

Die

Abhängigkeit der diffusen Wärmestrahlung von der Jahreszeit

Von

Dr. A. Defant

Assistent am Institut für kosmische Physik an der k. k. Universität
in Innsbruck.

Zu den wichtigsten Elementen, welche den täglichen Wärmegang eines Ortes bestimmen, gehört vor allem die tägliche Temperaturamplitude. Die Größe der täglichen Wärmeschwankung ist nicht nur ein sehr wichtiger klimatischer Faktor, welcher bei keiner schärferen Charakterisierung eines Klimas fehlen darf, sondern sie gibt uns auch ein Mittel zur Hand, die Größe der Wärmestrahlung bei verschiedenen Bewölkungsgraden zu untersuchen. Dieses Element wird ausgedrückt durch die Differenz der höchsten und tiefsten Temperatur eines Durchschnittstages und heißt dann die periodische tägliche Temperaturamplitude; andererseits kann man auch den Unterschied der mittleren Exstremen, wie man sie am besten und sichersten aus den 24stündigen Aufzeichnungen der Thermographen entnehmen kann, als Größe der täglichen Wärmeschwankung auffassen. Als solche heißt sie dann die aperiodische Temperaturamplitude. Im normalen täglichen Gange erreicht die Temperatur ihr Minimum um Sonnenaufgang, ihr Maximum zwischen 2 und 3 Uhr nachmittags. Würde der tägliche Temperaturgang allein vom Sonnenstande abhängen, so würde die tägliche periodische Schwankung gegeben sein durch den Unterschied der Temperaturen um 2 Uhr nachmittags und um 6 Uhr früh. Da aber infolge unregelmäßiger Änderungen im

täglichen Wärmegänge sowohl das Maximum wie das Minimum der Temperatur nicht immer auf dieselben bloß durch den Sonnenstand bedingten Zeitpunkte fallen, so schließen die Mittel der täglichen Exstreme auch diese unregelmäßigen Erwärmungen und Abkühlungen des täglichen Wärmeganges ein. Dagegen gleichen sich diese Unregelmäßigkeiten der einzelnen Tage bei den monatlichen Temperaturmitteln fast völlig aus. Die daraus entnommene Temperaturamplitude ist deshalb auch kleiner als die aperiodische Amplitude, in der auch alle Unregelmäßigkeiten der täglichen Wärmeschwankung enthalten sind.

Die tägliche Temperaturamplitude sowohl die periodische wie die aperiodische hängt erstens von den Jahreszeiten und zweitens vor allem von dem mittleren Bewölkungsgrade des entsprechenden Tages ab. Der Einfluß des Bewölkungsgrades auf den täglichen Gang der Temperatur ist schon Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Angot hat für Paris die Abhängigkeit des täglichen Ganges der Temperatur vom Bewölkungsgrade ermittelt. Wie nun Trabert in seiner Abhandlung „Benützung des täglichen Temperaturganges zur Ermittlung der diffusen Wärmestrahlung“¹⁾ gezeigt hat, geben uns die von Angot ermittelten Werte einen Anhaltspunkt zur Bestimmung der Größe der Wärmestrahlung bei verschiedenen Bewölkungsgraden. Da die Amplitude auch bei vollständig trüben Tagen immerhin beträchtliche Werte besitzt, so muß man die tägliche Temperaturschwankung dieser Tage nur auf Rechnung der diffusen Wärmestrahlung setzen. Trabert hat gezeigt, daß, wenn die Temperaturamplituden des täglichen Ganges für verschiedene Bewölkungsgrade graphisch dargestellt werden, die einzelnen Punkte einer geraden Linie angehören. Bezeichnet man mit A_p die periodische Tem-

¹⁾ Hannband der meteorologischen Zeitschrift 1906, S. 336 u. ff.

peraturamplitude bei einer Bewölkung w nach der zehnteiligen Skala, A_{10} dementsprechend die Temperaturamplitude bei ganz trübem Wetter ($w = 10$), so gilt die empirische Formel

$$A_w = A_{10} \left(1 + \frac{10 - w}{4} \right)$$

Schreibt man die Formel in die Form um:

$$A_w = A_0 - \frac{A_{10}}{4} w$$

so, sieht man, wie die Temperaturamplitude der Bewölkung proportional abnimmt. Es steigt die Temperaturamplitude, wenn die Bewölkung um 4 abnimmt, um den vollen Betrag A_{10} . Wie Trabert sagt, ist der Effekt der Zunahme der direkten Insolation, wenn die Bewölkung um 4 Grade herabgesetzt wird, derselbe wie der Effekt des diffusen Tageslichtes allein.

