

18 OKT. 1965

Verslagen V-169
(R III-295-1965)

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Vergelijking van de hoeveelheid UV-B in de globale straling
te Hamburg en Davos

door

ir. A.J. Frantzen

De Bilt, 1965

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt

Vergelijking van de hoeveelheid UV-B in de globale straling
te Hamburg en Davos

door

ir. A.J. Frantzen

551.521.17

-.-.-.-.

Inleiding:

Het ultraviolette gebied van de zonnestraling strekt zich uit van ca. 200 m μ - ca. 400 m μ . Men onderscheidt hierin 3 gebieden, te weten: UV-C 200-290 m μ ; UV-B 290-320 m μ en UV-A 320-410 m μ . De ultraviolette straling wordt sterk geabsorbeerd door het in de atmosfeer aanwezige ozon. UV-C wordt volledig geabsorbeerd door de ozon (Hartley-band). Het UV-B wordt gedeeltelijk geabsorbeerd (zwakere Huggins-band van ozon), en dringt gedeeltelijk tot het aardoppervlak door. UV-A wordt goed, doch niet volledig door de atmosfeer doorgelaten. Behalve absorptie vindt ook verstrooiing plaats.

In verband met een vraag aan het K.N.M.I. deed zich het probleem voor de hoeveelheden ultraviolette straling in de globale straling te Hamburg en Davos met elkaar te vergelijken. In Hamburg werden de metingen continu verricht (continue registratie) ongeacht de weersomstandigheden, terwijl de metingen te Davos alleen op onbewolkte dagen werden uitgevoerd. Hier komt nog bij, dat in Hamburg UV-A en UV-B afzonderlijk werden gemeten, waarbij het UV-B in de eenheid cal cm⁻²dag⁻¹ werd uitgedrukt, maar het UV-A in een eenheid, die zich met de genoemde niet laat vergelijken. In Davos werden alle meetresultaten in cal cm⁻²dag⁻¹ uitgedrukt. Een vergelijking van het UV-A gedeelte voor beide plaatsen wordt daarom in het navolgende buiten beschouwing gelaten. We beperken ons dus tot een vergelijking van de hoeveelheden globale UV-B straling te Hamburg en Davos.

De metingen te Davos: [1]

De geografische positie van Davos is 46°48' N, 9°49' E; het waarnemingsinstrument is op een hoogte van 1590 m boven zeeniveau opgesteld.

De metingen van de globale ultraviolette straling werden in de periode 1958-1961 uitgevoerd. Bepaald werd de spectrale intensiteitsverdeling, d.w.z. de intensiteit per eenheid van golflengte. Van klimatologische gemiddelden in de gebruikelijke zin is hierbij echter geen sprake. Het aantal waarnemingen was hiervoor te klein. Men heeft de dagelijkse variatie van de intensiteit voor een gemiddelde dag van elke maand van het jaar uit de waarnemingen geëxtrapoleerd door rekening te houden met de variatie van de belangrijkste parameters (zonshoogte, hoeveelheid ozon in de atmosfeer, albedo van het aardoppervlak) en hun invloed op de straling. Deze door Bener gebruikte procedure was beperkt tot praktisch onbewolkte dagen (bedekkingsgraad $\leq 0,1$).

Op deze wijze kreeg Bener tabellen, die de momentele intensiteiten in $\text{Watt cm}^{-2} \text{m}\mu^{-1}$ op elk heel en half uur van een gemiddelde dag van elke maand geven. Hij neemt de 16^e dag aan als representatief voor iedere maand, behalve juni en december, waarvoor de 11^e dag werd gekozen.

Om te kunnen vergelijken met Hamburg moesten uit deze gegevens dagsommen worden bepaald voor een gemiddelde dag van elke maand. In de tabellen worden de momentele intensiteiten per eenheid van golflengte voor de volgende golflengten gegeven: 297,5; 300,0; 302,5; 305,0; 307,5; 310,0; 312,5; 315,0; 317,5; 320,0 $\text{m}\mu$. De golflengten kleiner dan 297,5 $\text{m}\mu$ geven verwaarloosbaar kleine bijdragen. Eerst werden voor elk van deze golflengten de intensiteiten uitgezet als functie van de uren van de dag. Door deze punten werd een vloeiende kromme getrokken; het oppervlak onder deze kromme geeft dan de totale hoeveelheid straling van die dag per golflengte - eenheid voor die bepaalde golflengte. Vervolgens werden deze waarden weer uitgezet als functie van de golflengte; het oppervlak onder deze kromme geeft dan de dagsom voor de globale UV-B straling.

