

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

Von

Rupert Holzzapfel

(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.

Die Ergebnisse der Messungen mit dem Michelson-Martens-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.

Tabelle I.
Mittelwerte der Gesamtintensität, Tagesgang.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	
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₎	1·436 ₍₃₎	1·440 ₍₁₎
1. bis 30. VIII.	—	1·207 ₍₈₎	1·281 ₍₇₎	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	14h	15h	16h	17h	18h	
29. VI. bis 15. VII.	1·449 ₍₄₎	1·400 ₍₂₎	1·367 ₍₂₎	1·278 ₍₁₎	1·244 ₍₂₎	1·068 ₍₃₎	
16. bis 31. VII.	1·419 ₍₃₎	1·366 ₍₂₎	1·314 ₍₂₎	1·196 ₍₂₎	1·285 ₍₁₎	1·054 ₍₂₎	
1. bis 30. VIII.	1·380 ₍₄₎	1·356 ₍₂₎	1·333 ₍₂₎	1·251 ₍₁₎	1 140 ₍₁₎	0·895 ₍₃₎	
21. bis 22. IX.	1·428 ₍₁₎	1·420 ₍₁₎	1·375 ₍₁₎	1·255 ₍₁₎	1·007 ₍₁₎	0·478 ₍₁₎	

Tabelle II.

Mittelwerte der Gesamtintensität, abhängig vom Sonnenstande Z.

Vormittag											
Z =	70°	65°	60°		50°	45°	40°		30°		
29. VI. bis 15. VII.	1·179 ₍₂₎	1·255 ₍₆₎	1·355 ₍₁₎	1·350 ₍₁₎	1·399 ₍₃₎	1·411 ₍₄₎	1·443 ₍₁₎	1·421 ₍₇₎	1·441 ₍₇₎	1·444 ₍₈₎	
16. bis 30. VII.	1·206 ₍₆₎	1·245 ₍₉₎	1·316 ₍₁₎	1·347 ₍₆₎	1·373 ₍₁₎	1·378 ₍₇₎	1·412 ₍₁₎	1·390 ₍₁₎	1·436 ₍₃₎	1·434 ₍₃₎	
1. bis 30. VIII.	1·207 ₍₈₎	1·204 ₍₁₎	1·313 ₍₅₎	1·336 ₍₁₎	1·375 ₍₅₎	1·412 ₍₄₎	1·395 ₍₁₎	1·443 ₍₆₎	1·369 ₍₁₎	—	
21. bis 22. IX.	1·261 ₍₂₎	1·220 ₍₁₎	1·349 ₍₃₎	1·407 ₍₁₎	1·417 ₍₄₎	1·420 ₍₂₎	—	—	—	—	
Nachmittag											
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₎	1·288 ₍₁₎	1·288 ₍₁₎	1·200 ₍₁₎	1·068 ₍₃₎	—	—
16. bis 30. VII.	1·407 ₍₂₎	1·366 ₍₂₎	1·296 ₍₁₎	1·331 ₍₂₎	1·329 ₍₁₎	1·196 ₍₂₎	—	1·285 ₍₁₎	1·022 ₍₁₎	1·085 ₍₁₎	—
1. bis 30. VIII.	1·364 ₍₁₎	1·395 ₍₁₎	1·409 ₍₁₎	1·261 ₍₁₎	1·333 ₍₂₎	1·181 ₍₂₎	1·320 ₍₂₎	1·094 ₍₂₎	1·188 ₍₂₎	0·918 ₍₁₎	0·884 ₍₂₎
21. bis 22. IX.	—	—	—	—	1·424 ₍₂₎	—	1·375 ₍₁₎	—	1·255 ₍₁₎	—	1·007 ₍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.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
29. VI. bis 15. VII.	—	0·708 ₍₆₎	0·751 ₍₄₎	0·773 ₍₆₎	0·763 ₍₇₎	0·779 ₍₆₎	0·771 ₍₃₎
16. bis 31. VII.	—	0·711 ₍₆₎	0·743 ₍₇₎	0·768 ₍₇₎	0·770 ₍₄₎	0·780 ₍₃₎	0·774 ₍₁₎
1. bis 30. VIII.	—	0·699 ₍₇₎	0·719 ₍₆₎	0·744 ₍₆₎	0·764 ₍₆₎	0·769 ₍₄₎	0·775 ₍₄₎
21. bis 22. IX.	0·327 ₍₁₎	0·650 ₍₁₎	0·708 ₍₃₎	0·731 ₍₃₎	0·758 ₍₃₎	0·763 ₍₃₎	0·761 ₍₂₎
	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
29. VI. bis 15. VII.	0·763 ₍₃₎	0·778 ₍₂₎	0·745 ₍₂₎	0·716 ₍₃₎	0·689 ₍₁₎	0·712 ₍₂₎	
16. bis 31. VII.	0·762 ₍₂₎	0·746 ₍₂₎	0·721 ₍₂₎	0·699 ₍₂₎	0·731 ₍₁₎	0·622 ₍₂₎	
1. bis 30. VIII.	0·731 ₍₁₎	0·723 ₍₂₎	0·707 ₍₂₎	0·692 ₍₄₎	0·651 ₍₁₎	0·565 ₍₃₎	
21. bis 22. IX.	0·755 ₍₁₎	0·747 ₍₁₎	0·735 ₍₁₎	0·693 ₍₁₎	0·650 ₍₁₎	0·340 ₍₁₎	

