Ergebnisse von Strahlungs- und Polarisationsmessungen auf dem Hochobir im Sommer 1927

Von

Rupert Holzapfel

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Jänner 1929)

Im Sommer 1927 wurden im Auftrage des »Sonnblickvereines« auf dem Hochobir (2160 m) in Kärnten Strahlungsmessungen gemacht, deren Ergebnisse im folgenden zusammengestellt sind.

Die Messungen wurden auf der meteorologischen Station am Obir in einer Seehöhe von 2040 *m* ausgeführt. Die Station liegt an einem SSE-Hang knapp unter dem Hauptkamm; gegen NE überragt dieser den Beobachtungsplatz in einem Winkel von max. 16°; gegen NW erhebt sich der Obirgipfel unter einem Winkel von zirka 18°, gegen W wird der Horizont durch einen Felskamm mit einer Erhebung von 4° eingeengt. Mit Ausnahme der frühesten Morgen- und spätesten Abendstunden läßt sich daher der gesamte Tagesbogen der Sonne bequem verfolgen.

Die Sonnenstrahlung wurde mit einem Michelson-Marten-Bimetallactinometer beobachtet. Dabei wurde die Intensität der Gesamtstrahlung der Sonne ohne Filter und der Strahlung durch das Rotfilter gemessen. Die anderen Filter (grün und blau), mit denen das Instrument noch ausgestattet ist, wurden nicht verwendet, da sie, wie Dorno, Meißner und Vahle¹, festgestellt haben, ungeeignet sind. Die Sonnenhöhen wurden am Instrument direkt abgelesen.

Die Strahlung von Sonne + Himmel und Himmel allein wurde mit einem Angström'schen Pyranometer, die nächtliche Ausstrahlung mit einem Angström'schen Pyrgeometer nach der Kompensationsmethode gemessen.

Weiters wurde mit einem Cornu'schen Polarimeter der Polarisationsgrad des Himmelslichtes beobachtet.

Mit dem Michelson-Marten-Actinometer wurden von Ende Juni bis Ende September, mit dem Pyrgeometer im August Beobachtungen gemacht; die ersteren erfolgten, soweit es möglich war, regelmäßig alle Stunden von 7^h bis 18^h

Das Wetter war im Juli und August nicht ungünstig, nur stiegen in der Regel an den schönen Tagen mittags Wolken auf, bedeckten oft am Nachmittage die Sonne und störten die Beobachtung. Im September war das Wetter sehr ungünstig, es regnete fast ununterbrochen daß nur ganz wenig Beobachtungen gemacht werden konnten.

Mei.

Die Ergebnisse der Messungen mit dem Michelson-Marten-Actinometer.

Die Anordnung der Meßtage ergibt eine zwanglose Zusammenfassung in vier Zeitabschnitte, und zwar vom 29. Juni bis 15. Juli, vom 16. bis 31. Juli, vom 1. bis 30. August und vom 21. und 22. September.

Im allgemeinen wurden mehr Vormittags- als Nachmittagswerte beobachtet, was mit der mittäglichen Wolkenbildung zusammenhängt, so daß den Vormittagswerten mehr Gewicht beizulegen ist. Trotzdem wurde von einem Zusammenfassen der Vor- und Nachmittagswerte abgesehen, um die Unsymmetrie des täglichen Ganges der Sonnenstrahlung nicht zu verwischen.

Die folgenden Tabellen zeigen die Intensität der Sonnenstrahlung auf eine zur Strahlung senkrechte Fläche, reduziert auf mittlere Sonnenentfernung in Gramm Cal. cm^{-2} min.⁻¹.

Zur Mittelbildung mußten nicht nur Beobachtungswerte bei vollständig klarer Sonne, sondern auch bei ganz leichter Trübung verwendet werden, da die ersteren viel zu vereinzelt sind. Erst Messungen, die schon ganz deutlich gestört waren, wurden ausgeschaltet.

Die Tab. I und II enthalten die Mittelwerte der Gesamtintensität in den obenerwähnten vier Zeitabschnitten, Tab. I nach dem Tagesgang, Tab. II nach Zenithdistanzen der Sonne geordnet. Die eingeklammerten kleinen Zahlen geben die Anzahl der Beobachtungen an.

	Gh	7h	Sµ	Յր	10 ^h	11 ^h	
29. VI. bis 15. VII.	_	1.255(6)	1·351(₅)	1·409(₆)	$1.421(_7)$	$1.444(_7)$	1.438(.1)
16. bis 31. VII.		1.226(5)	1.343(7)	1·378(₇)	1·391(₅)	$1 \cdot 436(_3)$	1·440(1)
1. bis 30. VIII.		$1 \cdot 207(_8)$	$1.281(_{\tilde{i}})$	1·368(₆)	1·397(₇)	1·434(₁)	$1.419(_{4})$
21. bis 22. IX.	0.390(1)	1·061(1)	$1.247(_3)$	$1.349(_3)$	$1.413(_3)$	$1.418(_3)$	1·420(2)
	13h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17h	18 ^h	
29. VI. bis 15. VII.	1.449(4)	$1.400(_{2})$	1.367(,)	1·278(_)	$1 \cdot 244(_2)$	1.068(3)	
16. bis 31. VII.	$1.419(_{3})$	$1.366(_2)$	1.314(.)	$1.196(_2)$	1.285(1)	1.054(2)	
1. bis 30. VIII.	$1.380(_{4})$	$1.356(_2)$	1·333(2)	$1.251(_4)$	1 140(4)	0·895(₃)	
21. bis 22. IX.	$1.428(_{1})$	$1.420(_{1})$	$1.375(_{1})$	1·255(1)	$1 \cdot 007(_1)$	$0.478(_{1})$	
	112	14			_		

Tabelle I.

