26	5	54	27	83		18	10	-43	-17	-85	-60	59	83			
c	51	-15	11	6	11	6	86		7	8	-54	8	-4	-36	45	85			
d 1	30	-49	-5	64	97	-13	125	e 1	36	-26	3	17	-5	-27	27	99			
d 2	59	-6	41	9	-24	14	85	e 2	2	36	-73	2	-16	-66	42	82			
d 3	45	-12	-73	-61	44	-3	59	e 3	-7	-39	-58	13	26	38	74	77			
f	45	-14	10	16	42	10	87		10	65	-40	-31	-71	-73	45	84			
g	24	-12	-5	39	8	-4	112		5	51	-73	-14	50	-53	35	110			
h	77	-19	27	-26	15	15	74		10	-34	-64	29	-58	-18	69	62			
i	55	-24	-6	17	-47	-1	91		-2	32	-39	-6	-13	-23	43	94			
j	47	-7	27	-5	69	13	84		17	-16	-68	21	6	-48	47	78			
Braak	35	-31	26	64	(M) 40	-31				18	-37	-28	-97	42	35				

2. *Het jaar na het vlekkenminimum (N° 2) is een droog jaar.*

In tabel XXVII zijn alle afwijkingen negatief, in tabel XXVI 10 van de 16; het eenige belangrijke natte jaar is 1856 (+ 154 mm).

3. *Het jaar voor het vlekkenminimum (N° 11) is een droog jaar.*

In tabel XXVII komt slechts een kleine positieve afwijking voor, in tabel XXVI drie, waaronder 1808 vrij groot is (+ 146 mm), tegenover 11 negatieve.

4. *Het tweede jaar na het vlekkenmaximum (N° 8) is een droog jaar.*

Tabel XXVII bevat 10 negatieve tegenover 1 geringe positieve afwijking, tabel XXVI, 11 negatieve en 2 kleine positieve, alsmede één maal nul.

In de drie „duurgroepen” d komt duidelijk de reeds genoemde regel uit, dat de krachtigste zonnevlekkenperiodes het snelst tot ontwikkeling komen: in d1, d2 en d3 is N resp. 123, 84 en 58.

In de groepen g en h (hoogste en laagste waarden van N resp. 112—110 en 64—62) zijn de 4 eigenschappen van de jaren 1, 2, 8 en 11 duidelijk aanwezig, maar zijn in alle andere jaren de afwijkingen zonder uitzondering tegengesteld of klein (in de jaren 5 en 6). Deze tegengestelde gang is zoo sterk, dat in de groep c, die alle periodes omvat, de afwijkingen buiten de minimum-jaren vrijwel nul worden.

Ook in de groepen a en b, i en j is hetzelfde verloop algemeen.

De verschillen tusschen de curven i en j (oneven en even rangnummers) zijn, in het bijzonder in den dalenden tak, veel kleiner dan tusschen a en b, of g en h. Hieruit mogen wij afleiden, dat even en oneven periodes geen verschillenden invloed op den neerslag hebben.

De tegengestelde gang komt in de groepen d1 en d3, e1 en e3 veel minder duidelijk uit, omdat het aantal periodes in iedere groep slechts gering is.

Ik meen den tegengestelden gang in de jaren buiten de vlekkenminima te mogen toeschrijven aan het verschil in zonnevlekkengetal en kom dan tot de volgende, de vijfde eigenschap:

5. *De invloed van krachtige zonnevlekkenperiodes op den neerslag is in de jaren buiten de vlekkenminima (1, 2 en 11) tegengesteld aan die van zwakke.*

Deze eigenschap vertoont overeenstemming met de betrekkingen die er bestaan tusschen zonnevlekken en halo's volgens onderzoekingen van Arch en hold (12) en Visser (46, 47). Hierbij werd eveneens een tegengestelde invloed van hooge en lage zonnevlekkengetallen vastgesteld. Fig. 16 geeft hiervan een beeld voor de halowaarnemingen te Batavia. Langs de abscis zijn de afwijkingen van het gemiddelde maandelijksche zonnevlekkengetal (zv) aangegeven, langs de ordinaat die van het aantal halodagen (hd). In de minimum-vlekkenjaren (Min) is het verloop, zoowel in den oostmoesson (EM) als in den westmoesson (WM), tegengesteld aan dat in de maximum-jaren (Max). In het totale aantal waarnemingen (Tot) blijft een kleine tegengestelde gang over.

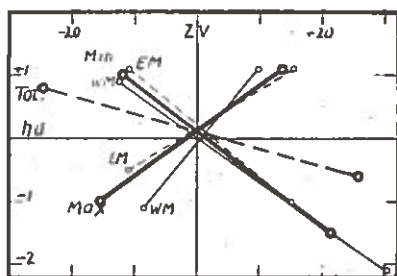


Fig. 16.

Zonnevlekken en halodagen te Batavia Het complex van eigenschappen is zoodanig, dat wij er zeker van kunnen zijn, dat hier geen toeval in het spel is, maar wel degelijk sprake is van reële physische werkingen.

Ik moet betwijfelen of met de gevonden regels alles gezegd is. In het bijzonder het 8e jaar past niet in den 5en regel. In de groepen g en h vertoonen de jaren 8, 9 en 10 eenige overeenkomst met 2, 3 en 4. Letten wij nu nog op de geringe verschillen in de maximumjaren 5 en 6, dan krijgen wij den indruk, dat de vijfde eigenschap voornamelijk een eigenschap van de stijgende en de dalende takken is.

De fysische verklaring van de gevonden eigenschappen moet gezocht worden in verschillen in de vorming van condensatie-kernen op geringe hoogte. Men kan hierbij in de eerste plaats aan verschillen in eruptief karakter op de zon zelve denken, zooals Waldmeier die geconstateerd heeft in de even en oneven periodes. Het is voorts bekend, dat de zonneactiviteit zich krachtig uit in de ionosfeer. Men moet in de tweede plaats dus denken aan een schermwerking op zeer groote hoogte, waardoor de voorwaarden voor kernvorming op geringe hoogte gewijzigd worden. Wil men in de derde plaats denken aan een directen invloed op wolken-niveau, dan komen alleen wijzigingen in het ultraviolette licht in aanmerking, omdat stralingen van electromagnetischen en corpusculaire aard zoo diep niet doordringen.

De invloed van de zonnevlekken op den neerslag blijkt van zoo samengesteld karakter te zijn, dat practische toepassing op de verwachting op langer termijn waarschijnlijk niet goed mogelijk is. De prognose is afhankelijk van de mogelijkheid om de zonnevlekkenextremen tijdig te kunnen voorspellen.

B. De zonnevlekkenperiode in de temperatuur

De eerste, die een uitvoerig en goed gefundeerd onderzoek instelde naar den invloed van de zonnevlekken op de temperatuur was W. Köppen in 1873 (35). Hij vond, dat met vlekkenmaxima temperatuurminima gepaard gingen en omgekeerd. Binnen de tropen was de amplitudo het grootst, $0,73^\circ$, daarbuiten kleiner, $0,53^\circ$. Binnen de tropen trad een temperatuurmaximum één jaar voor het vlekkenminimum in, buiten de tropen eerst twee jaar na dit minimum.

Na 1870 verminderde de temperatuurschommeling echter tamelijk sterk. Zoo vond Mielke (39) voor het tijdvak 1870...1910 binnen de tropen een amplitudo van $0,40^\circ$, daarbuiten $0,35^\circ$. De verschuiving van het temperatuurmaximum ten opzichte van het vlekkenminimum met toenemende breedte werd niet bevestigd. Ook Köppen zelf (36) kwam tot gelijke resultaten.

Er bestaan belangrijke uitzonderingen op den regel. Zoo geldt het randgebied van den Atlantischen Oceaan in Europa van de Golf van Biskaje tot op Spitsbergen als een gebied waar het effect juist tegengesteld is: zonnevlek-arme jaren zijn hier koud, zonnevlek-rijke warm. Dergelijke afwijkingen zijn buiten de tropen veelvuldig. Men moet ze zonder twijfel toeschrijven aan schijneffecten ten gevolge van het grillige weer in de gematigde gewesten: storingen die niets met de zonnevlekken te maken hebben, krijgen de overhand en vertroebelen het resultaat.

Wij hebben het onderzoek op geheel dezelfde wijze verricht als voor den neerslag. Tabel XXVIII geeft de jaarlijksche temperatuurafwijkingen ten opzichte van de gemiddelde waarde m in ieder periode (laatste kolom), tabel XXIX (blz. 65) de op een duur van 11 jaar herleide jaar-afwijkingen, tabel XXX (blz. 66) de indeeling in de bovengenoemde 14 groepen, fig. 17 geeft de resultaten van de laatste tabel voor de groepen a, b en c, g en h, i en j.

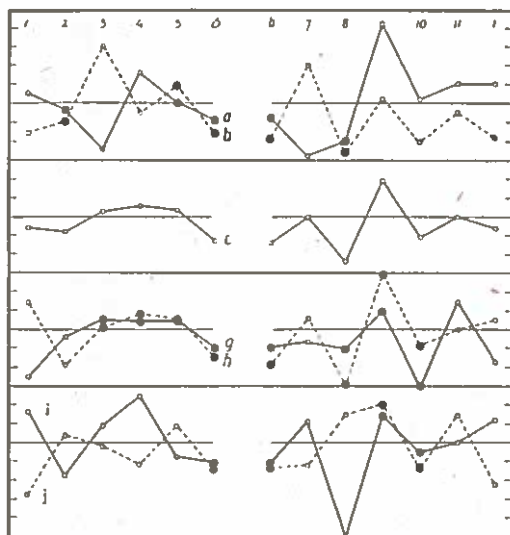


Fig. 17

Zonnevlekkenperiode. Temperatuur 1755...1944.
Onderverdeeling in groepen (Tabel XXX).
Ieder schaaldeel stelt 0,1° voor

TABEL XXVIII

Zonnevlekkenperiode. Temperatuur 1755...1944. Jaarlijksche afwijkingen

N ^o .	Beginjaar	Min.						
1	1755	— 0,5	0,1	0,1	0,3	0,8	— 0,2	0,6
2	1765	0,1	— 0,1	— 0,5	— 0,4	— 0,1		
3	1775	0,6	— 0,5	— 0,7	0,1			
4	1784	— 0,9	— 0,5	— 0,9	0,3			
5	1798	0,9	— 1,3	0,3	0,7	0,2		
6	1810	— 0,3	1,6	— 0,4	0,2	— 1,0	0,2	
7	1822	1,0	— 0,9	0,6	0,7	0,9	— 0,1	
8	1833	0,0	1,3	0,0	0,1			
9	1843	0,2	— 0,5	— 1,0	1,7	— 0,5		
10	1855	— 1,6	0,0	1,0	— 0,4	1,0		
11	1866	— 0,1	— 0,2	1,3	— 0,1	— 0,8		
12	1877	0,4	0,6	— 1,5	0,8	— 0,5	0,4	
13	1889	0,4	— 0,8	— 0,5	— 0,6	0,4		
14	1901	— 0,1	— 0,7	0,3	0,1	— 0,2		
15	1912	0,2	0,5	0,6	— 0,3	0,1		
16	1923	— 0,3	— 0,5	0,0	0,6	— 0,2		
17	1933	— 0,3	0,9	0,3	0,2	0,2		

Nº	Beginjaar	Max.										Min.	m
1	1755	0,1	-0,7	-1,0	0,1							-0,5	9,1
2	1765	0,0	-0,8	0,4	0,8	0,2						0,1	9,0
3	1775	1,2	-0,1	0,5	-1,0	0,3						0,6	9,5
4	1784	-0,1	-0,6	0,1	0,3	0,2	0,1	0,6	-0,1	0,5	0,6	-0,9	8,7
5	1798	-0,8	-0,3	-1,4	1,0	0,5	-0,1	0,1				0,9	8,4
6	1810	-0,7	0,5	0,8	1,0	-0,8	0,5					-0,3	8,6
7	1822	-2,0	-0,9	0,9	-0,6							1,0	9,2
8	1833	-0,2	-1,5	0,0	-0,2	0,4	0,1					0,0	9,2
9	1843	0,2	0,2	-0,4	-0,1	0,9	-1,0	0,0				0,2	9,0
10	1855	-1,0	0,2	0,8	0,8	-1,2	0,4					-1,6	9,0
11	1866	1,1	0,9	0,2	0,0	-0,3	0,0					-0,1	9,3
12	1877	0,3	1,2	-0,1	0,0	-0,7	-1,0					0,4	8,9
13	1889	0,2	-0,5	0,0	0,0	0,5	0,2	0,3				0,4	9,2
14	1901	0,3	-0,3	-0,4	-0,6	0,5	0,9					-0,1	9,0
15	1912	-0,7	0,2	-1,0	0,2	0,8	-0,8					0,2	9,1
16	1923	0,2	-0,8	0,6	-0,3	0,3						-0,3	9,1
17	1933	0,4	0,3	-1,2	-0,6	-1,0	0,4					-0,3	9,3

TABEL XXIX

Zonnevlekkenperiode. Temperatuur 1755...1944. Gereduceerde jaarlijksche afwijkingen

Nº	Begin jaar	Min.				Max.		Max.						Min.	
		1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	1	2
1	1755	-0,5	0,1	0,2	0,6	0,1	-0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1765	0,1	-0,1	-0,5	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,6	0,0	0,5	0,8	0,1	0,1	0,1
3	1775	0,5	-0,2	-0,5	-0,3	0,3	1,0	1,0	0,1	-0,3	-0,2	-0,5	0,3	0,5	0,5
4	1784	-0,8	-0,5	-0,6	-0,4	0,2	-0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
5	1798	0,9	-1,3	0,3	0,7	0,2	-0,8	-0,8	-0,3	-1,4	1,0	0,5	-0,1	0,1	0,1
6	1810	0,0	1,2	-0,2	-0,6	-0,2	-0,7	-0,7	0,5	0,8	1,0	-0,8	0,5	-0,3	-0,3
7	1822	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1833	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-1,5	0,0	-0,2	0,4	0,1	0,0	0,0
9	1843	0,2	-0,5	-1,0	1,7	-0,5	0,2	0,2	0,1	-0,3	0,4	-0,3	-0,3	0,2	0,2
10	1855	-1,6	0,0	1,0	-0,4	1,0	-1,0	-1,0	0,2	0,8	0,8	-1,2	0,4	-1,6	-1,6
11	1866	-0,1	-0,2	1,3	-0,1	-0,8	-1,1	-1,1	0,9	0,2	0,0	-0,3	0,0	-0,1	-0,1
12	1877	0,5	0,0	-0,6	0,1	0,2	0,4	0,3	1,2	-0,4	0,0	-0,7	-1,0	0,4	0,4
13	1889	0,4	-0,8	-0,5	-0,6	0,4	0,2	0,1	-0,4	0,0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
14	1901	-0,1	-0,7	0,3	0,1	-0,2	0,3	0,3	-0,3	-0,4	-0,6	0,5	0,9	-0,1	-0,1
15	1912	0,2	0,5	0,6	-0,3	0,1	-0,7	-0,7	0,2	-1,0	0,2	0,8	-0,8	0,2	0,2
16	1923	-0,3	-0,5	0,0	0,6	-0,2	0,2	0,2	-0,5	0,1	0,1	-0,1	0,2	-0,3	-0,3
17	1933	-0,3	0,9	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	-1,2	-0,6	-1,0	0,4	-0,3	-0,3

TABEL XXX

Zonnevlekkenperiode. Temperatuur 1755...1944. Onderverdeling in groepen. Zie fig. 17

Groep	Min.						N	Groep	Max.						Min.	N
	1	2	3	4	5	6			6	7	8	9	10	11	1	
a	0,05	-0,05	-0,24	0,16	0,00	-0,09	90		0,08	-0,28	-0,20	0,42	0,02	0,10	0,10	90
b	-0,16	-0,10	0,30	-0,05	0,09	-0,16	83		-0,19	0,20	-0,26	0,02	-0,20	-0,05	-0,18	83
c	-0,06	-0,08	0,03	0,06	0,04	-0,13	86		-0,14	0,00	-0,24	0,19	-0,11	0,00	-0,06	85
d 1	-0,10	0,07	-0,23	-0,23	0,17	0,23	125	e 1	0,40	-0,33	-0,07	0,13	0,07	0,20	0,10	99
d 2	-0,06	-0,27	0,18	0,15	0,10	-0,23	85	e 2	-0,34	0,19	-0,11	0,08	-0,29	-0,04	-0,22	82
d 3	0,00	0,43	-0,20	0,03	0,03	-0,13	59	e 3	-0,17	-0,20	-0,57	0,57	0,20	-0,03	0,23	77
f	-0,38	0,10	0,70	-0,10	0,06	-0,42	87		-0,42	0,26	-0,32	-0,04	-0,24	0,18	-0,38	84
g	-0,25	0,04	0,05	0,04	0,04	-0,10	112		-0,10	-0,07	-0,11	0,10	-0,30	0,14	-0,17	110
h	0,14	-0,19	0,01	0,08	0,05	-0,15	64		-0,19	0,06	-0,29	0,29	-0,09	0,00	0,06	62
i	0,16	-0,18	0,09	0,24	-0,08	-0,11	91		-0,11	0,11	-0,50	0,14	-0,05	0,00	0,12	94
j	-0,28	0,04	-0,02	-0,12	0,09	-0,14	84		-0,14	-0,12	0,15	0,20	-0,14	0,15	-0,22	78

In de groepen *g* en *h* (hoogste en laagste *N*) is overeenstemming in 8 van de 11 jaren aanwezig en wij mogen dus de conclusie trekken, dat het verband niet afhangt van de sterkte van de zonneactiviteit.

In de groepen *i* en *j* (even en oneven periodes) is alleen omstreeks het vlekkenminimum de overeenstemming voldoende.

De jaren, waarin de afwijkingen in de groepen *a*, *g*, *i* tegengesteld zijn aan die in *b*, *h* en *j* resp., zijn niet zoo algemeen met elkaar in overeenstemming als dat bij den neerslag het geval is. Tegengestelde gang in alle drie groepen-paren komt alleen voor in de jaren 1 en 7.

Men treft de volgende opmerkelijke teekenverdelingen aan:

in tabel XXX				in tabel XXIX	
in het 5e jaar	9	positieve	tegen 1 negatieve	9	tegen 6.
in het 6e jaar	10	negatieve	tegen 1 positieve	gemiddeld 7 tegen 7	
in het 8e jaar	9	negatieve	tegen 2 positieve	7	tegen 4
in het 9e jaar	9	positieve	tegen 1 negatieve	8	tegen 4
in het 10e jaar	8	negatieve	tegen 2 positieve	8	tegen 6

De sterke tegenstellingen in tabel XXX worden door tabel XXIX niet of slechts in geringe mate bevestigd.

De amplitudo bedraagt gemiddeld per periode $2,1^\circ$ (tabel XXVIII), uiteenlopend van $1,2^\circ$ (periode 1889) tot $3,0^\circ$ (periode 1822); in de groepen *a* en *b* resp. $0,70^\circ$ en $0,48^\circ$, in groep *c* $0,34^\circ$ (tabel XXX).

De eenige conclusie die getrokken mag worden, is deze:

In het maximum-zonnevlekkenjaar vertoont de jaartemperatuur een minimum.

De afwijking bedraagt in dit jaar gemiddeld niet meer dan $0,2^\circ$. De beteekenis van de zonnevlekken voor een jaarprognose van de temperatuur is gering.

Bij de bespreking van de correlaties komen wij terug op den invloed van de zonnevlekken op neerslag en temperatuur.

II. De periode van van 35 jaar (Periode van Brückner)

Op grond van een uitgebreid onderzoek kwam Brückner (26) in 1890 tot de conclusie, dat er een periode van 34,8 jaar in temperatuur en neerslag op aarde voorkwam. Op dit resultaat is scherpe kritiek uitgeoefend door Wagner (48; 192—199). Niet alleen loopt de lengte van de periode uiteen van 20 tot 50 jaren, maar ook op theoretische, meteorologische gronden zijn de gevolgtrekkingen aanvechtbaar. Bovendien toonde Wagner aan, dat de bewerking van een groot aantal geheel toevallige trekkingen op dezelfde wijze als Brückner dat voor zijn waarnemingsmateriaal heeft gedaan, eveneens tot een periode van 35 „jaar” leidt met dezelfde wijd uiteenlopende grenzen. Door evenals Brückner het gemiddelde van 5 opeenvolgende waarden te nemen wordt de toevalsperiode 15 eenheden (zie blz. 12). Vereffent men deze getallen volgens het procédé $(a + 2b + c) : 4$, dan vallen vele toppen uit, en laat men dan nog zwakke toppen vervallen, dan wordt het begrijpelijk, dat de toevalsperiode belangrijk langer dan 15 moet worden.

Bij de bespreking van de periode van 7 jaar bespraken wij twee opvolgende tijdvakken van 34 jaren en twee van 35 jaren duur (blz. 44, 45). Hierbij kwam volstrekt geen duidelijke periode van Brückner voor den dag, maar wel van 7,5 jaar. Dit is voldoende om de geringe waarde van Brückner's periode aan te toonen.

De waarnemingen van den neerslag te Zwanenburg en De Bilt omvatten tusschen 1735 en 1944 zes volledige periodes van 35 jaar. De afwijkingen van de gemiddelde waarden voor de eerste 3 en de laatste 3 periodes zijn opgenomen in tabel XXXI en in fig. 18.

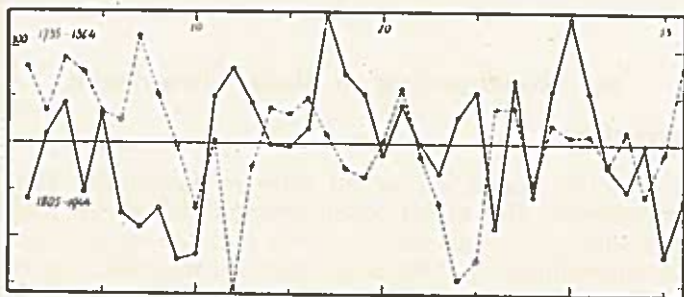


Fig. 18. Periode van 35 jaar (Brückner). Neerslag 1735...1944

TABEL XXXI

Periode van 35 jaar (Brückner). Neerslag 1735...1944. Zie fig. 18

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1...3	1735...1804	-60	10	43	-52	30	-75	-89	-69	-124	-118	51	80
4...6	1805...1944	81	34	91	76	33	25	115	52	-2	-69	3	-158

		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1...3	1735...1804	44	-1	-3	16	139	74	53	-12	41	0	-31	27
4...6	1805...1904	-24	39	32	49	10	-26	-36	1	59	-14	-64	-145

		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1...3	1735...1804	55	-89	69	-56	57	134	55	-24	-50	-1	-119
4...6	1805...1904	-124	38	38	-43	20	8	9	-22	14	-55	-10

Het verloop van beide curven is zeer grillig en zonder overwegende onderlinge overeenstemming: in 20 van de 35 gevallen (57 %) is het verschil tusschen overeenkomstige punten kleiner dan 73 mm d.i. 10% van het algemeene gemiddelde.

De periode van Brückner is voor den neerslag als volkomen waardeeloos te beschouwen.

Voor de temperatuur werd geen onderzoek naar deze periode verricht.

12. Samenvatting en Slotbeschouwingen

12a. Samenvatting

In dit Hoofdstuk werden een aantal periodes onderzocht. Het resultaat is niet bemoedigend. Het toeval oefent grooten invloed. Bij louter willekeurige verdeling treedt een periode van 3 maal de aangenomen eenheid met groote duidelijkheid op. Ook is het zeer wel mogelijk, dat de bekende periode van Brückner geheel aan het toeval te wijten is. Bij het onderzoek van een toevallige getallenreeks bleek, dat hierin een periode van 11 een-

heden overheerschte. Dergelijke resultaten dwingen tot scherpe kritiek bij het perioden-onderzoek.

Bijna alle periodes vertoonen het karakter van een „rhythme”: zij breken onverwachts af en treden na verloop van tijd opnieuw op zonder eenig verband met de voorafgaande reeks. Dit is een eigenschap die hun geschiktheid voor de prognose sterk vermindert. Vaak blijkt zoo'n onderbreking op te treden tijdens den klimaatsprong van S c h m a u s s op het einde der 19e eeuw.

