

II.<sup>1)</sup>

Beiträge zur Kenntnis des Photochemischen Klimas  
der Canaren und des Ozeans.

Von  
E. RÜBEL.

---

**Einleitung.**

Im Frühjahr 1908 organisierte Dr. Rikli seine zweite grosse naturwissenschaftliche Studienreise nach Spanien, der Küste von Marokko und den canarischen Inseln. Eine vortreffliche Beschreibung der Exkursion gab Schröter bei der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1908, erweitert publiziert als I. Teil der Ergebnisse einer Canarenreise von M. Rikli und C. Schröter, Zürich 1908.

Den botanischen, geologischen, zoologischen usw. Ergebnissen gestatte ich mir eine lichtklimatische Studie beizufügen. Das Klima in Bezug auf Lichtintensitäten ist auf der Erde noch in wenigen Gebieten studiert. Aus der ungefähren geographischen Breite der Canaren liegen die achttägigen Beobachtungen von Wiesner in Cairo vor.

Wie andere klimatologische Daten, kann auch das Licht nicht vorausberechnet werden, sondern muss empirisch durch Messung erforscht werden. Die Messungen wurden nach der von Wiesner verbesserten Bunsen und Roscoe-Methode gemacht, so dass die Zahlen vollkommen vergleichbar sind mit meinen Messungen aus den Alpen vom Berninahospiz, mit denen von Wiesner aus Wien, Kairo, Buitenzorg, Arktis, Yellowstonegebiete usw.

**Kurze Beschreibung der Methode.<sup>2)</sup>**

Bunsen und Roscoe haben einen Normalton (1 Teil Lampenruss auf 1000 Teile Zinkoxyd) hergestellt und ein lichtempfindliches Normal-

<sup>1)</sup> Als Nr. I ist erschienen: C. Schröter, Eine Excursion nach den canarischen Inseln. Mit 31 Landschafts- und Vegetationsbildern. Zürich, 1908, bei Rascher & Cie.

<sup>2)</sup> Ausführliche Beschreibung bei Wiesner: Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Cairo und Buitenzorg. Wiener Denkschriften 1896 und in meinem photochemischen Klima des Berninahospizes, S. 10—14, Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 1908.

papier. Die Lichtintensität wird durch einen Bruch angegeben. Eins dividiert durch die Anzahl Sekunden, die nötig sind zur Erreichung des Normaltones durch das Normalpapier. 1,000 oder 1000 bedeutet, dass der Normalton in einer Sekunde erreicht ist. Braucht es 4 Sekunden zu dieser Schwärzung, so ist die Lichtintensität bloss  $\frac{1}{4}$  oder 250. Für hohe Intensitäten, bei denen die Schwärzung zu rasch eintritt, um genau gemessen zu werden, verwendet man den Zehnernton, der in der zehnfachen Zeit erreicht wird, oder einen intermediären.

Normalpapier muss immer frisch bereitet werden, es hält sich nur 16—20 Stunden. Ich verwandte Wynne's Infallible Exposuremeter, dessen Papier sehr haltbar und die Färbung leichter und schärfer zu erkennen ist. Ich habe dasselbe Papier zur Probe zwei Jahre behalten und alle paar Monate mit frischem Normalpapier geprüft und besitzt es noch ganz denselben Umrechnungsfaktor. Die Methode misst also nur die stark brechbaren Strahlen, deren Intensitäten aber nach Weber in Kiel ziemlich vollständig proportional denen der roten Strahlen verlaufen.

### Das Tageslicht.

Das Licht, das die Sonne ausstrahlt, wird durch die Atmosphäre verändert; ein Teil erreicht die Erdoberfläche als eigentliches Sonnenlicht, es ist dies das „direkte Sonnenlicht“. Ein grosser Teil wird zerstreut und erreicht die Erde als „diffuses Licht“. Das direkte Licht wirkt also nur, wo und während die Sonne scheint, das diffuse aber überall und jederzeit, wo überhaupt Helligkeit herrscht. Im Schatten haben wir nur diffuses Licht, in der Sonne kommt das direkte hinzu, wir haben da das „Gesamtlicht“ oder gemischte Sonnenlicht. Dieses Gesamtlicht misst man, wenn man den Apparat in der Sonne hält, das diffuse, wenn die Messtelle beschattet wird; die Differenz bleibt für das direkte Sonnenlicht.

### Beobachtungen.

Für die Messungen wurde darauf geachtet, immer möglichst freien Horizont zu haben, da dies natürlich auf die Lichtmenge einwirkt. Ist der Horizont beschränkt, so bleibt das direkte Sonnenlicht gleich stark; ein Teil des diffusen und somit des gesamten wird abgehalten. In den Tabellen ist jeweilen angegeben, wenn der Horizont nicht frei war. Auf dem Schiff machte ich die Messungen immer auf dem freien obersten Deck, in Orotava auf dem flachen Dach des Kurhauses, in Cádiz auf dem Turm (Torre Vigía) usw.

Für die Bewölkung benutzte ich die üblichen Zahlen: 0 vollständig wolkenlos bis 10 vollständig bedeckt. Die Bezeichnung der Sonnenbedeckung ist folgende:

$S_0$  Sonne vollständig bedeckt, so dass der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;

$S_1$  Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar;

$S_2$  Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;

$S_3$  Sonne nur durch zarten Schleier verdeckt;

$S_4$  Sonne vollkommen frei erscheinend.

Die Sonnenhöhen habe ich ausgerechnet nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

worin  $h$  die Sonnenhöhe

$\varphi$  die geographische Breite

$\delta$  die Sonnendeklination

$t$  der Stundenwinkel

ist. Die Zeit ist überall Ortszeit.

Es bedeutet:

$J_g$  die gesamte Lichtintensität

$J_d$  die Intensität des diffusen Lichtes

$J_s$  die Intensität des direkten Lichtes.

### Chronologische Übersicht der Messungen.

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	$J_g$	$J_d$	$J_s$
17. März 1908								
12 <sup>h</sup>	Barcelona	41° 21'			47° 15'			
4 p	" Hafen, an Bord	"	4	0	20	167	100	67
18. März 1908								
8 <sup>h</sup> a	Valencia Hafen, an Bord	39° 27'	4	0	21°	315	140	175
9	" an Land	"	4	0	31	420	180	240
10 20	" "	"	4	1	42	500	190	310
12	" "	"			49° 33'			
2 30	" "	"	4	7	35	500	250	250
4 10	" "	"	3	6	19	167	125	42
5 30	" an Bord	"	2—3	3	5	36	36	0
19. März 1908								
8 <sup>h</sup> 10	Alicante Hafen	38° 20'	2	10	24°	113	113	0
9 10	" "	"	1	10	33	167	167	0
12	" "	"			51° 9'			
1	Elche Turm	" 15	3—4	5	49	500	360	140
5	Alicante an Bord	" 20	4	2	10	100	71	29