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

Tabelle V

		7h	8h	9h	10h	11h	12h
<i>a</i>	20. VII.	1·180	1·275	1·350	1·370	1·385	1·374
<i>b</i>		0·666	0·720	0·740	0·740	0·753	0·750
<i>a</i>	3. VIII.	1·182	1·203	1·290	1·330	1·330	1·330
<i>b</i>		0·668	0·668	0·689	0·741	0·720	0·741
<i>a</i>	22. VIII.	1·248	1·355	1·399	1·420	1·440	1·430
<i>b</i>		0·730	0·753	0·774	0·774	0·774	0·774
		13h	14h	15h	16h	17h	18h
<i>a</i>	20. VII.	1·374	1·320	1·290	1·223		0·990
<i>b</i>		0·753	0·715	0·710	0·688		0·560
<i>a</i>	3. VIII.	1·290	1·308	1·225	1·112		
<i>b</i>		0·688	0·698	0·689	0·611		
<i>a</i>	22. VIII.	1·399		1·333	1·270	1·140	0·882
<i>b</i>		0·753		0·688	0·709	0·645	0·559

a = Gesamtintensität
b = Rotintensität

Tabelle IV

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

Vormittag										
Z =	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	
29. VI. bis 15. VII.	0·689 ₍₂₎	0·708 ₍₆₎		0·751 ₍₄₎	0·764 ₍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 ₍₆₎	0·800 ₍₁₎	0·768 ₍₇₎	0·764 ₍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 ₍₁₎	0·744 ₍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 ₍₁₎	0·756 ₍₁₎	0·761 ₍₂₎				
Nachmittag										
Z =	30°	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 ₍₂₎		
16. bis 30. VII.	0·762 ₍₂₎	0·746 ₍₂₎	0·710 ₍₁₎	0·733 ₍₁₎		0·699 ₍₂₎	—	0·731 ₍₁₎	0·578 ₍₁₎	0·665 ₍₁₎
1. bis 30. VIII.	0·728 ₍₂₎	0·739 ₍₃₎		0·710 ₍₁₎	0·704 ₍₁₎	0·647 ₍₂₎	0·737 ₍₂₎	0·619 ₍₂₎	0·684 ₍₂₎	0·565 ₍₁₎
21. bis 22. IX.	—				0·755 ₍₁₎	—	0·753 ₍₁₎		0·693 ₍₁₎	0·656 ₍₁₎

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^{30h} ☉ 4, 17^h Cu vor der Sonne. 18^h ☉ 4—3
 Bewölkung: bis 8^{30h} wolkenlos. Talnebel. 9^h—16^h Cu 1—3, 18^h Cu, Str-Cu
- VIII. Sonne: bis 12^h ☉ 4, 13^h ☉ 4—3, 14^h und 15^h ☉ 4, 16^h ☉ 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 ☉ 4, 14^h ☉ 0 (in Ci), 15^h—18^h ☉ 4
 Bewölkung: bis 13^h wolkenlos, 13^{30h}—18^h Ci 1.