Mittelwerte der Gesamtintensität, Tagesgang.

Tabelle II.

Mittelwerte der Gesamtintensität, abhängig vom Sonnenstande Z.

1	<u> </u>				Vormit	tag							
Z =	70°	65°	60°		50°		4	5°	40	°	i	30°	
29. VI. bis 15. VII.	1 · 179(2)	1·255(₆)	$\delta(_{6})$ 1.355(1) 1.350		0(.1) 1.38	1·399(₃) 1·		11(4)	1.4	43(1)	1.421(;)	1.441(7)	1.444(8)
16. bis 30. VII.	1 · 206(5)	1 · 245(3)	1.316(1)	$1.316(_1)$ $1.347(_6)$		73(1)	1.3	$\cdot 378(_7)$ 1.		12(1)	1·390(₁)	1·436(₃)	$1.434(_3)$
1. bis 30. VIII.	1·207(₈)	$\cdot 207(_8)$ $1 \cdot 204(_1)$ $1 \cdot 313(_5)$ $1 \cdot 336(_1)$		$S_{(1)} = 1 \cdot 37$	75(5)	1 • 4	12(4)	1 • 39	95(₄)	$1.443(_{6})$	1.369(1)	_	
21. bis 22. IX.	bis 22. IX. $1.261(2)$ $1.220(1)$ $1.349(3)$ $1.407(1)$		7(1) 1.41	17(4)	1 - 4	420(₂) —		-					
					Nachmit	tag							
Z =	30°		40°	45°	50°			60°		65°	70°	75°	80°
29. VI. bis 15. VII.	1·377(₂)	1 · 399(2)	_	1·348(₃)	1.274(3)	1 • 28	8(₁)	1 • 288	(1)	1 • 200(1)	1.068(3)		_
16. bis 30. VII.	1.407(.)	$1.366(_{2})$	$1 \cdot 296(_1)$	1.331(2)	1.329(1)	1 · 19	6(.,)		į.	$1 \cdot 285(_1)$	1.022(1)	1.085(1)	
1. bis 30. VIII.	bis 30. VIII. $1 \cdot 364(1)$ $1 \cdot 395(1)$ $1 \cdot 409(1)$ $1 \cdot 261(1)$		$1 \cdot 261(_1)$	1.333(,)	1.18	1(.)	1.3200	(.)	1.094(,)	1.188(.)	0.918(1)	0.884(,)	
21. bis 22. IX.	_				1.424(5)		-	1.375	- 	-	1.255(1)		$1.007(_1)$
			1									1	

Tab. III und IV geben die Mittelwerte der Strahlung durch das Rotfilter wieder, nach Tagesgang und Zenithdistanzen geordnet. Sie geben ebenfalls die auf mittlere Sonnenentfernung reduzierten Werte, jedoch ohne Berücksichtigung der Absorptions- und Reflexionsverluste im Filter.

Tabelle III.

Mittelwerte der Intensität durch das Rotfilter, Tagesgang.

ALC: NOT THE OWNER OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER		6h	7 h	8h	ցհ	10 ^h	11h	12h
	29. VI. bis 15. VII. 16. bis 31. VII. 1. bis 30. VIII. 21. bis 22. IX.	0.327(1)	$\begin{array}{c} 0 \cdot 708(_{6}) \\ 0 \cdot 711(_{6}) \\ 0 \cdot 699(_{7}) \\ 0 \cdot 650(_{1}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0 \cdot 751(_4) \\ 0 \cdot 743(_7) \\ 0 \cdot 719(_6) \\ 0 \cdot 708(_3) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0 \cdot 773(_{6}) \\ 0 \cdot 768(_{7}) \\ 0 \cdot 744(_{6}) \\ 0 \cdot 731(_{3}) \end{array}$	$0.763(_7)$ $0.770(_4)$ $0.764(_6)$ $0.758(_3)$	$0.779(_{6})$ $0.780(_{3})$ $0.769(_{4})$ $0.763(_{3})$	$0.771(_{3})$ $0.774(_{1})$ $0.775(_{4})$ $0.761(_{2})$
		13h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17 ^h	$18^{ m h}$	
	29. VI. bis 15. VII. 16. bis 31. VII. 1. bis 30. VIII. 21. bis 22. IX.	$\begin{array}{c} 0.763(_{3}) \\ 0.762(_{2}) \\ 0.731(_{4}) \\ 0.755(_{1}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0 & 778(_2) \\ 0 \cdot 746(_2) \\ 0 \cdot 723(_2) \\ 0 \cdot 747(_1) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0 \cdot 745(_{2}) \\ 0 \cdot 721(_{2}) \\ 0 \cdot 707(_{2}) \\ 0 \cdot 735(_{1}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0.716(_{3}) \\ 0.699(_{2}) \\ 0.692(_{4}) \\ 0.693(_{1}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0.689(1) \\ 0.731(1) \\ 0.651(4) \\ 0.656(1) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0.712(2) \\ 0.622(2) \\ 0.565(3) \\ 0.346(1) \end{array}$	1

Die Tab. V und VI enthalten für einzelne besonders günstige Tage die direkt gemessenen Werte der Gesamtstrahlung und der