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>a</sub>	J <sub>s</sub>
20. März 1908								
8 <sup>h</sup>	Mittelmeer vor Cabo de Gata an Bord	36° 27'	3—4	4	23°	250	167	83
9	" " Almeria "	"	3—4	4	33	620	250	370
10	" " " "	"	4	6	42	690	310	380
11	" " " "	"	0	10	51	125	125	0
12	" " " "	"	2	10	53° 21'	420	420	0
1	" " " "	"	0	10	51	210	210	0
2	" " " "	"	4	7	42	830	500	330
3	" " " "	"	0	10	33	250	250	0
4	" " " "	"	0	9	23	190	190	0
5	" " " "	"	0	9	Regen 11	19	19	0
6	" " vor Malaga "	"	4	2		42	42	0
Lichtsumme						152	103	49
21. März 1908								
9 <sup>h</sup>	Cádiz an Bord	36° 30'	4	0	33°	500	250	250
10	" " " "	"	4	0	42	620	280	340
11	" " " "	"	4	0	51	740	310	430
12	" " " "	"	4	1	53° 41'	780	400	380
1	" " an Land	28	4	1	51	660	310	350
2	" " auf Turm "	"	4	1	42	740	360	380
22. März 1908								
6 <sup>h</sup> 35	Vor Cádiz an Bord	36° 30'	0	10	6°	33	33	0
7	" " südwärts "	"	0	7	11	125	125	0
8 20	" " " "	"	2	4	27	360	360	0
9	" " " "	"	1	10	34	360	360	0
10	" " " "	"	3	9	43	620	500	120
11	" " " "	22	4	4	52	960	620	340
12	" " " "	13	4	1	54° 22'	1040	500	540
1	Vor Trafalgar "	4	3—4	4	52	620	500	120
2	" " " "	35° 56'	4	6	43	830	500	330
3	Vor Tanger "	48	3	10	34	570	420	150
23. März 1908								
7 <sup>h</sup> 30	Afrikaküste an Bord	34° 30'	0	10	19°	100	100	0
8	" " " "	27	0	10	25	360	360	0
9	" " " "	21	0	10	36	500	500	0
10	" " " "	15	0	10	45	620	620	0
11	" " " "	9	0	10	54	500	500	0
12	" " " "	3	1—2	10	56° 56'	660	660	0
1	Vor Casablanca "	33° 57'	3	7	54	960	500	460
2	" " " "	"	0—1	10	45	690	690	0
3	" " " "	"	4	4	36	700	500	200
4	" " " "	"	4	2	25	620	360	260
5	" " " "	"	4	1	13	250	167	83
6	" " " "	"	4	1		28	28	0
Lichtsumme						250	208	42

Stunde	Ort		Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>d</sub>	J <sub>s</sub>
24. März 1908									
7 <sup>h</sup> 15	Vor Casablanca	an Bord	33° 57'	3—4	1	16°	280	210	70
8	"	"	"	4	1	25° 20'	500	250	250
9	"	"	"	4	1	36 51	740	310	430
10	"	"	"	4	1	45 0	830	300	530
11	"	"	"	4	1	54 31	960	350	610
12	"	"	"	4	1	57 25	1040	360	680
1	"	"	"	4	0	54 31	900	350	550
2	"	"	"	4	0	45 0	830	300	530
3	"	"	"	4	0	36 51	700	280	420
4	"	"	"	4	0	25 20	500	230	270
5	"	"	"	4	0	13 10	167	125	42
5 30	"	"	"	4	0	7	83	83	0
6	"	"	"	4	0—1	0 46	28	28	0
Lichtsumme							312	129	183
25. März 1908									
7 <sup>h</sup>	Vor Casablanca	an Bord	33° 57'	4	0	13°	250	210	40
8	"	"	"	4	0	26	420	280	140
11	"	an Land	"	4	0	55	960	420	540
12	"	"	"	4	0	57° 49'	1260	420	840
4 30	"	an Bord	"	4	0	19	315	210	105
5	"	"	"	4	0	13	250	167	83
6	"	"	"	4	1	0 59	28	28	0
26. März 1908									
7 <sup>h</sup> 40	Vor Masagan	an Bord	33° 14'	0	10	23°	360	360	0
8	"	"	"	1	10	27	360	360	0
12	"	"	"	0	10	58° 56'	250	250	0
1	Afrikaküste	"	10	1—2	9	56	620	620	0
2	"	"	4	2	9	47	730	730	0
3	"	"	32° 58'	0	10	38	360	360	0
4	"	"	52	3—4	5	27	500	420	80
4 30	"	"	49	4	2	21	420	250	170
5	"	"	46	4	2	15	250	210	40
6	"	"	40	2	2	2	28	28	0
27. März 1908									
8 <sup>h</sup>	Vor Mogador	an Bord	31° 31'	3—4	6	28°	620	500	120
9	Magador-Canaren	"	28	3	6	39	740	620	120
10	"	"	22	4	2	49	830	360	470
11	"	"	16	1	10	58	420	420	0
12	"	"	10	1	10	61° 23'	620	620	0
1	"	"	4	1	10	58	620	620	0
2	"	"	30° 58'	1	10	49	500	500	0
3	"	"	52	1	10	49	360	360	0
4	"	"	46	0	10	28	310	310	0
5	"	"	40	3	7	16	250	200	50
6	"	"	34	4	3	3	31	31	0
Lichtsumme							231	197	34

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>a</sub>	J <sub>s</sub>	
28. März 1908									
7 <sup>h</sup> 30	In Sicht von Graciosa	an Bord	29° 11'	4	6	25°	500	310	190
8	Graciosa-Gran Canaria	"	8	3—4	5	31	620	320	300
9	"	"	2	3—4	4	41	830	500	330
9 10	"	"	1	4	2	43	1130	500	630
10	"	"	28° 56'	3—4	2	52	1130	500	630
11	"	"	50	4	4	61	1130	500	630
12	"	"	43	4	5	64° 13'	1250	500	750
1	"	"	37	4	1	61	1250	420	830
2	"	"	31	4	2	52	1040	420	620
3 30	"	"	22	3—4	4	36	620	360	260
4	"	"	19	4	4	31	420	250	170
5	"	"	13	1	4	19	120	120	0
5 30	"	"	10	1	4	12	60	60	0
6	"	"	7	1	2	6	30	30	0
Lichtsumme							372	176	196
29. März 1908									
6 <sup>h</sup> 30	Las Palmas Hafen	an Land	28° 5'	4	3	13°	125	125	0
7	"	"	5	3	7	20	280	230	50
8	Isleta	"	8	3—4	3	32	620	360	260
9	"	"	8	4	2	43	840	420	420
10	Las Palmas	an Bord	5	4	4	53	1400	500	900
11	Gran Canaria-Tenerife	"	8	4	4	62	1400	500	900
12	"	"	13	4	3	65° 7'	1400	500	900
1	"	"	18	4	2	62	1260	420	840
2	"	"	23	4	3	53	1120	420	700
3	Sta Cruz de Tenerife	"	28	4	4	43	830	360	470
4	"	"	28	4	1	32	700	280	420
Lichtsumme							427	181	246
Tenerife. 30. März 1908									
8 <sup>h</sup> 50	Laguna, freie Hocheb.,	550 m	28° 30'	4	1	38°	690	310	380
9 45	" Felder	"	"	4	2	49	1040	320	720
10 10	"	"	29	4	1	54	1080	350	730
11	Esperanza	848 m	28	4	0—1	62	1130	390	740
12	ob "	900 m	"	4	0	65° 15'	1250	400	850
1	ob Agua García, Feld	"	"	4	0	62	1320	380	940
1 05	" im Lorbeerwald	"	"	4	0	61	830		
2 30	" Schatten, im Lorbeerwald	"	"			46		42	—
3	" " "	"	"			40		63	—
3 30	" freies Feld	"	"	4	0	34	780	260	520
4	" " "	"	"	4	0	28	620	250	370
5	Malanza, dunstig	"	"	1—2	4	16	210	210	0
6	" " "	"	"	1	6	4	33	33	0
6 20	" " "	"	"	—			0		
31. März 1908.									
12 <sup>h</sup>	Orotava, freier Strand	"	28° 25'	4	1	65° 41'	1260	420	840
4	" freies Feld	"	"	4	1	28	780	310	470
5	" " "	"	"	4	1	16	310	210	100