De resultaten zijn voor den neerslag beter dan voor de temperatuur. In het bijzonder zijn de neerslag-periodes van $2\frac{1}{4}$ jaar en van 7,5 jaar krachtig ontwikkeld. Beiden werden echter beïnvloed door den klimaatsprong. De neerslag vertoont een duidelijke afhankelijkheid van de zonnevlekkenperiode maar het effect is niet sterk. Of het bruikbaar is voor de weersverwachting hangt af van de mogelijkheid om de zonnevlekken-extremen tijdig te voorspellen.

In de temperatuur komt geen enkele periode in voldoende mate tot ontwikkeling om een bijdrage te kunnen leveren voor de weersverwachting op langen termijn.

De periodes van 7, 8 en 35 jaren moeten verworpen worden. De periode van 6,8 jaar, welke in den Stillen Oceaan aantoonbaar is, komt in Nederland niet voor.

Bij die periodes, die een gebroken aantal jaren omvatten, treedt een cycluseriode op, waarvan de duur bepaald wordt door het kleinste aantal jaren, dat een zeker aantal periodes omvat. Deze cycluseriode vormt een contrôle op de bruikbaarheid van de periode. Zoo komt b.v. bij de periode van $2\frac{1}{4}$ jaar een duidelijke cycluseriode van 9 jaren (4 periodes) tot stand. Wij komen hier terug op het onderzoek van B e r l a g e in Nederlandsch-Indië en zullen zijn periode van 28 maanden bespreken, in het bijzonder in verband met de bijbehorende cycluseriode van 7 jaar (3 periodes).

12b. De periode van 28 maanden in den luchtdruk te Batavia

B e r l a g e komt op theoretische gronden tot een periode van 28 maanden, maar het blijkt niet, of hij een onderzoek naar het bestaan van deze periode heeft ingesteld. Hij neemt aan, dat zij een compromis is tusschen twee periodes van 2 en 3 jaar. De laatste wordt gestoord door de periode van 7 jaren en als resultaat van het rekenwerk komt dan een periode van $3\frac{1}{4}$ jaar te voorschijn. Zoo slaagt B e r l a g e erin een periode van $2\frac{1}{4}$ jaar om te werken tot een andere, die bijna de helft langer is.

Wij hebben het onderzoek naar de periode van 28 maanden op de gebruikelijke wijze verricht. Hiertoe stonden ons ten dienste de maandelijksche luchtdrukcijfers van Batavia over het tijdvak 1866...1935, omvattende 10 cycli van 7 jaar (6). De gemiddelde afwijkingen voor 3 groepen van 28 jaren (de cycli 1...4, 4...7, 7...10) voor ieder van de 28 maanden zijn in

onderstaande tabel XXXIa en in fig. 19 weergegeven; tevens zijn de resultaten van de harmonische analyse opgenomen.

TABEL XXXIa

Periode van 28 maanden. Luchtdruk Batavia 1866...1935. Fig. 19

	Cycli	Tijdvak	m 1000 mb +	1	2	3	4	5	6	7
I	1...4	1866—1893	9,82	-0,19	0,20	0,03	-0,05	0,00	0,00	-0,06
II	4...7	1887—1914	9,90	-0,10	0,09	-0,15	-0,23	-0,22	-0,05	-0,04
III	7...10	1908—1935	9,79	-0,22	0,20	-0,09	-0,10	-0,36	-0,16	0,03

	Cycli	Tijdvak	m 1000 mb +	8	9	10	11	12	13	14
I	1...4	1866...1893	9,82	0,09	-0,36	0,10	0,10	-0,01	-0,12	0,32
II	4...7	1887...1914	9,90	-0,45	-0,42	-0,17	0,01	-0,15	-0,29	-0,19
III	7...10	1908...1935	9,79	-0,36	-0,29	-0,10	0,16	0,03	-0,02	-0,12

	Cycli	Tijdvak	m 1000 mb +	15	16	17	18	19	20	21
I	1...4	1866...1893	9,82	0,26	0,18	-0,14	-0,21	0,00	-0,02	-0,03
II	4...7	1887...1914	9,90	0,47	0,12	0,01	0,17	0,25	0,38	-0,11
III	7...10	1908...1935	9,79	0,36	0,09	-0,08	0,36	0,07	-0,06	0,12

	Cycli	Tijdvak	m 1000 mb +	22	23	24	25	26	27	28
I	1...4	1866...1893	9,82	-0,20	0,02	-0,12	-0,16	-0,10	0,14	0,19
II	4...7	1887...1914	9,90	0,41	0,05	0,03	0,16	0,15	0,39	-0,16
III	7...10	1908...1935	9,79	0,24	0,14	0,15	0,09	0,06	0,00	-0,03

Harmonische Analyse

		a ₁	A ₁	a ₂	A ₂
1...4	1866—1893	0,039 mb	328,1°	0,090 mb	83,7°
4...7	1887—1914	0,163	189,0	0,046	59,6
7...10	1908—1935	0,151	204,7	0,042	51,4

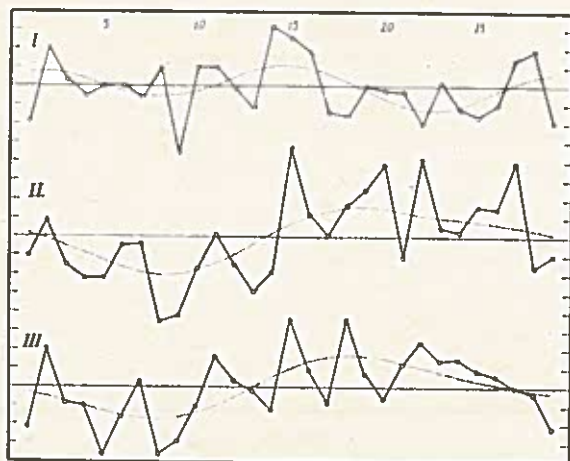


Fig. 19

Periode van 28 maanden. Luchtdruk Batavia 1866...1935
(Tabel XXXIa).

Gestippeld: harmonische analyse. Ieder schaaldeel stelt
0,1 mm voor

Men wordt getroffen door de groote overeenstemming, in het bijzonder tusschen de 2e en de 3e groep. In de eerste groep is de periode zwak en overweegt de periode van den halven duur. Wij mogen concluderen, dat sinds 1887 de periode onafgebroken voortduurt.

De cyclusperiode bedraagt 7 jaren. De bewerking van den cyclus is geschied op dezelfde wijze als uitgelegd is bij de periode van $2\frac{1}{4}$ jaar (blz. 30). De resultaten zijn afgedrukt in tabel XXXII en grafisch voorgesteld in fig. 20.

TABEL XXXII

Cyclusperiode van 7 jaar. Luchtdruk Batavia 1866...1935. Fig. 20

Cycli	Tijdvak		1	2	3	4	5	6	7
1...4	1866...1893	u_c	-0,01	0,00	0,01	0,01	-0,02	0,05	-0,05
		u_l	-0,10	0,18	0,03	0,09	0,39	-0,06	-0,52
		$u_l - u_c$	-0,10	0,18	0,01	0,08	0,40	-0,11	-0,47
4...7	1887...1914	u_c	-0,16	0,12	-0,05	0,02	0,04	-0,12	0,14
		u_l	-0,14	0,08	-0,16	-0,02	0,17	-0,07	0,14
		$u_l - u_c$	0,01	-0,04	-0,11	-0,03	0,13	0,04	0,00
7...10	1908...1935	u_c	-0,10	0,10	-0,08	0,03	0,04	-0,07	0,08
		u_l	-0,06	-0,19	-0,31	0,26	0,18	0,03	0,08
		$u_l - u_c$	0,05	0,29	-0,23	0,23	0,15	0,10	0,00

u_c = cyclusperiode; u_l = waargenomen periode.

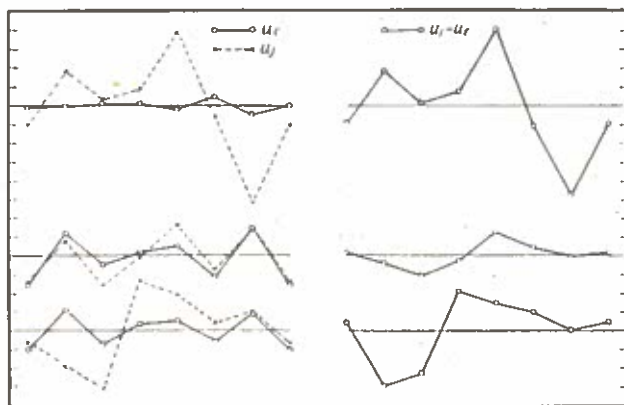


Fig. 20

Cyclus-periode van 7 jaar. Luchtdruk Batavia 1866...1935
(Tabel XXXII).

Ieder schaaldeel stelt 0,1 mm voor

Ook hieruit mogen wij afleiden, dat de periode van 28 maanden in de eerste groep slechts zwak is, maar in de beide andere groepen zeer duidelijk aanwezig. De cyclusperiode (u_c) is in beide groepen vrijwel gelijk en de waargenomen periode (u_j) sluit er in voldoende mate bij aan. Er blijft een 7-jarige periode ($u_j - u_c$) over. De duur hiervan is niet precies 7 jaren maar blijkens het verloop van de toppen iets korter.

In 42 jaren verplaatsen de toppen zich van het 5e en het 2e jaar naar het 4e en het 1e; per periode is het verloop $\frac{1}{6}$ jaar en de duur van de periode is dus $6\frac{5}{6}$ jaar, of wel 6,8, juist de duur van deze periode, zooals door Berlage afgeleid.

Uit het duidelijke optreden van de cyclusperiode volgt, dat de periode van 28 maanden in het Verre Oosten geenszins de neiging heeft slechts een compromis tusschen twee andere te zijn. De periode loopt, evenals die van 27 maanden in het gebied van den Atlantischen Oceaan, ongestoord door en er is geen enkele reden, haar in verband te brengen met die van $3\frac{1}{4}$ jaar.

12c. Een jaarlijksche neerslagverwachting, gegrond op de periodes

Voor bepaalde doeleinden (Waterstaat, waterleidingsbedrijven) is het van belang te weten op welken regenval er voor langen termijn te rekenen valt. Hiertoe heeft Van Everdingen (29) verwachtingen uitgesproken voor het komende jaar op grond van in den neerslag aanwezige periodes, n.l. die van 5, 7 en 11 jaren.

Na het in dit hoofdstuk behandelde is het mogelijk de waarde van dergelijke verwachtingen te bepalen. Het is gebleken, dat periodes van 5 en 7 jaren niet voorkomen; de eenige die ongeveer dezen duur hebben zijn die

van $5\frac{1}{4}$ en van 7,5 jaar. De eerstgenoemde is echter voor de weersverwachting te zwak (blz. 41). De periodes die bruikbaar kunnen zijn voor het gestelde doel, zijn die van 9 jaar, 13 jaar en 15 jaar, equivalent resp. aan die van $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$ en $7\frac{1}{2}$ jaar.

Ten einde de bruikbaarheid van de periodes voor de jaarverwachting op de proef te stellen werd als volgt te werk gegaan.

De gang der periodes werd bepaald voor het basistijdvak 1901...1939, dat ook bij de correlatieberekeningen werd aangenomen. Men vindt de noodige gegevens in deze Verhandeling voor de periode van 9 jaar in tabel VIII blz. 31 (1903...1938); van 13 jaar in tabel XIII blz. 39 (1901...1939) en van 15 jaar in tabel XIX blz. 47 (1899...1943). Wat de periodes, door Van Everdingen toegepast, betreft, werden periodes van 5 en 7 jaar op de gebruikelijke wijze uit de jaarcijfers van het basistijdvak afgeleid. Voor de 5-jarige periode werd de volgende gang gevonden:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ -49 & 0 & +3 & -27 & +71 \end{array}$$

en voor de 7-jarige:

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ -11 & -28 & -41 & -29 & +48 & +51 & +8 \end{array}$$

Voor de 11-jarige periode werden de uitkomsten van Braak toegepast, aangepast aan het vlekkenminimum van 1901.

Contrôle op de resultaten, zoowel voor de drie periodes van Van Everdingen als voor de drie andere, kan worden verkregen door de periodes voort te zetten over de aan 1901 voorafgaande jaren. Immers, indien deze periodes werkelijke beteekenis hebben, moeten zij ook dan gelden. Deze controle werd toegepast op het tijdvak 1881...1900. Hierbij valt nog het volgende op te merken. Bij het uitspreken van een verwachting voor het komende jaar geeft men de afwijking van de gemiddelde waarde in het aangenomen basistijdvak. Ook bij de extrapolatie over de 20 voorafgaande jaren werden daarom de waargenomen afwijkingen berekend ten opzichte van het gemiddelde over de jaren 1901...1939. Het valt op, dat de waargenomen jaarcijfers vóór 1900 aan de negatieve kant liggen. Wij mogen hierin den invloed van den klimaatsprong van Schmauss zien: het jaargemiddelde vóór den sprong lag 28 mm lager dan daarna.

De uitkomsten zijn ingetekend in fig. 21.

Gedurende het basistijdvak is de overeenstemming met de waarnemingen op het eerste oog redelijk goed. Dit is te verwachten omdat de berekening op de waargenomen jaarcijfers is gebaseerd. Er komen echter in beide berekende curven belangrijke verschillen met de waarnemingen voor. Hun beteekenis blijkt uit de correlatie-coëfficiënten r tusschen waarneming en berekeningen.

$$\text{periodes van 5, 7 en 11 jaar } r = 0,44$$

$$9, 13 \text{ en } 15 \text{ jaar } r = 0,36.$$

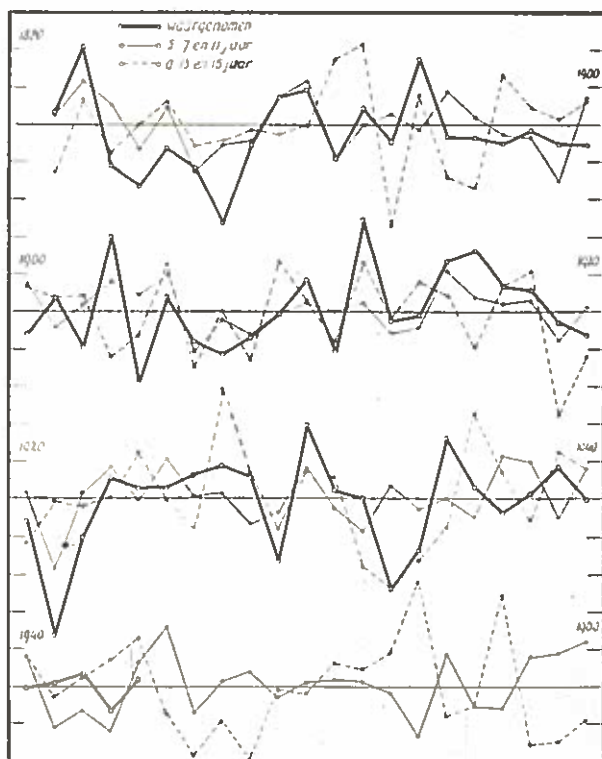


Fig. 21

Jaarlijkse neerslagverwachting, gebaseerd op de periodes.
Ieder schaaldeel stelt 100 mm voor

De waarschijnlijkheid, dat de correlatie-coëfficiënt 0,44 bij 3 variabelen louter door toeval tot stand zou komen is ongeveer 5 %; dit bedrag is veel te hoog voor een betrouwbare verwachting.

De conclusie is, dat zelfs in het basistijdvak de betrouwbaarheid van een jaarsverwachting voor den neerslag gebaseerd op periodes alleen onvoldoende is en dat de neerslag in belangrijke mate ook door andere factoren dan de periodes bepaald wordt.

Ook voor het tijdvak 1881...1900 is de waarde van de prognose onvoldoende. Over het algemeen sluiten de periodes 5, 7 en 11 beter bij de waarnemingen aan dan 9, 13 en 15, maar ontoelaatbare verschillen komen herhaaldelijk voor.

Na 1939 zijn er vijf werkelijke verwachtingen (1940...1944) beschikbaar. Ook hierbij blijkt het ontoereikbare van beide verwachtingen.

In de grafiek zijn de uitkomsten van de berekeningen tot en met 1960 voorgesteld. Na het bovenstaande is het duidelijk, dat schrijver dezes geen enkele verantwoordelijkheid voor deze verwachtingen op zich neemt.

HOOFDSTUK II

CORRELATIE-BEREKENINGEN

Bij het berekenen van correlatie-coëfficiënten ten behoeve van de weersverwachting op langen termijn in een bepaald gebied heeft men vast te stellen:

- 1°. de gebieden, waarvoor men de correlaties wil berekenen;
- 2°. de weerselementen, die men daarbij wil gebruiken;
- 3°. de tijdsverschillen tusschen deze weerselementen en het weers-element in het gebied waarvoor de verwachting zal gelden.

Men kan zelden of nooit het een en ander vaststellen op fysieke gronden; in het beste geval kan men zijn keuze fysiek aannemelijk maken, maar bijna steeds moet men zich tevreden stellen met overwegingen van statistischen aard. Evenals dit bij de periodes het geval is moeten de resultaten aan strenge kritiek onderworpen worden.

Bij de keuze kan men zich laten leiden door hetgeen anderen op dit gebied hebben verricht, en hiervan uitgaande zijn eigen weg door het labyrint banen. Het aantal factoren, dat ter beschikking staat is verbijsterend groot. Men moet zich, ook om theoretische redenen, beperken en trachten met zoo weinig mogelijk factoren uit te komen. Men moet daarom methodes opstellen om met geringe moeite de gekozen factoren op de proef te stellen en daarbij subjectieve invloeden zoo veel mogelijk uitsluiten.

Wat het weer in Nederland betreft, werden gekozen de gemiddelde maandelijksche neerslag in Nederland en de gemiddelde maandtemperatuur te De Bilt (drie-maal-daagsche waarnemingen).

1. De gekozen gebieden

Reeds in het Rapport bleek, dat een aantal factoren om verschillende redenen onbruikbaar is: de Noordoost-passaat, de neerslag op Fernando de Noronha, de Nijlvloeden, de neerslag te Ceará (Brazilië), de periodes van 5 en van 9 jaar, de resulteerende en de gemiddelde windsnelheid op 3000 m boven Nederland.

Sindsdien bleken nog andere factoren ongeschikt te zijn: de periode van $3\frac{1}{4}$ jaar, de temperatuur op Jan Maijen, de noord- en de oostcomponent van de windsnelheid en de temperatuur op 3000 m boven Nederland.

Van de 21 in het Rapport besproken factoren worden er nu nog slechts 8 gebruikt. Er werden nieuwe factoren toegevoegd, die later besproken zullen worden.

Als basistijdvak werd aangenomen 1901...1939. Het jaar 1901 werd als beginjaar gekozen ten einde den klimaatsprong van Schmauss te

vermijden; 1939 was het laatste jaar met volledige waarnemingen vóór den oorlog.

Voor de te kiezen factoren werd als eisch gesteld, dat zij over dit geheele tijdvak beschikbaar waren. Dit was de reden, dat de temperatuur op Jan Maijen (sinds 1921) en de waarnemingen op 3000 m boven Nederland (sinds 1921) geschrapt werden.

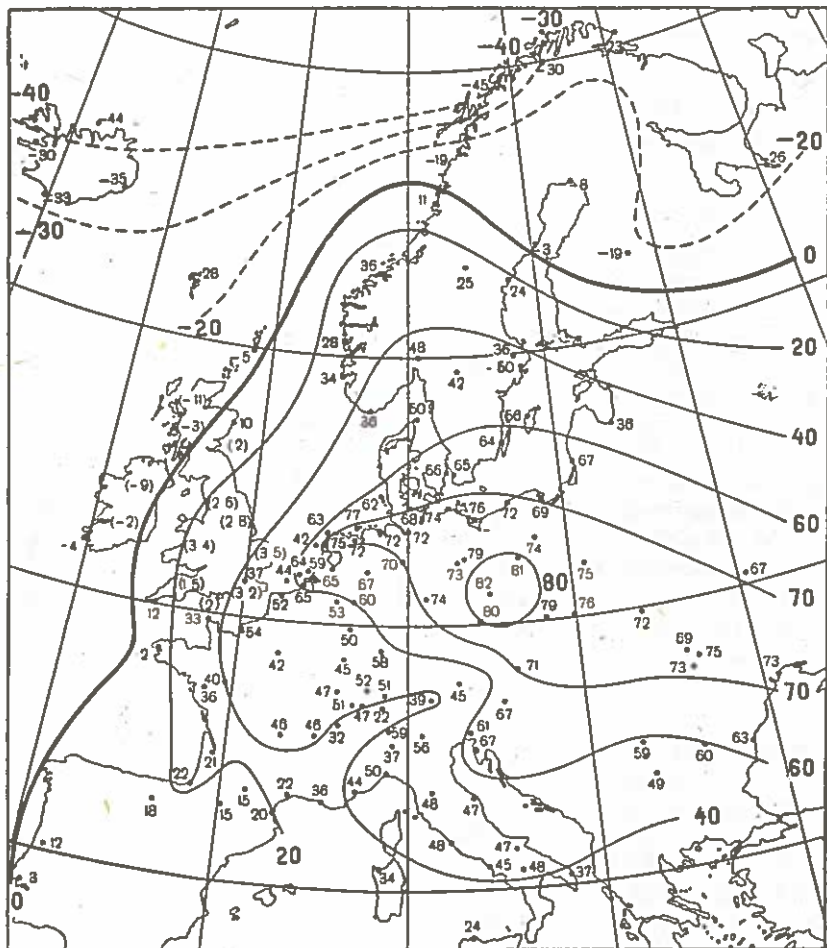


Fig. 22

Correlaties tusschen den NE-passaat in Juni...November en de wintertemperatuur in Europa, 1899...1913, volgens Gallé. Correlatie-coëfficiënten in procenten

Reeds in 1917 heeft Gallé (32) het nauwe verband aangetoond tusschen de sterkte van den noordoostpassaat in den zomer en de temperatuur

van den daaropvolgenden winter in Europa. Fig. 22, met een kleine wijziging overgenomen van Gallé's kaart, geeft hiervan een beeld. Zijn onderzoek gold het 14-jarig tijdvak 1900...1913. Dit tijdvak is te kort, maar de waarde van Gallé's werk ligt in de berekening der correlaties over een zeer groot gebied. Het zou zeker de moeite loonen zijn onderzoek over een veel langere reeks van jaren uit te voeren.

De noordoostpassaat komt niet in aanmerking voor de weersverwachting op langen termijn omdat het niet mogelijk is de gegevens uit de scheeps-journalen tijdig te bewerken voor de prognose. Daarom werd gezocht naar een vervanger. De neerslag op de kusten in het passaatgebied is afhankelijk van de passaat. Nadat de neerslag op Fernando de Noronha verworpen was wegens de onbetrouwbaarheid van de berichten, viel de keus op den neerslag te Paramaribo.

Het door Gallé gevonden verband moet toegeschreven worden aan wijzigingen in de algemeene luchtcirculatie boven den Atlantischen Oceaan en zoo zijn de betrekkingen tusschen de passaat en de temperatuur in West-Europa op physische gronden aannemelijk.

Ook de Golfstroom ondergaat veranderingen onder invloed van de passaat en zal zoo op zijn beurt het weer in Europa beïnvloeden.

Een belangrijke storing in den Golfstroom wordt veroorzaakt door het koude water van den Labrador-stroom en daarom is het noodig ook dezen in het onderzoek op te nemen. Hiertoe werd gekozen de temperatuur te Ivigtut in het uiterste zuidwesten van Groenland. Een tweede storingsgebied is het actiecentrum bij de Azoren en daarom werden ook de correlaties met den luchtdruk te Ponta Delgada berekend. Hierbij sluit zich aan de luchtdruk op IJsland (Reykjavik), waarmede tevens de invloed van de Noordelijke IJszee in rekening wordt gebracht in de plaats van de te korte temperatuurreeks van Jan Maijen. Ook het drukverschil Azoren—IJsland werd toegepast.

Hooge correlaties worden ook opgeleverd door het actiecentrum in Oost-Europa. Omdat de gegevens uit Rusland niet tijdig worden ontvangen moet genoegen genomen worden met die uit het randgebied. Goede resultaten werden bereikt met den luchtdruk te Helsinki en te Berlijn, alsmede met het drukverschil tusschen deze plaatsen.