De aldus verkregen dagsommen voor een gemiddelde onbewolkte dag van elke maand van het jaar, omgerekend op $\text{cal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$, zijn in Tabel I uitgezet.

TABEL I

Dagsom van de globale UV-B straling
voor een gemiddelde onbewolkte dag
voor elke maand van het jaar te Davos.

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Q_0	0,21	0,43	0,85	1,46	1,53	1,82	1,93	1,66	1,10	0,52	0,34	0,19

Q_0 = dagsom bij onbewolkte hemel in $\text{cal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$.

Opvallend is, dat het maximum in juli valt en niet in juni, zoals men misschien zou verwachten. Op de verklaring hiervan komen we nog terug.

De metingen te Hamburg-Fuhlsbüttel: [2]

De geografische positie van het waarnemingsterrein is $53^{\circ}38' \text{N}$, $10^{\circ}00' \text{E}$, op 14 m boven zeeniveau.

In Hamburg werd de globale ultraviolette straling van 1954 t/m 1962 continu geregistreerd. Voor elke dag werden de dagsommen in $\text{cal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$ voor het UV-B bepaald. In dit geval kan dus wel een klimatologisch gemiddelde voor een representatieve dag van elke maand worden opgemaakt door eerst over alle dagen van de maand te middelen en deze gemiddelden weer over de jaren 1954/1962 te middelen. Wanneer men echter de maandgemiddelden bekijkt, dan blijkt dat deze in de jaren 1954-1958 een duidelijk dalende tendens vertonen om vervolgens op een min of meer constant niveau

te blijven. Aangezien het mogelijk is, dat dit effect wordt veroorzaakt door meetfouten en niet reëel is, hebben we ons beperkt tot beschouwing van de redelijk homogene periode 1958 t/m 1962. Dit is tevens ongeveer dezelfde periode als waarop de metingen in Davos betrekking hebben.

De dagsommen, gemiddeld over de jaren 1958 t/m 1962, voor een gemiddelde dag van elke maand van het jaar worden in Tabel II gegeven.

TABEL II

Dagsom van de globale UV-B straling
voor een gemiddelde dag van elke maand
van het jaar te Hamburg.

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Q	0,04	0,09	0,22	0,44	0,65	0,82	0,74	0,59	0,42	0,16	0,06	0,03

Q = dagsom bij normale (gemiddelde) weersgesteldheid in $\text{cal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$.

Deze waarden zijn niet zonder meer vergelijkbaar met die van Davos, daar te Davos alleen bij onbewolkt weer gemeten werd.

Vergelijking globale UV-B straling te Hamburg en Davos:

Het eenvoudigst zou natuurlijk zijn om uit de waarnemingen te Hamburg diegenen te selecteren, die betrekking hebben op onbewolkte dagen, en daarmee voor elke maand een gemiddelde waarde voor onbewolkt weer te bepalen. Nu worden in [2] naast de UV-B waarden ook de waarden van de zonnenschijnduur gegeven, welke worden bepaald met de Campbell-Stokes zonnenschijnautograaf. De Campbell-Stokes haalt nooit een relatieve zonnenschijnduur van 100%; echter, zelfs wanneer men de dagen met relatieve zonnenschijnduur $\geq 90\%$ als onbewolkte dagen beschouwt, blijken er slechts weinig zulke dagen te vinden te zijn. Te weinig om er een betrouwbare waarde uit af te kunnen leiden, vooral daar de gevonden waarden nogal sterk spreiden.

