

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN.

37.

C. Visser. De frequentie van
halowaarnemingen bij de zon
in Nederland, voornamelijk
van 1914—1931.

C. Visser. Die Frequenz der
Sonnenhalo-beobachtungen in
den Niederlanden, besonders
von 1914—1931 (Auszug).

DE FREQUENTIE VAN HALOWAARNEMINGEN
BIJ DE ZON IN NEDERLAND, VOORNAMELIJK
VAN 1914—1931.

INHOUD.

	Bladz.
Inleiding	I
HOOFDSTUK I.	
Materiaal en Bewerkingsmethode	2
HOOFDSTUK II.	
De kleine kring of halo van 22°	5
<i>a.</i> Dagelijksche gang	5
<i>b.</i> Jaarlijksche gang	11
<i>c.</i> Correctie voor den bewolkingsinvloed op den jaarlijkschen gang	12
<i>d.</i> Bewolkingscorrectie voor de maand-uur tabellen	19
<i>e.</i> Eliminatie van den invloed van dagelijkschen gang en daglengte op den jaarlijkschen gang	23
<i>f.</i> Eliminatiemethode volgens de zonshoogten-groepen	26
HOOFDSTUK III.	
De raakboog aan den kleinen kring	32
HOOFDSTUK IV.	
De bijzonnen	45
HOOFDSTUK V.	
Circumzenithaalboog en raakboog aan den grooten kring	55
HOOFDSTUK VI.	
De groote kring of halo van 46°	62
Samenvatting	69

HOOFDSTUK VII.

Overzicht van de andere verschijnselen	71
--	----

HOOFDSTUK VIII.

De bogen van Lowitz; experimenteele verklaring	77
Samenvatting	85

Die Frequentz der Sonnenhalo-beobachtungen in den Niederlanden, besonders von 1914—1931 (Auszug).	87
--	----

AVIS.

Le présent numéro des „Mededeelingen en Verhandelingen” contient les thèses de doctorat de M. C. V i s s e r, défendues devant la faculté des sciences de l'Université d'Utrecht le 17 décembre 1935.

La publication de ces thèses dans la série des communications et mémoires de l'Institut s'imposait parce qu'elles se basent presque complètement sur la collection riche d'observations de phénomènes optiques, fournis par les observateurs volontaires de l'Institut, et qu'elles contiennent un complément des recherches sur la marche diurne et annuelle de divers phénomènes, publiés par le soussigné dans les rapports annuels „Onweders, Optische Verschijnselen, enz. in Nederland.”

Pour faire mieux comprendre la méthode de travail et le contenu des nombreux tableaux, un résumé en allemand a été ajouté.

*Le Directeur en Chef
de l'Institut Royal Météorologique des Pays-Bas,*

Dr. E. VAN EVERDINGEN.

INLEIDING.

Zoowel physisch als meteorologisch zijn er op het gebied van de halo-verschijnselen verschillende problemen die nog niet voldoende zijn opgelost. Daarom kan een uitbreiding van de reeds bekende statistische gegevens zijn nut hebben, vooral wanneer een dergelijke aanvulling gebaseerd is op een groot aantal waarnemingen. Meerdere malen werd van buitenlandsche zijde de wensch te kennen gegeven om het uitgebreide Nederlandsche waarnemingsmateriaal samenvattend te bewerken, voor zoover dat nog niet gedaan was¹⁾. We hopen ten deele aan dezen wensch voldaan te hebben met de volgende bewerking van de zonnehalo's over de jaren 1914—1931, en een overzicht van de meer bijzondere verschijnselen vanaf 1892.

Een ander belangrijk hulpmiddel om te komen tot de oplossing van moeilijkheden, vooral wat betreft de verklaring van de afzonderlijke verschijnselen, is het experiment. Het is opvallend dat daarvan, na Bravais, Wegener, Brewster en Cornu, vrijwel geen gebruik gemaakt is om de theoriën te toetsen. In het laatste hoofdstuk wordt een methode beschreven volgens welke het mogelijk is de verschillende verschijnselen nader te onderzoeken. Deze methode is toegepast om voor de bogen van Lowitz te komen tot een andere verklaring dan de bestaande, die niet voldoende bij de waarnemingen aansloot.

¹⁾ van Evordingen: Dagelijksche en jaarlijksche gang in de haloverschijnselen. *Hemel en Dampkring* 13, 1915, pg. 85. *Onw. Opt. Versch. enz.* 34, 1915, pg. 83. Dagelijksche en jaarlijksche gang in het voorkomen van circumzenithaalbogen. *II. en D.* 14, 1916, pg. 113. *O. O. V.* 35, 1916, pg. 84. Dagelijksche en jaarlijksche gang in het voorkomen van bijzonnen. *II. en D.* 15, 1917, pg. 113. *O. O. V.* 36, 1918, pg. 89. Dagelijksche en jaarlijksche gang in het voorkomen van raakbogen. *O. O. V.* 38, 1919, pg. 26.

HOOFDSTUK I.

MATERIAAL EN BEWERKINGSMETHODE.

De oudste theorie voor de haloverschijnselen is, afgezien van de eigenaardige beschouwingen van Descartes, die van Christiaan Huygens. In zijn verhandeling „De Coronis et Parheliis”, opgenomen in de „Opuscula Postuma”, gaf hij enkele beschrijvingen van waarnemingen, terwijl de andere door hem verzamelde waarnemingen, die door den samensteller der „Opuscula Postuma” weggelaten werden, zijn opgegeven in de „Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens”, deel XVII.

Nadien zijn gedurende langen tijd door Nederlanders weinig halogegevens verzameld ¹⁾, totdat in 1892 door Ekama het net van vrijwillige waarnemers werd ingesteld. Het daardoor bijeengebrachte materiaal is op het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut te de Bilt aanwezig in den vorm van berichtkaarten. Hierop wordt door de waarnemers ingevuld de plaats, waar het Optische Verschijnsel is waargenomen met dag en tijd, terwijl ook de aard van de bewolking, de driftrichting en de richting van den benedenwind worden opgegeven. Bovendien is er ruimte aanwezig voor een nauwkeurige beschrijving met een schets van het waargenomene. In de jaarboekjes: „Onweders, Optische Verschijnselen, enz. in Nederland, naar vrijwillige waarnemingen”, worden de merkwaardigste waarnemingen beschreven en tabellen gegeven van de ingekomen berichten van elk verschijnsel op de verschillende datums. Voor het samenstellen van deze tabellen worden eerst opgemaakt de lijsten der „Kringen om de Zon, enz.”, waarin alle ingekomen berichten van zon-halo's in chronologische volgorde vermeld worden. Met behulp van deze lijsten voor de jaren 1914—1931 werd de bewerking ter hand genomen. De uitkomsten van dit onderzoek waren op sommige punten vrij onwaarschijnlijk. Bij vergelijking met de

¹⁾ Bijvoorbeeld in de „Mededeelingen uit de journalen betreffende bijzondere meteorologische verschijnselen in sommige gedeelten van den Oceaan”, 2de druk 1896, uitgegeven door het Kon. Ned. Metcor. Inst. Publicatie No. 80.

berichtkaarten bleek dat in de lijsten, die hoofdzakelijk samengesteld worden voor het uittellen van de aantallen waarnemingen op de verschillende dagen, alleen de uiterste waarneemtijden voor den kleinen kring vermeld waren, terwijl ze bij de bewerking ook als voor de bijverschijnselen geldend waren aangenomen. Daarom zijn met behulp van de kaarten nieuwe lijsten samengesteld, waarin werden opgegeven de datums met de waargenomen verschijnselen en zoo volledig mogelijk de bijbehorende waarneemtijden. Het pleit zeker voor de zorgvuldigheid, waarmee de waarnemers de kaarten invulden, dat er van alle verwerkte waarnemingen slechts enkele moesten worden weggelaten, omdat de opgegeven tijden onmogelijk waren. De nieuwe lijsten bleken bij het onderzoek goed te voldoen.

Voor de bewerkte verschijnselen zijn alle waarnemingen eerst ondergebracht in de maand-uur tabellen. Deze werden op de volgende, ook door van Everdingen toegepaste, manier verkregen. Iedere waarneming in een bepaalde maand werd één keer geteld in elk uur van den opgegeven tijd. Was dus, om een voorbeeld te nemen, als waarneemtijd opgegeven 9.57—11.03, dan werd die waarneming opgenomen in de tabel onder de uren 9, 10 en 11. Elk getal in een maand-uur tabel geeft dus aan het totaal aantal malen in de 18 jaar 1914—1931, dat in een bepaald uur van een maand een verschijnsel is waargenomen. Dit noemen we het aantal „uurwaarnemingen”.

Bovendien zijn ook steeds samengesteld de maand-uur tabellen voor de waarneemdagen. Deze bevatten de aantallen „waarnemingsuren”, verkregen door elk uur, waarin op zekeren dag waarnemingen van hetzelfde verschijnsel werden gedaan, één keer te tellen. Hierbij is dus geen rekening gehouden met het aantal waarnemingen in dat uur.

De maand-uur tabellen voor de waarnemingsuren dienden ten deele als contrôle op die voor de uurwaarnemingen. De mogelijkheid bestond, dat door het voorkomen van enkele dagen of uren met bijzonder veel waarnemingen, een bepaalde maand of een uur te veel op den voorgrond zou treden. Ook kon, door vergelijking van de bij elkaar behorende getallen uit beide tabellen, een indruk verkregen worden omtrent de helderheid en uitgebreidheid van een verschijnsel in de maanden of uren.

De horizontale rijen uit de maand-uur tabellen zijn steeds gesommeerd en door deze somcijfers is in zekeren zin de jaarlijksche gang van een verschijnsel bepaald, evenals door de meest rechtsche kolom in de tabellen, waarin opgenomen zijn de aantallen verwerkte waarnemingen of de aantallen waarneemdatums.

Door verticaal de uurkolommen te sommeeren, ontstaan getallen die den dagelijkschen gang bepalen.

Bij ieder verschijnsel dat bewerkt is, met uitzondering van den grooten kring, worden de uitkomsten van de bewerking wat betreft de maand-uur tabel voor de waarnemingen, vergeleken met die van van Everdingen. Bij den kleinen kring zijn deze tabellen gesommeerd. Voor de andere verschijnselen is deze sommatie achterwege gelaten, omdat er in de overeenkomstige tabellen soms gemeenschappelijke jaren verwerkt zijn, en omdat we deze sommatie-tabellen niet bij de bewerking gebruikt hebben.

Met de bewerking naar de uren ging gepaard een onderzoek naar de zonshoogten; voor alle waarnemingen, behalve die van den kleinen kring, zijn de zonshoogten opgezocht, die behoorden bij de waarneemtijden. Daardoor was het mogelijk om na te gaan of er voor een bepaald verschijnsel een gunstigste zonshoogte bestaat voor het ontstaan. Ook voor den kleinen kring is dit nagegaan, maar niet op de aangegeven directe manier.

Om op ieder oogenblik van een dag de zonshoogte te bepalen, is gebruik gemaakt van een grafische voorstelling, waarin graad voor graad lijnen van gelijke zonshoogte, voor het heele jaar, zijn geconstrueerd. Dit zijn grootendeels gesloten, ellipsachtige krommen. Horizontaal zijn uitgezet de uren en verticaal de maanden en dagen. De lengte van een uur op de grafiek is 60 mm, die van een maand 50 mm. De nauwkeurigheid is voor ons doel, waarbij de zonshoogte in heele graden werd afgelezen, ruim voldoende. Daar de grafiek slechts voor één plaats geldig is, zou voor alle waarnemingen uit andere plaatsen een correctie aangebracht moeten worden in de opgezochte zonshoogten. Dit hebben we niet gedaan. De grafiek is namelijk geconstrueerd voor de Bilt, dat ongeveer in het midden van het land ligt. Daardoor zal de gemiddelde fout in de zonshoogte, bij het groote aantal waarnemingen dat we verwerkt hebben, zeker klein zijn, terwijl de maxima of minima iets vervlakt kunnen zijn.

Bij het nagaan van den invloed van de bewolking is gebruik gemaakt van de lijsten voor den zonneshijn van de Bilt en Groningen, gemeten met het toestel van Campbell, die aanwezig zijn op het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut.

HOOFDSTUK II.

DE KLEINE KRING OF HALO VAN 22°.

In tegenstelling met het onderzoek van van Everdingen¹⁾, waarbij ook waarnemingen gebruikt werden zonder kleinen kring, zijn voor de volgende statistiek uitsluitend verwerkt de kringen om de zon met de door de waarnemers vermelde tijden.

De maand-uur tabellen voor uurwaarnemingen (tabel 1) en waarnemingsuren (tabel 2) zijn verkregen volgens de beschreven methode.

Vergelijken we de uitkomsten in tabel 1 met die van de 10-jarige periode 1904—1913¹⁾, dan blijkt allereerst, dat naar verhouding de aantallen voor de 18-jarige periode aanzienlijk grooter zijn. Voor de totaal-sommen zijn de cijfers voor 't gemiddelde per jaar respectievelijk 1068 en 1513. Voor een groot deel is dit een gevolg van de uitbreiding van het net van waarnemers, terwijl ook de toevallige omstandigheid dat in de jaren 1911—'13 weinig halo's werden waargenomen, door de aanwezigheid van vulkanisch stof in de atmosfeer, van invloed geweest is.

In groote trekken stemmen de tabellen voor de beide perioden overeen. Op de aanwezige verschillen zullen we in het vervolg nader ingaan bij de bespreking van den dagelijkschen en jaarlijkschen gang.

A. Dagelijksche Gang.

In de somcijfers voor de uren van de tabellen 1 en 2 komt groote regelmatigheid tot uiting, n.l. een snelle stijging van 4 tot 10, daarna een kleine toename tot 11 en dan weer een sneller oploopen tot het maximum op 13, waarna de aantallen regelmatig dalen tot 20. Het verloop van de sommen voor de jaren '04—'13 wijkt van dat voor '14—'31 af, wat betreft het laatste uur van de eerste stijging, dat daar 11 is, waarna een kleine daling volgt tot 12, zoodat daar een zwak minimum ontstaat. Het relatieve maximum uit de 18-jarige periode valt dus een uur vroeger dan het voormiddag-maximum uit de 10-jarige,

¹⁾ Dagelijksche en jaarlijksche gang in de haloverschijnselen O. O. V. 34, 1915, pg. 83.

TABEL 1.

Maanden	U R E N																		Aantal	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som	waarn.	
Januari	—	—	—	2	26	73	153	179	207	170	130	79	11	—	—	—	—	1030	610	
Februari	—	—	—	18	98	149	157	145	142	159	175	167	134	24	—	—	—	1368	701	
Maart	—	2	16	129	279	304	300	287	296	318	301	255	271	180	16	—	—	2954	1376	
April	—	6	67	172	289	357	397	407	451	492	480	402	369	303	147	7	—	4346	1843	
Mei	5	30	109	212	303	320	336	336	332	375	376	356	308	292	252	112	3	4057	1751	
Juni	7	37	91	161	170	210	191	213	245	278	282	285	271	237	210	90	11	2989	1414	
Juli	5	32	71	134	137	143	159	178	216	223	185	204	162	130	129	44	1	2144	1178	
Augustus	1	14	47	116	175	194	235	251	253	260	240	246	249	193	140	25	—	2639	1398	
September	—	3	46	115	136	158	170	150	175	185	162	169	138	66	10	—	—	1683	892	
October	—	—	3	74	195	213	255	249	268	275	250	234	163	27	—	—	—	2206	1078	
November	—	—	—	7	79	122	170	163	155	167	151	67	11	—	—	—	—	1092	606	
December	—	—	—	—	15	62	116	128	135	125	102	38	2	—	—	—	—	723	426	
Som	18	124	450	1140	1902	2305	2639	2686	2875	3027	2834	2502	2089	1452	895	278	15	27231	13273	
Dec.-Febr.	—	—	—	20	139	284	426	452	484	454	407	284	147	24	—	—	—	3121	1737	
Maart-Mei	5	38	192	513	871	981	1033	1030	1079	1186	1157	1013	948	775	415	119	3	11357	4970	
Juni-Aug.	13	83	209	411	482	547	585	642	714	761	707	735	682	560	470	159	12	7772	3990	
Sept.-Nov.	—	3	49	196	410	493	595	562	598	627	563	470	312	93	10	—	—	4981	2576	

Maand-uur tabel voor de uurvaarnemingen van den kleinen kring (1914—1931).

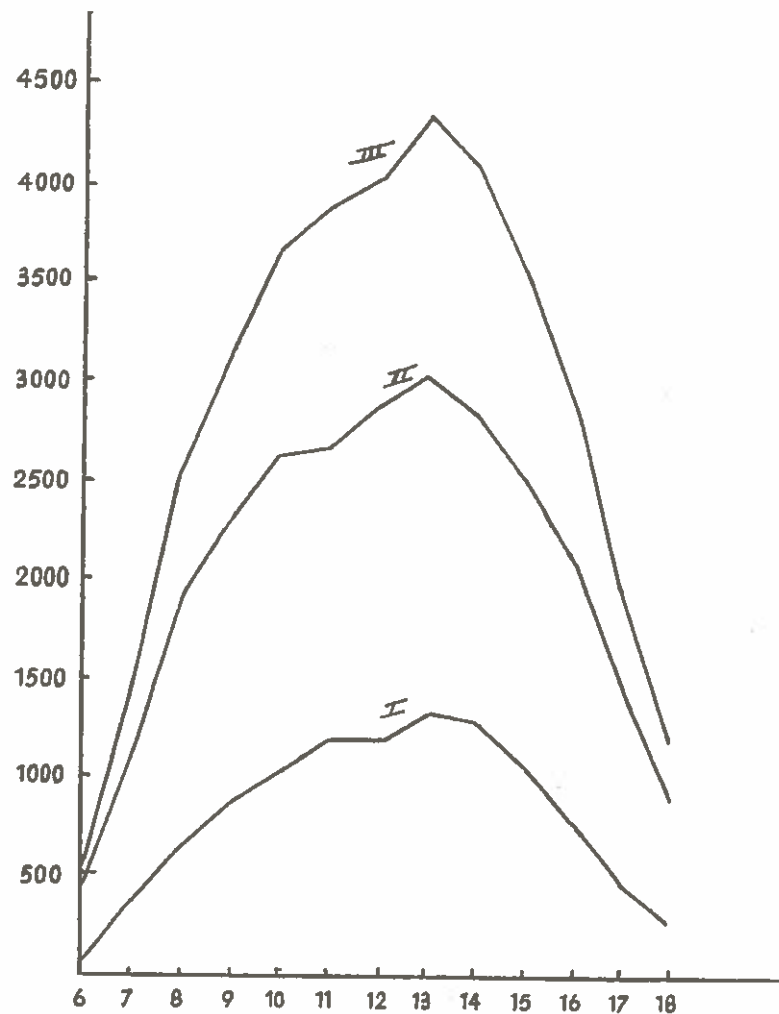
TABEL 2.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som	Aantal waarn. dagen
Jannari	—	—	—	2	18	47	70	87	95	79	73	43	10	—	—	—	—	533	185
Februari	—	—	—	11	48	65	74	67	67	70	69	65	55	15	—	—	—	606	177
Maart	—	2	15	66	105	107	109	110	114	124	130	121	115	83	16	—	—	1217	267
April	—	6	47	85	124	127	127	138	141	154	153	145	127	112	82	6	—	1574	317
Mei	4	26	65	107	124	123	137	136	142	141	138	135	120	107	102	64	2	1673	328
Juni	7	31	54	77	71	86	88	100	115	119	124	114	114	102	96	51	7	1356	289
Juli	5	29	51	70	80	76	91	84	103	112	98	115	88	76	70	35	1	1184	305
Augustus	1	14	36	75	96	100	111	116	122	122	110	118	121	105	81	23	—	1360	334
September	—	3	34	68	71	82	86	72	85	93	82	88	83	45	8	—	—	900	250
October	—	—	—	3	51	89	105	107	115	107	108	94	67	22	—	—	—	961	253
November	—	—	—	6	45	71	81	75	73	76	83	45	8	—	—	—	—	563	186
December	—	—	—	—	12	37	58	66	72	63	54	26	2	—	—	—	—	390	153
Som	17	111	305	618	883	1014	1146	1158	1244	1260	1231	1109	910	667	455	179	10	12317	3044
Dec.-Febr.	—	—	—	13	78	149	211	220	234	212	196	134	67	15	—	—	—	1529	515
Maart-Mei	4	34	127	258	353	357	373	384	397	419	421	401	362	302	200	70	2	4464	912
Juni-Aug.	13	74	141	222	247	262	290	300	340	353	341	347	323	283	247	109	8	3900	928
Sept.-Nov.	—	3	37	125	205	246	272	254	273	276	273	227	158	67	8	—	—	2424	689

Maand-nur tabel voor de waarnemingsuren van den kleinen kring (1914---1931).

terwijl verder het verloop overeenkomt. Duidelijk blijkt dit uit de figuur.

Voor het optreden van het voormiddag-maximum stelde van Everdingen aansprakelijk de verticale circulatie in de atmo-



Aantal uurwaarnemingen van den kleinen kring op de uren.

I. 1904—1913 II. 1914—1931 III. 1904—1931.

sfeer. Misschien is de verschuiving over een uur het gevolg van een storing, veroorzaakt door het optreden van de benedenbewolking. Deze zou zich dan in de eerste 10 jaar gemiddeld wat later hebben doen gelden dan in de volgende 18 jaar.

Als we de aantallen uurwaarnemingen en waarnemingsuren voor den namiddag vergelijken met die voor den voormiddag, blijkt het dat voor twee uren, die evenver van 12 uur verwijderd zijn, steeds het namiddaguur de grootste cijfers heeft. De oorzaak hiervan zullen we voor een deel moeten zoeken in den invloed van de bewolking. Bij het later te behandelen onderzoek van de bewolking in verband met het optreden van den kleinen kring, blijkt dat bij middelzware bewolking het aantal waarnemingen naar verhouding — zoowel in den voor- als in den namiddag — grooter is dan bij zware of lichte bewolking. En daar nu het aantal namiddagen met gemiddelde bewolking grooter is dan het aantal voormiddagen, zullen in het algemeen, afgezien van andere invloeden, 's morgens minder halo's te verwachten zijn dan 's middags.

Voor den dagelijkschen gang in iedere maand afzonderlijk zien we dat het hoofdmaximum bijna steeds op 12, 13 of 14 valt, terwijl dikwijls nog een tweede maximum optreedt, iets vaker in den voormiddag dan in den namiddag. De verschuiving van het hoofdmaximum in den zomer naar de latere uren treedt in de tabellen 1 en 2 eenigszins op, evenals voor de jaren '04—'13. Terwijl daar de verschuiving plaats heeft in Juli en Augustus, komt die voor '14—'31 tot uiting in Mei en Juni wat betreft de uurwaarnemingen, echter in Juni en Juli wat betreft de waarnemingsuren. In Mei heeft daarbij een verschuiving naar 12 plaats.

In de 18-jarige periode heeft het maximum in de wintermaanden neiging om naar een vroeger uur te verschuiven, maar dat treedt in de 10-jarige periode alleen in December op.

Ook voor de groepen van 3 maanden vallen de maxima voor de twee reeksen van jaren niet steeds op hetzelfde uur.

Met het oog op deze onderlinge verschilpunten in den dagelijkschen gang en ook — zooals we zien zullen — in den jaarlijkschen gang, zijn de tabellen voor de uurwaarnemingen van beide jaargroepen gesommeerd, waarvan het resultaat gegeven wordt in tabel 3. Het blijkt dat in deze tabel alleen voor de wintermaanden het hoofdmaximum niet op 13 valt. Voor zoover er een tweede maximum optreedt ligt dat, met uitzondering voor Juli en Augustus, in den voormiddag. In de maandgroepen ligt een vrij sterk tweede maximum voor de zomermaanden op 15; voor de groep der najaarsmaanden ligt dit op 10, terwijl een relatief tweede maximum op 11 in de groep Maart—Mei optreedt, zooals blijkt wanneer men de aantallen in de uren grafisch voorstelt.

TABEL 3.

Maanden	U R E N																			Som
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Januari	—	—	—	2	32	85	187	226	257	285	196	111	18	—	—	—	—	—	—	1349
Februari	—	—	—	29	134	219	240	232	231	256	270	241	186	25	—	—	—	—	—	2063
Maart	—	—	2	177	368	404	404	410	412	449	435	381	362	222	22	—	—	—	—	4068
April	—	8	82	236	412	504	567	618	675	724	704	584	521	423	210	15	—	—	—	6286
Mei	7	39	136	292	414	473	525	567	533	579	556	513	444	415	346	142	5	—	—	5986
Juni	9	41	111	195	231	300	292	320	358	402	397	391	343	309	259	122	15	—	—	4095
Juli	7	35	74	156	166	181	198	219	269	302	265	291	222	174	160	58	2	—	—	2779
Augustus	2	16	54	162	232	264	305	313	311	338	329	334	331	246	173	29	—	—	—	3439
September	—	3	49	135	177	221	244	234	247	280	249	248	204	96	14	—	—	—	—	2401
October	—	—	4	100	255	287	324	326	348	377	351	311	199	30	—	—	—	—	—	2912
November	—	—	—	11	104	166	222	224	221	240	220	112	19	—	—	—	—	—	—	1539
December	—	—	—	—	25	87	154	182	192	170	138	52	3	—	—	—	—	—	—	1003
Som	25	144	530	1495	2550	3191	3662	3871	4054	4352	4110	3569	2855	1940	1184	366	22	—	—	37920
Dec.-Febr.	—	—	—	31	191	391	581	640	680	661	604	404	207	25	—	—	—	—	—	4415
Maart-Mei	7	49	238	705	1194	1381	1496	1595	1620	1752	1695	1478	1330	1060	578	157	5	—	—	16340
Juni-Aug.	18	92	239	513	629	745	795	852	938	1042	991	1016	896	729	592	209	17	—	—	10313
Sept.-Nov.	—	3	53	246	536	674	790	784	816	897	820	671	422	126	14	—	—	—	—	6852

Maand-uur tabel voor de uurvaarnemingen van den kleinen kring (1904—1931).

B. Jaarlijksche Gang.

De jaarlijksche gang is voor de verschillende reeksen getallen die we hebben niet dezelfde. We beschikken namelijk over de aantallen waarnemingen, waarneemdatums, uurwaarnemingen en waarneemuren voor de jaren 1914—'31 en ter vergelijking de aantallen uurwaarnemingen over 1904—'13.

1914—1931	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Waarn.	610	701	1376	1843	1751	1414	1178	1398	892	1078	606	426	13273
Waarn.d.	185	177	267	317	328	289	305	334	250	253	186	153	3044
Uurwaarn.	1030	1368	2954	4346	4057	2989	2144	2639	1683	2206	1092	723	27231
Waarn.u.	533	606	1217	1574	1673	1356	1184	1360	900	961	563	390	12317
1904—1913	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Uurwaarn.	319	695	1114	1940	1929	1106	635	800	718	706	447	280	10689

Alle reeksen hebben in Augustus een maximum; bij de waarnemingen en uurwaarnemingen ligt het voorjaarsmaximum in April, voor de datums en waarnemingsuren in Mei. In October treedt alleen over de jaren '04—'13 geen maximum op, terwijl er voor de jaren '14—'31 alleen bij de waarneemdagen in Januari een maximum aanwezig is. Bovendien komt bij beschouwing van het zomerminimum nog een onregelmatigheid naar voren. Dat ligt n.l. voor de waarneemdatums in Juni en bij de andere reeksen in Juli.