Men heeft te rekenen met de mogelijkheid, dat de betrekkingen tot stand komen zoowel door middel van de atmosfeer als van het zeewater. Als gevolg van het verschil in snelheid waarmede deze beide media zich voortbewegen treden er vaak twee reeksen van hooge correlaties op met verschillend tijdsverloop. Hiermede hangen ook samen de betrekkingen die er blijken te bestaan tusschen de temperatuur te De Bilt in verschillende ver uiteenliggende maanden. Ook de zonnevlekken werden in onderzoek genomen. Er is wel degelijk een verband tusschen de zonnevlekken en de weersomstandigheden aantoonbaar. Bijzonderheden hierover zullen in het volgende hoofdstuk worden gegeven.

Ten slotte werden ook de periodes in het onderzoek betrokken. Een periode komt niet het geheele jaar even krachtig tot uiting en daarom is het noodig van maand tot maand de correlaties van de gekozen weerselementen met de periode te bepalen. Alleen de periodes van $2\frac{1}{4}$ en van $5\frac{1}{4}$ jaar bleken iets te beloven.

2. De gekozen weerselementen

Bij de keuze van de weerselementen, die men zal toepassen moet men zich door de omstandigheden laten leiden. In het voorgaande werd er reeds op gewezen, dat de regens op de kust een beeld van de kracht van de passaat geven. Evenzoo zijn temperaturen op de kust representatief voor de temperatuur van den passeerenden zeestroom.

3. De tijdsverschillen

A priori is het toe te passen tijdsverschil onbekend. Het is wenschelijk het onderzoek zoo breed mogelijk op te zetten en daarom werden de correlaties berekend tusschen de uitgekozen weerselementen in alle maanden van het jaar en die in Nederland (neerslag in Nederland en temperatuur te De Bilt), 0 tot en met 12 maanden later; desgewenscht nog later, voor Ivgitub b.v. over 2 jaar.

Op deze wijze worden een zeer groot aantal correlatiecoëfficiënten verkregen (in elk geval voor het geheele jaar minstens 144), waaruit een keuze gedaan moet worden.

In den regel schommelen de coëfficiënten min of meer regelmatig tusschen hooge positieve en negatieve waarden, waaruit al dadelijk bepaalde wetmatigheden voor den dag komen, die boven het toeval uitgaan en de keuze vergemakkelijken. Zoo ziet men hooge correlaties gedurende het geheele jaar herhaaldelijk optreden bij een vrijwel constant blijvend tijdsverschil. Dit feit wijst op een verband, dat zeker niet slechts toevallig is.

4. De werkmethode

Het doel van het onderzoek is een zoo hoog mogelijken collectieven correlatie-coëfficiënt te bepalen met zoo weinig mogelijk variabelen ¹⁾. Hiermede wordt bereikt, dat de waarschijnlijkheid, dat deze correlatie-coëfficiënt door toeval tot stand zou komen, zoo klein mogelijk is.

Ook de onderlinge correlatiecoëfficiënten van de uitgekozen variabelen moeten bepaald worden. Vangt men het onderzoek aan met 15 variabelen, dan dient men 120 correlatiecoëfficiënten te berekenen. Uit dit geheele complex moet men vervolgens een geschikte keuze doen van b.v. 5 of 6 variabelen, die de gezochte hooge collectieve correlatie zullen opleveren. Het is wenschelijk het aantal variabelen waarmede men van wal steekt,

¹⁾ De collectieve correlatiecoëfficiënt wordt door Fisher (31) en anderen „multiple”, door Baur de „totale” genoemd. De term „collectief” is van Van Uven en geeft de bedoeling het beste weer.

groot te nemen om de kans, dat een belangrijke over het hoofd wordt gezien, tot een minimum te beperken. Het aantal n liep uiteen van 15 tot en met 25.

Verder moet het aantal variabelen in de regressievergelijking zoo klein mogelijk zijn, omdat de toevalswaarschijnlijkheid snel met het aantal termen toeneemt.

Om het enorme werk zoo veel mogelijk te vereenvoudigen werd de volgende werkwijze toegepast.

4a. De correlatiedriehoek

De eerste stap is het uitzoeken van een hoogen correlatie-coëfficiënt r_{op} . De index o (nul) heeft betrekking op het te voorspellen element; p op een van de n uitgekozenen. Aan het element p wordt nu een tweede element q toegevoegd. Te berekenen is nu de partiële correlatiecoëfficiënt $r_{oq.p}$. De eisch is, dat $r_{oq.p}$ zoo groot mogelijk uitvalt.

$$r_{oq.p} = \sqrt{\frac{r_{oq} - r_{op} r_{pq}}{(1 - r_{op}^2)(1 - r_{pq}^2)}}$$

De grootte hangt in de eerste plaats af van den teller en dus van de teekens van de 3 correlatiecoëfficiënten in den teller. Men rangschikt de ter beschikking staande n correlatie-coëfficiënten r_{op} in één rij volgens afnemende grootte, beginnende met de grootste positieve en eindigende met de grootste negatieve. De bijbehorende coëfficiënten r_{pq} rangschikt men in rijen onder de rij r_{op} . Zoo worden alle coëfficiënten uitgeschreven in een driehoekige figuur, de „correlatiedriehoek”. Brengt men vervolgens in dezen driehoek twee scheidingslijnen aan tusschen de positieve en de negatieve coëfficiënten uit de bovenste rij, dan geeft een eenvoudige regel den te volgen weg aan. Een en ander wordt verduidelijkt in het onderstaande voorbeeld (tabel XXXIII, zie bladz. 80), ontleend aan den neerslag in November. De coëfficiënten zijn gegeven in percenten. De scheidingslijnen loopen hier tusschen de volgnummers 9 en 10.

De bedoelde regel is de volgende:

$r_{oq.p}$ wordt grooter dan r_{oq} bij *negatieve* teekens van r_{pq} in de beide driehoekige onderdeelen (links boven en rechts beneden) en bij *positieve* teekens in den rechthoek (rechts boven).

Deze regel is gemakkelijk uit de vergelijking af te leiden.

In verband met den invloed van den noemer (waarover wij dadelijk komen te spreken) geldt deze regel ook voor zwakke correlaties met tegengesteld teken.

TABEL XXXIII

Correlatiedriehoek. Neerslag November

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}
x_0	+43	+34	+30	+26	+25	+23	+23	+22	+22	-22	-24	-29	-29	-30	-30	-32	-46
x_1		+11	0	+26	+14	-15	+4	+13	+7	-22	+14	-46	-19	-26	-36	-1	-96
x_2			-10	+50	+14	-3	+31	+43	+15	+11	+7	+1	-20	-42	-6	+3	-11
x_3				-18	-1	+5	-28	-12	+1	-3	-22	+7	0	+10	-17	+2	-6
x_4					-3	-4	+28	+64	+26	-19	+33	-3	-13	-63	-15	+15	-27
x_5						+1	+20	-17	-9	-6	-16	-37	-25	+12	+8	-13	-9
x_6							-20	+11	+21	+6	-7	-1	-4	-19	-1	-17	+12
x_7								+12	-13	-24	+16	-12	-25	-13	-3	-25	-4
x_8									+21	+8	+21	+4	+8	-94	-2	+16	-11
x_9										+14	-5	-3	+15	-23	-4	+11	-8
x_{10}											-29	+45	+10	+2	+27	+15	+27
x_{11}												-5	+6	-15	-12	+21	-15
x_{12}													+7	+5	+6	+12	+38
x_{13}														+3	+43	+50	+29
x_{14}															+8	-7	+24
x_{15}																+30	+61
x_{16}																	+9

Wij kiezen om te beginnen de grootste correlaties r_{0p} in de eerste rij (n.l. 01 , 02 , 016 en 017) en komen dan overeenkomstig den teekenregel tot een onderzoek van de 15 volgende partiële correlatiecoëfficiënten:

03.1	06.1	011.1	016.1
03.2	06.2	016.2	
04.16	08.16	09.16	014.16
02.17	06.17	011.17	016.17

Met een grafische methode kunnen wij de waarde van deze coëfficiënten snel en eenvoudig afleiden met voldoende nauwkeurigheid om ons een oordeel te vormen over de uitkomst.

4b. De correlatie-ellipsen

De waarde van $r_{0q.p}$ kan grafisch worden voorgesteld voor waarden van r_{0p} die met stappen van 0,05 oploopen, met 0,00 te beginnen. Hierbij wordt r_{pq} langs de X-as afgezet voor iedere waarde van $-1,00$ tot $+1,00$ en r_{0q} langs de Y-as van 0,00 tot 1,00. De waarden van $r_{0q.p}$ liggen dan op ellipsen, die de Y-as en alle lijnen hieraan evenwijdig aequidistant snijden. Deze „correlatie-ellipsen” zijn in de figuren 23, 24 en 25 afgebeeld voor r_{0p} resp. = 0,05, 0,25 en 0,45. Links van de Y-as liggen de waarden van $r_{0q.p}$ die, afhankelijk van den bovengenoemden teekenregel, grootter uitvallen dan r_{0q} , rechts van de Y-as die, welke kleiner zijn.

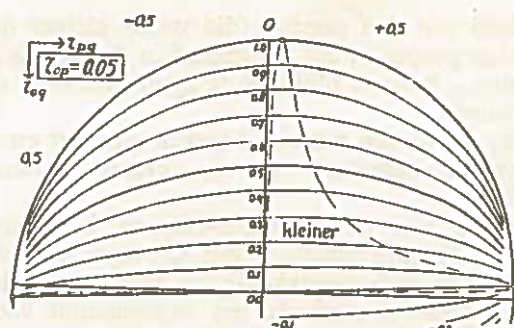


Fig. 23. Correlatie-ellipsen voor $r_{op} = 0,05$

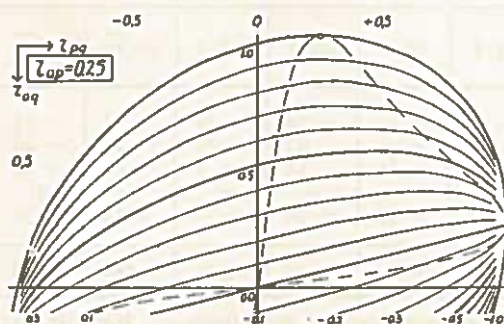


Fig. 24. Correlatie-ellipsen voor $r_{op} = 0,25$

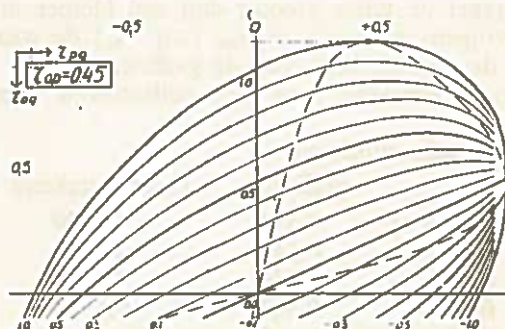


Fig. 25. Correlatie-ellipsen voor $r_{op} = 0,45$

Door den invloed van den noemer (die steeds kleiner dan 1 is) wordt $r_{0q \cdot p}$ vergroot en het gevolg is, dat het gebied in de rechter helft, waarvoor $r_{0q \cdot p}$ kleiner is dan r_{0q} , beperkt blijft tot de figuur, die door de onderbroken curve begrensd wordt.

Het is mogelijk, dat in den teller het teeken omkeert en er ontstaat zoo ook een gebied (rechts beneden) waar $r_{0q \cdot p}$ grooter is dan r_{0q} maar met tegengesteld teeken.

De eigenschappen van de correlatie-ellipsen berusten voornamelijk hierop, dat $r_{0q \cdot p}$ een lineaire functie is van r_{0q} , maar een kwadratische van r_{0p} en van r_{pq} , en laten zich gemakkelijk uit de formule afleiden.

Men gaat nu als volgt te werk. In het onderstaande voorbeeld zijn de beste acht gevallen van de boven opgesomde partiële correlatie-coëfficiënten opgenomen.

TABEL XXXIV

Toepassing van de correlatie-ellipsen

$r_{0q \cdot p}$	03.1	06.1	011.1	016.1	02.17	06.17	011.17	016.17
r_{0q}	+ 30	+ 23	— 24	— 32	+ 34	+ 23	— 24	— 32
r_{0p}	+ 43	+ 45	+ 43	+ 43	— 46	— 46	— 46	— 46
r_{pq}	0	— 15	+ 14	— 1	— 11	+ 12	— 15	+ 9
teeken		+	+	—	—	+	+	—
$r_{0q \cdot p}$	+ 33	+ 33	— 34	— 36	+ 33	+ 32	— 35	— 31
$R_{0 \cdot pq}$	0,523	0,523	0,528	0,539	0,545	0,540	0,549	0,536

Men zoekt den ellipsenbundel waarvoor r_{0p} het dichtst bij de gegeven waarde aansluit (voor alle 8 gevallen $r_{0p} = 0,45$). Men kan hierbij overwegen, dat r_{0p} en r_{pq} gelijkwaardig zijn in de formule en in het tweede, het derde en het zevende geval mag daarom ook de ellipsen-bundel 0,15 worden genomen. Met het teeken + of — geeft men aan, of overeenkomstig den teekenregel de teller grooter dan wel kleiner uitvalt dan r_{0q} en men vindt vervolgens met r_{0q} en r_{pq} (c.q. r_{0p}) de waarde van $r_{0q \cdot p}$ in de linker of in de rechter helft van de grafiek.

Uit r_{0p} en $r_{0q \cdot p}$ berekent men den collectieven correlatie-coëfficiënt $R_{0 \cdot pq}$.

Als beste combinaties vindt men:

	grafisch	exact berekend
$R_{0.1 \overline{16}}$	0,539	0,5309
$R_{0.17 \ 2}$	0,545	0,5436
$R_{0.17 \ 6}$	0,540	0,5431
$R_{0.17 \overline{11}}$	0,549	0,5553

Na de grafische bepaling moet de exacte berekening volgen, omdat de grafieken slechts benaderingen opleveren. Hierbij doet een tabel voor

$\log (1 - r^2)$ in 5 decimalen goeden dienst voor de bepaling van den noemer. Deze tabel is eveneens bruikbaar voor de berekening van R .

Aan de gevonden combinaties moet men nu een volgend element s toevoegen, dat de hoogste waarde voor $R_{0.pqs}$ oplevert. Hiertoe worden alle beschikbare elementen onderzocht en men bepaalt grafisch $r_{01.pq}$, $r_{02.pq}$, $r_{03.pq}$ enz. De formule voor deze partiële correlatiecoëfficiënten is geheel gebouwd als die voor $r_{0q.p}$ en men kan met dezelfde correlatie-ellipsen het onderzoek verrichten. Men voegt op geheel overeenkomstige wijze een 4e element toe, een 5e enz. Vaak zullen hierbij twee combinaties tot hetzelfde eindresultaat leiden. Na de correlatieberekening tot 5 of 6 elementen te hebben uitgebreid, blijkt het materiaal in den regel uitgeput te zijn: toevoeging van een 6e of 7e levert geen betere collectieve correlatie meer op.

Het onderzoek voor den neerslag in November gaf ten slotte twee hoge collectieve correlatie-coëfficiënten.

$$\begin{array}{ll} R_{0.1236 \overline{16}} = 0,738 & P = 0,078 \% \\ R_{0.1346 \overline{16}} = 0,705 & P = 0,088 \end{array}$$

De grootheid P stelt de waarschijnlijkheid voor, dat de correlatie bij toepassing van 5 variabelen op 39 waarnemingen (1901...1939) geheel door toeval tot stand zou komen.

Uit beide combinaties werden ten slotte regressievergelijkingen afgeleid.

Bij de bewerking blijkt, dat de hoogste correlatiecoëfficiënten, zooals b.v. $r_{017} = -0,46$ (Tabel XXXIII, blz. 80), niet steeds de belangrijkste zijn. Zij vallen bij de gevolgde methode automatisch uit en worden door andere vervangen.

4c. De waarschijnlijkheid

In het Rapport werd de waarde van den correlatiecoëfficiënt beoordeeld naar zijn waarschijnlijke fout f .

$$f = 0,674 \mu \text{ waarin de middelbare fout } \mu = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

Men neemt gewoonlijk aan, dat r grooter moet zijn dan $6f$ of minstens 4μ (Exner 30).

In afwijking van het Rapport wordt in deze Verhandeling de waarde van den correlatiecoëfficiënt beoordeeld naar de waarschijnlijkheid, dat de gevonden waarde bij geheel toevallige getallenreeksen tot stand zou komen. Deze toevalswaarschijnlijkheid geeft een goed bruikbare waarde voor de betrouwbaarheid, ook bij een gering aantal waarnemingen.

De toevalswaarschijnlijkheid van den multiplen correlatiecoëfficiënt R is te berekenen; zij geeft tevens de betrouwbaarheid van de regressievergelijking aan. Zij hangt niet alleen af van het aantal waarnemingen maar ook van het aantal variabelen, waaruit R is afgeleid en dat in de regressievergelijking wordt toegepast.

De toevalswaarschijnlijkheid werd door grafische interpolatie ontleend aan de tabellen die Fisher (31) geeft. De verkregen waarde is dus niet geheel nauwkeurig maar voor ons doel voldoende.

HOOFDSTUK III

DE ONDERZOCHE CORRELATIES

De correlaties tusschen den neerslag in Nederland of de temperatuur te De Bilt en de in het vorige Hoofdstuk besproken weersselementen in andere gebieden zullen in dit Hoofdstuk gegeven worden.

De tabellen verschaffen de correlatiecoëfficiënten tusschen de maandafwijkingen van het in het hoofd der tabel vermelde weersselement in de in de eerste kolom vermelde maanden en de maandafwijkingen van neerslag of temperatuur in ons land, nul tot 14 of meer maanden later ¹⁾. Cursief gedrukt zijn die coëfficiënten welke in een correlatiedriehoek zijn onderzocht, vet, die welke bovendien in een regressievergelijking zijn toegepast.

De noodige gegevens zijn ontleend aan „World Weather Records” (5) en de publicaties en schriftelijke mededeelingen van de verschillende instituten.

Alle correlatie-coëfficiënten zijn in percenten gegeven.

A. Neerslag in Nederland

De noordoostpassaat op den Atlantischen Oceaan (2, 3)

Door Reitsma (Rapport p. 48) werd Gallé's werk (32) voortgezet. Hij heeft zijn onderzoek gebaseerd op het 30-jarige tijdvak 1900...1929 en het uitgebreid voor de 4 jaargetijden, zoowel voor den neerslag in Nederland als voor de temperatuur te De Bilt. Hij berekende de volgende correlatiecoëfficiënten na vereffening voor de periode van 27 maanden.

TABEL XXXV

**Windkracht van den Noordoostpassaat (15—25° N, 25—45° W)
Correlaties met den neerslag in Nederland**

	0	1	2	3 seizoenen later
Winter . . .	13	— 5	— 30	— 18
Lente. . . .	— 1	— 7	— 6	— 6
Zomer . . .	— 7	23	15	— 21
Herfst . . .	28	— 10	— 11	— 17

¹⁾ In het Rapport hebben in de overeenkomstige tabellen de „maanden” steeds betrekking op 3-maandsgemiddelden, waarbij de genoemde maand de middelste is.

Om reeds vermelde redenen is van den noordoostpassaat verder geen gebruik gemaakt.

Wij wijzen er nog op, dat het gebruikte passaatgebied veel te groot is en dat het wenschelijk is het onder te verdeelen. Hierbij kan tevens een onderzoek worden ingesteld naar de wijze waarop de periodes van $2\frac{1}{4}$ en $5\frac{1}{4}$ jaar zich in het passaatgebied ontwikkelen.

Ar. De neerslag te Parimaribo (4, 25)

De kust van Suriname ligt blootgesteld aan passaat en zeestroomen en behoorlijke correlaties van den neerslag te Paramaribo met de weersgesteldheid in Nederland mogen verwacht worden. De regenwaarnemingen te Paramaribo worden sinds 1847 verricht. Zij zijn door B r a k (25) bewerkt. Zij zijn volledig aanwezig en aan hun betrouwbaarheid behoeft niet te worden getwijfeld.

TABEL XXXVI

Neerslag te Paramaribo. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December.	-16	0	-17	24	5	11	-7	-5	16	-15	-3	-18	0	17	
Januari . .	25	5	-17	3	9	20	18	1	-20	-9	25	-20	-10	-12	
Februari . .	8	-3	-1	12	-6	-11	6	-6	-7	-11	12	-16	-1	9	
Maart . .	-7	-4	-17	-11	-11	-24	-16	33	11	2	-12	6	20	3	
April . . .	7	-4	-31	11	-13	3	21	0	-10	-8	29	12	7		
Mei . . .	-18	24	8	-3	-1	-4	22	17	18	-2	-11	-5	19	-5	
Juni . . .	6	13	-7	-0	-3	10	-27	-6	-18	31	-16	26	-8	-24	-1
Juli . . .	11	13	-19	-1	-24	-9	1	-23	-2	24	-4	-33	34	9	
Augustus .	34	25	6	-22	-6	0	-3	-10	5	4	2	15	-34		
September	-7	-17	-19	-8	18	-6	-38	9	14	-29	-3	7	9		
October .	-9	-15	-4	-14	-37	-6	7	-28	-5	-8	2	-9	-7		
November.	11	-17	-12	-20	23	-2	-7	7	-22	19	-2	11	2		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
4 maanden	October	Februari	-0,37
8 "	Mei	Januari	0,18
11 "	Juli	Juni	-0,33
12 "	Juli	Juli	0,34

Alle vier vertrekmaanden vallen in den zomer en den herfst (Mei...Oct.).

A2. De temperatuur te Ivigtut (7)

De temperatuur te Ivigtut in SW-Groenland mag beschouwd worden afhankelijk te zijn van den Labradorstroom die krachtigen invloed oefent op den loop van den Golfstroom. Volgens W ü s t (52) kan de Golfstroom belangrijke verplaatsingen ondergaan ten gevolge van den aandrang van koud water uit het noorden. Dit effect moet zich afteekenen in de correlatie-coëfficiënten.

TABEL XXXVII

Temperatuur te Ivigtut. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 maanden later	
December.	16	-11	6	-31	10	-2	18	-21	-5	7	32	-23	
Januari . .	7	-11	-37	2	-14	-5	29	8	11	25	11	3	
Februari .	-29	-10	17	9	-5	4	13	1	43	-10	-17	-0	
Maart . .	1	19	-5	-10	-6	16	27	23	3	15	1	1	
April . . 9	37	-13	11	17	21	6	31	-4	-23	1	3	-22	
Mei . . .	20	12	-9	24	-6	26	-10	-1	-20	-19	-22	20	
Juni . . .	12	-4	32	-32	15	7	-5	-16	-18	-4	6	-33	
Juli . . .	25	19	8	23	1	-24	-14	8	13	7	-29	5	
Augustus .	15	-21	3	14	-10	-29	-5	11	0	-22	25	-11	
September.	26	13	28	1	5	3	-12	26	13	12	22	-7	
October. .	35	18	-3	2	15	-23	-5	39	3	-16	3	-2	
November.	29	20	6	23	-9	-19	27	8	-9	27	-15	-11	
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24 mnd later
December.	-17	11	6	-11	16	-30	16	17	22	36	1	16	-6
Januari . .	0	7	-5	21	-6	-6	31	2	55	9	8	12	29
Februari .	-9	3	19	5	-1	18	11	30	-16	-16	-9	17	2
Maart . .	-29	-7	12	0	22	29	1	11	3	-9	4	-23	-18
April . . .	-5	2	-0	14	10	30	-9	8	3	6	16	-6	-3
Mei . . .	-7	6	27	8	18	14	-6	-13	-9	5	-9	-8	-7

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24 mnd later
Juni . . .	28	11	- 6	29	13	13	- 2	16	6	11	-39	-16	- 8
Juli . . .	- 8	- 7	24	3	-12	33	10	-13	1	- 3	-22	-10	20
Augustus .	6	16	33	17	2	-12	1	29	-42	12	6	- 9	2
September.	8	18	- 6	-18	-10	-16	- 6	- 8	-20	4	7	-25	13
October. .	-15	-15	-19	-12	-31	-14	-12	- 9	21	-25	6	- 5	8
November.	-12	8	4	-26	- 9	5	- 9	18	8	- 2	20	4	23

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
6 maanden	Januari	Juli	0,29
7 "	September	April	0,26
7 "	October	Mei	0,39
8 "	Februari	October	0,43
10 "	December	October	0,32

verschillen grooter dan een jaar :

17 maanden	Maart	Augustus	0,29
19 "	Augustus	Maart	0,29
20 "	Augustus	April	- 0,42
23 "	September	Augustus	- 0,25

Opvallend is het ontbreken van de vier vertrekmaanden April tot en met Juli.