	1	7h	8 ^h	Յր	10 ^{'n}	11 ^h	12 ^h
a b	20. VII.	1 · 180 0 · 666	$\begin{array}{c}1\cdot 275\\0\cdot 720\end{array}$	$1.350 \\ 0.740$	1·370 0·740	$1.385 \\ 0.753$	$\begin{array}{c}1\cdot 374\\0\cdot 750\end{array}$
a b	3. VIII.	$1.182 \\ 0.668$	$1 \cdot 203 \\ 0 \cdot 668$	1·290 0·689	$1 \cdot 330 \\ 0 \cdot 741$	$1 \cdot 330 \\ 0 \cdot 741$	
a b	22. VIII.	$\begin{array}{c}1\cdot 248\\0\cdot 730\end{array}$	1·355 0·753	$1.399 \\ 0.774$	$\begin{array}{c}1\cdot 420\\0\cdot 774\end{array}$	$1 \cdot 440 \\ 0 \cdot 774$	$1 \cdot 430 \\ 0 \cdot 774$
	<u>. </u>	13 ^h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17 ^h	18 ^h
d b	20. VII. 1 · 374 1 · 320 0 · 753 0 · 715		1·290 0·710	1 · 223 0 · 688		0+990 0+560	
ıı b	3. VIII.	$1 \cdot 290 \\ 0 \cdot 688$	$1.308 \\ 0.698$	$1 \cdot 225 \\ 0 \cdot 689$	1 112 0.611		ļ
а р	22. VIII.	1 · 399 0 · 753		$1.333 \\ 0.688$	1 · 27 0 0 · 7 09	$\begin{array}{c} 1 & 140 \\ 0.645 \end{array}$	$0.882 \\ 0.559$

Τ	à	b	e	11	е	V

a == Gesamtintensität

h := Rotintensität

Tabelle IV

Mittelwerte der Intensität durch das Rotfilter, abhängig vom Sonnenstand Z.

	-			-	Vormitt	ag					
Z =	70°	6 5°	60°	55°	50	•	45°	40°	35°	30°	
29. VI. bis 15. VII.	0.689(2)	0·708(₆)		0.751	(₄) 0.76	34(₃) 0	··772(₅)	0·779(1)	0.763(7)	0.775(6)	0·782(₇)
16. bis 30. VII.	0·700(₅)	0.721(3)	$0.743(_{1}$) 0.743	$B(_{6}) = 0.80$	00(₁) 0	··768(₇)	0·704(₁)	$0.773(_3)$	0·780(3)	0·774(₂)
1. bis 30. VIII.	0·699(7)	0.714(1)	$0.720(_{5}$) 0.745	5(1) = 0.74	44(₅) 0	• 780(3)	$0.758(_{1})$	$0.775(_{5})$	$0.758(_{2})$	
21. bis 22. IX.	$0.720(_2)$	$0.705(_1)$	0·731(₃) 0.770	0.1) 0.75	56(₁) 0	· 761(₂)			1	
		1			1						
					Nachmit	tag [.]	·				
Z=	3 0°	35°	40°	45°	50°		60°	65°	70°		80°
29. VI. bis 15. VII.	,	0.779(2)		0·733(₃)	0·712(2)	0.724(1)	0.689(1) 0.612(3)		
16. bis 30. VII.	0.762(2)	$0.746(_2)$	$0.710(_{1})$	0·7 33 (₁)		0.699(2) —	$0.731(_{1}$	$0.578(_1)$	0.665(1)	
1. bis 30. VIII.	0.728(.)	$0.739(_3)$		0·710(₁)	0.704(1)	$0.647(_{2}$) 0·737(2) 0.619(2) 0·684(₂)	0•565(₁)	0.615(2)
21. bis 22. 1X.	_				0·755(₁)		0.753(1)	0•693(₁)		0.656(1)
ĺ	l										ł

Οī

Strahlung durch das Rotfilter, nach Tageszeit und Zenithdistanzen der Sonne geordnet. An diesen drei Tagen konnte fast der ganze Tagesgang der Sonne verfolgt werden.

Über Sonne und Wolken wurden für diese Tage folgende Beobachtungen notiert:

- VII. Sonne: bis $16^{30\,h}$ \odot 4, 17^h Cu vor der Sonne. 18^h \odot 4—3 Bewölkung: bis $8^{30\,h}$ wolkenlos. Talnebel. 9^h —16^h Cu 1—3, 18^h Cu, Str-Cu
- VIII. Sonne: bis $12^{h} \odot 4$, $13^{h} \odot 4$ --3, 14^{h} und $15^{h} \odot 4$, $16^{h} \odot 4$

Bewölkung: bis 10^h wolkenlos, 10^h Cu 1, 11^h Cu 1, 12^h Cu 2, 13^h Cu 5, 14^h Cu 3, 15^h Cu 3, 16^h Cu 8.

VIII. Sonne: bis $13^{h} \odot 4$, $14^{h} \odot 0$ (in Ci), $15^{h} - 18^{h} \odot 4$ Bewölkung: bis 13^{h} wolkenlos. $13^{30}^{h} - 18^{h}$ Ci 1.

Die größten Strahlungswerte, die im Verlaufe der drei Monate beobachtet wurden, sind im folgenden angegeben:

Gesamtintensität: $1 \cdot 460 \text{ g}$ Cal cm^{-2} min. $^{-1}$ am 29. VI. 12^h. Rotintensität: $0 \cdot 780 \text{ g}$ Cal cm^{-2} min. $^{-1}$ am 22. IX. 11^h und 12^h.