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>a</sub>	J <sub>s</sub>
1. April 1908.								
7 <sup>h</sup> 45	Orotava	28° 25'	4	0	25°	580	330	250
8 45	" Dach, 80 m ü. M.	"	4	0	37	740	360	380
9	" freies Feld	"	4	0	40	830	450	380
10	" freier Garten	"	4	1	52	960	420	540
11	" Strand	"	4	2	62	1040	500	540
12	" "	"	4	2	66° 5'	1260	420	840
1	" Dach	"	4	3	62	1260	450	810
2	" "	"	4	2	52	1040	460	580
4	Villa de Orotava	24'	3	4	28	500	360	140

## 2. April 1908

7 <sup>h</sup>	Orotava, Dach	28° 25'	1	10	15°	192	192	0
8	" "	"	2	8	28	450	450	0
9 45	Realejo	23	3—4	5	49	1260	630	630
11	S. Juan de la Rambla	24	4	3	62	1260	420	840
12	Mal país de S. Juan	24	2	6	66° 29'	830	830	0
3 30	Jcod de los vinos	22	4	1	32	620	360	260

## 3. April 1908

6 <sup>h</sup> 15	Jcod	28° 22'	4	1	6°	83	83	0
6 30	"	"	4	1	9	125	100	25
8	Garachico	"	4	0	28	500	310	190
9	"	"	3—4	3	40	620	460	160
12	"	"			66° 54'			
1 30	Ob los Silos	"	3—4	5	58	1240	570	670
3 45	Garachico	"	0	10	31	250	250	0
5 20	Jcod	"	0	10	11	83	83	0

## 4. April 1908.

8 <sup>h</sup>	Ob Jcod	28° 22'	2	9	28°	460	460	0
9	" Pinienwald	"	2	7	40	500	500	0
12	" " frei	"	1	10	67° 17'	500	500	0
1	La Guancha	"	1	10	63	500	500	0
2	Unter la Guancha	"	1	10	52	500	500	0

## 5. April 1908

9 <sup>h</sup> 15	Orotava, Dach	28° 25'	4	3	43°	830	360	470
10 40	" "	"	4	3	59	1000	500	500
11	" Strand	"	4	1	63	960	420	540
12	" "	"	4	1	67° 37'	830	310	520
2	" Dach	"	2—3	5	52	620	620	0
3	" "	"	3	5	40	620	500	120
4	" "	"	2—3	5	28	500	500	0
5	" "	"	1	8	15	192	192	0
6	" "	"	0	7	3	21	21	0

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>d</sub>	J <sub>s</sub>
Piktour.		6. April 1908						
6 <sup>h</sup>	Orotava	28° 25'	—	0	3° 2'		42	
6 05	Sonne geht auf				4			
7 15	Vor Villa de Orotava	23	4	0	19	500	250	250
8 40	Taoromulde, sanfter Hang, 560 m	22	4	2	38	620	250	370
		feine Passatwölken						
9	"	750 m	22	4	2 42° 10'	690	250	440
10	"	1000 m	21	4	0 54° 8'	830	250	580
11	"	1300 m	21	4	0 63° 52'	1000	250	750
11 45	Wolkenregion	1300 m		2	10 67°	830	830	0
12	"	"		2	10 68° 3'	830	830	0
12 15	"	"		2	10 67	830	830	0
12 20	"	"		1	10	620	620	0
12 30	"	"		1	10 66	620	620	0
1	"	1440 m		3	8 63° 52'	960	500	460
1 15	"	1480 m		4	0 61	1040	250	790
2	Taoromulde	1760 m	28° 20'	4	0 54° 8'	830	250	610
3	Portillo	2070 m	19	4	0 42° 10'	570	180	390
3 30	Cañadasrand	2138 m	18	4	0 36	500	170	330
4	"	2140 m	17	4	0 29° 22'	420	155	265
4 45	"	Gueva 2125 m	15	4	0 19	360	140	220
5 15	"	"	"	4	0 13	250	100	150
		Horizont nicht frei						
5 25	"	"	"	4	0 11	167	71	96
		Sonne über dem Pik						
5 30	"	"	"		10			
		Sonne geht unter am Pik						
5 31	"	"	"	—	0		55	
5 37	"	"	"	—	0 8°		42	
5 45	"	"	"	—	0 6°		35	
		7. April 1908						
5 <sup>h</sup> 30-45	Cañadas	2130 m	28° 15'	—	0 0°		3	
6 20	Cañadas	"	14	—	0 7		50	
6 30	"	"	"	—	0 10		62	
7	"	"	"	—	0 16° 24'		83	
7 45	"	2140 m	"	4	0 26	420	110	310
8	"	Fuente Mulde, nicht frei 2130 m	14	4	0 29° 33'	420	70	350
9	Anstieg, freier Kamm	2220 m	15	4	0 42° 24'	500	125	375
10	"	2360 m	16	4	0 54° 25'	690	150	540
10 15	"	2430 m	16	4	0 57	770	170	600
11	"	freier Hügel 2550 m	16	4	0 64° 15'	960	170	790
17	"	" " 2575 m	"	4	0 68° 31'	1250	190	1060
1	"	3030 m	"	4	0 64° 15'	1250	170	1080
1 20	"	nicht ganz frei 3240 m	"	4	0 61	1000	180	820
1 30	"	Alta Vista 3295 m	"	4	0 59	960	150	810
2	"	freier Hügel 3490 m	"	4	0 54° 25'	830	125	705
2 20	"	Gipfel im <math>\sphericalangle</math> 18° hindernd 3565 m	"	4	50	760	100	660
2 55	Pikgipfel	3730 m	"	4	43	540	85	455
3	"	"	"	4	3 42° 24'	500	80	420