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

Gesamtintensität: 1·460 g Cal cm⁻² min.⁻¹ am 29. VI. 12^h.

Rotintensität: 0·780 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/cm² min.

Mittlere Daten	6 ^h	7 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	12 ^h
6. VII.		0·545	0·798	1·016	1·172	1·287	1·317
23. VII.		0·493	0·752	0·959	1·116	1·251	1·292
15. VIII.		0·411	0·643	0·879	1·049	1·177	1·202
21. IX.	0·007	0·202	0·426	0·675	0·850	0·949	0·968
Mittlere Daten	13 ^h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17 ^h	18 ^h	
6. VII.	1·300	1·172	1·009	0·778	0·569	0·316	
23. VII.	1·249	1·120	0·947	0·706	0·560	0·285	
15. VIII.	1·143	1·055	0·882	0·658	0·418	0·174	
21. IX.	0·955	0·874	0·667	0·450	0·192	0·008	

Tabelle VI.

Z =		70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°		
<i>a</i>	20. VII.	1·073	1·180	1·275	--	—	1·350	--	1·370	1·385	1·374	
<i>b</i>		0·645	0·666	0·720		--	0·740	--	0·740	0·753	0·750	
<i>a</i>	VIII.	1·182		1·203	—	1·290	—	1·330	1·330	1·330		
<i>b</i>		0·668		0·668	--	0·689	--	0·741	0·720	0·741	--	
<i>a</i>	22. VIII.	1·248		1·355	—	1·399	1·420		1·440		--	
<i>b</i>		0·730		0·753	--	0·774	0·774		0·774	--	--	
Z =		30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
<i>a</i>	20. VII.	1·374	1·320		1·290	—	1·223	—		0·990		
<i>b</i>		0·753	0·715	--	0·710	--	0·688	--		0·560	--	
<i>a</i>	3. VIII.	1·290	1·303	—	1·225		1·112			—		—
<i>b</i>		0·688	0·698	--	0·689		0·611	--		--		--
<i>a</i>	22. VIII.	--	1·399	—		1·333	--	1·270	--	1·140	--	0·882
<i>b</i>		--	0·753	--	--	0·688	--	0·709	--	0·645	--	0·559

a = Gesamtintensität
b = Rotintensität

Für den Obir (mittlerer Barometerstand = 593 mm) ergibt sich folgendes Schema:

λ	200—400	400—600	600—800	800—1000	1000—1200	1200—1400	1400—1600	1600—1800	1800—2800	$I_m = \sum h$
q_{760}	0.428	0.843	0.939	0.983	0.988	0.986	0.985	0.985	0.984	1.932
q_{593}	0.513	0.875	0.952	0.987	0.991	0.989	0.988	0.988	0.987	1.749
I_0	0.150	0.647	0.444	0.236	0.150	0.104	0.075	0.052	0.074	1.614
I_1	0.077	0.566	0.423	0.233	0.149	0.103	0.074	0.051	0.073	1.503
I_2	0.040	0.496	0.403	0.230	0.147	0.102	0.073	0.051	0.072	1.415
I_3	0.020	0.433	0.383	0.227	0.146	0.101	0.072	0.050	0.071	1.269
I_4	0.010	0.380	0.365	0.224	0.144	0.100	0.072	0.050	0.070	1.152
I_6	0.003	0.291	0.331	0.218	0.142	0.097	0.070	0.048	0.069	1.065
I_8	0.001	0.223	0.300	0.212	0.139	0.095	0.068	0.047	0.067	1.038
I_{10}	0.000	0.171	0.272	0.207	0.137	0.093	0.067	0.046	0.065	

Diese Werte sind dem »Strahlungsklima von Arosa« von P. Götz entnommen. Nur die Werte 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.

Trübungs faktoren.