Wärmesummen einer horizontalen Fläche.

Aus den Mittelwerten der Gesamtstrahlung auf die zur Strahlung senkrechte Fläche wurde für den mittleren Tag der einzelnen Zeitabschnitte die Strahlungsgröße auf eine horizontale Fläche für die einzelnen Stunden berechnet, indem die einzelnen Werte mit dem Cosinus der Zenithdistanz der Sonne multipliziert wurden. Tab. VII enthält diese Werte.

Tabelle VII.

Gesamtstrahlung der Sonne auf eine horizontale Fläche in Gramm Cal/cm^2 min.

Mittlere Daten	6 ^h	7հ	Sh	1 9h	10 ^h	11 ^h	12 ^h
6. VII. 23. VII. 15. VIII. 21. IX.	0.007	$0.545 \\ 0.493 \\ 0.411 \\ 0.202$	$0.798 \\ 0.752 \\ 0.643 \\ 0.426$	1 · 016 0 · 959 0 · 879 0 · 675	$1 \cdot 172$ $1 \cdot 116$ $1 \cdot 049$ $0 \cdot 850$	$ \begin{array}{r} 1 \cdot 287 \\ 1 \cdot 251 \\ 1 \cdot 177 \\ 0 \cdot 949 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 1 \cdot 317 \\ 1 \cdot 292 \\ 1 \cdot 202 \\ 0 \cdot 968 \end{array} $
Mittlere Daten	13 ^h	14h	! ! 5	l h 1 i	6 ^h	17 ^h	18 ^h
6. VII. 23. VII. 15. VIII. 21. IX.	$1 \cdot 30$ $1 \cdot 24$ $1 \cdot 14$ $0 \cdot 95$	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	72 1 20 0 55 0 74 0	009 0 947 0 882 0 667 0	· 778 · 706 · 658 · 450	0·569 0·560 0·418 0·192	0·316 0·285 0·174 0·008

Tabelle VI.	Τa	b	e	11	e	VI.
-------------	----	---	---	----	---	-----

	Z =	70°	65°	60°	55°	506	>	459	D	40°	35°	30°	
a b	20. VII.	1·073 0·645	1·180 0·666	1·275 0·720				1·35 0·74	50 40		1·370 0·740	1·385 0·753	1·374 0·750
а Ъ	VIII.	1·182 0·668		1 · 203 0 · 668		1 · 29 0 · 68	90 39			$1 \cdot 330 \\ 0 \cdot 741$	1·330 0·720	$\begin{array}{c}1\cdot 330\\0\cdot 741\end{array}$	
a b	22. VIII.	$1.248 \\ 0.730$		$1.355 \\ 0.753$		1·39 0·77	99 74	$1 \cdot 42 \\ 0 \cdot 77$	20 74		$1 \cdot 440 \\ 0 \cdot 774$		
	Z =	30°	35°	40°	45°	50°	5	5°	60°	65°	70°	75 °	80°
a b	20. VII.	1·374 0·753	1·320 0·715		1·290 0·710		1.	223 688			0·990 0·560		
a b	3. VIII.	$1.290 \\ 0.688$	$1 \cdot 303 \\ 0 \cdot 698$	-	$1 \cdot 225 \\ 0 \cdot 689$		1 · 0 · 0	112 611			-		-
a b	22. VIII.		1·399 0·753			1 · 333 0 · 688			1 · 270 0 · 709		1·140 0·645		0·882 0·559
ь b a b	3. VIII. 22. VIII.	0.688 	0.698 1.399 0.753		0.689	1 · 33 3 0 · 688	0. 	611	1 · 270 0 · 709		$1 \cdot 140 \\ 0 \cdot 645$		0 • 8) 0 • 5:

 $\overline{}$

s Schema:
folgende
sich
ergibt
(mm)
593
11
Barometerstand
(mittlerer
Obir
den
fur.

	1
$I_m = \Sigma I_{\Lambda}$	
18002800	0.984 0.987 0.074 0.073 0.073 0.071 0.071 0.069 0.065
1600 1800	0.985 0.985 0.988 0.051 0.051 0.051 0.050 0.048 0.048 0.048
1400- 1600	0.985 0.985 0.075 0.074 0.072 0.072 0.072 0.068 0.068
1200	0.986 0.986 0.104 0.103 0.103 0.102 0.103 0.102 0.103 0.103 0.103 0.103 0.103 0.097 0.097
1000-1200	0.988 0.991 0.150 0.147 0.144 0.144 0.144 0.144 0.144 0.148 0.148
800-1000	0.983 0.987 0.236 0.236 0.233 0.237 0.227 0.228 0.218 0.218 0.212
600800	$\begin{array}{c} 0.939\\ 0.952\\ 0.444\\ 0.423\\ 0.423\\ 0.423\\ 0.423\\ 0.331\\ 0.331\\ 0.331\\ 0.331\\ 0.300\\ 0.331\\ 0.272 \end{array}$
400600	0.843 0.875 0.647 0.566 0.496 0.496 0.433 0.380 0.291 0.291 0.223 0.223
200-400	$\begin{array}{c} 0.428\\ 0.513\\ 0.513\\ 0.0150\\ 0.040\\ 0.010\\ 0.003\\ 0.001\\ 0.001\\ 0.001\end{array}$
~	$egin{array}{c} Q_{760} & Q_{503} & Q_{503} & Q_{503} & Q_{503} & Q_{11} & Q_{11} & Q_{11} & Q_{12} $

Diese Werte sind dem »Strahlungsklima von Arosa« von P. Götz entnommen.Nur dieWerte von Wien stammen aus der Arbeit »Messungen der Sonnenstrahlung an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien« von R. Schneider.

