

BEITRÄGE
ZUR
KENNTNISS DES PHOTOCHEMISCHEN KLIMAS IM ARKTISCHEN GEBIETE

VON
J. WIESNER
W. M. K. AKAD.

(Mit 4 Textfiguren.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG VOM 23. JUNI 1898.

Einleitung.

Die vorliegende Abhandlung bildet eine Fortsetzung meiner Studien über das photochemische Klima und schliesst sich unmittelbar an meine „Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Cairo und Buitenzorg (Java)“ an.¹

Anscheinend im Interesse der Klimatologie unternommen, und diesem Zwecke wohl auch dienend, sind es in erster Linie doch pflanzenphysiologische Gesichtspunkte, welche mich zu diesen Studien anregten, vor allem das Bestreben, den Lichtgenuss der Pflanzen kennen zu lernen. Ich drücke denselben aus als das Verhältniss der chemischen Lichtstärke an einem Pflanzenstandorte (J') zur chemischen Intensität des gesammten Tageslichtes (J). J ist aber das Element des photochemischen Klimas, so dass meine Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen unmittelbar auch Beiträge zur Kenntniss des photochemischen Klima liefern, welches indess, wie das bisher relativ so wenig bearbeitete Lichtklima überhaupt, für das Verständniss des Pflanzenlebens und der Verbreitung der Vegetation von grosser Bedeutung ist.

Meine nachstehend mitgetheilten Beobachtungsergebnisse betreffen in erster Linie die chemische Intensität des gesammten Tageslichtes. Die Methode der Bestimmung ist genau dieselbe, welche ich auch in Wien, Cairo und Buitenzorg in Anwendung brachte und die ich in der oben genannten Abhandlung genau geschildert habe. Da es sich niemals um sehr hohe Intensitäten handelte, so benützte ich niemals den 10er-Ton, sondern wählte für niedere Intensitäten (bis 0.1) den Normalton, für mittlere einen genau geachteten 2er- und für höhere einen genau geachteten 7er-Ton. Da im Handinsolator das Normalpapier zwischen dem Normal- und dem 2er-, beziehungsweise 7er-Ton lag, so hatte ich bei jeder Bestimmung die freie Wahl zwischen zwei, beziehungsweise drei Tönen, und konnte, wenn der Zeitraum bis zur Erreichung des Normaltones für eine genaue Intensitätsbestimmung mir zu kurz erschien, warten, bis der 2er-, beziehungsweise 7er-Ton erreicht wurde.

Da also meine Lichtbestimmungen im arktischen Gebiete genau nach derselben Methode wie in Wien, Cairo und Buitenzorg ausgeführt wurden, so sind die Beobachtungen vollkommen vergleichbar.

¹ Denkschriften d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Cl., Bd. 64 (1896).

Zahlreiche Bestimmungen waren dem Verhältnisse von Ober- oder Vorderlicht gewidmet. Es wurde zu diesem Behufe die Stärke des Oberlichtes ($= I =$ Intensität des gesammten Tageslichtes, d. i. die Intensität des Tageslichtes, gemessen auf der horizontalen Fläche) mit der Stärke des auf die verticale Fläche fallenden Lichtes verglichen. Dieser Vergleich ist in pflanzenphysiologischer Beziehung, wie ich schon bei einer früheren Gelegenheit auseinandersetzte,¹ von hohem Interesse, denn im grossen Ganzen ist eine Pflanze entweder auf das Oberlicht oder auf das Vorderlicht angewiesen. Als Beispiele führe ich die horizontal ausgebreiteten »Wurzelblätter«, welche nur dem Oberlichte ausgesetzt sind und das Laub zahlreicher, an verticalen Felsen und Wänden emporklimmenden oder daselbst wachsenden Pflanzen an, welches bei sonst freier Exposition vertical orientirt ist, also bloss dem Vorderlichte ausgesetzt ist. Aber auch bei freier Exposition können Pflanzen hauptsächlich auf das Vorderlicht angewiesen sein, z. B. die Cypresse und andere Pyramidenbäume, welche sich durch den langgestreckten Wuchs vom Zenithlicht emancipiren.

Bei der Prüfung des Vorderlichtes habe ich Rücksicht genommen auf die Weltgegend, von welcher das Vorderlicht einfiel und habe gewöhnlich gleichzeitig das von Nord, Süd, Ost und West kommende Licht gemessen. Hieraus leitete ich das mittlere Vorderlicht ab, welches ich mit dem Gesamtlichte, d. i. mit dem bei freier Exposition auf die horizontale Fläche fallenden Licht in Vergleich setzte.

Zur Bestimmung des Vorderlichtes benützte ich aus Gründen, die ich gleich angeben werde, nicht das Normalpapier, sondern bestimmte käufliche photographische Papiere. Ersteres muss für den täglichen Bedarf stets frisch dargestellt werden. Ich war darauf eingerichtet, die paar Streifen, welche ich täglich brauchte, rasch herzustellen. Zur Herstellung grösserer Quantitäten von Normalpapier wäre ich mit meinem sehr compendiösen Apparate nicht ausgekommen. Ich habe desshalb alle relativen Intensitätsbestimmungen (also vor Allem die Bestimmung des Verhältnisses der Stärke des Vorder- zu der des Oberlichtes) mit käuflichem photographischen Papier angestellt. An ein solches Papier sind zwei Forderungen zu stellen: erstlich muss es bei einer bestimmten Lichtstärke sich gleichmässig färben und zweitens müssen, wie bei Normalpapier, die zur Herstellung eines bestimmten Farbtones erforderlichen Producte aus Expositionszeit und Intensität jeweils constant sein. Ich habe verschiedene käufliche photographische Papiere nach dieser Richtung untersucht und habe gefunden, dass das unter dem Namen »Celluloid, Vindobona, weiss, matt« in Wien verkaufte photographische Papier meinem Zwecke recht gut entspricht und bei geringen oder mittleren Intensitäten — und nur um solche hat es sich gehandelt: im anderen Falle benützte ich Normalpapier — Zahlenwerthe liefert, welche ohne Correctur verwendet werden können, während für hohe Intensitäten, im Vergleiche zu Normalpapier eine Correctur erforderlich ist.²

So wie der »Lichtgenuss« allerdings auf Grund der Bestimmung chemischer Lichtstärken festgestellt wird, aber mit grosser Annäherung auch für die Stärke des Lichtes überhaupt, welches der Pflanze zufliesst, gilt, so drücken die unten mitgetheilten Zahlen über Ober- und Vorderlicht das Verhältniss beider nicht nur mit Rücksicht auf die chemisch wirksamen Strahlen, sondern des Lichtes überhaupt, gleichfalls mit grosser Annäherung, aus.

Was in dieser Abhandlung über Ermittlung der Intensität des diffusen Lichtes, über Ermittlung von täglichen Lichtsummen etc. mitgetheilt wird, ist in betreff der angewendeten Methode in der eingangs genannten Abhandlung ausführlich erörtert.

¹ Wiesner, Unters. über den Lichtgenuss der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Cairo und Buitenzorg. Photometr. Unters. aus pflanzenphysik. Gebiete. II. Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. Bd. 104 (1895), S. 622.

² Jedes Päckchen Celluloid besteht gewöhnlich aus vollkommen gleichen lichtempfindlichen Papierblättern, doch muss man sich hievon stets durch den Versuch überzeugen, was ja sehr leicht durchführbar ist. Die Lichtempfindlichkeit der Papiere verschiedener Päckchen ist sehr häufig verschieden, so dass man für jedes Packet die Relation zum Normalpapier feststellen muss.

Erstes Capitel.

Beobachtungen über die chemische Intensität des gesammten Tageslichtes.

I.

Advent-Bai.

Geographische Breite: 78° 12'.

Den auf die Advent-Bai Bezug nehmenden Beobachtungen wurden Barometerstand und Daten über Psychrometerdifferenzen behufs Fixirung der relativen Feuchtigkeit beigelegt, da alle diese Daten rück-sichtlich der Advent-Bai fehlen, vielleicht aber bei späteren Berechnungen der Lichtstärken erwünscht sein dürften.

Die Barometerbeobachtungen wurden mittels eines Aneroids ausgeführt, welches vor der Abreise in der k. k. Centralanstalt für Meteorologie in Wien verglichen wurde. In Tromsø wurden die Barometerbeobachtungen mittels desselben Aneroids von mir fortgesetzt, aber nur zum Zwecke des Vergleiches mit den vorher in der Advent-Bai erhaltenen Werthen, da in Tromsø regelmässig meteorologische Beobachtungen an-gestellt werden. Nach meiner Rückkunft nach Wien ersuchte ich den Director des kön. norwegischen meteoro-logischen Centralinstituts, Herrn Prof. Dr. Mohn in Christiania, mir die Barometerbeobachtungen von Tromsø bezüglich jener Zeit, in welcher ich dort meine Aufzeichnungen machte, zukommen zu lassen. Herr Prof. Mohn hatte die Güte, mir brieflich die gewünschten Daten zu senden. Es stellte sich eine vollständige Übereinstimmung meiner Aneroidbeobachtungen mit den in Tromsø angestellten heraus, woraus sich er-gibt, dass meine in Advent-Bai ermittelten Daten als richtig zu betrachten sind.

Die Beobachtungen über psychrometrische Differenzen machte ich mit einem in der Wiener Central-anstalt verglichenen Reisepsychrometer. Die in Tromsø von mir erhaltenen Daten stimmen bis auf einige unwesentliche Unterschiede mit den dort angestellten regulären diesbezüglichen Beobachtungen überein, deren Kenntniss ich gleichfalls der Güte des Herrn Prof. Mohn verdanke, wofür ich hiemit meinen ver-bindlichsten Dank ausdrücke.

Tag und Stunde	Sonnen-höhe	Bewölkung	Sonne ¹	Licht-intensität	Barometer-stand	Psychrom.-Differenz	Relative Feuchtigkeit	Anmerkung
6. August 12 ^h Mtg.	28° 23'	B ₁₀	S ₁	0·233	770	—	—	Nebel.
12 ^h 30 ^m p.	28 18	B ₁₀	S ₁	0·215	—	—	—	Starker Nebel.
1 30	27 31	B ₁₀	S ₀	0·185	—	—	—	Schwacher Nebel.
1 50	27 4	B ₁₀	S ₀	0·150	—	—	—	Schwacher Nebel in den fernen Bergen.
2 15	26 24	B ₁₀	S ₀	0·180	—	—	—	„
4 30	20 59	B ₁₀	S ₁	0·158	770	—	—	„
6	16 28	B ₁₀	S ₀	0·119	—	—	—	„
7	13 26	B ₁₀	S ₀	0·082	—	—	—	„
9	8 12	B ₁₀	S ₀	0·031	770·5	5·6—5·2	94	
10	6 20	B ₁₀	S ₀	0·028	770·5	5·6—5·2	94	
11	5 7	B ₁₀	S ₀	0·024	—	5·2—4·8	94	
12 Mttn.	4 39	B ₁₀	S ₀	0·015	—	5·2—4·8	94	
7. „ 8 ^h a.	21 44	B ₁₀	S ₀	0·140	771	5·0—4·6	94	
9	24 17	B ₁₀	S ₀	0·157	—	5·5—4·4	83	
10	26 17	B ₁₀	S ₀	0·134	—	5·4—4·6	87	
11	27 36	B ₁₀	S ₀	0·143	770	5·9—4·9	86	
12 Mtg.	28 6	B ₁₀	S ₀	0·167	—	6·4—5·2	83	
1 p.	27 44	B ₀	S ₀	0·167	—	—	—	
2	26 32	B ₀	S ₀	0·175	—	—	—	
3	24 36	B ₀	S ₀	0·178	—	6·0—5·0	85	

¹ Die Zahlen dieser Rubrik geben den Grad der Sonnenbedeckung an, wie ich denselben in meiner fruheren Abhandlung charakterisirt habe. S₀ bedeutet, dass der Ort, wo die Sonne steht, nicht zu erkennen ist. S₁, dass dieselbe nur als Schein, S₂, dass sie als Scheibe zu sehen ist. S₃ bedeutet zart bedeckte, S₄ völlig unbedeckte Sonne.