Bij de korte tijdsverschillen zijn het uitsluitend de herfst- en de wintermaanden te Ivigtut, die hoge correlaties opleveren; voor de lange tijdsverschillen schijnen lente en zomer actief te zijn. Opvallend is de hoge correlatie + 55 (Januari 20 maanden) die desalniettemin bij het onderzoek uitvallen is.

A3. De druk te Ponta Delgada (Azoren) (8)

Het actiecentrum in den noordelijken Atlantischen Oceaan werd onderzocht met behulp van den luchtdruk te Ponta Delgada en te Reykjavik

op IJsland, alsmede van hun verschil. Deze elementen zijn onderling sterk gecorreleerd. Het gevolg is, dat zij vaak ongeveer gelijke resultaten opleveren en dat het vaak aan min of meer toevallige oorzaken is toe te schrijven, welk ten slotte toegepast wordt. Er zijn resp. 5, 3 en 6 toepassingen in de regressie-vergelijkingen en dus levert het drukverschil de beste resultaten op.

TABEL XXXVIII

Druk te Ponta Delgada. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later	
December .	-23	-18	-6	7	15	0	-26	21	-4	9	-18	-32	14	12
Januari . .	9	17	-1	-3	36	11	-24	6	-41	-26	1	-11	-18	-20
Februari .	27	-7	-0	9	8	-7	-11	-3	-22	14	1	-11	-2	-15
Maart . .	26	-13	-22	19	-21	-25	-13	-13	2	-4	16	9	20	-22
April . . .	-4	24	16	2	-19	19	-13	14	25	-24	2	28	-12	30
Mei . . .	22	-15	15	-31	11	-11	3	-17	16	6	30	-7	-5	-16
Juni . . .	21	20	-14	21	-9	-8	21	26	11	20	-18	20	-28	26
Juli . . .	26	3	8	5	-13	8	8	-3	-22	-9	33	-18	4	-28
Augustus .	-22	31	25	-16	-16	29	25	13	-18	6	-14	10	-31	
September.	8	2	-30	6	9	-18	-16	-26	25	-33	-7	-2	-2	
October . .	53	14	27	-5	7	-14	-7	-20	12	22	-8	13	-9	
November.	22	-41	-9	-3	18	3	-11	3	-7	-13	23	-17	-2	

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	October	December	0,27
5 "	Augustus	Januari	0,29
9 "	September	Juni	-0,33
11 "	December	November	-0,32
13 "	Juni	Juli	0,26

De vertrekdata vallen alle in de 2e helft van het jaar (Juni...December).

A4. De druk te Reykjavik (IJsland) (9)

De gegevens zijn van 1901...1929 ontleend aan de waarnemingen te Stykkisholm, te beginnen met 1930 aan die te Reykjavik.

TABEL XXXIX

Druk te Reykjavik. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later			
Dec. .	4	8	-11	-22	3	-22	4	-17	-2	-13	23	-15	-18	-11	16	
Jan. .	-13	-21	-24	3	-41	6	4	11	16	22	-7	19	5	13		
Febr..	-51	-12	9	-6	-27	13	11	-12	31	-29	-20	1	2	1		25
Maart	7	6	6	-20	5	9	19	3	6	35	-9	-3	-35	19		
April.	11	-29	-10	11	26	14	31	-22	-34	12	9	-17	-7	9	-18	
Mei .	25	9	-1	25	-2	22	-6	-1	-20	-2	-23	17	1	2	17	
Juni .	-2	-14	26	-22	6	-20	-1	-34	6	2	9	-18	37	-25	-12	
Juli .	8	-11	-19	-6	10	21	-13	10	36	10	-15	4	14	13		
Aug. .	16	-44	-24	12	3	-24	-34	21	3	-13	6	-17	1	-22		
Sept..	19	-18	43	14	4	17	23	18	16	10	17	-18	-25			
Oct. .	0	6	-10	11	8	0	-9	24	4	-29	13	-14	-21			
Nov..	20	29	3	22	-14	-15	20	6	-30	17	-27	-10	-30			

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	September	November	0,43
6 "	Augustus	Februari	-0,34

De twee vertrekmaanden liggen in Augustus en September.

A5. Het drukverschil Azoren—IJsland (P. Delgada—Reykjavik)

Ook door Baur is het drukverschil tusschen de Azoren en IJsland voor de weersverwachting op langen termijn toegepast.

TABEL XL

Drukverschil Azoren—IJsland. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 mnd later			
December .	-15	-15	3	22	8	14	-11	14	8	11	-26	-14	14	13	
Januari . .	21	17	13	1	44	-2	-14	3	-27	-29	5	-17	-6	-13	
Februari .	47	5	-1	7	22	-7	-15	6	-31	21	15	-3	0	-7	-42
Maart . .	9	-9	-15	27	-12	-18	-17	-6	3	-25	12	6	32	-22	-17
April . . .	-9	28	13	-6	-26	-2	-29	21	35	-18	-5	23	-0	7	22
Mei . . .	-2	-14	8	-31	7	-20	6	-7	21	4	29	-15	-2	-9	-4
Juni . . .	11	16	-25	25	-5	11	9	36	0	6	-16	22	-39	30	11
Juli	1	10	18	2	-13	-14	13	-9	-37	-11	24	-8	-10	-20	
Augustus .	-20	45	26	-15	-15	28	28	-10	-8	14	-8	16	-13		
September.	-12	16	-46	-10	-0	-20	-24	-21	-4	-19	-17	14	21		
October . .	30	2	19	-10	-3	-6	3	-25	3	29	-13	16	11		
November.	2	-38	-6	-18	17	10	-22	-4	23	-17	30	1	22		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
3 maanden	Maart	Juni	0,27
4 "	Januari	Mei	0,44
8 "	April	December	0,35
12 "	Juni	Juni	-0,39
14 "	Februari	April	-0,42

Alle vertrekmaanden liggen in de eerste helft van het jaar tusschen Januari en Juni, de aankomstmaanden op één na in de lente (April tot en met Juni).

Drie groepen van tijdsverschillen zijn duidelijk aanwezig, evenals bij Ponta Delgada en Reykjavik. Zij zijn in de volgende tabel samengevat voor het geheele actiecentrum van den Atlantischen Oceaan. De gemiddelde tijdsduren zijn, 3, 8 en 12 maanden.

TABEL XLI

Actiecentrum Atlantische Oceaan. Correlatiecoëfficiënten bij verschillende tijdsduur. Neerslag in Nederland

Duur	Vertrek	Aankomst	Correlatiecoëfficiënten		
			PD	R	PD—R
2 maanden . .	September	November	— 30	43	— 46
2 " . .	October	December	27	— 10	19
3 " . .	Maart	Juni	19	— 20	27
4 " . .	Januari	Mei	36	— 41	44
5 " . .	Augustus	Januari	29	— 24	28
6 " . .	Augustus	Februari	25	— 34	28
8 " . .	Maart	December	25	— 34	35
9 " . .	September	Juni	— 33	10	— 19
11 " . .	December	November	— 32	— 15	— 14
12 " . .	Juni	Juni	— 28	37	— 39
13 " . .	Juni	Juli	26	— 25	30
14 " . .	Februari	April	— 15	25	— 42

In de correlatie-coëfficiënten valt de groote verwantschap op tusschen de drie elementen op den Atlantischen Oceaan; met een enkele uitzondering (Dec. 11 maanden) is IJsland voor alle tijdsverschillen tegengesteld gecorreleerd aan de beide andere.

A6. De temperatuur te De Bilt (I, 23, 34)

Tusschen de maandelijksche temperatuur-afwijkingen te De Bilt en den neerslag in Nederland treden hooge correlatie-coëfficiënten op met tijdsverschillen, die zich om de 6 en de 11 maanden groepeeren. In zes gevallen vonden zij toepassing in regressievergelijkingen.

TABEL XLII

Temperatuur te De Bilt. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December .	44	—17	16	30	0	— 1	29	2	— 6	15	—10	0	13	31	
Januari . .	59	5	—25	12	33	—10	14	— 6	11	— 5	20	3	— 1	8	
Februari .	34	26	— 1	27	18	1	—15	26	—23	18	2	18	6	20	

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later
Maart . .	-1	-14	6	25	3	-13	3	-6	11	-20	27	4	32 -12
April . . .	-27	26	7	-17	-24	-2	-29	10	26	-4	-10	14	20 -4 33
Mei . . .	-51	-6	6	-12	2	-9	-15	6	17	2	-4	-39	11 -23
Juni . . .	-19	35	19	10	1	14	-25	38	32	-8	5	0	-7 -10
Juli . . .	-55	6	10	23	7	-13	-10	-17	1	-4	-10	11	-11 16 12
Augustus .	-59	9	36	20	-3	11	8	2	-13	-21	16	7	28 1
September.	-27	37	7	-14	-1	8	-3	7	-30	17	2	22	32 -26
October . .	-16	-5	2	-23	10	2	-11	-31	-2	-1	-8	1	-10 10 4
November.	27	-19	-12	-14	7	-3	-16	16	22	-9	22	19	26 12

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
4 maanden	April	Augustus	-0,24
6 "	December	Juni	0,29
6 "	April	October	-0,29
7 "	Juni	Januari	0,38
10 "	Maart	Januari	0,27
12 "	Maart	Maart	0,32
12 "	September	September	0,32
12 "	November	November	0,26

A7. De druk te Berlijn (Dahlem) (10)

TABEL XLIII

Druk te Berlijn. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later
December.	-71	3	-4	10	6	1	1	-6	-18	7	-0	-4	2 -27
Januari . .	-67	-23	21	4	12	12	-20	-20	-3	34	-29	-4	-21 -21
Februari .	-75	-21	12	-30	-18	26	7	-17	37	-6	-22	-2	-6 -3
Maart . .	-68	-18	18	-10	-13	26	-4	13	-1	-22	-35	-27	14 7
April . . .	-61	6	-12	-15	-2	-34	-26	-31	33	-3	-15	35	28 -21 27
Mei . . .	-55	1	3	-2	3	-28	-29	31	28	8	-12	-13	4 -36

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd.later			
Juni . . .	-33	17	7	-10	10	-4	1	17	9	-2	-0	8	-28	21	2	
Juli. . . .	-70	-10	-43	3	-8	-8	-26	-4	10	-9	-31	4	-11	33		
Augustus .	-62	0	14	8	-0	-10	11	14	-5	-6	8	8	27	-9		
September.	-77	-3	16	-15	-39	-16	23	13	-35	25	2	3	3			
October. .	-86	-11	16	1	-11	23	17	-18	-7	-9	-3	-24	15			
November.	-69	-23	-2	-2	3	9	2	-17	14	-5	16	-6	-6			

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
4 maanden	September	Januari	-0,35
5 "	April	September	-0,34
7 "	Mei	December	0,28
8 "	Februari	October	0,37
8 "	April	December	0,33
10 "	Maart	Januari	-0,35
11 "	April	Maart	0,35

Zij vertrekken alle op een na in het voorjaar tusschen Februari en Mei en bereiken Nederland in den herfst en den winter (September...Maart).

A8. De druk te Helsinki (11)

TABEL XLIV

Druk te Helsinki. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later	
December.	-39	18	7	-27	-13	-10	-3	-20	6	-11	-8	20	1	-17
Januari . .	-43	0	15	0	-10	24	-19	-9	-7	14	-12	-12	8	-18
Februari .	-34	-44	-23	1	-29	17	10	-21	7	1	-4	-21	-17	-7
Maart . .	-27	14	4	11	-17	-0	7	12	5	-14	-30	-17	-5	-3
April . . .	-37	31	-33	-18	-10	-2	-33	-6	13	-19	-5	8	32	-25
Mei . . .	-41	-14	22	-26	5	0	-10	27	38	9	-4	-5	-8	-26

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
Juni	17	31	12	11	18	2	-25	36	44	7	-11	2	10	-6	1
Juli. . . .	-16	-3	3	3	-1	1	7	-27	23	-15	10	5	-16	17	
Augustus .	-13	10	8	8	-19	30	7	12	-16	-9	-3	-4	-22	35	
September.	-63	-10	30	-11	-18	-10	22	-2	-3	26	-26	-2	-23		
October. .	-55	0	21	12	-7	26	-12	-12	0	-21	-4	-40	-12		
November.	-57	-4	0	-11	-10	23	-23	-16	4	-17	6	2	7		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	April	Juni	-0,33
2 "	September	November	0,30
5 "	October	Maart	0,26
6 "	Juni	December	-0,25
7 "	Mei	December	0,27
7 "	Juli	Februari	-0,27
8 "	Mei	Januari	0,38
8 "	Juni	Februari	0,44
9 "	September	Juni	0,26
10 "	Maart	Januari	-0,30
12 "	April	April	0,32

Al deze correlaties zijn uit Helsinki vertrokken tusschen April en October. Zij bereiken Nederland overwegend in de wintermaanden.

A9. Het drukverschil Berlijn—Helsinki.

TABEL XLV

Drukverschil Berlijn—Helsinki. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December .	-12	-23	-1	22	17	10	6	10	-19	4	1	-22	-2	-1	
Januari . .	-11	-19	2	0	21	-15	-18	-8	-2	13	-12	5	-24	2	
Februari .	-30	25	34	-29	13	7	-3	1	26	-6	-7	19	11	4	

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
Maart . .	-30	-26	10	-16	1	-19	-11	-1	-5	-3	3	-4	15	-1	
April . . .	-10	-23	21	-3	7	-23	12	-3	10	16	-5	16	-11	10	
Mei . . .	-12	17	-16	40	-6	-16	-18	-1	2	-5	-7	-6	22	-3	
Juni . . .	-34	-36	-7	-17	-10	-4	14	-24	-37	-8	10	4	-21	18	0
Juli . . .	-33	-4	-28	6	-5	-7	-25	-7	-15	8	-32	-2	7	8	12
Augustus .	-19	-11	-1	-6	23	-34	-1	-3	12	5	7	9	36	-40	
September.	1	10	-28	6	-4	1	-12	11	-13	-18	19	2	42	1	
October . .	2	-10	-16	-7	-0	-16	31	1	6	4	3	36	29		
November.	11	-11	-2	8	6	-24	29	6	-15	17	17	-7	-13		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
3 maanden	Mei	Augustus	0,40
6 "	October	April	0,31
6 "	November	Mei	0,29
12 "	Augustus	Augustus	0,36
12 "	September	September	0,42
13 "	Augustus	September	-0,40

Vijf van de zes vertrekken in den herfst (Augustus...November); de aankomst beperkt zich voornamelijk tot de zomermaanden (April...September).

De drie elementen uit het Oosteuropesche actie-centrum vertoonen niet dat sterke verband, dat wij bij den Atlantischen Oceaan aantreffen. De toegepaste correlatie-coëfficiënten voor Berlijn hebben lang niet altijd hetzelfde teken als de overeenkomstige voor Helsinki (12 van de 20 gevallen) en hun groottes loopen vaak ver uiteen (zie tabel XLVI).

Als regel is het drukverschil Berlijn—Helsinki tegengesteld gecorreleerd met den druk te Helsinki (16 van de 20 gevallen), maar minder duidelijk met dien te Berlijn (8 gevallen). De tegengestelde correlaties komen vooral voor in de vertrekmaanden April en Mei (met Helsinki en Berlijn resp. 5 en 5) en in Augustus en September (resp. 6 en 2).

TABEL XLVI

Actiecentrum Oost-Europa. Correlatiecoëfficiënten bij
verschillende tijdsduur. Neerslag in Nederland

Duur	Vertrek	Aankomst	Correlatiecoëfficiënten		
			B	H	B—H
2 maanden . .	April	Juni	— 12	— 33	21
2 " . .	September	November	16	30	— 28
3 " . .	Mei	Augustus	— 2	— 26	40
4 " . .	September	Januari	— 39	— 18	— 4
5 " . .	April	September	— 34	— 2	— 23
5 " . .	October	Maart	23	26	— 16
6 " . .	Juni	December	1	— 25	14
6 " . .	October	April	17	— 12	31
6 " . .	November	Mei	2	— 23	29
7 " . .	Mei	December	31	27	— 1
7 " . .	Juli	Februari	— 4	— 27	— 7
8 " . .	Februari	October	37	— 7	26
8 " . .	April	December	33	13	10
8 " . .	September	Mei	— 35	23	— 13
9 " . .	September	Juni	25	26	— 18
10 " . .	Maart	Januari	— 35	— 30	3
11 " . .	April	Maart	35	8	16
12 " . .	April	April	28	32	— 11
12 " . .	Augustus	Augustus	27	— 22	36
12 " . .	September	September	3	— 23	42
13 " . .	Augustus	September	— 9	35	— 40

De tijdsduur groepeerst zich tusschen de 6 en 8 en om de 12 maanden.
De grenzen zijn niet zoo scherp te treffen als bij den neerslag.

A10. De maandelijksche zonnevlekkenvariatiën

Een zwak punt in alle onderzoekingen naar het verband tusschen de zonnevlekken en het weer is, dat men zich vrijwel beperkt heeft tot de jaargemiddelden van beide verschijnselen. Gemiddelden over een zoo lang tijdsverloop geven echter een heel gebrekkig beeld. Zoowel de vlekken als het weer verlopen grillig, van maand tot maand, van dag tot dag. Eén zelfde jaargemiddelde kan op vele verschillende wijzen tot stand komen en is dus weinig karakteristiek. In de maandcijfers der zonnevlekken treffen wij verschillen aan, die de geleidelijke jaarlijksche verandering in de elf-jarige periode belangrijk overtreffen. De vraag ligt dus voor de hand: Indien in de jaarcijfers der zonnevlekken een, zij het zwak, effect is aan te toonen, komt dit effect dan niet veel duidelijker voor den dag in de veel sterker variabele maandcijfers? Een verband tusschen de maandelijksche

en de dagelijksche zonnevlekkengetallen en haloverschijnselen te Batavia en in Nederland kon worden aangetoond (12, 46, 47).

De maandelijksche variaties van het zonnevlekkengetal werden bepaald en hun correlaties met de beide weerselementen in Nederland berekend met het volgende resultaat (tabel XLVII).

TABEL XLVII

Maandelijksche zonnevlekkenvariatiës. Correlaties met den neerslag in Nederland

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd. later	
December.	10	-23	0	-13	-11	-10	18	-1	-7	28	11	-10	-6	
Januari . .	-4	-11	4	25	-16	16	-40	26	-48	4	-23	-4	10	
Februari . .	13	15	2	-11	20	6	-5	-22	-3	-15	-3	30	3	
Maart . . .	-5	-2	5	-18	1	14	-0	4	-6	13	-33	-1	-3	
April . . .	-10	1	14	-11	-18	22	5	34	5	-2	3	16	8	
Mei . . .	-2	-8	-1	9	-6	17	-9	7	24	-22	-29	1	-11	
Juni . . .	-8	-4	-6	-4	-8	-1	14	1	9	-8	1	-2	-2	11
Juli . . .	-18	11	-7	6	-2	-3	10	-3	19	-17	-10	3	-5	-28
Augustus .	4	15	-2	4	-16	-5	28	6	17	-5	-7	9	23	
September.	25	-13	1	6	-18	0	-11	-4	17	1	-12	-8	-13	
October . .	5	-12	11	23	14	15	-6	14	7	-2	-7	-14	-7	
November.	-10	-10	10	16	-1	3	17	-6	30	13	28	-4	15	

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
6 maanden	Januari	Juli	-0,40
7 "	April	November	0,34
8 "	Januari	September	-0,48
10 "	Maart	Januari	-0,33

Alle vertrektijden worden in 5 maanden (Januari...Mei) aangetroffen. Evenals bij de andere onderzochte elementen zien wij ook hier het effect

met bepaalde tijdsverschillen voor den dag komen. Men moet zich wel voorstellen, dat ergens op aarde in de bovenlucht het verband tusschen de zonnevlekken en het weer op zeer korten termijn tot stand komt en van hieruit door lucht en zeewater naar elders wordt overgebracht. Als oorsprong-gebied denk ik in de eerste plaats aan de poolstreken, waar de zonneactiviteit in de bovenste luchtlagen (poollicht) veel sterker tot uiting komt dan op lagere breedtes).

AII. De periodes

TABEL XLVIII

Periodes van $2\frac{1}{4}$ en van $5\frac{1}{4}$ jaar. Correlaties met den neerslag in Nederland

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Periode van $2\frac{1}{4}$ jaar. . .	26	9	34	35	19	38	29	22	26	39	50	23
" " $5\frac{1}{4}$ " . . .	23	41	14	5	13	17	6	25	40	11	28	— 4

De periode van 27 maanden is vrijwel voor alle maanden sterk met den neerslag gecorreleerd. Voor 10 maanden van het jaar kon deze periode worden toegepast.

De periode van 63 maanden is veel onregelmatiger met den neerslag gecorreleerd. Er zijn slechts twee hoge waarden van den correlatiecoëfficiënt (Januari en Augustus).

In het voorgaande hoofdstuk is gebleken, dat de periode van 27 maanden een regenperiode is en in de temperatuur nauwelijks tot ontwikkeling komt. De twee hoge correlaties in de temperatuur zijn daarom niet nader onderzocht.

B. Temperatuur te De Bilt

De correlatiecoëfficiënten met de 3-maal-daagsche temperatuurwaarnemingen te De Bilt zijn in de volgende tabellen opgenomen, die op gelijke wijze zijn ingericht als voor den neerslag. In de samenvatting onder iedere tabel zijn met 2 sterretjes aangegeven die gevallen, welke ook bij den neerslag voorkomen, met 1 sterretje, wanneer het verschil in looptijd slechts 1 maand bedraagt.

De Noordoostpassaat op den Atlantischen Oceaan.

TABEL II

Windkracht van de noordoostpassaat ($15-25^{\circ}$ N; $25-45^{\circ}$ W)
Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3 seizoenen later
Winter . . .	16	12	-34	-36
Lente. . . .	25	-17	-24	5
Zomer	14	17	17	-2
Herfst	31	-18	-22	-4

De gegevens zijn ontleend aan het onderzoek van Reitsma.

De wintertemperatuur is positief gecorreleerd met den noordoostpassaat in den zomer; de correlatie (+0,168) is echter veel zwakker dan Gallé heeft gevonden voor het halfjaar Mei...October (+0,556). Blijkens bovenstaande tabel zijn de correlaties tusschen de winterpassaat en de zomeren de herfsttemperaturen de hoogste. Ook bij den neerslag komt hier de hoogste correlatie (-30) voor.

Br. De neerslag te Paramaribo

Tusschen den neerslag te Paramaribo en de temperatuur te De Bilt komen 9 hoge correlaties voor met dezelfde tijdsverschillen als bij den neerslag in Nederland. De gevallen komen overigens niet met elkander overeen.

TABEL L

Neerslag te Paramaribo. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd. later		
December.	-13	-10	12	-16	-3	-1	-7	2	-10	6	8	9	-19	2	
Januari . .	44	10	13	-9	-3	-3	-22	17	9	9	16	-23	-28	-14	
Februari . .	-5	-9	-9	-33	12	-8	3	-8	-16	-1	-7	-7	-3	-5	
Maart . . .	-1	-2	10	-8	-11	27	23	-1	20	-6	-31	1	-7	5	
April . . .	-15	-15	1	-16	12	4	-10	3	4	-9	-8	-15	-23	9	
Mei	-9	-27	-19	6	0	-30	-9	-6	9	-5	6	6	-17	-3	-14

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later	
Juni . . .	-12	-2	-19	-22	-18	-25	-7	-18	16	15	8	-14	-33	32
Juli. . . .	-7	-21	-11	-17	8	4	12	-2	-15	-22	27	20	-27	-1
Augustus .	-12	-9	8	11	-23	11	10	1	21	-7	-3	-1	20	18
September.	23	-0	-4	-12	15	14	10	14	-10	3	31	-4	-9	-12
October. .	13	-9	7	-2	-26	-5	-6	15	32	9	-14	17	10	-18
November.	-10	-9	9	1	8	13	-4	-6	6	-22	-4	27	5	26

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
3 maanden	Juni	September	—0,22
4 "	October**	Februari**	—0,26
5 "	Mei	October	—0,30
5 "	Juni	November	—0,25
6 "	Maart	September	0,23
10 "	September	Juli	0,31
11 "	Januari	December	—0,23
12 "	Juni	Juni*	—0,33
13 "	Juni	Juli*	0,32

Op twee na vallen de vertrekmaanden tusschen Januari en Juni, juist in den tijd waarin geen neerslag-correlaties werden toegepast.