Eigentümlicherweise sind die Obir-Werte geringer als die von Davos und Arosa, obwohl der Obir höher liegt als die beiden Kurorte. Es wird in Zukunft genau zu untersuchen sein, ob die Absolutwerte nicht vielleicht fehlerhaft sind.

Trübungsfaktoren.

Zur Charakterisierung den Reinheit oder Unreinheit der Atmosphäre auf dem Obir und deren Veränderungen wurden die »Trübungsfaktoren« im Sinne Linke's¹ berechnet. Der Trübungsfaktor gibt an, wievielmal höher als die vorhandene, getrübte Atmosphäre eine sie ersetzende vollkommen reine über dem Beobachtungsort anstehen würde und wird definiert durch die Gleichung

$$I_m \equiv I_o q_{m_{\perp}}^{m_T},$$

wenn I_m die beobachtete Strah- $I_{0} \equiv 1.932 \ g$ lungsintensität, Cal/cm²-min die Solarkonstante, T den Trübungsfaktor und q_m den »wirklichen Transmissionskoeffizienten« bei der Luftmasse 111 bezeichnet. Bei der Berechnung der »wirklichen Transmissionskoeffizienten« stützt sich Linke auf amerikanischen Messungen die der Transmissionskoeffizienten der einzelnen Spektralbereiche für reine Luft bei 760 mm Luftdruck. Er

¹ Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. X., 1922.

berechnet mit dieser Grundlage die Strahlungsenergie der einzelnen Spektralbezirke, die nach Durchlaufen von *m*-Luftmassen tatsächlich auf der Erdoberfläche ankommt, und weiter aus der Summe der Energie der einzelnen Spektralteile unter der Annahme von 1.932 g Cal/ cm^2 min als Solarkonstante die »wirklichen Transmissionskoeffizienten« für 760 *mm* Luftdruck. Um den Trübungsfaktor für den Obir auszurechnen, kann man nicht eine ganz einfache Umrechnung der Linke'schen Gleichung verwenden, sondern muß genauer vorgehen. Wenn der Luftdruck nicht 760 *mm*, sondern *b mm* beträgt, so darf man, was aus der Berechnungsweise der q_m selbstverständlich ist, nicht einfach

$$q_m - \frac{v}{760}$$

bilden, um die »wirklichen Transmissionskoeffizienten« für die Luftmassen mit dem Drucke *b mm* zu berechnen, sondern muß von den Transmissionskoeffizienten der einzelnen Wellenlängenbezirke ausgehen. Man hat also

$$q_{\lambda_1 - \lambda_2}^{b}$$

zu bilden und daraus die »wirklichen Transmissionskoeffizienten bei dem Luftdrucke *bmm* zu berechnen.

Für den Obir (mittlerer Barometerstand $\pm 593 \text{ mm}$) ergibt sich nebenstehendes Schema.

Durch Einsetzen der Summen aus obigem Schema in die Gleichung

$$I_m \equiv I_0 q_{mb}^m,$$

die für ungetrübte Luft (T = 1) gilt, lassen sich die q_{mb} , also die »wirklichen Transmissionskoeffizienten« im Sinne Linke's, für den Luftdruck 593 mm ableiten.

Für die Berechnung der Trübungsfaktoren ist aber nur $A \equiv q_m^m$ nicht aber q_m selbst von Bedeutung.

Aus obigem Schema ergibt sich dieser Wert

für
$$m = 1$$

 $A = 0.905$ 0.835 0.778 0.732 0.657 0.596 0.548
Aus $I_m = I_0 A_m^T$ erhält man endlich $T = \frac{\log I_0 - \log I_m}{-\log A_m}$

In der Tab. XI sind die Trübungsfaktoren zusammengestellt, die aus den Mittelwerten der Sonnenstrählung (Tab. I) berechnet wurden. Sie beziehen sich auf den mittleren Tag der einzelnen Zeitabschnitte. Die Luftmassen, die den einzelnen Tagesstunden zugehören, sind den Tafeln von Bemporad entnommen.

Tabelle XI. Trübungsfaktoren.