Tag und Stunde	Sonnen- höhe	Bewölkung	Sonne	Licht- intensität	Barometer- stand	Psychrom. Differenz	Relative- Feuchtig- keit	Anmerkung
7. August 4h m	28° 7'	B ₈	S ₁	0.220	—	6.2—4.2	71	
6	16 12	B ₁₀	S ₀	0.089	770	5.5—4.6	86	
7	13 8	B ₁₀	S ₀	0.073	770	5.4—4.5	86	
8	10 20	B ₁₀	S ₀	0.054	770	5.2—4.6	90	
10	6 2	B ₁₀	S ₀	0.026	770	5.2—4.6	90	
10 20	5 33	B ₁₀	S ₀	0.019	770	—	—	
8. „ 12 Mtn.	4 22	B ₁₀	S ₀	0.015	770	5.6—5.0	91	
9 30 a.	25 6	B ₁₀	S ₀	0.146	771	6.8—6.0	88	
11	27 19	B ₁₀	S ₀	0.143	771	7.2—6.2	86	
12 Mttg.	27 49	B ₁₀	S ₀	0.164	771	6.0—5.7	96	
12 15 p.	27 48	B ₁₀	S ₀	0.150	771	—	—	
1	27 27	B ₁₀	S ₀	0.131	770	—	—	
2	26 15	B ₉	S ₀	0.164	771	—	—	
3	24 19	B ₉	S ₀	0.149	770	5.5—5.0	93	
4 30	20 24	B ₉	S ₀	0.130	772	6.8—6.4	94	
5	18 56	B ₉	S ₂	0.136	772	—	—	
6 15	15 8	B ₁₀	S ₁	0.143	772	6.3—5.3	86	
7	12 51	B ₁₀	S ₀	0.044	771.5	6.1—5.0	84	Etwas Nebel
9	7 37	B ₁₀	S ₀	0.041	771	6.0—5.0	85	„
10	5 45	B ₁₀	S ₀	0.020	771	6.0—5.2	88	„
11	4 32	B ₁₀	S ₀	0.015	771	5.6—4.8	88	Schwacher Nebelregen.
12 Mtn.	4 5	B ₁₀	S ₀	0.017	771	5.6—4.9	89	Nebelig.
9. „ 1 a.	4 23	B ₁₀	S ₀	0.019	771	5.4—4.9	92	„
8	21 9	B ₁₀	S ₀	0.125	771	5.0—4.2	87	„
9	23 42	B ₁₀	S ₀	0.135	771	—	—	
10	25 43	B ₁₀	S ₀	0.155	771	5.2—4.3	86	Schwacher Nebel in Ou.W.
11	27 2	B ₁₀	S ₀	0.136	771	—	—	
12 Mttg.	27 32	B ₁₀	S ₀	0.158	771	—	—	
1 p.	27 10	B ₁₀	S ₀	0.132	771	6.0—5.0	85	
3	24 2	B ₁₀	S ₀	0.136	771	6.4—5.5	87	
4	21 38	B ₁₀	S ₀	0.102	771	6.2—5.3	87	
5	18 38	B ₁₀	S ₀	0.090	771	6.2—5.4	88	
6	15 35	B ₁₀	S ₀	0.078	—	—	—	
7	12 34	B ₁₀	S ₀	0.056	—	5.4—4.8	91	Nebel.
8	9 45	B ₁₀	S ₀	0.048	—	5.6—4.9	89	
9	7 19	B ₁₀	S ₀	0.042	—	—	—	
10	5 27	B ₁₀	S ₀	0.021	770	—	—	
11	4 14	B ₁₀	S ₀	0.014	770	5.2—4.8	94	
12 Mtn.	3 47	B ₁₀	S ₀	0.013	769	5.0—4.4	90	
10. „ 8 a.	20 52	B ₁₀	S ₀	0.121	768	5.6—4.8	88	Gleichmässig bedeckt.
9	23 25	B ₁₀	S ₀	0.133	—	5.4—4.7	89	„
10	25 26	B ₁₀	S ₁	0.205	766	5.9—4.0	72	„
11	26 44	B ₁₀	S ₂	0.228	—	6.2—5.2	85	„
11 15	26 56	B ₇	S ₂	0.259	—	—	—	
11 45	27 11	B ₉	S ₂ 3	0.330	—	—	—	
11 50	27 12	B ₉	S ₃ 3	0.455	766	—	—	
12 Mttg.	27 14	B ₉	S ₂ 3	0.333	766	—	—	
12 15 p.	27 13	B ₉	S ₁	0.249	—	—	—	
12 30	27 9	B ₆	S ₁	0.564	—	—	—	
12 40	27 5	B ₇	S ₂ 3	0.352	—	—	—	
1	26 32	B ₇	S ₂ 3	0.280	—	—	—	
1 30	26 22	B ₉	S ₃ 4	0.380	—	7.1—6.1	86	
1 45	26 2	B ₇	S ₂ 1	0.334	—	—	—	
2	25 39	B ₅	S ₂ 1	0.344	766	7.2—6.2	86	
2 5	25 31	B ₅	S ₄	0.489	—	—	—	
2 10	25 23	B ₂	S ₁	0.412	—	—	—	
2 20	25 6	B ₂	S ₁	0.380	765.5	—	—	
2 30	24 46	B ₇	S ₃	0.239	—	—	—	
2 35	24 37	B ₇	S ₁	0.161	—	—	—	
2 40	24 26	B ₈	S ₀	0.155	—	—	—	
3	23 43	B ₁	S ₀	0.151	—	7.2—6.3	87	
4 30	19 48	B ₉	S ₀	0.045	764.5	—	—	Schwere Wolken im Zenith.
6	15 18	B ₉	S ₁	0.101	—	—	—	Horizont zum Theile frei.
6 3	15 9	B ₉	S ₂	0.130	—	—	—	Sturm.
6 5	15 3	B ₉	S ₃	0.154	—	—	—	
7	12 17	B ₈	S ₀	0.076	764	6.2—5.2	85	Zenith frei, Horizont dicht
8	9 28	B ₁₀	S ₀	0.050	—	5.4—4.8	91	bewölkt.
9	7 1	B ₉	S ₀	0.033	—	5.5—4.8	89	N frei.
10	5 9	B ₁₀	S ₀	0.026	—	5.4—4.7	89	Ferne Berge im Nebel.

Tag und Stunde	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Lichtintensität	Barometerstand	Psychrom. Differenz	Relative Feuchtigkeit	Anmerkung
11. August 2 ^h m a.	4 51	B ₁₀	S ₀	0·029	764	5 0—4·2	87	Gleichmässig bewölkt.
3	6 36	B ₁₀	S ₀	0·026	—	—	—	„
4	8 54	B ₁₀	S ₀	0·049	—	—	—	„
5	11 38	B ₁₀	S ₀	0·068	—	—	—	„
6	14 37	B ₁₀	S ₀	0·080	—	—	—	„
7	17 40	B ₁₀	S ₀	0·092	—	—	—	„
8	20 33	B ₁₀	S ₀	0·102	—	5·2—4·4	87	O, S, W Nebel.
9	23 2	B ₁₀	S ₀	0 116	—	5·1—4·3	88	„
10	25 7	B ₁₀	S ₀	0 127	—	—	—	„ schwächer.
12 Mtg.	26 57	B ₁₀	S ₀	0 136	764	6·4—4·5	72	„
1 p.	26 33	B ₁₀	S ₀	0 125	—	6·2—5·2	85	Feiner Nebelregen.
2	25 21	B ₁₀	S ₀	0 116	—	5·8—5·2	91	„
3	23 26	B ₁₀	S ₀	0 116	—	5·5—5·0	93	„
4	20 56	B ₁₀	S ₀₋₁	0 118	—	5·4—4·8	91	„
5	18 2	B ₁₀	S ₀	0 090	—	5 4—4·7	89	Nebelfrei.
6	14 59	B ₉	S ₀	0 097	764	—	—	„
7	11 57	B ₁₀	S ₀	0 064	—	—	—	„
8	9 8	B ₁₀	S ₀	0 041	—	—	—	„
9 5	6 52	B ₁₀	S ₀	0 022	—	6 0—5 0	85	„
10	4 51	B ₉	S ₁	0 025	—	5 4—4 0	78	„
11	3 38	B ₈	S ₂₋₃	0 028	764	5 5—4 5	85	„
12 Mtn.	3 11	B ₈	S ₂₋₃	0 014	—	—	—	„
12. „ 12 5 a.	3 12	B ₂	S ₁	0 028	—	—	—	„
1	3 29	B ₄	S ₂	0 028	764	6 0—5 8	82	„
2	4 33	B ₉	S ₂₋₃	0 028	—	6 0—5 0	85	„
3	6 17	B ₁₀	S ₀	0 030	—	—	—	Schwacher Regen.
9	22 48	B ₁₀	S ₀	0 124	—	5 6—4 6	85	„
9	23 0	B ₁₀	S ₁	0 147	—	—	—	„
10	24 50	B ₁₀	S ₀	0 150	—	5 5—4 5	85	„
11	26 8	B ₁₀	S ₀₋₁	0 154	764	—	—	Nebel in O und W.
12 Mtg.	26 39	B ₁₀	S ₀	0 134	—	5 8—4 6	82	„
1 p.	26 16	B ₁₀	S ₁	0 188	—	—	—	„
3	23 8	B ₉	S ₁	0 176	—	5 6—4 3	80	„
4	20 38	B ₁₀	S ₀	0 149	—	5 6—4 3	80	„
5	17 45	B ₉	S ₀	0 111	—	—	—	„
6	14 42	B ₁₀	S ₀	0 092	764	—	—	„
7	11 40	B ₁₀	S ₀	0 065	—	5 6—4 7	86	„
8	8 52	B ₁₀	S ₀	0 050	—	5 1—4 2	86	„
9	6 26	B ₁₀	S ₀	0 046	—	5 0—4 1	86	„
10	4 34	B ₁₀	S ₀	0 030	—	4 9—3 9	84	Bewölkung sehr dünn.
11	3 21	B ₉	S ₀	0 024	—	5 0—4 1	86	„
12 Mtn.	2 53	B ₁₀	S ₀	0 022	—	5 0—4 0	84	„
13. „ 8 a.	19 57	B ₃	S ₀	0 115	763	5 8—5 1	90	„
9	22 31	B ₂	S ₀₋₁	0 125	—	5 9—4 6	81	„
10	24 32	B ₃	S ₃	0 228	—	6 7—5 6	84	„
11	25 50	B ₅	S ₂₋₃	0 305	—	—	—	„
11 30	26 11	B ₇	S ₂₋₃	0 268	—	—	—	„
12 Mtg.	26 20	B ₈	S ₂₋₂	0 237	—	8 0—6 1	73	„
12 40 p.	26 11	B ₆	S ₃	0 327	—	—	—	„
1	25 58	B ₅	S ₃	0 340	—	—	—	„
1 2	25 56	B ₆	S ₁	0 198	—	—	—	„
1 4	25 55	B ₆	S ₀	0 155	—	—	—	„
2	24 45	B ₅	S ₀	0 146	762·5	—	—	„
3	23 49	B ₅	S ₂	0 229	—	—	—	„
3 2	23 44	B ₅	S ₂₋₃	0 269	—	—	—	„
3 4	23 40	B ₉	S ₃₋₄	0 300	—	—	—	„
5	17 26	B ₇	S ₂₋₃	0 130	—	9 1—6 0	60	Wind, stark bewegte See.

Vergleicht man die Lichtintensitäten, welche in Advent-Bai bei halb bedeckter oder unbedeckter Sonne erhalten werden, entsprechend den Bezeichnungen S₁, S₂, S₃ und S₄, mit den correspondirenden Wiener und Buitenzorger Werthen, so gelangt man durch Nebeneinanderstellung der bei gleichen Sonnenhöhen ermittelten Zahlen zu folgendem Ergebnisse:

Bei gleicher Sonnenhöhe sind die Intensitäten, welche in Advent-Bai bei halb- oder unbedeckter Sonne herrschen, im Durchschnitte grösser als in Wien, hingegen kleiner als in Buitenzorg.

Als Beispiel mögen die folgenden, an den gesammten Orten für eine Sonnenhöhe von beiläufig 26° zu Stande gekommenen Mittelwerthe dienen:

Wien, Mittag, S_3 ; anfangs November und anfangs Februar	$J = 0.290$
Wien, zu anderen Tageszeiten, S_3 ; Vormittag oder Nachmittag in jenen	
Monaten, in welchen die Mittagssonnenhöhe mehr als 26° beträgt .	$J = 0.322$
Advent-Bai S_3	$J = 0.340$
Buitenzorg S_3	$J = 0.360$

Dass mit zunehmender Sonnenhöhe bei unbedecktem Himmel die Intensitätsunterschiede für gleiche Sonnenhöhen an verschiedenen Erdpunkten immer kleiner werden, wurde schon in einer früheren Abhandlung von mir nachgewiesen.¹ Wegen zu geringer Sonnenhöhe und häufiger Himmelsbedeckung tritt in Advent-Bai diese Thatsache nur wenig in Erscheinung.

Das Verhältniss der Lichtintensitäten bei gleichen Sonnenhöhen, vollkommen bedeckter Sonne (S_0) und bedecktem Himmel, welches sich aus den in Wien, Buitenzorg und in der Advent Bai angestellten Beobachtungen ergeben hat, scheint mir so bemerkenswerth, dass ich die betreffenden Grenz- und Mittelwerthe trotz vieler Lücken in den Beobachtungen in der nachfolgenden Tabelle zusammenzufassen für zweckmässig gehalten habe.

In dieser Tabelle bezeichnen die angeführten Grade die beiläufigen Sonnenhöhen, indem $\pm 30'$ einbezogen wurden. Es entspricht also 1° den Sonnenhöhen von $0^\circ 31' - 1^\circ 30'$; 2° umschliesst die Sonnenhöhen von $1^\circ 31' - 2^\circ 30'$ u. s. w.

Die Intensitäten sind der Einfachheit halber nicht auf 1.000, sondern auf 1000 bezogen. Es ist also beispielsweise die Intensität 0.058 durch die Zahl 58 ausgedrückt.

Für jeden Grad sind bezüglich der verglichenen Orte Grenzwerte und Mittel angegeben. Es bedeuten also beispielsweise in der zweite Zeile der Tabelle die Zahlen $2^\circ 7 - 22; 12$, dass bei einer Sonnenhöhe von $1^\circ 31' - 2^\circ 30'$ (und bedecktem Himmel) in Wien die Intensität zwischen 0.007 und 0.022 schwankte und dass aus allen beobachteten Werthen sich als Mittel eine Intensität von 0.012 ergeben hat. Wenn in einer Rubrik nur eine Zahl erscheint, so liegt nur eine Beobachtung vor. Fehlende Beobachtungen sind durch das Zeichen — ausgedrückt.

Sonnenhöhe	Wien	Buitenzorg	Advent-Bai
1°	— ; 26	20—24; 22	— ; —
2	7—22; 12	— ; —	— ; —
3	— ; —	40—62; 51	13—24; 19
4	7—17; 12	33—60; 46	14—19; 16
1—4	7—26	20—62	13—24
Mittel:	16.6	39.6	17.5
Verhältniss:	1	2.4	1.05
5°	— ; —	33—87; 45	19—30; 25
6	40—65; 50	— ; 73	20—46; 29
7	4—69; 35	80—122; 101	22—42; 32
8	31—36; 33	— ; —	— ; —
5—8°	4—69	33—122	19—46
Mittel:	39.3	70.3	28.6
Verhältniss:	1	1.8	0.72

¹ Photochem. Klima von Wien, etc. Denkschr. der kais. Akad. d. W. Bd. 64. (1896), S. 162.

Sonnenhöhe	Wien	Buitenzorg	Advent Bai
9°	7—9; 8	79	41—50; 47
10	23	105—141; 101	50—54; 52
11	— ; —	109	68
12	30	— ; —	56—76; 65
9—12°	7—30	79—141	41—76
Mittel:	20·3	96·3	58·0
Verhältniss:	1	4·7	2·8
13°	42—52; 48	82—147; 114	44—73; 58
14	41—100; 70	62—172; 117	80
15	47—47; 47	90—200; 145	78—101; 92
16	40—101; 70	— ; —	89
13—16°	40—101	62—200	44—101
Mittel:	58·7	125·3	79·7
Verhältniss:	1	2·1	1·3
17°	25—83; 57	181	92
18	41—63; 52	— ; —	90—101; 100
19	7—54; 48	134—286; 210	— ; —
20	22—41; 39	135—250; 192	102—115; 108
17—20°	7—83	134—286	90—115
Mittel:	41·5	194·3	100
Verhältniss:	1	4·6	2·4
21°	28—67; 44	263	102—149; 128
22	43—71; 57	237	125
23	22—117; 69	166	116—133; 122
24	90	294	135—178; 153
21—24°	22—117	166—294	102—178
Mittel:	65·5	240·0	132·0
Verhältniss:	1	3·6	2·0
25°	66—99; 76	66—294; 180	116—146; 134
26	80—103; 132	26	134—175; 153
27	18—58; 38	— ; —	131—167; 146
28	83—166; 116	111	150—164; 157
25—28°	18—166	26—294	116—175
Mittel:	90·5	105·6	147·5
Verhältniss:	1	1·15	1·6
Totalverhältniss (1—28°):			
	1	2·91	1·69

Aus obigen Zusammenstellungen geht hervor: erstens, dass bei völlig bedeckter Sonne (S_0) und bedecktem Himmel in der Advent-Bai die Zunahme der Lichtstärke mit der Sonnenhöhe fast ganz regelmässig erfolgt (von 4 zu 4°: 17·5, 28·6, 58·0, 79·7, 100, 132·0, 147·5), während diese Zunahme sowohl in Wien als in Buitenzorg, besonders aber in Wien starken Unregelmässigkeiten unterliegt (Wien von 4 zu 4°: 16·6, 39·3, 20·3, 58·7, 41·5, 65·0, 90·5; in Buitenzorg von 4 zu 4°: 36·6, 70·3, 96·3, 125·3, 194·3, 240·0, 105·6), und zweitens, dass bei bedeckter Sonne und bedecktem Himmel, sowie auch bei halb- und unbedeckter Sonne, die Stärke des Lichtes bei gleicher Sonnenhöhe in Advent-Bai grösser als in Wien aber geringer als in Buitenzorg gefunden wurde.