B2. De temperatuur te Ivigtut

Evenals bij den neerslag werden ook voor de temperatuur de correlatie-berekeningen tot tijdsverschillen van 24 maanden uitgebreid.

TABEL LI

Temperatuur te Ivigtut. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 mnd later
December.	-9	11	4	15	-3	-9	-13	17	20	26	-9	19
Januari . .	-13	-27	-14	-33	12	8	-3	1	24	-23	34	10
Februari .	-27	-7	-0	-17	-3	25	12	31	-5	15	-7	15

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 mnd later
Maart . .	-45	-10	9	-2	3	31	-1	-18	-2	6	20	-13
April . .	-22	0	24	3	1	47	-26	-2	8	26	2	8
Mei . . .	-8	-12	-6	9	3	-10	15	-21	3	-20	-10	-17
Juni . . .	2	-2	-5	14	8	22	2	-1	3	10	-0	16
Juli . . .	-10	-4	21	-24	5	16	-9	-1	-19	3	15	-4
Augustus .	1	-9	-10	7	20	-14	-12	-13	-20	25	1	14
September.	-5	-3	31	-19	10	-5	-18	4	15	-3	-8	18
October . .	-36	-23	1	-3	12	16	-1	4	-25	25	-10	10
November.	-42	4	-2	0	5	0	-13	-8	-15	-27	-6	-9

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24 mnd later
December .	-8	14	8	4	-32	25	33	8	2	-10	-15	-7	-34
Januari . .	32	2	-16	-4	24	13	-13	18	-5	-5	-5	-8	10
Februari .	-2	4	2	-15	31	2	-5	5	12	-1	-27	22	16
Maart . . .	7	-8	6	10	-7	-2	7	6	-13	-24	8	-4	-17
April . . .	9	13	11	16	14	-4	47	-6	-20	-0	0	-5	5
Mei	25	16	-11	-1	6	9	10	-16	-24	-3	-34	-0	16
Juni	25	6	11	-4	17	31	13	-11	3	-14	11	6	17
Juli	6	20	-0	11	-4	13	5	-12	4	9	4	29	-22
Augustus .	7	-19	2	15	27	-28	-14	-21	15	1	8	6	-7
September.	6	9	31	-1	-7	4	2	-1	8	37	18	55	42
October . .	14	2	-27	13	9	25	20	-7	0	14	-3	7	20
November .	22	-12	25	15	10	-4	11	15	12	25	19	11	29

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
5 maanden	Maart	Augustus	0,31
5 "	April	September	0,47
<i>tijdsduur langer dan een jaar:</i>			
15 maanden	November	Februari	0,15
16 "	December	April	-0,32
17 "	December	Mei	0,25
17 "	Augustus	Januari	-0,28
18 "	April	October	0,47
22 "	Februari	December	-0,27
23 "	September**	Augustus**	0,55
24 "	September	September	0,42

Alleen het geval 23 maanden vindt men ook bij den neerslag. Ook nu zijn de tijdsverschillen voor neerslag en temperatuur gelijk maar daar blijft het bij.

B3. De druk te Ponta Delgada

Evenals bij den neerslag zijn er vier bruikbare correlaties. Wij vinden weer dezelfde tijdsverschillen maar verder gaat de overeenstemming niet.

TABEL LII

Druk te Ponta Delgada. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December .	- 6	-11	-26	-10	- 7	14	-12	-33	-28	-17	1	-19	13	23	
Januari . .	25	23	9	18	-30	-14	0	0	- 9	25	-14	3	-31	-15	- 2
Februari .	29	-20	4	18	4	- 3	- 1	-13	18	8	1	-15	-24	-36	
Maart . .	50	15	- 5	3	- 3	0	17	9	- 8	- 3	-23	24	23	14	-14
April . . .	15	6	-35	- 5	- 1	-46	- 5	-13	15	-26	- 2	5	7	-22	
Mei . . .	- 2	22	9	12	3	5	-10	15	4	15	- 4	11	12	23	
Juni . . .	- 0	-14	5	- 4	- 3	-18	6	7	36	6	36	0	8	- 3	
Juli . . .	-12	0	- 5	- 8	- 6	-23	34	14	10	38	-12	2	6	17	
Augustus .	20	30	8	- 1	0	18	29	5	35	-18	22	15	22	7	
September.	-11	- 8	- 9	- 1	7	- 4	- 2	9	-13	- 3	11	- 4	- 1	-14	
October. .	- 5	36	20	7	-30	- 4	-25	30	35	-24	- 2	10	-11	- 1	
November.	43	-15	-22	-10	-15	18	20	- 8	26	3	- 1	28	- 3	13	

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
4 maanden	October	Februari	-0,30
5 "	April	September	-0,46
6 "	Augustus*	Februari	0,29
7 "	December	Juli	-0,33
8 "	Juni	Februari	0,36
8 "	November	Juli	0,26
12 "	Maart	Maart	0,23
13 "	Februari	Maart	-0,36

B4. De druk te Reykjavik (IJsland)

TABEL LIII

Druk te Reykjavik. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd. later	
December.	-45	7	-1	7	-12	-5	-20	-4	16	34	-5	2	9	-19
Januari . .	-33	-43	-18	-37	20	-12	-1	-7	7	-38	5	24	31	11
Februari .	-47	-14	-11	-6	24	11	23	28	2	-2	-15	12	11	5
Maart . .	-72	-6	18	-5	-8	22	-11	-20	-0	16	9	-23	2	4
April . .	-53	11	39	3	-5	22	-24	-5	-7	27	11	-5	16	23
Mei . .	-38	-20	-17	-0	1	-3	25	-34	-5	-26	-14	-27	19	-7
Juni . .	-22	-1	-22	-7	18	-17	8	-21	5	1	-19	21	-8	3
Juli . .	-35	-13	11	-14	-13	28	-27	23	-3	4	18	-4	-16	-25
Augustus .	-31	-36	-16	1	11	-15	-17	-12	-14	28	-19	-5	-2	-7
September.	-37	-18	4	1	-1	13	-17	-2	27	-17	-15	5	-0	
October. .	-40	-29	7	5	30	31	30	-32	-36	36	-9	-13	15	
November.	-62	3	1	7	11	-1	-9	-15	-11	-28	-10	-12	3	

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	April	Juni	0,39
7 "	Juli	Februari*	0,23
11 "	Maart	Februari	-0,23
11 "	Mei	April	-0,27

De maanden van vertrek liggen alle tusschen Maart en Juni, die van aankomst tusschen Februari en Juni.

B5. Drukverschil Azoren—IJsland (Ponta Delgada—Reykjavik)

TABEL LIV

Drukverschil Azoren—IJsland. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December.	38	-12	-8	-9	4	12	0	-9	-25	-34	6	-15	-1	24	
Januari . .	35	40	12	34	-25	-16	-2	3	-11	36	-7	-24	-31		
Februari .	47	-1	9	12	-12	-9	-12	-25	9	6	10	-14	-18	-21	
Maart . .	49	13	-15	8	4	-12	17	13	-1	-12	-16	26	9	17	
April . . .	43	-5	-32	-4	3	-34	15	-2	11	-30	-9	6	-6	-25	
Mei . . .	25	24	16	6	1	8	-22	30	5	24	8	24	-8	13	
Juni . . .	16	-5	18	3	-15	7	-4	17	4	1	30	-15	9	-4	
Juli . . .	25	11	-11	8	10	-31	35	-14	7	10	-20	4	15	27	
Augustus .	30	37	15	-2	-9	21	22	10	25	-27	22	6	10		
September.	3	13	-6	-1	3	-12	13	2	-27	13	16	-6	0		
October . .	26	37	3	-1	-35	-25	-32	36	41	-36	6	14	-16		
November.	50	-8	-10	-9	-19	7	22	9	18	23	7	20	-4		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
3 maanden	Januari *	April	0,34
5 "	Juli	December	-0,31
7 "	October	Mei	0,36
8 "	Augustus	April	0,25
8 "	September	Mei	-0,27
9 "	Januari	October	0,36

Het lange tijdsverschil (een jaar) ontbreekt hier. De vertrekmaanden tusschen Februari en Juni ontbreken.

De correlaties voor het actiecentrum in den Noordelijken Atlantischen Oceaan kunnen als volgt worden samengevat.

TABEL LV

Actiecentrum Atlantische Oceaan. Correlatie-coëfficiënten bij verschillende duur. Temperatuur De Bilt

Duur	Vertrek	Aankomst	Correlatiecoëfficiënten		
			PD	R	PD—R
2 maanden . .	April	Juni	5	39	18
3 " . .	Januari*	April	18	—37	34
4 " . .	October	Februari	—30	30	—35
5 " . .	April	September	—46	22	—34
5 " . .	Juli	December	—23	28	—31
6 " . .	Augustus*	Februari	29	—17	22
7 " . .	December	Juli	—33	—4	—9
7 " . .	Juli	Februari*	14	23	—14
7 " . .	October	Mei	30	—32	36
8 " . .	Juni	Februari	36	5	4
8 " . .	Augustus	April	35	—14	25
8 " . .	September	Mei	—13	27	—27
8 " . .	November	Juli	26	—11	18
9 " . .	Januari	October	25	—38	36
11 " . .	Maart	Februari	24	—23	26
11 " . .	Mei	April	11	—27	24
12 " . .	Maart	Maart	23	2	9
13 " . .	Februari	Maart	—36	5	—21

De verwantschap tusschen de drie elementen is voor de temperatuur niet zoo nauw als voor den neerslag. Nog zijn de correlaties voor Reykjavik in den regel tegengesteld aan de beide andere (13 van de 18 gevallen).

B6. De temperatuur te De Bilt

TABEL LVI

Temperatuur te De Bilt. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later		
December.	100	— 0	— 3	6	—15	6	8	5	11	—18	—21	—18	—13	28	19
Januari . .		36	38	26	—21	— 5	—11	10	—11	17	— 8	—13	—27	—11	
Februari .		49	42	—17	— 2	18	6	—22	5	— 6	— 0	—18	— 7	5	

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 maanden later			
Juni	33	-0	5	8	-4	20	2	13	1	-3	17	-5	-14	-13		
Juli	53	17	14	2	-1	-16	-22	-27	11	1	0	7	-5	-49		
Aug.	50	41	-2	0	11	7	-5	20	11	-19	13	3	-14	-1		
Sept.	21	19	10	8	-36	-13	-9	-2	11	6	3	-14	-6	12		
Oct.	3	-35	15	13	5	-2	0	13	-26	-14	4	-6	2	-24		
Nov.	-8	-5	14	17	3	-4	1	3	-9	31	2	4	-42	-18		

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
4 maanden	September**	Januari**	-0,36
6 "	Januari	Juli	0,33
6 "	Mei	November	-0,39
7 "	Februari*	September	0,38
7 "	Augustus	Maart	0,20
9 "	Februari	November	0,20
9 "	November	Augustus	0,31
12 "	November	October	-0,42
13 "	Juli	Juli	-0,49
13 "	November	December	-0,18

B8. De druk te Helsinki

TABEL LVIII

Druk te Helsinki. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later			
December.	-29	13	4	-4	4	5	17	21	7	-1	17	11	-4			
Januari ...	-46	-18	-14	-6	18	-3	4	2	23	-8	14	-0	17			
Februari .	-43	8	4	-12	-22	-4	-1	13	1	-5	4	10	-14	-13		
Maart . .	-10	-9	-3	-11	25	0	-13	-4	-21	2	-32	-32	-20	-26		
April . . .	50	-15	-1	6	-12	-17	24	-6	16	-19	-30	-4	-56	15		
Mei . . .	52	16	-8	27	25	-7	-18	11	44	15	11	22	9	19		

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd.later	
Juni . . .	59	— 5	5	27	—17	3	— 2	23	24	— 2	25	— 0	—11	— 5
Juli . . .	35	13	— 2	—14	6	—14	10	8	10	45	—32	—10	— 9	—17
Augustus .	35	30	—16	27	17	34	16	27	22	—18	6	21	44	14
September	19	21	27	—11	—12	— 3	— 3	15	—28	18	16	— 0	— 1	
October. .	— 4	—13	15	11	0	3	7	10	—19	—26	— 7	— 6	10	
November.	—22	8	11	6	0	—22	27	20	— 1	23	26	7	—15	

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
5 maanden	Augustus	Januari	0,34
8 "	Mei**	Januari**	0,44
9 "	Juli	April	0,45
10 "	Maart**	Januari**	-0,32
10 "	Juli	Mei	-0,32
11 "	Maart	Februari	-0,32
11 "	Augustus	Juli	0,21
12 "	April**	April**	-0,56

In tegenstelling met vele andere elementen vallen de temperatuur-correlaties in denzelfden tijd als die bij den neerslag toegepast (resp. April tot en met September; Maart tot en met Augustus). De acht aankomst-maanden vallen tusschen Januari en Juli.

Opvallend groot is het aantal gelijktijdige gevallen voor neerslag en temperatuur.

B9. Het drukverschil Berlijn—Helsinki

TABEL LIX

Drukverschil Berlijn—Helsinki. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later	
December.	10	- 8	2	- 3	11	7	-37	- 5	5	- 0	15	-12	-14	- 7
Januari . .	17	11	2	13	-12	-18	23	9	-16	33	-17	- 7	-17	
Februari .	29	11	-10	12	25	- 2	15	22	2	20	- 8	-15	14	11

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later
Maart . .	31	-12	-1	3	-14	1	19	15	20	-7	12	19	11
April . .	-20	-6	-14	9	12	11	-9	-5	-20	18	29	5	53 -11
Mei . . .	-17	-11	-4	-40	-29	-11	-8	3	-13	-3	-2	-10	-18 -16
Juni . . .	-38	5	0	-22	14	8	5	-10	-22	1	-14	-2	3 -2
Juli . . .	5	1	11	11	-6	11	-26	30	-1	-42	29	17	1 -20
Augustus .	-14	-8	14	-25	-10	-24	-18	-15	-13	7	1	-18	-50 -14
September	-10	-13	-26	10	-5	-1	-7	-19	47	-15	-11	-11	-13
October .	7	-12	0	-3	4	-6	-10	-2	4	26	14	3	-12
November.	17	-10	-4	6	2	22	-26	-21	-6	-45	-38	-4	-13

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	September	November	-0,26
4 "	Februari	Juni	0,25
4 "	Mei*	Augustus*	-0,29
6 "	December	Juni	-0,37
8 "	September	Mei	0,47
9 "	Juli	April	-0,42
12 "	April	April	0,53
12 "	Augustus**	Augustus***	-0,50

Zeven van de acht aankomstmaanden vallen in de lente en den zomer (April tot en met Augustus).

TABEL LX

Actiecentrum Oost-Europa. Correlatiecoëfficiënten bij verschillenden tijdsduur. Temperatuur te De Bilt

Duur	Vertrek	Aankomst	Correlatiecoëfficiënten		
			B	H	B—H
2 maanden . .	September	November	10	27	-26
4 " . .	Februari	Juni	-4	-22	25
4 " . .	Mei*	Augustus*	-7	25	-29
4 " . .	September**	Januari**	-36	-12	-5
5 " . .	Augustus	Januari	7	34	-24

Duur	Vertrek	Aankomst	Correlatiecoëfficiënten		
			B	H	B—H
6 maanden . .	December	Juni	—29	17	—37
6 " . .	Januari	Juli	33	4	23
6 " . .	Mei	November	—39	—18	—8
7 " . .	Februari*	September	38	13	22
7 " . .	Augustus	Maart	20	27	—15
8 " . .	Mei**	Januari**	43	44	—13
8 " . .	September	Mei	11	—28	47
9 " . .	Februari	November	20	—5	20
9 " . .	Juli	April	1	45	—42
9 " . .	November	Augustus	31	23	—45
10 " . .	Maart**	Januari**	—20	—32	12
10 " . .	Juli	Mei	0	—32	29
11 " . .	Maart	Februari	—15	—32	19
11 " . .	Augustus	Juli	3	21	—18
12 " . .	April**	April *	6	—56	53
12 " . .	Augustus**	Augustus**	—14	44	—50
12 " . .	November	November	—42	—15	—13
13 " . .	Juli	Augustus	—49	—17	—20
13 " . .	November	December	—18	—21	0

Tabel LX vat de resultaten voor het actiecentrum in Oost-europa samen. In 13 van de 24 gevallen hebben Berlijn en Helsinki gelijk teken en hun bedragen loopen, evenals bij den neerslag ver uiteen. Ook nu is het drukverschil als regel tegengesteld gecorreleerd met den druk te Helsinki (17 gevallen) maar veel minder met Berlijn (9 gevallen). De tegengestelde correlaties komen het meeste voor in de vertrekmaanden Juli, Augustus en September (voor Helsinki en Berlijn resp. 8 en 5 gevallen). In den tijdsduur kunnen de groepen 4, 6, 9 en 12 maanden worden onderscheiden.

Bio. De maandelijksche zonnevlekkenvariatiës

TABEL LXI

Maandelijksche zonnevlekkenvariatiës. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later
December.	3	—1	10	35	14	—18	—10	2	3	6	—4	—7	14
Januari . .	—11	—15	—2	—19	1	—9	—2	—7	13	11	11	—10	—1
Februari .	—6	10	—32	16	5	—22	—9	—4	—31	—20	—5	16	33

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 mnd later
Maart . . .	-20	6	2	-5	10	-17	-23	-9	4	8	-2	-18	10
April . . .	5	-1	-4	23	33	16	29	13	-5	-30	-8	-34	1
Mei . . .	9	25	-4	3	23	-34	11	-9	36	21	44	11	5
Juni . . .	6	3	-9	2	-12	-32	6	19	-6	21	4	11	-17
Juli . . .	1	0	-9	20	31	-8	-4	-14	-13	-8	2	-6	-21
Augustus .	-13	5	-26	-14	-2	-4	19	-9	12	-2	-16	2	-0
September.	-30	18	-7	-11	-12	-1	-12	-11	4	-7	12	-11	10
October. .	-3	-28	25	27	20	23	5	-13	33	30	23	6	-12
November.	33	-21	1	-11	-47	9	7	15	-21	-15	-21	-1	8

Toegepaste correlaties

Duur	Vertrek	Aankomst	r
2 maanden	Februari	April	-0,32
2 "	October	December	0,25
4 "	November	Maart	-0,47
6 "	April*	October	0,29
8 "	October	Juni	0,33
9 "	April	Januari*	-0,30
9 "	Mei	Februari	0,21
10 "	Mei	Maart	0,44
10 "	November	September	-0,21

BII. De Perioodes

TABEL LXII

Perioodes van $2\frac{1}{4}$ en van $5\frac{1}{4}$ jaar. Correlaties met de temperatuur te De Bilt

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Periode van $2\frac{1}{4}$ jaar. . .	6	3	0	26	24	12	-20	19	3	27	5	29
" " $5\frac{1}{4}$ " . . .	35	13	37	13	10	38	38	4	0	4	9	-3

Uit de tabel blijkt, dat de temperatuur vooral met de periode van $5\frac{1}{4}$ jaar samenhangt. Het verloop is echter grillig. Geen van beide periodes zijn in regressievergelijkingen voor de temperatuur toegepast.

C. Samenvatting

In de bovenstaande tabellen kunnen enkele regelmatigheden opgemerkt worden.

C1. Tijdsverschillen.

In de eerste plaats springt in het oog, dat de toegepaste correlaties bij bepaalde tijdsverschillen voorkomen. Dit wijst op acties die een constanten tijdsduur noodig hebben om van hun oorsprong tot ons te komen. Deze looptijden zijn hieronder aangegeven.

TABEL LXIII**Tijdsverschillen**

	Tijdsverschillen in maanden							
			5—6 5—7		7—9		11—12 11—12 12	17—18 22—23
Neerslag Paramaribo								
Temperatuur Ivigtut								
Druk Atl. Oceaan	2—4					9—10		
Temperatuur De Bilt	3—4			6—8				
Druk Oost-Europa	2—4					9—10		
Zonnevlekkenvariaties		4—5						

C2. Vertrek- en aankomsttijden

In de tweede plaats is het opmerkelijk, dat bruikbare correlaties vaak tot bepaalde tijdvakken in het oorsprongsgebied beperkt blijven. In de aankomsttijden komt dit effect veel minder uit. Wij noemden de volgende gevallen.

TABEL LXIV**Vertrek- en Aankomsttijden**

	Neerslag Nederland	Temperatuur De Bilt
Vertrektijden		
Noordoostpassaat	winter	winter
1. Neerslag Paramaribo . .	Mei...October	Januari...Juni
2. Temperatuur Ivigtut . .	Augustus...Maart	—
3. Druk P. Delgada	Juni...December	—
4. " Reykjavik	(Augustus...September)	Maart...Juni
5. " P.D.—Reykj.	Januari...Juni	Juli...Januari
7. " Berlijn	Februari...Mei	—
8. " Helsinki	Maart...October	Maart...Augustus
9. " B.—Hels.	Augustus...November	—
10. Zonnevlekken-variaties. .	Januari...April	—

	Neerslag Nederland	Temperatuur De Bilt
Aankomsttijden		
4. Druk Reykjavik	—	Februari...Juni
5. " P. D.—Reykj.	April...Juni	—
7. " Berlijn	September...Maart	—
8. " Helsinki	November...Juni	Januari...Juli
9. " Druk B.—Hels.	April...September	April...November

De voorkeur voor bepaalde tijdvakken treft men bij den neerslag veel meer aan dan bij de temperatuur, veel meer in de vertrektijden dan in de aankomsttijden. Blijkbaar zijn alleen op bepaalde tijden de voorwaarden voor de overtocht gunstig, en worden deze voorwaarden voornamelijk door omstandigheden in het oorsprongsgebied, veel minder door die bij aankomst in ons land bepaald.

C3. Verschillen tusschen de temperatuur en de neerslag-correlaties

In de derde plaats werd er op gewezen, dat de correlaties voor de temperatuur in andere maanden moeten worden toegepast dan die voor den neerslag. Op dezen regel zijn uitzonderingen aanwezig, zooals ook uit bovenstaand overzicht (tabel XLIV) blijkt. Gelijktijdige correlaties worden voornamelijk bij de continentale stations Helsinki en Berlijn aangetroffen, ongelijktijdige daarentegen bij de oceanische van Paramaribo tot Reykjavik. Het schijnt dus, dat op het continent de voorwaarden gunstig zijn voor de gelijktijdige ontwikkeling van goede correlaties met neerslag en temperatuur beide, op de oceanen echter ongunstig.

Waarschijnlijkheidsbeschouwingen leeren ons hieromtrent het volgende. Er zijn zeven gevallen van gelijktijdigheid (gemerkt met ** in de tabellen L—LXI): een voor Paramaribo en een voor Ivigtut, niet minder dan 5 voor Berlijn, Helsinki en Berlijn—Helsinki. De looptijden zijn 4 en 23 maanden voor den oceaan; 4, 8, 10 en 2 maal 12 maanden voor het continent.

Hoe groot is de waarschijnlijkheid, dat gelijktijdigheid bij toevallige verdeling tot stand zou komen?

Bij 10 weerelementen en 12 maanden zijn er 120 mogelijkheden.

De genoemde looptijden komen bij het onderzoek met de volgende aantallen voor:

	In den neerslag	In de temperatuur	Kans op gelijktijdigheid
4 maanden . .	4	7	28 : 14 400
8 " . .	8	8	64 : 14 400
10 " . .	5	6	30 : 14 400
12 " . .	8	6	48 : 14 400
23 " . .	1	1	1 : 14 400
			Totaal 171 : 14 400 = 0,012

Op de 120 mogelijkheden is dus 1,4 maal gelijktijdigheid te verwachten. In werkelijkheid zijn er belangrijk meer gevallen, bijna alle afkomstig van het continent. De gelijktijdigheid is voornamelijk een eigenschap van den continentale overtocht, zooals uit tabel LXIV bleek.