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

$$I_m = I_0 q_m^m T,$$

wenn I_m die beobachtete Strahlungsintensität, $I_0 = 1.932$ g Cal/cm²-min die Solarkonstante, T den Trübungs faktor und q_m den »wirklichen Transmissionskoeffizienten« bei der Luftmasse m bezeichnet. Bei der Berechnung der »wirklichen Transmissionskoeffizienten« stützt sich Linke auf die amerikanischen Messungen 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 $1.932 \text{ g Cal/cm}^2 \text{ min}$ 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 $b \text{ mm}$ beträgt, so darf man, was aus der Berechnungsweise der q_m selbstverständlich ist, nicht einfach

$$q_m \frac{b}{760}$$

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

$$q \frac{b}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

zu bilden und daraus die »wirklichen Transmissionskoeffizienten bei dem Luftdrucke $b \text{ mm}$ zu berechnen.

Für den Obir (mittlerer Barometerstand = 593 mm) ergibt sich nebenstehendes Schema.

Durch Einsetzen der Summen aus obigem Schema in die Gleichung

$$I_m = I_0 q_m^m b,$$

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

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

Aus obigem Schema ergibt sich dieser Wert

für $m =$	1		3	4	6	8	10
$A =$	0.905	0.835	0.778	0.732	0.657	0.596	0.548

$$\text{Aus } I_m = I_0 A_m^T \text{ erhält man endlich } T = \frac{\log I_0 - \log I_m}{-\log A_m}$$

In der Tab. XI sind die Trübungsfaktoren zusammengestellt, die aus den Mittelwerten der Sonnenstrahlung (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.
Trübungs faktoren.

		8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^h	15 ^h	16 ^h	17 ^h	18 ^h
6. VII.	<i>m</i>	2·30	1·69	1·39	1·21	1·12	1·09	1 11	1 19	1·35	1·64	2·18 3·33
	<i>T</i>	2·14	2·27	2·38	2·64	2·71	2·81	2·68	2·83	2·34	2·74	2·28 2·26
23. VII.	<i>m</i>	2·47	1·78	1·44	1·24	1 15	1·11	1·13	1·22	1·39	1·70	2·29 3·66
	<i>T</i>	2·12	2·23	2·45	2·74	2·63	2·72	2·79	2·95	2·89	3·02	2·01 2·09
15. VIII.	<i>m</i>	2·91	1·99	1·55	1·33	1·22	1·17	1·20	1·30	1·51	1·90	2·71 5·03
	<i>T</i>	1·95	2·32	2·34	2·51	2·49	2·68	2·87	2·80	2·59	2·48	2·29 2·20
21. IX.	<i>m</i>	5·12	2·90	2·00	1·66	1·49	1·46	1·49	1·62	2·06	2·77	5·12
	<i>T</i>	1·60	1·81	2·00	2·03	2·20	2·23	2·15	2·06	1·85	1·85	1·75

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 3 μ . 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

$$S \cos Z + H = K i_1^2$$

$$H = K i_2^2.$$

S ist aus den Actinometermessungen bekannt. Es ist also

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

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°
$K = 5·5$	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 $\text{Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, 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 ($\odot 4$) und wolkenlosem Himmel (Bewölkungsstufe 0), Tab. XIII die bei $\odot 4$ und Bewölkungsstufe 1—4 (meist Cu) gefundenen Werte im Laufe des Augustes.

Tabelle XII.

Intensitäten bei $\odot 4$ Bewölkung 0.

	8h	9h	10h	11h	12h	13h	
$S \cos z + H$	0·521	0·780	0·982	1·140	1·202	1·245	1·230 $g \text{ Cal/cm}^2 \text{ min}$
H	0·093	0·083	0·104	0·115	0·090	0·089	0·123 $g \text{ Cal/cm}^2 \text{ min}$
$H S \cos z$	0·217	0·122	0·118	0·113	0·081	0·077	0·111

Tabelle XIII.

Intensitäten bei $\odot 4$ Bewölkung 1—4.

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

Im Mittel ergibt sich für die Himmelsstrahlung bei Bewölkung 0 ein Wert von $0·100 g \text{ Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, bei Bewölkung 1—4 ein Wert von $0·126 g \text{ Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$. Der Himmel gibt also bei Wolken mehr Strahlen ($< 3 \mu$) ab als ohne Wolken. Dasselbe ergibt sich aus dem

Verhältnis $\frac{H}{S \cos Z}$. Dieses berechnet sich bei wolkenlosem Himmel

Mittel 0·120, bei Bewölkung 1—4 dagegen zu 0·145.