Gegen die Zulässigkeit dieser Schlüsse wird vielleicht eingewendet werden, dass die Beobachtungsperiode in Advent-Bai bloss acht Tage, hingegen in Buitenzorg mehrere Monate und in Wien ein Jahr und mehr beträgt. Allein durch den Vergleich der in dieser Abhandlung mitgetheilten, auf Advent-Bai Bezug nehmenden Beobachtungen mit den in Wien und Buitenzorg angestellten ergibt sich, dass an den beiden Orten in jeder Woche, ja häufig sogar an einem und demselben Tage¹ die auf gleiche Sonnenhöhen Bezug nehmende Schwankung der Intensität beträchtlich grösser als in Advent-Bai gefunden wurde und die Wiener Mittagsbeobachtungen sich naturgemäss auf einen verhältnissmässig kurzen Zeitraum (30. October bis 11. Februar) beziehen.

Vergleicht man die bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Sonnenbedeckung an Vor- und Nachmittagen zu Stande gekommenen Intensitäten, so gelangt man rücksichtlich jener zahlreichen Fälle, in welchen der Himmel bedeckt war,² zu dem Resultate, dass die Lichtstärken nur geringe oder gar keine Unterschiede erkennen lassen. In 55 Procenten der Fälle überwiegt die Intensität an Nachmittagen, in 33 Procenten der Fälle die der Vormittage und in 12 Procenten der Fälle war kein Unterschied wahrnehmbar. Auch dieses Resultat scheint mir sehr bemerkenswerth, da nach den in Wien und Buitenzorg angestellten Beobachtungen sich für die Vormittags- und Nachmittags- bei gleicher Sonnenhöhe zu Stande gekommenen Intensitäten häufig sehr beträchtliche Unterschiede herausgestellt haben. Auch ergab sich für Wien, dass bei bewölktem Himmel im Mai, Juni und Juli die durchschnittliche Intensität Vormittags grösser als Nachmittags ist während in den übrigen Monaten sich das umgekehrte Verhältniss ergab.

Was endlich die zeitliche Lage des täglichen Intensitätsmaximums anlangt, so geht aus der verhältnissmässig geringen Zahl der in Advent-Bai angestellten Beobachtungen hervor, dass dasselbe bei gleich bleibender Himmelsbedeckung auf den Mittag fällt. Der Zustand des Himmels erlaubte nicht die Entscheidung der Frage, in welcher Zeit das tägliche Maximum bei völlig klarem Himmel fällt.

Die grosse Gleichmässigkeit in der Zunahme der Lichtstärke mit der Steigerung der Sonnenstärke bei bedecktem Himmel lässt vermuthen, dass auch bei unbedecktem Himmel das Intensitätsmaximum auf den Mittag fällt. Allein die folgende Beobachtungsreihe, welche ich in Hammerfest am 17. August bei fast vollkommen klarem Himmel und rücksichtlich der Zeit von 9^h 30^m a. bis 7^h p. bei vollkommen unbedeckter Sonne anzustellen Gelegenheit hatte, spricht dafür, dass in hohen Breiten auch bei unbedecktem Himmel das Intensitätsmaximum gegen Mittag zu eine Verschiebung erfahren könne.

Die Hammerfester Beobachtungen sind auch insoferne interessant, als sie zum Theile bei Sonnenhöhen vorgenommen wurden, welche den maximalen Mittags-Sonnenhöhen von Advent-Bai schon sehr nahe kommen.

II.

Hammerfest.

Tag und Stunde	Ort	Breite	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
16. August 12 ^h m Mtg.	Vor-Hammerfest	70° 50'	32° 47'	B ₁₀	S ₀	0·216	Zur See.
1 p.	"	"	32 8	B ₉	S ₁	0·221	"
5 35	Hammerfest	70 39	15 9	B ₁₀	S ₀	0·055	Am Lande N, W, S Nebel.
6	"	"	13 4	B ₁₀	S ₀	0·053	Am Lande Nebel.
17. August 9 30 a.	"	"	27 56	B ₁	S ₁	0·448	Am Lande.
10	"	"	29 37	B ₂	S ₁	0·485	"
10 35	"	"	30 54	B ₂	S ₁	0·460	"
11	"	"	31 50	B ₁	S ₁	0·582	"
11 5	"	"	31 54	B ₁	S ₁	0·475	"

¹ S. z. B. 25. Mai 1893 in Wien, wo bei S₀ und circa 6° $J = 0·005 - 0·065$, bei 15—16° $0·022 - 0·101$, bei 25—26° $0·066$ bis $0·166$ gefunden wurde, etc. (Wiesner, l. c. p. 106. Dasselbst noch zahlreiche andere Beispiele).

² Die Zahl der Beobachtungen bei unbedeckter Sonne war zu klein, um eine verallgemeinernde Schlussfolge zu gestatten.

Tag und Stunde		Ort	Breite	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
17. August 12 ^h	Mttg.	Hammerfest	70° 39'	32° 39'	B ₁	S ₄	0·489	Am Lande.
1	p.	»	»	32 0	B ₃	S ₃₋₄	0·530	»
2		»	»	29 55	B ₂	S ₄	0·436	»
4		»	»	22 28	B ₀	S ₄	0·298	»
4 45 ^m		»	»	18 57	B ₀	S ₄	0·275	»
5		»	»	17 46	B ₀	S ₄	0·212	»
6		»	»	12 49	B ₂	S ₄	0·147	»
7		»	»	7 59	B ₄	S ₄	0·048	»
8		»	»	3 33	B ₃	S ₃₋₄	0·020	»
9		»	»	0 3	B ₆		nicht mehr messbar	Sonne untergegangen, Dämmerung.

III.

Tromsö.

Geographische Breite: 69° 38'.

Tag und Stunde	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
18. August 3 ^h 45 ^m p.	23° 41'	B ₉	S ₁	0·180	Am Lande.
4	22 35	B ₉	S ₃	0·225	»
4 2	22 26	B ₉	S ₃₋₄	0·225	»
8	2 47	B ₁₀	S ₀	0·010	» dünnes Gewölk.
19. » 8 a.	21 50	B ₁₀	S ₀	0·052	» Nebel, schwacher Regen.
9	26 16	B ₁₀	S ₀	0·062	» » »
10	29 51	B ₁₀	S ₀	—	» Regen.
11	32 10	B ₁₀	S ₀	—	» »
12 Mttg.	33 1	B ₁₀	S ₀	—	» »
12 5 p.	32 57	B ₁₀	S ₀	0·072	» schwacher Regen.
2	30 6	B ₁₀	S ₀	0·102	» dichte Wolken, kein Nebel.
2 30 ^m bis 4 50 ^m p.	28° 23' bis 17° 49'	B ₁₀	S ₀	—	» Regen.
5 ^h	17 19	B ₃	S ₃₋₄	0·132	»
5 5 ^m	17 15	B ₃	S ₄	0·173	»
5 30	14 43	B ₂	S ₃₋₄	0·142	»
6	12 7	B ₁₀	S ₀	0·065	»
7	7 2	B ₁	S ₄	0·075	»
20. » 6 40 a.	14 53	B ₅	S ₄	0·228	»
7	16 34	B ₃	S ₄	0·259	»
7 25	18 42	B ₃	S ₄	0·292	»
7 35	19 30	B ₂	S ₄	0·311	»
8	21 32	B ₁	S ₃	0·276	»
9	25 59	B ₅	S ₃	0·318	»
9 2	26 6	B ₅	S ₃₋₄	0·360	»
9 3	26 10	B ₅	S ₄	0·460	»
9 5	26 18	B ₅	S ₁	0·181	»
10	29 32	B ₅	S ₄	0·466	»
10 30	30 42	B ₅	S ₃	0·352	»
12 Mttg.	32 41	B ₆	S ₃	0·536	»
12 2 p.	32 39	B ₆	S ₂	0·305	»
1 30	30 53	B ₉	S ₁	0·245	»
2	29 47	B ₁₀	S ₁₋₂	0·181	»
3	26 19	B ₁₀	S ₀	0·150	»
5	16 58	B ₇	S ₁	0·110	»
6	11 47	B ₇	S ₁	0·079	»
8 10	5 57	B ₁₀	S ₀	0·021	» schwacher Nebelregen.
9	— 1 20	B ₁₀	S ₀	0·001	» leichte Bewölkung.
21. » 8 a.	21 15	B ₁₀	S ₀	0·128	» im Süden Nebel.
9	25 41	B ₁₀	S ₀	0·129	» »
10—11 ^h	29 12	B ₁₀	S ₀	—	» Regen.
12 ^h	31 31	B ₁₀	S ₀	—	»
1 Mttg.	32 22	B ₁₀	S ₁	0·318	»
1 p.	31 38	B ₉	S ₁	0·254	»
2	29 26	B ₉	S ₀	0·198	»
3	26 14	B ₅	S ₄	0·395	»
6	11 28	B ₁₀	S ₀	0·063	»
7	6 17	B ₉	S ₀	0·041	»

Tag und Stunde			Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
21. August	8 ^h	p.	1° 48'	B ₈	S ₀	0·014	Am Lande.
	8 30 ^m		0 5	B ₁₀	S ₀	0·002	»
22.	8 ^h	a.	20 56	B ₀	S ₄	0·379	»
	9		25 22	B ₀	S ₄	0·432	»
	10		28 54	B ₀	S ₄	0·458	Am Meere.
	10 30 ^m		30 3	B ₀	S ₄	0·470	Am Lande.
	11		31 11	B ₀	S ₄	0·480	»
	11 30		31 37	B ₀	S ₄	0·500	»
	12	Mttg.	32 2	B ₀	S ₄	0·510	»
	1 15		30 45	B ₀	S ₄	0·495	Am Meere.
	1 30		30 12	B ₀	S ₄	0·588	Am Lande.
	3	p.	25 39	B ₁	S ₂	0·179	»
	3 2		25 48	B ₁	S ₄	0·368	»
	5		16 19	B ₈	S ₁	0·116	»
	6		11 8	B ₆	S ₀₋₁	0·054	»
	6 30		8 36	B ₉	S ₄	0·052	»
	6 35		8 1	B ₉	S ₀	0 041	»
	7		6 3	B ₉	S ₁	0·018	»
	7 30		3 47	B ₉	S ₀	0·015	»
	8		1 30	B ₉	S ₀	0·007	»
	9		-1 50	B ₁₀	S ₀	unmessbar	»
23.	8	a.	20 37	B ₁	S ₄	0·353	»
	9		25 3	B ₀	S ₄	0·422	»
	10		28 35	B ₀	S ₄	0·463	»
	10 30		29 44	B ₀	S ₄	0·422	»
	11		30 52	B ₀	S ₄	0·508	» N, S Dunst; O, W klar.
	11 30		31 17	B ₀	S ₄	0·508	»
	12	Mttg.	31 42	B ₀	S ₄	0·483	»
	12 30	p.	31 20	B ₂	S ₄	0·525	»
	1		30 58	B ₃	S ₄	0·488	» Duns im ü n.
	1 30		29 52	B ₄	S ₃	0·395	»
	2		28 45	B ₄	S ₃	0·408	» Wolken in S und O.
	3		25 19	B ₆	S ₁	0·175	»
	5		15 59	B ₇	S ₂₋₃	0·134	»
	6		10 49	B ₉	S ₂	0·076	»
	7		5 45	B ₉	S ₀	0·043	»
24.	8	a.	20 17	B ₁₀	S ₀	0·138	»
	9		24 45	B ₁₀	S ₁	0·161	»
	10		28 15	B ₁₀	S ₀	0·124	» schwacher Nebelregen.
	11		30 32	B ₉	S ₂₋₃	0·450	»
	12	Mttg.	31 21	B ₉	S ₂₋₃	0·412	»
	12 5	p.	31 19	B ₉	S ₃₋₄	0·488	»
	1		30 37	B ₁₀	S ₀₋₁	0·291	»
	2		28 24	B ₉	S ₀	0·165	» schwacher Regen.
	3-5 ^h		24 57 bis	B ₁₀	S ₀	—	» stärkerer Regen.
	6 ^h		15 38	B ₁₀	S ₀	—	»
	7		10 27	B ₁₀	S ₀	0·012	» Nebel und Wolken im O.
			5 23	B ₁₀	S ₀	0·004	» überall schwarzes Gewölk, kein Nebel.
	8		0 53	B ₁₀	S ₀	unmessbar	»
25.	12 ^h	Mittag.	30 58	B ₈	S ₀	0·082	» im Zenithe schwere Wolken, Horizont hell.

Im Durchschnitte sind für gleiche Sonnenhöhen die chemischen Lichtintensitäten in Tromsö höher als in Wien, aber geringer als in der Advent-Bai.

Da mit zunehmender Sonnenhöhe die Unterschiede in der chemischen Lichtintensität an verschiedenen Erdpunkten abnehmen, so ist es begreiflich, dass bei den höchsten mittäglichen Sonnenhöhen in der Advent Bai (25—29°) und gleicher Sonnenhöhe in Tromsö die genannten Unterschiede geringer sind, als bei niedrigeren Sonnenständen.

Vergleicht man die Tromsöer Intensitäten für Sonnenhöhen, welche wohl in Wien und Buitenzorg, nicht aber in der Advent-Bai erreicht werden (29—33°), so stellt sich bei unbedeckter oder halb bedeckter Sonne ein kleiner Unterschied zwischen Tromsö und Wien und ein beträchtlich grösserer zwischen Tromsö und Buitenzorg heraus.