B 3 dünner Dunst des Antipassat



Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>a</sub>	J <sub>s</sub>
3 30	Pikgipfel, 3730 m	28°	4	2	36	420	70	350
4	"	"	4	2	29° 33'	360	60	300
4 30	"	"	4	3	23	330	70	260
5	"	"	3-4	4	16° 24'	210	50	160
					ganz dünn			
5 15	"	"	3-4	4	13	100	42	58
5 40	"	"	3-4	4	7	55	31	24
5 55	"	"	3-4	4	4	28	28	0
6-6 05	"	"	3-4	2	3° 11'	14	14	0
					Lichtsumme	295	54	241

## 8. April 1908

5 <sup>h</sup> 20-30	Pik Alta Vista	3300 m	28° 16'	—	1		3	
5 45	"	"	"	4	1	0-1°	28	28 0
6	"	"	"	4	0	3° 17'	56	56 0
6 30	"	"	"	4	0	10	100	56 44
7	"	"	"	4	0	16° 32'	167	62 105
7 15	"	"	"	4	0	20	192	66 126
8	Abstieg vom Pik nicht freier Osthang 30°	2800 m	"	4	0	29° 43'	500	100 400
8 15	" vom Mna Blanca nicht frei 20°	2750 m	"	4	0	33	520	110 410
8 40	" freier Hügel	2575 m	"	4	0	38	570	130 440
9	"	2575 m	"	4	0	42° 36'	690	130 560
10	Gañadas, gegen Fortaleza	2110 m	18	4	0	54° 39'	830	150 680
11 45	Fortaleza	2140 m	20	4	0	68	1130	160 970
12						68° 49'		
12 30	Nordhang	1900 m		4	0	67	1040	170 870
1	"	1750 m	21	4	0	64° 31'	900	150 750
1 15	Wolkenregion	1680 m		2	10	62	620	620 0
1 30	"	1540 m		1	10	59	250	250 0
1 45	"	1370 m		0	10	57	125	125 0
2	"	1350 m	22	0	10	54° 39'	125	125 0
2 15	"	1140 m		0	10	51	83	83 0
2 30	Unter der Wolke	1060 m		0	10	48	83	83 0
3	Blauer Himmel über d. Meer	850 m	23	0	8	42° 36'	100	100 0
4 15	Realejo alto	360 m	23	1	6	26	100	100 0

## 9. April 1908

10 <sup>h</sup>	Orotava, Dach	28° 25'		4	4	55°	1000	420 580
11	"	"		2	8	65	500	500 0
12						68° 56'		
12 45	"	"		0	9	66	360	360 0
4 30	"	"		0	10	23	125	125 0

## 10. April 1908

8 <sup>h</sup>	Orotava, Dach	28° 25'		0	10	30°	100	100 0
9	"	"		0	10	42	250	250 0

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>E</sub>	J <sub>A</sub>	J <sub>S</sub>
12 <sup>h</sup>	Orotava, Dach	28° 25'	0	10	69° 29'	310	310	0
3	"	"	0	10	42	250	250	0
4	"	"	0	9	30	250	250	0
5 15	"	"	4	5	14	200	83	117
6	"	"	0	6	4	12	12	0

## 11. April 1908

7 <sup>h</sup> 40	Orotava, Dach	28° 25'	0	10	26°	125	125	0
8 30	"	"	2	9	36	360	360	0
10 20	"	"	2	10	59	770	770	0
12	"	"			69° 51'			
12 40	"	"	4	7	67	1000	500	500
3 30	"	"	4	4	36	660	310	350
4	"	"	2	10	29	280	280	0
4 30	"	"	0	10	23	140	140	0
5	"	"	0	9	17	125	125	0
5 45	"	"	1	7	7	42	42	0

## 12. April 1908

7 <sup>h</sup>	Orotava, Dach	28° 25'			8° Regen			
8	"	"	3	9	31	420	310	110
9	"	"	2	9	44	500	500	0
11	"	"	2	9	66	710	710	0
12	"	"	4	8	70° 13'	1260	630	630
12 30	"	"	3—4	4	68	960	630	330
2	Ladera Sta. Ursula	290 m	"	2	8 56	630	630	0
3	" "	240 m	"	2	6 44	630	630	0
4	Sauzal	450 m 29'	0	10	31	190	190	0

## 13. April 1908

10 <sup>h</sup> 30	Laguna-Tegueste	540 m 28° 31'	3	7	61°	620	360	260
12	Tegina	300 m 32	1	10	70° 28	500	500	0
1	"	"	1	10	66	500	500	0
2	"	"	2	9	56	620	620	0
4	Puerto Suelo Laguna	650 m 30'	0	9	31	250	250	0

## 14. April 1908

8 <sup>h</sup>	Vor Laguna, freies Feld	28° 30'	0	10	32°	90	90	0
8 30	Ob " "	700 m	0	10	38	310	310	0
9	" im Lorbeerwald	780 m 31	0	10	45	14		
9 30	" "		0	10	51	17		
	vor "		0	10		167		
	100 m " "		0	10		250		
10	im "	800 m 32	0	10	57	9		
10 10	vor "	880 m	0	10	58	310		
10 15	" "		1	10	60	620		
10 20	im "		1	10	61	28		

Stunde	Ort	Geogr. Breite	Sonne	Bewöl- kung	Sonnen- höhe	J <sub>g</sub>	J <sub>a</sub>	J <sub>s</sub>
11 <sup>3</sup>	Anaga-Grat, frei	965 m 28° 32'	0.	10	67	250		
11 30	" Cruz	1000 m	0	10	69	250		
12					70° 49'			
12 15	"	850 m	1	10	70	420		
12 45	"	800 m	1	10	68	360		
2	"	860 m 33	0	10	57	210		
4	Ob Taganana	250 m 34	0	10	32	250		
5	"	170 m	0	10	19	125		
5 10	"		3—4	5	17	250	167	83

## 15. April 1908

6 <sup>h</sup> 10	Draguillo de Taganana	170 m 28° 35'	0	9	6	42	42	0
7 45	Ojo del Draguillo, Grat	660 m "	2	9	29	360	360	0
8	Paso " "	660 m	0	10	32	210	210	0
9 45	La Grosita, Grat	620 m 34	2	8	54	630	630	0
10 10	"	640 m	2	8	58	420	420	0
10 20	"	640 m	3—4	6	60	840	420	420
11	"	600 m	3—4	8	67	840	500	340
11 30	"	540 m 33	4	2	69	900	310	590
12					71° 10'			
2 15	Igueste	32	1	10	54	420	420	0

## 16. April 1908

12 <sup>h</sup>	Sta. Cruz de Tenerife	28° 28'	4	4	71° 36'	960	420	540
-----------------	-----------------------	---------	---	---	---------	-----	-----	-----

## 17. April 1908

9 <sup>h</sup> 15	Sta. Cruz an Bord	28° 28'	2	8	49	360	360	0
10	" "	"	2	8	58	360	360	0
12	Tenerife-Cádiz "	45	4	3	71° 41'	1130	360	770
1	" "	53	4	3	68	960	310	650
2	" "	29° 2'	4	2	58	820	250	570
3	" "	10	4	1	46	690	210	480
4	" "	19	4	2	32	500	167	333
5	" "	28	4	2	19	250	125	125

## 19. April 1908

7 <sup>h</sup>	Tenerife-Cádiz, an Bord	34° 57'	0	10	20	125	125	0
8	" "	35° 6'	2	10	32	420	420	0
9	" "	15	2	10	43	500	500	0
10	" "	23	2	10	53	500	500	0
11	" "	32	3—4	6	62	1000	500	500
12	" "	41	3—4	6	65° 26'	1130	500	630
1	" "	49	3	5	62	830	620	210
2	" "	58	4	4	53	560	360	200
3	" "	36° 7'	4	3	43	500	310	190
4	" "	15	4	4	32	420	250	170
5	" "	24	4	4	20	310	207	103
6	Cádiz "	30	4	2	7	62	62	0
Lichtsumme						265	181	84

Mittel und Extreme der Lichtintensitäten  
bei verschiedenen Sonnenhöhen auf dem Meere und in Orotava,  
100 m ü. M., bei  $S_4$ .