Bij de gegeven getallen is echter geen rekening gehouden met den invloed van de daglengte en naar het voorbeeld van van Everdingen kunnen we dien, althans ten deele, elimineeren in de reeksen voor de uurwaarnemingen en waarnemingsuren door daarvan de sommen te nemen over de uren midden op den dag. Voor de sommen over de uren 10—14 krijgen we dan:

1914—1931	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Uurwaarn.	709	603	1201	1747	1379	927	776	999	680	1047	655	504	11227
Waarn.uren	340	278	457	560	556	422	390	471	336	434	305	259	4808
1904—1913	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Uurwaarn.	196	356	474	873	825	445	212	268	325	328	252	194	4748

Voor de beide reeksen van jaren blijven twee punten van verschil over. Allereerst het maximum in Januari, dat niet in de 10-jarige groep, maar wel in de 18-jarige optreedt. Bij sommatie van de uurwaarnemingen van de beide groepen verdwijnt dit echter.

In de tweede plaats springt sterk naar voren het maximum in Augustus over de jaren '14—'31, terwijl dat voor de jaren '04—'13 totaal ontbreekt. Ook bij sommeeren blijft dit maximum.

Om dit laatste verschil te verklaren is het eerst weer gedacht aan den invloed van den bewolkingsgraad, die dan in de eerste periode voor Augustus lager en voor September hooger geweest zou moeten zijn dan in de tweede periode. Daarom werd voor een willekeurig gekozen station nagegaan, wat de gemiddelde bewolking geweest was voor de 10 en de 18 jaar. Het vereischte verschil was zwak aanwezig, n.l. 6.26 tegen 6.33 voor Augustus en 5.75 tegen 5.71 voor September. Meer zekerheid zou misschien opleveren het nagaan van het aantal dagen met een bepaalden bewolkingsgraad in de genoemde maanden over de beide perioden. In het verdere onderzoek blijkt echter, dat na eliminatie van den bewolkingsinvloed het maximum in Augustus, hoewel zwakker, blijft bestaan. Waarschijnlijk hebben we hier dus te doen met een microklimaatverschil van de beide perioden, en ook dit maakte de sommeering der uitkomsten, zooals die in tabel 3 gegeven is, wenschelijk.

Daar echter de mogelijkheid bleef bestaan, dat het Augustus-maximum veroorzaakt zou zijn door één of enkele bijzondere jaren, is de groep van 18 jaar verdeeld in 6 groepen van 3 opeenvolgende jaren. De aantallen waarnemingen en waarneemdatums in de maanden Juli, Augustus en September bleken te zijn:

	'14—'16	'17—'19	'20—'22	'23—'25	'26—'28	'29—'31	Som Wn.(D.)
Juli	115(38)	254(60)	191(51)	158(55)	215(48)	245(53)	1178(305)
Aug.	105(38)	247(62)	183(53)	290(62)	315(63)	258(56)	1398(334)
Sept.	147(37)	182(56)	165(43)	145(46)	135(35)	118(33)	892(250)

Voor de datums ligt het maximum steeds in Augustus, maar bij de waarnemingen heeft deze maand alleen in de laatste 3 groepen, vooral in de vierde en vijfde, de grootste aantallen. Het maximum is dus veroorzaakt door de laatste 9 jaar. De indruk wordt gevestigd, dat er een geleidelijke verandering plaats heeft gehad.

Het nemen van de sommen over de uren 10—14 heeft voor de 18 jaar een onregelmatigheid doen verdwijnen en wel het verschil van een maand in het voorjaarsmaximum tusschen uurwaarnemingen en waarnemingsuren, terwijl bij beide een Januari-maximum is ontstaan, dat ook voorkomt in de aantallen waarneemdatums.

C. Correctie voor den bewolkingsinvloed op den jaarlijkschen gang.

De gevonden dagelijksche en jaarlijksche gang zijn verkregen uit de werkelijke waarnemingen over een reeks van 18 jaar of, als we tabel 3 beschouwen, over 28 jaar. Deze uitkomsten zijn echter bepaald zonder

rekening te houden met verschillende omstandigheden, zooals bewolking, daglengte en zonshoogte. We zullen nu nagaan wat het verloop zou geweest zijn zonder de genoemde invloeden. Bij de behandeling van den jaarlijkschen gang kwam al tot uiting de invloed, dien de daglengte daarop heeft. Door dien gang namelijk te bepalen uitsluitend over die uren, waarop in iedere maand zonneschijn goed mogelijk is, verschuift bijvoorbeeld het voorjaarsmaximum voor de datums.

De bewolking, die in de verschillende maanden zeer uiteenlopend is, zal ongetwijfeld ook invloed hebben op den jaarlijkschen gang. Om na te gaan welke die invloed is, doet zich de moeilijkheid voor, dat bij de ingezonden waarnemingen geen bewolkingsgraad wordt opgegeven, en zelfs al was dit wel het geval, dan zou voor elke waarneemplaats alles omtrent de verdere bewolking bekend moeten zijn om tot zekere resultaten te komen. Daarom is bij onze bewerking gebruik gemaakt van een soort gemiddelde bewolking.

Eerst werd volgens een vrij ruwe methode nagegaan of de bewolkingsinvloed op het voorkomen van den kleinen kring groot was. Daartoe werd in de zonneschijnlijsten voor de Bilt van iedere waarneemdag van 1914—'31 de gemiddelde zonneschijn opgezocht. De dagen en ook de daarbij behorende aantallen waarnemingen werden ingedeeld in 3 groepen, n.l. van 0—19, 20—79 en 80—100 % zonneschijn, overeenkomend met zware, middelmatige en lichte bewolking. De aantallen waarneemdatums en waarnemingen in deze groepen voor de verschillende maanden waren:

Waarnemingen													
%	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
0—19	339	311	446	459	398	190	188	245	234	366	310	284	3770
20—79	269	375	860	1334	1203	1150	960	1092	609	696	285	142	8975
80—100	2	15	70	50	150	74	30	61	49	16	11	—	528

Datums													
0—19	104	90	97	108	87	71	67	74	70	106	98	89	1061
20—79	79	80	149	190	206	198	228	237	162	140	84	64	1817
80—100	2	7	21	19	35	20	10	23	18	7	4	—	166

Uit deze getallen blijkt dat, als we den bewolkingsgraad van de Bilt laten gelden voor het heele land, de meeste halo-dagen en waarnemingen voorkomen bij gemiddelde bewolking. Een uitzondering vormen de wintermaanden, dus de maanden met veel zware bewolking. Deze uitkomsten maakten een nader onderzoek wel gewenscht.

Bij dit nadere onderzoek is gebruik gemaakt van de zonneschijn-

tabellen voor de Bilt en van die voor Groningen, omdat Groningen in vergelijking met de stations Amsterdam, Vlissingen en Maastricht, gemiddeld de grootste afwijkingen met de Bilt vertoont, wat den zonneshijnschijn betreft.

Voor beide gekozen stations werd met de zonneshijnschijntabellen van alle dagen in de jaren 1923—'31 berekend de gemiddelde zonneshijnschijn van den voormiddag en van den namiddag. Hierbij hebben we geen rekening gehouden met het feit, dat gedurende het eerste en laatste uur van den dag de zon meestal maar een deel van dat uur boven den horizon is; die deelen van uren werden dus als heele uren geteld. Den gemiddelden zonneshijnschijn vinden we door de som van de aantallen procenten zonneshijnschijn in alle uren te deelen door het aantal uren. Door het meetellen van de eerste en laatste uren als heele uren worden de gemiddelde

TABEL 4.

Zonneshijnschijn- groepen	voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	359	32	26	37	23	22	19	24	15	1
Februari	273	43	28	26	26	23	27	35	26	1
Maart	214	48	42	38	27	31	54	67	35	2
April	190	46	38	40	47	42	35	53	48	1
Mei	171	43	51	43	47	33	51	66	50	3
Juni	165	62	42	49	32	49	43	61	37	—
Juli	150	53	46	45	49	56	50	78	30	1
Augustus	130	54	57	56	49	59	57	50	41	5
September	154	50	52	55	51	42	48	64	24	—
October	226	49	46	49	56	39	29	38	26	—
November	314	36	35	26	28	25	28	23	24	1
December	369	32	23	20	19	18	27	25	23	2
Som	2715	548	486	484	454	439	468	584	379	17
	namiddag									
Januari	359	34	36	27	20	27	25	25	5	—
Februari	262	38	32	28	21	32	29	45	17	4
Maart	173	46	36	40	47	46	42	90	37	1
April	177	64	34	44	43	49	33	58	36	2
Mei	123	51	54	54	38	52	43	80	59	4
Juni	111	69	44	43	47	53	46	79	48	—
Juli	117	54	45	57	51	59	65	69	41	—
Augustus	133	42	60	38	65	48	54	65	48	5
September	132	51	43	51	49	59	52	70	32	1
October	234	51	44	48	32	46	38	43	21	1
November	311	35	35	26	38	34	26	26	8	1
December	355	31	21	25	15	29	31	34	17	—
Som	2487	566	484	481	466	534	484	684	369	19

Aantal voor -en namiddagen in de zonneshijnschijngroepen (1923—1931).

TABEL 5.

Zonneschijn- groepen	voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	77	15	8	8	8	8	7	8	5	—
Februari	42	13	10	11	6	7	9	5	5	—
Maart	53	19	25	17	11	11	14	21	9	—
April	62	18	20	18	25	21	21	34	20	1
Mei	63	16	31	20	21	11	30	34	12	—
Juni	26	17	15	21	20	17	21	21	18	—
Juli	29	12	20	16	20	18	22	23	13	1
Augustus	36	26	26	26	28	28	30	24	17	1
September	32	14	12	21	18	14	13	15	3	—
October	50	21	25	22	21	17	8	14	8	—
November	72	12	9	11	17	10	9	7	5	—
December	49	7	2	7	6	7	4	6	6	—
Som	591	190	203	198	201	169	188	212	121	3
	namiddag									
Januari	93	12	18	13	9	7	4	1	1	—
Februari	45	11	14	13	10	16	9	7	2	1
Maart	45	26	16	26	26	26	22	28	5	—
April	70	42	22	32	24	36	21	32	13	—
Mei	62	35	26	33	21	31	24	36	21	1
Juni	40	30	23	18	23	27	29	34	18	—
Juli	44	31	20	22	32	31	25	20	11	—
Augustus	43	19	36	29	44	27	35	39	25	1
September	38	14	19	14	21	26	16	17	5	—
October	67	21	16	21	16	22	16	11	4	—
November	59	15	9	10	19	10	8	6	—	—
December	43	12	5	10	5	11	6	6	2	—
Som	649	268	224	241	250	270	215	237	107	3

Aantal voor- en namiddagen met kleine-kringwaarnemingen in de zonneschijngroepen (1923—1931).

zonneschijn-percentages dus meestal iets te laag, wat voor ons onderzoek van geen belang is.

Alle voormiddagen en namiddagen van de onderzochte 9 jaren werden ingedeeld naar den gemiddelden zonneschijn in 10 groepen, n.l. 0—9 %, 10—19 % enz. Deze groepen worden aangeduid met de cijfers 0, 1, 2 enz. tot en met 9.

In tabel 4 zijn opgenomen de sommen van de aantallen voor- en namiddagen in deze groepen, voor de beide stations, in de maanden.

De voor- en namiddagen uit de 9-jarige periode met kleine-kringwaarnemingen werden ook in de 10 zonneschijngroepen ondergebracht, evenals de daarbij behorende aantallen waarnemingen. De uitkomsten daarvan zijn opgenomen in de tabellen 5 en 6.

Met behulp van de getallen in de laatste 3 tabellen is nu de jaar-

TABEL 6.

Zonneschijn- groepen	voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	188	45	22	12	21	21	14	19	12	—
Februari	89	60	37	55	16	25	33	26	15	—
Maart	170	90	112	95	67	29	46	94	29	—
April	187	76	74	98	97	121	113	211	53	12
Mei	177	60	111	108	115	39	122	153	53	—
Juni	66	53	68	59	68	63	82	118	69	—
Juli	76	30	48	41	75	50	105	62	26	1
Augustus	77	77	90	102	83	128	89	62	35	1
September	70	29	45	74	62	25	47	42	10	—
October	190	79	69	56	99	45	19	60	27	—
November	203	40	30	29	54	31	34	15	12	—
December	139	19	5	19	25	9	5	9	8	—
Som	1632	658	711	748	782	586	709	871	349	14
	namiddag									
Januari	260	34	57	26	18	16	4	2	1	—
Februari	162	41	40	31	33	76	22	10	4	3
Maart	148	121	52	103	99	123	90	97	11	—
April	306	236	120	197	145	180	120	158	74	—
Mei	237	162	115	157	89	205	138	150	90	3
Juni	123	138	82	68	96	118	161	138	88	—
Juli	126	98	70	102	108	130	86	58	34	—
Augustus	133	76	155	126	205	109	103	141	86	4
September	102	50	40	40	73	63	45	32	7	—
October	181	85	51	52	56	93	51	39	6	—
November	138	63	21	35	56	26	22	17	—	—
December	136	39	24	22	15	19	8	12	3	—
Som	2052	1143	827	959	993	1158	850	854	404	10

Aantal waarnemingen van den kleinen kring in de zonneschijngroepen
(1923—1931).

lijksche gang voor de waarneemdagen zoowel als voor de waarnemingen gecorrigeerd. De manier van bewerken zullen we voor de dagen uitvoerig behandelen; de waarnemingen zijn op overeenkomstige wijze bewerkt.

Vooraf wijzen we er op, dat de cijfers voor de zonneschijngroepen de aantallen zijn voor de 9 jaren '23—'31, en dat deze worden toegepast op de aantallen waarnemingen en dagen over de 18 jaren '14—'31, m.a.w. we veronderstellen, dat de gemiddelde aantallen voor- en namiddagen in de zonneschijngroepen voor de 2 stations de Bilt en Groningen over 9 jaar overeenkomen met de gemiddelde aantallen over 18 jaar voor het heele land.

Om het cijferwerk te beperken hebben we niet over de geheele periode de gemiddelde bewolking bepaald. De keus is op de laatste

9 jaar gevallen, omdat daarin de meeste waarnemingen gedaan werden. We merken dit nog even op in verband met het aangegeven verloop van de waarnemingen en de gemiddelde bewolkingsverandering voor Augustus.

Deelen we de groepssommen uit tabel 5 door de overeenkomstige uit tabel 4, dan stelt ieder quotiënt voor: de kans, die een voor- of namiddag in een groep had, om een waarneem-voor- of namiddag te zijn gedurende de 9 jaar. Vermenigvuldigen we de aantallen dagen in een groep van tabel 5 met de berekende kans voor die groep, dan krijgen we getallen die aangeven de aantallen voor- en namiddagen met waarnemingen, die we konden verwachten als de bewolkingsinvloed er alleen geweest was.

In de eerste 3 groepen van den voormiddag zijn de kansen $\frac{519}{2715}$; $\frac{190}{548}$ en $\frac{203}{486}$. Deze moeten voor Januari vermenigvuldigd worden met respectievelijk 359, 32 en 36; voor Februari met 273, 43 en 28, enz. Op deze manier krijgen we 4 tabellen, waarvan de eerste cijfers van die voor den namiddag bij de waarneemdagen worden gegeven.

Groep	0	1	2	3	4
Januari	78	11	11	15	10
Februari	60	15	12	11	12
Maart	47	17	18	16	12

Tellen we in deze 4 tabellen de groepscijfers voor elke maand op, dan krijgen we de volgende verwachtingscijfers:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Waarn. v.m.	498	491	610	601	645	620	671	679	648	611	503	483
„ n.m.	663	646	806	790	841	840	879	849	833	780	683	652
Datums v.m.	155	151	179	174	187	180	190	194	184	179	155	151
„ n.m.	197	177	213	207	219	217	228	222	216	207	191	185

Uit deze getallen zien we, dat in alle maanden het aantal volgens de bewolking te verwachten waarnemingen en dagen van den voormiddag kleiner is dan van den namiddag.

Voor iedere maand deelen we nu de som van de beide verwachtingscijfers van voor- en namiddag op het werkelijke aantal waarneemdatums of waarnemingen, zooals die vermeld zijn in de tabellen 2 en 1. De verkregen getallen zijn verhoudingscijfers voor den jaarlijkschen gang, gecorrigeerd voor de bewolking. Om getallen van dezelfde grootte als de oorspronkelijke te krijgen, vermenigvuldigen we deze verhoudings-

getallen met een bepaalden factor; deze is voor de datums 400 en voor de waarnemingen 1400.

Voor de datums in Januari is dus de berekening:

$$400 \times 185 : (155 + 197) = 210 \text{ en voor de waarnemingen:}$$

$$1400 \times 610 : (498 + 663) = 735.$$

Door de volgende cijfers wordt de jaarlijksche gang uitgedrukt:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Datums	210	216	272	332	324	288	292	320	250	264	216	184
Waarn.	735	864	1361	1855	1649	1355	1064	1281	845	1085	715	525

Welke de invloed van de bewolkingscorrectie geweest is, zien we het best door de maandcijfers uit te drukken in procenten van de jaar-som, al vallen daarbij kleine verschillen weg.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Waarn. ongecorr.	5	5	10	14	13	11	9	11	7	8	5	3
„ gecorr.	6	6	10	14	12	10	8	10	6	8	5	4
Datums ongecorr.	6	6	9	10	11	10	10	11	8	8	6	5
„ gecorr.	7	7	9	10	10	9	9	10	8	8	7	6

Uit deze cijfers zien we, dat het verloop, vooral bij de datums, vlakker is geworden. De aantallen in de zomermaanden zijn kleiner geworden en die in de wintermaanden groter, terwijl ze voor Maart, April en October gelijk zijn gebleven.

Voor waarnemingen zoowel als datums ligt het voorjaarsmaximum in April, terwijl het vóór de aangebrachte bewolkingscorrectie bij de datums in Mei, maar bij de waarnemingen in April lag. Ook het verschil in gang van de wintermaanden, dat eerst aanwezig was, is nu verdwenen. Alleen de onregelmatigheid betreffende de ligging van het zomerminimum is gebleven.

Beschouwen we de cijfers in de tabellen 5 en 6 eens nader, dan zien we, dat de aantallen dagen en waarnemingen in de zonneschijn-groep 0, dus met een zonneschijnpercentage van 0—9, overeenkomend met zeer zware bewolking, bijna steeds veel groter zijn dan die in de andere groepen. Bij heele lichte bewolking, zonneschijn 90—100 %, komen daarentegen practisch geen halo-dagen en waarnemingen voor. Bezien we echter de cijfers in de groepen 0 en 9 van tabel 4, dan blijken ook daar de aantallen heel groot resp. klein te zijn. De kans-cijfers voor de waarneemdagen zijn in de verschillende groepen:

groep	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kans v.m.	0.218	0.347	0.418	0.409	0.443	0.385	0.402	0.363	0.319	0.176
kans n.m.	0.261	0.473	0.463	0.501	0.536	0.506	0.444	0.346	0.290	0.158

Hieruit zien we, dat bij gemiddelde bewolking de kans op halo's het grootst is en dat het groote aantal halodagen, dat bij weinig zonneschijn voorkomt, z'n oorzaak heeft in het naar verhouding nog grootere aantal dagen met zware bewolking. Omdat, zooals uit tabel 4 blijkt, het aantal namiddagen met gemiddelden zonneschijn grooter is dan het aantal voormiddagen, kunnen we in den middag meer halo's verwachten dan in den morgen. Daar de quotiënten, die de kansen bepalen voor de namiddagen, in de eerste groepen echter aanmerkelijk grooter zijn dan voor de overeenkomstige groepen in de voormiddagen, moeten er andere oorzaken zijn, die nog grooter invloed hebben dan de bewolking.

D. Bewolkingscorrectie voor de maand-uur tabellen.

Voor de bepaling van den dagelijkschen gang kunnen we alleen de maand-uur tabellen gebruiken, zoodat voor het in rekening brengen van de bewolking, deze tabellen daarvoor gecorrigeerd moeten worden.

Bij de verbetering van den jaarlijkschen gang deelden we de werkelijke aantallen waarnemingen en waarneemdatums door de sommen van de verwachtingscijfers, die gegeven zijn op pag. 17. Op overeenkomstige wijze zullen we de maand-uur tabellen behandelen. We deelen namelijk de aantallen uurwaarnemingen en waarnemingsuren uit de tabellen 1 en 2, in den voor- en namiddag, door het bijbehorende verwachtingscijfer; dus de cijfers uit tabel 1 van Januari tot 11 uur deelen we door 498, die vanaf 12 uur door 663; bij Februari zijn de deel-cijfers 491 en 646. Voor tabel 2 moeten we bij Januari deelen door 155 en 197, enz. Om getallen van dezelfde grootte te krijgen als de oorspronkelijke, vermenigvuldigen we alle quotiënten voor de uurwaarnemingen met 700 en die voor de waarnemingsuren met 200. We krijgen op deze manier de tabellen 7 en 8.

De sommen voor de uren van den voormiddag zijn nu grooter dan die van de namiddaguren, terwijl dat vóór het aanbrengen van de bewolkingscorrectie, in de tabellen 1 en 2, juist andersom was. Deelen we deze uur-totaalcijfers door de aantallen maanden, waarin de uren voorkomen, dan krijgen we den gemiddelden dagelijkschen gang, gecorrigeerd voor den bewolkingsinvloed, zooals die in de onderste rijen van de tabellen 7 en 8 is opgegeven. Het hoofdmaximum valt op 11 uur en het tweede maximum op 13, terwijl vanaf die uren naar de vroegere en latere een min of meer geleidelijke daling optreedt.

Wat den jaarlijkschen gang betreft, volgend uit de totaalsommen

TABEL 7.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som
Januari	—	—	—	3	37	103	215	252	219	180	137	83	16	—	—	—	—	1245
Februari	—	—	—	26	138	212	224	217	154	172	190	181	145	26	—	—	—	1685
Mart	—	2	18	148	320	349	344	329	257	276	262	222	235	156	14	—	—	2932
April	—	7	78	200	337	416	462	474	400	436	426	356	327	268	130	6	—	4323
Mei	5	33	118	230	329	347	365	365	276	312	313	288	256	243	210	93	2	3785
Juni	8	42	103	182	192	237	216	240	204	232	235	238	226	197	175	75	9	2311
Juli	5	33	74	140	143	149	166	186	172	178	147	163	129	104	96	35	1	1921
Augustus	1	14	48	120	180	200	242	259	209	215	198	203	206	159	116	21	—	2391
September	—	3	50	124	147	171	184	162	147	155	136	142	116	55	8	—	—	1600
October	—	—	3	85	223	244	292	285	241	247	224	210	146	24	—	—	—	2224
November	—	—	—	10	110	170	237	227	159	171	155	69	11	—	—	—	—	1319
December	—	—	—	—	22	90	168	185	145	134	109	41	2	—	—	—	—	896
Som	19	134	492	1268	2178	2688	3115	3181	2583	2708	2532	2196	1815	1232	749	230	12	27132
Gemiddeld	5	19	62	115	182	224	260	265	215	226	211	183	151	137	107	46	4	

Voor bewolking gecorrigeerde maand-uur tabel van de uurwaarnemingen.

TABEL 8.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som
Januari	—	—	—	2	23	61	102	112	96	80	74	44	11	—	—	—	—	605
Februari	—	—	—	—	14	64	98	89	76	79	78	73	62	17	—	—	—	736
Maart	—	2	17	74	117	120	122	123	107	117	122	114	108	78	15	—	—	1236
April	—	7	54	98	143	146	146	159	136	149	148	140	123	108	79	6	—	1642
Mei	4	28	69	114	133	132	146	145	130	129	126	123	110	98	93	58	2	1640
Juni	8	34	60	86	79	96	98	111	106	110	114	105	105	94	88	47	6	1347
Juli	5	31	54	74	84	80	96	88	90	98	86	101	77	67	61	31	1	1124
Augustus	1	14	37	77	99	103	114	120	110	110	107	106	109	95	73	21	—	1296
September	—	3	37	74	77	89	94	78	79	86	76	82	77	42	7	—	—	901
October	—	—	3	57	99	104	117	120	111	103	104	91	65	21	—	—	—	995
November	—	—	—	8	58	92	105	97	76	80	87	47	8	—	—	—	—	658
December	—	—	—	—	16	40	77	88	78	68	58	28	2	—	—	—	—	464
Som	18	119	331	678	992	1158	1315	1330	1195	1209	1180	1054	857	620	416	163	9	12614
Gemiddeld	5	17	41	62	83	97	110	111	100	101	98	88	71	69	59	33	3	

Voor bewolking gecorrigeerde maand-uur tabel van de waarnemingen.

voor de maanden, zien we, dat deze in vergelijking met dien volgens de tabellen 1 en 2 vrijwel op dezelfde wijze veranderd is als die van de datums en waarnemingen (pag. 18). In de verkregen cijfers komen echter nog de invloeden van daglengte en dagelijkschen gang voor, terwijl we ook de mogelijkheid van een zonshoogte-invloed niet a priori mogen uitsluiten. Voordat we ertoe overgaan om deze invloeden te onderzoeken, willen we nog iets opmerken, naar aanleiding van de gecorrigeerde maand-uur tabellen, over de duidelijkheid van den kleinen kring.

Deelen we het aantal uurwaarnemingen op een bepaald maand-uur van tabel 7 door het aantal waarnemingsuren van het overeenkomstige uur in tabel 8, dan krijgen we een getal waardoor ten deele uitgedrukt wordt de gemiddelde duidelijkheid van den kleinen kring. In dit getal zitten verschillende grootheden, zooals de helderheid van den kring en de uitgebreidheid van het gebied waar hij te zien is, terwijl de grootte van het getal ook nog beïnvloed wordt door de geschiktheid van het uur als waarneemuur. De voormiddaguren 4 en 5 zullen bijvoorbeeld voor een groot deel der waarnemers ongeschikt zijn als waarneemuren. Als we de genoemde getallen voor elk maand-uur berekenen, krijgen we daaruit wel ongeveer een indruk van de geschiktheid van de verschillende uren voor het ontstaan van den kleinen kring. Voor iedere maand kunnen we een gemiddelden „duidelijkheidsfactor” berekenen door de som van de getallen voor alle uren van een maand te deelen door het aantal uren. We vinden dan:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1.89	2.20	2.08	2.33	2.08	1.94	1.57	1.67	1.65	2.03	1.85	1.74

Sommeeren we de getallen voor elk uur en deelen we deze sommen door de aantallen, waaruit ze verkregen zijn, dan krijgen we voor de uren de gemiddelde „duidelijkheidsfactoren”:

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.06	1.07	1.37	1.76	2.06	2.23	2.32	2.35	2.12	2.19	2.09	2.00	1.90	1.81	1.59	1.27	1.17

Uit deze twee rijen getallen zien we, dat de maxima zoowel bij de maanden, uitgezonderd Februari, als bij de uren samenvallen met de maxima van de aantallen waarneemdatums en uurwaarnemingen, zoodat het vaak voorkomen van den kleinen kring gepaard gaat met een groote duidelijkheid. Zooals we zien zullen (pag. 24), kunnen we aan het Februari-maximum geen waarde toekennen.