Berechnet man die Mittel der Intensitäten, welche sich bei bedecktem Himmel und vollkommen bedeckter Sonne rücksichtlich gleicher Sonnenhöhen für Advent-Bai und Tromsö ergaben, so findet man, dass in Tromsö die Intensitäten viel wechselnder sind und im Durchschnitte beträchtlich geringer ausfielen, als in der Advent-Bai. Letzteres geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Advent-Bai			
Sonnenhöhe	1— 4°	Intensität im Mittel	17·5
»	5— 8	»	28·6
»	9—12	»	58·0
»	13—16	»	79·7
»	17—20	»	100·0
»	21—24	»	132·0
»	25—28	»	147·5

Tromsö			
Sonnenhöhe	1— 4°	Intensität im Mittel	12·0
»	5— 8	»	26·6
»	9—12	»	37·5
»	13—16	»	?
»	17—20	»	?
»	21—24	»	90
»	25—28	»	113

Trotz sehr beträchtlicher Schwankungen der bei völlig bedecktem Himmel sich einstellenden Intensitäten, welche im Einzelnen den Tabellen zu entnehmen sind, zeigt sich doch selbst bei dieser Bedeckungsart des Himmels Steigerung der Intensität mit zunehmender Sonnenhöhe.

IV.

Trondhjem.

Geographische Breite: 63° 26' N.

Tag und Stunde	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
28. Juli 12 ^h Mttg.	45° 27'	B ₁₀	S ₀	0·259	
12 15 ^m p.	45 13	B ₁₀	S ₀	0·280	
12 20	45 8	B ₁₀	S ₀	0·220	
12 30	44 58	B ₁₀	S ₀	0·304	
9	0 21	B ₂	S ₀	0·016	
29. » 6 45 a.	21 19	B ₂	S ₄	0·210	
7	22 43	B ₂	S ₄	0·215	
8 25	32 15	B ₃	S ₃	0·291	
10 45	42 58	B ₈	S ₂₋₃	0·437	
11 30	44 32	B ₇	S ₃	0·471	
12 Mttg.	45 13	B ₈	S ₂	0·346	
5 p.	23 59	B ₈	S ₀₋₁	0·184	
7	10 49	B ₉	S ₀	0·071	
8	4 56	B ₁₀	S ₀	0·040	
9 15	-0 35	B ₉	S ₀	0·007	Sonne wohl untergezogen, aber in Folge Refraction noch zu sehen.
10	-2 50	B ₉	S ₀	0·0008	Sonne schon untergegangen.
30. 9 a.	45 5	B ₁₀	S ₀	0·127	
10	40 7	B ₁₀	S ₀	0·233	
11	43 35	B ₁₀	S ₀	0·155	Schwacher Regen.
12 Mttg.	44 58	B ₁₀	S ₀	0·175	»
1 p.	44 1	B ₁₀	S ₀	0·145	»
2	40 57	B ₁₀	S ₀	0·145	»
4	30 17	B ₁₀	S ₀	0·166	» , O im Nebel.
4 45	25 10	B ₁₀	S ₀	0·156	Schwerer Regen.
6	17 6	B ₁₀	S ₀	0·048	Regnerisch.
7	10 36	B ₁₀	S ₀	0·021	»

Tag und Stunde				Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
31. Juli	7	45	a.	27 22	B ₁₀	S ₁	0·233	
	9	40		38 26	B ₁₀	S ₀	0·242	
	10	25		11 24	B ₁₀	S ₁	0·250	
	11			13 30	B ₁₀	S ₁	0·333	
	11	30		44 6	B ₁₀	S ₁	0·437	
	11	32		44 8	B ₁₀	S ₉	0·528	
	12		Mittg.	44 42	B ₁₀	S ₁	0·380	
	2		p	40 42	B ₅	S ₃₋₄	0·429	
	3	50		30 39	B ₃	S ₄	0·416	
	5	15		21 58	B ₉	S ₁	0·336	
	5	30		20 24	B ₉	S ₄	0·291	
	7			10 23	B ₄	S ₄	0·179	
	7	15		8 55	B ₅	S ₄	0·138	
	7	30		7 26	B ₈	S ₁	0·105	
	7	47		5 46	B ₈	S ₄	0·085	
	9	10		0 36	B ₈	S ₀	0·006	

Tag und Stunde				Ort	Breite	Sonnenhöhe	Bewölkung	Sonne	Intensität	Anmerkung
28. August	4h	35m	p	Trondhjem	63°28'	18° 0'	B ₁	S ₃	0·280	
	5					15 19	B ₁	S ₃	0·199	Zenith ganz frei.
	6					8 4	B ₁	S ₀	0·074	"
29 "	10	15	a	Hamar	60 41	34 45	B ₆	S ₃	0·523	Leicht bewölkt.
	11	30				37 56	B ₁₀	S ₃₋₄	0·538	"
	12		Mittg.			38 32	B ₉	S ₃₋₄	0·583	Dichter bewölkt.

Die Trondhjemer Beobachtungen ergaben bereits für gleiche Sonnenhöhe eine starke Annäherung der Intensität des gesammten Tageslichtes an die bezüglichen Wiener Daten.

Bei halbbedeckter oder unbedeckter Sonne sind die bei gleichen Sonnenhöhen beobachteten Intensitäten entweder grösser oder kleiner oder gleich den in Wien gefundenen correspondirenden Werthen. Die ersteren überwiegen, so dass wieder eine gewisse Annäherung an die im hohen Norden gefundenen Daten sich ergibt.

Ähnlich verhält es sich mit der bei vollkommen bedeckten Himmel eintretenden Lichtintensität, nur ist die bei gleicher Sonnenhöhe stattfindende Intensität in der Regel grösser als in Wien, so dass die Annäherung an das hochnordische Klima bei vollkommener Himmelsbedeckung noch deutlicher als bei halb oder unbedeckter Sonne zum Ausdruck kommt.

Fasst man alle im hohen Norden angestellten, auf die Ermittlung der chemischen Intensität des Himmelslichtes Bezug nehmenden Daten zusammen, so ergibt sich, dass für gleiche Sonnenhöhen und anscheinend gleiche Himmelsbedeckung an allen arktischen Beobachtungsstationen im Durchschnitte höhere Werthe zu Stande kommen als in Wien.

Die Unterschiede zwischen Advent-Bai und Wien sind am grössten, sodann folgen die Unterschiede zwischen Tromsø und Wien, endlich die zwischen Trondhjem und Wien. Doch soll hieraus kein Schluss über den Zusammenhang der Lichtintensität mit der geographischen Breite abgeleitet werden; denn eine einfache Zunahme der Intensität mit zunehmender geographischer Breite widerspricht der Thatsache, dass in Buitenzorg auf Java die Lichtintensität bei gleicher Sonnenhöhe und anscheinend gleicher Himmelsbedeckung grösser ist als in der Advent-Bai, und in Cairo geringer als in Wien.

Dass die bei gleicher Sonnenhöhe an verschiedenen Erdpunkten sich einstellenden Unterschiede der Lichtintensität auf Zustände der Atmosphäre zurückzuführen sind, ist selbstverständlich; die besonderen Zustände der Atmosphäre, welche diese Umstände bedingen, sind aber noch unbekannt.

Die im arktischen Gebiete häufig sehr starke Refraction der Lichte¹ mag mit eine der Ursachen der bei niederen Sonnenständen sich einstellenden relativ hohen Lichtstärken sein. In den oben mitgetheilten Zahlen über die jeweiligen Sonnenhöhen zur Zeit der Beobachtung ist nur die sogenannte «mittlere» Refraction berücksichtigt worden, welche für $62^{\circ} 32' 49''$ etwa $1'$, für $32^{\circ} 49' 12''$, für $21^{\circ} 9' 15'' 10'$ $3'$ beträgt. Wahrscheinlich erschien in Folge größerer Refraction die Sonne aber höher als sich nach geographischer Breite, Tageszeit und sonst Berücksichtigung der sogenannten «mittleren» Refraction ergab. Dies mußte eine relative Verstärkung der Intensität des Lichtes zur Folge haben. Ob aber diese Erhöhung der Lichtstärke in meinen Beobachtungen zum Ausdruck kam, vermag ich nicht zu beurtheilen.

Zweites Capitel.

Beobachtungen über die Stärke des Oberlichtes im Vergleich zum Vorderlicht.

Auf die Wichtigkeit diese Gegenstände zumal in pflanzenphysiologische Beziehung, wurde schon in der Einleitung hingewiesen.

Unter Oberlicht verstand ich hier der Kürze halber das gesammte auf die Horizontalfäche fallende Licht, und unter Vorderlicht das auf die Verticalfläche fallende Licht.

Rücksichtlich des letzteren wurde entweder jenes Licht, welches einer bestimmten Weltgegend (N. S. O. W. NO, SO etc.) auftrat, gemessen, oder es wurde, homogenisch gleichzeitig, das von verschiedenen Richtungen kommende, auf die Verticalfläche fallende Licht gemessen, hieraus das mittlere Vorderlicht abgeleitet und die es mit dem Oberlicht in Vergleich gesetzt.

Es wird aus der Darstellung ersichtlich sein, ob es sich um ein bestimmt orientirtes Vorderlicht oder um das mittlere Vorderlicht handelt.

Die Bestimmungen des Vorderlichtes wurden in der Art vorgenommen, dass ich das Licht auf das in vertical aufgestellten Hand-Incubator eingefügt liegende gelbliche Papier so lange einwirken liess, bis ein bestimmter Skalenton erreicht wurde, bei niederer Lichtstärke ein niederer Ton (gewöhnlich der 2er Ton), bei höherer Lichtintensität ein hoher Ton, gewöhnlich der 7er Ton. Die zum Eintritt des Farbertones erforderliche Zeit wurde mit jener verglichen, welche erforderlich war, um gleichzeitig auf dem horizontal exponirten Normalpapier — und sonstiger freier Exposition — den betreffenden Ton zu erhalten. Die erhaltenen Zeiten sind den betreffenden Intensitäten umgekehrt proportional.

Die Orientirung wurde in einer Reihe von Versuchen, welche ich sofort machen werde, mit Rücksicht auf den jeweiligen Sonnenstand so gewählt, dass der vertical gestellte Incubator genau der Sonne gegenüberstand. Es wurden, wenn möglich gleichzeitig, oder bei nahezu gleichzeitiger Beleuchtung rasch hintereinander noch drei andere Aufstellungen gemacht, um die betreffenden Zeitbestimmungen durchgeführt. Um 12 Mittags erfolgte also die Exposition nach Norden, Osten, Süden und Westen, das gleiche um Mitternacht. In den Zwischenräumen war die Richtung verschieden. Es war von vornherein eine symmetrische Vertheilung der Lichtstärken zu erwarten, nämlich die grösste Intensität auf jener Verticalfläche, welche der Sonne gegenüberstand, die geringste auf jener, welche gegen letztere um 180° verschieden war; die beiden um 90° gewendeten Verticalflächen sollten eine Intensität erwarten, welche zwischen dem Maximum und Minimum gelegen war. Aus den auf den vier senkrecht zueinanderstehenden Verticalflächen gemessenen Intensitäten wurde wie schon bemerkt die mittlere Intensität (mittleres Vorderlicht) gerechnet und mit der Intensität des gesammten Tageslichtes (Oberlicht) in Vergleich gesetzt.

Der Übersichtlichkeit halber sind in den nachfolgenden Zusammenstellungen die Zeiten für den Eintritt des gleichen Farbertones so ungerechnet worden, dass die Zeit für den Eintritt des Tones auf der

horizontalen Fläche (bei völlig freier Exposition) gleich 100 gesetzt wurde. Da bei jeder Beobachtungsreihe die Intensität des Gesamtlichtes angegeben ist, so lässt sich die Intensität für jede Verticalfläche leicht berechnen.

Ich beginne mit der Mittheilung einer Beobachtungsreihe, welche auf offenem Meere zwischen bei-
läufig $66^{\circ} 30'$ und $67^{\circ} 30'$ nördlicher Breite bei völlig klarem Himmel und bei vollkommen unbedeckter
Sonne (B_0 , S_4) am 2. August in der Zeit von 7^h a. bis 6^h p. ausgeführt wurde.

Es war auf der Fahrt von Baian nach Bodö:

1) 7^h a. Sonnenhöhe = $21^{\circ}6$

Intensität = 0.218

Gesammtes Tageslicht . . 100

Vorderlicht N = 233

» S = 228

» O = 99

» W = 319

Mittleres Vorderlicht . . . 219.7

2) 8^h a. Sonnenhöhe = $27^{\circ}3$

Intensität = 0.342

Gesammtes Tageslicht . . 100

NNO = 307

SSW = 297

OSO = 97

WNW = 333

Mittleres Vorderlicht . . . 258.5

3) 10^h a. Sonnenhöhe = $36^{\circ}7$

Intensität = 0.528

Gesammtes Tageslicht . . 100

NNW 400

SSO 69

ONO 299

WSW 284

Mittleres Vorderlicht . . . 263.0

4) 11^h a. Sonnenhöhe = $39^{\circ}4$

Intensität = 0.548

Gesammtes Tageslicht . . 100

N = 461

S = 100

O = 310

W = 298

Mittleres Vorderlicht . . . 292.2

5) 12^h m. Sonnenhöhe = $40^{\circ}5$

Intensität = 0.519

Gesammtes Tageslicht . . 100

N 368

S 69

O 358

W 364

Mittleres Vorderlicht . . . 289.7

6) 1^h p. Sonnenhöhe = $39^{\circ}5$

Intensität = 0.551

Gesammtes Tageslicht . . 100

N = 390

S = 92

O = 390

W = 380

Mittleres Vorlicht . . . 313.0

7) 2^h p. Sonnenhöhe = $37^{\circ}0$

Intensität = 0.498

Gesammtes Tageslicht . . 100

NNO 346

SSW 90

OSO 320

WSW 316

Mittleres Vorderlicht . . . 268.0

8) 4^h p. Sonnenhöhe = $28^{\circ}1$

Intensität = 0.380

Gesammtes Tageslicht . . 100

NNW 300

SOO 260

ONO 271

WSW 179

Mittleres Vorderlicht . . . 252.5

9)	5 ^h p. Sonnenhöhe = 22°5	10)	6 ^h p. Sonnenhöhe = 16°9
	Intensität = 0·369		Intensität = 0·212
	Gesammtes Tageslicht . . . 100		Gesammtes Tageslicht . . . 100
	N = 280		N = 193
	S = 270		S = 163
	O = 295		O = 236
	W = 148		W = 151
	Mittleres Vorderlicht . . . 248·2		Mittleres Vorderlicht . . . 185·7

Aus den angeführten Zeitwerthen ergibt sich das jeweilige Verhältniss der Intensität des Oberlichtes (O) zur mittleren Intensität des Vorderlichtes (V).

In der folgenden Tabelle ist dieses Verhältniss für die beobachteten zehn Tagesstunden ausgedrückt:

7 ^h a.	O : V = 2·19 : 1
8 ^h a.	O : V = 2·58 : 1
10 ^h a.	O : V = 2·63 : 1
11 ^h a.	O : V = 2·92 : 1
12 ^h m.	O : V = 2·89 : 1
1 ^h p.	O : V = 3·13 : 1
2 ^h p.	O : V = 2·68 : 1
4 ^h p.	O : V = 2·52 : 1
5 ^h p.	O : V = 2·48 : 1
6 ^h p.	O : V = 1·85 : 1.