Men kan echter ook proberen niet alleen de onbewolkte dagen, maar alle dagen te gebruiken. Dit kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van een methode, die reeds met succes wordt gebruikt om de hoeveelheid globale straling als functie van de relatieve zonnenschijnduur te berekenen. Zoals Ångström dit voor het eerst poneerde, gaat men er daarbij van uit, dat een lineair verband bestaat tussen de hoeveelheid globale straling en de relatieve zonnenschijnduur [3]. In formule:

$$Q = a + b S/S_0 \quad (1)$$

a en b constanten.

Q = werkelijk ontvangen hoeveelheid globale straling.

S = dagsom van het aantal uren zonnenschijn gemeten met een Campbell-Stokes.

S₀ = maximaal aantal uren, dat de zon op de waarnemingsplaats kan schijnen.

Men kan (1) ook als volgt schrijven:

$$Q = Q_0 \{ \alpha + (1 - \alpha) S/S_0 \} \quad (2)$$

Q_0 = straling ontvangen op volkomen heldere dag.
 α = constante.

(2) is de vorm, waarin Ångström het lineaire verband tenslotte tot uitdrukking bracht.

Tussen de diverse constanten bestaan de volgende relaties:

$$\begin{aligned} a &= \alpha Q_0, & b &= (1 - \alpha) Q_0 & \text{of} \\ a + b &= Q_0, & \alpha &= a/a + b \end{aligned} \quad (3)$$

De vergelijkingen (1) en (2) geven aan, dat het verband tussen de globale straling en de relatieve zonneshijnduur in een grafiek door een rechte lijn wordt voorgesteld. S/S_0 is niet de enige grootte die Q bepaalt, maar Q hangt ook nog enigszins af van andere parameters, bv. waterdampgehalte, hoeveelheid luchtverontreiniging enz. Als gevolg hiervan zullen de waargenomen Q -waarden voor een bepaalde S/S_0 een zekere spreiding vertonen. Men bepaalt nu de rechte zodanig, dat hij zo goed mogelijk aan de meetpunten is aangepast. Men bepaalt de constanten a en b dan met behulp van de methode van de kleinste kwadraten. Men kan dan met (3) α en Q_0 berekenen. Zoals men uit (2) kan zien, heeft de constante α te maken met de doorlaatbaarheid van een gesloten wolkendeck van gemiddelde dikte; α is immers de fractie van de globale straling bij een bewolgingsgraad één, dus de globale straling die bij $S/S_0 = 0$ wordt ontvangen.

Als men er nu van uitgaat, dat een dergelijk lineair verband als in (1) en (2) tot uitdrukking is gebracht niet alleen voor de globale straling als geheel bestaat, maar ook voor een deel daarvan in casu het UV-B, zou men de Q_0 voor UV-B uit de waargenomen Q -waarden voor UV-B kunnen berekenen. De coëfficiënten a en b kunnen uit de waarnemingen van de periode 1958 t/m 1962 worden bepaald en daaruit α en Q_0 .

Eerst werd getracht iets te bereiken met de maandgemiddelden van Q voor het UV-B en S/S_0 . Men zou dan meteen maandgemiddelden van α en Q_0 voor UV-B kunnen vinden. Dit blijkt echter zeer onbevredigende resultaten te geven, men vindt zelfs negatieve waarden van a . Dit wordt kennelijk veroorzaakt door het feit, dat de maandgemiddelden van Q en S/S_0 zich binnen zeer nauwe grenzen bewegen. Bovendien beschikt men voor elke maand van het jaar over slechts 5 maandgemiddelden.

Er werd daarom overgegaan op het berekenen van a en b uit dagwaarden van Q en S/S_0 . Men neemt dan alle Q - en S/S_0 -waarden van één maand tezamen en bepaalt daaruit α en Q_0 voor die maand. Men doet dit dan voor elk van de jaren 1958 t/m 1962 voor die maand en vindt dan 5 α - en 5 Q_0 -waarden. Men kan deze weer middelen. De aldus bepaalde $\bar{\alpha}$ - en \bar{Q}_0 -waarden zijn dan de gezochte waarden voor die maand. Men kan ook de 5 januari-maanden, de 5 februarimaanden als één geheel behandelen en vindt dan één α - en één Q_0 -waarde. Deze laatste waarden zullen we aanduiden als α samen en Q_0 samen.