Ist nun Q_w die Wärmezufuhr an einem Tage mit der Bewölkung w , dementsprechend Q_0 die Wärmezufuhr an einem Tage mit wolkenfreiem Himmel, so findet Trabert:

$$Q_w = \frac{10 - w}{10} Q_0$$

Die direkte Insolation nimmt also um $0.4 Q_0$ ab, wenn die Bewölkung um 4 zunimmt. Der Gesamtbetrag des diffusen Tageslichtes ist somit zu etwa 40% der ungestörten Insolation Q_0 zu setzen.

Diese Zahl stimmt mit den Zahlen, welche man bisher für das Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur directen Insolation gefunden hat, sehr gut überein.

Diese Methode, das Verhältnis der diffusen Wärme- strahlung zur direkten Sonnenstrahlung direkt aus Temperaturbeobachtungen zu ermitteln, wäre von großer Wichtigkeit für weitere Schlußfolgerungen über die Gesetze der Verteilung und Größe des diffusen Tageslichtes an verschiedenen Örtlichkeiten, wenn wir weitere Untersuchungen über den täglichen Gang der Temperatur, wie es jene von Angot für Paris sind, auch für andere Orte besitzen

würden. Da jedoch die Ermittlung der Abhängigkeit der periodischen Temperaturamplitude von den verschiedenen Bewölkungsgraden für einen Ort viel zu große Rechenarbeit erfordert, so war es ein naheliegender Gedanke, ob man nicht aus der aperiodischen Temperaturamplitude für die verschiedenen Bewölkungsgrade ebenfalls auf die diffuse Wärmestrahlung schließen könnte. Einerseits ist es an und für sich interessant, wie sich die Abhängigkeit der täglichen aperiodischen Temperaturschwankung vom Bewölkungsgrade gestaltet; andererseits ließe sich durch diese Methode die große Rechenarbeit zur Ermittlung der periodischen Amplitude für die verschiedenen Bewölkungsgrade vermeiden, da die aperiodischen Temperaturamplituden aus den täglichen Extremen der Thermographenaufzeichnungen für die verschiedenen Bewölkungsgrade ziemlich rasch gebildet wären. Und so wurde zuerst für Innsbruck der Versuch gemacht die Abhängigkeit der aperiodischen Temperaturschwankung vom Bewölkungsgrade zu ermitteln. Als Material dazu dienen die Thermographenaufzeichnungen des Observatoriums, die bis 1898 zurückreichen. Es standen somit acht Jahre (1898—1905) zur Verfügung. Für die mittlere Bewölkung eines Tages wurde das Mittel aus den drei Terminbeobachtungen 7^h a, 2^h p, 9^h p genommen. Die Bewölkung ist nach der zehnteiligen Skala geschätzt.

So wurde für jeden Monat dieses achtjährigen Zeitraumes die mittlere tägliche aperiodische Temperaturamplitude für die einzelnen zehn Bewölkungsgrade gebildet, wobei man jedoch von der ganzen Untersuchung alle Tage ausschloß, die im Wetterbuch als „Föhntage“ oder „föhnige Tage“ bezeichnet waren. Es zeigte sich nämlich, daß diese Tage sich vollständig abweichend von anderen verhielten. Es ist übrigens nicht zu verwundern, wenn gerade diese Tage in die allgemeine Betrachtung nicht hineinpassen. Ist ja doch an Föhntagen die Temperaturamplitude nicht nur von der Bewölkung, sondern namentlich von der Stärke der Föhnströmung einerseits

andererseits auch vom Beginne und Ende der Föhns selbst abhängig. Der ganze Temperaturgang bei Föhn ist ja von dem bei normalen Wetter grundverschieden und ganz vom Föhnverlaufe abhängig. Deshalb war es auch nicht auffallend, wenn gerade diese Tage aus der Untersuchung ausgeschieden und für sich behandelt werden mußten.

Als Ergebnis der Verarbeitung der acht Jahre 1898 bis 1905 nach diesem Gesichtspunkte, erhalten wir folgende mittlere tägliche aperiodischen Temperaturamplituden für die einzelnen Bewölkungsgrade, wobei Monat für Monat mitgeteilt ist. Außerdem sind auch die Durchschnittswerte der Amplituden für die einzelnen Jahreszeiten (Winter, Frühling, Sommer und Herbst), sowie auch das Gesamt- und Jahresmittel aller acht Jahre mitgeteilt.

Mittlere tägliche aperiodische Temperaturamplitude für Innsbruck.