E. Eliminatie van den invloed van dagelijkschen gang en daglengte op den jaarlijkschen gang.

De methode om den invloed van de daglengte uit den jaarlijkschen gang te elimineeren door de uurwaarnemingen en de waarnemingsuren te sommeeren over enkele, in iedere maand voorkomende, uren, zooals 10—14, heeft het bezwaar, dat daarbij een vrij groot deel der uren buiten beschouwing blijft. De meest voor de hand liggende manier, die dat bezwaar niet heeft, en waarbij eerst de invloed van den dagelijkschen gang geëlimineerd wordt, is de volgende.

De getallen voor een bepaald uur in de verschillende maanden van de tabellen 7 en 8 worden gedeeld door het gemiddelde voor dat uur. In tabel 7 worden dus de getallen 3, 26, 148 enz. op 7 uur gedeeld door $\frac{1268}{11}$, die op 8 uur: 37, 138, 320 enz. door $\frac{2178}{12}$. Alle verkregen quotiënten worden met 100 vermenigvuldigd. Voor de uren tot 10 krijgen we dan in de eerste 3 maanden volgens tabel 7:

	4	5	6	7	8	9	10
Januari	—	—	—	3	20	46	83
Februari	—	—	—	23	76	95	86
Maart	—	10	29	128	177	157	132

In de zoo ontstane maand-uur tabellen sommeeren we horizontaal voor iedere maand. De sommen geven den voor den dagelijkschen gang gecorrigeerden jaarlijkschen. Bij deeling van elke som door het aantal getallen, waaruit die som ontstaan is en na vermenigvuldiging met 10 krijgen we den voor bewolking, dagelijkschen gang en daglengte gecorrigeerden jaarlijkschen gang, uitgedrukt door de cijfers:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	551	742	1101	1662	1588	1424	876	992	646	908	591	431
Waarn.u.	604	717	1034	1371	1441	1369	1036	1080	789	910	670	510

De gevolgde methode geeft voor het voorjaarsmaximum een verschil van een maand tusschen uurwaarnemingen en waarnemingsuren. De oorzaak daarvan kunnen we gemakkelijk aangeven en daarmee het bezwaar, dat er tegen het toepassen van deze methode is.

De getallen, die we voor April en Mei berekenen door de uurnummers van tabel 8 te deelen door de uurgemiddelden zijn, na vermenigvuldiging met 100:

	4	5	6	7	8	9	10	11	12
April	—	41	147	159	173	151	133	143	137
Mei	89	165	188	185	161	137	133	131	130
	13	14	15	16	17	18	19	20	
April	148	150	159	172	177	152	18	—	
Mei	128	128	140	154	158	178	178	67	

Voor de uren 8—17 heeft April steeds een grooter getal dan Mei, maar tengevolge van de groote randgetallen van Mei stijgt het gemiddelde boven dat van April. Het bezwaar van de methode is dus dat de randcijfers, die afkomstig zijn van betrekkelijk weinig waarnemingen, even zwaar tellen als de andere, die uit veel meer waarnemingen zijn afgeleid.

Een overeenkomstig resultaat kregen we bij het bepalen van de gemiddelde duidelijkheid (pag. 22). Daarbij had Februari een maximum. Van de 11 uren, die Februari en Maart gemeen hebben, treedt bij 8 ervan de grootste duidelijkheid op in Maart, maar de 3 overblijvende veroorzaken, mede door de kleine waarden voor de randuren van Maart, een gemiddelde dat lager is dan dat van Februari.

Daar het resultaat van de gevolgde methode om de beide daginvloeden te elimineeren uit den jaarlijkschen gang niet bevredigend was, hebben we nog 2 andere bewerkingen toegepast, die het bezwaar van de randuren niet hebben. De eerste methode, die door van Everdingen werd toegepast bij de periode van de zonnevlekken, zullen we kort aangeven en de uitkomsten vermelden, terwijl de andere beschreven wordt bij de beschouwingen over de zonshoogte.

Met behulp van de zonshoogtengrafiek werd de betrekkelijke daglengte in de maanden bepaald (tabel 9). Alle urcijfers van een maand in de, voor bewolking gecorrigeerde maand-uur tabel, werden gedeeld door het aantal uren van de betrekkelijke daglengte van die maand en daarna vermenigvuldigd met 12. Daardoor was de invloed van de daglengte verwijderd. De verkregen cijfers werden vervolgens ondergebracht in 12 „uren” van $\frac{1}{12}$ van de betrekkelijke daglengte. Op overeenkomstige wijze als bij de maand-uur tabellen werd de invloed van den dagelijkschen gang geëlimineerd. De verhoudingscijfers volgens deze „standaard-dag”-methode voor den jaarlijkschen gang waren:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	837	1004	1326	1650	1232	871	599	832	757	1250	903	629
Waarn.uren	865	892	1227	1381	1206	922	786	995	901	1200	927	698

Deze gangcijfers vertoonen een veel vlakker verloop dan de ongecorrigeerde uit de tabellen 1 en 2. De maxima en minima zijn echter

TABEL 9.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som	
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.		
0°-3°	19	17	15	18	21	22	21	18	15	16	18	20	220	
4°-7°	21	15½	13½	13½	13	16	17	15	14	14	17	20½	189¾	
8°-11°	22½	15½	14½	13½	14	14	13½	13	12½	15½	20	29½	197¾	
12°-15°	37½	22	14½	12½	13	13½	12½	12½	14	15½	26	45	238½	
16°-19°	20	24½	15	12½	13½	13½	14	13½	14	17½	40	½	198	
20°-23°	—	28	16	13½	13	13½	13½	14	14	23½	17½	—	166½	
24°-27°	—	17½	18½	13½	12½	13	12½	14½	15½	31½	—	—	149	
28°-31°	—	3	25½	15	12½	13	14	13	17½	24	—	—	137¾	
32°-35°	—	—	22½	16	14	13	12½	13	24	7½	—	—	122½	
36°-39°	—	—	13½	19	13½	14	14	15½	26½	—	—	—	116	
40°-43°	—	—	2	25	15	14	14	18	19	—	—	—	107	
44°-47°	—	—	—	22	15½	14½	15½	24½	3	—	—	—	95	
48°-51°	—	—	—	13½	20	16	16	23	—	—	—	—	88½	
52°-55°	—	—	—	—	28½	18	21½	13	—	—	—	—	81	
56°-59°	—	—	—	—	15½	28	27½	—	—	—	—	—	71	
60°-61°	—	—	—	—	—	16	4	—	—	—	—	—	20	
Som	119½	142¾	170½	206¾	234¾	252	243	220½	189	165	138½	115½	2197¾	
Namiddag														
0°-3°	19	17	16	18	20	22	21	19	16	16	18	21	223	
4°-7°	18½	16	13½	13	14½	16½	15	12½	13½	14	18	21½	186½	
8°-11°	23	17	13½	12½	14	13½	13½	14	14	15	18½	29	197½	
12°-15°	39½	17½	13½	13½	13	13	13½	12	13½	16	27½	41½	234	
16°-19°	27	24½	15½	13½	14	14	13	13½	14	18½	30	—	196½	
20°-23°	—	34	16	12½	12½	13	14½	12½	15½	25	11½	—	167	
24°-27°	—	24	19½	14	13½	13	12½	13	15½	26½	—	—	151½	
28°-31°	—	5½	29	14½	13	13	13	14	18	17	—	—	137	
32°-35°	—	—	23½	16	14	13	13	14	23½	7	—	—	124	
36°-39°	—	—	15½	19	13½	13	13½	15	24½	—	—	—	114	
40°-43°	—	—	3	25½	15	14	14	17½	17½	—	—	—	106½	
44°-47°	—	—	—	22	16	14	14	25	4	—	—	—	95	
48°-51°	—	—	—	13	20	16	18	23	—	—	—	—	90	
52°-55°	—	—	—	—	27	17	20	14	—	—	—	—	78	
56°-59°	—	—	—	—	14	28½	23½	—	—	—	—	—	66	
60°-61°	—	—	—	—	—	17½	5	—	—	—	—	—	23½	
Som	127	155½	178½	207	233	251	237	219	189½	155	123½	113	2189	
Tijdsduur van de zonshoogten-groepen in de maanden, uitgedrukt in 1/100 maand-uur														

Tijdsduur van de zonshoogten-groepen in de maanden, uitgedrukt in 1/10 maand-uur.

op dezelfde plaatsen gebleven, waarbij op te merken is, dat het Augustus-maximum nu veel zwakker is dan dat van October, terwijl dat vóór het aanbrengen van de correcties andersom was. Dat de cijfers voor beide rijen niet gelijk zijn, wordt voor een deel veroorzaakt door de verschillende duidelijkheid in de maanden.

F. Eliminatie-methode volgens de zonshoogtengroepen.

Bij de bewerking van de maand-uur tabellen hebben we steeds de uurwaarnemingen op eenzelfde uur voor alle maanden gesommeerd, zonder te letten op de zonshoogte.

Zoo werden bijvoorbeeld voor het uur 12.00—12.59 de waarnemingen van Januari, die gedaan zijn bij zonshoogten van 12 tot 19°, opgeteld bij die van de andere maanden bij zonshoogten tot 61°. Om uit te maken of dit ook invloed heeft op de uitkomsten, zijn de kleinekringwaarnemingen ook nog bewerkt naar de zonshoogten. Dit is niet gebeurd, zooals bij de andere verschijnselen, door voor alle waarnemingen in de grafiek voor de zonshoogten, de bijbehorende hoogten op te zoeken. Voornamelijk het groote aantal waarnemingen, ruim 13000, was daarvoor een bezwaar. Daarom is uitgegaan van de gecorrigeerde maand-uur tabellen 7 en 8 en zijn de daarin gegeven aantallen uurwaarnemingen en waarnemingsuren ingedeeld in groepen van 4° zonshoogte.

In de zonshoogtengrafiek beslaat een maand-uur een oppervlakte van 30 cm². Tellen we nu hoeveel cm² ervan liggen tusschen 2 lijnen van gelijke zonshoogte, dan weten we hoe lang in een maand de zon tusschen die beide zonshoogten staat. Bijvoorbeeld: in het uur 6.00—6.59 komen in de maand Mei zonshoogten voor tusschen 12° en 27°. Van de 30 cm², die het maand-uur 6 in Mei innemen op de grafiek, liggen 4 cm² tusschen de zonshoogte-lijnen van 12° en 16°, 13 cm² tusschen die van 16° en 20°, 11 cm² tusschen die van 20° en 24° en tenslotte 2 cm² tusschen de lijnen van 24° en 28°. Gemiddeld zullen dus van de 118 uurwaarnemingen op 6 in Mei (tabel 7) er in de zonshoogten groepen geweest zijn:

$$\begin{aligned} \text{van } 12^{\circ}\text{—}15^{\circ} & \quad \frac{4}{30} \times 118 = 15,7 \\ 16^{\circ}\text{—}19^{\circ} & \quad \frac{13}{30} \times 118 = 51,1 \\ 20^{\circ}\text{—}23^{\circ} & \quad \frac{11}{30} \times 118 = 43,3 \\ 24^{\circ}\text{—}27^{\circ} & \quad \frac{2}{30} \times 118 = 7,9. \end{aligned}$$

Om gemiddeld het aantal uurwaarnemingen van een maand in een zonshoogtengroep te kunnen bepalen was het noodig om uit te tellen het

aantal cm^2 van de uren in die maand, dat door die groep ingenomen wordt. De uitkomsten daarvan worden gegeven in tabel 9. De voormiddag en de namiddag zijn gescheiden gehouden om hun onderlinge verschil.

Daar de zonshoogtelijnen gebogen zijn, is het aantal cm^2 van een uur in een groep meestal niet nauwkeuriger dan in $\frac{1}{2} \text{ cm}^2$ bepaald. Dit zal echter practisch geen invloed hebben op onze uitkomsten. De cijfers voor de groep $0^\circ-3^\circ$ zijn wegens de onzekerheid van de refractie slechts bij benadering bepaald en daarom is ook de aflezing voor die groep afgerond. Door het kleine aantal halo-waarnemingen bij deze zonshoogten is dit van weinig belang.

De som van het aantal waarnemingen, die we volgens de aangegeven manier in een zonshoogtengroep van een maand vinden, wordt gedeeld door het aantal cm^2 , dat is door den tijd dien de zon in die groep verkeert gedurende die maand.

De verkregen quotiënten geven dan aan het gemiddelde aantal uurwaarnemingen in $\frac{1}{30}$ deel van een maand-uur, dus ongeveer het gemiddelde aantal waarnemingen in een zonshoogtengroep per daguur.

Tellen we de gemiddelden voor iedere maand op, en deelen we daarna de sommen door de aantallen groepen in de maanden, dan krijgen we getallen, waardoor de jaarlijksche voormiddag- en namiddag-gang worden aangegeven. De sommen van de beide gangcijfers voor iedere maand geven den jaarlijkschen gang, gecorrigeerd voor bewolking en daglengte. De invloed van den dagelijkschen gang is niet verwijderd.

Ten overvloede merken we op, dat op de waarnemingsuren dezelfde methode is toegepast.

Het resultaat van de bewerking wordt door de volgende rijen getallen aangegeven. Om de cijfers, althans voor de uurwaarnemingen, te kunnen vergelijken met die welke verkregen zijn bij de methode van den standaarddag, vermenigvuldigen we de sommen van de voor- en namiddag-gang-cijfers met 85.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	794	944	1379	1647	1322	953	674	885	701	1132	791	626
Waarn.u.	391	413	560	641	573	456	397	483	394	510	402	316

Ook bij deze gangcijfers liggen de maxima in April, October en Augustus en de minima in December, Juli en September.

Uit de vrij groote overeenkomst tusschen de resultaten van de standaarddag-methode en die, waarbij de waarnemingen verwerkt zijn volgens de zonshoogtengroepen, kunnen we besluiten, dat de invloed

van den dagelijkschen gang, die bij de laatste methode niet verwijderd is, slechts klein kan zijn.

In plaats van den dagelijkschen gang hebben we gekregen een zonshoogtengroepen-gang. Dezen vinden we, door voor iedere groep de gemiddelde aantallen uurwaarnemingen per $\frac{1}{30}$ maand-uur op te tellen en de som te deelen door het aantal maanden, waarin die groep voorkomt. Dat jaargemiddelde is voor de verschillende groepen aangegeven door de volgende verhoudingscijfers:

Zonsh.gr.	0°-3°	4°-7°	8°-10°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Uurwrn. v.m.	118	283	501	747	946	1029	1169	1248
„ n.m.	488	687	876	1018	1100	1153	1209	1260
Wrn.uren v.m.	84	175	285	386	448	486	537	566
„ n.m.	303	352	441	489	506	537	568	578
Zonsh.gr.	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Uurwrn. v.m.	1404	1450	1491	1503	1650	1430	1460	1410
„ n.m.	1340	1401	1420	1390	1470	1290	1410	1070
Wrn.uren v.m.	614	609	611	618	678	647	640	570
„ n.m.	609	624	630	632	658	625	697	555

Deze cijfers van voor- en namiddag-groepsgang geven dus de verhouding van de aantallen uurwaarnemingen gemiddeld per jaar in $\frac{1}{30}$ maand-uur voor de verschillende zonshoogtengroepen. Bij groote zonshoogten treden dus in verhouding meer kleine kringen op dan bij kleine.

Nu bevrijden we den jaarlijkschen gang van dezen groepsgang door de groepscijfers in de verschillende maanden te deelen door het bijbehorende gangcijfer. Daarna tellen we de quotiënten van elke maand op en deelen de sommen door de aantallen groepen in de maanden. Dat geeft per maand een voor- en namiddag-gangcijfer en de sommen daarvan leveren de verhoudingscijfers voor den jaarlijkschen gang, die dan gecorrigeerd is voor bewolking, daglengte en zonshoogte-invloed.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	254	246	287	279	220	158	109	148	136	249	225	192
Waarn.u.	240	212	260	247	207	165	140	184	169	237	225	184

Het resultaat wijkt af van alle vorige wat betreft de maxima in Januari en Maart. Zooals blijkt uit de overzichtstabel op pag. 30, waarin de uitkomsten zijn samengevat, zijn de getallen voor de wintermaanden door de zonshoogte-correctie vrij veel grooter geworden, die voor de zomermaanden gedaald.

We komen dus tot de uitkomst, dat de hoofdmaxima voor den jaarlijkschen gang, nadat die zooveel mogelijk bevrijd is van storende

invloeden, liggen in Maart en October, de maanden die met April den grootsten temperatuurovergang en het buigste weer hebben. De overblijvende gang moet ook, afgezien van eventuele kosmische invloeden, afkomstig zijn van meteorologische invloeden. Daaromtrent kunnen we nog opmerken, dat de dagelijksche gangcijfers en die voor de gemiddelde duidelijkheid het grootst zijn voor de uren 9—15, dus voor de uren met de grootste convectie. De vraag blijft echter of dit niet voor een deel het gevolg is van den zonshoogte-invloed. Dat er ook een dagelijksche gang is, afgezien van den zonshoogte-invloed, blijkt wel daaruit dat volgens de tabellen 1 en 3 alleen in Januari en December het dagmaximum op 12 valt en in de andere maanden op een uur dat niet de grootste zonshoogte heeft. Dat het uur 12, als etensuur, minder geschikt zou zijn om waar te nemen, kunnen we niet gelooven, omdat ook de gemiddelde duidelijkheid op 12 uur een minimum heeft.

Bij de hierna te behandelen verschijnselen is de zonshoogtengroepenmethode verkort toegepast. Daarom laten we nog zien, dat de uitkomsten volgens deze manier, vrijwel dezelfde zijn als die van de uitvoerige. De verkorting zit in de eliminatie van den daglengte-invloed. In plaats van voor iedere zonshoogtengroep in een maand het gemiddelde aantal uurwaarnemingen per $\frac{1}{30}$ maand-uur te berekenen en daarna het gemiddelde van die gemiddelden, deelen we de som van het aantal uurwaarnemingen in den voormiddag door de voormiddaglengte uitgedrukt in $\frac{1}{30}$ maand-uur (som van het aantal cm^2 , zooals aangegeven in tabel 9). Voor den namiddag doen we hetzelfde en de jaarlijksche gangcijfers vinden we als de sommen van voor- en namiddagquotiënten. Op overeenkomstige wijze vinden we de groepsgemiddelden, die we noodig hebben om den groepsgang te elimineeren. We deelen daartoe de som van het aantal uur-waarnemingen in een groep door de groeplengte (aantal cm^2 in tabel 9).

De zoo bepaalde verhoudingscijfers voor den jaarlijkschen gang, die alleen gecorrigeerd zijn voor bewolking en daglengte, zijn:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	1006	1126	1656	2056	1584	1123	791	1072	851	1385	989	776
Waarn.uren	491	492	696	782	682	538	458	578	475	618	497	401

Na eliminatie van den groepsgang worden de cijfers:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	120	119	140	142	109	78	53	74	66	121	110	102
Waarn.uren	118	108	129	124	104	82	69	90	82	116	112	102

Het duidelijkst komt de overeenstemming in de uitkomsten naar voren, als we de maandcijfers uitdrukken in procenten van de jaarsom. De procentgetallen zijn voor de uitvoerige en kortere methode:

Uurwaarn. uitv.	10	10	11	11	9	6	4	6	5	10	9	8
„ kort	10	10	11	11	9	6	4	6	5	10	9	8
Waarn.uren uitv.	10	9	11	10	8	7	6	7	7	10	9	7
„ kort	10	9	10	10	8	7	6	7	7	9	9	8

Het eenige verschil in de uitkomsten is, dat het voorjaarsmaximum nog iets minder sterk in Maart valt; voor de uur-waarnemingen zelfs in April. In het volgende overzicht van de voornaamste uitkomsten nemen we alleen de uitkomsten volgens de korte methode op, omdat deze het best te vergelijken zijn met die voor de later behandelde verschijnselen. De maandcijfers zijn uitgedrukt in procenten van de jaarsom.

Correcties		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Geen	U.w.	4	5	11	16	15	11	8	10	6	8	4	3
„	Wn.u.	4	5	10	13	14	11	10	11	7	8	5	3
Bewolking	U.w.	5	6	11	16	14	10	7	9	6	8	5	3
„	Wn.u.	5	6	10	13	13	11	9	10	7	8	4	4
Bew. en dagl.	U.w.	7	8	11	14	11	8	5	7	6	10	7	5
„	Wn.u.	7	7	10	12	10	8	7	9	7	9	7	6
Bew., dagl. en groepsang	U.w.	10	10	11	11	9	6	4	6	5	10	9	8
„	Wn.u.	10	9	10	10	8	7	6	7	7	9	9	8

Uit dit overzicht blijkt, dat iedere correctie de wintermaanden ten goede komt ten koste van de zomermaanden. De kleinste veranderingen geeft de bewolkingscorrectie. Januari heeft zonder correcties 4 %, maar komt tenslotte op 10 %, terwijl Juli van 8 en 10 % daalt tot 4 en 6 %; de invloed van de correcties is het grootst voor deze beide maanden en voor December.

Volgens de einduitkomsten is de jaarlijksche gang veel vlakker dan bij de ongecorrigeerde getallen, vooral bij de waarneemuren is dit het geval.

De belangrijkste maxima zijn die in Maart—April en October. Daarvan is het voorjaarsmaximum het hoogst. In de maanden Maart en April treden zeer groote temperatuursveranderingen en temperatuursgradiënten op in het hogere deel van de atmosfeer.

Het Augustusmaximum is door de correcties vrij sterk teruggedrongen, terwijl dat van Januari maar weinig boven Februari uitkomt.

In het kort zouden we den jaarlijkschen gang aldus willen weer-

geven: maxima in Maart—April en October, een diep minimum in Juli en een minder diep in December.

Om te onderzoeken of er een meest geschikte zonshoogte is voor het ontstaan van den kleinen kring, hebben we de groepsgang-cijfers van de korte methode bevrijd van den jaarlijkschen gang-invloed. Daartoe deelen we de cijfers uit de zonshoogtengroepen-tabel in iedere maand door het jaarlijksche gangcijfer van die maand, dat alleen is gecorrigeerd voor bewolking en daglengte. De som van de quotiënten voor elke groep deelen we door de groeplengte. We krijgen dan de volgende verhoudingscijfers:

Zh. groep	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Uurwaarn.	58	98	146	204	210	208	220	237
Waarn.uren	77	112	163	209	210	211	221	233
Zh. groep	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Uurwaarn.	244	256	266	277	283	285	303	281
Waarn.uren	239	243	248	255	263	267	289	276

Uit de grafische voorstelling op pag. 44, waarin deze verhoudingscijfers zijn toegepast op de werkelijke totaalaantallen uurwaarnemingen en waarnemingsuren, blijkt duidelijk, dat bij grootere zonshoogten de kleine kring meer kans heeft om te ontstaan dan bij lagere zonnestanden. Waarschijnlijk komt hier tot uiting de invloed van de lengte van den lichtweg in de atmosfeer. Tot 15° treedt een snelle stijging op, die daarna nog wel doorgaat, maar steeds kleiner wordt. Omdat bij een zonshoogte van 68° de top van den kring in het zenith staat, treedt dan voor dien top de kortste lichtweg door de troposfeer op. De kromme zou dan, indien onze opvatting juist is, bij die zonshoogte een maximum moeten vertoonen. Een statistische bewerking van vrij uitvoerig waarnemingsmateriaal uit de tropen zou dit uit kunnen wijzen.

Het zwakke minimum in de zonshoogtengroep 20°—23° voor de uurwaarnemingen komt ook voor bij de raakbogen en zal dus wel een beteekenis hebben, die we echter niet kennen. Aan de vrij snelle stijging in de groep 56°—59° met de daarop volgende daling, kunnen we door de kleine groeplengte geen beteekenis hechten, omdat het toeval een te grooten invloed krijgt.

HOOFDSTUK III.

DE RAAKBOOG AAN DEN KLEINEN KRING.

Het onderzoek van van Everdingen naar den „Dagelijksche(n) en jaarlijksche(n) gang in het voorkomen van raakbogen”¹⁾ omvatte de jaren 1892—1916, terwijl wij voor alle bewerkte verschijnselen de jaren 1914—1931 genomen hebben, zoodat de jaren 1914—1916 in beide reeksen verwerkt zijn.

In tegenstelling met den kleinen kring zijn voor de andere verschijnselen, dus ook de raakbogen, waarnemingen op denzelfden tijd in één plaats gedaan, één maal geteld.

Waar in het vervolg berekenings- of eliminatiemethoden toegepast worden, die in het voorgaande behandeld zijn, zullen we deze slechts noemen zonder beschrijving.

In de maand-uur tabellen 10 en 11 zijn in de rechtsche kolom aangegeven de aantallen gebruikte waarnemingen en waarneemdatums.

De voornaamste punten van verschil tusschen de tabel voor de jaren 1892—1916 en tabel 10 zullen we kort aangeven.

Onze totaalsom voor het aantal uurwaarnemingen is belangrijk grooter, namelijk 2457 tegen 1654, terwijl bij de laatste ook nog maanswaarnemingen meegeteld zijn.

Wat de uursommen betreft is er overeenstemming in de plaats der maxima op 10 en 13, maar het voornaamste maximum ligt volgens tabel 10 in den voormiddag, bij de andere reeks in den namiddag. Na aanbrengen van de bewolkingscorrectie wordt het verschil nog grooter.

Bij de maandsommen liggen bij de 25-jarige reeks de maxima in Mei en October, de minima in Juli en December; de somkolom van tabel 10 heeft maxima in April, Augustus en October met minima in Februari, Juli en September. Vooral het Augustus-maximum is opmerkelijk, daar dit vrijwel steeds in de jaren 1914—1931 optreedt.

Bij vergelijking van de maandsommen in de tabellen 10 en 11 valt het verschil in gang op in de wintermaanden; terwijl voor de uren het namiddagmaximum in tabel 11 op 14 ligt.

¹⁾ Onw., Opt. Versch., enz. in 1917, dl. 38.

TABEL 10.

Maanden	U R E N																		Som	Waarn.
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Januari	—	—	—	—	4	10	14	19	16	17	9	13	4	—	—	—	—	106	70	
Februari	—	—	—	4	10	8	7	10	12	10	9	15	13	5	—	—	—	103	69	
Maart	—	—	—	15	32	29	34	29	33	27	26	23	29	17	2	—	—	296	165	
April	—	1	8	17	33	39	42	42	49	52	48	38	55	38	24	2	—	488	248	
Mei	2	4	11	24	40	38	31	22	14	20	30	36	22	27	32	16	—	369	212	
Juni	1	2	5	14	22	18	13	8	11	13	12	10	13	11	14	15	3	185	107	
Juli	—	—	2	7	10	6	9	7	7	10	12	9	6	4	7	5	—	101	75	
Augustus	—	—	5	12	12	20	25	19	14	14	17	17	23	8	12	2	—	200	131	
September	—	—	1	6	9	15	22	24	19	12	9	14	10	4	—	—	—	145	84	
October	—	—	—	10	20	21	30	23	25	22	27	29	23	5	—	—	—	235	126	
November	—	—	—	—	9	12	26	14	15	19	16	7	—	—	—	—	—	118	84	
December	—	—	—	—	2	13	21	15	14	25	16	5	—	—	—	—	—	111	62	
Som	3	7	32	109	203	229	274	232	229	241	231	216	198	119	91	40	3	2457	1433	

Maand-uur tabel voor de uurwaarnemingen van raakbogen.