Er zijn nog 11 gevallen waarin de looptijden voor neerslag en temperatuur slechts één maand verschillen (met * gemerkt in de bovengenoemde tabellen). De kansrekening leert, dat wij er 4 mogen verwachten bij toevalsverdeeling. Bij deze elf blijkt niet van voorkeur voor oceanische of continentale wegen.

Wij wijzen nog op het volgende: er zijn in totaal 61 neerslag- en 79 temperatuurcorrelaties beschikbaar. Hoe groot is de kans, dat er twee, van iedere groep 1, samenvallen? Het vraagstuk komt overeen met het volgende: Wanneer we 61 roode en 79 groene ballen geheel toevallig over 120 vakjes verdeelen, hoe groot is de kans, dat een roode en een groene bal in hetzelfde vakje terecht komen? Ongelijktijdigheid komt overeen met de kans dat roode en groene ballen in verschillende vakjes terecht komen. Tenslotte kunnen we ons afvragen hoe groot de kans is dat een vakje leeg blijft.

Deze kansen zijn als volgt:

2 verschillende kleuren in 1 vak (gelijktijdigheid) $\frac{61}{120} \times \frac{79}{120} = 0,33$ of 40 op 120;

1 kleur in 1 vakje (ongelijktijdigheid) $\frac{61}{120} \times \frac{41}{120} + \frac{79}{120} \times \frac{59}{120} = 0,50$ of 60 op 120;

leege vakjes (ongunstige voorwaarden) $\frac{59}{120} \times \frac{41}{120} = 0,17$ of 20 op 120;

Uitgeteld werden: bij vertrek resp. 28 48 en 44;
bij aankomst 29 50 en 41.

Wij zien, dat de kans op ongelijktijdigheid (1 kleur in 1 vakje) verreweg het grootste is en dit beteekent, dat het onderzoek den indruk moet maken, dat de neerslag- en de temperatuurcorrelaties in verschillende maanden voorkomen. Het aantal getelde leege vakjes (44 en 41) is belangrijk grooter dan het theoretische bij zuiver toeval (20). Deze gevallen zijn die waarbij de voorwaarden voor het tot stand komen van goede correlaties ongunstig zijn.

Wij mogen dus concludeeren, dat er een overmaat van gelijktijdige, bruikbare neerslag- en temperatuurcorrelaties is, in het bijzonder met betrekking tot continentale wegen; tevens is er een overmaat van maanden, waarin de voorwaarden voor de overtocht ongunstig zijn. Verder is gebleken, dat bepaalde looptijden bij alle elementen overheerschen.

Deze regels komen zoo algemeen voor, dat ze zonder twijfel boven het toeval uitgaan. Het zijn wetmatigheden waaraan physische oorzaken mogen worden toegeschreven en die daarom vertrouwen schenken aan hun waarde voor ons doel.

Wat de physische oorzaken betreft mogen wij ze voor den Atlantischen Oceaen wel zoeken in verschillende werkingen van zeewater en atmosfeer. Voor het Oost-europeesche actiecentrum is de verklaring zeker veel moeilijker. Hoe komt het, dat de luchtdruk in Berlijn en Helsinki zich eerst 8 tot 12 maanden later doet gelden in Nederland?

Wij moeten wel aannemen, dat de voortplanting van het effect langs een omweg tot ons komt, b.v. via de Poolzee en zeestroomingen uit het noorden. Hierover valt bij den tegenwoordigen stand van het onderzoek nog niets te zeggen.

HOOFDSTUK IV

DE REGRESSIEVERGELIJKINGEN EN HUN TOETSING

1. De regressievergelijkingen

Nadat de beste collectieve correlatie-coëfficiënten waren berekend werden de normaalvergelijkingen opgesteld en hieruit de regressievergelijkingen afgeleid. De bewerking gaf geen aanleiding tot opmerkingen. Voor enkele maanden werden twee regressievergelijkingen berekend, wanneer de gevolgde werkmethode twee ongeveer gelijkwaardige collectieve correlatie-coëfficiënten opleverde.

In de volgende vergelijkingen heeft x_0 betrekking op de berekende neerslag of temperatuur.

De toegepaste weers-elementen zijn als volgt weergegeven:

- x_1 neerslag te Paramaribo.
- x_2 temperatuur te Ivigtut.
- x_3 druk te Ponta Delgada.
- x_4 druk te Reykjavik.
- x_5 drukverschil Ponta Delgada—Reykjavik.
- x_6 temperatuur te De Bilt.
- x_7 druk te Berlijn.
- x_8 druk te Helsinki.
- x_9 drukverschil Berlijn—Helsinki.
- x_{10} zonnevlekkenvariatie.
- x_{11} periode van $2\frac{1}{4}$ jaar.

Aan iederen term van de vergelijking is toegevoegd de maand in Romeinse cijfers (I = Januari, XII = December). De index —1 geeft aan dat het tijdsverschil 1 jaar of meer dan 1 jaar bedraagt.

Alle vergelijkingen zijn berekend voor het basistijdvak 1901...1939. Verder is bij iedere vergelijking opgegeven de collectieve correlatie-coëfficiënt R , de toevalswaarschijnlijkheid P in percenten, de standaard-deviatie σ van de waarnemingen en de middelbare fout μ van de regressievergelijking.

TABEL LXV

A. Regressievergelijkingen voor den neerslag in Nederland

Dec.	$x_0 = +1,15x_8IV + 4,25x_7IV + 3,72x_8V + 3,06x_3X + 1,22x_{11} - 2,96x_8VI$ $R = 0,728 \quad P = 0,086 \% \quad \sigma = 26,3 \text{ mm} \quad \mu = 19,6 \text{ mm}$ $x_0 = +1,60x_8IV + 4,00x_7IV + 3,38x_3X + 1,26x_{11} + 5,09x_7V$ $R = 0,729 \quad P = 0,080 \% \quad \mu = 16,8 \text{ mm}$
Jan.	$x_0 = +5,41x_8VI + 2,59x_8V + 4,23x_3VIII + 0,070x_1V - 1,27x_8III - 3,47x_7IX$ $R = 0,739 \quad P = 0,082 \% \quad \sigma = 22,8 \text{ mm} \quad \mu = 16,5 \text{ mm}$ $x_0 = +5,13x_8VI + 3,99x_8V + 7,11x_8III - 3,41x_7III - 0,439x_{10}III$ $R = 0,841 \quad P = 0,047 \% \quad \mu = 13,2 \text{ mm}$
Febr.	$x_0 = +3,18x_8VI + 1,14x_{11} - 2,52x_8VII - 2,46x_8VIII - 0,227x_1X$ $R = 0,772 \quad P = 0,065 \% \quad \sigma = 20,5 \text{ mm} \quad \mu = 14,0 \text{ mm}$
Maart	$x_0 = +5,68x_8III_{-1} + 0,835x_{11} + 2,85x_7IV + 1,18x_8VIII_{-1} + 1,47x_8X$ $R = 0,803 \quad P = 0,058 \% \quad \sigma = 20,9 \text{ mm} \quad \mu = 13,4 \text{ mm}$
April	$x_0 = +2,76x_8IV_{-1} + 2,11x_8X + 3,79x_8IX - 0,989x_8II_{-1} - 10,7x_8VIII_{-1}$ $R = 0,847 \quad P = 0,046 \% \quad \sigma = 20,1 \text{ mm} \quad \mu = 11,5 \text{ mm}$
Mei	$x_0 = +0,763x_8I + 6,20x_8X + 0,795x_{11} + 1,98x_8XI - 2,45x_8IX$ $R = 0,788 \quad P = 0,062 \% \quad \sigma = 19,8 \text{ mm} \quad \mu = 13,0 \text{ mm}$
Juni	$x_0 = +3,37x_8XII + 0,558x_8III - 0,118x_1VII - 5,85x_8IX - 1,48x_8VI_{-1}$ $R = 0,724 \quad P = 0,081 \% \quad \sigma = 22,2 \text{ mm} \quad \mu = 16,2 \text{ mm}$ $x_0 = +1,27x_{11} + 4,76x_8XII + 0,699x_8III + 1,96x_8IX - 0,063x_8VII - 2,04x_8IV$ $R = 0,789 \quad P = 0,067 \% \quad \mu = 14,8 \text{ mm}$
Juli	$x_0 = +0,166x_1VII_{-1} + 3,56x_8I + 4,96x_8VI_{-1} + 1,19x_{11} - 0,520x_{10}I$ $R = 0,714 \quad P = 0,084 \% \quad \sigma = 30,0 \text{ mm} \quad \mu = 22,4 \text{ mm}$
Aug.	$x_0 = +6,67x_8V + 3,00x_8VIII_{-1} + 4,96x_8III_{-1} + 0,873x_{11} - 3,86x_8IV - 8,59x_8IX_{-1}$ $R = 0,774 \quad P = 0,071 \% \quad \sigma = 32,6 \text{ mm} \quad \mu = 22,4 \text{ mm}$
Sept.	$x_0 = +3,96x_8IX_{-1} + 1,07x_{11} + 6,93x_8IX_{-1} - 2,20x_7IV - 3,05x_8VIII_{-1} - 0,747x_{10}I$ $R = 0,847 \quad P = 0,051 \% \quad \sigma = 28,6 \text{ mm} \quad \mu = 16,4 \text{ mm}$
Oct.	$x_0 = +1,65x_{11} + 3,91x_8II + 1,95x_7II + 3,44x_8XII - 8,51x_8IV$ $R = 0,775 \quad P = 0,066 \% \quad \sigma = 40,2 \text{ mm} \quad \mu = 27,2 \text{ mm}$
Nov.	$x_0 = +2,94x_8IX + 2,53x_8IX + 4,22x_8XI_{-1} + 0,790x_{11} - 2,31x_8XII$ $R = 0,705 \quad P = 0,087 \% \quad \sigma = 26,3 \text{ mm} \quad \mu = 20,0 \text{ mm}$ $x_0 = +3,23x_8IX + 0,483x_{10}IV + 2,42x_8IX + 0,828x_{11} - 2,07x_8XII$ $R = 0,738 \quad P = 0,077 \% \quad \mu = 19,0 \text{ mm}$

B. Regressievergelijkingen voor de temperatuur te De Bilt

Dec.	$x_0 = +0,053x_{10}X - 0,150x_{11}XI - 0,477x_{12}XII - 0,0030x_{13}I - 0,244x_{14}II - 0,254x_{15}VII$ $R = 0,720 \quad P = 0,089 \% \quad \sigma = 2,1^\circ \quad \mu = 1,5^\circ$
Jan.	$x_0 = +0,335x_6V - 0,832x_7VIII - 0,288x_8IX - 0,436x_9X - 0,0069x_{10}IV$ $R = 0,746 \quad P = 0,073 \% \quad \sigma = 1,9^\circ \quad \mu = 1,3^\circ$ $x_0 = +0,372x_6V + 0,192x_7VIII - 0,640x_8VIII - 0,096x_9III - 0,549x_{10}X$ $R = 0,789 \quad P = 0,062 \% \quad \mu = 1,2^\circ$
Febr.	$x_0 = +0,418x_3VI + 0,370x_4XI - 0,091x_5III - 0,472x_6XI - 0,018x_7X - 0,148x_8III$ $R = 0,722 \quad P = 0,088 \% \quad \sigma = 2,2^\circ \quad \mu = 1,6^\circ$ $x_0 = +0,433x_6I + 0,320x_7VII + 0,042x_{10}V + 0,560x_8VIII - 0,264x_9X$ $R = 0,693 \quad P = 0,090 \% \quad \mu = 1,7^\circ$
Maart	$x_0 = +0,037x_{10}V + 0,264x_6I + 0,091x_5III - 0,306x_7VIII - 0,044x_{10}XI$ $R = 0,768 \quad P = 0,068 \% \quad \sigma = 1,5^\circ \quad \mu = 1,1^\circ$ $x_0 = +0,032x_{10}V + 0,263x_6I + 0,097x_5III - 0,264x_7VIII - 0,735x_8II - 0,042x_{10}XI$ $R = 0,799 \quad P = 0,063 \% \quad \mu = 1,0^\circ$
April	$x_0 = +0,188x_9IV - 0,040x_6I + 0,111x_7VIII + 0,255x_8VI - 0,155x_9VII - 0,016x_{10}II$ $R = 0,782 \quad P = 0,068 \% \quad \sigma = 1,4^\circ \quad \mu = 1,0^\circ$ $x_0 = +0,172x_8VII + 0,131x_7VIII - 0,107x_4V - 0,208x_2XII - 0,239x_6IV - 1$ $R = 0,814 \quad P = 0,054 \% \quad \mu = 0,9^\circ$
Mei	$x_0 = +0,240x_8IX + 0,072x_9X + 0,108x_2XII - 0,125x_8IX - 0,115x_9VII$ $R = 0,780 \quad P = 0,064 \% \quad \sigma = 1,3^\circ \quad \mu = 0,9^\circ$
Juni	$x_0 = +0,110x_4IV + 0,077x_9II + 0,038x_{10}X - 0,0075x_{11}VI - 0,074x_8XII$ $R = 0,734 \quad P = 0,077 \% \quad \sigma = 1,5^\circ \quad \mu = 1,1^\circ$ $x_0 = +0,120x_4IV + 0,069x_9II + 0,042x_{10}X + 0,304x_8X - 0,0073x_{11}VI - 1$ $R = 0,748 \quad P = 0,073 \% \quad \mu = 1,1^\circ$
Juli	$x_0 = +0,121x_4I + 0,0062x_{11}VI - 0,020x_1IX + 0,187x_3XI - 0,223x_2XII$ $R = 0,776 \quad P = 0,066 \% \quad \sigma = 1,5^\circ \quad \mu = 1,1^\circ$ $x_0 = +0,144x_4I + 0,0070x_{11}VI + 0,020x_1IX + 0,179x_3XI + 0,224x_8VIII - 0,232x_2XII$ $R = 0,845 \quad P = 0,051 \% \quad \mu = 0,9^\circ$
Aug.	$x_0 = +0,419x_2IX - 0,088x_2III + 0,115x_7XI - 0,254x_7VII - 0,181x_8VIII - 1$ $R = 0,836 \quad P = 0,048 \% \quad \sigma = 1,3^\circ \quad \mu = 0,8^\circ$
Sept.	$x_0 = +0,334x_2IV + 0,0033x_{11}III + 0,090x_7II - 0,0050x_{11}VI - 0,213x_9V - 0,0034x_{10}XI$ $R = 0,804 \quad P = 0,063 \% \quad \sigma = 1,2^\circ \quad \mu = 0,8^\circ$ $x_0 = +0,295x_2IV + 0,194x_2IX - 0,0032x_{11}III - 0,0041x_{11}VI - 0,154x_9V - 0,147x_3IV$ $R = 0,808 \quad P = 0,061 \% \quad \mu = 0,8^\circ$
Oct.	$x_0 = +0,322x_2IV - 0,050x_6I + 0,027x_{10}IV - 0,0034x_{11}V - 0,389x_6VI$ $R = 0,799 \quad P = 0,058 \% \quad \sigma = 1,4^\circ \quad \mu = 0,9^\circ$
Nov.	$x_0 = +0,111x_7II - 0,0063x_{11}VI - 0,213x_9IX - 0,411x_7V - 0,163x_7XI - 1$ $R = 0,726 \quad P = 0,081 \% \quad \sigma = 1,7^\circ \quad \mu = 0,9^\circ$

Het is niet mogelijk met één enkele vergelijking voor alle maanden van het jaar te volstaan. Immers het verband tusschen twee verschijnselen wijzigt zich in den loop van het jaar. Zoo brengen b.v. westenwinden in ons land 's zomers koelte, 's winters warmte. In de zomermaanden zijn ze negatief met de temperatuur gecorreleerd, in den winter positief.

In de regressievergelijkingen treft men een groote verscheidenheid aan. Slechts zelden komt hetzelfde element twee maanden achtereen voor; onder den neerslag treft men x_5 V, VI en VII in de maanden Januari, Februari en Maart. Lange series met gelijk tijdverschil zijn er in de neerslagvergelijkingen bij temperatuur De Bilt (12 maanden, Maart, September, November) en bij druk Berlijn (8 maanden, December, Mei en October).

De collectieve correlatiecoëfficiënt voor den neerslag loopt uiteen van 0,703 tot 0,847, de toevalswaarschijnlijkheid van 0,087 tot 0,046 %; voor de temperatuur resp. van 0,693 tot 0,845 en 0,090—0,048 %. De vergelijkingen voldoen alle aan de hooge gestelde eischen.

Twee vergelijkingen voor één maand loopen over het algemeen wat de toegepaste elementen betreft, weinig uiteen. Opgemerkt mag worden, dat de twee vergelijkingen voor de temperatuur in Februari elf verschillende elementen bevatten, de twee voor April 10. Er zijn 16 vergelijkingen voor den neerslag en 19 voor de temperatuur in bovenstaand overzicht opgenomen.

2. De toetsing van de regressievergelijkingen

Men kan in de eerste plaats met de regressievergelijkingen de afwijkingen voor ieder jaar van het basistijdvak berekenen en vergelijken met de waargenomen afwijkingen. De verschillen zullen in het algemeen klein zijn, omdat de regressievergelijking juist uit de waargenomen getallen is berekend.

In de tweede plaats kan men met de regressievergelijking toekomstige afwijkingen berekenen. Dit is juist het doel van den arbeid: een verwachting uit te spreken over den komenden neerslag en temperatuur. Deze weg was echter afgesloten door de oorlogsomstandigheden; de noodige berichten van de verschillenhe buitenlandse stations werden niet meer ontvangen en het geven van een weersverwachting was onmogelijk.

Er staat evenwel een andere weg open. Hebben de berekende vergelijkingen inderdaad waarde dan moeten zij ook gelden voor den tijd die aan het basistijdvak vooraf gaat. Het moet mogelijk zijn de afwijkingen in afge-loopen jaren te berekenen. De berekeningen werden daarom uitgevoerd voor het tijdvak 1881...1900; de vergelijkingen werden geëxtrapoleerd over 20 jaren.

Deze methode werd reeds besproken bij het onderzoek naar een jaarsverwachting, gegrond op de periodes (blz. 72). Evenals daar werden ook nu de afwijkingen berekend ten opzichte van de gemiddelden in het basistijdvak.

De eisch, dat de vergelijkingen al die jaren zullen voldoen is zeer zwaar. Bij het opmaken van een werkelijke verwachting kan men in den loop der

jaren zoowel de gemiddelde waarden als de coëfficiënten in de vergelijkingen aanpassen aan het verloop van de waarnemingen. Dit is bij het hier bedoelde onderzoek niet geschied.

2a. Onderzoek over het basistijdvak 1901...1939

Bij de beoordeeling dient men vast te stellen wanneer de berekening als geslaagd of als mislukt is te beschouwen.

De berekening wordt geacht geslaagd te zijn indien het verschil met de waarneming kleiner is dan de standaarddeviatie σ van de waarnemingen; mislukt, wanneer het verschil groter is. Als „gedeeltelijk geslaagd” wordt een berekening beschouwd wanneer het verschil tusschen σ en $1,5 \sigma$ ligt, mits het teken van de berekende afwijking juist is.

Van groote beteekenis voor de praktijk is de vraag of de te verwachten afwijking bijzonder groot zal zijn, of er dus b.v. zeer nat of zeer warm weer zal komen. Een afwijking wordt „extreem” genoemd wanneer zij groter dan $1,5 \sigma$ is. Deze gevallen werden afzonderlijk uitgeteld.

De volgende tabel geeft voor neerslag en temperatuur het aantal uitkomsten in de drie groepen, zoowel voor alle waarnemingen als voor de extremen.

TABEL LXVI

Frequentietabel van de waargenomen — berekende afwijkingen (w—b)

	P in %	Alle waarnemingen			Extremen			
		Geslaagd $w - b < \sigma$	Gedeeltel. gesl. $\sigma < w - b < 1,5\sigma$ teeken juist	Mislukt $w - b > \sigma$	Geslaagd	Gedeeltelijk geslaagd	Mislukt	Totaal
Neerslag								
December . . *	0,089 0,080	31 34	5 2	3 3	3 4	5 3	0 1	8 8
Januari . . .	0,082 0,052	36 35	1 3	2 1	14 10	0 3	0 1	14 14
Februari . . .	0,068	37	1	1	5	1	0	6
Maart	0,059	34	1	4	1	0	1	2
April	0,047	35	1	3	3	0	0	3
Mei	0,063	33	3	3	2	1	0	3

	P in %	Alle waarnemingen			Extremen			
		Geslaagd $w - b < \sigma$	Gedeeltel. gesl. $\sigma < w - b < 1,5\sigma$ teeken juist	Mislukt $w - b > \sigma$	Geslaagd	Gedeeltelijk geslaagd	Mislukt	Totaal
Juni	0,082	32	3	4	3	1	0	4
*	0,068	34	4	1	1	3	0	4
Juli	0,085	31	3	5	2	2	1	5
Augustus . . .	0,074	33	3	3	4	2	0	6
September . . .	0,050	36	1	2	2	1	0	3
October	0,067	34	1	4	3	1	1	5
November . . .	0,088	32	2	5	3	2	0	5
*	0,078	33	4	2	3	2	0	5
Som		540	38	46	63	27	5	95

Temperatuur

December . . .	0,090	35	1	3	3	0	0	3
Januari	0,075	35	4	2	3	1	0	4
*	0,062	35	4	0	4	0	0	4
Februari* . . .	0,091	33	3	3	2	2	0	4
.	0,091	30	5	4	1	3	0	4
Maart	0,070	34	3	2	3	2	0	5
*	0,064	34	2	3	4	1	0	5
April	0,069	36	1	2	5	0	1	6
*	0,057	36	2	1	4	1	1	6
Mei	0,066	34	2	3	3	1	0	4

	P in %	Alle waarnemingen			Extremen			
		Geslaagd $w - b < \sigma$	Gedeeltel. gesl. $\sigma < w - b < 1,5\sigma$ teeken juist	Mislukt $w - b > \sigma$	Geslaagd	Gedeeltelijk geslaagd	Mislukt	Totaal
Juni *	0,075 0,075	34 33	2 5	3 1	1 0	1 3	2 1	4 4
Juli *	0,067 0,051	33 38	6 0	0 1	2 6	5 1	0 0	7 7
Augustus . .	0,050	35	0	4	3	0	1	4
September . *	0,064 0,060	32 31	4 3	3 5	1 2	2 1	2 2	5 5
October . . .	0,060	37	1	1	3	1	0	4
November . .	0,081	33	4	2	2	2	0	4
Som		646	52	43	52	27	10	89

Op 624 waarnemingen bij den regen (16 vergelijkingen, ieder met 39 waarnemingsjaren) zijn er 540 geslaagd, of wel 86 %. Bij toevallige verdeeling mag men 68 % verwachten. Aanvaarden wij de gedeeltelijk geslaagden als geslaagd, dan zijn er slechts ongeveer 7 % mislukt. Bij de temperatuur (19 vergelijkingen) zijn er 646 op 741 geslaagd, d.i. 87 %; de groep „mislukten” omvat 6 % van het totaal.

Bij de extreme gevallen is het resultaat minder gunstig: in den neerslag slaagden 66 %, in de temperatuur 60 %. Bij de groep „mislukten” zijn echter de uitkomsten goed: er mislukten resp. 5 % en 11 %. Het aantal „gedeeltelijk geslaagden” is bij de extremen groot. In vele van de bijzonder groote afwijkingen schieten de berekeningen tekort: wel valt het teeken juist uit, maar het waargenomen bedrag wordt niet bereikt. Dit beteekent b.v. dat bij een verwachting „nat” de waarneming „zeer nat” blijkt te zijn. Geheel onjuist is de verwachting dus niet en dit is dan ook de reden van het invoeren van het criterium „gedeeltelijk geslaagd”.

Bij de beschouwing van de maanden met twee vergelijkingen blijkt in den regel de vergelijking met de kleinste toevalswaarschijnlijkheid de beste

resultaten te geven, wat wel verwacht mocht worden. De eenige belangrijke uitzondering is de neerslag-vergelijking voor Januari, waarbij alle 14 extremen slaagden. De beste vergelijkingen zijn met een ster (*) aangeduid.