Aus dieser Versuchsreihe ist zu ersehen, dass unter den während des Versuches herrschend gewesenen Lichtverhältnissen mit steigender Sonnenhöhe die Intensität des Vorderlichtes im Vergleiche zur Intensität des Oberlichtes abnahm, dass Morgens und Abends die relative Intensität des auf die Verticalfläche fallenden Lichtes verglichen mit jener des Gesamtlichtes am grössten, um Mittag herum am geringsten war. Die Depression des Oberlichtes im Vergleiche zum Vorderlicht um 12^h m. erklärt sich wohl aus der Depression des Gesamtlichtes zur genannten Stunde.

Weiter ist aus den sämtlichen Versuchen dieser Reihe zu ersehen, dass sich auf jener Verticalfläche, welche der Sonne gegenübersteht, die grösste, auf der gegenüber liegenden Verticalfläche die geringste Lichtstärke einstellt. Dieses Resultat war ja selbstverständlich zu erwarten. Allein es war von vorneherein auch zu erwarten, dass auf den beiden Verticalebenen, welche auf die eben genannten Verticalebenen senkrecht stehen, ein im Vergleiche zu Maximum und Minimum intermediäres Verhalten sich kundgeben werde, und dass auf diesen beiden Flächen, natürlich unbedeckten Himmel vorausgesetzt, die Lichtstärken gleich sind. Um nicht missverstanden zu werden, sei folgendes Beispiel angeführt. Steht die Sonne genau im Süden, so ist auf der nach dieser Weltgegend gewendeten Verticalfläche die grösste, auf der entgegengesetzten, also nach Norden orientirten Verticalfläche die geringste Intensität zu bemerken. Hingegen zeigen die nach Ost und West orientirten Verticalebenen ein intermediäres Verhalten.

Von vorneherein wäre man geneigt, anzunehmen, dass diese sich intermediär verhaltenden gegenüberliegenden Flächen bei klarem Himmel sich durch gleiche Beleuchtungsintensität auszeichnen müssten. Ein Blick auf obige Tabelle sagt aber, dass dies nicht strenge zutrifft, mithin sich selbst bei vollkommen klar erscheinendem Himmel eine nicht völlig symmetrische Vertheilung der Lichtintensitäten einstellen kann.

Ich schalte hier ein, was sich aus anderen Versuchen ergeben hat, dass auch das diffuse Licht an der Sonnenseite intensiver als an der entgegengesetzten ist.

Ich führe nun eine grössere Zahl von Beobachtungsreihen an, bei welchen aber die Beleuchtung auf der fortwährend nach einer bestimmten Weltgegend gerichtete Verticalfläche gewonnen wurde. In jeder Versuchsreihe wurde die Bestimmung auf der constant nach N, S, O und W gekehrte Verticalfläche vorgenommen. Aus den vier Einzelwerthen wurde die mittlere Vorderlichtstärke (V) abgeleitet und mit der Stärke des Oberlichtes (O) in Vergleich gesetzt.

- 1) Trondhjem 28. Juli 12^h m. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 45° 27'.
 Intensität = 0·259.
- | | |
|---------------------------------|-------|
| Gesamntes Tageslicht | 100 |
| N | 166 |
| S | 130 |
| O | 160 |
| W | 150 |
| Mittleres Vorderlicht | 151·5 |
- O : V = 1·515 : 1
- 2) Trondhjem 29. Juli 7^h a. B₂S₃.
 Sonnenhöhe = 22° 43'.
 Intensität = 0·215.
- | | |
|---------------------------------|-------|
| Gesamntes Tageslicht | 100 |
| N | 209 |
| S | 201 |
| O | 45 |
| W | 218 |
| Mittleres Vorderlicht | 168·2 |
- O : V = 1·682 : 1
- 3) Trondhjem 29. Juli 10^h 45^m a. B₈S₄₋₃.
 Sonnenhöhe = 42° 58'.
 Intensität = 0·437.
- | | |
|---------------------------------|-------|
| Gesamntes Tageslicht | 100 |
| N | 412 |
| S | 117 |
| O | 250 |
| W | 276 |
| Mittleres Vorderlicht | 268·2 |
- O : V = 2·682 : 1
- 4) Trondhjem 29. Juli 11^h 30^m B₇S₃.
 Sonnenhöhe = 44° 32'.
 Intensität = 0·471.
- | | |
|---------------------------------|-------|
| Gesamntes Tageslicht | 100 |
| N | 293 |
| S | 113 |
| O | 234 |
| W | 266 |
| Mittleres Vorderlicht | 226·5 |
- O : V = 2·265 : 1

5) Trondhjem 31. Juli 3^h 50^m p. B₃S₄.
 Sonnenhöhe = 30° 39'.
 Intensität = 0·416.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	392	} O : V = 2·942 : 1
S	331	
O	347	
W	107	
Mittleres Vorderlicht	294·2	

6) Trondhjem 31. Juli 5^h 15^m p. B₂S₃.
 Sonnenhöhe = 21° 58'.
 Intensität = 0·336.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	357	} V : O = 2·422 : 1
S	168	
O	319	
W	125	
Mittleres Vorderlicht	242·2	

7) Trondhjem 31. Juli 7^h p. B₃S₃.
 Sonnenhöhe = 10° 23'.
 Intensität = 0·179.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	259	} O : V = 2·342 : 1
S	285	
O	276	
W	117	
Mittleres Vorderlicht	234·2	

8) Trondhjem 31. Juli 7^h 30^m p. B₃S₄.
 Sonnenhöhe = 7° 26'.
 Intensität = 0·105.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	201	} O : V = 1·800 : 1
S	200	
O	211	
W	108	
Mittleres Vorderlicht	180·0	

9) Trondhjem am Meere 1. August 10^h a. B₃S₀.
 Sonnenhöhe = 39° 5^m.
 Intensität = 0·225.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	255	} O : V = 2·202 : 1
S	220	
O	193	
W	213	
Mittleres Vorderlicht	220·2	

- 10) Am Meere bei Beian
- $63^{\circ} 51^m$
- N. B.
- 12^h
- m.
- $B_5 S_3$
- .

Sonnenhöhe = $42^{\circ} 2'$.

Intensität = 0.583.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.340 : 1$
N	436		
S	94		
O	179		
W	227		
Mittleres Vorderlicht	234.0		

- 11) 3. August am Meere
- $69^{\circ} 20'$
- N. B.
- 8^h
- a.
- $B_{10} S_4$
- .

Sonnenhöhe = 26.2° .

Intensität = 0.218

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 1.827 : 1$
N	205		
S	162		
O	97		
W	267		
Mittleres Vorderlicht	182.7		

- 12) 3. August am Meere
- $69^{\circ} 30'$
- N. B.
- 9^h
- a.
- $B_6 S_{2-3}$
- .

Sonnenhöhe = 30.7° .

Intensität = 0.348.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.187 : 1$
NO	230		
SW	230		
SO	65		
SW	350		
Mittleres Vorderlicht	218.7		

- 13) 3. August am Meere
- $69^{\circ} 40'$
- N. B.
- 10^h
- a.
- $B_9 S_{2-3}$
- .

Sonnenhöhe = 34.4° .

Intensität = 0.388.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.375 : 1$
N	242		
S	138		
O	276		
W	294		
Mittleres Oberlicht	237.5		

- 14) 3. August am Meere
- $69^{\circ} 40'$
- .
- 12^h
- m.
- $B_2 S_4$
- .

Sonnenhöhe = 37.1° .

Intensität = 0.495.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.540 : 1$
N	335		
S	82		
O	328		
W	271		
Mittleres Vorderlicht	254.0		

15) Advent-Bai. 8. August 11^h a. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 27° 19'.
 Intensität = 0·143.

Gesammtes Tageslicht	100	} O : V = 1·542 : 1
N	158	
S	147	
O	156	
W	156	
Mittleres Vorderlicht	154·2	

16) Advent-Bai. 9. August 10^h a. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 25° 43'.
 Intensität = 0·155.

Gesammtes Tageslicht	100	} O : V = 1·800 : 1
N	184	
S	187	
O	159	
W	190	
Mittleres Vorderlicht	180·0	

17) Advent-Bai. 9. August 1^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 27° 10'.
 Intensität = 0·132.

Gesammtes Tageslicht	100	} O : V = 2·075 : 1
N	193	
O	169	
S	242	
W	226	
Mittleres Vorderlicht	207·5	

18) Advent-Bai. 9. August 5^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 18° 38'.
 Intensität = 0·090.

Gesammtes Tageslicht	100	} O : V = 1·652 : 1
N	165	
S	148	
O	226	
W	122	
Mittleres Vorderlicht	165·2	

19) Advent-Bai. 9. August 7^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 12° 34'.
 Intensität = 0·056.

Gesammtes Tageslicht	100	} O : V = 1·847 : 1
N	188	
S	184	
O	188	
W	179	
Mittleres Vorderlicht	184·7	

- 20) Advent-Bai. 10. August 8^h a. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 20° 52'.
 Intensität = 0·121.
 Gesammtes Tageslicht 100
 N 187
 S 178
 O 180
 W 190
 Mittleres Vorderlicht 183·7
 O : V = 1·887 : 1
- 21) Advent-Bai. 10. August 10^h a. B₁₀S₁.
 Sonnenhöhe = 25° 26'.
 Intensität = 0·205.
 Gesammtes Tageslicht 100
 N 215
 S 140
 O 201
 W 199
 Mittleres Vorderlicht 188·7
 O : V = 1·887 : 1
- 22) Advent-Bai. 10. August 12^h m. B₉S₂₋₃.
 Sonnenhöhe = 27° 14'.
 Intensität = 0·333.
 Gesammtes Tageslicht 100
 N 333
 S 111
 O 203
 W 208
 Mittleres Vorderlicht 213·7
 O : V = 2·137 : 1
- 23) Advent-Bai. 10. August 1^h 45^m p. B₇S₃₋₄.
 Sonnenhöhe = 26° 2'.
 Intensität = 0·334.
 Gesammtes Tageslicht 100
 N 299
 S 84
 O 257
 W 232
 Mittleres Vorderlicht 218·0
 O : V = 2·180 : 1
- 24) Advent-Bai. 11. August 10^h a. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 25° 7'.
 Intensität = 0·127.
 Gesammtes Tageslicht 100
 N 198
 S 150
 O 169
 W 169
 Mittleres Vorderlicht 171·5
 O : V = 1·715 : 1

25) Advent-Bai. 11. August 2^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 25° 21'.
 Intensität = 0·116.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	167	}
S	160	
O	168	
W	155	
Mittleres Vorderlicht	162·5	O : V = 1·625 : 1

26) Advent-Bai. 12. August 12^h m. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 26° 39'.
 Intensität = 0·134.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	163	}
S	166	
O	153	
W	166	
Mittleres Vorderlicht	162·0	O : V = 1·620 : 1

27) Advent-Bai. 12. August 1^h p. B₁₀S₁.
 Sonnenhöhe = 26° 16'.
 Intensität = 0·188.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	222	}
S	203	
O	207	
W	218	
Mittleres Vorderlicht	212·5	O : V = 2·125 : 0

28) Advent-Bai. 12. August 3^h p. B₉S₁.
 Sonnenhöhe = 23° 8'.
 Intensität = 0·176.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	202	}
S	197	
O	206	
W	192	
Mittleres Vorderlicht	199·2	O : V = 1·992 : 1

29) Advent-Bai. 12. August 8^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 8° 52'.
 Intensität = 0·050.

Gesammtes Tageslicht	100	
N	166	}
S	163	
O	175	
W	177	
Mittleres Vorderlicht	170·2	O : V = 1·702 : 1

- 30) Advent-Bai. 12. August 9^h p. B₁₀S₀.
 Sonnenhöhe = 6° 26'.
 Intensität = 0.046.
 Gesamtes Tageslicht 100
 N 160
 S 160
 O 160
 W 160
 Mittleres Vorderlicht 160
 } O : V = 1.600 : 1
- 31) Advent-Bai. 13. August 9^h a. B₂S₀₋₁.
 Sonnenhöhe = 22° 31'.
 Intensität = 0.125.
 Gesamtes Tageslicht 100
 N 189
 S 150
 O 170
 W 186
 Mittleres Vorderlicht 173.7
 } O : V = 1.737 : 1
- 32) Advent-Bai. 13. August 10^h a. B₃S₃.
 Sonnenhöhe = 24° 32'.
 Intensität = 0.228.
 Gesamtes Tageslicht 100
 N 195
 S 134
 O 189
 W 192
 Mittleres Vorderlicht 177.5
 } O : V = 1.775 : 1
- 33) Advent-Bai. 13. August 12^h 15^m p. B₇S₁₋₂.
 Sonnenhöhe = 26° 17'.
 Intensität = 0.231.
 Gesamtes Tageslicht 100
 N 193
 S 121
 O 174
 W 170
 Mittleres Vorderlicht 164.5
 } O : V = 1.645 : 1
- 34) Hammerfest. 17. August 12^h m. B₁S₄.
 Sonnenhöhe = 32° 39'.
 Intensität = 0.489.
 Gesamtes Tageslicht 100
 N 462
 S 94
 O 314
 W 318
 Mittleres Vorderlicht 297.0
 } O : V = 2.970 : 1

35) Tromsö. 20. August 7^h a. B_3S_4 .
 Sonnenhöhe = $16^\circ 34'$.
 Intensität = 0.259.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.170 : 1$
N	244		
S	239		
O	71		
W	314		
Mittleres Vorderlicht	217.0		

36) Tromsö. 20. August 8^h a. B_4S_3 .
 Sonnenhöhe = $21^\circ 32'$.
 Intensität = 0.276.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 1.887 : 1$
N	223		
S	220		
O	73		
W	239		
Mittleres Vorderlicht	188.7		

37) Tromsö. 21. August 12^h m. $B_{10}S_2$.
 Sonnenhöhe = $32^\circ 22'$.
 Intensität = 0.318.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.037 : 1$
N	230		
S	190		
O	195		
W	200		
Mittleres Vorderlicht	203.7		

38) Tromsö. 21. August 3^h p. B_3S_4 .
 Sonnenhöhe = $26^\circ 14'$.
 Intensität = 0.395.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.200 : 1$
N	320		
S	100		
O	350		
W	110		
Mittleres Vorderlicht	220.0		

39) Tromsö. 22. August 8^h a. B_6S_4 .
 Sonnenhöhe = $20^\circ 56'$.
 Intensität = 0.379.