			8 ^h	9h	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^b	15 ^h	16 ^h	17 ^h	18 ^h
6. VII.	111 T	$2 \cdot 30 \\ 2 \cdot 14$	$1 \cdot 69$ $2 \cdot 27$	$1 \cdot 39$ $2 \cdot 38$	$1 \cdot 21 \\ 2 \cdot 64$	$\frac{1\cdot 12}{2\cdot 71}$	$1 \cdot 09$ $2 \cdot 81$	$ \begin{array}{c} 1 & 11 \\ 2 \cdot 68 \end{array} $	$\frac{1}{2} \cdot \frac{19}{83}$	$1 \cdot 35$ $2 \cdot 34$	$1.64 \\ 2.74$	$2 \cdot 18$ $2 \cdot 28$	$3 \cdot 33$ $2 \cdot 26$
23. VII.	111 T	$2 \cdot 47 \\ 2 \cdot 12$	${1 \cdot 78 \atop 2 \cdot 23}$	$1 \cdot 44 \\ 2 \cdot 45$	$1 \cdot 24 \\ 2 \cdot 74$	$\frac{1}{2} \cdot 63$	$\frac{1 \cdot 11}{2 \cdot 72}$	$\frac{1 \cdot 13}{2 \cdot 79}$	$\frac{1 \cdot 22}{2 \cdot 95}$	$1 \cdot 39 \\ 2 \cdot 89$	$1 \cdot 70 \\ 3 \cdot 02$	$2 \cdot 29$ $2 \cdot 01$	$3.66 \\ 2.09$
15.VIII.	т Т	$2 \cdot 91 \\ 1 \cdot 95$	$\frac{1\cdot99}{2\cdot32}$	$1 \cdot 55 \\ 2 \cdot 34$	$\begin{array}{c} 1\cdot 33 \\ 2\cdot 51 \end{array}$	${1 \cdot 22 \atop 2 \cdot 49}$	$1 \cdot 17$ $2 \cdot 68$	$1 \cdot 20$ $2 \cdot 87$	$\frac{1\cdot 30}{2\cdot 80}$	$1.51 \\ 2.59$	$1 \cdot 90 \\ 2 \cdot 48$	$2 \cdot 71 \\ 2 \cdot 29$	$5 \cdot 03 \\ 2 \cdot 20$
21. IX.	T^m	$5 \cdot 12 \\ 1 \cdot 60$	$2 \cdot 90 \\ 1 \cdot 81$	$2 \cdot 00 \\ 2 \cdot 00$	$1 \cdot 66$ $2 \cdot 03$	$1 \cdot 49 \\ 2 \cdot 20$	$1 \cdot 46$ $2 \cdot 23$	$1 \cdot 49 \\ 2 \cdot 15$	$1.62 \\ 2.06$	$2.06 \\ 1.85$	$2 \cdot 77 \\ 1 \cdot 85$	$5 \cdot 12 \\ 1 \cdot 75$	
	1												i i

Ergebnisse der Messungen mit dem Angström'schen Pyranometer.

Bei den Messungen mit dem Pyranometer von Angström wurde die Kompensationsmethode verwendet. Das Pyranometer nimmt die Sonnen- und Himmelsstrahlung bis 3μ auf, also im wesentlichen die sichtbare Strahlung.

Leider war das Pyranometer nicht geeicht. Ich versuchte daher, an klaren, wolkenlosen Tagen oder doch wenigstens solchen ohne Wolkentreiben eine Eichung mit Hilfe des Michelson-Marten-Actinometers. Zu diesem Zwecke wurde mit dem Pyranometer die Strahlung von Sonne + Himmel gemessen und vom Himmel allein, mit dem Michelson-Marten-Actinometer die Sonne allein. Aus der Kombination beider ergibt sich die Instrumentkonstante des Pyranometers. Wenn S die Intensität der Sonnenstrahlung auf eine Fläche senkrecht zur Strahlungsrichtung, H die des Himmels auf eine horizontale Fläche, i_1 und i_2 die am Amperemeter abgelesenen Stromstärken, Z die Zenithdistanz der Sonne und K die zu bestimmende Konstante bedeutet, so ergibt sich

$$S \cos Z + H \equiv K i_1^2$$
$$H \equiv K i_2^3.$$

S ist aus den Actinometermessungen bekannt. Es ist also

$$S \cos Z = K(i_1^2 - i_2^2)$$
 oder $K = \frac{S \cos Z}{(i_1^2 - i_2^2)}$

Für K, den Eichfaktor des Pyranometers, ergaben aber die verschiedenen Messungen voneinander stark abweichende Werte, die sich in grober Annäherung folgender, mit zunehmenden Sonnenhöhen ansteigender Kurve anpassen.

$h_{\odot} = 20^{\circ}$	30°	40°	50°	60°
$\breve{K} = 5.5$	5.7	5.9	6+1	6.4

Mit dieser Eichkurve wurden nun die Pyranometermessungen berechnet.

Die folgenden Tabellen enthalten nach Tageszeit geordnet die Mittelwerte der gemessenen Strahlungsintensitäten in Gramm Cal cm^{-2} min⁻¹, und zwar von $S \cos Z + H$, d. h. die Strahlung der Sonne und des Himmels zusammen auf eine horizontale Fläche, ferner von H allein, d. h. die Strahlung des Himmels auf eine

horizontale Fläche bei abgeschirmter Sonne, sowie endlich $\frac{H}{S \cos Z}$

das Verhältnis der Himmelsstrahlung zur Sonnenstrahlung auf eine horizontale Fläche.

Tab. XII enthält die bei vollem Sonnenschein $(\bigcirc 4)$ und wolkenlosem Himmel (Bewölkungsstufe 0), Tab. XIII die bei $\bigcirc 4$ und Bewölkungsstufe 1-4 (meist Cu) gefundenen Werte im Laufe des Augustes.

Tabelle XII.

Intensitäten bei 🔾 4 Bewölkung 0.

 		8h	9 ¹	10 ^h	11h	1 2 h	13 ^h	
$S \cos z + H$ H $H S \cos$	$0.521 \\ 0.093 \\ 0.217$	0 · 780 0 · 083 0 · 122	0·982 0·104 0·118	1 140 0·115 0·113	$1 \cdot 202 \\ 0 \cdot 090 \\ 0 \cdot 081$	1 · 245 0 · 089 0 · 077	$1 \cdot 230 \\ 0 \cdot 123 \\ 0 \cdot 111$	g Cal _i cm² min g Cal cm² min

Tabelle XIII.