De betrekkelijk ongunstige resultaten voor de extremen wijzen op een algemeene oorzaak. Blijkbaar geven de vergelijkingen wel de juiste richting van de afwijking aan maar het effect wordt op de een of andere wijze versterkt. Het kan b.v. zijn, dat de winter overeenkomstig de verwachting koud wordt, maar dat door de uitstralende werking van een sneeuwdek de temperatuur nog sterk verlaagd wordt. De aanwezigheid van sneeuw, afhankelijk van een klein temperatuur-verschil boven of onder 0° laat zich echter niet voorspellen en hiermede wordt de prognose dus onvoldoende. Ook de neerslag kan zichzelf versterken, 's zomers vooral onder invloed van onweersverschijnselen. De vergelijking geeft wel de tendens voor een natten zomer aan, maar onweer, vaak door plaatselijke omstandigheden bepaald, kan den neerslag nog sterk verhoogen. Is een onweersprognose op langen termijn mogelijk, dan zijn misschien de resultaten te verbeteren.

2b. Onderzoek van het tijdvak 1881...1900

Het resultaat van het onderzoek over het tijdvak voor 1900 is niet geheel bevredigend. Het aantal mislukkingen is groot.

De oorzaak is voor een groot deel toe te schrijven aan den klimaatsprong. De winters waren vóór den sprong kouder, de zomers warmer, het karakter van het weer continenter dan daarna. De maandgemiddelden van temperatuur en neerslag wijken in de jaren 1881...1900 (m_1) af van die in de jaren 1901...1939 (m_2). De verschillen ($m_1 - m_2$) zijn in tabel LXVII gegeven.

Het gevolg is, dat de berekende afwijkingen systematische verschillen vertoonen met de waargenomene. In sommige maanden vallen de verschillen waargenomen — berekend ($w - b$) bijna uitsluitend positief uit, in andere negatief. Deze verschillen zijn ook in de tabel opgenomen.

TABEL LXVII

Fouten in de berekende afwijkingen 1881...1900

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Temperatuur in graden												
$m_1 - m_2$	-0,3	-1,1	-0,2	-0,5	+0,3	-0,2	+0,6	+0,4	+0,4	+0,4	-0,2	+0,6
$w - b$	-1,0	-0,9	-0,4	-0,3	+0,8	-0,3	+0,8	+0,1	+0,6	+0,4	+0,2	0,0
Neerslag in mm												
$m_1 - m_2$	+ 1	-12	0	0	-13	+ 1	- 3	+ 8	+ 8	+ 5	+10	- 5
$w - b$	+ 2	-11	- 8	+ 5	-24	+ 3	- 1	+12	0	+ 4	+19	+ 1

De overeenkomst van ($w-b$) met (m_1-m_2) is zoo systematisch, dat wij de fouten in de berekende afwijkingen voor een belangrijk deel aan den klimaat-sprong mogen toeschrijven. Wij hebben den sprong met de onderzochte elementen niet kunnen achterhalen en dit is een onaangenaam feit, omdat zoo'n sprong weer kan optreden en waarschijnlijk opnieuw onberekenbaar zal zijn. Worden de berekeningen herhaald met op o herleide afwijkingen dan wordt de overeenkomst met de waarnemingen beter, maar het aantal groote fouten blijft toch nog te groot. Neerslag en temperatuur gedragen zich vrijwel gelijk. De volgende tabel geeft de foutenspreiding in percenten op een totaal van 198 neerslag- en 191 temperatuurberekeningen.

TABEL LXVIII

Frequentie van de fouten ($w-b$) in percenten

	Ongecorrigeerd	Herleid op nul	Theoretisch
Kleiner dan σ	52 %	58 %	68 %
Grooter dan σ	48	41	32
" " 1,5 σ	25	18	14
" " 2 σ	14	10	10

De theoretische foutenverdeeling volgens Gauss (laatste kolom) wordt niet bereikt.

De klimaat-sprong uit zich nog op een andere wijze, die ook de berekeningen ongunstig beïnvloedt. Het aantal extremen is vóór 1900 grooter dan daarna. Ook dit verschijnsel moet aan de tegenstelling tusschen continentaal en oceanisch klimaat worden toegeschreven. Wat de temperatuur betreft bestaan de uitersten in 1881...1900 bijna uitsluitend uit zeer koude winter- en zeer warme zomermaanden.

Tabel LXIX bevat het aantal extremen voor beide tijdvakken (voor het laatste ook herleid tot 20 jaar, om de vergelijking met het eerste te vergemakkelijken).

TABEL LXIX

Aantal extremen 1881...1939

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Som
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Temperatuur

1881—1900 . . .	2	5	3	6	2	3	2	0	2	4	2	1	32
1901—1939 . . .	3	3	3	5	6	4	4	7	3	4	5	4	51
In 20 jaar . . .	1,5	1,5	1,5	2,6	3,0	2,0	2,0	3,6	1,5	2,0	2,6	2,0	26

	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Som
Neerslag													
1881—1900 . . .	2	4	6	2	3	3	4	3	2	3	1	1	34
{ 1901—1939 . . .	7	5	5	3	3	3	5	5	5	3	5	5	54
{ In 20 jaar . . .	3,6	2,6	2,6	1,5	1,5	1,5	2,6	2,6	2,6	1,5	2,6	2,6	28

Bij den sprong blijken niet alleen de gemiddelde waarden zich te wijzigen, maar ook het karakter van het klimaat. Het is niet geoorloofd ongewijzigde regressievergelijkingen toe te passen bij gewijzigde klimaatomstandigheden. De extremen leverden reeds tijdens het basistijdvak moeilijkheden op en dit geldt in hoogere mate voor de jaren, die aan den sprong voorafgaan.

Gaan wij na hoe de normale maand-afwijkingen $w-b$ ($< \frac{1}{3} \sigma$) zich gedragen, dan blijkt dat hierbij de overeenstemming zeer goed is. In 74 % van de waargenomen normale gevallen bleef voor de niet op 0 herleide berekeningen zoowel bij de temperatuur als bij den neerslag het verschil ($w - b$) kleiner dan σ ; dit is een trefkans die belangrijk hooger is dan de theoretische. Ook hieruit blijkt, dat de moeilijkheden ontstaan door de extreme gevallen.

Een derde bron van onzekerheid is gelegen in het feit, dat niet alle gegevens over het geheele tijdvak beschikbaar zijn. De waarnemingen op de Azoren vingen eerst in 1896 aan, die in Finland in 1882. Ontbraken er twee of meer gegevens dan werd de berekening niet uitgevoerd; ontbrak er slechts een, dan werd de uitkomst aanvaard, maar deze is dan toch onbetrouwbaar. Statistisch viel uit het geheele materiaal geen verschil aan te toonen: de foutenspreiding is voor de volledige en de onvolledige berekeningen vrijwel gelijk.

Voor de *waargenomen* normale gevallen valt de uitkomst ten gunste van de volledige waarnemingen uit; hiervan bleef de fout voor 74 % van het aantal beneden de standaarddeviatie tegenover 71 % voor de onvolledige.

Voor de *berekende* normale gevallen is de verhouding nog gunstiger voor de volledige berekeningen; terwijl er van deze ook 74 % slaagden, slaagden er van de onvolledige slechts 60 %.

De conclusie die wij uit het onderzoek moeten trekken is deze: De klimaat-sprong van Schmass heeft een ongunstigen invloed op de toepassing van de regressievergelijkingen. Wel toonen de vergelijkingen het bestaan van den sprong aan, maar de foutenspreiding blijkt te groot te zijn. De normale gevallen worden, ook voor de niet op nul herleide afwijkingen, nog behoorlijk weergegeven; het zijn in het bijzonder de extreme afwijkingen die het resultaat bederven.

Het is niet geoorloofd de vergelijkingen op het tijdvak vóór 1900 toe te passen. Toch zijn de uitkomsten niet geheel te verwerpen: het aantonen van den sprong en het gedrag der normale gevallen zijn gunstige resultaten.

Er rest ons alleen, de betrouwbaarheid van de opgestelde vergelijkingen aan de toekomstige waarnemingen te toetsen.

2c. De weersverwachtingen in 1940 en later

Na den oorlog kregen wij door bemiddeling van „Meteorological Office” te Londen de beschikking over enkele waarnemingsreeksen gedurende den oorlog; luchtdruk Ponta Delgada 1940...1942, luchtdruk Reykjavik 1940...1944; neerslag Paramaribo 1940...1943 en zonnevlekken 1940...1944. Met de in Nederland verrichte waarnemingen was het mogelijk een aantal berekeningen te voltooien voor de oorlogsjaren, werkelijke verwachtingen dus. Ook hierbij werden de afwijkingen berekend ten opzichte van de gemiddelde waarden van het basistijdvak.

De resultaten van de volledige berekeningen, die mogelijk waren, zijn als volgt:

TABEL LXX

Verwachtingen 1940—1944

	Berekend	Waargenomen	Uitslag
Temperatuur			
December 1939	+ 0,6° normaal	— 1,9° koud	mislukt
Januari 1940	+ 3,7 zeer warm	— 7,9 zeer koud	„
Februari 1940	— 2,7 koud	— 4,0 „ „	geslaagd
1941	— 1,1 „	— 1,2 koud	„
1942	— 3,6 zeer koud	— 6,8 zeer koud	(gedeelt.) geslaagd
1943	— 2,2 koud	+ 1,8 warm	mislukt
April 1940	+ 1,3 warm	+ 1,0 „	geslaagd
October 1940	— 1,7 koud	— 0,6 normaal	„
Neerslag			
December 1939	— 17 mm droog	— 22 mm droog	geslaagd
	— 25 „	— 22 „	„
Januari 1940	+ 30 nat	— 31 „	mislukt
Februari 1940	+ 11 „	— 10 „	geslaagd
Maart 1940	— 10 droog	+ 32 nat	mislukt
Juni 1940	— 22 „	— 10 droog	geslaagd
1941	— 14 „	— 34 zeer droog	„
1942	+ 30 nat	— 21 droog	mislukt

Een afwijking wordt „normaal” genoemd, wanneer zij kleiner is dan $\frac{1}{3} \sigma$, „extreem” (voorvoegsel „zeer”), wanneer zij grooter is dan $1,5 \sigma$.

Een verwachting is geslaagd gerekend, wanneer het verschil met de waarneming kleiner is dan σ . Onder σ verstaan wij de middelbare afwijking, de standaard-deviatie van de waarnemingen in het basistijdvak.

Er slaagden totaal 9 van de 15 verwachtingen. Het aantal gevallen is te klein om er betrouwbare conclusies uit te trekken. Er is zoowel voor de temperatuur als voor den neerslag een kleine overmaat van geslaagde verwachtingen. Een goed punt is dat de koude Februari-maanden van 1940, '41 en '42 juist voorspeld zijn (de laatste mag als geslaagd beschouwd worden, hoewel het geval volgens de vroeger gemaakte afspraak behoort tot de „gedeeltelijk geslaagden"). Drie van de vier extremen slaagden; wat dit betreft is de uitslag heel wat beter dan die van de jaren voor den klimaat-sprong. De exceptioneel koude Januari van 1940 is echter volkomen onjuist voorspeld: de fout ($3,6 \sigma$) is de grootste die ooit sinds 1881 in de berekeningen is voorgekomen!

Wij mogen zonder eenigen twijfel op enkele gunstige punten wijzen, maar een definitieve beoordeeling zal moeten wachten tot alle waarnemingsreeksen vereischt voor de berekening, zoo compleet mogelijk verzameld zijn kunnen worden.

3. Slotbeschouwingen

3a. De verwachtingen

In de tabel LXX zijn de verwachtingen gegeven volgens de drie rubrieken $0 - \frac{1}{3} \sigma$ (normaal), $\frac{1}{3} \sigma - 1,5 \sigma$ en $> 1,5 \sigma$ (extreem). Dit is wel de eenvoudigste methode, maar het is mogelijk de verwachting nader te omschrijven. Wij kunnen de berekende afwijking vermelden en de waarschijnlijkheid aangeven, die wij aan dit getal toeschrijven.

Deze waarschijnlijkheid hangt af van de speling, die wij toelaten. Het is ongewenscht deze te ruim of te nauw te nemen. In het eerste geval zullen wij vele successen kunnen boeken, maar het zijn schijnsuccessen, waarmede de praktijk zeker niet gebaat is. In het tweede geval verlangen wij een te hoge nauwkeurigheid, die in de praktijk overbodig is.

Wij trachten een afwijking b te berekenen, die de waargenomen afwijking w zoo goed mogelijk benadert. Er blijft een fout ($w - b$) over. Volgens de theorie van Gauss is in 67 % van de gevallen deze fout kleiner dan de standaarddeviatie μ , in 80 % van de gevallen kleiner dan $1,3 \mu$. Onder μ verstaan wij de middelbare fout van de berekening. De waarden van μ zijn in de tabel der regressievergelijkingen (blz. 117 en 118) opgegeven.

De laagste grens voor de toe te laten speling is μ , omdat, als men de speling kleiner neemt, de kans kleiner wordt dan 2 op 3. Als hoogste grens kunnen wij $1,3 \mu$ nemen, maar wij moeten ons afvragen of dit in de praktijk zal voldoen.

De middelbare fout μ loopt uiteen voor de temperatuur van $0,8^\circ$ (in Augustus en September) tot $1,7^\circ$ (in Februari), met een gemiddelde van $1,1^\circ$; voor den neerslag van 11,5 mm (in April) tot 27,2 mm (in November), terwijl het gemiddelde 18,5 mm bedraagt.

Voor de temperatuur lijkt de gestelde grens redelijk; in de ongunstigste maand Februari, bedraagt de speling $1,3 \times 1,7 = 2,2^\circ$; gemiddeld is zij $1,4^\circ$. Voor den neerslag is de speling gemiddeld $1,3 \times 18,5 = 24,0$ mm, een bedrag, dat absoluut genomen niet groot is, maar dat 40 % van den gemiddelden maandelijkschen neerslag (60 mm) is.

In de ongunstigste maand, October, wordt de toegelaten speling 35 mm, 47 % van het maandgemiddelde. Heeft men iets aan een verwachting, als een speling wordt toegelaten van bijna de helft van het maandgemiddelde? Voor den neerslag lijkt mij $1,3 \mu$ als grens te ruim. Stellen wij de grens op μ , dan is de waarschijnlijkheid van de verwachting 2 op 3. In dit geval bedraagt de speling gemiddeld 30 % van het maandgemiddelde, in Februari en October resp. 33 % en 36 %.

Eischt de praktijk een kleinere speling, dan moet de meteoroloog de middelbare fout zien te verminderen en dus zijn regressievergelijkingen verbeteren. Hierbij dient ook overwogen te worden in welke maanden van het jaar men het meeste prijs stelt op een scherp gestelde verwachting. Het is mogelijk, dat juist in de voor de verwachting ongunstige maanden Februari en October een neerslagverwachting van weinig beteekenis is voor land- en tuinbouw.

Op grond van deze overwegingen kunnen wij b.v. de verwachting voor December 1939 als volgt uitspreken.

Verwacht wordt, dat de temperatuur normaal zal zijn. De berekende afwijking van het maandgemiddelde bedraagt $+ 0,6^\circ$. Hieruit volgt, dat met een waarschijnlijkheid van 80 % de gemiddelde maandtemperatuur de grenzen $+ 1,2^\circ$ en $+ 5,2^\circ$ niet te buiten zal gaan.

Wat den neerslag betreft wordt December verwacht droog te zijn. De berekening geeft een tekort van 21 mm. Met een kans van 2 op 3 blijft de neerslag binnen de grenzen van 17 en 69 mm.

b. De kritiek op de verwachtingen

Uit de kritiek valt de noodige leering te trekken. Wanneer mogen wij een verwachting als geslaagd tellen?

In het bovenstaande is steeds aangenomen, dat de uitslag goed is, indien het verschil met de waarneming kleiner is dan σ , de standaarddeviatie van de waargenomen afwijkingen. Bovendien werd de term „gedeeltelijk geslaagd” ingevoerd, waarbij het verschil tot $1,5 \sigma$ mag bedragen, mits het teeken juist is. De standaard-deviaties σ zijn ook in de tabel der regressievergelijkingen opgenomen. Zij loopen uiteen van $1,2^\circ$ (September) tot $2,2^\circ$ (Februari), gemiddeld $1,6^\circ$; van 20 mm (April en Mei) tot 40 mm in October, gemiddeld 26 mm.

De grenswaarde σ is op theoretische gronden verantwoord en geeft voor alle gevallen onderling goed vergelijkbare uitkomsten. Het is daarom gewenscht deze grens te aanvaarden, al lijkt in den neerslag een spelling van 40 mm groot.

3c. Plaatselijke verwachtingen

Tijdens het onderzoek kwam de vraag op, of de temperatuur te De Bilt wel representatief is te achten voor de temperaturen in andere plaatsen en of een neerslagverwachting voor Nederland voor alle deelen van het land geldig is.

Hiertoe werden de correlaties berekend van de maandelijksche temperatuurafwijkingen in een zevental plaatsen met die van De Bilt gedurende het basistijdvak en evenzoo de correlaties voor den neerslag van 20 plaatsen met den neerslag in Nederland.

Hierbij bleek, dat de correlatie-coëfficiënten voor de temperatuur slechts bij uitzondering beneden $+0,90$ daalden (in 11 % van de gevallen; beneden $0,80$ is er slechts één). De temperatuur van De Bilt is zeker representatief te achten voor het geheele land.

De correlatie-coëfficiënten voor den neerslag geven een geheel ander beeld. Niet minder dan 24 % van de gevallen geven een correlatie-coëfficiënt kleiner dan $+0,80$. Vier van de 12 maanden geven coëfficiënten beneden $0,80$ in Koedijk, Frederiksoord, Ter Apel en Rockanje, 5 in Helmond, resp. 6, 7 en 9 in Roermond, Sittard en Maastricht. Hieruit volgt, dat de neerslag in de uithoeken van Nederland, in het bijzonder in Zuid Limburg, belangrijk afwijkt van dien in geheel Nederland.

Zestien van de twintig plaatsen geven in Juni kleinere correlaties dan $0,80$. Van de 58 gevallen onder $0,80$ liggen er 51 in het halfjaar April... September. De plaatsen, waarvoor slechts in hoogstens één maand de correlatie-coëfficiënt onder $0,80$ daalt, zijn Leeuwarden, Leeghwater, De Bilt, Putte, Dalmsholte, Nijmegen en Oudenbosch. Wij zien dus, dat de neerslag in Nederland slechts in een groote middenmoot representatief is, maar daarbuiten niet meer.

De neerslagverwachting kan alleen gelden voor het midden des lands, in groote trekken in het gebied begrensd door een lijn over Leeuwarden, Leeghwater, Oudenbosch, Nijmegen, Dalmsholte, Leeuwarden.

De verwachting geldt in het bijzonder niet voor Zuid-Limburg. In de zomermaanden zijn er in een groot deel van Nederland plaatselijke mislukkingen te wachten.

De „neerslag in Nederland” geeft blijkbaar een te sterk afgevlakt beeld. Lettende op de bij het onderzoek opgedane ervaringen mogen wij betere resultaten verwachten, wanneer wij regressievergelijkingen voor den neerslag in verschillende streken opstellen.

Met dit toekomstbeeld voor oogen sluiten wij deze Verhandeling af.

SUMMARY

Introduction

The research into the possibility of long-range weather forecasting in the Netherlands started in 1936. Since the publication of the preliminary results (43)¹⁾ the research has been continued and extended. We shall deal with the possibility of monthly forecasts in this treatise. The forecasts will provide data for the precipitation in the Netherlands and the temperature at De Bilt, this date being representative for the whole country. The results of the old observations at Zwanenburg, 1736...1849, have been taken from Labrijn's publication (37), those from 1849 till now from the observations at Utrecht and De Bilt (cited as De Bilt).

Chapter I. Periods

In this Chapter the term *cyclus period* has been introduced. When a period has a length of a broken number of years, its begin will run through the year and after a fixed number of years it will start again at the same month as before. This number of years will be called a „cyclus”. Such a cyclus behaves as a period, which will be called the *cyclus period*.

The following periods have been investigated.

1. Two periods of three years

The *chance period* as a consequence of random sampling. The length of this period is erroneously taken to be 4 units by Grossmann (33) and Wagner (48); its true length is 3 (Besson 18; Bottema 21). The uttermost care is necessary when finding a period of nearly 3 years.

The *meteorological period of 3 years* is without doubt sometimes present in the air pressure of the Far East as shown by Braak (22). Berlage (15, 17) has investigated this period and connected ones. He states that „our atmosphere pulsates like a system of coupled harmonics” and he considers „the 2,3 year period as a compromise result between two basis periods, a 2-year one and a 3-year one”.

When comparing the results of tree ring measurements (Berlage 16) with the figures of Zwanenburg—De Bilt and the results of random sampling we do not find obvious evidence of the existence of a 3-year period (fig. 1, p. 18). Results are somewhat better for salt production on the island of Madoera (Braak 22) as compared with the tree rings of Berlage (fig. 2, p. 20).

¹⁾ The figures refer to the bibliography at the end of this treatise.

We must conclude that accident has more to do with the 3-years period than generally accepted. The characteristic 3-years oscillations in NW-Australian air pressure are due to an exceptionally favourable coincidence of circumstances, especially during the 19th century.

2. The period of $2\frac{1}{4}$ year

The results of the research into this period (44) have been summarized in this treatise. Table IV and fig. 3 (p. 22) show the stability of this period in the rainfall oscillations 1741...1938; table V and fig. 4 (p. 26) provide the geographical distribution all around the Atlantic Ocean. This period crosses the Atlantic in about 6 or 7 months. The figures relating to the coasts of the Ocean (continental stations) are clearly opposed to those of the islands (oceanic stations).

Table VI (p. 29) gives the results of harmonic analysis.

An interruption in the period is stated at the end of the 19th century coinciding with the great climate break detected by Schmauss (40).

The correlations are fairly high; they could be applied in 10 months of the year.

The cyclus period of 9 years (four periods of $2\frac{1}{4}$ years) is clearly developed (tables VII and VIII, fig. 5, p 30—32)

In the temperature the period is scarcely present (table IX p 33).

3. The period of 9 years

When correcting the rainfall figures for the cyclus period of 9 years we find a real period of 9 years (right hand part of fig. 5). This period shows an instability, being fairly well absent from 1813 up to 1893.

4. The period of $3\frac{1}{4}$ years

The period of $3\frac{1}{4}$ years is rather faint in the precipitation (table XI and fig 7, p 37) and scarcely present in the temperature (fig. 9, p 39). As to the precipitation the discontinuity of Schmauss appears to be present; the change of the phase angle amounts to about 180° (table XII and fig. 8, p 38). The cyclus period of 13 years (4 periods) is poorly developed (table XIII, p 39).

5. The period of 13 years

A capricious period of 13 years remains when corrections for the cyclus period have been applied (fig. 9, p 39). The tops occurring each 3 or 4 years suggest an influence of the chance period.

6. The period of $5\frac{1}{4}$ year

A period of $5\frac{1}{4}$ years, investigated by De Boer (20), is well developed in the temperature, less in the precipitation. It crosses the Atlantic Ocean in about 11 years (Table XIV p 40). Its speed shows a ratio 1 : 20 to that

of the 27 months period. De Boer concludes that the long period has to do with the ocean currents, the short one with the atmospheric circulation above the Ocean. The period does not behave contrarily on the sea and on the continents, as is evident when we compare the results of harmonic analysis of Parimaribo and Barbados, Charleston and Bermuda. The tables XV and XVI procure the figures for precipitation and temperature (p. 42 and 43). The temperature period is submitted to a strong change in the phase angle in the beginning of the 20th century.

The significance of the period for long-range forecasting is small and may be neglected.

7. The periods of 6,8 and 7 years

The well known period of 7 years is poorly developed in the Netherlands (fig. 11a p 46). According to Berlage (15) its exact length is 6,8 years, but this period also is by no means obvious in the dutch observations.

8. The period of 7,5 year

A period of exactly 7,5 years was found in the 7-year precipitation figures. It is shown by the belt of negative deviations starting in the left hand upper corner of fig. 11a (p 46).

The period has been investigated by means of the 15-years cyclus (Table XIX and fig. 12, in fig. 11b it is evident in two vertical belts of negative deviations). The period is very stable up to the end of the 19th century. A phase change of about 2 years occurs during the break of Sch m a u s s.

In the temperature this period is faint (Table XX, fig. 12, p. 48).