Gesammtes Tageslicht	100	}	$O : V = 2.447 : 1$
N	310		
S	290		
O	59		
W	320		
Mittleres Vorderlicht	244.7		

- 40) Tromsö. 22. August 1^h 30' p. B_0S_4 .
 Sonnenhöhe = $30^\circ 12'$.
 Intensität = 0.588.
- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Gesammtes Tageslicht | 100 | } $O : V = 2.685 : 1$ |
| N | 361 | |
| S | 90 | |
| O | 320 | |
| W | 302 | |
| Mittleres Vorderlicht | 268.2 | |
- 41) Tromsö. 23. August 10^h a. B_0S_4 .
 Sonnenhöhe = $28^\circ 35'$.
 Intensität = 0.463.
- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Gesammtes Tageslicht | 100 | } $O : V = 2.385 : 1$ |
| N | 312 | |
| S | 161 | |
| O | 183 | |
| W | 298 | |
| Mittleres Vorderlicht | 238.5 | |
- 42) Tromsö. 23. August 12^h m. B_0S_4 .
 Sonnenhöhe = $31^\circ 42'$.
 Intensität = 0.483.
- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Gesammtes Tageslicht | 100 | } $O : V = 2.982 : 1$ |
| N | 552 | |
| S | 83 | |
| O | 329 | |
| W | 339 | |
| Mittleres Vorderlicht | 298.2 | |
- 43) Tromsö. 23. August 1^h p. B_3S_4 .
 Sonnenhöhe = $30^\circ 58'$.
 Intensität = 0.488.
- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Gesammtes Tageslicht | 100 | } $O : V = 2.785 : 1$ |
| N | 375 | |
| S | 95 | |
| O | 338 | |
| W | 306 | |
| Mittleres Vorderlicht | 278.5 | |
- 44) Tromsö. 23. August 2^h p. B_4S_3 .
 Sonnenhöhe = $28^\circ 45'$.
 Intensität = 0.408.
- | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------|
| Gesammtes Tageslicht | 100 | } $O : V = 2.670 : 1$ |
| N | 331 | |
| S | 121 | |
| O | 318 | |
| W | 298 | |
| Mittleres Vorderlicht | 267.0 | |

45) Tromsö 25. August 12^h m. B₈S₀.

Sonnenhöhe = 30° 58'

Intensität = 0.082.

Gesamtes Tageslicht	100	} O : V = 1.745 : 1.
N	176	
S	170	
O	172	
W	180	
Mittleres Vorderlicht	174.5	

Die vorgeführten Beobachtungszeiten liefern zunächst eine weitere Bestätigung der früher (S. 14 ff.) mitgetheilten Ergebnisse, dass nämlich bei klarem oder theilweise bewölktem Himmel auf der verticalen Fläche die grösste Lichtstärke jener Lage der Verticalebene entspricht, welche der Sonne zugewendet ist, die geringste der entgegengesetzt orientirten Verticalfläche, während die beiden senkrecht zu den beiden genannten Verticalebenen orientirten Verticalflächen hinsichtlich der Beleuchtung ein intermediäres Verhalten darbieten.

Es ist also beispielsweise zu Mittag die nach Süden gekehrte Verticalfläche am stärksten, die nach Norden gekehrte am schwächsten beleuchtet, während die nach Osten und Westen gewendeten Vertical-ebenen eine mittlere Beleuchtung aufweisen (vgl. die Reihen 1, 4, 10, 14, 27, 33, 34, 37). Auch bei zahlreichen in Wien angestellten ähnlichen Versuchen hat sich ein Gleiches herausgestellt.

Hieraus ergibt sich nicht nur die allgemein bekannte stärkste Beleuchtung an nach Süden gekehrten Standorten, sondern auch das Ungünstige der nach Norden gewendeten Pflanzenstandorte, indem auf denselben gerade zur Zeit grösster Intensität des gesammten Tageslichtes (zu Mittag) die relativ geringste Lichtstärke des diffusen Lichtes zu Stande kommt.

Das Minimum der Lichtintensität fällt in allen Gebieten zur Mittagzeit auf die nach Norden gekehrte Verticalfläche, das Maximum, mit Ausnahme des hochnördischen Gebietes, stets auf die nach Süden gewendete. Im hohen Norden fällt nämlich zur Mitternachtsstunde das Maximum der Lichtstärke auf die nach Norden, das Minimum auf die nach Süden gekehrte Verticalfläche. Da aber die Lichtintensitäten zur Mitternachtsstunde sehr geringe sind, so bewirkt die Begünstigung der Exposition nach Norden keinen grossen Vortheil für die Pflanze, sondern trägt nur dazu bei, die Beleuchtung nach den verschiedensten Weltgegenden auszugleichen. Der durchschnittliche grösste Unterschied zwischen der Beleuchtung eines nach Norden und eines nach Süden gekehrten Standortes wird sich in niedrigen Breiten ergeben, der geringste für die Vegetation in Betracht kommende an den äussersten arktischen Grenzen der Vegetation.

Wie die Beobachtung lehrt, bleibt selbst bei stärkerer Tagesbeleuchtung die Intensität des Lichtes auf der nach Norden gerichteten Verticalfläche gegen das gesammte Tageslicht beträchtlich zurück und kann daselbst bis unter ein Viertel des gesammten Tageslichtes sinken (s. die Reihen 3, 4, 6, 10, 14, 22, 34).

Hingegen kann zeitweilig auf der nach Osten, Süden und Westen gekehrten Verticalfläche bei unbedeckter Sonne die Intensität des Lichtes grösser werden als das Gesamtlicht (vgl. die Reihen 2, 10, 11, 14, 23, 34, 35, 36, 39, 40, 42 und 43).

Steht die Sonne in SO, so sind die nach Süden und die nach Osten gekehrten Verticalflächen nahezu gleich beleuchtet, ferner die nach Norden und die nach Westen orientirten Verticalflächen; steht sie hingegen im SW, so empfangen die nach Süden und Westen gekehrten Verticalflächen annähernd gleich viel Licht, und ebenso die nach Osten und Norden orientirten Verticalflächen (vgl. 28, 38).

Bei starker, gleichmässiger Bewölkung wird die Beleuchtung auf allen Verticalflächen gleich, die Stellung der Sonne hat also dann keinen Einfluss auf die Beleuchtungsstärke verschieden orientirter Verticalflächen (Reihe 30, angenähert auch 20, 25, 26 etc.).

Diese gleichmässige Beleuchtung auf der Verticalfläche bei stark bedecktem Himmel kann zweierlei Gründe haben. Es ist entweder jener Theil des Himmels, in welchem die Sonne steht, stärker bewölkt als der entgegengesetzte und die Zwischentheile verhalten sich intermediär, oder aber es erfolgt bei einer bestimmten Mächtigkeit der Wolken oder des Nebels eine bis zur gleichartigen Mischung gesteigerte Lichtzerstreuung. Mit Rücksicht auf die Häufigkeit des Eintrittes gleicher Beleuchtung auf verschiedenen orientirten Verticalflächen muss wohl angenommen werden, dass die letztere Art des Zustandekommens die gewöhnliche ist.

Da selbst bei vollkommen klar erscheinendem Himmel die auf den Verticalflächen gemessenen Lichtstärken nicht vollkommen symmetrisch vertheilt sind (s. oben S. 15), so darf es nicht Wunder nehmen, dass auch bei gleichmässig bedeckt erscheinendem Himmel sich Abweichungen von der symmetrischen Lichtvertheilung, und zwar in noch höherem Masse bemerkbar machen. Dass bei ungleich bedecktem Himmel die Vertheilung der Lichtstärke des Himmels unregelmässig wird, ist selbstverständlich. Je stärker der Himmel bedeckt ist, desto weniger deutlich treten die oben angeführten Gesetzmässigkeiten der Beleuchtung hervor, bis sich endlich bei starker Himmelsbedeckung, wie wir gesehen haben, völlig gleiche Beleuchtung auf der Verticalfläche, unabhängig von der Weltgegend, einstellt.

Worauf die bei völlig klar erscheinendem oder schwach und gleichmässig bedecktem Himmel eintretenden Abweichungen von der symmetrischen Lichtvertheilung beruhen, ist nicht leicht zu sagen. Da in Folge der Erdbewegung die Sonne ihre Lage zu jedem Punkte des Horizontes fortwährend ändert, so ist eine gewisse Assymmetrie der Lichtvertheilung von vornherein anzunehmen; aber die hiedurch bedingten Abweichungen von einer absolut genauen symmetrischen Lichtvertheilung sind durch meine auf grosse Genauigkeit keinen Anspruch erhebende Methode der Lichtintensitätsbestimmung nicht zu ermitteln. Vielmehr müssen Zustände der Atmosphäre als Ursachen der genannten Abweichungen angenommen werden.

In Betreff des Verhältnisses der Beleuchtung auf der Verticalfläche (Vorderlicht) zur Beleuchtung auf der Horizontalfläche (Oberlicht) lehren die mitgetheilten Beobachtungsreihen rücksichtlich des unbedeckten Himmels dasselbe, was die oben (S. 15) angeführten Daten dargethan haben, dass nämlich mit steigender Sonnenhöhe im grossen Ganzen die mittlere Intensität auf der verticalen Fläche im Vergleiche zum gesammten Tageslichte abnimmt. Um Mittag herum scheint sich gewöhnlich eine kleine Steigerung der Intensität des auf die Verticalfläche fallenden Lichtes im Vergleiche zur Intensität des gesammten Tageslichtes einzustellen.¹

Im grossen Ganzen steigt mit Erhebung der Sonne über den Horizont die Stärke des Oberlichtes im Vergleiche zum Vorderlicht. In dem später folgenden Capitel »Lichtsummen« wird dieser Satz durch Vorführung graphisch dargestellter nordischer und Wiener Beobachtungen noch näher erläutert werden.

Bei bedecktem Himmel stellen sich begreiflicherweise Unregelmässigkeiten im Verhältnisse zwischen Vorder- und Oberlicht ein. Doch ist unverkennbar, dass bei bedecktem Himmel (und bedeckter Sonne) das erstere im Vergleiche zu letzterem relativ verstärkt erscheint. Doch macht sich auch hier der Einfluss der Sonnenhöhe bemerklich. Bei niederem Sonnenstande und bedecktem Himmel wird sich dementsprechend die grösste Annäherung des Vorderlichtes an das Oberlicht einstellen.

In Bezug auf die Vertheilung der Lichtintensität des Himmels in der Richtung vom Horizont zum Zenith stellte ich mir nur die Frage, wie sich das Zenithlicht zum Gesammtlicht verhält.

Ich habe sowohl in der Advent-Bai als in Tromsö zahlreiche einschlägige Beobachtungen angestellt, und zwar mit innen geschwärztem gleichseitigen Cylinder, in welche beiläufig $\frac{1}{7.5}$ des Lichtes des Himmels gewölbes einstrahlt.

¹ In mittleren Breiten (Wien) habe ich dieselbe Relation zwischen Gesammtlicht und dem auf die verticale Fläche fallenden Lichte beobachtet. Während in hohen Breiten das Gesammtlicht nur selten das Dreifache des auf die Verticalfläche fallenden (mittleren) Lichtes erreicht, habe ich in Wien (Mai) beobachtet, dass das Gesammtlicht selbst das Vierfache des auf die verticale Fläche fallenden Lichtes überragen kann.

Da die Sonnenhöhe an den genannten Orten selbst Mittags stets tief unter 60° sich befindet, so konnte in die gleichseitigen Cylinder kein directes Sonnenlicht, sondern bloss diffuses Tageslicht hineingelangen. Die Intensität dieses Lichtes verglich ich mit dem diffusen Tageslichte¹ und fand, dass dieses obere Siebentel des Himmels eine Helligkeit besass, welche im Maximum der Hälfte, im Minimum dem dritten Theile der Gesamtintensität entsprach. Zwischen Advent-Bai und Tromsö fand ich in dieser Beziehung keinen Unterschied. Auf Genauigkeit machen diese Bestimmungen keinen Anspruch; aber so viel geht aus denselben mit Sicherheit hervor, dass so lange die Sonne über dem Horizonte ist, das diffuse Zenithlicht beträchtlich intensiver ist, als das durchschnittliche diffuse Licht des Gesamthimmels.²

Fasst man die wichtigsten der mitgetheilten Daten zusammen, so ergeben sich bezüglich des arktischen Gebietes folgende charakteristische Momente des photochemischen Klima's:

1. Die Unterschiede in der Beleuchtung sind im Laufe eines astronomischen Tages in keinem untersuchten Gebiete geringer als im hocharktischen, erstlich wegen der geringen Mittags-Sonnenhöhe und zweitens weil zur Zeit des nordischen Tages die Sonne überhaupt nicht unter den Horizont sinkt. Dieses Resultat ist ein selbstverständliches und die diesbezüglichen Beobachtungen haben nur insofern einen Werth, als sie zahlenmässig lehren, in welchen Grenzen die tägliche Intensität sich hält.

2. Die Unterschiede in der Beleuchtung sind auch mit Rücksicht auf die Richtung des Lichteinfalles in keinem Vegetationsgebiete geringer als im hochnordischen; vor allem, weil sich ergab, dass die Unterschiede zwischen der Stärke des Ober- und des Vorderlichtes relativ geringe sind.

Während der Beobachtungsperiode verhielt sich in der Advent-Bai die Stärke des Oberlichtes zu der mittleren Stärke des Vorderlichtes in den extremsten Fällen wie $1:54:1$ und $2:17:1$ und im Mittel wie $1:81:1$. Während der Beobachtungsperiode erreichte aber im nördlichen Norwegen, also bei grösseren Mittags-Sonnenhöhen, das Oberlicht schon nahezu die dreifache Stärke des Vorderlichtes (vgl. Anmerkung auf S. 26).

3. Es ergibt sich also im hochnordischen Gebiete eine gewisse relative Gleichmässigkeit der Beleuchtung, welche auch noch durch die häufige und langandauernde Himmels- und Sonnenbedeckung begünstigt wird. In keinem der untersuchten Vegetationsgebiete zeigte sich eine so gleichmässige Zunahme der Lichtstärke mit zunehmender Sonnenhöhe bei bedecktem Himmel als im hohen Norden.

4. Endlich wird die relative Gleichmässigkeit der Beleuchtung auch dadurch noch begünstigt, dass die Sonne auch im Norden steht. Die bei uns sich einstellende Ungunst der Beleuchtung nördlicher Standorte in Folge der Lichtschwäche der Mittagslichtes wird im hocharktischen Gebiete durch die Beleuchtung vom Norden her einigermaßen ausgeglichen. Hier weist um Mitternacht der südliche Himmel die geringste Intensität des diffusen Lichtes auf.