Intensitäten bei $\bigcirc 4$ Bewölkung 1-4.

	7 ^ի	8 ^h	9 ₁ ,	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	
$S\cos z + H$	0·467	0 · 801	0 · 996	1 · 166	$1 \cdot 263 \\ 0 \cdot 092 \\ 0 \cdot 079$	1 · 363	1 · 400	g Cal <i>¦cm</i> ² min
H	0·070	0 · 170	0 · 086	0 · 103		0 · 152	0 · 206	g Cal <i>'cm</i> ² min
H S cos z	0·176	0 · 270	0 · 095	0 · 097		0 · 126	0 · 172	—

Im Mittel ergibt sich für die Himmelsstrahlung bei Bewölkung 0 ein Wert von 0 · 100 g Cal cm^{-2} min⁻¹, bei Bewölkung 1—4 ein Wert von 0 126 g Cal cm^{-2} min⁻¹. Der Himmel gibt also bei Wolken mehr Strahlen (< 3 µ) ab als ohne Wolken. Dasselbe ergibt sich aus dem Verhältnis $\frac{H}{S \cos Z}$. Dieses berechnet sich bei wolkenlosem Himmel littel 0 · 120, bei Bewölkung 1 –4 dagegen zu 0 145. reswert ist auch der sich aus T XII ressonvorDie Messungen der Himmelsstrahlung auf eine horizontale Fläche bei vollständig bedeckter Sonne $(\bigcirc 0)$ und dichtem Nebel ergeben im Mittel 0.259 g Cal cm^{-2} min⁻¹ mit einem maximalen Wert von 0.663 g Cal cm^{-2} min⁻¹, die Messungen bei $\bigcirc 0$ und Bewölkung 8–10 (meist Cu, Ni, Str) im Mittel 0.381 g Cal cm^{-2} min⁻¹ mit einem Maximum von 0.890 g Cal cm^{-2} min⁻¹.

Ergebnisse der Messungen mit dem Angström'schen Pyrgeometer.

Die Ausstrahlung der Erdoberfläche an den Weltraum wurde auf dem Obir bei Nacht gemessen. Tab. XIV gibt die Werte der Ausstrahlung A im Durchschnitt von Stunde zu Stunde, und zwar in Gramm $\operatorname{Cal/cm^2}$ min; zur weiteren Kenntnis ist die Temperatur der Luft t und die Größe des Dampfdrucks e (in Millimeter Hg) der Tabelle angeschlossen.

Tabelle XIV

Ausstrahlung, Temperatur und Dampfdruck nach Stundenzeit.

20 ^h	21 ^h	22h	23^{h}	24 ^h	1 ^h	ցհ	Յր	4 ^h	5^{h}
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0 · 155 9 · 9 6 · 6 10	$0.162 \\ 9.8 \\ 6.3 \\ 6$	$0.159 \\ 10.0 \\ 6.4 \\ 6$	$ \begin{array}{c} 0 \cdot 163 \\ 10 \cdot 4 \\ 7 \cdot 0 \\ 4 \end{array} $	$0.159 \\ 9.7 \\ 7.0 \\ 4$	$0.151 \\ 10.4 \\ 7.7 \\ 3$	$0.159 \\ 7.5 \\ 6.1 \\ 4$	$0.151 \\ 9.3 \\ 6.9 \\ 4$	$0.163 \\ 8.8 \\ 6.2 \\ 4$

Die Zahlenwerte n bedeuten die Anzahl der Messungen.

Der Mittelwert der Ausstrahlung auf dem Obir beträgt 0.158 g Cal/cm² min, die größten Werte, die jemals vorkamen, betragen 0.200 und 0.216.

Solche Werte sind seinerzeit häufig auf dem Sonnblick (3000 m Höhe) beobachtet worden. Die Ausstrahlungsgröße nimmt naturgemäß mit der Seehöhe zu, weil die Gegenstrahlung G der Luftmassen nach oben abnimmt.

In Tab. XV ist noch die Abhängigkeit der Ausstrahlung A und der Gegenstrahlung G von der Feuchtigkeit e angegeben.

Tabelle XV

Ausstrahlung und Feuchtigkeit.

= 3.7	4.7	5.5	6.5	7.3	8·1 mm Hg
A = 0.200	0.169	0.174	0.153	0.155	0.151 g Cal
G = 0.349	0.342	0.343	0.367	0.389	0.391 g Cal
t = 12.3	$7 \cdot 2$	8.0	8.5	11.8	11·4° C
= 2	+	9	16	15	9

Die Ausstrahlung nimmt also mit zunehmender Feuchtigkeit ab, weil die Gegenstrahlung durch die Feuchtigkeit verstärkt wird. Die Gegenstrahlung G ist naturgemäß nach der Tem₁ eratur t der einzelnen n-Fälle berechnet worden. Außerdem gibt es noch eine Abhängigkeit der Ausstrahlung und Gegenstrahlung von der Temperatur, die in Tab. XVI dargestellt ist.

_		A	Ausstrahlung	und Tempe	eratur.	
	1	-6°	6 8°	8 10°	1012°	12—14°
	Л G 11	$\begin{array}{c} 0 \cdot 163 \\ 0 \cdot 333 \\ 7 \end{array}$	$ \begin{array}{c} 0.146\\0.359\\10\end{array} $	0·155 0·375 8	0•161 0•375 16	$ \begin{array}{c} 0.167 \\ 0.387 \\ 13 \end{array} $

Tabelle XVL

Die Gegenstrahlung G nimmt mit zunehmender Temperatur regelmäßig zu. Die Ausstrahlung A wird von der Temperatur des Bodens und der Gegenstrahlung beeinflußt, so daß eine kompliziertere Abhängigkeit des A von t herauskommt, die seinerzeit schon Angström erwähnt hat.