9. The period of 8 years

A period of 8 years, connected with the conjunction of Venus, has been disclosed by Tetrode (41). Fig. 11c does not reveal that in the rainfall this period is well developed, here too a belt of negative deviations clearly points to the period of 7,5 years. In the temperature the period is scarcely present.

10. The sunspot period of 11 years

An experiment of random sampling led to the conclusion that a 11-years period may be due wholly to chance (fig. 14 p. 54). Extreme care concerning the presence of such a period is necessary! Only a well founded physical theory will omit all doubt.

According to Mecking (38) the occasional tops of the sunspot curve will not reveal the true length of the period. We find better results when considering the central month of three successive top months to represent the true maximum, and when proceeding in the same manner with regard to the minimum. The results are given in Table XXIV (p. 55).

We may reduce the variable length of the period to the average value, being 5 years for the increasing part of the period and 6 years for the decreasing part.

Those parts the length of which differs more than 1 year from the average have been omitted. Whereas Table XXV (p. 56) provides all annual precipitation deviations, grouped in order of decreasing sunspot number N the reduced values are exposed in Table XXVI (p. 58) from minimum to maximum and from maximum to minimum. We have combined the 17 available periods in groups as follows (Table XXVII, fig. 15, p. 60).

- a. 9 periods 1755...1854
- b. 8 periods 1855...1944
- c. all periods 1755...1944
- d_1 . length of ascending part 4 years, reduced to 5 years
- d_2 . length of ascending part 5 years
- d_3 . length of ascending part 6 years, reduced to 5 years
- e_1 . length of descending part 5 years, reduced to 6 years
- e_2 . length of descending part 6 years
- e_3 . length of descending part 7 years, reduced to 6 years
- f. 5 regular 11-years periods
- g. highest values of maximum sunspot numbers.
- h. lowest values of maximum sunspot number.
- i. even serial numbers } according to Waldmeiers suggestion of
- j. odd serial numbers } a 22-years period (49).

The results concerning the precipitation are as follows:

1. The minimum sunspot year is a wet year.
2. The year after the minimum is a dry year.
3. The year before the minimum is a dry year.
4. The second year after the maximum is a dry year.
5. The influence of strong sunspot periods upon the precipitation is opposed to that of faint periods during the years not in the neighbourhood of the sunspot minimum.

The fifth feature concords with the relations between sunspots and halos after the researches of Archenhold (12) and Visser (46, 47)

The temperature figures are less concordant than those of precipitation (Table XXVIII annual departure; Table XXIX reduced departures; Table XXX groups $a-j$ p. 64—66).

One rule only may be ascertained: The annual temperature is a minimum during the minimum sunspot year.

There is no indication of a period of 22 years in the precipitation and in the temperature.

11. The period of 35 years (Brückner)

The now generally adopted conclusion (Wagner 48, p. 192—199), that the period of Brückner has no value at all is confirmed. The behaviour of two time intervals (1735...1904 and 1805...1944 table XXXI, fig. 18, p. 67) is capricious and they do not concord mutually.

12. Summary and final considerations

Nearly all periods have the character of a „rhythmus”, they show interruptions and start anew without connection with the preceeding series. These irregularities coincide very often with the climate break at the end of the 19th century revealed by Schmauss.

The results are for the precipitation better than for the temperature. Only the $2\frac{1}{4}$ -years period in the precipitation appears to be useful for forecasting purposes.

The period of 28 months in the air pressure at Batavia

It seemed worth while to investigate Berlages 28-months period based on theoretical considerations (17).

Three time intervals (table XXXIa, fig 19, p. 71) reveal a good concordance. The period is obviously present since 1887 without interruption. Moreover the cyclus period of 7 years (3 periods) (Table XXXII fig. 20 p. 72) is evident. We may conclude that the period is by no means a compromise between two other periods of 2 and 3 years as stated by Berlage.

A real period of about 7 years remains. The true length of this period is 6,8 years its tops moving from the 5th and the 2th year to the 4th and the 1st in the cours of 42 years.

An annual precipitation forecast based upon the periods.

The research reveals the impossibility of basing an annual forecast upon the periods. Two combinations of periods have been investigated: 5, 7 and 11 years according to Van Everdingen (29) and $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$ and $7\frac{1}{2}$ years, represented by their annual equivalents of 9, 13 and 15 years resp.

The result is for both combinations disappointing. The reliability of a forecast based upon periods only is insufficient. The calculations have been extended up to 1960 (fig. 21, p 74). The author does not take any responsibility as to their value!

Chapter II. Calculation of correlations

In 1917 Gallé (32) proved the close connection between the force of the NE trade wind in the summer and the following winter temperatures in Europe (fig. 22 p 76). The ships observations not being available in due time the rainfall figures of Paramaribo may be made use of as a substitute. The trade-wind effects are transported by the Gulf-stream system of the Atlantic Ocean. Since it is disturbed by the cold Labrador current, the influence of this stream on European weather must be important. As a

representative the temperature of Ivigtut (Greenland) has been introduced. Another source of disturbance is the Atlantic centre of action (pressure at Ponta Delgada, and at Reykjavik; also their difference). The air pressure at Reykjavik moreover supplies data for determining the influence of cold currents from the northern polar sea.

High correlations are provided by the East European centre of action. Meteorological data from Russia being not available in due time we have to help us with the air pressure of Helsinki and Berlin. Very satisfactory correlation coefficients have been found.

The relations between the weather elements in the chosen areas and the weather in Europe are established both by means of transport by air and by sea currents. As a consequence of the difference of speed of these media two series of high correlations exist with different time intervals. The high correlations present in the temperature at De Bilt in widely diverging months may be presumed to depend upon the same cause.

The sunspots have also been investigated with success. Particulars will be given in the next Chapter.

It is by no means sure that the periods are active throughout the year. Therefore the monthly correlations of the periods ($2\frac{1}{4}$ and $5\frac{1}{4}$ years) have been computed also.

Since the time differences occurring are unknown a priori we have computed correlation coefficients from 0 up to 12 months difference and when necessary still more (Ivigtut 2 years). Series of positive and negative coefficients appear to exist, proving the evidence of regularities that surpass the effects of chance.

The method of research

The number of variables available is very large. To make his choice one has to develop methods which restrict the work as much as possible. Moreover subjective influences must be avoided. The purpose is to compute regression formulae with the highest possible collective correlation coefficients ¹⁾ and the lowest number of variables.

The correlation-triangle (table XXXIII, p. 80) enables us to make our choice without subjective considerations. The correlation coefficients r_{op} (p ranging from 1 to n ; n the number of variables studied) are arranged in decreasing order in the first row of a table, the other ones, r_{pq} , are inscribed systematically in the following rows. Two straight lines are drawn between the positive and the negative coefficients of the first row as shown in the example (table XXXIII, p. 80).

$$r_{0q \cdot p} = \frac{r_{0q} - r_{0p} r_{pq}}{\sqrt{(1 - r_{0p}^2)(1 - r_{pq}^2)}}$$

¹⁾ The term „collective” is used throughout this treatise in stead of „multiple” (Fisher 31) or „total” (Baur).

According to the features of the numerator $r_{0q.p}$ is greater than r_{0q} for negative values of the coefficients r_{pq} in the both triangular parts and for positive values in the rectangular part of the table. Starting with the highest values of r_{0p} we may deduce easily the best combinations by the aid of this rule.

To determine the value of $r_{0q.p}$ the graphical method of the correlation ellipses is applied (figures 23, 24 and 25, p. 81). These ellipses have been constructed for values of r_{0p} increasing by steps of 0,05, to begin with 0,00. The X axis contains the values of r_{pq} from -1,00 up to +1,00, the ordinates represent r_{0q} from 0,00 to 1,00. The approximate value of $r_{0q.p}$ may be read from the ellipse bundle for which the value of r_{0p} is nearest to the observed value. The left hand part of the graphs provides the values of $r_{0q.p}$ greater than r_{0p} , the right hand part those being smaller. By the influence of the denominator of the equation the smaller values are restricted to the part within the broken curved line.

Having found the highest value one has to add a third variable s . For this purpose all elements available are researched and values of $r_{01.pq}$, $r_{02.pq}$, $r_{03.pq}$ etc. are deduced graphically by means of the same ellipse bundles. One is advised to proceed with more coefficients $r_{0p.q}$ if they appear to be favourable. Often two of such groups will lead to the same final results but it is also possible that two sets of applicable variables will result.

It is an easy matter to proceed with a fourth variable t , a fifth and so on. As a rule the material appears to be exhausted after 5 of 6 variables being applied. Of course it is necessary to compute all coefficients exactly, the graphical methods providing only approximate accuracy.

The calculations were stopped when the probability that the correlation reached should be caused by chance was less than 0,1 per cent. (Fisher 31). This limit could be obtained with 5 of 6 variables.

Chapter III. The researched correlations

The weather elements researched and the results arrived at are summed up for the precipitation in the tables XXXV—XLVIII, for the temperature in the tables II—LXVII. Each table contains the computed correlation coefficients, moreover in an appendix the correlations applied with the time difference in months and the months of departure and arrival. It is superfluous to discuss these tables in detail. We summarize here only the sunspot correlations.

Researches of sunspot influence refer as a rule to annual figures. Some faint connections being obvious, one may ask whether the influence should be greater when researching monthly figures, monthly deviations exceeding generally the annual values considerably. In fact good correlations have been found with the monthly variations of sunspot frequency. The results have been exposed in the tables XLVII (p. 97) and LXI (p. 110) for precipitation and temperature resp.

In the summary (p. 112 seqq.) the principal results are discussed.

1. *Time differences.* For a number of elements the time differences show a remarkable preference for well defined values (table LXIII, p 112). These features point to actions needing a rather constant duration of travelling from their starting point to their goal.

2. *Times of departure and arrival.* Valuable correlations often are restricted to well defined months of departure and of arrival (table LXIV, p. 112). These features are more obvious in the precipitation than in the temperature, more in the starting times than in those of arrival. Evidently the conditions for the transit are favourable only in some parts of the year, and determined principally by causes in the area of origin.

3. *Differences between temperature and precipitation correlations.* As a rule valuable correlations of temperature and precipitation do not occur simultaneously. This feature is proved to be a matter of chance. Simultaneous high correlations, however, are much more frequent than should be ascribed to random sampling. Especially simultaneous cases are present for the continental elements of Berlin and Helsinki whereas opposite behaviour is evident for the Atlantic ones.

These three features clearly point to physical causes; by no means they can be ascribed to the influence of pure chance.

Chapter IV. The regression formulae and their testing

Table LXV (p 117) contains the regression formulae, A, for the precipitation, B, for the temperature. The indices I—II refer to the elements applied (for their english meaning see the Table of Contents!), the roman digits to the month (I Januari, XII December) the index —I refers to time differences of 1 year and more. Moreover the table gives R , the collective correlation coefficient, P probability of random sampling correlation, σ the standard deviation of the observations, μ the standard deviation of the values computed. The table contains 16 precipitation and 19 temperature equations. Concerning two formulae for the same month as a rule they do not differ considerably; the two February temperature formulae, however, have 11 different variables, those for April 10.

2. *The testing of the equations*

A forecast is considered to be good when the difference with the observed value is less than the standard deviation of the observations σ ; is it considered to be „partially good” when the error is less than $1,5 \sigma$ provided that the sign concords with that of the observation.

Extremely deviating observations, exceeding $1,5 \sigma$, having especially significance for agricultural purposes, have been investigated separately.

a. Testing the base interval 1901...1939, the results arrived at (table LXVI, p. 120) are as follows: 540 out of 624 rain observations succeeded,

i.e. 86 percent; 646 out of 741 temperature observations, 87 %. Counting the partially good ones as succeeding, the wrong forecasts amount to 7 and 6 per cent. resp.

The extreme cases are less satisfying, 66 per cent. of the rain forecasts, 60 per cent. of temperature forecasts had success. Yet the group of failing forecasts is fairly small, 5 and 11 per cent. resp. The number of partially succeeded forecasts relating to extreme cases is large; for these cases the computations provide generally too small amounts. This fact has been the reason of introducing the group of partially succeeded forecasts. It points to a general cause. The forecast gives the just direction but the meteorological action may be self reinforcing and the forecast is failing to indicate this feature.

b. Testing the interval 1881...1900 must procure the goodness of the forecasts. Indeed we must assume that they will generally agree beyond the base interval. The success was not in all respects satisfying the number of failures being too large. The cause of this result is due to the climate break of *S c h m a u s s*.

The forecasts, being based upon the average monthly deviations for the period 1901...1939 show systematical errors as a consequence of the facts that the monthly deviations before the break differed considerably from those after it. The differences ($m_1 - m_2$) and the mean errors observed—computed ($w - b$) have been printed in table LXVII (p. 123). The two series concord remarkably well. A good deal of the failures must be ascribed to the break. By reducing the averages to zero the result becomes much better.

Another cause of the failures is the fact that the number of extreme deviations is larger before the break than after it.

The climate being more continental in the 19th century than nowadays the winters were colder, the summers warmer, (table LX) and moreover the number of very hot summers and very cold winters was larger before the break (table XLIX, p. 99). With changed climatic conditions it is not allowed to make use of unchanged regression equations.

Yet the normal deviations (being smaller than $\frac{1}{3} \sigma$) behave very satisfactorily; 74 per cent. even of the not to zero reduced forecasts show errors below σ .

We must conclude: the climate interruption of *S c h m a u s s* unfavourably influences the appliance of the regression equations. The equations evidently prove the existence of the interruption, but the distribution of the errors does not reach the level of the *G a u s s i a n* distribution. The normal cases suit fairly well; especially the extreme deviations spoil the results.

c. The forecasts for 1940 and after.

Having received some series of observations made during the war we could apply the equations in 15 cases in the years 1940...1943 (table XLX). Nine succeeded, amongst them 3 out of 4 extreme deviations: the very

cold months of February 1940 and 1942, and the very dry month of June, 1941. This is a remarkable result, exceeding by far that arrived at for the years 1881...1900.

We may point without doubt to some good features of this research, but the material is too scanty to allow reliable conclusions.

3. *Final considerations*

a. *The forecasts.* The success of the forecasts depends upon the margin allowed. The margin may be neither too large nor too small. The lowest limit to be allowed is μ the standard deviation of the regression formulae, the probability being 67 per cent. that the error does not exceed this value. A suitable highest limit is $1,3 \mu$, providing an 80 per cent. probability. We have to discuss the question whether or not this limit is applicable as to practical aims.

For the temperature this limit appears to be reasonable. In the best favourable month (February) the margin amounts to $2,2^\circ$; the average value is $1,4^\circ$. As to the precipitation the average is 24,0 mm, being 40 per cent. of the mean monthly amount; in the most unfavourable month, October, it is 47 per cent. of the average. What is the practical advantage of a forecast leaving a margin of nearly the half monthly mean? Taking the limit equal to μ the probability is 2 to 3, the mean margin allowed is 30 per cent. of the monthly mean; it amounts to 36 per cent. in October.

When for agricultural purposes a smaller margin is claimed the meteorologist has to diminish the standard deviation, to ameliorate his regression equations. Concerning this matter the question may be discussed, in which months a sharp forecast is wanted. It seems to be possible that just in the difficult months February and October a forecast is not urgently needed.

b. *The critics.* When a forecast may be considered to be good? Throughout this treatise, the standard deviation μ of the observed values has been adopted as a limit. Moreover we introduced the term „partially succeeded”, the difference amounting to $1,5 \sigma$ provided that the signs of observation and computation concord. The value of σ diverges from $1,2^\circ$ (September) to $2,2^\circ$ (February), the mean being $1,6^\circ$, and from 20 mm (April) to 40 mm (October), mean value 26 mm.

It may be advised to adopt this limit being based upon well founded theoretical considerations and allowing well comparable conclusions as to the reliability of the results for the different months.

c. *Local forecasts.* Are the temperature at De Bilt and the precipitation in the Netherlands representative for all parts of the country?

To settle this outstanding question correlation coefficients have been computed for the monthly temperature deviations of 7 stations with those at De Bilt, and so for the precipitation at 20 stations with regard to that of the Netherlands.

Only exceptionally the temperature coefficients appear to be smaller than $+0,90$ (11 per cent. of all cases), one is smaller than 0,80. We may

conclude that the temperature at De Bilt represents fairly well the temperature of all corners of the Netherlands.

The precipitation figures behave less satisfying, 24 per cent. of all cases provide correlation coefficients smaller than $+0,80$. As a rule these cases relate to the coastal and the inland areas, especially to Southern Limburg. Moreover these low values accumulate in the spring and summer months, April to September incl.

The precipitation of the Netherlands concords with that of the central part enclosed by the lines Leeuwarden—Leeghwater—Oudenbosch—Nijmegen—Dalmsholte—Leeuwarden. In this area, however, during the summer months local failures must be expected.

The precipitation forecasts will very probably better suit when given for different areas of the country.

LITTERATUURLIJST

Periodieke publicaties

1. Maandelijksch overzicht der weersgesteldheid in Nederland. K.N.M.I. De Bilt N°. 94a.
2. Oceanografische en meteorologische waarnemingen in den Atlantischen Oceaan. K.N.M.I. De Bilt N°. 110.
3. Monthly meteorological data for ten-degree squares in the Atlantic and Indian Oceans. K.N.M.I. De Bilt N°. 107.
4. Overzicht der meteorologische waarnemingen, verricht op de meteorologische stations in Nederlandsch West-Indië, samengesteld door het K.N.M.I. 1919 enz.
5. World weather records. Smiths. Miscell. Coll. Washington 79, 1927; 90, 1934.
6. Observations made at the R.M. and M. Observatory at Batavia, 58C, 1935. Results of meteorological observations for the period 1866—1935.
7. Meteorologisk Aarbok (II Grönland) Danske Met. Inst. Köbenhavn.
8. Résumo de Observacoes Serv. Met. Acores, Ponta Delgada.
9. Vedrátan, Reykjavik.
10. Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, 2. Teil. Berlin.
11. Meteorologische Beobachtungen in Finnland. Met. Jahrbuch I, Helsinki.
12. G. Archenhold, Ergebnisse einer vierjährigen Reihe von Halo-beobachtungen und Vergleich mit anderen Reihen. Das Weltall 29, 1930, 98.
13. F. Baur, Fortschritte in der Bearbeitung des Problems der langfristigen Wettervorhersage in den letzten drei Jahren. Naturwiss. 15, 1927, 578—581.
14. F. Baur, Einführung in die Grosswetterforschung. Math.-physik. Bibl. Reihe I 88, 1937.
15. H. P. Berlage Jr, East-monsoon forecasting in Java. Verhand. 20, K.M.M.O. Batavia, 1927.
16. H. P. Berlage Jr, Over het verband tusschen de dikte der jaarlingen van djatiboomen (*Tectona grandis* l.f.) en den regenval op Java, *Tectona* 24, 1931, 939—953.
17. H. P. Berlage Jr, Further researches into the possibility of long-range weather forecasting in Netherlands India, Verhand. 26, K.M.M.O. Batavia, 1934.
18. L. Besson, On the comparison of meteorological data with the results of chance. M. W. R. Washington 48, 1920, 89—94.

19. B. J. B i r k e l a n d, Ueber eine zweijährige Periode in den meteorologischen Elementen. *Met. Zs.* 33, 1916, 382—383.
20. H. J. d e B o e r, On a period of 5,25 years in the rainfall, temperature and pressure. *Proc. R. Ac. Amsterdam* 41, 1938, 505—512.
21. O. B o t t e m a, Toevalsperioden, Hemel en Dampkring 39, 1941, 303—307.
22. C. B r a a k, Atmospheric variations of short and long durations and the possibility to forecast them. *Verhand. K.M.M.O. Batavia*, N° 5, 1919.
23. C. B r a a k, Het klimaat van Nederland, B (Vervolg). Lucht- en grondtemperatuur. *Meded. en Verhand. K.N.M.I. De Bilt*, N° 102, 33, 1930.
24. C. B r a a k, Het klimaat van Nederland, A (Vervolg). Neerslag, Eerste gedeelte. *Meded. en Verhand. K.N.M.I. De Bilt*, N° 102, 34a.
25. C. B r a a k, Het klimaat van Nederlandsch West-Indië. *Meded. en Verhand. K.N.M.I. De Bilt* N°. 102 36, 1935.
26. E. B r ü c k n e r, Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die klimaschwankungen der Diluvialzeit. *Geogr. Abhandl.* 4, Wien 1890.
27. W. B r u n n e r, Tables on sunspot-frequency 1749—1938. *Terr. Mag.* 44, 1939, 247—256.
28. H. W. C l o u g h, An approximate seven-year period in terrestrial weather, with solar correlation, *M. W. R. Washington* 48, 1920, 593—597.
29. E. v a n E v e r d i n g e n, Regenval en verdamping sinds 1 Januari 1935 en de watervoorraad in den bodem. *Water*, N° 13, 1 Juli 1938.
30. F. M. E x n e r, Ueber die Korrelationsmethode, Jena 1913.
31. R. A. F i s h e r, Statistical methods for research workers. 7th Edition Edinburgh and London 1938.
32. P. H. G a l l é, Over het verband tusschen schommelingen in de sterkte van den Noordoostpassaat van den Atlantischen Oceaan en schommelingen in verschijnselen op hydrografisch en meteorologisch gebied. *Ts. K.N.A.G.* 2e S. 34, 1917, 192—210.
33. L. G r o s s m a n n, Die Aenderung der Temperaturen von Tag zu Tag an der deutschen Küste. *Arch. D. Seew.* 23, 1900, 34—37.
34. C h. M. A. H a r t m a n, Het klimaat van Nederland. B. Luchttemperatuur. *Meded. en Verhand. K.N.M.I. De Bilt*, N°. 102, 24, 1918.
35. W. K ö p p e n, Ueber mehrjährige Perioden der Witterung, ins besondere über die 11-jährige Periode der Temperatur. *Met. Zs.* 8, 1873, 241—248; 257—267.
36. W. K ö p p e n, Lufttemperaturen, Sonnenflecke und Vulkanausbrüche. *Met Zs.* 31, 1914, 305—328.

37. A. Labrijn, Het klimaat van Nederland gedurende de laatste twee en een halve eeuw. Meded. en Verhand. K.N.M.I. De Bilt, No. 102, 49, 1945.
38. L. Mecking, Die Periodizität der Eisbedeckung in der Davisstrasse. Ann. H.u.M.M., 76, 1939, 23—25.
39. J. Mielke, Die Temperaturschwankungen 1870—1910 in ihrem Verhältnis zu der 11-jährigen Sonnenfleckenperiode. Arch. D. Seew. 36, 1913, Nr 3.
40. A. Schmauss, Zur Klimaverwerfung um die Jahrhundertwende. Beitr. Phys. fr. Atm. 19, 1932, 37—46.
41. P. Tetrode, A remarkable 8-year period in air-temperatures. Proc. R. Ac. Amsterdam, 45, 1942, 317—321.
42. A. Thraen, Sonnenfleckenwelle und Niederschlag im Gleichlauf? Bejahendes zur alten Streitfrage. Ann. H. u. M. M. 79, 1942, 177—186.
43. S. W. Visser, Rapport over een onderzoek naar de mogelijkheid van een weersvoorspelling op langen termijn in Nederland. Publ. Stichting Landbouw Export Bureau 1916—1918. 23, Wageningen 1939.
44. S. Visser, On a period of 27 months in the rainfall. Proc. R. Ac. Amsterdam 40, 1937, 513—517.
45. S. W. Visser, Toevalsperioden. Hemel en Dampkring 39, 1941, 144—150.
46. S. W. Visser, Sunspots and halos at Batavia, Gerl. Beitr. Geoph. 32 (Köppenband 1), 1931, 192—201.
47. S. W. Visser, Zonnevlekken en halo's in Nederland. Hemel en Dampkring 29, 1931, 297—301.
48. A. Wagner, Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Die Wissenschaft 92, Braunschweig 1940.
49. M. Waldmeier, Neue Eigenschaften der Sonnenfleckenkurve. Astr. Mitteil. Zürich, 133, 1935, 107—130.
50. A. Wallén, Temperatur-, Niederschlags- und Wasserstandsschwankungen in Nordeuropa. Met. Ins. 31, 1914, 209—220.
51. R. Wolf, Mitteilungen über die Sonnenflecken Zürich 20, 1866, 311—346.
52. G. Wüst, Neuere Auffassungen über das Wesen des Golfstromsystems und die Benennung seiner Glieder. Der Seewart 1937, 359—367.