Es wirken also alle Umstände zusammen, um das Tageslicht zu relativer Gleichmässigkeit zu zwingen. Diese relative Gleichmässigkeit der Beleuchtung im Vergleiche zu den Lichtverhältnissen anderer Erdzonen bewirkt weitgehende Consequenzen des Vegetationscharakters, welche in einer später folgenden Abhandlung über den Lichtgenuss der arktischen Vegetation eingehend geschildert werden sollen. Ich will hier nur auf einige in die Augen springende Thatsachen über die Rückwirkung der relativen Gleichmässigkeit der Beleuchtung auf die hochnordischen Pflanzen aufmerksam machen. Eine Orientirung der Blätter nach dem stärksten diffusen Lichte kommt bei den meisten hocharktischen Pflanzen in der Regel nicht vor, dieselbe prägt sich im grossen Ganzen successive desto mehr aus, je niedriger die geographische Breite des Verbreitungsbezirkes der betreffenden Pflanzen wird. Nur verhältnissmässig wenige Pflanzenarten suchen im

¹ Über Bestimmung des diffusen Tageslichtes während des Sonnenscheins, s. Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Cairo und Buitenzorg I. c. p. 124 ffd.

² Nach den von mir bisher in Wien angestellten Beobachtungen ist das in den gleichseitigen Cylinder einstrahlende diffuse Licht gleichfalls, u. z. das ganze Jahr hindurch durchschnittlich 2—3mal so intensiv wie das durchschnittliche diffuse Gesamtlicht. Aussergewöhnliche Sonnen- und Himmelsbedeckung können indess dieses Verhältniss ändern.

hochnordischen Gebiete aus dem, wie oben dargelegt, relativ starken Zenithlicht Nutzen zu ziehen, indem sie das Bestreben zeigen, ihre grünen Vegetationsorgane möglichst horizontal auszubreiten. Es sind dies die relativ lichtbedürftigeren der hochnordischen Pflanzen, wohl durchaus Einwanderer aus lichtreicheren Vegetationsgebieten.

Wenn auch das Zenithlicht im Vergleiche zum mittleren Gesamtlichte stark ist, so ist ersteres wegen geringer Sonnenhöhe doch, absolut genommen, schwach und ich neige der Ansicht zu, dass im hocharktischen Gebiete ein typischer Strauch oder gar Baum sich selbst dann nicht entwickeln könnte, wenn die sonstigen Vegetationsbedingungen die Existenz solcher Gewächse zulassen würden, weil die äusseren Laubmassen den inneren zu viel Licht entziehen würden, als dass die letzteren die Kohlensäure assimiliren und überhaupt sich genügend ausbilden könnten.

In Folge desselben Umstandes ist dort, wo im Norden ein Baumwuchs anzutreffen ist, die Verzweigung der Holzgewächse eine sehr unvollkommene, und da mit der Höhenzunahme der Holzgewächse deren Innenlicht abgeschwächt wird, der Höhenentwicklung der Bäume dort eine nahe Grenze gesetzt. Obgleich die Bäume des Nordens in Folge geringer Lichtstärke weder hoch werden, noch im Waldbestande dicht nebeneinander stehen, unterbleibt wegen Lichtmangels die Unterholzbildung oder ist auf ein Minimum reducirt.

Eine kleine Begünstigung erfährt die Beleuchtung im hochnordischen Gebiete durch die über das Mittelmaass hinausgehende Steigerung der Lichtintensität. Es wurde ja oben gezeigt, dass für gleiche Sonnenhöhen und gleiche Sonnen- und Himmelsbedeckung die Intensität des Lichtes in der Advent-Bai grösser ist als in allen anderen in dieser Richtung untersuchten von Wien nordwärts liegenden Vegetationsgebieten. Diese Steigerung der Beleuchtung muss selbstverständlich den Gewächsen zu Gute kommen.

Da an der nordischen Vegetationsgrenze alle Blätter einer Pflanze dem Lichte frei exponirt sind, mithin kein Lichtentgang durch Überwachsung der Blätter oder Laub stattfindet, so ergeben die an der arktischen Vegetationsgrenze angestellten Beobachtungen eine neuerliche Bestätigung des schon früher¹ ausgesprochenen Satzes, dass der Antheil, den die Pflanze vom Gesamtlichte erhält, desto grösser ist, je kleiner die Intensität des Gesamtlichtes sich gestaltet.

Dieser Satz findet eine insoferne selbstverständliche Einschränkung, als er für jene Vegetationsgebiete, in welchen die Lichtintensität sich bis zur Einschränkung und Hemmung der Vegetationsprocesse steigert (Steppen, Wüsten), keine Giltigkeit hat.

Drittes Capitel.

Tägliche Lichtsummen.

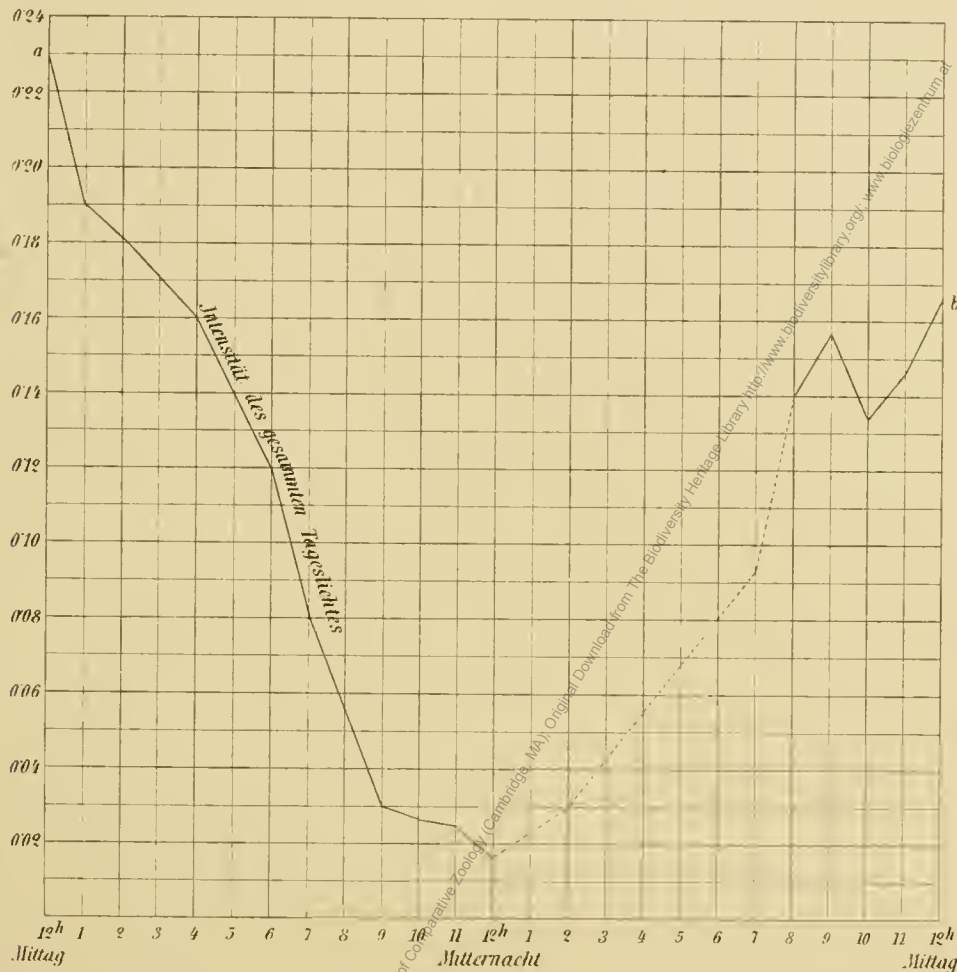
Aus den im Laufe eines astronomischen Tages ermittelten Lichtintensitäten ergibt sich durch Construction und durch eine einfache Berechnung die Tageslichtsumme. Trägt man die 24 Stunden des Tages auf die Abscisse, die in den einzelnen Stunden beobachteten Intensitäten als Ordinaten auf, so erhält man eine Curve, aus welcher sich nach Roscoe die tägliche Lichtsumme ableiten lässt.² Diese Curve geht bezüglich jener Erdpunkte, auf welchen innerhalb vierundzwanzig Stunden Tag und Nacht miteinander abwechseln, von der Abscisse aus und kehrt wieder zur Abscisse zurück. Die Fläche nun, welche einerseits von der Intensitätscurve, anderseits von der Abscisse begrenzt wird, repräsentirt die Lichtsumme des betreffenden Tages. Da in der Advent-Bai zur Beobachtungszeit die Sonne nicht unterging, so wird die Fläche, welche dem täglichen Integral (Lichtsumme) entspricht, oben von der Tagescurve, unten von der Abscisse und zu den beiden Seiten von Ordinaten begrenzt.

¹) Unters. über den Lichtgenuss der Pflanzen etc. L. c. p. 708 ff.

²) Näheres über diese Integrationsmethode s. Wiesner, photochem. Klima von Wien etc. L. c. p. 151 ff.

In der untenstehenden Figur 1 ist das Lichtintegral für die Advent-Bai rücksichtlich der Zeit vom 6. August 1897, 12^h Mittags bis 7. August 12^h Mittags dargestellt. Die Fläche, welche der vierundzwanzigstündigen Lichtsumme entspricht, ist nach oben durch die Intensitätscurve *ab*, nach unten durch die Abscisse 12, 1.....12, 1.....12 und nach den Seiten durch die Ordinaten *a* 12^h und *b* 12^h begrenzt.

Fig. 1.



Gang der chemischen Intensität des gesamten Tageslichtes innerhalb 24 Stunden in der Advent-Bai vom 6. August 12^h Mittags bis 7. August 12^h Mittags. (Bedeutung der ganz ausgezogenen und der punktierten Linie wie in Fig. 2.)

Berechnet man das Integrale nach Roscoe's Vorgang, indem man die Fläche (Rechteck), welche entsteht, wenn man den ganzen astronomischen Tag (24 Stunden) mit der Intensität 1 multiplicirt, = 1000 setzt, so ergibt sich für den genannten vierundzwanzigstündigen Zeitraum der Werth 97.4.

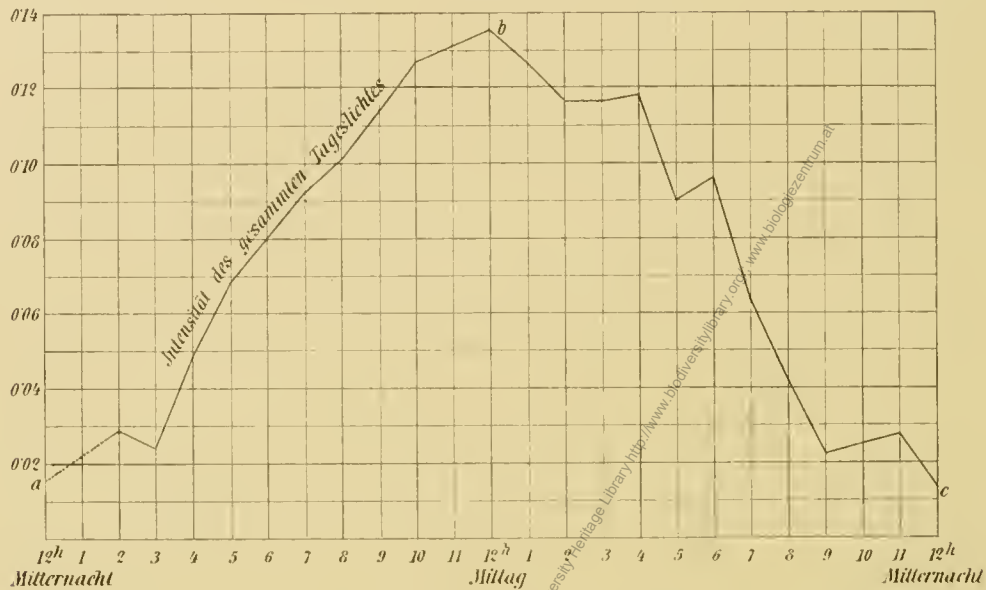
In Fig. 2 ist die Lichtsumme für den 11. August 1897 (Advent-Bai) dargestellt.

Die Beobachtung begann um 2^h Morgens und wurde bis 12^h Nachts fortgesetzt. Von 12^h Mitternacht bis 2^h Morgens (11. August) fehlten die Beobachtungen und wurden die Intensitätswerthe schätzungsweise in die Figur eingetragen (punktierte Linie der Figur 27). Die Berechnung der Lichtintegrale wird nach den vorher gegebenen Erklärungen verständlich sein. Die für den 24-stündigen Tag berechnete Lichtsumme betrug 90.8.

Vergleicht man die zur Beobachtungszeit in der Advent-Bai erhaltenen Tageslichtsummen mit jenen, welche in Wien bei gleicher mittäglicher Sonnehöhe erhalten werden (26—28°, entsprechend der Zeit zwischen dem 29. October und 4. November, oder 5. bis 11. Februar), so erhält man ein durchschnittliches Verhältniss von 2.5 : 1, in den extremen Fällen von 2 : 1 und sogar nahezu 3 : 1.

In der Beobachtungszeit (Anfangs August) ist also in der Advent-Bai die tägliche Lichtsumme im Durchschnitte zweieinhalbmal so gross als in Wien bei gleicher mittäglicher Sonnenhöhe (Anfang November oder Februar).

Fig. 2.



Gang der chemischen Intensität des gesamten Tageslichtes in der Advent-Bai am 11. August 1895 zwischen 12^h Mitternacht und 12^h Mitternacht.

— Intensität des gesamten Tageslichtes, beobachtet.
 In der Zeit von 12^h Mitternacht bis 2^h a. wurde nicht beobachtet. Dieses Stück der Curve wurde nach angenommener Intensität gezeichnet.

Das Flächenstück 12^h a b c 12^h entspricht der Tageslichtsumme.

Jene Lichtsumme, welche in der Advent-Bai bei einer mittäglichen Sonnenhöhe von 26—28° erreicht wird, kommt nach meinen bisherigen Beobachtungen in Wien erst bei einer mittägigen Sonnenhöhe von 37 bis 39° zu Stande, anscheinend gleiche Sonnen- und Himmelsbedeckung an beiden Orten vorausgesetzt.