Het zou ook mogelijk zijn om uit te gaan van uurvakwaarden, zoals in [3] ook wordt gedaan om de globale straling te berekenen. Men houdt nu immers geen rekening met de vraag of een bepaalde zonneshijnduur midden op de dag heeft plaats gehad of aan het begin of einde ervan; dit is natuurlijk van invloed. Uurvakwaarden van de globale UV-B straling zijn echter veel kleiner dan de nauwkeurigheid van de meetinstrumenten en worden in [2] dan ook niet gegeven.

In Tabel III zijn de gevonden resultaten aangegeven.

TABEL III

Uit het waarnemingsmateriaal van Hamburg berekende α - en Q_0 -waarden
voor elk jaar afzonderlijk en hun gemiddelde
in de laatste 2 kolommen voor de 5 jaren samen.

maand	1958		1959		1960		1961		1962		gemiddeld		samen	
	α	Q_0	α	Q_0	α	Q_0	α	Q_0	α	Q_0	α	Q_0	α	Q_0
jan	0,457	0,070	0,350	0,100	-	-	0,375	0,072	0,152	0,099	0,334	0,085	0,318	0,085
feb	0,268	0,236	0,333	0,201	-	-	0,331	0,151	0,215	0,261	0,287	0,212	0,276	0,214
mrt	0,357	0,415	0,405	0,346	0,331	0,407	0,633	0,363	0,244	0,402	0,394	0,387	0,407	0,383
apr	0,481	0,632	0,436	0,644	0,375	0,600	0,474	0,815	0,165	0,923	0,386	0,723	0,410	0,690
mei	0,345	1,180	0,409	1,002	0,402	0,946	0,358	1,174	0,280	1,184	0,359	1,097	0,385	1,049
jun	0,384	1,276	0,441	1,228	0,355	1,078	0,393	1,083	0,371	1,262	0,389	1,185	0,392	1,178
jul	0,405	1,411	0,417	1,173	0,370	1,005	0,511	1,158	0,311	1,220	0,403	1,193	0,349	1,257
aug	0,457	0,990	0,582	0,863	0,294	0,890	0,504	0,949	0,344	0,938	0,436	0,926	0,400	0,951
sep	0,722	0,544	0,359	0,654	0,373	0,512	0,541	0,586	0,494	0,516	0,498	0,562	0,417	0,602
okt	0,250	0,392	0,310	0,326	0,203	0,365	0,228	0,333	0,342	0,263	0,267	0,336	0,266	0,327
nov	0,198	0,167	0,220	0,223	0,245	0,151	0,446	0,092	0,331	0,157	0,288	0,158	0,344	0,131
dec	0,322	0,089	-	-	0,208	0,090	0,485	0,026	0,533	0,063	0,387	0,067	0,315	0,070

- = geen registratie

Om een indruk te geven van de mate van overeenstemming tussen de gemeten Q -waarden en die, welke met de lineaire regressie formule berekend zijn, worden de gemeten en berekende waarden naast elkaar gezet voor juni en december in Tabel IV en Tabel V.

- = geen registratie

Q = gemeten hoeveelheid globale UV-B straling in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$.

Q_c = berekende hoeveelheid globale UV-B straling in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$.

TABEL IV

Gemeten (Q) en met lineair verband berekende (Q_c)

UV-B dagsommen voor juni te Hamburg.