Sonnenhöhe	Zahl der Messungen	$J_g$	$J_d$	$J_s$	$J_d : J_s$	$J_g$		$J_d$		$J_s$	
						Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
$S_4$	0—10°	10	61	59	2	100 : 4		125		100	25
	10—20	12	251	156	95	100 : 61	100—500	71—210		0—330	
	20—30	13	495	264	231	100 : 88	167—830	100—360		67—470	
	30—40	14	617	283	334	100 : 118	420—840	167—500		170—630	
	40—50	19	813	358	455	100 : 127	500—1130	190—500		190—760	
	50—60	24	981	403	578	100 : 143	560—1400	250—620		200—900	
	60—71	24	1183	437	746	100 : 171	830—1400	310—630		500—900	
$S_3$	0—10°	0									
	10—20	4	237	176	61	100 : 35	167—280	125—210		42—83	
	20—30	4	382	294	88	100 : 30	250—500	167—420		50—140	
	30—40	3	577	450	127	100 : 28	420—740	310—620		110—150	
	40—50	5	638	464	174	100 : 37	500—830	360—500		120—330	
	50—60	2	790	500	290	100 : 58	620—960	500—500		120—460	
	60—71	7	881	473	408	100 : 86	620—1000	360—630		210—600	
$S_2$	0—10°	1	28					28—28			
	10—20	1	210					210—210			
	20—30	3	363					280—450			
	30—40	3	413					360—460			
	40—50	6	537					360—730			
	50—60	10	570					360—770			
	60—70	3	680					500—830			
$S_1$	0—10°	3	35					30—42			
	10—20	4	141					60—192			
	20—30	1	360					360—360			
	30—40	1	360					360—360			
	40—50	2	430					360—500			
	50—60	4	490					420—620			
	60—70	5	524					500—620			
$S_0$	0—10°	5	33					12—55			
	10—20	6	96					19—125			
	20—30	9	233					125—360			
	30—40	9	267					100—500			
	40—50	3	373					250—620			
	50—60	4	271					125—500			
	60—70	3	430					310—620			

Auf der Tabelle habe ich die Messungen bei verschiedenen Sonnenhöhen zusammengestellt, dabei je 10° zusammengefasst und das Mittel genommen aus den Messungen, die in dieses Intervall fallen und zwar getrennt für die fünf gewöhnlich unterschiedenen Grade der Sonnenbedeckung. Es sind nur die Messungen verwendet worden, die auf dem Meer gemacht wurden oder auf dem Land in nur ge-

ringer Meereshöhe; die geographische Breite schwankte zwischen 28 und 40°.

Neben den Durchschnittszahlen des gesamten diffusen und direkten Lichtes aus der Beobachtungszeit (17. März bis 19. April) sind auch die Maxima und Minima jeder Lichtart und das Durchschnittsverhältnis von diffusem zu direktem Licht angegeben.

Betrachten wir zuerst die Zahlen bei vollem Sonnenschein  $S_4$ . Jede Lichtart steigt mit der Sonnenhöhe. Bei derselben Sonnenhöhe kommen bedeutende Differenzen in den Lichtintensitäten vor; die Maxima und Minima der einen Gruppe von Sonnenhöhen greifen weit in die andern Gruppen hinüber, zum Beispiel die Sonnenhöhen unter 49° 59' haben Intensitäten bis 1130, Sonnenhöhen über 50° gehen hinunter bis 560. Die höchste auf dem Meer gemessene Intensität war **1400**, sowohl zwischen 50 und 60° Sonnenhöhe als auch zwischen 60 und 70°. Zum Vergleich diene: höchste Intensität in Wien 1500, auf dem Berninahospiz von 60—70° Sonnenhöhe 1800, von 50—60° 1660, Sandlingalpe 1800<sup>1)</sup>, bei Cairo 714 bei 53°. Letzteres zeigt eine merkwürdig kleine Zahl; Wiesner war jedoch nur sehr kurze Zeit dort und hatte nur an einem Tag  $S_4$  über Mittag; in Buitenzorg waren die Maxima 1612 bei 75°, 1538 bei 68°, 1428 bei 58° Sonnenhöhe. Das direkte Licht erhebt sich auf dem Meeresniveau nur bis **900**, auf dem Berninahospiz bei 2309 m über Meer ging es bis **1330**, also ein grosser Unterschied; hingegen für das diffuse Licht liegt die Sache ganz anders: **630** für das Meeresniveau, **600** für den hohen Bergpass. Die Lichtfülle hoher Standorte beruht auf dem direkten Licht. Das stärkste diffuse Licht wurde an beiden Orten bei der Sonnenbedeckung  $S_2$  gefunden, unten **830**, oben **900**.

Mit zunehmender Sonnenbedeckung nimmt das Gesamtlicht und das direkte Licht rasch ab, das diffuse hingegen nimmt zu von  $S_4$  bis  $S_2$ ; dort wird es mit dem gesamten identisch und nimmt nun ab bis  $S_0$ .

Vergleichen wir die Stärke des diffusen und direkten Lichtes, so ergibt sich, dass sie durchschnittlich bei zirka 29° Sonnenhöhe einander gleich werden (in Wien erst bei 57°, Lissabon 51°, auf Berninahospiz schon bei 16°), vereinzelt schon bei 14° und 19° (Wien 33°, Bernina 8½°). Den doppelten Wert des diffusen erreicht das direkte nur ausnahmsweise auf dem Meeresniveau): in Casablanca 840 : 420 am 25. März bei 58°, auf freiem Meer 840 : 420 am 29. März bei 62°, Orotava-Strand 31. März und 1. April bei 66°, und besonders am 17. April 770 : 360 bei 72°, 650 : 310 bei 68°, 570 : 250 bei 58° und **333 : 167 bei 32°**.

<sup>1)</sup> Von v. Weinzierl beobachtet.

<sup>2)</sup> Bei der Piktour werden wir ganz andere Verhältnisse in der Höhe sehen.

Bei Sonnenbedeckung  $S_3$  bleibt das direkte im Durchschnitt schon bedeutend unter dem diffusen Licht, auch mit seinem Maximum 600 gegen 630, nicht einmal in vereinzeltten Fällen können sie mehr gleich werden.