TABEL 11.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som Waarn. dagen.
Januari	—	—	—	—	4	10	14	16	13	15	8	10	3	—	—	—	—	93
Februari	—	—	—	4	9	8	7	10	9	7	8	10	9	4	—	—	—	85
Maart	—	—	—	11	16	14	18	21	23	19	18	16	18	13	2	—	—	189
April	—	1	7	14	21	24	26	32	30	34	34	27	33	26	18	2	—	329
Mei	2	4	7	19	26	24	20	18	10	12	17	19	18	20	22	11	—	249
Juni	1	2	5	11	16	12	12	8	9	11	11	10	11	10	9	9	2	149
Juli	—	—	—	7	9	6	9	7	7	9	10	9	6	4	7	5	—	97
Augustus	—	—	—	10	12	15	19	13	11	11	13	14	17	7	10	2	—	158
September	—	—	—	6	8	12	15	18	15	9	8	10	10	4	—	—	—	116
October	—	—	—	9	15	14	17	11	12	11	17	15	12	3	—	—	—	136
November	—	—	—	—	8	11	15	13	9	12	12	6	—	—	—	—	—	86
December	—	—	—	—	2	8	16	10	11	14	12	4	—	—	—	—	—	77
Som	3	7	26	91	146	158	188	177	159	164	168	150	137	91	68	29	2	1764

Maand-nur tabel voor de waarnemingsuren van raakbogen.

Voor ons maximum in April is er overeenstemming met de cijfers, die Pinkhof¹⁾ geeft voor de aantallen waarneemdagen in de jaren 1901—1910. Overigens komen de daar gegeven getallen goed overeen met die voor de jaren 1892—1916 en wijken dus eveneens van de onze af.

De raakbogen zijn ook nog ingedeeld naar de zonshoogten. Voor alle gebruikte waarnemingen zijn de, bij de opgegeven tijden behorende, zonshoogten opgezocht in de grafiek. Daar deze geconstrueerd is voor de Bilt zullen de werkelijke zonshoogten voor waarnemingen buiten de Bilt iets afwijken van de opgezochte. Gemiddeld zal dit toch reeds kleine verschil wegvallen. Door het groote aantal waarnemingen uit het heele land, zullen er namelijk ongeveer evenveel en evengroote afwijkingen naar beide kanten voorkomen. Misschien zal het verloop daarvoor iets vlakker worden.

De waarnemingen werden in de vroeger gebruikte zonshoogtengroepen ondergebracht en wel zoo dat ze in een groep één keer geteld werden voor iederen zonshoogtegraad. Een waarneming, die gedaan werd in den voormiddag bij een zonshoogte van 23° tot 30° , werd dus één maal geteld in de groep 20° — 23° , vier maal in de groep 24° — 27° en drie maal in de groep 28° — 31° .

Ook de waarneemdagen werden op die manier ingedeeld, waarbij iedere hoogtegraad slechts één maal per dag geteld kon worden, onafhankelijk van het aantal waarnemingen bij die hoogte.

Het resultaat van deze bewerkingen is gegeven in de tabellen 12 en 13.

Tellen we voor iedere maand de cijfers van voor- en namiddag op, dan bepalen deze sommen den jaarlijkschen gang uitgedrukt in „graad-waarnemingen” en „waarneemgraden”.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	174	222	856	1620	1175	600	253	540	341	588	207	181
Waarn.gr.	170	199	555	1227	886	507	249	473	295	323	162	149

De maxima liggen hierbij in April, Augustus en October, de minima in Juli, September en Januari of December.

Uit deze gangcijfers kunnen we eenvoudig den daglengte-invloed elimineeren door de voor- en namiddagcijfers te deelen door de voor- of namiddaglengte en de quotiënten op te tellen. Na vermenigvuldiging met 100 krijgen we als verhoudingsgetallen:

¹⁾ Bijdrage tot de theorie der halo-verschijnselen. Verh. Kon. Ak. v. Wetensch. Amsterdam 13, 1919, pg. 78.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	166	147	490	779	498	240	105	244	180	371	157	157
Waarn.gr.	163	132	318	590	376	202	103	214	156	203	123	129

Alleen voor de wintermaanden geeft dit een kleine verandering in de plaats der maxima en minima, terwijl verder het verloop veel vlakker is geworden.

Van Everdingen leidde met behulp van de maand-uur tabel af, dat er voor de raakbogen een maximum optreedt bij een zonshoogte van 40° tot 44° en een minimum bij 20° tot 24°.

TABEL 12.

Voormiddag

Maanden	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Zonsh.gr.													
0°-3°	1	—	3	—	2	—	—	—	—	1	4	2	13
4°-7°	14	7	17	—	5	1	—	1	2	2	11	17	77
8°-11°	26	13	25	10	4	2	—	4	3	9	7	38	141
12°-15°	26	21	39	29	9	1	—	9	11	21	28	33	227
16°-19°	7	21	52	25	14	2	4	25	12	41	40	2	245
20°-23°	—	15	77	35	12	6	6	28	10	56	16	—	261
24°-27°	—	7	69	50	25	9	9	17	15	55	—	—	256
28°-31°	—	—	61	75	33	12	7	22	12	18	—	—	240
32°-35°	—	—	44	102	70	25	18	26	35	5	—	—	325
36°-39°	—	—	43	83	87	38	19	26	35	—	—	—	331
40°-43°	—	—	8	91	74	45	8	42	31	—	—	—	299
44°-47°	—	—	—	70	64	48	10	43	7	—	—	—	242
48°-51°	—	—	—	18	67	29	16	23	—	—	—	—	153
52°-55°	—	—	—	—	47	32	10	9	—	—	—	—	98
56°-59°	—	—	—	—	16	29	11	—	—	—	—	—	56
60°-61°	—	—	—	—	—	6	2	—	—	—	—	—	8
Som	74	84	438	588	529	285	120	275	173	208	106	92	2972

Namiddag

0°-3°	13	17	10	21	24	8	4	16	2	29	3	9	156
4°-7°	29	22	39	41	28	29	2	21	5	39	8	16	279
8°-11°	9	18	59	58	43	25	5	10	11	62	19	35	354
12°-15°	38	28	56	81	50	13	6	4	18	63	31	26	414
16°-19°	11	23	42	108	34	12	6	7	26	53	26	3	351
20°-23°	—	14	41	117	30	16	2	17	25	65	14	—	341
24°-27°	—	14	48	106	44	16	6	32	19	56	—	—	341
28°-31°	—	2	39	84	52	17	7	24	14	6	—	—	245
32°-35°	—	—	39	87	69	22	8	24	20	7	—	—	276
36°-39°	—	—	39	110	71	18	8	25	8	—	—	—	279
40°-43°	—	—	6	116	65	23	13	32	15	—	—	—	270
44°-47°	—	—	—	79	58	24	15	23	5	—	—	—	204
48°-51°	—	—	—	21	57	32	18	23	—	—	—	—	154
52°-55°	—	—	—	—	18	24	14	7	—	—	—	—	63
56°-59°	—	—	—	—	3	27	17	—	—	—	—	—	47
60°-61°	—	—	—	—	—	9	2	—	—	—	—	—	11
Som	100	138	418	1032	646	315	133	265	168	380	101	89	3785

Graadwaarnemingen van de raakbogen ingedeeld in de zonshoogtengroepen.

TABEL 13.

Voormiddag													
Maanden	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
Zonsh.gr.													
0°-3°	1	—	3	—	2	—	—	—	—	1	4	2	13
4°-7°	14	7	17	—	5	1	—	1	2	2	11	13	73
8°-11°	26	12	22	10	4	2	—	4	3	8	7	30	128
12°-15°	26	21	34	29	9	1	—	8	11	16	21	26	202
16°-19°	7	21	31	25	13	2	4	21	12	32	30	1	199
20°-23°	—	15	31	32	10	6	6	22	9	35	14	—	180
24°-27°	—	7	34	37	22	9	9	17	15	26	—	—	176
28°-31°	—	—	35	51	29	11	7	22	12	13	—	—	180
32°-35°	—	—	29	59	57	19	18	26	29	4	—	—	241
36°-39°	—	—	34	58	65	25	18	25	28	—	—	—	253
40°-43°	—	—	6	64	53	32	8	39	21	—	—	—	223
44°-47°	—	—	—	50	47	37	10	34	6	—	—	—	184
48°-51°	—	—	—	14	47	26	16	18	—	—	—	—	121
52°-55°	—	—	—	—	34	30	10	7	—	—	—	—	81
56°-59°	—	—	—	—	14	29	11	—	—	—	—	—	54
60°-61°	—	—	—	—	—	6	2	—	—	—	—	—	8
Som	74	83	276	429	411	236	119	244	148	137	87	72	2316
Namiddag													
0°-3°	12	15	7	20	18	8	4	13	2	17	3	9	128
4°-7°	29	18	25	37	20	24	2	17	5	15	7	12	211
8°-11°	9	16	36	48	32	21	5	10	11	25	16	30	259
12°-15°	36	20	34	62	32	10	6	4	18	35	23	23	303
16°-19°	10	22	23	75	36	8	6	7	24	30	17	3	261
20°-23°	—	12	23	78	28	12	2	14	17	32	9	—	227
24°-27°	—	11	33	74	41	13	6	27	15	21	—	—	241
28°-31°	—	2	32	73	41	16	7	19	11	6	—	—	207
32°-35°	—	—	31	76	46	18	8	18	18	5	—	—	220
36°-39°	—	—	30	85	41	17	8	23	8	—	—	—	212
40°-43°	—	—	5	87	41	23	13	29	14	—	—	—	212
44°-47°	—	—	—	63	42	24	15	23	4	—	—	—	171
48°-51°	—	—	—	20	39	29	18	18	—	—	—	—	124
52°-55°	—	—	—	—	15	16	13	7	—	—	—	—	51
56°-59°	—	—	—	—	3	24	15	—	—	—	—	—	42
60°-61°	—	—	—	—	—	8	2	—	—	—	—	—	10
Som	96	116	279	798	475	271	130	229	147	186	75	77	2879

Waarnemingsgraden van de raakbogen ingedeeld in de zonshoogtegroepen.

Tellen wij de voor- en namiddagaantallen in de groepen van de tabellen 12 en 13 op, dan krijgen we, afgezien van de eerste en laatste groepen:

Zonsh.groep	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°
Graadwaarnemingen	495	641	596	602	597
Waarnemingsgraden	387	505	460	407	417
Zonsh.groep	28°-31°	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°
Graadwaarnemingen	485	601	610	569	446
Waarnemingsgraden	387	461	465	435	255

Hierbij liggen de maxima bij 12° — 15° , 20° — 27° en 36° — 39° en het voornaamste minimum bij 28° — 31° .

Om den tijdsinvloed te elimineeren deelen we door het aantal cm^2 van iedere groep (tabel 9). Vermenigvuldigen met 100 geeft:

Zonsh.groep	8° — 11°	12° — 15°	16° — 19°	20° — 23°	24° — 27°
Graadwaarnemingen	250	272	303	361	398
Waarnemingsgraden	196	214	234	244	278
Zonsh.groep	28° — 31°	32° — 35°	36° — 39°	40° — 43°	44° — 47°
Graadwaarnemingen	353	488	530	534	470
Waarnemingsgraden	282	375	394	408	374

Afgezien van de oneffenheid bij 24° — 27° vinden ook wij dus het maximum voor de groep 40° — 43° en verder een geleidelijke verandering. Met het oog op dezen zonshoogte-invloed heeft het weinig zin om een dagelijkschen gang te bepalen, tenzij genoemde invloed geelimineerd wordt.

In plaats daarvan hebben we den jaarlijkschen gang bepaald op 2 manieren. Bij de eerste methode gaan we uit van de tabellen 10 en 11 en corrigeeren die voor bewolking, dagelijkschen gang en daglengte; bij de tweede vormen de tabellen 12 en 13 het punt van uitgang en worden correcties aangebracht voor bewolking, groepsgang, dus zonshoogte, en daglengte. Vergelijking van de uitkomsten geeft dan aan, welke invloed grooter is, die van den dagelijkschen gang of van de zonshoogte.

Voor de manier van bewerking bij het corrigeeren voor de bewolking kunnen we verwijzen naar hoofdstuk II.

De waarnemingen en waarnemingsdatums voor de raakbogen werden voor de jaren 1923—1931 weer ondergebracht in de zonneschijngroepen van de Bilt en Groningen. Dat leverde de tabellen 14 en 15 op, overeenkomend met de tabellen 5 en 6.

Met behulp van tabel 4 berekenen we hieruit verwachtingstabellen voor dagen en waarnemingen. De verwachtingsaantallen voor de maanden bleken te zijn:

		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Wauru.	v.m.	54	50	65	63	68	66	69	72	70	64	53	52
"	n.m.	64	61	78	77	81	83	87	83	81	78	65	63
Dagen	v.m.	34	34	40	40	43	41	43	45	41	41	35	31
"	n.m.	41	41	52	49	52	53	55	53	52	49	42	40

Door de som van voor- en namiddagverwachtingscijfers te deelen op de werkelijke aantallen waarnemingen en waarneemdatums (tabellen

TABEL 14.

Zonneschijn- Groepen	Voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	23	5	1	—	1	2	2	—	—	—
Februari	5	4	2	4	—	1	2	2	2	—
Maart	8	6	9	6	2	1	3	8	1	—
April	8	6	2	6	3	5	6	9	4	1
Mei	11	3	8	8	6	3	9	10	4	—
Juni	2	2	3	5	5	2	2	4	5	—
Juli	8	1	4	1	3	3	5	6	5	—
Augustus	5	3	4	8	5	8	5	2	4	—
September	9	1	6	7	5	1	3	—	—	—
October	9	7	5	3	8	6	3	—	1	—
November	18	4	3	5	3	3	1	1	—	—
December	11	4	1	2	3	1	1	2	1	—
Som	117	46	48	55	44	36	42	44	27	1
	Namiddag									
Januari	23	1	4	—	2	1	2	1	—	—
Februari	7	3	3	2	—	4	1	1	1	—
Maart	11	8	4	5	9	6	5	8	—	—
April	23	15	8	14	9	14	8	8	5	—
Mei	11	14	7	11	5	12	6	10	6	—
Juni	3	3	5	7	8	5	7	9	3	—
Juli	10	2	4	12	4	10	9	3	2	—
Augustus	5	7	10	6	16	5	2	5	10	—
September	6	4	2	3	4	2	3	1	1	—
October	7	5	4	6	5	6	1	2	—	—
November	16	3	2	—	2	2	—	1	—	—
December	8	4	2	2	3	2	—	1	—	—
Som	130	69	55	68	67	69	44	50	28	—

Aantal voor- en namiddagen met raakboogwaarnemingen in de zonneschijngroepen (1923—1931).

10 en 11), krijgen we voor de bewolking gecorrigeerde verhoudingsgetallen. Na vermenigvuldiging met den factor 140 resp. 90 vinden we:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Waarn.	83	87	162	248	199	101	67	118	78	124	100	75
Dagen	60	47	80	110	93	60	52	66	53	60	55	43

Door de bewolkingscorrectie zijn de gangcijfers niet ingrijpend veranderd. De getallen voor de zomermaanden, ook voor Augustus, zijn gedaald en die voor de wintermaanden gestegen, terwijl bij de waarnemingen het Januari-maximum is verdwenen.

De tabellen 10—13 worden voor de bewolking gecorrigeerd door de maand-voor- en namiddagcijfers te deelen door de verwachtingscijfers. Uit deze gecorrigeerde tabellen vinden we de, alleen voor be-

TABEL 15.

Zonneshijn- Groepen	V o o r m i d d a g									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	28	6	1	—	2	3	2	—	—	—
Februari	6	5	4	9	—	1	2	2	3	—
Maart	10	6	21	12	4	3	5	10	1	—
April	18	11	2	11	3	7	12	21	6	5
Mei	15	7	13	18	13	6	22	28	12	—
Juni	2	2	8	8	6	2	4	11	9	—
Juli	9	1	4	1	4	5	6	6	6	—
Augustus	6	5	4	17	9	13	11	5	8	—
September	10	1	7	12	9	1	6	—	—	—
October	13	11	12	3	16	6	3	—	2	—
November	30	9	3	7	3	3	2	1	—	—
December	24	5	1	4	3	1	1	2	1	—
Som	171	69	80	102	72	51	76	86	48	5
	N a m i d d a g									
Januari	31	1	4	—	2	1	3	2	—	—
Februari	7	3	3	2	—	4	1	1	1	—
Maart	15	11	4	7	13	6	7	11	—	—
April	41	42	11	27	14	31	23	9	18	—
Mei	28	28	17	24	13	20	12	22	10	—
Juni	3	5	7	7	12	6	8	12	4	—
Juli	12	2	5	16	4	11	10	3	3	—
Augustus	7	7	12	11	22	7	2	6	16	—
September	7	4	3	4	4	2	4	1	1	—
October	7	17	4	8	7	8	2	3	—	—
November	18	3	2	—	2	4	—	1	—	—
December	12	9	2	2	4	2	—	1	—	—
Som	188	132	74	108	97	102	72	72	53	—

Aantal waarnemingen van raakbogen in de zonneshijngroepen (1923—1931).

wolking gecorrigeerde, verhoudingscijfers van den jaarlijkschen gang uitgedrukt in uurwaarnemingen of waarnemingsuren en graadwaarnemingen of waarnemingsgraden.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	125	128	290	483	347	173	90	180	135	231	141	137
Waarn.uren	101	92	165	292	212	130	80	131	104	123	91	88
Graadwaarn.	206	275	846	1590	1101	567	227	488	318	567	248	223
Waarn.graden	181	213	491	1079	751	435	203	391	258	285	172	171

Ook nu blijkt er onderling eenig verschil te zijn voor den gang in de wintermaanden.

Uit de zonshoogtengroepentabel krijgen we, na eliminatie van den tijdinfluss, de volgende groepsgangcijfers:

Zonsh.gr.	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Graadwaarn.	68	191	256	282	306	357	387	343
Waarn.gr.	54	138	183	203	212	220	241	247
Graadwaarn.	52	148	191	210	209	210	221	184
Waarn.gr.	58	151	199	218	215	205	211	197
Zonsh.gr.	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Graadwaarn.	474	514	514	454	325	193	143	84
Waarn.gr.	330	355	354	323	235	143	119	71
Graadwaarn.	279	293	304	280	240	166	159	98
Waarn.gr.	278	289	294	277	238	163	164	99

In de laatste twee rijen is de groepsgang aangegeven, die ontstaat, wanneer ook nog de invloed van den jaarlijkschen gang is geëlimineerd. De cijfers in beide rijen zijn ongelijk door niet weggewerkte factoren, die den gang beïnvloeden, zooals de duidelijkheid. Tusschen 12° en 27° is eenige onregelmatigheid in gang door een relatief minimum bij 16°—23°, maar het minimum voor de groep 28°—31° is zeer duidelijk, evenals het maximum voor de groep 40°—43°, wat uit de grafische voorstelling op pag. 44 blijkt. Of het minimum veroorzaakt wordt bij den doorgang van het zonlicht in de ijskristallen, zullen theorie of experiment uit moeten maken. Voor het maximum geven we een mogelijke verklaring op pag. 43, waar de groepsgang van kleinen kring en raakbogen wordt vergeleken.

Als we uit de gecorrigeerde tabellen 10—13 den jaarlijkschen gang bepalen door, na den bewolkingsinvloed, ook den invloed van den dagelijkschen gang en daglengte of groepsgang en daglengte te elimineeren, dan zijn de uitkomsten:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn.	70	65	132	193	159	83	41	76	60	112	88	86
Waarn.uren	89	71	117	179	144	89	56	86	72	93	89	83
Graadwaarn.	85	77	157	211	142	81	35	65	46	122	78	104
Waarn.graden	98	85	133	206	143	88	42	74	55	92	76	103

De laatste 2 rijen zijn verkregen onder weglating van de zonshoogtengroep 0°—3° van den voormiddag, omdat November in die groep een buitengewoon groote waarde kreeg, na deeling door het groepsgemiddelde, zoodat het najaarsmaximum in die maand kwam te liggen. De zonshoogtengroepen-methode blijkt hierbij dus het bezwaar van de randgroep te hebben, dat echter direct in het oog valt en dan opgeheven kan worden door weglating van de groep met een overeenkomende verkorting van de gemiddelde daglengte.

Om den invloed van den dagelijkschen gang te kunnen vergelijken met dien van de zonshoogte, geven we den jaarlijkschen gang, zooals die bij de beide methoden gevonden is, weer in procenten van de som. In de eerste 4 rijen staan de maandpercentages volgens de maand-uur tabellen vóór en na de correcties, daarna volgen die volgens de zonshoogtengroepen.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Uurwaarn. ongec.	4	4	12	20	15	8	4	8	6	10	5	5
Waarn.uren „	5	5	11	19	14	8	5	9	7	8	5	4
Uurwaarn. gec.	6	6	11	17	14	7	4	7	5	10	8	7
Waarn.uren „	8	6	10	15	12	8	5	7	6	8	8	7
Graudwaarn. ongec.	3	3	13	24	17	9	4	8	5	9	3	3
Waarn.graden „	3	4	11	24	17	10	5	9	6	6	3	3
Graudwaarn. gec.	7	6	13	18	12	7	3	5	4	10	6	9
Waarn.graden „	8	7	11	17	12	7	4	6	5	8	6	9

Bezien we telkens de cijfers in één maand, dan blijkt dat de veranderingen bij de laatste methode over het algemeen grooter zijn dan bij de eerste, waaruit volgt, aannemend dat de daglengtecorrectie even groot is, dat de zonshoogte-invloed grooter is dan die van den dagelijkschen gang, evenals bij den kleinen kring.

Het onderlinge gangverschil voor de wintermaanden blijft bij de uurwaarnemingen en waarnemingsuren bestaan; daarvoor is het verloop bij de zonshoogtengroepcijfers mooier. Ook het Augustus-maximum is in de laatste 2 rijen nog maar van heel weinig beteekenis in vergelijking met de andere maxima.

De voorjaarsmaanden blijken bijzonder geschikt te zijn voor het optreden van de raakbogen, ook na eliminatie van de verschillende factoren die we hebben kunnen nagaan. Ook hier zullen we, evenals bij den kleinen kring, moeten denken aan meteorologische invloeden. Terwijl voor den kring de maanden Maart en April echter even gunstig bleken te zijn en betrekkelijk weinig boven verschillende andere maanden uitkwamen, is het April-maximum bij de raakbogen zeer sterk.

In het algemeen valt de raakboog op door kleuren, die mooier zijn dan die van den kring, en de helderheid van de atmosfeer zal daardoor meer invloed hebben op de zichtbaarheid van de raakbogen dan op die van den kring. En indien nu de raakboog even vaak ontstaat in Maart als in April, zal hij in April vaker worden gezien, omdat de doorzichtigheid van de atmosfeer in April, tengevolge van den meer optredenden Noordenwind, grooter is dan die in Maart.

Ook zou het bevoorrecht zijn van April boven Maart voor de

raakbogen een gevolg kunnen zijn van een rustiger atmosfeer op groote hoogten in April, omdat daardoor meer kristallen kunnen vallen met horizontale assen. Wellicht treedt in Maart meer turbulentie op, als gevolg van grootere windsnelheden en meer stormen. Ook is het mogelijk, dat onregelmatige convectiestroomen, veroorzaakt door grootere verticale gradiënten, sterker in Maart optreden dan in April. Een nader onderzoek hieromtrent is achterwege gelaten.

De verhoudingscijfers die we vonden voor den groepsgang van de raakbogen vertoonen vrij veel overeenkomst met die voor den kleinen kring tot 27° . Om vergelijking goed mogelijk te maken, hebben we de werkelijke totaalaantallen uurwaarnemingen en waarnemingsuren voor kring en raakboog, zooals die gegeven zijn in de tabellen 1, 2, 10 en 11, over de zonshoogtengroepen verdeeld, naar evenredigheid van de verkregen groepsgangcijfers. We krijgen dan:

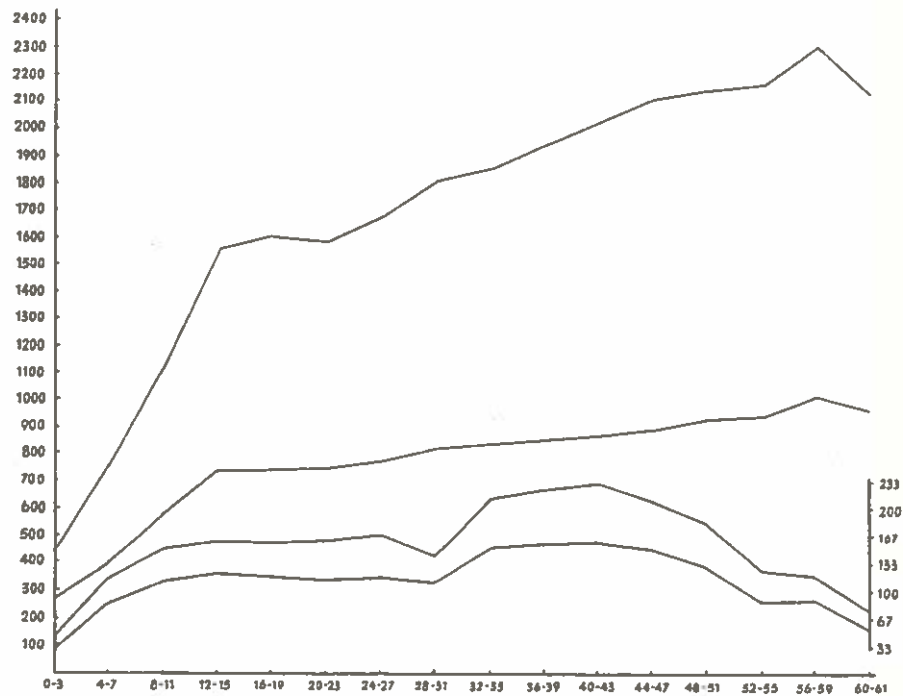
Zonsh.gr.	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Uurwrn. kl.kr.	442	747	1112	1553	1599	1584	1677	1805
„ rkg.	39	112	145	159	158	159	167	139
Wrn.ur. kl.kr.	269	392	571	733	736	740	775	816
„ rkg.	28	82	108	118	116	111	114	107
Zonsh.gr.	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Uurwrn.kl.kr.	1858	1949	2026	2109	2155	2173	2306	2138
„ rkg.	211	222	230	212	182	126	120	74
Wrn.ur. kl.kr.	837	852	870	893	922	936	1012	967
„ rkg.	151	157	159	150	129	88	89	54

Om deze uitkomsten overzichtelijker te maken, hebben we ze in de figuur grafisch voorgesteld.

Afgezien van kleine onregelmatigheden wijst het verloop van de krommen voor den kring wel op een maximum niet ver boven 60° .