dag	jun 1958			jun 1959			jun 1960			jun 1961			jun 1962		
	S/S ₀	Q	Q _c	S/S ₀	Q	Q _c	S/S ₀	Q	Q _c	S/S ₀	Q	Q _c	S/S ₀	Q	Q _c
1	0,515	0,85	0,83	0,371	0,66	0,73	0,383	0,68	0,74	0,311	0,68	0,69	0,551	0,92	0,86
2	0,897	1,15	1,11	0,233	0,86	0,63	0,778	0,97	1,02	0,640	0,71	0,92	0,425	0,74	0,77
3	0,042	0,49	0,49	0,806	1,10	1,04	0,901	0,91	1,11	0,872	1,02	1,09	0,731	0,95	0,99
4	0,381	0,84	0,74	0,799	0,95	1,04	0,906	1,05	1,12	0,864	1,03	1,09	0,407	0,88	0,76
5	0,107	0,55	0,54	0,904	1,07	1,12	0,696	0,86	0,96	0,856	0,95	1,08	0,828	1,07	1,06
6	0,553	1,02	0,86	0,618	0,78	0,91	0,856	0,97	1,08	0,755	0,89	1,01	0,512	0,87	0,83
7	0,753	1,20	1,01	0,202	0,52	0,61	0,202	0,45	0,61	0,528	0,72	0,84	0,875	1,14	1,09
8	0,154	0,64	0,57	0,166	0,73	0,58	0,823	0,92	1,07	0,367	0,78	0,73	0,876	1,15	1,10
9	0,018	0,34	0,47	0,349	0,75	0,71	0,047	0,42	0,50	0,053	0,44	0,50	0,432	0,83	0,77
10	0,337	0,98	0,70	0,437	0,82	0,78	0,278	0,48	0,66	0,284	0,72	0,67	0,580	0,92	0,88
11	0,448	0,92	0,79	0,378	0,83	0,73	---	---	---	0,555	0,81	0,86	---	---	---
12	0,130	0,73	0,56	0,648	0,87	0,93	0,354	0,72	0,72	0,306	0,75	0,68	---	---	---
13	0,772	1,09	1,02	0,884	1,24	1,10	0,029	0,43	0,48	0,018	0,44	0,47	0,218	0,71	0,62
14	0,871	1,16	1,09	0,853	1,20	1,08	0,588	0,80	0,89	0,006	0,44	0,47	0,618	1,00	0,91
15	0,881	1,13	1,10	---	---	---	0,711	0,79	0,98	0,206	0,65	0,61	0,629	0,97	0,92
16	0,799	0,85	1,04	0,458	0,99	0,79	0,329	0,58	0,70	0,640	0,89	0,92	0,353	0,85	0,72
17	0,558	0,90	0,86	0,664	0,95	0,94	0,564	0,83	0,87	0,376	0,72	0,73	0,435	0,96	0,78
18	0,288	0,66	0,67	0,822	1,08	1,06	0,493	0,87	0,82	0,059	0,33	0,50	---	---	---
19	0,194	0,83	0,60	0,675	1,05	0,95	0,159	0,54	0,58	0,810	0,94	1,05	---	---	---
20	0,023	0,32	0,48	0,881	1,32	1,10	0,464	0,78	0,80	0,611	0,89	0,90	0,465	0,85	0,80
21	0,123	0,41	0,55	0,949	1,22	1,15	0,527	0,90	0,84	0,551	0,85	0,86	0,429	0,88	0,77
22	0,358	0,79	0,72	0,915	1,16	1,12	0,000	0,31	0,46	0,422	0,70	0,77	0,106	0,52	0,54
23	0,305	0,79	0,68	0,910	1,16	1,12	0,611	0,85	0,90	0,587	0,80	0,89	0,359	0,65	0,72
24	0,370	0,89	0,73	0,940	1,20	1,14	0,940	1,08	1,14	0,658	0,95	0,94	0,276	0,65	0,66
25	0,552	0,91	0,86	0,922	1,19	1,13	0,804	0,81	1,04	0,816	0,86	1,05	0,506	0,78	0,83
26	0,059	0,64	0,50	0,752	1,10	1,01	0,811	0,87	1,05	0,770	0,85	1,02	0,035	0,33	0,49
27	0,300	0,83	0,68	---	---	---	---	---	---	0,000	0,22	0,46	0,347	0,76	0,71
28	0,865	1,15	1,09	---	---	---	---	---	---	0,618	0,82	0,91	0,371	0,80	0,73
29	0,000	0,34	0,46	0,335	0,82	0,70	0,000	0,29	0,46	0,859	1,02	1,08	0,223	0,81	0,62
30	0,000	0,46	0,46	0,082	0,64	0,52	0,000	0,39	0,46	0,860	0,93	1,08	0,018	0,38	0,47

TABEL V

Gemeten (Q) en met linear verband berekende (Q_o)

UV-B dagsommen voor december te Hamburg.