Das Gesamtlicht ist am Meer fast gleich stark wie auf dem Berninahospiz, jedoch so verteilt, dass bei hohen Sonnenständen das Alpenlicht viel bedeutender ist, bei mittleren Sonnenständen hingegen das Meer grössere Zahlen aufweist. Diffuses Licht hat das Meeresniveau bedeutend mehr, hauptsächlich bei niedern und mittleren Sonnenständen, während es bedeutend weniger direktes Licht hat. Interessant zu untersuchen ist nun, ob das viele diffuse Licht bei niederer Meereshöhe eine verschiedene Verteilung aufweist zwischen den Messungen, die auf dem Meer selber und denen, die am Strand oder nicht weit davon auf festem Erdboden ausgeführt sind. Zu diesem Zweck habe ich die Messungen bei  $S_4$  in folgender Tabelle gesondert:

Sonnenhöhen	auf dem Land					auf dem Meer				
	$n^1)$	$J_g$	$J_d$	$J_s$	$J_d : J_s$	$n$	$J_g$	$J_d$	$J_s$	$J_d : J_s$
10—20°	4	296	147	149	100:101	8	229	161	68	100:42
20—30	4	672	327	345	100:105	9	417	236	181	100:77
30—40	6	658	278	380	100:137	8	585	286	299	100:105
40—50	8	858	359	499	100:139	11	780	357	423	100:118
50—60	12	1015	402	613	100:152	12	946	403	543	100:135
60—70	16	1163	436	727	100:167	8	1223	439	784	100:179

Der Vergleich zeigt in der Tat, dass auf dem Meer das diffuse Licht einen grösseren Anteil ausmacht, besonders bei niederen Sonnenständen. In Prozenten vom diffusen Licht ausgedrückt, hat es auf dem Meer bei 10—20° Sonnenhöhe 59% weniger direktes,

bei 20—30° noch 28,  
 „ 30—40° „ 32,  
 „ 40—50° „ 21,  
 „ 50—60° „ 17.

Mit steigender Sonne nimmt die Differenz ab, bei den höchsten Ständen kann sie sogar sich umkehren. Die auf dem Meer gemessenen Zahlen ergeben, dass Gleichheit von diffusem und direktem Licht erst bei zirka 33° eintreten, während die Landmessungen schon bei zirka 15°; diese letztere Zahl aber stützt sich, wie die Tabelle zeigt, nur auf vier Messungen, hat also nur geringes beweisendes

<sup>1)</sup>  $n$  = Zahl der Messungen.

Gewicht und sind die Zahlen zwischen 20 und 30° Sonnenhöhe noch nahezu gleich. Bemerkenswert ist, dass die hohen Sonnenstände überhaupt etwas sehr ausgleichendes an sich haben. Nicht nur sind sie auf dem Meer fast gleich wie auf dem Land mit geringer Meereshöhe, sondern auch mit dem Berninahospiz (2309 m) verglichen, unterscheiden sie sich, wenigstens bei Sonnenbedeckung  $S_0$ — $S_2$ , kaum. Bei  $S_3$ — $S_4$  besteht die Ähnlichkeit noch für das diffuse Licht. Dieses nimmt ja mit der Höhe ab, aber auch vornehmlich bei niedern Sonnenständen, bei hohen fast gleich bleibend.

Wiesner fand, „dass die Annäherung der Intensitäten in Wien und Buitenzorg bei hohem Sonnenstande und bei völlig unbedeckter Sonne am grössten ist“, während im allgemeinen Buitenzorg viel höhere Lichtintensitäten aufweist als Wien. Teneriffa zeigt sehr ähnliche Zahlen wie Buitenzorg. Dass die vereinzelt Buitenzorger Zahlen zwischen 1300 und 1600 in Orotava nicht vorkamen, glaube ich nicht dem Umstand zuschreiben zu müssen, dass sie nicht vorkommen, sondern dass von den 16 Messungen bei  $S_4$  zwischen 60 und 70° 12 bei nicht über 66° Sonnenhöhe gemessen sind und zwei weitere bei sehr starken Himmelsbedeckungen. Erst länger fortgesetzte Messungen könnten zeigen, wie sich diese beiden Lichtklimata zu einander verhalten.

### Lichtsummen.

Um ein Mass für die gesamte Lichtmenge eines Tages zu bekommen, werden Lichtsummen gebildet. Roscoe hat eine einfache Integrationsmethode gefunden, um aus stündlichen Lichtmessungen die Lichtsumme zu berechnen: Es wird die Fläche berechnet, welche die Tageskurve der Lichtintensität mit der Abscissenaxe bildet, auf der die Tagesstunden abgetragen sind. Vergleicht man diese Fläche mit einem Rechteck von der Grundlinie 24 und der Höhe der Intensitätseinheit und setzt diese Rechtecksfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Es eignen sich dazu nur Tage, an denen von Morgens bis Abends gleichmässig beobachtet wurde, auf dem Meere die folgenden Tage.

Es bedeutet:

$$\begin{aligned} S_g &= \text{Lichtsumme des Gesamtlichtes,} \\ S_d &= \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{diffusen Lichtes,} \\ S_s &= \quad \quad \quad \text{„} \quad \quad \quad \text{direkten Lichtes,} \\ \varphi &= \text{geographische Breite.} \end{aligned}$$

Datum	Ort	$\varphi$	Tagesmittel		Sonnenhöhe Max.	$S_g$	$S_a$	$S_s$
			Sonne	Bev.				
20. März	Mittelmeer	$36\frac{1}{2}^\circ$	1,9	7,4	$53^\circ 21'$	152	103	49
23. „	Ozean	$34\frac{1}{2}-34^\circ$	1,8	7,1	$56^\circ 56'$	250	208	42
24. „	„	$34^\circ$	4,0	0,5	$57^\circ 25'$	312	129	183
27. „	„	$31\frac{1}{2}-30\frac{1}{2}^\circ$	2,0	7,6	$61^\circ 23'$	231	197	34
28. „	„	$29-28^\circ$	3,3	3,6	$64^\circ 13'$	372	176	196
29. „	„ <sup>1)</sup>	$28-28\frac{1}{2}^\circ$	3,9	3,3	$65^\circ 7'$	427	181	246
19. April	„	$35-36\frac{1}{2}^\circ$	3,0	6,2	$65^\circ 26'$	265	181	84
Mittel	„	$28-36\frac{1}{2}^\circ$	2,8	5,1	$60^\circ 33'$	287	168	119

Von diesen sieben Tagen gehören vier zu Schönwettertagen (Sonnenbedeckung 3—4) und drei zu bedeckten ( $S_0$ — $S_2$ ). Die höchste Summe 427 steht über der höchsten von Wien 419, unter der des Berninahospizes 505. Das Mittel ist dem des Berninahospizes im Monat Mai bei annähernd gleicher Sonnenhöhe sehr ähnlich.