Betreffende het maximum voor den raakboog bij 40° — 43° willen we het volgende opmerken. Boven 43° zonshoogte begint de vorm van den raakboog steeds meer dien van den kring te naderen. Indien we nu aannemen, dat daardoor een, met de grootere zonshoogten toenemend, aantal raakbogen voor kringen wordt aangezien, zal het maximum bij 40° — 43° verklaard kunnen worden. Daar de stijging voor den kring boven 43° grooter is dan de daling voor den raakboog, zouden we willen veronderstellen, dat in werkelijkheid de raakboog in aantal blijft toenemen boven 43° en dat die stijging overeenkomt met de daardoor

verzwakte stijging van den kring. We komen dan tot nog grootere overeenstemming in den groepsgang voor raakboog en kring: een snel stijgen tot 15° , gevolgd door een steeds afnemende stijging, als gevolg



Groepsgang voor uurwaarnemingen en waarnemingsuren van kleinen kring en raakboog. De beide onderste lijnen zijn voor den raakboog, met 3 maal vergroote ordinaat.

van den afnemenden lichtweg door de atmosfeer. Alleen heeft de raakboog nog een minimum in de groep $28^\circ-31^\circ$ dat niet bij den kring voorkomt. Wel treedt de kleine daling in de groep $20^\circ-23^\circ$ bij beide verschijnselen op.

HOOFDSTUK IV.

DE BIJZONNEN.

De maand-uur tabellen 16 en 17 voor de bijzonnen nemen we volledigheidshalve op, om ze te kunnen vergelijken met die van van Everdingen in zijn onderzoek naar den „Dagelijksche(n) en jaarlijksche(n) gang in het voorkomen van bijzonnen" over de jaren 1894—1913¹⁾.

Daar de beide reeksen van jaren aansluiten, kan er geen bezwaar zijn tegen sommeering van tabel 16 met die uit het eerste onderzoek. We hebben dit nagelaten, daar we deze tabellen verder niet gebruiken.

Wat den jaarlijkschen gang betreft, kunnen we het eenvoudigst de maandsommen uit tabel 17 vergelijken met die voor de jaren 1894—1913. Het eenige verschil treedt op in de ligging van het najaarsmaximum, dat bij ons een maand later valt, in November. De punten van verschil, die er zijn tusschen den gang volgens de tabellen 16 en 17, zijn er dus óók nog tusschen de gangcijfers volgens tabel 16 en die van de oudere reeks.

Het uurmaximum in den voormiddag ligt in beide reeksen op 8, maar dat in den namiddag valt in onze tabellen een uur vroeger, op 16.

Omdat ook voor de bijzonnen een gunstigste zonshoogte bestaat voor het ontstaan, hebben we de waarnemingen alleen bewerkt volgens de korte zonshoogtengroepen methode.

Voor alle waarneemtijden werden de bijbehorende zonshoogten opgezocht en de graadwaarnemingen zoowel als de waarnemingsgraden weer ingedeeld in groepen van 4° zonshoogte. Het resultaat daarvan is opgenomen in de tabellen 18 en 19.

De grootste zonshoogte, waarbij de bijzon werd waargenomen, is 51°. Voor de zekerheid zijn alle kaarten van waarnemingen bij groote zonshoogten nog eens gecontroleerd. Daarbij hebben we er één terzijde moeten leggen. Bij deze waarneming van 1 Juli 1926 om 14.25 zomertijd, zonshoogte 57°, was opgegeven: „bijzon flauw", zonder dat er iets

¹⁾ Onw., Opt. Verseh. enz. in 1915, deel 36, pg. 89.

TABEL 16.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som	Wm.
Januari	—	—	—	—	5	13	17	27	17	32	35	27	3	—	—	—	—	176	130
Februari	—	—	—	3	15	14	6	9	9	9	16	34	37	2	—	—	—	154	109
Mart	—	—	1	36	55	34	35	19	14	17	20	34	64	51	1	—	—	381	244
April	—	2	19	21	14	10	8	4	6	9	19	26	61	71	37	—	—	307	210
Mei	1	9	23	27	21	9	—	—	—	1	4	10	18	50	71	30	2	276	170
Juni	2	10	11	13	4	2	—	—	—	—	1	3	5	14	35	27	3	130	87
Juli	—	5	3	4	2	—	—	—	—	—	1	1	6	9	24	19	—	74	61
Augustus	—	4	10	16	13	5	1	1	—	—	2	9	10	21	35	4	—	131	103
September	—	2	9	15	17	7	3	1	3	1	4	18	25	13	1	—	—	119	88
October	—	—	1	7	24	18	11	9	6	14	15	29	29	4	—	—	—	167	135
November	—	—	—	3	12	26	22	14	21	27	28	14	2	—	—	—	—	169	119
December	—	—	—	—	2	9	22	20	23	22	22	4	—	—	—	—	—	133	100
Som	3	32	77	145	184	147	125	113	99	132	167	209	260	235	204	80	5	2217	1556

Maand-uur tabel voor de uurwaarnemingen van bijzonnen.

TABEL 17.

Maanden	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som	Wrn. datums
Januari	—	—	—	—	5	13	16	21	11	25	24	19	2	—	—	—	—	136	78
Februari	—	—	—	2	10	9	6	8	6	6	11	20	22	1	—	—	—	101	57
Maart	—	—	1	19	22	15	19	10	8	10	14	21	43	31	1	—	—	214	95
April	—	2	18	16	9	9	7	3	5	7	14	16	38	46	27	—	—	217	105
Mei	1	9	18	16	12	6	—	—	—	1	2	6	12	33	48	16	2	182	90
Juni	2	8	8	9	4	2	—	—	—	—	1	3	4	14	28	20	1	104	57
Juli	—	5	3	4	1	—	—	—	—	—	1	1	6	8	20	17	—	66	46
Augustus	—	4	9	11	11	5	1	1	—	—	2	6	8	14	26	3	—	101	68
September	—	2	8	13	12	5	3	1	2	1	4	16	22	12	1	—	—	102	57
October	—	—	1	7	18	15	10	7	6	12	14	24	17	4	—	—	—	135	79
November	—	—	—	2	11	20	15	10	15	22	25	14	2	—	—	—	—	136	75
December	—	—	—	—	2	7	17	24	21	19	20	4	—	—	—	—	—	114	62
Som	3	30	66	99	117	106	94	85	74	103	132	150	176	163	151	56	3	1608	869

Maand uur tabel voor de waarnemingsuren van bijzonnen.

TABEL 18.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	3	—	3	3	2	—	—	1	3	—	4	3	22
4°-7°	11	13	3	8	1	1	—	1	5	—	25	5	73
8°-11°	27	26	34	17	7	18	5	6	12	18	34	25	229
12°-15°	43	37	61	35	23	18	4	8	27	24	46	50	376
16°-19°	10	10	87	30	28	26	4	21	33	13	41	1	304
20°-23°	—	6	89	47	33	23	—	20	17	31	18	—	284
24°-27°	—	8	98	33	40	22	1	17	16	17	—	—	252
28°-31°	—	2	65	16	49	22	1	12	12	10	—	—	189
32°-35°	—	—	45	12	39	16	6	11	8	3	—	—	140
36°-39°	—	—	32	7	25	2	1	4	4	—	—	—	75
40°-43°	—	—	—	15	28	4	1	6	1	—	—	—	55
44°-47°	—	—	—	10	10	1	—	1	—	—	—	—	22
48°-51°	—	—	—	4	2	3	—	—	—	—	—	—	9
Som	94	102	517	237	287	156	23	108	138	116	168	84	2030
	Namiddag												
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	8	18	22	14	20	15	5	6	2	21	5	6	142
4°-7°	45	63	75	65	102	47	33	33	13	32	17	26	551
8°-11°	50	64	100	92	132	52	24	43	22	59	29	38	705
12°-15°	68	40	84	97	96	41	16	36	23	45	55	39	640
16°-19°	13	33	75	105	82	33	19	27	26	24	30	—	467
20°-23°	—	20	48	104	43	17	5	17	18	20	12	—	304
24°-27°	—	13	55	79	27	8	8	14	8	13	—	—	225
28°-31°	—	1	47	46	22	8	8	14	3	2	—	—	151
32°-35°	—	—	23	48	11	4	2	12	6	—	—	—	106
36°-39°	—	—	16	33	14	4	—	6	2	—	—	—	75
40°-43°	—	—	1	14	8	3	1	—	1	—	—	—	28
44°-47°	—	—	—	5	2	3	—	—	—	—	—	—	10
48°-51°	—	—	—	7	—	2	3	—	—	—	—	—	12
Som	184	252	546	709	559	237	124	208	124	216	148	109	3416

Graadwaarnemingen van de bijzonnen.

vermeld werd over den afstand tot de zon, die bij deze zonshoogte toch opvallend groot is. Het leek ons veiliger, deze waarneming niet in de bewerking op te nemen.

Als we de voor- en namiddagcijfers uit de tabellen 18 en 19 optellen, krijgen we den daardoor bepaalden jaarlijkschen gang.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	278	354	1063	946	846	393	147	316	262	332	316	193
Waarn.gr.	231	244	676	772	642	338	142	272	240	283	254	183

Het Januari-maximum uit de maand-uur tabellen is hier niet aanwezig, het Augustus-maximum echter in beide rijen; dat voor het najaar valt in deze cijfers een maand vroeger, terwijl het Maart—April verschil ook hier voorkomt.

TABEL 19.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	3	—	3	3	2	—	—	1	3	—	4	3	22
4°-7°	11	11	3	8	1	1	—	1	5	—	22	4	67
8°-11°	27	22	25	17	7	17	5	6	12	18	28	23	207
12°-15°	37	25	36	35	20	16	4	8	24	24	37	46	312
16°-19°	9	9	39	26	27	20	4	18	26	13	24	1	216
20°-23°	—	6	44	36	28	19	—	19	15	26	9	—	202
24°-27°	—	7	42	26	36	18	1	15	14	17	—	—	176
28°-31°	—	2	32	16	36	17	1	12	9	8	—	—	133
32°-35°	—	—	27	12	32	13	6	10	8	3	—	—	111
36°-39°	—	—	23	7	19	2	1	4	4	—	—	—	60
40°-43°	—	—	—	12	17	4	1	6	1	—	—	—	41
44°-47°	—	—	—	9	7	1	—	1	—	—	—	—	18
48°-51°	—	—	—	3	2	3	—	—	—	—	—	—	8
Som	87	82	274	210	234	131	23	101	121	109	124	77	1573
	Namiddag												
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	8	15	19	12	19	8	5	6	2	17	5	6	122
4°-7°	32	38	60	47	71	36	31	30	13	23	17	25	423
8°-11°	41	39	81	66	89	50	21	29	22	41	29	37	545
12°-15°	50	23	50	78	68	36	16	28	23	37	50	38	506
16°-19°	13	22	49	81	61	29	19	23	23	22	24	—	366
20°-23°	—	18	32	79	31	17	5	16	17	19	5	—	239
24°-27°	—	6	41	60	21	8	8	12	8	13	—	—	177
28°-31°	—	1	31	38	20	7	8	12	3	2	—	—	122
32°-35°	—	—	18	45	9	4	2	10	5	—	—	—	93
36°-39°	—	—	11	32	11	4	—	5	2	—	—	—	65
40°-43°	—	—	1	12	6	3	1	—	1	—	—	—	24
44°-47°	—	—	—	5	2	3	—	—	—	—	—	—	10
48°-51°	—	—	—	7	—	2	3	—	—	—	—	—	12
Som	144	162	402	562	408	207	119	171	119	174	130	106	2704

Waarnemingsgraden van de bijzonnen.

Om den invloed van de daglengte te elimineeren, moeten we de maandcijfers deelen door de „betrekkelijke daglengte“, die we krijgen door in tabel 9 de aantallen cm² te nemen tot de zonshoogte 51°, omdat bij grootere zonshoogte de bijzon vrijwel nooit ontstaat. De aantallen cm² in de maanden tusschen de zonshoogtelijnen 0°—51°, die de betrekkelijke daglengte bepalen, zijn:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
247¼	300	349½	416	387¼	375½	381	415¼	379	319½	263	230½

Eliminatie van deze daglengte geeft de volgende verhoudingscijfers voor den jaarlijkschen gang:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	112	118	304	227	219	105	38	76	69	104	120	84
Waarn.gr.	93	81	193	186	166	90	36	65	63	89	97	79

De voorjaaronregelmatigheid is verdwenen, het najaarsmaximum komt in November, maar een winteronregelmatigheid is er bij gekomen, namelijk het Januari-maximum voor de waarnemingsgraden.

Den groepsgang vinden we uit de tabellen 18 en 19, na sommatie van voor- en namiddagcijfers, en daaruit kunnen we den groeplengte-invloed weer verwijderen (laatste 2 rijen).

	00-30	40-70	80-110	120-150	160-190	200-230	240-270
Gr.waarn.	164	624	934	1016	771	588	477
Waarn.gr.	144	490	752	818	582	441	353
Gr.waarn. gec.	72	333	473	431	391	353	317
Waarn.gr. „	63	262	381	347	295	264	235
	280-310	320-350	360-390	400-430	440-470	480-510	
Gr.waarn.	340	246	150	83	32	21	
Waarn.gr.	255	204	125	65	28	20	
Gr.waarn. gec.	247	199	131	77	34	24	
Waarn.gr. „	185	166	109	61	30	23	

Het verloop in deze rijen cijfers is vrij regelmatig. In de eerste twee, waarop geen enkele correctie is toegepast, ligt het maximum in de zonshoogtengroep 12°—15°, terwijl dit door de eliminatie van de groeplengte in de groep 8°—11° komt. Van Everdingen vond, zonder correcties, een maximum in de groep 8°—11°, met een vrij langzame daling naar weerskanten.

Uit de zonshoogtengroepen-tabellen zouden we nu den jaarlijkschen gang kunnen bepalen zonder invloed van den groepsgang en ook den groepsgang bevrijd van den jaarlijkschen, maar in de dan verkregen uitkomsten zou toch nog de bewolking haar invloed doen gelden. Daarom zullen we onze tabellen eerst weer corrigeren voor de bewolking op de reeds vroeger tweemaal toegepaste manier.

De aantallen waarnemingen en waarneemdagen over de jaren 1923—1931 werden weer ingedeeld in de zonneschijngroepen. Het resultaat is gegeven in de tabellen 20 en 21.

De hieruit met behulp van tabel 4 berekende verwachtingscijfers waren:

		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Waarn.	v.m.	41	40	49	51	51	50	54	55	51	49	41	40
„	n.m.	73	72	93	91	100	98	104	101	100	91	75	71
Dagen	v.m.	30	27	32	33	35	33	36	38	36	33	30	29
„	n.m.	46	46	58	56	62	60	65	62	62	56	44	46

TABEL 20.

Zonneschijn- Groepen	Voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	20	8	4	4	4	2	4	3	3	—
Februari	11	3	5	3	2	—	1	—	1	—
Maart	9	3	8	5	1	4	6	4	—	—
April	6	4	—	3	2	4	3	6	6	—
Mei	10	1	3	3	—	—	2	7	4	—
Juni	1	—	2	4	2	2	1	4	4	—
Juli	2	2	1	—	2	—	2	4	1	—
Augustus	—	2	3	2	4	2	4	3	2	—
September	7	4	2	8	4	—	3	3	1	—
October	8	4	3	6	7	11	3	2	2	—
November	13	4	4	3	4	1	6	1	—	—
December	17	4	1	7	5	2	2	3	1	—
Som	104	39	36	48	37	28	37	38	25	—
	Namiddag									
Januari	21	—	7	6	5	5	4	1	1	—
Februari	12	4	4	3	3	4	3	—	1	—
Maart	13	3	4	9	6	9	10	7	1	—
April	18	10	3	11	12	8	7	13	6	—
Mei	15	5	8	9	5	12	11	13	7	1
Juni	4	4	3	1	5	7	10	9	5	—
Juli	3	4	2	11	2	5	6	4	5	—
Augustus	6	6	9	5	12	5	6	7	6	—
September	4	6	4	10	10	4	6	2	—	—
October	9	7	3	8	7	12	4	4	2	—
November	15	6	4	7	11	6	2	1	—	—
December	17	6	4	5	3	3	5	3	—	—
Som	137	61	55	85	81	80	74	64	34	1

Aantal voor- en namiddagen met bijzonwaarnemingen in de zonneschijngroepen (1923—1931).

Eerst hebben we de bewolkingscijfers weer toegepast op de werkelijke aantallen waarnemingen en waarneemdatums, zooals die gegeven zijn in de rechter kolommen van de tabellen 16 en 17. Om gemakkelijk te kunnen vergelijken, drukken we de maandcijfers weer uit in procenten van het geheel.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Waarn. ongec.	8	7	16	13	11	6	4	7	6	9	8	6
„ gec.	10	8	15	13	10	5	3	6	5	8	9	8
Datums ongec.	9	7	11	12	10	7	5	8	7	9	9	7
„ gec.	10	8	11	12	9	6	5	7	6	9	10	8

De wintermaanden zijn door de correctie gestegen en de andere, vooral de zomermaanden, gedaald. Het verschil in de ligging van het

TABEL 21.

Zonneschijn- Groepen	Voormiddag									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maanden										
Januari	23	12	5	4	7	5	4	3	3	—
Februari	13	4	5	4	2	—	1	—	1	—
Maart	12	5	11	11	2	11	6	10	—	—
April	6	6	—	4	4	4	5	9	6	—
Mei	12	1	3	9	—	—	4	18	11	—
Juni	1	—	2	4	2	2	1	5	15	—
Juli	3	2	2	—	2	—	2	2	1	—
Augustus	—	8	3	2	4	2	5	4	2	—
September	10	4	5	12	6	—	5	7	1	—
October	11	4	4	8	10	14	3	4	4	—
November	19	5	5	3	9	1	9	1	—	—
December	31	6	1	9	6	4	3	3	1	—
Som	141	57	46	70	54	43	48	66	45	—
	Namiddag									
Januari	32	—	17	8	8	15	4	1	1	—
Februari	15	6	6	5	5	10	6	—	1	—
Maart	20	4	5	13	11	11	15	12	1	—
April	31	25	8	20	22	29	13	24	14	—
Mei	27	8	15	15	13	15	19	26	13	1
Juni	7	5	6	1	5	10	12	12	8	—
Juli	3	6	4	15	3	6	7	6	6	—
Augustus	13	6	13	15	13	8	9	7	12	—
September	6	8	5	17	15	6	6	3	—	—
October	11	27	5	10	8	14	6	5	8	—
November	16	10	4	8	14	6	3	1	—	—
December	18	12	6	7	5	4	9	3	—	—
Som	199	117	94	134	122	134	109	100	64	1

Aantal waarnemingen van de bijzon in de zonneschijngroepen (1923—1931).

voorjaarsmaximum tusschen waarnemingen en dagen is blijven bestaan, maar het najaarsmaximum is voor beide naar November verplaatst.

De tabellen 18 en 19 werden gecorrigeerd voor de bewolking met behulp van de gegeven verwachtingscijfers. De resultaten van deze en de andere bewerkingen vatten we samen in de volgende overzichtstabellen.

Graadwaarnemingen.

Correcties	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Geen	5	7	20	17	16	7	3	6	5	6+	6	4
Daglengthe	7	7+	19	14+	14	7	2	5	4	7	8	5
Bewolking en dagl.	8	8+	20	13	12	6	2	4	4+	6	10	7
Groepsg., bew. en dagl.	7+	7	17	17+	13	7	2	4	4+	5	10	6

Waarnemingsgraden.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Geen	5	6	16	18	15	8	3	6+	6	7	6	4
Daglengthe	8	7	16+	16	13	7	3	5+	5	7	8	6
Bewolking en dagl.	9	8	16	14	12	7	2	4	5	7	9	8
Groepsg., bew. en dagl.	8	7	14	10	13	8	2	4	5	6	9	6

Waar twee gelijke afgeronde procentgetallen naast elkaar staan, is het in werkelijkheid grootste voorzien van een + teeken.

Uit deze cijfers zien we, dat iedere correctie op zichzelf vrij groot kan zijn en dat de correcties voor de daglengte en de bewolking voornamelijk aan de wintermaanden ten goede komen.

In het eindresultaat komen de maxima volgens graadwaarnemingen en waarnemingsgraden op dezelfde plaatsen, en wel in Januari, April en November. Het Augustus-maximum is verdwenen. Bijzonder laag is het minimum in Juli. Vooral de maanden Maart—Mei blijken bijzonder gunstig te zijn voor de bijzonnen.

Den groepsgang, zooals we dien vinden na de verschillende correcties, geven we in de volgende tabel. Om kleine verschillen beter uit te laten komen, geven we verhoudingsgetallen ten opzichte van het voornaamste maximum, dat we steeds op 100 stellen.

Graadwaarnemingen.

Correcties	00-30	40-70	80-110	120-150	160-190	200-230	240-270
Geen	16	61	92	100	76	58	47
Groeplengte	15	70	100	91	83	75	67
Bewolking en gr. l.	14	64	99	100	87	82	75
Jaarl. g., bew. en gr. l.	13	64	100	97	81	68	59

Correcties	280-310	320-350	360-390	400-430	440-470	480-510
Geen	33	24	15	8	3	2
Groeplengte	52	42	28	16	7	5
Bewolking en gr. l.	59	48	30	20	8	5
Jaarl. g., bew. en gr. l.	47	47+	21	18	7	5

Waarnemingsgraden.

Correcties	00-30	40-70	80-110	120-150	160-190	200-230	240-270
Geen	18	60	92	100	71	54	43
Groeplengte	17	69	100	91	77	69	62
Bewolking en gr. l.	15	62	100	97	79	73	66
Jaarl. g., bew. en gr. l.	15	62	100	95	78	66	59

Correcties	280-310	320-350	360-390	400-430	440-470	480-510
Geen	31	25	15	8	3	2
Groeplengte	49	44	29	16	8	6
Bewolking en gr. l.	52	47	30	18	8	6
Jaarl. g., bew. en gr. l.	44	48	21	16	6+	6

Ook hier blijken de correcties voor den tijd en de bewolking, zoo-
wel als die voor den invloed van den jaarlijkschen gang, vrij groot te
kunnen zijn. De grootste veranderingen komen voor bij de grootere
zonshoogten. Het eindresultaat van de beide bewerkingen stemt goed
overeen; een hoofdmaximum in de groep 8° — 11° en een tweede maxi-
mum in de groep 32° — 35° . Waarom deze beide maxima voorkomen,
is uit onze statistische bewerking niet af te leiden.

HOOFDSTUK V.

CIRCUMZENITHAALBOOG EN RAAKBOOG AAN DEN GROOTEN KRING.

Deze bogen, die hun ontstaan te danken hebben aan brekingen in prisma's bij brekende hoeken van 90° , vertoonen veel overeenkomst. De circumzenithaalboog, of boog van Bravais, ontstaat door breking in verticale prisma's. De afstand van den boog tot de zon verandert met de zonshoogte. Alleen bij zonshoogten beneden 14° en boven 28° kan, volgens Meyer, gezien worden, dat de boog niet aan den grooten kring raakt, indien die aanwezig is. De raakboog aan den grooten kring, of boog van Galle, ontstaat door breking onder minimum deviatie, in prisma's die om den verticalen evenwichtsstand slingeren. Omdat beide bogen dikwijls niet te onderscheiden zijn, hebben we ze bij de bewerking samen genomen.

Van Everdingen nam in zijn onderzoek naar den „Dagelijksche(n) en jaarlijksche(n) gang in het voorkomen van circumzenithaalbogen”¹⁾, een korte beschrijving op van de waarnemingen bij de kleinste en de grootste zonshoogten, die voorkwamen. Deze hoogten waren 4° en 33° . Daar er bij de waarnemingen van 1914—1931 enkele voorkwamen bij grootere zonshoogte dan 33° , zullen we die afzonderlijk vermelden.

26 Maart 1920. Uit 3 verschillende plaatsen kwamen berichten binnen van waarnemingen bij resp. 23° — 32° , 33° en 32° — 36° zonshoogte.

1 Mei 1926. De waarnemer gaf alleen op verschillende tijdstippen een schets van het waargenomene. Om 15.15 kwam de circumzenithaalboog daarbij voor. De zonshoogte was 35° .

4 Mei 1929, 8.40—8.45, zonshoogte 36° — 37° . Vermeld werd: „vrij duidelijk zichtbaar”.

Van één waarneming bij zonshoogte 25° — 35° kon de berichtkaart niet meer opgespoord worden, zoodat we deze hebben weggelaten.

¹⁾ Onw., Opt. Versch. enz. in 1914, dl. 35, pg. 84.

TABEL 22.

Maanden	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Som	Wrn.
Januari	—	—	—	—	—	4	14	9	12	4	1	—	—	—	—	44	36
Februari	—	—	—	1	2	8	4	6	7	7	7	3	—	—	—	45	33
Maart	—	—	5	21	28	4	1	—	4	11	15	17	3	—	—	109	77
April	1	2	7	3	—	—	—	—	—	—	12	34	14	1	—	74	56
Mei	—	11	4	1	—	—	—	—	—	—	2	7	20	6	—	51	40
Juni	1	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	15	2	45	34
Juli	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	11	8	—	22	18
Augustus	—	3	11	3	—	—	—	—	—	—	3	14	17	6	—	57	44
September	—	5	13	9	—	—	—	—	—	2	7	14	—	—	—	50	38
October	—	—	—	22	13	9	3	5	12	14	10	1	—	—	—	89	68
November	—	—	—	7	7	14	12	16	12	5	1	—	—	—	—	67	49
December	—	—	—	1	1	2	8	6	5	1	—	—	—	—	—	23	17
Som	2	28	44	68	43	41	42	42	52	44	58	91	83	36	2	676	510

Maand-nur tabel voor de uurwaarnemingen van den circumzenithaalboog.

TABEL 23.

Maanden	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Som	Wra. datums.
Januari	—	—	—	—	—	4	11	7	10	4	1	—	—	—	—	37	28
Februari	—	—	—	1	2	8	4	4	6	7	5	2	—	—	—	39	24
Maart	—	—	5	18	11	4	1	—	3	9	13	15	3	—	—	82	50
April	1	2	6	3	—	—	—	—	—	—	11	25	12	1	—	61	43
Mei	—	10	4	1	—	—	—	—	—	—	2	6	19	6	—	48	32
Juni	1	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	13	2	42	29
Juli	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	11	7	—	21	16
Augustus	—	3	9	3	—	—	—	—	—	—	1	11	14	5	—	46	34
September	—	4	12	8	—	—	—	—	—	2	7	13	—	—	—	46	32
October	—	—	—	18	10	9	3	4	10	13	10	1	—	—	—	78	51
November	—	—	—	—	5	12	11	12	12	5	1	—	—	—	—	58	36
December	—	—	—	—	1	2	7	6	5	1	—	—	—	—	—	22	13
Som	2	26	40	52	29	39	37	33	46	41	51	74	76	32	2	580	388

Maand-uur tabel voor de waarnemingsuren van den circumzenithaalhoog.

De gegeven waarnemingen zijn alle afkomstig van zeer betrouwbare waarnemers, zoodat er geen reden was om de juistheid van de berichten in twijfel te trekken.

De bovenste waarnemingsgrens is na 1913 dus verschoven van 33° tot 37°, terwijl de onderste in onze reeks 5° was, maar in de voorgaande 4°.

Volgens de maand-uur tabellen 22 en 23 liggen de maandmaxima in Maart en October. Bij de waarneemuren treedt ook het Augustusmaximum weer op, evenals bij de waarnemingen en de datums. Voor de beide laatste komt ook nog een maximum in Januari voor.