dag	dec 1958			dec 1959			dec 1960			dec 1961			dec 1962		
	S/S _o	Q	Q _o	S/S _o	Q	Q _o	S/S _o	Q	Q _o	S/S _o	Q	Q _o	S/S _o	Q	Q _o
1	0,915	0,10	0,07	--	--	--	--	0,04	0,02	--	--	--	0,785	0,07	0,06
2	0,000	0,02	0,02	--	--	--	0,000	0,04	0,02	--	--	--	0,641	0,04	0,05
3	0,000	0,02	0,02	--	--	--	0,000	0,01	0,02	--	--	--	0,616	0,04	0,05
4	0,000	0,02	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,693	0,07	0,06
5	0,596	0,08	0,05	--	--	--	0,285	0,04	0,04	--	--	--	0,000	0,02	0,02
6	0,846	0,07	0,06	--	--	--	0,039	0,03	0,02	--	--	--	--	--	--
7	0,013	0,05	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,506	0,04	0,05
8	0,052	0,04	0,02	--	--	--	0,000	0,02	0,02	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	0,000	0,03	0,02	0,039	0,05	0,02	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	0,000	0,01	0,02	0,000	0,00	0,02	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	0,304	0,05	0,04	0,000	0,00	0,02	--	--	--
12	0,000	0,04	0,02	--	--	--	0,623	0,06	0,05	0,000	0,00	0,02	0,105	0,04	0,03
13	0,359	0,05	0,04	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,000	0,02	0,02	0,027	0,02	0,02
14	0,213	0,04	0,03	--	--	--	0,000	0,03	0,02	0,465	0,02	0,04	0,227	0,06	0,03
15	0,000	0,02	0,02	--	--	--	0,000	0,02	0,02	--	--	--	0,520	0,08	0,05
16	0,000	0,04	0,02	--	--	--	0,000	0,01	0,02	0,361	0,03	0,04	0,000	0,02	0,02
17	0,000	0,03	0,02	--	--	--	0,000	0,01	0,02	--	--	--	0,000	0,03	0,02
18	0,497	0,05	0,05	--	--	--	0,000	0,01	0,02	--	--	--	0,067	0,04	0,03
19	0,027	0,03	0,02	--	--	--	0,000	0,01	0,02	--	--	--	0,560	0,05	0,05
20	--	--	--	--	--	--	0,000	0,01	0,02	--	--	--	0,320	0,04	0,04
21	0,390	0,02	0,04	--	--	--	0,000	0,01	0,02	0,121	0,01	0,03	0,000	0,06	0,02
22	0,000	0,03	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,814	0,05	0,06
23	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,604	0,01	0,05	0,440	0,05	0,04
24	--	--	--	--	--	--	0,161	0,04	0,03	0,416	0,02	0,04	0,854	0,05	0,06
25	--	--	--	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,617	0,02	0,05	0,653	0,06	0,05
26	--	--	--	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,040	0,01	0,02	0,000	0,03	0,02
27	--	--	--	--	--	--	0,134	0,03	0,03	0,000	0,01	0,02	--	--	--
28	--	--	--	--	--	--	0,308	0,03	0,04	0,000	0,01	0,02	--	--	--
29	--	--	--	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,000	0,02	0,02	0,000	0,03	0,02
30	--	--	--	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,000	0,01	0,02	0,000	0,02	0,02
31	--	--	--	--	--	--	0,000	0,02	0,02	0,000	0,01	0,02	0,422	0,04	0,04

De standaardafwijkingen voor de maanden juni en december van het verschil tussen de berekende en waargenomen dagsommen van de globale UV-B straling worden respectievelijk: 0,11 en 0,015, terwijl de Q_0 -waarden respectievelijk 0,82 en 0,03 cal cm⁻²dag⁻¹ bedragen.

In Tabel VI zijn de relatieve standaardafwijkingen voor enkele maanden van α en Q_0 aangegeven. Deze worden verkregen door de standaardafwijking van de α - of Q_0 -waarden in de afzonderlijke jaren 1958 t/m 1962 ten opzichte van hun gemiddelde voor die maand uit te rekenen en deze te delen door die gemiddelde waarden van α of Q_0 .