### Die Piktour.

In der Region über den Wolken auf dem Pico de Teyde kommt fast nur noch die Formation der Retama blanca (*Spartocytisus supranubius* [L] Christ) vor. Die Gegend ist bekannt für trockene, klare Luft, grosse Lichtfülle. Diese Lichtfülle zu prüfen und in genauen messbaren und vergleichbaren Grössen zu fixieren war von hohem Interesse, nachdem die andern klimatischen Faktoren schon öfter studiert worden sind. Allerdings haftet den Messungen ein grosser Nachteil an, das ist die kurze Zeitdauer. Sind die Zahlen dieses kurzen Ausflugs nahe den Mittelzahlen, die da oben herrschen, oder nähern sie sich den maximalen oder minimalen Werten? Das könnte erst eine längere Beobachtungszeit beantworten und es ist sehr zu hoffen, dass die Station, die in den Cañadas errichtet wird, sich auch mit Lichtmessungen befasse!

Suchen wir unterdessen aus der kurzen Beobachtungsdauer etwas herauszulesen durch Vergleich mit dem Berninahospiz, wo die Messungen das ganze Jahr gedauert hatten.

Bei der Besteigung des Pik fiel mir in erster Linie auf, dass schon für das blosse Auge nicht die erwartete grosse Lichtfülle eintrat.<sup>2)</sup> Während bei Touren in den Alpen das starke Blenden häufige Benutzung der schwarzen Brille nötig macht, störte mich hier auf dem Pik das Licht auch ohne Brille fast gar nicht. Ein Vergleich der gemessenen Lichtintensitäten bestätigt die Wahrnehmung.

<sup>1)</sup> Vormittags bis 9 Uhr an Land.

<sup>2)</sup> Vergl. auch die starke Strahlung (Wärme), die Piazzi Smith 1858 fand (Proc. of the Roy. Soc.).



Sehr ähnliche Zahlen wie die Piktour zeigt, auf dem Dache des Berninahospizes (2320 m) gemessen, der 8. Juni 1906, den ich zum Vergleich hierher setze:

8. Juni 1906.

Stunde	Sonne	Bewölkung	Sonnenhöhe	Lichtintensität		
				gesamte	diffuse	direkte
6 <sup>h</sup>	4	0	16° 24'	150	90	60
7	4	0	26 31	440	110	330
8	4	0	36 54	600	160	440
9	4	0	47 0	640	180	460
10	4	0	56 18	670	200	470
11	4	0—1	63 34	1000	200	800
12	4	1	66 24	1200	200	1000
1	3—4	3 <sup>o</sup>	63 34	760	200	560
2	4	4 <sup>o</sup>	56 18	1000	180	820
3	1	7 <sup>1</sup>	47 0	320	320	0
4	2	7 <sup>1</sup>	36 54	350	350	0
5	3	9 <sup>2</sup>	26 31	390	220	170
6	0	9 <sup>2</sup>	16 24	35	35	0
7	0	9 <sup>2</sup>	6 45	30	30	0
Lichtsumme				316	S <sub>a</sub> 103	S <sub>b</sub> 213

In den Sonnenhöhen über 60° haben wir bei S<sub>4</sub> hier Intensitäten von 1000 und von 1200, dort auch 1000 und 1250 (auch 960 bei 2550 m ü. M.);

Bernina bei 56° 670,      Pik bei 54<sup>1/2</sup>° 2360 m 690  
 „ „ 26<sup>1/2</sup> 440,      „ „ 26° 2140 m 420

Auf der Spitze des Pik bei 3730 m

bei 23° 330,      vergleiche Bernina 26<sup>1/2</sup>° 440  
 „ 16<sup>1/2</sup>° 210,      „ „ 16<sup>1/2</sup>° 150;

unter dem Pik bei 3490 m 54<sup>1/2</sup>° 830, dasselbe beim Aufsteigen 6. April bei 54°, dasselbe auch auf Bernina bei 52° am 12. April und 11. Mai 1907.

Für die Intensitäten des Gesamtlichtes finden wir auf dem Berninahospiz immer Beispiele für Gleichheit, doch ist die Variationsbreite sehr gross und sind diese Zahlen für Bernina unter dem Mittel; ob sie es für den Pik auch sind, könnten nur längere Messungen ergeben. Für das Berninahospiz sind die Mittel und Extreme bei S<sub>4</sub> folgende:

Sonnenhöhe	Mittel	Minimum	Maximum
10—20°	227	73	450
20—30	328	145	610
30—40	537	280	830
40—50	751	450	1300
50—60	1101	670	1660
60—67	1323	900	1800

Bietet also die Intensität des Gesamtlichtes auf dem Pik nichts besonderes, so ändert sich's, wenn wir zur Betrachtung des Verhältnisses vom diffusen zum direkten Sonnenlicht übergehen. Das diffuse Licht nimmt mit der Höhe ab und erreicht über der Wolkenregion merkwürdig kleine Beträge.

	über 2200 m am Pik	Meeres- niveau	Bernina- hospiz
60—70°	150—190	310—630	200—600
50—60	100—170	250—620	150—650
40—50	80—130	190—500	120—500
30—40	70—130	167—500	90—310

Es reichen also die Maxima der Zahlen in der Höhe nicht einmal an die Minima beim Meeresniveau. Die zwischenliegenden Höhen zeigen mittlere Zahlen (vergleiche 6. April). Das Gegenstück dazu bildet das direkte Sonnenlicht. Haben wir gesehen, dass es auf Meereshöhe nur selten den doppelten Wert des diffusen erreicht bei den höchsten Sonnenständen, so zeigt es auf dem Pik schon bei  $16\frac{1}{2}^\circ$  trotz Dunst den dreifachen Wert, bei  $29^\circ 33'$  den fünffachen, bei  $36—43^\circ$  etwas über den fünffachen, während bei 2220 m den dreifachen, bei 2070 m den doppelten, bei 750 m nicht einmal mehr den doppelten Wert (250 : 580). Bei 3030 m und  $64^\circ$  erreicht es den sechsfachen Wert, eine hohe Zahl erreicht das Verhältnis auch noch auf dem Grat der Fortaleza bei  $68^\circ$  Sonnenhöhe bei 2140 m: sechsfach (160 : 970). Das sind ganz enorme Werte. Die einzigen bekannten Werte ähnlich ausgeprägter Verhältnisse sind:

$J_s = 4,5 J_d$  in Norris U. S. A. 2212 m ü. M. bei  $53^\circ$  Sonnenhöhe am 1. Sept. 1904 von Wiesner gemessen.<sup>1)</sup>

$J_s = 5 J_d$  auf dem Berninahospiz bei  $42^\circ$  am 8. Aug. 1906, bei  $66\frac{1}{2}^\circ$  am 8. Juni 1906; auf Piz Morteratsch 3754 m bei  $28^\circ$  am 17. Juli 1906 und auf Piz Lagalb 2962 m bei  $60\frac{1}{2}^\circ$  am 6. 1906.

$J_s = 6,5 J_d$  auf Piz Tschierva 3564 m bei  $43^\circ$  am 17. Juli 1906.

Von Samec<sup>2)</sup> im Luftballon über Wien gemessen bei 3000 m 4,5fach, bei 3500 m 5fach, bei 4200 m 5,7fach.