In de uurwaarnemingen-tabel voor de jaren 1894—1913, die op veel minder waarnemingen betrekking heeft, liggen de maxima in Februari en October.

De hoofdmaxima vallen voor de uren in onze tabellen op 16 of 17, 8 en 13. De oudere tabel heeft deze maxima op 16, 8 of 9 en 12, waarbij het 12-uur maximum iets sterker is dan dat van den voormiddag.

Daar de reeksen van jaren weer aansluiten, kan er tegen sommatie

TABEL 24.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8°-11°	1	1	—	4	—	4	—	—	2	—	3	2	17
12°-15°	15	5	13	4	2	4	—	2	13	7	12	10	87
16°-19°	6	3	35	4	10	7	1	7	25	26	21	—	145
20°-23°	—	6	60	10	13	13	—	20	10	30	14	—	176
24°-27°	—	5	43	6	14	6	1	16	5	12	—	—	108
28°-31°	—	—	10	2	1	2	—	—	—	—	—	—	15
32°-35°	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
36°-39°	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	3
Som	22	20	168	30	42	36	2	45	55	75	50	12	557
	Namiddag												
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	6	4	3	2	2	—	—	2	3	—	—	22
8°-11°	3	9	10	7	10	5	—	10	7	6	3	3	73
12°-15°	25	9	17	7	21	21	6	15	10	11	11	7	160
16°-19°	9	20	23	59	36	22	16	17	17	13	16	—	253
20°-23°	—	8	26	57	14	23	12	21	8	29	13	—	211
24°-27°	—	7	17	21	13	12	3	19	3	15	—	—	110
28°-31°	—	—	11	2	4	—	—	2	1	3	—	—	23
32°-35°	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2
36°-39°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som	37	59	114	156	101	85	37	84	48	80	43	10	854

Gradwaarnemingen van den circumzenithaalboog.

TABEL 25.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8°-11°	1	1	—	4	—	4	—	—	2	—	3	2	17
12°-15°	12	5	8	4	2	4	—	2	10	7	11	9	74
16°-19°	6	3	26	4	10	7	1	7	24	26	18	—	132
20°-23°	—	6	38	9	12	12	—	17	10	27	12	—	143
24°-27°	—	5	31	6	14	6	1	16	5	12	—	—	96
28°-31°	—	—	9	2	1	2	—	—	—	—	—	—	14
32°-35°	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
36°-39°	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	3
Som	19	20	117	29	41	35	2	42	51	72	44	11	483

Namiddag													
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	3	4	3	2	2	—	—	2	3	—	—	19
8°-11°	3	7	10	7	10	5	—	9	7	6	3	3	70
12°-15°	22	8	14	7	21	19	6	12	10	11	11	7	148
16°-19°	9	20	23	51	34	18	16	17	15	13	16	—	232
20°-23°	—	8	24	48	12	22	12	19	8	26	8	—	187
24°-27°	—	5	13	20	11	12	3	13	3	14	—	—	94
28°-31°	—	—	9	2	4	—	—	2	1	3	—	—	21
32°-35°	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2
36°-39°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som	34	51	98	138	95	78	37	72	46	76	38	10	773

Waarnemingsgraden van den circumzenithaalhoog.

van de tabellen voor de uurwaarnemingen geen bezwaar zijn. Het voorjaarsmaximum komt dan in Maart, terwijl dat van Augustus bijna wegvalt en het najaarsmaximum in October blijft.

De zonshoogtentabellen 24 en 25 vormden weer het punt van uitgang voor de verdere bewerking. In den voormiddag kwamen geen waarnemingen voor in de zonshoogtengroep 4°—7°, terwijl de tabellen in de andere groepen ook niet overal goed gevuld zijn. Bij de gewone bewerkingswijze, waarbij voor- en namiddag apart gehouden werden, kwamen allerlei onregelmatigheden voor. Daarom hebben we de voor- en namiddagtabellen gesommeerd en deze sommatietabellen verder behandeld op de vroeger beschreven manier.

Een tweede verschilpunt met de vroegere bewerkingen is, dat we geen bewolkingscorrectie hebben aangebracht. Door de kleine aantallen waarnemingen en datums zou de betrouwbaarheid van berekende correctiefactoren te klein zijn.

De maandcijfers uit de sommatietabellen zijn:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	59	79	274	186	140	121	39	129	103	155	93	22
Waarn.gr.	53	71	209	167	133	113	39	114	97	148	82	21

Hierbij merken we op, dat bij de bewerking uitgesloten zijn de waarnemingen bij grootere zonshoogten dan 31° , omdat deze enkele waarnemingen bij de eliminatie van den groepsgang een veel te grooten invloed kregen op den jaarlijkschen gang. In het totaal zijn door deze uitsluiting 6 waarnemingen geheel en 1 gedeeltelijk verwaarloosd, wat op een totaal van 511 waarnemingen niet veel uitmaakt.

Dienovereenkomstig hebben we voor de betrekkelijke daglengte genomen alleen de aantallen cm^2 , volgens tabel 9, behoorende bij zonshoogten tusschen 4° en 31° , omdat de andere zonshoogten practisch niet geschikt zijn voor de vorming van den circumzenithaalboog. De „daglengte”-cijfers zijn dan:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
208½	264¼	238	186¾	185¼	192¼	192	187	205½	273¼	226	187½

Als we den gegeven jaarlijkschen gang corrigeeren voor deze daglengte, worden de verhoudingscijfers:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	28	30	115	100	76	63	20	69	50	57	41	12
Waarn.gr.	25	27	88	89	72	59	20	61	47	54	36	11

De daglengte en dus ook de correctie daarvoor is hier in de maanden April—Augustus het kleinst. Het gevolg is, dat de voor- en najaarsmaxima veel minder sterk worden en dat het voorjaarsmaximum bij de waarnemingsgraden zelfs in April komt.

De groepsgang, zooals die uit de sommatietabellen volgt en die, welke we hieruit vinden na eliminatie van de groepslengte, is:

	40-70	80-110	120-150	160-190	200-230	240-270	280-310
Gr.waarn.	22	90	247	398	387	218	38
Waarn.gr.	19	87	222	364	330	190	35
Gr.waarn. gec.	6	23	52	101	116	73	14
Waarn.gr. gec.	5	22	47	92	99	63	13

Het maximum verschuift door de eliminatie van den tijd van de groep $16^\circ-19^\circ$ naar $20^\circ-23^\circ$.

Uit de sommatietabellen hebben we ook weer den groepsgang be-

paald zonder invloed van den jaarlijkschen gang. De verhoudingscijfers worden, na deeling door de groeplengte:

	40-70	80-110	120-150	160-190	200-230	240-270	280-310
Gr. waarn.	6	25	67	91	91+	53	8
Waarn. gr.	5	26	67	94	89	53	8

De meest geschikte zonshoogten voor het ontstaan van den circumzenithaalboog zijn dus die van 16° — 23° . Bij 22° zonshoogte vallen de bogen van Bravais samen met die van Galle en hebben de eerste een voorkeurspositie, omdat ze dan ontstaan door breking onder minimum deviatie. Een aan te brengen correctie voor den bewolkingsinvloed zou het maximum uit deze groepen vrij zeker niet verdrijven, omdat het daarvoor te sterk is. De grootere zonshoogten zijn voor de vorming van den boog minder gunstig dan de kleinere. Zonder daglengte-invloed en na correctie voor den groepsgang bleken de verhoudingsgetallen voor den jaarlijkschen gang te zijn:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr. waarn.	52	84	226	163	142	114	23	106	93	95	57	29
Waarn. gr.	51	68	209	173	153	122	26	104	100	104	58	30

De maxima blijven in Maart, Augustus en October. Er is echter geen correctie aangebracht voor de bewolking. Nu is bij de reeds behandelde verschijnselen gebleken, dat door het in aanmerking nemen van de bewolking, steeds de wintermaanden stegen en de zomermaanden daalden. Veronderstellen we, dat dit voor den circumzenithaalboog ook zoo zou wezen en passen we dat op bovenstaande cijfers toe, dan blijven de minima in Juli en December zeker op hun plaats, al zal de diepte van het eerste wat meer en van het tweede wat minder worden. Evenals bij de bijzonnen zullen de cijfers voor Maart en April elkaar naderen, doch het voorjaarsmaximum blijft waarschijnlijk in Maart. Het Augustusmaximum zal zeker lager worden en vermoedelijk verdwijnen, althans bij de waarnemingsgraden, terwijl het October-maximum zal blijven bestaan, maar wat minder sterk worden tegenover November.

Met vrij groote zekerheid kunnen we dus wel zeggen, dat de jaarlijksche gang, zonder invloed van daglengte, groepsgang en bewolking, maxima zal hebben in Maart en October, met minima in Juli en December.

HOOFDSTUK VI.

DE GROOTE KRING OF HALO VAN 46°.

Als laatste verschijnsel, dat in aanmerking kwam om statistisch behandeld te worden, hebben we den grooten kring genomen. Want hoewel het aantal waarnemingen hiervan niet bijzonder groot is, is het toch voldoende om met vrij groote zekerheid de meest gunstige en ongunstige maanden voor het ontstaan aan te wijzen en de meest geschikte zonshoogte te bepalen. In onze 18-jarige periode werden 277 waarnemingen van den grooten kring vermeld op 189 dagen en daarvan viel ongeveer $\frac{1}{4}$ deel in Maart en October samen.

De waarnemingen werden weer ondergebracht in de maand-uur tabellen 26 en 27, zoowel als in de zonshoogtengroepen tabellen 28 en 29. Met behulp van de beide laatste tabellen zijn jaarlijksche gang en groeps-gang weer bepaald. Een bewolkingscorrectie is daarbij niet aangebracht.

De maand-uur tabellen vertoonen veel overeenkomst met die voor de bijzonnen en circumzenithaalbogen, waaruit volgt, dat de grootere zonshoogten minder geschikt zijn voor het ontstaan van den grooten kring. Dat de kring echter ook bij de grootste zonshoogten goed kan ontstaan, blijkt uit een waarneming van 24 Mei 1916 van 12.20—12.30 zomertijd, waarbij de zonshoogte 57° was. De waarnemer gaf een teekening met beschrijving van den grooten kring, die over ongeveer 90° zichtbaar was, tegelijk met den kleinen kring.

Volgens tabel 26 liggen de maandmaxima in Maart en October, terwijl in tabel 27 nog een derde maximum optreedt en wel in Juni. Waarschijnlijk is dit laatste maximum toevallig, wat bij een klein aantal waarnemingsuren geen wonder is. Zoo komen er meer toevalligheden voor, o.a. het ontbreken van waarnemingen in den voormiddag van Juli, en de verschillende open plaatsen in de 4 tabellen bij vrij gunstige waarneemuren en zonshoogten. Ook wijzen we nog op de, in vergelijking met de andere maanden, groote verhouding tusschen het aantal uurwaarnemingen en waarnemingsuren in Februari, namelijk 2 : 1. Deze zelfde verhouding treffen we weer aan bij de aantallen graadwaar-

TABEL 26.

Maanden	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Som	Wra.
Januari	—	—	—	—	1	1	3	7	4	—	—	—	—	—	—	—	16	14
Februari	—	—	—	—	1	4	4	3	4	4	8	5	1	—	—	—	34	28
Maart	—	—	1	16	17	7	3	1	—	6	9	9	3	1	—	—	73	53
April	—	—	1	4	1	—	—	1	2	1	5	15	3	3	2	—	38	33
Mai	—	5	6	2	1	—	1	—	—	—	1	2	4	—	2	—	24	21
Juni	1	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	8	4	1	1	22	16
Juli	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1	—	—	7	7
Augustus	—	—	3	1	—	—	—	—	—	2	3	6	7	2	—	—	24	17
September	—	—	4	6	2	—	—	—	—	1	6	5	—	—	—	—	24	19
October	—	—	1	10	4	5	3	3	5	7	9	7	—	—	—	—	54	40
November	—	—	—	—	1	5	1	9	6	1	1	—	—	—	—	—	24	21
December	—	—	—	—	—	2	3	2	2	2	1	—	—	—	—	—	12	8
Som	1	9	17	39	28	24	18	26	23	24	43	51	32	11	5	1	352	277

Maand-uur tabel voor de waarnemingen van den grooten kring.

TABEL 27.

Maanden	U R E N.																	Som	Wm. datums.
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Januari	—	—	—	—	1	1	3	6	4	—	—	—	—	—	—	—	15	11	
Februari	—	—	—	—	1	4	4	2	3	4	3	1	1	—	—	—	23	14	
Maart	—	—	1	12	11	4	2	1	—	4	6	6	3	1	—	—	51	28	
April	—	—	1	3	1	—	—	1	1	1	4	12	2	3	2	—	31	21	
Mei	—	4	6	2	1	—	1	—	—	—	1	2	3	—	1	—	21	13	
Juni	1	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	8	4	1	1	22	16	
Juli	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	—	5	5	
Augustus	—	—	3	1	—	—	—	—	—	2	1	3	7	2	—	—	10	14	
September	—	—	4	5	2	—	—	—	—	1	6	4	—	—	—	—	22	15	
October	—	—	1	7	3	5	3	2	5	5	8	7	—	—	—	—	46	29	
November	—	—	—	—	1	4	1	9	5	1	1	—	—	—	—	—	22	17	
December	—	—	—	—	—	1	3	2	2	2	1	—	—	—	—	—	11	6	
Som	1	8	17	30	21	19	17	23	20	20	31	37	28	11	4	1	288	189	

Maand-uur tabel voor de waarnemingsuren van den grooten kring.

nemingen en waarnemingsgraden. Bij de bewerking hebben we getracht den invloed van deze toevalligheden te beperken.

De uurmaxima liggen in de uursommen op 8, 12 en 16, wat vrijwel overeenkomt met den circumzenithaalboog, waar echter het middagmaximum op 13 lag.

Uit de zonshoogtengroepen-tabellen zien we, dat in den voormiddag bij de kleinere zonshoogten geen waarnemingen voorkomen. Boven 40° zonshoogte is het aantal waarnemingen klein en we hebben dan ook weer deze enkele waarnemingen uitgesloten bij de bewerking, waarbij we zijn uitgegaan van de sommatietabellen van voor- en namiddag.

TABEL 28.

Voormiddag													
Muanden Zonsh.gr.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Som
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8°-11°	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	5
12°-15°	3	—	6	—	2	1	—	—	2	4	5	4	27
16°-19°	1	1	21	—	11	2	—	—	7	14	4	—	61
20°-23°	—	7	28	5	9	4	—	7	4	14	1	—	79
24°-27°	—	4	32	1	7	5	—	2	8	13	—	—	72
28°-31°	—	—	9	3	2	3	—	—	2	—	—	—	19
32°-35°	—	—	13	5	2	—	—	—	—	—	—	—	20
36°-39°	—	—	1	2	5	—	—	—	—	—	—	—	8
40°-43°	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4
44°-47°	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
56°-59°	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Som	5	12	110	16	44	15	—	9	23	45	12	6	297
Namiddag													
0°-3°	—	—	1	7	2	2	—	—	—	3	—	1	16
4°-7°	—	11	8	1	1	1	—	1	—	5	1	5	34
8°-11°	1	17	5	—	—	5	—	—	—	10	—	1	39
12°-15°	7	18	13	4	1	3	—	4	—	20	6	6	82
16°-19°	2	11	10	22	6	8	6	12	7	14	13	—	111
20°-23°	—	4	12	22	3	13	9	14	16	15	3	—	111
24°-27°	—	3	16	4	4	8	3	17	2	9	—	—	66
28°-31°	—	—	1	4	—	—	—	6	—	—	—	—	11
32°-35°	—	—	1	3	—	2	—	3	—	—	—	—	9
36°-39°	—	—	1	3	1	—	—	—	—	—	—	—	5
40°-43°	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3
44°-47°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56°-59°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som	10	64	68	73	18	42	18	57	25	76	23	13	487

Graadwaarnemingen van den grooten kring.

TABEL 29.

Maanden Zonsh.gr.	Voormiddag												Som
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4°-7°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8°-11°	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	5
12°-15°	3	—	6	—	1	1	—	—	2	4	4	4	25
16°-19°	1	1	16	—	10	2	—	—	7	13	4	—	54
20°-23°	—	7	26	5	9	4	—	7	4	11	1	—	74
24°-27°	—	4	27	1	7	5	—	2	8	13	—	—	67
28°-31°	—	—	7	3	2	3	—	—	2	—	—	—	17
32°-35°	—	—	4	4	2	—	—	—	—	—	—	—	10
36°-39°	—	—	1	2	5	—	—	—	—	—	—	—	8
40°-43°	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	4
44°-47°	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
56°-59°	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Som	5	12	87	15	42	15	—	9	23	41	11	6	266
	Namiddag												
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
0°-3°	—	—	1	7	2	2	—	—	—	3	—	1	16
4°-7°	—	3	8	1	1	1	—	1	—	5	1	5	26
8°-11°	1	4	5	—	—	5	—	—	—	10	—	1	26
12°-15°	6	4	9	4	1	3	—	4	—	19	6	6	62
16°-19°	2	9	9	20	6	8	6	12	5	13	13	—	103
20°-23°	—	4	8	22	3	13	9	12	16	12	2	—	101
24°-27°	—	2	9	4	4	8	3	11	2	9	—	—	52
28°-31°	—	—	1	4	—	—	—	5	—	—	—	—	10
32°-35°	—	—	1	3	—	2	—	3	—	—	—	—	9
36°-39°	—	—	1	3	1	—	—	—	—	—	—	—	5
40°-43°	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	3
44°-47°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56°-59°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Som	9	26	52	71	18	42	18	48	23	71	22	13	413

Waarnemingsgraden van den grooten kring.

Bij het in rekening brengen van de daglengte hebben we deze genomen tot de zonshoogte 40°. De betrekkelijke daglengtecijfers zijn:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
247¼	300	344½	295	235¾	287	289½	284¼	335½	319½	263	230½

Uit de sommatietabellen krijgen we voor den jaarlijkschen gang:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	15	76	178	86	56	57	18	66	48	121	45	19
Waarn.gr.	14	38	139	83	54	57	18	57	46	112	33	19

Na het in rekening brengen van de betrekkelijke daglengte zijn de verhoudingscijfers:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	6	25	52	29	20	20	6	23	14	38	17	8
Waarn.gr.	6	13	40	28	19	20	6	20	14	35	13	8

Behalve de maxima volgens de maand-uur tabellen is er nu ook weer het Augustus-maximum.

Voor den groepsgang, zooals die uit de zonshoogtengroepen-tabellen volgt, vinden we zonder en met correctie voor de groeplengte:

	00-30	40-70	80-110	120-150	160-190
Gr.waarn.	16	34	44	109	172
Waarn.gr.	16	26	31	87	157
Gr.waarn. gec.	3	9	11	23	44
Waarn.gr. gec.	3	7	8	18	40
	200-230	240-270	280-310	320-350	360-390
Gr.waarn.	190	138	30	29	13
Waarn.gr.	175	119	27	19	13
Gr.waarn. gec.	57	46	11	12	6
Waarn.gr. gec.	53	40	10	8	6

Het maximum ligt voor en na de eliminatie van den tijd in de groep 20°—23°; aan dat in de groep 32°—35°, na de correctie, bij de graadwaarnemingen kunnen we geen waarde toekennen.

Daar bij de bewerking de toevalligheden een vrij grooten invloed kunnen hebben, is de jaarlijksche gang eerst op de gewone manier bevrijd van den groepsgang en de daglengte. Daarna hebben we de bewerking herhaald met een indeeling in zonshoogtengroepen van 8°. Door deze grovere indeeling worden de toevalligheden veel minder in aantal, maar de uitkomsten zijn dan ook minder goed gecorrigeerd.

Voor de bepaling van den groepsgang, bevrijd van den jaarlijkschen, was deze 2e methode niet noodig.

De groepsgang wordt bij deze indeeling, na eliminatie van de groeplengte:

	00-70	80-150	160-230	240-310	320-390
Gr.waarn. gec.	6	18	50	29	9
Waarn.gr. gec.	5	14	46	25	7

Drukken we nu de maandcijfers voor den jaarlijkschen gang, bevrijd van groepsgang en daglengte, uit in procenten van de jaarsom, dan vinden we volgens beide methoden:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	2	12	18	17	9	7	1	7	3	14	4	5
Waarn.gr.	3	5	17	18	10	9	1	7	3	16	5	7

Gr.waarn.	3	13	20	13	8	7	1	7	3	14	4	7
Waarn.gr.	3	5	18	15	9	8	1	7	3	16	5	8

De eerste 2 rijen gelden voor de bewerking met groepen van 4° , de laatste 2 voor die met groepen van 8° . Ter vergelijking geven we nog de procentgetallen van den alleen voor de daglengte gecorrigeerden jaarlijkschen gang:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gr.waarn.	2	10	20	11	8	8	2	9	5	15	7	3
Waarn.gr.	3	6	18	13	9	9	3	9	6	16	6	4

Het voorjaarsmaximum valt na de correcties zeker in Maart, terwijl het verschil met April niet zoo groot is als dat met Februari; het najaarsmaximum ligt in October, terwijl bovendien nog maxima in Augustus en December voorkomen. Voor Februari zal het percentage bij de waarnemingsgraden wel het beste zijn. De minima zijn heel laag, vooral dat van Juli.

We mogen wel aannemen, dat bij een grooter aantal waarnemingen de gang vlakker zou zijn geworden, en als dan bovendien een bewolkingscorrectie had kunnen worden aangebracht, was vermoedelijk het Decembermaximum niet ontstaan, omdat dit noch bij den circumzenithaalboog, die ook brekende hoeken van 90° vereischt, noch bij den kleinen kring, waarvoor evenals bij den grooten kring alle mogelijke kristalstanden noodig zijn, optreedt. Het Maart-, eventueel April-maximum zou wel blijven bestaan, evenals dat in October. Wat het maximum in Augustus betreft, wijzen we er nog eens op, dat dit in onze groep jaren bijna steeds optrad, hoewel het door de correcties bij de bijzonnen verdween, terwijl het in de door van Everdingen bewerkte reeksen van jaren vrijwel nooit aanwezig was.

Bij de bepaling van den gecorrigeerden groepsgang bleek een onderzoek met groepen van 8° weinig verschil te geven met dat waarbij de groepen van 4° gebruikt werden. We vermelden hier alleen de uitkomsten volgens de gewone groepen van 4° ; na eliminatie van jaarlijkschen gang en groeps lengte vinden we als verhoudingscijfers ten opzichte van het maximum, dat op 100 gesteld wordt:

	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°
Gr. waarn.	6	17	21	51	80
Waarn. gr.	6	15	18	45	81
	20°-23°	24°-27°	28°-31°	32°-35°	36°-39°
Gr. waarn.	100	68	15	14	9
Waarn. gr.	100	66	15	11	9

Voordat de jaarlijksche ganginvloed werd geëlimineerd, waren de cijfers:

	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°
Gr. waarn.	5	16	19	40	77
Waarn. gr.	6	13	15	34	75
	20°-23°	24°-27°	28°-31°	32°-35°	36°-39°
Gr. waarn.	100	81	19	21	11
Waarn. gr.	100	75	19	15	11

De correctie heeft geen verandering gebracht in de plaats van het maximum, alleen de kleine zonshoogten zijn daardoor iets meer gestegen en de grootere gedaald. De gunstigste zonshoogte is hier hoger dan bij den circumzenithaalboog, die echter meer bijzondere prismastanden vereischt. Vermoedelijk zou een bewolkingscorrectie de plaats van het maximum niet beïnvloeden, omdat het vrij sterk is.

Samenvatting.

Om de eindresultaten, die verkregen zijn bij de bewerking van de verschillende verschijnselen, te kunnen overzien, zullen we die heel kort bij elkaar opnemen.

De beste methode voor het aanbrengen van de correcties bleek te zijn die volgens de zonshoogtengroepen-methode, die bovendien het voordeel bezit, dat de meest geschikte zonshoogte daarmee gevonden wordt. De verschillende correcties waren die voor de bewolking, daglengte en groepsgang of jaarlijkschen gang.

Bij den kleinen kring werden de zonshoogtengroepen-tabellen afgeleid uit de maand-uur tabellen; bij de andere verschijnselen werden ze samengesteld met behulp van de zonshoogten, behorende bij de waarnemingen.

Na de correcties kwamen bij den jaarlijkschen gang de maxima in de volgende maanden:

Kleine kring	Maart-April	Aug.	Oct.		Januari
Raakboog	April	Aug.	Oct.	(Dec.)	
Bijzon	April			Nov.	Januari
Circumzenithaalboog	Maart	Aug.	Oct.		
Groote kring ...	Maart	Aug.	Oct.	Dec.	

Bij de beide laatste verschijnselen is geen correctie voor de bewolking aangebracht. Daar de maxima in Maart echter vrij sterk zijn, zouden deze door een bewolkingscorrectie waarschijnlijk niet verschuiven naar April. Dit zou er dan op wijzen, dat juist de verschijnselen, die een brekenden hoek van 90° noodig hebben, voor het ontstaan de grootste kans in Maart hebben, terwijl April gunstiger is voor de verschijnselen met brekenden hoek van 60° .

Voor de zonshoogten werden gevonden:

Kleine kring relatief maximum 12° — 15° of 16° — 19° , daarna steeds kleiner wordende stijging.

Raakboog maxima 12° — 15° ; (24° — 27°); 40° — 43° ; minimum 28° — 31° .

Bijzon maxima 8° — 11° ; 32° — 35° ; zwak minimum 28° — 31° .

Circumzenithaalboog maximum 16° — 19° (of 16° — 23°).

Groote kring maximum 20° — 23° .

Waarschijnlijk zouden in onze uitkomsten de cijfers bij kleinere zonshoogten iets groter geweest zijn, als deze, vooral in den zomer, niet 's morgens op voor waarnemingen ongunstige uren vielen. Den invloed van de meer of mindere gunstigheid van de waarneemuren hebben we niet in aanmerking genomen.

HOOFDSTUK VII.

ANDERE VERSCHIJSSELEN.

In het voorgaande zijn de verschijnselen behandeld, waarvan het aantal waarnemingen groot genoeg was voor een statistische bewerking. Voor de minder algemeene verschijnselen, waarvan de waarnemingen meestal afzonderlijk beschreven worden in de jaarboekjes, zullen we hier een samenvatting geven. Daarin nemen we ook op de waarnemingen vóór 1914 en wel vanaf 1892.

Bogen van Lowitz. Voor de jaren 1892—1913 vonden we in de jaarboekjes 9 waarnemingen, die we volgens de beschrijving of de teekening gerekend hebben tot de bogen van Lowitz. Over de jaren 1914—1931 bedroeg het aantal dagen, waarop deze bogen één of meer-malen gezien werden 68 en wel ingedeeld volgens de maanden:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
8	3	14	6	10	2	3	5	8	8	1	—

Omdat in deze kleine aantallen het toeval een groote rol speelt, wordt de jaarlijksche gang misschien beter uitgedrukt door de cijfers, die we krijgen door de gemiddelden over 3 opeenvolgende maanden te nemen. Deze zijn:

4	8	8	10	6	5	3	5	7	6	3	3
---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---

Daarbij vallen de maxima in April en September, de minima in Juli en November—December, zoodat ook in deze cijfers ongeveer de algemeene jaarlijksche gang tot uiting komt.