TABEL VI

Relatieve standaardafwijkingen
van α - en Q_0 -waarden

maand	$\sigma / \bar{\alpha}$	σ / Q_0
mrt	37,1%	7,8%
jun	8,4%	8,2%
sep	29,5%	10,5%
dec	38,5%	45,5%

Als we de gemiddelde Q_0 en de $Q_0(\text{samen})$ vergelijken, zien we dat ze over het algemeen slechts enkele procenten verschillen behalve de gemiddelde Q_0 en $Q_0(\text{samen})$ voor november, waar dit verschil 17% bedraagt. Er is geen sprake van een systematisch verschil. De gemiddelde Q_0 is nu eens groter dan $Q_0(\text{samen})$ en dan weer kleiner. Dat er verschillen optreden tussen beide grootheden wordt veroorzaakt door het feit, dat een maand in een bepaald jaar, die ten opzichte van de andere 4 jaren een afwijkend verloop van de hoeveelheid UV-B ten opzichte van de relatieve zonneshijnduur vertoont, bij gewoon middelen van de α 's en Q_0 's een minder sterke invloed heeft dan bij het samenvoegen van de waarnemingen van de 5 maanden en het vervolgens bepalen van de $\alpha(\text{samen})$ en $Q_0(\text{samen})$. Dit gebeurt immers met de methode van de kleinste kwadraten, waarbij de rechte zodanig wordt gekozen, dat de som van de kwadraten van de verschillen tussen de bij een bepaalde S/S_0 gemeten waarden en de bij dezelfde S/S_0 uit de vergelijking van de rechte berekende waarde minimaal is. Daar het hierbij gaat om kwadraten van verschillen hebben uitbijters grote invloed.

Het lijkt statistisch konsekwenter om de $Q_0(\text{samen})$ als de gezochte waarde te aanvaarden, daar hiervoor het waarnemingsmateriaal als een geheel is gebruikt en niet in 5 afzonderlijke stukken, die dan via rekenkundig middelen worden gecombineerd. Het bepalen van de α en Q_0 voor de afzonderlijke jaren geeft echter een goede indruk van de spreiding tussen de resultaten voor de verschillende jaren en daarmee van de betrouwbaarheid van de berekende hoeveelheid globale UV-B straling bij onbewolkt weer; deze betrouwbaarheid lijkt groter voor de zomermaanden dan voor de wintermaanden.

In onderstaande tabel geven we de Q_0 -waarden voor Davos, de Q_0 (samen)-waarden voor Hamburg en de Q -waarden voor Hamburg bij gemiddelde weersgesteldheid.

TABEL VII

Dagsommen van de globale UV-B straling voor een gemiddelde onbewolkte dag in Davos en Hamburg en voor dag met gemiddelde weersgesteldheid in Hamburg.

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Q_0 Davos	0,21	0,43	0,85	1,46	1,53	1,82	1,93	1,66	1,10	0,52	0,34	0,19
Q_0 Hamburg	0,08	0,21	0,38	0,69	1,05	1,18	1,26	0,95	0,60	0,33	0,13	0,07
Q Hamburg	0,04	0,09	0,22	0,44	0,65	0,82	0,74	0,59	0,42	0,16	0,06	0,03

Discussie van de resultaten:

Men ziet uit Tabel VI, dat de α -waarden over het algemeen sterker spreiden dan de Q_0 -waarden. Dit is wel te begrijpen, als men bedenkt dat α wordt bepaald door de doorlaatbaarheid van een gesloten wolkendeck van gemiddelde dikte, dat kan variëren van een dunne sluier, zodanig dat de registreerstrook van de Campbell-Stokes net geen brandspoor vertoont, tot een dikke wolkenlaag; Q_0 hangt alleen af van de doorlaatbaarheid van een onbewolkte atmosfeer. Bij globale straling treedt hetzelfde verschijnsel op. Tevens blijkt, dat de spreiding in de winter aanmerkelijk groter is dan in de zomer. Ongetwijfeld speelt hier de toenemende onnauwkeurigheid van de metingen, als gevolg van de zeer kleine Q -waarden, een rol; ook is het aantal dagen met $S/S_0 = 0$ zeer groot, waardoor de waarde van de correlatiecoëfficiënt tussen Q en S/S_0 klein wordt en dus de regressierechte met slechts een geringe nauwkeurigheid kan worden bepaald.