Man kann natürlich nur Zahlen brauchen, die bei freiem Horizont gemessen sind; ein unfreier vermindert das diffuse Licht und verschärft dadurch den Gegensatz zum direkten: in einem Zimmer, in das die Sonne hineinscheint, kann das direkte den 10-, 20- und noch mehrfachen Betrag des diffusen ausmachen; daher berücksichtige ich auch nicht den 6,6fachen Wert am 7. April 2<sup>h</sup> 20.

<sup>1)</sup> Aus Photochem. Klima des Yellowstonegebietes etc. Wiener Denkschriften 1906.

<sup>2)</sup> Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in grossen Seehöhen. Wiener Sitzungsberichte 1907 und 1908.

### Wolkenregion.

In der Wolkenregion herrscht sehr gedämpftes Licht; das direkte ist verschwunden, das gesamte ist nur diffus. Am 6. April wäre bei einer Intensität von 1000 um 11 und 1<sup>h</sup> ausserhalb der Wolke eine 12<sup>h</sup>-Intensität von zirka 1200—1250 zu erwarten; statt dessen umzieht uns der Nebel bald stärker, bald schwächer, und wir haben 620—830. An diesem Tag war die Wolkenschicht dort, wo wir sie durchquerten, nur 150 m dick (1300—1450 m ü. M.). Beim Abstieg am 8. April lagerte die Wolke auf der Ladera di Tigaiga, über die wir abstiegen, von 1700—1100 m. Der Betrag der Lichtintensität sank auch entsprechend viel stärker: von 900 bei 1750 m auf 620 bei 1680 m, auf 250 bei 1540 m, auf 125 bei 1370 m; ausserhalb der Wolke wäre in der kurzen Zeit die Intensität von 900 höchstens auf 800—700 gesunken, also ist nur  $\frac{1}{6}$  der sonst zu erwartenden Lichtmenge übrig geblieben. In dieser Region umgab uns ein Wald von *Erica arborea* L.

### Der Lorbeerwald.

In den dichtbelaubten Lorbeerwald dringen nur geringe Mengen der gesamten Lichtintensität. Der 30. März und 14. April bieten je ein Beispiel bei schönem Wetter mit unbedeckter Sonne und mit bedeckter Sonne. Bei wolkenlosem Himmel traten wir in den prachtvollen Wald von Agua García ein; sofort fiel die Lichtintensität von 1320 auf 830, obwohl hier am Eingang der Wald noch licht war und die Sonne noch durchschien. Im dunkeln Innern wurde 2<sup>h</sup> 30 nur 42 gemessen gegen 1000, die in der Sonne zu erwarten gewesen wären bei diesen 46° Sonnenhöhe; es herrschte also nur der 24. Teil des Tageslichtes. An weniger dichter Stelle waren es um 3 Uhr 63 statt zirka 800—900, also zirka der 12.—14. Teil. In diesem Dunkel gedeihen die schönen Farne, die einen so subtropisch anmuten. Ähnliches messen wir auch bei bedeckter Sonne und vollkommen bedecktem Himmel im Lorbeerwald von Mercedes am 14. April: 9<sup>h</sup> 30 hatten wir im Feld 250 Intensität, am Waldrand nur 167 und im Wald 17, das ist der 15. Teil. Um 10<sup>h</sup> ist der Unterschied von vor und im Wald 310 : 9 gleich dem 34. Teil. 10<sup>h</sup> 15 wird die Wolkendecke vor der Sonne dünner, das Licht steigt auf 620, im Wald 28, dem 22. Teil. Leider gestattete die Zeit nicht, den einzelnen Pflanzenarten im Lorbeerwald nachzugehen, um obere und untere Grenzen des Lichtgenusses<sup>1)</sup> zu bestimmen. Die Mes-

<sup>1)</sup> Der Lichtgenuss „L“ (Wiesner) wird ausgedrückt durch das Verhältnis der Lichtintensität am Standort der Pflanze „i“ zur gesamten „J“.

$$L = \frac{i}{J}$$

sungen sind auch nicht an den Pflanzen oder am Boden ausgeführt, sondern etwa 150 cm über dem Boden, geben also mittlere Lichtstärken des Waldes an. An diesen Standorten mit Lichtgenuss  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{40}$  wachsen die schönen Farne des dortigen Waldes; es kriecht die *Davallia canariensis* Sm. an den Baumstämmen empor; darunter breitet die *Woodwardia radicans* Sm. ihre grossen Wedel aus. Auch die Büsche von *Viburnum rugosum* Pers., von *Ilex platyphylla* Webb et Berth. gedeihen im Halbdunkel, gehen aber auch in hellere Partien und in dunklere Ecken. Mit wie wenig Licht einzelne Pflanzenarten zufrieden sind, gibt Wiesner an<sup>1)</sup>: In den Tropen findet sich der letzte Grasanflug bei  $\frac{1}{100}$  Lichtgenuss, in Mitteleuropa bei  $\frac{1}{75}$ , *Oxalis acetosella*, eine unserer extremsten Schattenpflanzen, bis  $\frac{1}{70}$ .

#### Zusammenfassung der hauptsächlichsten Resultate.

1. In der Beobachtungszeit war auf dem Meer 1400 die höchste gemessene Gesamtlichtstärke, 830 die höchste diffuse, 900 die höchste direkte. —  $J_g$  und  $J_s$  sind bei  $S_4$  am stärksten,  $J_d$  bei  $S_2$ .

2. Auf dem Meere erreicht das direkte Sonnenlicht nur vereinzelt den doppelten Wert des diffusen; niederste Sonnenhöhe, bei der dies zutraf,  $32^\circ$  (Wien  $57^\circ$ , Berninahospiz  $16^\circ$ ). —  $J_d = J_s$  durchschnittlich bei  $33^\circ$  (Wien  $57^\circ$ , Berninahospiz  $16^\circ$ ), vereinzelt bei  $19^\circ$  (Wien  $33^\circ$ , Berninahospiz  $8\frac{1}{2}^\circ$ ).

3. Auf dem Meer ist das diffuse Licht stärker als auf dem Land.

4. Hohe Sonnenstände haben auf die Lichtintensitäten eine ausgleichende Wirkung.

5. Die Lichtsummen steigen auf dem Meer höher als in Wien.

6. Auf dem Pik herrschten nicht die grossen erwarteten Lichtstärken. Die Zahlen vom 6.—8. April 1908 blieben unter dem Mittel derjenigen des Berninahospizes bei gleicher Sonnenhöhe und Sonnenbedeckung.

7. Das direkte Sonnenlicht erreichte in grosser Seehöhe den 6fachen Wert des diffusen (nur einmal überschritten durch den 6,5fachen auf dem Piz Tschierva [Engadin] bei 3564 m).

8. In der Wolkenregion herrscht  $\frac{1}{1,5}$ — $\frac{1}{6}$  des Tageslichtes; im Lorbeerwald im Mittel  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{40}$ .

<sup>1)</sup> Wiesner, Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig, Engelmann 1907, S. 165.