Das Verhältniss der Lichtintegrale, welches bei gleicher mittäglicher Sonnenhöhe zwischen der Advent-Bai und Wien herrscht, wird sich innerhalb der Periode, in welcher in der Advent-Bai die Sonne nicht untergeht, d. i. vom 21. April bis zum 23. August, fortwährend ändern. Dieses Verhältniss ist sowohl von der Tageslänge, als auch von der bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Himmelsbedeckung herrschenden Lichtstärke abhängig. Da mit zunehmender Sonnenhöhe die Unterschiede in der Lichtintensität an verschiedenen Punkten der Erde für gleiche Sonnenhöhen sich verkleinern¹ und in mittleren Breiten mit der Zunahme der mittäglichen Sonnenhöhe die Tageslänge zunimmt, so ist ersichtlich, dass zur Zeit der grössten Mittags-Sonnenhöhe in der Advent-Bai (am 21. Juni 35° 15') das Lichtintegral im Vergleiche zu dem in Wien (Anfang October und Anfang März) zu Stande kommenden relativ klein sein wird. Da aber bei einer Mittags-Sonnenhöhe in Wien von 35° 15' wahrscheinlich noch nicht jene Lichtstärke herrscht, wie am 21. Juni in der Advent-Bai, hingegen der Tag in Wien zur Zeit der genannten Mittags-Sonnenhöhe nur etwa 11 Stunden erreicht, so lässt sich annehmen, dass selbst in dem gedachten Falle das Lichtintegral in der Advent-Bai, verglichen mit Wien, doch noch beträchtlich grösser sein dürfte.

Aus den angeführten Thatsachen und Erwägungen lässt sich ableiten, dass die Tageslichtsummen vom Beginne des nordischen Tages (Frühling) bis zum höchsten Sonnenstande (21. Juni) langsamer ansteigen

¹ Wiesner, Photochem. Klima etc., I. c. p. 162.

und von hier bis zum Schlusse des nordischen Tages (Herbst) langsamer abnehmen als in den analogen Jahresepochen (d. i. in den Perioden gleicher Mittags-Sonnenhöhen) mittlerer Breiten.¹

So zeigt sich also auch rücksichtlich der täglichen Lichtsummen im hochnordischen Gebiete eine grössere Gleichmässigkeit der Beleuchtung als in allen anderen Zonen der Erde.

Ich habe auch den Versuch gemacht, die tägliche auf der horizontalen Fläche gemessene Lichtsumme mit jenen Partial-Lichtsummen zu vergleichen, welche man erhält, wenn man die auf die verticale Fläche fallende Lichtmenge während des Tages messend verfolgt, wobei ich die nach Nord, Süd, Ost und West orientirte Verticalfläche zur Beobachtung heranzog, um zu erfahren, wie gross im Laufe eines Tages die Lichtmenge ist, welche auf die nach Nord, Süd, Ost und West gerichtete Verticalfläche fällt. Diese Ermittlung ist in pflanzenphysiologischer Beziehung von Wichtigkeit, wie ich oben bereits andeutete und in einer später folgenden Abhandlung näher auseinandersetzen werde.

Da mit zunehmender Himmelsbedeckung, wie ich oben zeigte, die Intensitäten des gleichzeitig auf die nach Nord, Süd, Ost und West orientirte Verticalfläche fallenden Lichtes sich immer mehr nähern und endlich mit einander übereinstimmen (s. oben p. 22, Nr. 30), so war es wünschenswerth, die erforderliche Beobachtungsreihe bei möglichst unbedecktem Himmel auszuführen.

Die mehrfach angefangenen Versuche mussten wegen eintretender Himmelsbedeckung unterbrochen werden und nur eine einzige Reihe erwies sich als brauchbar. Dieselbe wurde an einem vollkommen klaren Tag angestellt. Es war dies der 2. August, an welchem Tage der Himmel fast fortwährend ganz unbedeckt war. Diese Beobachtungsreihe, welche in Fig. 3 dargestellt ist, wurde zur See zwischen 7^h a. und 6^h p. in einer Breite von ca. 67° N. B. ausgeführt.

Fig. 3.



Oberlicht und Vorderlicht zwischen 7^h a. und 6^h p. zur See in einer Breite von ca. 67° N.

- Oberlicht.
- - - Nördliches Vorderlicht.
- · · Südliches
- · - · - · Östliches
- · · Westliches

¹ Bis zu welcher Höhe sich die Tageslichtsumme in der Advent-Bai zur Zeit des höchsten Sonnenstandes erheben kann, ist aus meinen Beobachtungen nicht zu ersehen. Berechnet man die aus den angestellten Beobachtungen für die genannte Zeit als wahrscheinlich sich ergebende Lichtsumme, so kommt man auf den Werth 121, welcher tief unter dem auf Wien bezugnehmenden Monatsmittel von September (150) und April (145) gelegen ist.

Die Intensität wurde auf der verticalen Fläche gemessen, aber stets darauf geachtet, dass die vier annähernd gleichzeitig zur Beobachtung herangezogenen Verticalflächen genau den Himmelsrichtungen entsprechen.

In der Beobachtungszeit betrug:

die Lichtsumme des gesammten Tageslichtes	187
„ „ auf der nach N gerichteten Verticalfläche	50
„ „ „ „ S „ „	154
„ „ „ „ O „ „	100
„ „ „ „ W „ „	100.

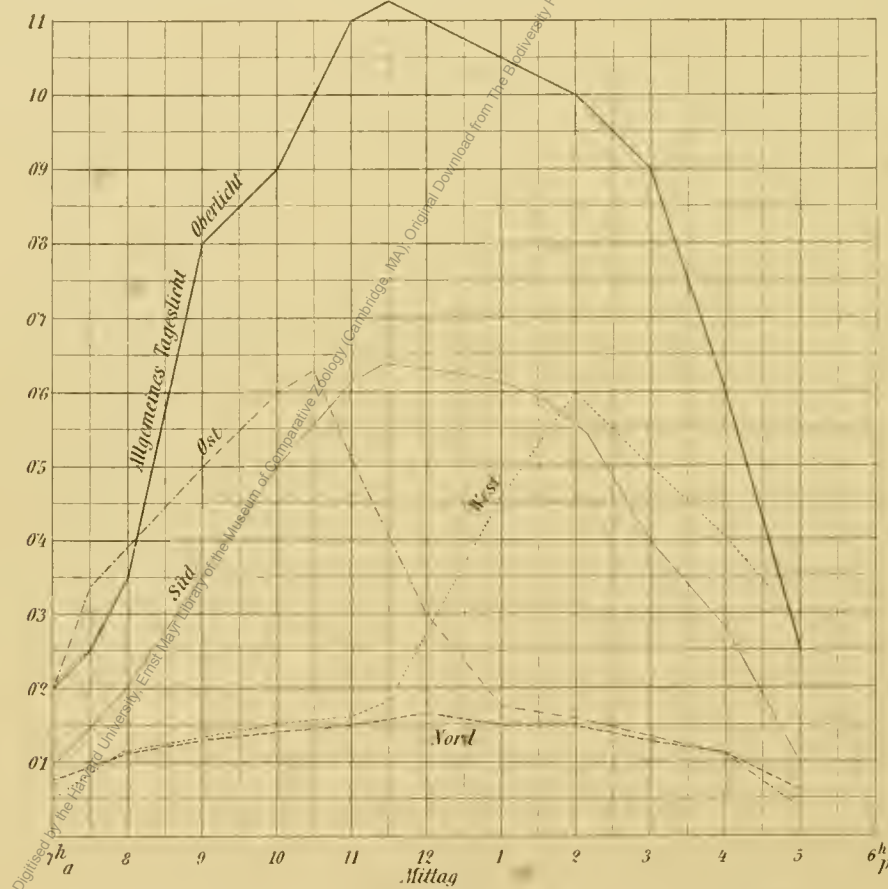
Vergleicht man die Lichtsumme für das gesammte Tageslicht (Oberlicht) mit dem Mittel aus den rück-sichtlich N, S, O, W (Vorderlicht) gefundenen Zahlen, so erhält man das Verhältniss 1:87:1.

Leider konnte diese Beobachtungsreihe nicht mehr wiederholt werden, hauptsächlich wegen nicht genügender Klarheit des Himmels, aber auch wegen anderer dringender Arbeiten.

Hingegen habe ich in Wien mehrere derartige Versuchsreihen ausgeführt, von welchen ich eine am 24. Mai l. J. bei relativ sehr gutem Wetter (B_0-B_4 ; S_{3-4}) angestellte hier mittheilen will, weil sie auffällig zeigt, wie verschieden im Vergleiche mit hohen Breiten das Verhältniss zwischen Ober- und Vorderlicht sich gestaltet

Das Resultat dieser Versuchsreihe ist in Fig. 4 graphisch dargestellt.

Fig. 4.



Oberlicht und Vorderlicht zwischen 7^h a. und 5^h p. in Wien am 24. Mai.

- Oberlicht.
- - - - - Nördliches Vorderlicht.
- · - · - Südliches
- · - · - Östliches
- Westliches

Berechnet man aus dem Verlauf der Curven die einzelnen Integrale, so erhält man für die Beobachtungszeit (7^h a. bis 5^h p.) folgende Zahlen:

Lichtsumme des gesammten Tageslichtes	342
„ auf der nach N gerichteten Verticalfläche . . .	52
„ „ „ S „ „ „	172
„ „ „ O „ „ „	121
„ „ „ W „ „ „	117.

Daraus berechnet sich das Verhältniss der Stärke des gesammten Tageslichtes (Oberlicht) zur Stärke des mittleren auf die Verticalfläche fallenden Lichtes (Vorderlicht) wie 2·96 : 1.

Setzt man die Lichtsumme für das nördliche Vorderlicht = 1, so erhält man für den nordischen Beobachtungsort:

Gesammtlicht	3·74
N	1·00
S	3·08
O	2·00
W	2·00

Hingegen für Wien:

Gesammtlicht	6·50
N	1·00
S	3·30
O	2·32
W	2·25

Auch diese Versuchsreihen lehren wieder, wie die Stärke des Oberlichtes im Vergleiche zur Stärke des Vorderlichtes mit der geographischen Breite abnimmt.

Zusammenfassung der Hauptresultate.

1. Im hochnordischen Gebiete (Advent-Bai, Trömsö) wurde bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Himmelsbedeckung die chemische Intensität des gesammten Tageslichtes durchschnittlich grösser gefunden als in Wien und Cairo, hingegen kleiner als in Buitenzorg.

Für Trondhjem gilt dasselbe Verhalten, aber mit einer bereits stark hervortretenden Annäherung an Wien.

2. Bei vollkommen bedecktem Himmel wurde in der Advent-Bai eine mit der Sonnenhöhe so regelmässig steigende Lichtstärke gefunden, wie in keinem anderen der untersuchten Gebiete.

3. In der Advent-Bai sind bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Himmelsbedeckung die vor- und nachmittägigen chemischen Lichtintensitäten nahezu gleich; doch werden in der Mehrzahl der Fälle die Nachmittagsintensitäten etwas grösser als die correspondirenden Vormittagsintensitäten gefunden.

4. Die grösste Intensität des gesammten Tages- und des diffusen Lichtes ist in allen Gebieten auf jener Verticalfläche zu beobachten, welche der Sonne gegenüberliegt, die geringste auf der entgegengesetzt orientirten Verticalfläche. Die Intensitäten auf den zwischenliegenden zu den beiden ersteren senkrechten Verticalflächen verhalten sich intermediär.

5. Selbst bei vollkommen klarem Himmel ist rücksichtlich der beleuchteten Verticalflächen eine vollständig symmetrische Vertheilung der Lichtintensitäten häufig nicht vorhanden.

6. Mit steigender Sonnenhöhe nimmt das Vorderlicht (mittleres auf die Verticalfläche fallendes Licht) im Vergleiche zum Oberlicht (Intensität des gesammten Tageslichtes) ab. In der Advent-Bai wurde das Verhältniss des Vorderlichtes zum Oberlichte wie 1 : 1·5 bis 2·2 gefunden; während in Wien (im Monate Mai) dieses Verhältniss 1 : 4 und darüber betragen kann.

7. Für Tage gleicher mittäglicher Sonnenhöhe ist die Tages-Lichtsumme im arkt. Gebiete beträchtlich höher als in mittleren Breiten. Anfangs August ist die durchschnittliche Tageslichtsumme in der Advent-Bai nahezu 2·5 grösser als bei gleicher Mittags-Sonnenhöhe in Wien (Anfang November oder Februar).

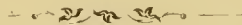
8. Das Lichtklima des hochnordischen Vegetationsgebietes ist durch eine relativ grosse Gleichmässigkeit der Lichtstärke ausgezeichnet, welche in keinem anderen der untersuchten Gebiete beobachtet wurde.

Diese grosse Gleichmässigkeit spricht sich zunächst in den niedrigen Maximis und hohen Minimis der Intensität des gesammten Tageslichtes aus, welche wieder in dem Gange des täglichen Sonnenstandes ihren Grund haben. Es steigen vom Frühling bis Sommer die Tagessummen im hocharktischen Vegetationsgebiete viel langsamer an und fallen von Sommer bis Herbst viel langsamer ab, als in mittleren Breiten. Auch kommt im hohen Norden die Stärke des Vorderlichtes jener des Oberlichtes so nahe wie in keinem anderen Vegetationsgebiete. Es steigt bei vollkommener Himmelsbedeckung in keinem anderen untersuchten Gebiete die Lichtstärke mit zunehmender Sonnenhöhe so gleichmässig als im arktischen. Endlich trägt auch der Umstand, dass Mitternachts der Norden am stärksten, der Süden am schwächsten beleuchtet ist, zum Ausgleiche der Lichtstärke bei.

Die in der Advent-Bai angestellten Beobachtungen liefern eine Bestätigung des schon früher vom Verfasser ausgesprochenen Satzes, dass der Antheil, den die Pflanze vom Gesammtlichte bekommt, desto grösser ist, je kleiner die Stärke des Gesammtlichtes ist, selbstverständlich abgesehen von jenen Gebieten, in welchen die Sonnenstrahlung bereits hemmend in die Pflanzenentwicklung eingreift (Steppen, Wüsten). Die grösste Menge vom Gesammtlichte erhalten die Pflanzen an den arktischen Vegetationsgrenzen. Dieser grosse Bedarf an vorhandenem Lichte bedingt, dass jede Selbstbeschattung der Gewächse durch das eigene Laub an den äussersten nordischen Vegetationsgrenzen ausgeschlossen ist, und in den benachbarten Gebieten (z. B. in Hammerfest) nur eine minimale (physiologische) Verzweigung der Holzgewächse möglich ist.

Näheres über den Zusammenhang des hochnordischen Lichtklimas mit dem Vegetationscharakter, speciell über den Lichtgenuss hochnordischer Gewächse folgt in einer späteren Abhandlung.

Zum Schlusse habe ich noch meinem verehrten Freunde und Collegen, Herrn Prof. E. Weiss, Director der k. k. Sternwarte, innigen Dank zu sagen: Herr Director Weiss, welcher schon bei meinen früheren photoklimatischen Studien mich werththätig unterstützte, hatte auch diesmal die Güte, die zahlreichen, für diese Abhandlung erforderlich gewesenenen Sonnenhöhen theils selbst zu berechnen, theils deren sorgfältige Berechnung zu veranlassen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl.](#)
[Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt:](#)
[Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Wiesner Julius Ritter

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des photo-chemischen Klimas im arktischen Gebiete.](#)
[\(Mit 4 Textfiguren.\) 643-676](#)