De α -waarden vallen in het algemeen hoger uit dan bij de globale straling. Dit zal worden veroorzaakt door de sterke verstrooiing, waaraan ultraviolet licht onderworpen is in de atmosfeer. Immers de verstrooiing door de luchtmoleculen geschiedt volgens de wet van Rayleigh, die zegt dat deze verstrooiing evenredig is met λ^{-4} . Het UV-B licht wordt dus veel sterker vertrooid dan het zichtbare licht.

Wat de Q_0 -waarden betreft, ziet men, dat Davos op een onbewolkte dag aanzienlijk meer UV-B ontvangt dan Hamburg. Dit was wel te verwachten, gezien de meer zuidelijke ligging en vooral de grotere hoogte van Davos. Het minimum van de globale UV-B straling valt in december, zoals verwacht kan worden. Het maximum blijkt bij onbewolkt weer in juli te liggen en niet in juni. Men kan dit verschijnsel verklaren door rekening te houden met de sterke absorptie van het UV-B door de ozon. De dikte van de ozonlaag in verticale richting, uitgedrukt in cm O_3 bij standaardtemperatuur en druk, vertoont een jaarlijkse gang. Wanneer men nu de gemiddelde hoeveelheid ozon, uitgedrukt in cm O_3 S.T.P., voor elke maand deelt door de $\sin h$ (h = gemiddelde zonshoogte) verkrijgt men de dikte van de ozonlaag, die de zonnestraling moet doorlopen. Men zou eigenlijk

voor de zonshoogte het gewogen gemiddelde moeten nemen met de uurvakwaarden van het UV-B bij bewolking nul als gewichtsfactoren. Deze uurvakwaarden zijn niet bekend, daarom werd hier voor h genomen de zonshoogte om 12 uur plaatselijke tijd voor een gemiddelde dag van elke maand. Een en ander is in Tabel VIII aangegeven.

TABEL VIII

cm O₃/sin h = dikte van de ozonlaag,
die de zonnestraling doorloopt om 12 uur plaatselijke tijd
op een gemiddelde dag van elke maand in Hamburg.

	cm O ₃	h	cm O ₃ /sin h
jan	0,25	15°12'	0,953
feb	0,27	23°17'	0,683
mrt	0,28	34°33'	0,494
apr	0,28	46°25'	0,387
mei	0,28	55°25'	0,340
jun	0,26	59°26'	0,302
jul	0,24	57°46'	0,284
aug	0,23	50°11'	0,299
sep	0,22	39° 6'	0,349
okt	0,21	27°34'	0,454
nov	0,21	17°41'	0,691
dec	0,24	13°24'	1,036

De zonshoogte h kan worden berekend uit $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$.

φ = breedte = 53°38' N (Hamburg)

δ = declinatie

t = uurhoek

Uit de tabel blijkt, dat de weglengte van de zonnestraling door de ozon in december maximaal is in overeenstemming met het minimum aan UV-B. Hij wordt minimaal in juli, dus minimale absorptie, in overeenstemming met het maximum aan UV-B in juli.

Dat in Hamburg de hoeveelheid UV-B bij gemiddelde weersgesteldheid toch in juni maximaal is, moet kennelijk aan de geringere bewolking in die maand worden toegeschreven.

LITERATUUR:

- [1] Bener, P.; The diurnal and annual variation of the spectral intensity of ultraviolet sky and global radiation on cloudless days at Davos.
Contract AF 61(052)-618. Technical Note No.2.
Davos, January 1963.
- [2] Beilage zum Medizin-Meteorologischen Bericht des Deutschen Wetterdienstes. Meteorologisches Observatorium Hamburg.
Strahlungswerte Hamburg-Fuhlsbüttel. 1958 t/m 1962, Jahrgang 5 Nr. 1 t/m Jahrgang 9 Nr. 12.
- [3] de Boer, H.J.; Berekening van de globale straling in Nederland met behulp van de relatieve zonneschijnduur.
Kon.Ned.Met.Inst., De Bilt, W.R. 60-6 (1960).

.-.-.-.-.