Ergebnisse der Messungen mit dem Cornu'schen Polarimeter.

Der Grad der Polarisation wurde, wie bei den meisten derartigen Beobachtungen, im Sonnenvertikal bei 90° Abstand von der Sonne untersucht, wo er, wie nach zahlreichen Messungen feststeht. normalerweise sein Maximum erreicht.

Das Mittel aus 80 Messungen bei klarem, blauem Himmel ergibt einen Polarisationsgrad von $63^{\circ}/_{\circ}$.

Es wurde dann versucht, einen Zusammenhang zwischen der Intensität der Sonnenstrahlung und dem Polarisationsgrad sowie die Abhängigkeit der Polarisationsgröße von der Erhebung des anvisierten Punktes über den Horizont festzustellen. Die nachstehende Tab. XVII enthält die Mittelwerte der Polarisationsgröße in Prozenten, geordnet von links nach rechts für die verschiedenen Intensitäten I der Sonnenstrahlung, von oben nach unten für die Höhe h des anvisierten Punktes über den Horizont. h ist natürlich gleich der Zenithdistanz der Sonne. Die beigefügten kleinen Zahlen geben wieder die Zahl der Beobachtungen.

h I	1.05-1.09	1 · 10 - 1 · 14	1 • 15 1 • 19	1 • 20 1 • 24	1 • 251 • 29
$\begin{array}{c} 70-66\\ 65-61\\ 60-56\\ 55-51\\ 50-46\\ 45-41\\ 40-36\\ 35-31\\ 30-24\\ \text{Mittel} \end{array}$		$ \begin{array}{c} 66(_{3}) \\ 47(_{1}) \\ - \\ 50(_{1}) \\ - \\ - \\ 54 \end{array} $	$ \begin{array}{c} 73(_{1})\\ 64(_{5})\\ 57(_{1})\\ 47(_{1})\\\\ 60\\ \end{array} $	$\begin{array}{c} 70(_{2})\\ 71(_{1})\\ 60(_{1})\\ 60(_{2})\\ 62(_{1})\\\\ 65\end{array}$	$ \begin{array}{c} 66(_{2}) \\ 68(_{c}) \\$

Tabelle XVII.

I h	1 · 301 · 34	1 · 35 - 1 · 39	1.40-1.44	g [.] Cal <i>cm</i> ² min.	Mittel
70-66 65-61 60-56 55-51 50-46 45-41 40-36 35-31 30-24 Mittel	$\begin{array}{c} - \\ 60(_3) \\ 71(_1) \\ 61(_3) \\ 57(_4) \\ 53(_1) \\ 56(_6) \\ 60 \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ 78(_1) \\ 74(_1) \\ 84(_1) \\ 69(_5) \\ \\ 65(_3) \\ 63(_1) \\ 58(_1) \\ 70 \end{array}$	$ \begin{array}{c} \\ 79(_1) \\ 76(_1) \\ 74(_1) \\ 71(_1) \\ 69(_1) \\ 53(_2) \\ 70 \end{array} $		69 65 64 65 63 60 63 61 56

(Zu Tabelle XVII.)

Es ergibt sich sowohl aus den einzelnen Zeilen und Spalten als auch aus den Mittelwerten ziemlich klar, daß der Polarisationsgrad mit zunehmender Intensität der Sonnenstrahlung und zunehmender Erhebung über den Horizont zunimmt.

Weiters möchte ich noch ein paar Einzelwerte anführen, einerseits wegen der besonderen Größe (Maximum $87^{0}/_{0}$), anderseits weil sie auf einen Zusammenhang zwischen Polarisationsgröße und Wetterverlauf hinzudeuten scheinen.

Am 22. August wurden im Sonnenvertikal unter 90° Abstand von der Sonne sehr hohe Werte beobachtet, darunter um 9 Uhr ein Wert von $84^{0}/_{0}$ bei leichtem Südwind und wolkenlosem Himmel. Um 15 Uhr kamen Cirren auf. Anschließend setzte eine längere Schlechtwetterperiode ein.

Am 21. September wurden wieder im Sonnenvertikal, unter 90° Abstand von der Sonne, hohe Werte beobachtet, ansteigend gegen Abend bis $87^{0}/_{0}$ bei Sonnenuntergang um 18 Uhr (leichter Südwestwind, Bewölkung 0). Am anschließenden Tag, dem 22. September, wurde am Morgen bei Sonnenaufgang um 5^{45 h} ein Polarisationsgrad von $83^{0}/_{0}$, um 5^{50 h} von $80^{0}/_{0}$ bei wolkenlosem Himmel festgestellt. Wieder folgte darauf Eintrübung und langandauerndes Schlechtwetter.

Zu besonderem Danke bin ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. F. M. Exner, verpflichtet, der diese Arbeit anregte und in weitestgehender Weise in allem und jedem förderte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: <u>Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften</u> mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: 138_2a

Autor(en)/Author(s): Holzapfel Rupert

Artikel/Article: Ergebnisse von Strahlungs- und Polarisationsmessungen auf dem Hochobir im Sommer 1927. 1-16