Voor de overblijvende verschijnselen hebben we, door de kleine aantallen, de indeeling in maanden achterwege gelaten. In plaats daarvan vermelden we de waarneemdatums en de plaats, waar ze beschreven of genoemd zijn in de jaarboekjes.

Kringen met afwijkenden straal.

Jaar	jaargang	pg.	datum	straal van den kring
1892	13	60	6 April	10°
1896	17	52	15 Maart	6° ?
1899	20	57	19 Mei	7½°; 17½°; 19½°
"	"	63	5 September	9°; 19°
"	"	64	21 September	9°
1905	26	82	19 September	18°; 19½°
1908	29	113	9 Juli	20° ?
1909	30	89	23 September	9°
1920	41	61	4 Mei	18°40'
1923	44	46	29 Maart	12°
1924	45	50	17 Februari	7°
"	"	53	11 Mei	15° ?
"	"	53	17 Mei	12° ?; 19°; 26°; 33°
1926	47	63	20 September	9°; 26°
1927	48	86	27 April	9°
"	"	87	30 Augustus	16½°
1928	49	61	27 Mei	16°
"	"	63	18 Juni	26°
1929	50	61—63	19 Januari	18°
"	"	"	20 Januari	26°
"	"	"	31 Januari	18½°
"	"	"	8 Maart	18°
"	"	"	23 Maart	35° ?
"	"	"	31 Maart	19° ?
"	"	"	19 April	19½°
"	"	"	2 Juli	26°
"	"	"	25 Juli	15°
"	"	"	10 Augustus	24½°
"	"	"	16 Augustus	12°
"	"	"	16 December	12°
"	"	68	19 Augustus	26°; 33½°
1930	51	88	2 Augustus	18½°
"	"	89	5 September	25½°
"	"	89	10 October	26½°
1931	52	60	5 Juni	15½°
"	"	61	19 Juli	18½°
"	"	62	3 November	25°

Daar voor het ontstaan van de kringen met afwijkenden straal andere brekende hoeken noodig zijn dan die van 60° en 90°, hebben we voor de mogelijke kristalhoeken, die Pernter¹⁾ opgeeft, de stralen berekend van de daarbij behorende kringen. Vervolgens werd elke waargenomen kring ingedeeld bij dien kristalhoek, waarvan de berekende kringstraal het dichtst bij den gegebenen lag. Voor de verschillende kristalhoeken vonden we de volgende aantallen waarnemingen:

¹⁾ Meteor, Optik 1922, pg. 338.

Brekende hoek	Aantal kringen	Brekende hoek	Aantal kringen
19°28'	1	56°16'	1
25°14'	7	61°52'	—
33°34'	1	63°6'	—
35°16'	3	64°46'	1
38°56'	—	65°54'	9
48°12'	5	70°32'	1
50°28'	4	73°13'	—
53°48'	7	76°50'	4
54°44'	4		

Indien we uit deze kleine aantallen een conclusie mogen trekken, is het deze, dat de brekende hoek van 65°54' met dien van 25°14' en 53°48' het vaakst voorkomt, of dat de andere hoeken minder geschikt zijn voor kringvorming, naast die van 60° en 90°.

Om eenvoudig aan te kunnen geven, welke brekende hoeken dit zijn, nemen we volgens Pernter¹⁾ het kristal, waaraan de meeste combinaties van kristalvlakken voorkomen, namelijk een regelmatig zeszijdig prisma, dat aan ieder eind voorzien is van een afgeknotte regelmatige zeszijdige pyramide. De hoeken tusschen de hoofdas van het kristal met de pyramidevlakken kunnen zijn: 55°44'; 35°16'; 25°14'; 19°28'; en nog verschillende andere. Als we nu de zijvlakken van het prisma opeenvolgend noemen $z_1, z_2 \dots z_6$ en de bijbehorende pyramidevlakken boven $b_1, b_2 \dots b_6$ en onder $o_1, o_2 \dots o_6$, dan krijgen we de volgende vlakken-combinaties voor de brekende hoeken:

Brekende hoek	Vlakken	Helling pyr.vl. t. o. v. hoofdas
65°54'	$z_1-b_2; z_1-o_3; z_1-b_3; z_1-b_4; z_1-o_4; z_1-o_5; \text{enz.}$	35°16'
25°14'	$z_1-b_1; z_1-o_1; z_2-b_2; z_2-o_3; \text{enz.}$	25°14'
53°48'	$b_1-o_2; b_1-o_3; o_1-b_2; o_1-b_3; b_2-o_1; \text{enz.}$	25°14'

Boven- en benedenzijdelingsche raakbogen aan den grooten kring.

Jaar	jaargang	pg.	datum	
1911	32	81	1 October	1 boven
1918	39	59	21 Februari	2 „ raakpunten
1919	40	55	24 Maart	1 beneden
1920	41	54	26 Maart	1 „ †
„	„	58	28 Maart	2 boven
„	„	60	5 April	1 beneden
1923	44	48	18 April	1 „
„	„	50	22 April	2 „
„	„	51	25 December	2 boven
„	„	52	31 December	1 „
1924	45	53	14 Augustus	2 beneden
1926	47	61	4 Juli	1 „
1930	51	83	1 April	1 „

¹⁾ Meteor. Optik 1922, pg. 333—338.

Van de theorieën voor het ontstaan van deze bogen is, volgens Meyer¹⁾, die van Bravais te verkiezen boven die van Pernter, omdat de metingen van S. W. Visser²⁾ daar aanleiding toe geven. Om de gegevens van de waarnemingen te kunnen vergelijken met de theorie, hebben we de zonshoogten, die bij de opgegeven waarnemings-tijden behoorden, opgezocht. Deze zijn voor den benedenraakboog gerangschikt naar de zonshoogte, terwijl de hoogte van het raakpunt onder de zon, voor zoover deze vermeld is bij de waarneming, ernaast is opgenomen; evenals die volgens de theorie.

Zonshoogte	Raakpunt	Volgens theorie
29°	18°	13°
35°	30°	17°
35°	15°	17°
36°	19°	17°
38°	22°	19°
47°	17°	26°
48°	23°	27°
51°	31°	31°
60°	28° (gem. v. 22°—34°)	45°

Daar de opgegeven liggingen van het raakpunt meestal berusten op schattingen, en dus minder nauwkeurig zijn, kunnen we bij de meeste waarnemingen een vrij goede overeenstemming met de theorie constateren. Daartegenover staan enkele groote afwijkingen, die niet voor de theorie pleiten. Het waarschijnlijkst lijkt ons dan ook, dat de bogen verklaard moeten worden zonder uit te gaan van de oriëntatie van de kristallen in één bepaald vlak. Deze mogelijkheid wordt ook door Meyer genoemd.

Voor de bovenzijdelingsche raakbogen zijn de gegevens, hoewel het er weinig zijn, in tegenspraak met de theorie. Bij grootere zonshoogten moet het raakpunt namelijk stijgen, terwijl de waarnemingen zijn:

Zonshoogte	Raakpunt
gemiddeld 9°	20°
11°	17°
12°	15°

Hierbij daalt dus het raakpunt bij toenemende zonshoogte.

¹⁾ Die Haloerscheinungen 1929, pg. 112.

²⁾ Meteor. Zeitschr. 42, 1925, pg. 177.

Tegenzon.

Jaar	jaargang	pg.	datum
1899	20	60	31 Mei
1900	21	71	19 Juni
1901	22	67	26 Dec.
1919	40	51	8 Jan.
1920	41	54	26 Mrt.
1921	42	45	27 Apr.
1923	44	50	22 Apr.
1925	46	68	23 Dec.
1927	48	87	30 Aug.

Bij-tegenzonnen.

Jaar	jaargang	pg.	datum	
1919	40	51	8 Jan.	beide
"	"	55	24 Mrt.	"
"	"	60	11 Apr.	één
1920	41	54	26 Mrt.	beide
"	"	59	29 Mrt.	één
1922	43	44	10 Mrt.	één?
1929	50	63	19 Febr.	één?
"	"	63	10 Mrt.	één?
"	"	66	22 Apr.	één (bij maan)
1930	51	84	14 Apr.	beide

Bijzonnen van 46° en andere zeldzame bijzonnen.

Jaar	jaargang	pg.	datum	
1907	28	90	4 Nov.	46°
1916	37	97	3 Nov.	46°?
"	"	99	21 Nov.	46°?
1918	39	59	21 Febr.	46°?
1920	41	54	26 Mrt.	46°
"	"	60	5 Apr.	46°
1924	45	53	14 Aug.	46°
1929	50	67	6 Aug.	2 bijz. 90°
"	"	68	19 Aug.	bijmaan 26°?
1930	51	84	14 Apr.	bijzon 9°?
1931	52	62	3 Nov.	" 25°?

Zijdelingsche raakbogen aan den kleinen kring.

Jaar	jaargang	pg.	datum	
1896	17	55	17 Oct.	(maan)
1908	29	108	13 Febr.	(")
"	"	110	24 Febr.	
1923	44	47	10 Apr.	?
1926	47	65	23 Oct.	(maan)
1927	48	87	30 Aug.	

Boven- of benedenzijdelingsche raakbogen aan den kleinen kring.

Jaar	jaargang	pg.	datum	
1898	19	50	2 Mei	boven
1904	25	72	14 Aug.	boven en beneden
1908	29	112	14 Apr.	boven
1915	36	113	3 Mei	raakpunt beneden?
1926	47	66	18 Nov.	beneden? (maan)
1927	48	93	20 Oct.	beneden

Circumhorizontale raakboog aan den kleinen kring.

Jaar	jaargang	pg.	datum
1919	40	55	24 Mrt.
1920	41	54	26 Mrt.
1922	43	48	10 Mrt.
1924	45	53	14 Aug.

Zeer zeldzame waarnemingen.

Jaar	jaargang	pg.	datum	verschijnsel
1898	19	49	12 Mrt.	zijdelingsche raakboog aan den gr. kring
1899	20	60	31 Mei	2 bogen door de tegenzon
1900	21	71	19 Juni	1 boog
1901	22	65	28 Juni	ellips: hoog $10\frac{1}{2}^{\circ}$, breed $7\frac{1}{2}^{\circ}$
1904	25	70	21 Mei	hoog door de zon (hellende parhel. ring?)
"	"	72	21 Aug.	hoog door de bijzon, bol naar de zon.
1927	48	87	30 Aug.	bijzondere benedenraakb. aan den kl. kring
1931	52	63	28 Nov.	stukje van een kring van 90° ?
"	"	63	5 Dec.	boog van Parry

HOOFDSTUK VIII.

DE BOGEN VAN LOWITZ.

Gedurende langen tijd zijn er slechts enkele waarnemingen van de bogen van Lowitz bekend geweest. Pernter¹⁾ noemt er slechts twee en verwijst voor meerdere naar de jaarboekjes: Onw., Opt. Versch. enz. Uit de opgave op pag. 71 blijkt, dat het aantal waarneemdagen in Nederland betrekkelijk groot is. Voor één van die dagen kwamen zelfs vijf waarnemingen binnen. Volgens de beschrijvingen en teekeningen in de jaarboekjes waren er van 1892 tot 1917 in totaal 9 waarnemingen, die we kunnen opvatten als bogen van Lowitz. In de 3 jaren 1918—1920 bedroeg het aantal waarneemdagen 23, en in elk volgend jaar kwamen er enkele berichten binnen.

Van de verklaringen, welke voor het verschijnsel, dat dus niet zoo zeldzaam is als men vroeger meende, gegeven zijn, noemen we die van Pernter, Besson en Hastings. Geen van deze kan echter, zooals Meyer²⁾ terecht opmerkt, bevredigend genoemd worden. Terwijl Pernter en Besson aannemen, dat zuiltjes, voorzien van één of twee plaatjes aan de uiteinden, om hun verticalen evenwichtsstand slingeren in platte vlakken, gaat Hastings uit van plaatjes, die rollen om een diagonaal. In plaats van deze bijzondere bewegingen zullen de ijskristalletjes echter vaker een min of meer schroefvormige beweging hebben.

Nu is de veronderstelling van Besson, dat elk prisma in één verticaal vlak slingert, waarbij alleen in aanmerking komen de standen van minimum deviatie, geen beperking wat betreft de mogelijke kristalstanden, omdat hij in alle verticale vlakken die slingerende zuiltjes veronderstelt. Daarbij komt hij echter tot het resultaat, dat bij ieder van die vlakken een boog van Lowitz behoort, en dat deze samen een bundel bogen door de bijzon vormen. Een scherp begrensde boog zou dan,

¹⁾ Meteor. Optik 1922, pg. 294.

²⁾ Die Halo-erscheinungen 1929, pg. 104.

zooals Pinkhof¹⁾ opmerkt, niet anders mogelijk zijn dan bij een overwegend groot aantal kristallen in één bepaald vlak. En omdat de opvatting van Pinkhof omtrent den daarvoor benodigden richtenden invloed van den wind niet waarschijnlijk is²⁾, hebben we naar een andere verklaring gezocht voor het ontstaan van de bogen, aannemend, dat even groote uitwijkingen uit den verticalen evenwichtsstand in alle richtingen even vaak voorkomen.

Bij ons experimenteele onderzoek hebben we deze standen gerangschikt op kegelmantels. In plaats van een groot aantal kristallen met alle mogelijke standen, werd gebruik gemaakt van een zeszijdig prisma, dat rolde langs denkbeeldige kegelvlakken, waarbij de hoofdas van het prisma achtereenvolgens alle standen innam van de beschrijvende lijnen van de kegelmantels. Oorspronkelijk hebben we gebruik gemaakt van een zeszijdig glasprisma, dat voor de definitieve proeven, met het oog op den brekingsindex, werd vervangen door een hol regelmatig zeszijdig glazen prisma, gevuld met water, hoewel ook voor water de brekingsindex nog iets grooter is dan voor ijs. Het prisma was gemonteerd op een metalen stift in het verlengde van de hoofdas. De vereischte beweging werd verkregen door het prisma aan twee wentelingen tegelijkertijd te laten deelnemen, en wel één om een verticale as, de andere om de prisma-as, die met de verticale een in te stellen hoek maakte. De draaiing om de verticale as werd verkregen met een centrifugaal machine en deze draaiing veroorzaakte tevens die van de prisma-as door een overbrenging met tandwieltjes. Steeds werd er voor gezorgd, dat de verticale draaiingsas ongeveer door het zwaartepunt van het prisma ging. Het beginsel van de rollende beweging van het prisma langs het kegelvlak is voorgesteld in de figuur op pag. 79.

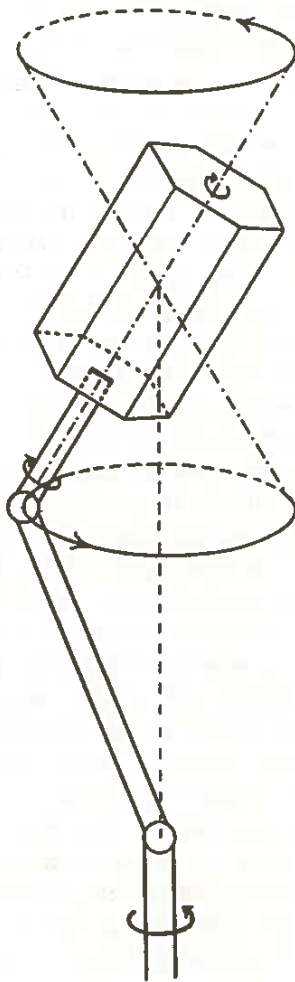
Om bij een bepaalde helling van de prisma-as ook werkelijk alle prismastanden te kunnen krijgen op den bijbehorenden kegel, moest er rekening mee worden gehouden, dat de aantallen tanden van de raderen zóó gekozen werden, dat tusschen twee opvolgende precies dezelfde standen een vrij groot aantal malen de kegel doorloopen werd.

Op het prisma viel een evenwijdige lichtbundel. Van al het doorkomende licht werd de bundel, die de bijzon leverde, als prisma-as en verticaal samenvielen, opgevangen op een scherm, dat loodrecht op dezen bundel stond. Als de prisma-as helde, en het prisma dus langs een

¹⁾ Bijdrage tot de theorie der halo-verschijnselen 1919, pg. 64.

²⁾ Onw., Opt. Versch. enz. 1922, dl. 43, pg. 47.

kegel wentelde, beschreef die bundel op het scherm haakvormige figuren, die werden gefotografeerd. De foto's geven dus de projecties op het



Voorstelling van de beweging van het prisma.

raakvlak in de „bijzon”, van de lichtfiguren die op den „hemelbol” ontstaan.

Om bij verschillende zonshoogten den bijzon-bundel steeds loodrecht op het verticaal gestelde scherm te laten vallen, werd de opvallende

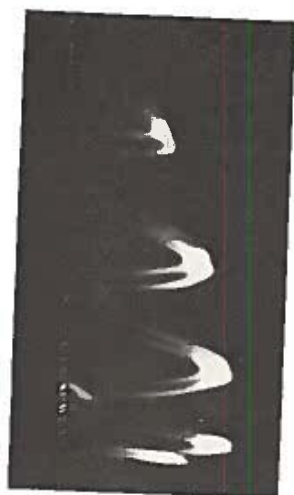
bundel altijd horizontaal gehouden, maar aan het draaitoestel, dat daartoe op een scharnierende plank was bevestigd, een helling gegeven, die overeen kwam met de vereischte zonshoogte. De verticale richting werd bij hellen van de plank dus aangegeven door de normaal op de plank. Steeds kruiste de invallende horizontale bundel de scharnieras loodrecht.

De hoek tusschen prisma-as en normaal op de plank, dus de hellingshoek van het prisma ten opzichte van de verticaal, werd bepaald door spiegeling op een prismavlak. Daarvoor was op de plank een aparte lichtbron bevestigd met een schaalverdeeling er naast, zoodat bij iederen stand van de plank aan het prisma de noodige helling kon worden gegeven.

Het ontstaan van de bogen van Lowitz kunnen we nu aan de hand van de reproducties van enkele foto's duidelijk maken. Alle opnamen zijn voor de linker bijzon en boog van Lowitz.

De haakvormige banen, die de lichtbundel bij draaiing van het prisma beschrijft op 't scherm, zijn opgenomen in fig. 1 van de plaat. Deze banen zijn verkregen met het glazen prisma; die met het waterprisma vallen dichter bij elkaar. De zonshoogte bedroeg 35° , de hellinghoek van het prisma 12° (de brekingsindex van het glas was 1,52). Opgenomen zijn de banen bij twee opeenvolgende langzame wentelingen langs den kegel. Een bepaald zijvlak komt in een zoodanigen stand, dat de gebroken bundel, bij een brekenden hoek van 60° , op het scherm valt. Nu draait het prisma om zijn as en verplaatst zich langs den kegel. De deviatie verandert daarbij tot de minimum waarde en neemt dan weer toe. Bij de kleinste afwijking is de gebroken bundel het meest lichtsterk, terwijl bovendien dan juist (eigenlijk iets eerder, maar dat maakt practisch geen verschil) de op een ander zijvlak teruggekaatste bundel samenvalt met den gebrokenen. Daarom is de punt van den haak bijzonder lichtsterk. Na het genoemde zijvlak komt het volgende in den gunstigen stand voor breking, maar op een andere plaats van den kegel. Ook dit vlak levert een haak, op eenigen afstand van den eersten. Zoo komen de vlakken achtereenvolgens aan de beurt en bij de volgende wenteling langs den kegel ontstaat een nieuwe reeks van haken, die dicht bij die van de eerste wenteling liggen, als gevolg van de inrichting van het raderwerk.

Bij een groot aantal omwentelingen zullen de toppen van de haken een lichtsterke kromme geven, die we ontstaan kunnen denken, doordat het prisma langs den kegel draaiende, steeds den stand van minimum deviatie inneemt. De zoo ontstane „minimum kromme” is weergegeven in fig. 2, terwijl fig. 3 een dergelijke kromme geeft voor het water-



1



2



3



4



5



6

prisma bij een zonshoogte van 30° en een prismahelling van 12° . Duidelijk is in deze laatste figuur te zien, dat er twee lichtsterke uiteinden zijn, waarvan het onderste het helderste is. Het ontstaan daarvan blijkt uit fig. 1 en 2. De onderste lichtsterke punt van de minimum kromme ontstaat, doordat een groot aantal toppen van haken daar vrijwel samenvalt. Daar in den top van de minimum kromme ook een groot aantal teruggekaatste bundels samenvallen, veroorzaken deze het onderste takje van de splitsing. Indien we den top opvatten als een „scheeve bijzon”, dan vormen de teruggekaatste bundels den bijbehorenden „scheeven parhelischen ring”. De bovenste punt ontbreekt aan de minimum kromme in fig. 2, omdat die bij deze helling voor glas niet meer kan ontstaan door den te grooten brekingsindex. Hetzelfde treedt op bij grotere helling of zonshoogte voor het waterprisma.

Fig. 4 geeft de minimum krommen voor het waterprisma bij een zonshoogte van 30° en prismahellingen van 0° , 4° , 8° , 12° , 16° en 20° . De kromme voor de helling 0° is één vlek: de bijzon. Bij toenemende helling worden de krommen langer en lichtzwakker, vooral de boven-einden, waar de toppen voor de hellingen van 16° en 20° ontbreken. De belichtingstijden waren bij alle hellingen gelijk, met andere woorden, er is verondersteld, dat bij de ijsprisma's de groote uitwijkingen uit den evenwichtsstand even vaak voorkomen als de kleine. In 't algemeen zullen de kleinere uitwijkingen echter meer voorkomen, waardoor de krommen voor groote helling in verhouding nog zwakker zullen zijn.

De aaneenschakeling van de heldere uiteinden van de minimum-krommen, wanneer ook de tusschenliggende hellingen aanwezig zijn, is de boog van Lowitz. Deze gaat door de bijzon, wordt vanaf de bijzon naar beide kanten lichtzwakker, maar naar boven sneller dan naar onderen, althans bij niet te kleine zonshoogten. Uit fig. 5 (zonshoogte 20° , hellingen 0° , 4° , 8° , 12° , 16° en 20°) blijkt namelijk, dat de lichtsterkte van de bovenste toppen niet zooveel kleiner meer is dan die van de onderste; dit verschil was bij 10° zonshoogte bijna niet meer te zien. Bij een zonshoogte van 0° moeten boven- en onder-einde van den boog van Lowitz even lichtsterk zijn, omdat dan de boog een deel van den kleinen kring is.

In de figuren 4, 5 en 6 hebben we de meest lichtsterke punten, die dus op den boog liggen, voorzien van een zwarte stip.

In fig. 6, opgenomen bij een zonshoogte van 40° en dezelfde hellingen van het prisma, is te zien, dat bij de hellingen boven 8° de minimum krommen boven den parhelischen ring al geen top meer ver-

toonen, zoodat bij toenemende zonshoogte het zichtbare bovenste deel van den boog van Lowitz snel kleiner zal worden, temeer daar ook de boog in zijn geheel, evenals de bijzon, lichtzwakker wordt.

Eén van de gegevens, die men bij de beschrijving van verschillende waarnemingen aantreft, is de hoek, dien de boog van Lowitz maakt met den parhelischen ring. Daarom hebben we getracht uit de opnamen dien hoek te bepalen. Omdat de bogen geprojecteerd zijn op het raakvlak aan den „hemelbol” in de bijzon, zal wel de kromming van de bogen veranderd zijn, maar niet de hoek, waaronder de door de projectie gekromde, parhelische ring gesneden wordt. De hoek tusschen de raaklijnen in de bijzon aan parhelischen ring en boog van Lowitz zal de gevraagde zijn. Om de raaklijn aan den boog te kunnen trekken, werd door de toppen van de minimum krommen op een afdrukje een kromme getrokken en daaraan de raaklijn. De hoek tusschen de raaklijnen werd gemeten met een gradenboog. Deze methode was niet erg nauwkeurig, daar het bleek, dat de gevonden hoek veranderde met de donkerheid van den gebruikten afdruk. Daarom werden van iedere opname meerdere afdrukken gemaakt van verschillende donkerheid. De gemiddelden van de uitgemeten hoeken waren bij 10° , 20° , 30° en 40° zonshoogte resp. 88° , 82° , 74° en 68° . Het blijkt dus, dat met toenemende zonshoogte de bogen verder van de verticaal afwijken. In het algemeen zal bij waarneming van den boog van Lowitz, vooral bij grootere zonshoogte, deze schuiner lijken te staan dan door onze gemeten hoeken wordt aangegeven, omdat dan de boog bij de bijzon sterk gekromd is, terwijl het bovenstuk weinig zichtbaar kan zijn. Daarmee is de opmerking verklaard, die bij de meting van 26 Maart 1920¹⁾ door van Everdingen gemaakt werd: „een afwijking van 12° van de verticaal; veel minder dan men op het oog zou meenen”. Voorzichtiger is dan ook de opgave²⁾, dat „de helling van 90° tot 75° bedroeg”.

Om na te gaan in hoeverre onze uitkomsten juist zijn, hebben we die vergeleken met de gegevens van de waarnemingen, die opgenomen zijn in de jaarboekjes. Voor iedere waarneming worden het jaar en de datum tusschen haakjes aangegeven.

Allereerst hebben we nagegaan den opgegeven hoek van den boog van Lowitz met den parhelischen ring. Daaromtrent zijn door van Everdingen met den theodoliet enkele metingen gedaan. Deze zijn, gerangschikt naar de zonshoogte:

¹⁾ Onw., Opt. Versch. enz. 1920, dl. 41, pg. 56.

²⁾ „ „ „ „ 1919, dl. 40, pg. 63.

Waarn.	Zonshoogte	Gemeten hoek	Hoek volgens onze verklaring
(30 Augustus 1918)	25°	60°	± 78°
(10 Maart 1922)	30°	78°	74°
(id.)	33°	70°	± 72°
(26 Maart 1920)	± 35°	78°	± 71°

Gezien de moeilijkheid van de metingen geven de laatste 3 een vrij goede overeenstemming met onze uitkomsten. Het verschil bij de eerste meting zal voor een groot deel gezocht moeten worden in de onnauwkeurigheid daarvan, veroorzaakt door den zeer korten duur van het verschijnsel, zoodat alleen met den theodoliet het verschil in azimuth van het onderende van den boog met de bijzon gemeten kon worden, terwijl de lengte van den boog geschat werd op 1° à 1,5°. Bij de metingen van 10 Maart 1922 waren de omstandigheden bijzonder gunstig en was de boog tot aan den kleinen kring te zien. Juist deze metingen komen het best met onze uitkomsten overeen.

Grooter dan het aantal metingen is dat van de schattingen. Deze hebben we ingedeeld naar de zonshoogte, waarvoor we telkens een groep van 10° hebben genomen. De schattingen waren:

Zonshoogte 0°-9°	10°-19°	20°-29°	30°-39°
Onze meting 90°-88°	88°-82°	82°-74°	74°-68°
(8 Jan '19)	(11 Oct '19)	(11 Apr. '19)	(30 Aug '18)
± 60°	90° tot 75°	vrij steil	60°
(28 Maart '20)	(1 Jan. '20)	(3 Oct. '19)	(24 Maart '19)
vrijwel verticaal	75°	75°	60°
29 Maart '24)	(12 Febr '25)		(25 Mei '19)
weinig helling	86½°		60°
	8 Maart '27)		(3 Mei '31)
	65° à 70°		± 70°

Bij een waarneming bij zonshoogte 48° (24 April 1923) werd vermeld „zeer scheef“. Daar we er al op wezen, dat in het algemeen een schatting te laag zal uitvallen, kunnen we de bovenstaande meerendeels beschouwen als bevestiging voor onze uitkomsten.