Der Mittelwert ist auch der sich aus Tabelle XII ergibt vor-

erhalten. Das Mittel des Verhältnisses

$$\frac{H}{S \cos Z}$$

Die Messungen der Himmelsstrahlung auf eine horizontale Fläche bei vollständig bedeckter Sonne (\odot) und dichtem Nebel ergeben im Mittel $0.259 \text{ g Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ mit einem maximalen Wert von $0.663 \text{ g Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, die Messungen bei \ominus und Bewölkung 8—10 (meist Cu, Ni, Str) im Mittel $0.381 \text{ g Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ mit einem Maximum von $0.890 \text{ g Cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$.

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 $\text{Cal/cm}^2 \text{ min}$; 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.

	20h	21h	22h	23h	24h	1h	2h	3h	4h	5h
A	0.162	0.155	0.162	0.159	0.163	0.159	0.151	0.159	0.151	0.163
t	10.5	9.9	9.8	10.0	10.4	9.7	10.4	7.5	9.3	8.8
	6.7	6.6	6.3	6.4	7.0	7.0	7.7	6.1	6.9	6.2
	9	10	6	6	4	4	3	4	4	4

Die Zahlenwerte n bedeuten die Anzahl der Messungen.

Der Mittelwert der Ausstrahlung auf dem Obir beträgt $0.158 \text{ g Cal/cm}^2 \text{ min}$, 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	7.2	8.0	8.5	11.8	11.4° C
$=$	2	4	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 Temperatur 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.

Tabelle XVI.
Ausstrahlung und Temperatur.

t	-6°	6 8°	8 10°	10--12°	12--14°
A	0·163	0·146	0·155	0·161	0·167
G	0·333	0·359	0·375	0·375	0·387
n	7	10	8	16	13

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%.

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.

Tabelle XVII.

$\begin{matrix} I \\ h \end{matrix}$	1·05—1·09	1·10—1·14	1·15—1·19	1·20—1·24	1·25—1·29
70—66	—	66 ₍₃₎	73 ₍₁₎	70 ₍₉₎	66 ₍₉₎
65—61	—	47 ₍₁₎	64 ₍₃₎	71 ₍₁₎	—
60—56	—	—	57 ₍₁₎	60 ₍₁₎	68 ₍₆₎
55—51	48 ₍₁₎	—	47 ₍₁₎	60 ₍₂₎	—
50—46	—	50 ₍₁₎	—	62 ₍₁₎	61 ₍₅₎
45—41	—	—	—	—	49 ₍₃₎
40—36	—	—	—	—	—
35—31	—	—	—	—	56 ₍₁₎
30—24	—	—	—	—	—
Mittel	48	54	60	65	60

(Zu Tabelle XVII.)

h	I	1·30—1·34	1·35—1·39	1·40—1·44	g' Cal cm^2 min.	Mittel
70—66	—	—	—	—	—	69
65—61	—	—	78 ₍₁₎	—	—	65
60—56	60 ₍₃₎	—	74 ₍₁₎	—	—	64
55—51	71 ₍₁₎	—	84 ₍₁₎	79 ₍₁₎	—	65
50—46	61 ₍₃₎	—	69 ₍₅₎	76 ₍₁₎	—	63
45—41	57 ₍₁₎	—	—	74 ₍₁₎	—	60
40—36	53 ₍₁₎	—	65 ₍₃₎	71 ₍₁₎	—	63
35—31	56 ₍₆₎	—	63 ₍₁₎	69 ₍₁₎	—	61
30—24	—	—	58 ₍₁₎	53 ₍₂₎	—	56
Mittel	60	—	70	70	—	—

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%), 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% 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% bei Sonnenuntergang um 18 Uhr (leichter Südwestwind, Bewölkung 0). Am anschließenden Tag, dem 22. September, wurde am Morgen bei Sonnenaufgang um 5⁴⁵ h ein Polarisationsgrad von 83%, um 5⁵⁰ h von 80% 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: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften
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](#)