Ook wat betreft de zonshoogte, waarbij de boog kan worden gezien, kunnen we onze uitkomsten vergelijken bij de waarnemingen. Daartoe werden de waarnemingen ondergebracht in zonshoogtengroepen van 5°. In deze groepen vonden we:

Zonshoogte	0°-4°	5°-9°	10°-14°	15°-19°	20°-24°
Aantal waarnemingen	1	6	16	12	16
Zonshoogte	25°-29°	30°-34°	35°-39°	40°-44°	45°-49°
Aantal waarnemingen	14	10	11	1	2

Hieruit blijkt, dat bij kleine zonshoogten weinig bogen van Lowitz gezien worden, wat veroorzaakt wordt doordat ze dan met den kleinen kring samenvallen, zoodat ze alleen bij afwezigheid van de verticale deelen van den kring zichtbaar zijn. Maar zelfs in dat geval zal de boog nog dikwijls opgevat worden als een deel van den kring, omdat volgens de algemeene opvatting een boog van Lowitz scheef moet staan. Zoo wordt bijvoorbeeld een waarneming bij zonshoogte van 8° (28 Maart 1920) aldus vermeld: „Links. Nagenoeg verticaal, dus twijfelachtig”.

Ook bij zonshoogten boven 40° worden de bogen zelden waargenomen. Dit is, zooals we zagen, een gevolg van het feit, dat ze dan veel lichtzwakker zijn, vooral op eenigen afstand van de bijzon.

Hier bevestigen de waarnemingen eveneens onze verklaring.

Tenslotte hebben we nagegaan, of er overeenstemming is tusschen onze experimenteele resultaten en de waarnemingen wat betreft het deel van de bogen, dat boven en onder de bijzon ontstaan kan. Uit de foto's blijkt, dat bij kleinere zonshoogten de bogen zoowel boven als onder de bijzon voldoende lichtsterkte bezitten om gezien te kunnen worden, terwijl bij toenemende zonshoogte de zichtbaarheid van het bovenstuk sneller afneemt dan die van het onderste deel. Om te onderzoeken in hoeverre de waarnemingen deze uitkomst bevestigen, hebben we nagegaan hoe vaak het deel boven en onder den parhelischen ring werd gezien in de zonshoogtengroepen van 10° .

Zonshoogte	00-90	10-190	20-290	30-390	40-490
boven	3	4	3	1	—
onder	5	6	10	4	1

Van het groote aantal waarnemingen, waarbij niet nader opgegeven werd welk deel van de bogen zichtbaar was, mogen we veronderstellen, dat daarbij het onderste deel vaker is waargenomen, daar dit ook bij de nauwkeuriger beschreven gevallen zoo is. In ieder geval blijkt uit de gegeven cijfers duidelijk, dat bij de kleinere zonshoogten het bovendeel in verhouding veel vaker gezien wordt dan bij zonshoogten boven 20° , terwijl het onderste deel bij alle zonshoogten het meest wordt gezien. Onze verklaring wordt dus ook op dit punt gesteund door de waarnemingen.

Enkele heel bijzondere waarnemingen kunnen door onze opvattingen omtrent het ontstaan van de bogen van Lowitz verklaard worden. Het zijn die van 29 Januari 1901, 3 December 1902 en 19 Mei 1909, beschre-

ven in de jaarboekjes jrg. 22 pg. 63, jrg. 23 pg. 59 en jrg. 30 pg. 87. Daarbij werden twee of drie bijzonnen boven elkaar gezien, elk voorzien van een kleinen horizontalen staart. Deze bijzonnen met hun korten „parhelischen ring” kunnen namelijk ontstaan wanneer een betrekkelijk groot aantal kristallen een schroefvormige valbeweging heeft, met ongeveer dezelfde uitwijking uit den verticalen evenwichtsstand. Daarbij kunnen de uiteinden van de minimumkromme, die bij deze kristalstanden behoort, optreden als „bijzon” met den overeenkomstigen „parhelischen ring”. Waar drie bijzonnen optraden, kan de middelste de gewone geweest zijn. Daar de onderlinge afstand van de „bijzonnen” 2° of $2\frac{1}{2}^\circ$ was, kunnen de uitwijkingen uit den verticalen stand niet groot geweest zijn. Omdat bij deze waarnemingen de andere punten van den boog van Lowitz niet gezien werden, waren alle andere kristalstanden veel minder vaak aanwezig. Een dergelijke bijzondere toestand zal slechts zelden voorkomen.

Volgens onze verklaring kunnen aan de vorming van de bogen van Lowitz zoowel plaatjes als zuiltjes, al of niet voorzien van plaatjes aan de uiteinden, deelnemen. Wel is het waarschijnlijk, dat groote hellingen van de kristalas ten opzichte van de verticaal meer bij de plaatjes optreden, omdat deze, evenals een stuk papier, vrij gemakkelijk bij het vallen een schroefvormige beweging krijgen. Een draaiing om de eigen as is niet noodig; deze hebben we alleen aan het prisma gegeven, om alle mogelijke standen te kunnen krijgen.

Samenvatting.

Voor het ontstaan van de bogen van Lowitz, die veel minder zeldzaam zijn dan men vroeger meende, is een experimenteele verklaring gegeven, uitgaande van de veronderstelling, dat de bogen gevormd worden door breking in zeszijdige ijskristallen, waarvan de hoofdassen hellen ten opzichte van de verticaal, zonder dat ze in één bepaald vlak georiënteerd zijn. Om alle mogelijke standen voor een, met water gevuld, zeszijdig prisma te krijgen, werd aan dat prisma een rollende beweging langs denkbeeldige kegelvlakken gegeven. Uit verkregen foto's werden de volgende conclusies getrokken:

1e. Bij grootere zonshoogten neemt de zichtbaarheid af, terwijl bij kleine zonshoogten waarneming alleen mogelijk is bij afwezigheid van de verticale deelen van den kleinen kring.

2e. Bij kleine zonshoogten is de helderheid van het deel boven de bijzon vrijwel even groot als van het deel er onder. Bij toenemende zonshoogte zal de zichtbaarheid van het bovenstuk sneller afnemen dan die van het onder eind.

3e. De hoek, waaronder de parhelische ring gesneden wordt, is bij een zonshoogte van 0° gelijk aan 90° en moet afnemen bij toenemende zonshoogte.

Deze uitkomsten worden door de waarnemingen, die beschreven zijn in de jaarboekjes Onw., Opt. Versch., enz., bevestigd.

Enkele zeer zeldzame waarnemingen kunnen met de gegeven theorie eenvoudig verklaard worden.

DIE FREQUENZ DER SONNENHALO-BEOBACHTUNGEN IN DEN NIEDERLANDEN, BESONDERS VON 1914—1931.

A U S Z U G.

In dieser Doktorarbeit wurde die grosse Zahl Beobachtungen von Sonnenringen, welche während den Jahren 1914—1931 von den freiwilligen Beobachtern in den Niederlanden eingesandt wurden, statistisch verarbeitet. Sie enthält auch eine Beschreibung einer Methode zur experimentellen Untersuchung der Halos, welche angewandt wird zur Aufstellung einer neuen Erklärung der Lowitzschen Bogen.

Nach Van Everdingens Beispiel wurde eine Tabelle zusammengestellt, welche die Anzahl Beobachtungen für jede Stunde jedes Monats angibt (Monat—Stunde—Tabelle). In dieser Tabelle wurde jede Beobachtung einmal gezählt in jeder Stunde, wo die Erscheinung beobachtet worden war („Stundenzahlen“). Ausserdem wurde eine ähnliche Tabelle aufgestellt für die „Beobachtungsstunden.“ Hier wurden die Stunden gezählt, in welchen die Erscheinungen beobachtet wurden, ohne Rücksicht auf die Zahl der Beobachtungen innerhalb dieser Stunde.

Die Aufstellung dieser beiden Tabellen ermöglicht die Kontrolle von Zufälligkeiten und möglichen Fehlern, und die Ermittlung der Helligkeit oder Deutlichkeit der Erscheinung an verschiedenen Stunden in den verschiedenen Monaten. Es ergab sich, dass die Helligkeit maximal ist in den Monaten und an den Stunden, in welchen die meisten Beobachtungen vorkommen — grösste Frequenz und grösste Helligkeit gehen also zusammen.

Die Beobachtungen in den verschiedenen Monaten wurden auch nach Gruppen von 4° Sonnenhöhe geordnet, ebenfalls in zwei Tabellen. In der ersten wurde jede Beobachtung einmal gezählt bei jedem Grad Sonnenhöhe, wo sie beobachtet worden war („Gradzahlen“). In der zweiten wurden nur die Grade mit Beobachtungen gezählt für jeden Tag, ohne Rücksicht auf die Zahl der Beobachtungen beim selben Höhengrad („Beobachtungsgrade“). Nachdem sich bei dem gewöhnlichen Kreis und den Berührungsbogen gezeigt hatte, dass die Sonnenhöhe einen beträchtlichen Einfluss auf die Bildung dieser Erscheinungen hat, wurden bei den andern Erscheinungen nur die Tabellen mit Anordnung nach der Sonnenhöhe benutzt.

Für den gewöhnlichen Sonnenring wurden die Tabellen der Gradzahlen und Beobachtungsgrade respektive aus den Tabellen für Stundenzahlen und Beobachtungsstunden berechnet. Für die andern Erscheinungen wurden die Sonnenhöhen benutzt, welche zur Beobachtungszeit passten. Diese Sonnenhöhen wurden einer Grafik entnommen.

a. Halo von 22° Radius.

Wir haben eingehender untersucht wie Einflüsse, welche den täglichen und jährlichen Gang der Frequenz des Kreises von 22° Radius stören, eliminiert werden können. Die Monat—Stunde—Tabellen liefern einen unkorrigierten Gang. Diese wurden korrigiert für Bewölkung mit Hilfe der Sonnenscheinregistrierung während 9 Jahren in De Bilt und Groningen. Es ergab sich, dass an Tagen mit mässiger Bewölkung die Bildungsmöglichkeit des gewöhnlichen Sonnenringes am grössten war. Die Zahlen für die „Erwartung“ am Vormittag und Nachmittag, nach Sonnenscheingruppen geordnet, waren

% Sonnenschein	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
Vormittag . . .	0,218	0,347	0,418	0,409	0,443	0,385	0,402	0,363	0,319	0,176
Nachmittag . .	0,261	0,473	0,463	0,501	0,536	0,506	0,444	0,346	0,290	0,158

Beim Eliminieren des Einflusses der Tageslänge aus dem jährlichen Gange ergab sich eine Schwierigkeit, weil bei der üblichen Methode entweder die Randstunden einen zu grossen Einfluss üben, oder viele Beobachtungen ausgeschlossen werden. Diese Schwierigkeit wurde in zwei Weisen behoben. Erstens wurden die Stundenzahlen in jedem Monat reduziert im Verhältnis der Tageslänge (aus der Grafik) zu 12 Stunden, und dann in 12 „Stundengruppen“ untergebracht. In dieser Weise konnte der Einfluss der Sonnenhöhe nicht eliminiert werden. Deshalb wurde auch die Klassifikation nach Sonnenhöhen benutzt, wiewohl in dieser Weise der Einfluss des täglichen Ganges nicht eliminiert wird. Statt dessen bekamen wir einen Höhengang. Diese Methode wurde nachher in abgekürzter Form benutzt.

Den Einfluss der verschiedenen Korrekturen auf den jährlichen Gang, ausgedrückt in Prozents der Jahressummen, sieht man in der untenstehenden Tabelle.

Stundenzahlen.

Korrektion.	Monate:	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
—		4	5	11	16	15	11	8	10	6	8	4	3
Bewölkung		5	6	11	16	14	10	7	9	6	8	5	3
Bew. und Tageslänge		7	8	11	14	11	8	5	7	6	10	7	5
Bew., Tagesl. und Höhengang		10	10	11	11	9	6	4	6	5	10	9	8

Beobachtungsstunden.

—	4	5	10	13	14	11	10	11	7	8	5	3
Bewölkung	5	6	10	13	13	11	9	10	7	8	4	4
Bew. und Tageslänge	7	7	10	12	10	8	7	9	7	9	7	6
Bew., Tagesl. und Höhengang	10	9	10	10	8	7	6	7	7	9	9	8

Nach Korrektion für Bewölkung, Tageslänge und täglichen Gang giebt die Methode der reduzierten Tageslänge:

Stundenzahlen	7	9	11	14	10	7	5	7	6	11	8	5
Beobachtungsstunden	7	7	10	12	10	8	7	8	8	10	8	6

Die Korrektionen erhöhen die Wintermonate auf Kosten der Sommermonate, und der resultierende Gang ist viel flacher. Das Hauptmaximum liegt in März—April, die böigsten Monate mit den grössten Temperaturänderungen in den höheren Schichten.

Das Augustmaximum das, wenn auch geschwächt, nach der Korrektion übrig bleibt, fehlte vollständig in der von Van Everdingen untersuchten Jahrgengruppe, während es in unsern Jahrenreihen in fast allen Reihen da ist.

Das Hauptminimum fällt im Juli.

Der Einfluss der Sonnenhöhe spricht aus den Zahlen für den Höhengang, das sind die Verhältniszahlen für Stundenzahlen oder Beobachtungsstunden für Gruppen von je 4°. Setzen wir das Hauptmaximum auf 100, dann ist nach Korrektion für Bewölkung, jährlichen Gang und Dauer der Gruppen der Höhengang:

Höhe:	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Stundenzahlen	19	32	48	67	69	69	73	78
Beobachtungsstunden	27	39	56	72	73	73	76	81

Höhe:	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Stundenzahlen	81	84	88	91	93	95	100	93
Beobachtungsstunden	83	84	86	88	91	92	100	95

Also ein schnelles Ansteigen bis 15° , und nachher ein zwar langsames Weitersteigen. Zwischen 16° und 23° gibt es ein flaches Minimum. Den Abfall nach 59° betrachten wir nicht als verbürgt. Wahrscheinlich beruht der Höhengang auf die Abnahme des Lichtweges durch die Atmosphäre bei steigender Sonnenhöhe. Weil für den Gipfel des Halos von 22° diese Weglänge ein Minimum ist bei 68° Sonnenhöhe, sollte, falls unsre Annahme richtig ist, die Steigung bis 68° anhalten. Die maximale Sonnenhöhe Hollands, 61° , lässt keine Prüfung dieser Folgerung zu.

b. Berührungsbogen des 22° Kreises.

Neben den Monat-Stunden Tabellen für die Berührungsbogen wurden auch die Klassifikationstabellen nach Sonnenhöhe ausgearbeitet. Gleich wie beim gewöhnlichen Kreise ergab sich der Einfluss der Sonnenhöhe als viel grösser als jener des täglichen Ganges. Nachfolgende Tabelle zeigt den bedeutenden Einfluss aller Korrekturen. Für die Stundenzahlen und Beobachtungsstunden waren die Korrekturen solche für Bewölkung, Tageslänge und täglichen Gang, für die Gradzahlen und Beobachtungsgrade solche für Bewölkung, Höhengang und Tageslänge.

Monate:	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Stundenzahlen unkorrigiert . . .	4	4	12	20	15	8	4	8	6	10	5	5
„ „ korrigiert . . .	6	6	11	17	14	7	4	7	5	10	8	7
Beobachtungsstunden unkorrigiert	5	5	11	19	14	8	5	9	7	8	5	4
„ „ korrigiert .	8	6	10	15	12	8	5	7	6	8	8	7
Gradzahlen unkorrigiert	3	3	13	24	17	9	4	8	5	9	3	3
„ „ korrigiert	7	6	13	18	12	7	3	5	4	10	6	9
Beobachtungsgrade unkorrigiert .	3	4	11	24	17	10	5	9	6	6	3	3
„ „ korrigiert . . .	8	7	11	17	12	7	4	6	5	8	6	9

Es ergibt sich dass in den Frühlingsmonaten, besonders April, die Berührungsbogen sich leicht bilden. Dass das Maximum im April so viel deutlicher hervortritt als für den gewöhnlichen Kreis wird vielleicht verursacht durch Durchlässigkeit der Atmosphäre, welche im April grösser ist als im März. Es ist auch möglich, dass die Atmosphäre in grösserer Höhe im April ruhiger ist als im März infolge geringerer Sturmfrequenz und kleinerer Temperaturgradienten.

Der Höhengang vor und nach Korrektur für Bewölkung, Dauer der Gruppen und jährlichen Gang wird angedeutet durch die nachfolgenden Verhältniszahlen, wobei das Hauptmaximum wie früher gleich 100 gesetzt wurde:

Höhe:	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Gradzahlen uncorr. . . .	26	55	77	100	93	94	93	76
„ korrig. . . .	17	49	63	69	69	69	73	60
Beobacht. gr. uncorr. . .	30	56	77	100	91	81	83	77
„ „ korrig. . . .	20	51	68	74	73	70	72	67

Höhe:	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°	52°-55°	56°-59°	60°-61°
Gradzahlen uncorr. . . .	94	95	89	70	48	25	16	3
„ korrig. . . .	92	96	100	92	79	55	52	32
Beobacht. gr. uncorr. . .	91	92	86	50	48	26	19	4
„ „ korrig. . . .	95	98	100	94	81	55	56	34

Wir sehen dass die Korrekturen grossen Einfluss haben. Beim korrigierten Gange fallen besonders auf die Gruppen 28°—31° mit einem ziemlich tiefen Minimum und 40°—43° mit einem bedeutenden Maximum. Weil der korrigierte Gang bis zur Höhe 43° dem des gewöhnlichen Kreises ähnelt, wird vermutet, dass das Absinken der Kurve vorbei 43° der Tatsache zuzuschreiben ist, dass bei den höheren Sonnenständen der umhüllende Halo sich mehr und mehr dem gewöhnlichen Kreise nähert, sodass über 43° eine immer zunehmende Zahl von Berührungsbogen für Kreise von 22° gehalten wird. Wenn das der Fall ist, würde der wahre Höhengang der Kreise ein noch langsames Steigen zeigen, und die Kurve der Berührungsbogen eine entsprechende Steigung.

c. Die Nebensonnen des Halo von 22°.

Die Bedeutung der verschiedenen Korrekturen für den jährlichen Gang der Nebensonnen geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Gradzahlen.												
Korrekturen.	Monate:	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.-D.
—		5	7	20	17	16	7	3	6	5	6	4
Tageslänge.		7	7	19	14	14	7	2	5	4	7	5
Tageslänge und Bewölkung . . .		8	8	20	13	12	6	2	4	4	6	7
Tagesl. ,Bew. und Höhengang . .		7	7	17	17	13	7	2	4	4	5	6

Beobachtungsstunden.												
—		5	6	16	18	15	8	3	6	6	7	4
Tageslänge.		8	7	16	16	13	7	3	5	5	7	6
Tageslänge und Bewölkung . . .		9	8	16	14	12	7	2	4	5	7	8
Tagesl. ,Bew. und Höhengang . .		8	7	14	19	13	8	2	4	5	6	6

Auch hier ist das Frühlingsmaximum das bedeutendste. Das Augustmaximum ist verschwunden und das Herbstmaximum liegt im November. Für alle anderen Erscheinungen fällt dieses Maximum im Oktober. Das Sommerminimum ist sehr niedrig.

Für den Höhengang sind die Zahlen:

Gradzahlen.

Höhe:	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°
Korrekturen.							
—	16	61	92	100	76	58	47
Dauer der Gruppen	15	70	100	91	83	75	67
Dauer und Bewölkung	14	64	99	100	87	82	75
Dauer, Bew. und jährl. Gang. .	13	64	100	97	81	68	59

Höhe:	28°-31°	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°
Korrekturen.						
—	33	24	15	8	3	2
Dauer der Gruppen	52	42	28	16	7	5
Dauer und Bewölkung	59	48	30	20	8	5
Dauer, Bew. und jährl. Gang	47	47	21	18	7	5

Beobachtungsstunden.

Höhe:	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°
Korrekturen							
—	18	60	92	100	71	54	43
Dauer der Gruppen	17	69	100	91	77	69	62
Dauer und Bewölkung	15	62	100	97	79	73	66
Dauer, Bew. und jährl. Gang. .	15	62	100	95	78	66	59

Höhe:	28°-31°	32°-35°	36°-39°	40°-43°	44°-47°	48°-51°
Korrekturen.						
—	31	25	15	8	3	2
Dauer der Gruppen	49	44	29	16	8	6
Dauer und Bewölkung	52	47	30	18	8	6
Dauer, Bew. und jährl. Gang	44	48	21	16	6	6

Das Hauptmaximum findet sich bei 8°—11°, ein zweites Maximum zeigt sich bei 32°—35°.

Weil über 51° nur eine Beobachtung vorhanden ist (57°), sind die Gruppen mit höheren Sonnenhöhen ausser Acht gelassen. Als Tageslänge wurde deshalb benutzt die Zeit während welcher die Sonne zwischen 0° und 51° stand.

**d. Circumzenithbogen und Berührungsbogen
zum Halo von 46°.**

Eine solche Überlegung gilt noch stärker beim Circumzenithbogen. Bei der Bearbeitung der Ergebnisse sind die wenigen Beobachtungen bei Sonnenhöhen über 31° ausser Acht gelassen, weil diese eine Störung bewirkt haben würden. Unter 4° wurde die Erscheinung niemals beobachtet. Als Tageslänge wurde also notiert die Zeit während welcher die Sonne zwischen 4° und 31° stand.

Die Zahl der Beobachtungen war zu gering, um eine Korrektur für Bewölkung anzubringen. Aus demselben Grunde wurden Vor- und Nachmittag kombiniert, während sie bei den früher behandelten Erscheinungen getrennt bearbeitet wurden.

Für die Monate ergeben sich vor und nach Anbringung der Korrekturen für Tageslänge und Höhengang folgende Prozentzahlen.

Monate:	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gradzahlen unkorrigiert	4	6	20	13	10	9	3	9	7	11	7	2
„ korrigiert	4	7	19	14	12	10	2	9	8	8	5	2
Beobachtungsgrade unkorrigiert . .	4	6	17	13	11	9	3	9	8	12	7	2
„ „ korrigiert	4	6	17	14	13	10	2	9	8	9	5	3

Wenn wir annehmen, dass der Einfluss der Bewölkung nicht grösser war als bei den andern Erscheinungen, können wir schliessen, dass der jährliche Gang besonders gekennzeichnet wird durch Maxima in März und Oktober und tiefe Minima in Juli und Dezember.

Die Verhältniszahlen für den Höhengang vor und nach Korrektur für Gruppendauer und jährlichen Gang sind:

Höhe:	4°-7°	8°-11°	12°-15°	16°-19°	20°-23°	24°-27°	28°-31°
Gradzahlen unkorrigiert	6	23	62	100	97	55	10
„ korrigiert	7	26	74	99	100	58	9
Beobachtungsgrade unkorrigiert .	5	24	61	100	91	52	10
„ „ korrigiert	5	28	71	100	95	56	9

Die für die Entstehung des Circumzenithbogens günstigste Sonnenhöhe liegt zwischen 16° und 19° (oder 16° und 23°).

e. Halo von 46°.

Für den Halo von 46° sind nur Beobachtungen von Sonnenhöhen unter 40° in Betracht gezogen; es wurde nicht für Bewölkung korrigiert.

Weil bei der kleinen Zahl der Beobachtungen Zufall eine zu grosse Rolle spielen könnte, sind Gruppen von 4° resp. 8° gebildet. Bei der Bearbeitung des jährlichen Ganges wurden nur Korrekturen für Tageslänge und Sonnenhöhe angewandt; bei der Ermittlung des Höhenganges solche für die Gruppendauer und den jährlichen Gang. Mit Gruppen von 4° wurden folgende Resultate erhalten:

Jährlicher Gang.

Monate:	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Gradzahlen unkorrigiert	2	10	23	11	7	7	2	8	6	15	6	2
„ korrigiert	2	12	18	17	9	7	1	7	3	14	4	5
Beobachtungsgrade unkorrigiert	2	6	21	12	8	9	3	9	7	17	5	3
„ „ korrigiert	3	5	17	18	10	9	1	7	3	16	5	7

Höhengang.

Höhe:	$0^\circ-3^\circ$	$4^\circ-7^\circ$	$8^\circ-11^\circ$	$12^\circ-15^\circ$	$16^\circ-19^\circ$
Gradzahlen unkorrigiert	8	18	23	57	90
„ korrigiert	6	17	21	51	80
Beobachtungsgrade unkorrigiert	9	15	18	50	90
„ „ korrigiert	6	15	18	45	81

Höhe:	$20^\circ-23^\circ$	$24^\circ-27^\circ$	$28^\circ-31^\circ$	$32^\circ-35^\circ$	$36^\circ-39^\circ$
Gradzahlen unkorrigiert	100	73	16	15	7
„ korrigiert	100	68	15	14	9
Beobachtungsgrade unkorrigiert	100	68	15	11	7
„ „ korrigiert	100	66	15	11	9

Mit Gruppen von 8° fällt das Frühlingsmaximum im März; die günstigste Höhe zwischen $20^\circ-23^\circ$.

Eine Beobachtung wurde gemacht bei Sonnenhöhe von 57° .

f. Übrige Erscheinungen.

Die Lowitzschen Bogen wurden nach Monaten geordnet. Für die seltenen Erscheinungen wurde nur eine Tabelle aufgestellt, wo die Stellen der jährlichen Publikation „Onweders, Optische Verschijnnselen, enz., in Nederland“ wo sie beschrieben sind, aufgeführt werden. Aus den anzahlen der seltenen Ringe mit Radius abweichend von 22° oder 46° wird gefolgert,

dass neben den brechenden Winkeln von 60° und 90° besonders solche von $65^\circ 24'$, $25^\circ 14'$ und $53^\circ 50'$ am meisten auftreten. Die Beobachtung der unterseitlich berührenden Bogen des 46° Kreises erwiesen sich als nicht völlig im Einklang mit der Theorie.

g. Die Bogen von Lowitz.

Im letzten Kapitel wird eine neue Erklärung für die Bogen von Lowitz gegeben, welche auf eine experimentelle Untersuchung gegründet ist. Ein Prisma mit brechenden Winkeln von 60° , aus einer sechsseitigen Säule gebildet, welches zwei rotierenden Bewegungen zu gleicher Zeit unterworfen ist, sodass es eine rollende Bewegung ausführt über eine imaginäre konische Fläche, bricht das Licht in ähnlicher Weise wie die in der Luft schwebenden Eiskristalle. Aus den photographisch aufgenommenen Bildern ergibt sich, dass das meiste Licht von Prismen herrührt deren Achsen nicht zu stark geneigt sind, und nahe beim Stand der Minimum-Abweichung stehen. Die Lichtquantität geht herab mit Zunahme der Inklinaton der Achse zur Vertikalen und mit steigender Sonnenhöhe. Die Intensität der Teile der Kurve über dem parhelischen Kreise nimmt schneller ab als das Licht unter den Nebensonnen. Bei steigender Sonne nimmt der Winkel des Bogens mit der Vertikale zu.

Alle diese Forderungen werden von den Beobachtungen bestätigt.