Monat	Bewölkungsgrad										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jänner °C	9·3	9·3	7·7	8·5	6·9	5·8	6·1	4·7	4·2	5·1	2·9
Febr. °C	11·9	10·4	9·0	8·4	7·6	7·5	6·4	5·5	4·8	4·4	3·9
März °C	14·0	13·1	13·4	9·4	9·7	9·6	8·7	7·5	6·4	5·6	4·4
April °C	15·0	13·0	14·0	12·9	11·5	10·7	9·9	8·5	7·8	7·1	5·8
Mai °C	16·8	15·0	13·1	13·1	12·9	11·6	11·2	9·3	9·1	7·4	5·5
Juni °C	16·4	15·8	14·0	13·3	12·6	11·4	10·4	10·1	8·7	7·5	6·1
Juli °C	15·9	14·6	14·4	13·6	12·4	11·5	10·8	8·8	8·1	7·2	5·6
August °C	14·6	14·3	13·3	12·6	11·0	9·8	9·5	8·7	8·5	6·6	5·8
Sept. °C	13·9	12·7	12·3	10·5	10·6	9·3	7·7	8·0	7·1	5·0	4·4
Oktbr. °C	12·0	10·7	10·3	9·2	8·3	7·7	7·6	7·4	5·7	5·5	4·3
Nov. °C	10·4	9·5	9·5	7·8	7·5	6·6	5·4	5·2	3·5	4·4	3·4
Dez. °C	7·7	7·4	6·5	6·6	6·2	6·7	5·2	5·7	5·0	4·5	3·0

Durchschnittswerte der mittleren täglichen
aperiodischen Amplitude für die Jahreszeiten
und das Jahresmittel.

Jahreszeit	Bewölkungsgrad										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Winter °C	9.6	9.0	7.7	7.8	6.9	6.7	5.9	5.3	4.7	4.5	3.3
Frühl. °C	15.3	13.7	13.5	11.8	11.4	10.6	9.9	8.4	7.8	6.7	5.2
Somm. °C	15.6	14.9	13.9	13.2	12.0	10.9	10.2	9.3	8.4	7.1	5.8
Herbst °C	12.1	11.0	10.7	9.2	8.8	7.9	6.9	6.8	6.1	5.0	4.0
Jahres- mittel	13.1	12.2	11.4	10.5	9.8	9.0	8.2	7.5	6.8	5.8	4.8

Trägt man die oben für die einzelnen Jahreszeiten mitgeteilten Werte mit dem Bewölkungsgrade als Abscisse graphisch ein, so erkennt man, daß die einzelnen Punkte sich ziemlich gut um gerade Linien herumgruppieren. Die Abweichungen von den einzelnen Geraden ist nie größer als ± 0.4 °C. mit einer einzigen Ausnahme, wo sie $+ 0.7$ °C. beträgt. Das Gesetz der Abnahme der Größe der Temperaturamplitude mit der Bewölkung, welches Trabert für die periodische Schwankung schon gefunden, gilt somit auch für die aperiodische Temperaturamplitude. Wenn die Bewölkung um denselben Betrag abnimmt, nimmt auch die Amplitude sehr genähert um eine und dieselbe Größe zu. Es nimmt also auch die aperiodische Temperaturamplitude proportional mit der Größe der Bewölkung ab. Ist A_{10} , wie früher die Temperaturamplitude bei ganz trübem Wetter, A_w die Amplitude bei einer mittleren Bewölkung w , so können wir die Zahlenreihen sowohl für die einzelnen Jahreszeiten, wie auch für das Jahresmittel durch die empirische Formel

$$A_w = A_0 - xw$$

darstellen, wo x eine bloß von der Neigung der Geraden

gegen die Abscissenachse abhängige Konstante ist. Dieselbe ist stets kleiner als 1 und besitzt für die einzelnen Jahreszeiten folgende Werte:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
$x =$	0.62	0.96	0.99	0.79	0.81

So lautet z. B. die Gleichung der Geraden für das Jahresmittel

$$A_w = 13.1 - 0.81 w^1).$$

Die Abweichungen der wirklich beobachteten von den berechneten Werten sind namentlich bei den Jahresmittel sehr gering, so daß die beobachteten Werte fast ausschließlich der Geraden selbst angehören.

Wie die Werte für x ersehen lassen, sind die Geraden für die einzelnen Jahreszeiten ungleich gegen die Abscissenachse geneigt: am steilsten ist die Gerade für die Sommeramplituden, hierauf folgen der Reihe nach die Geraden für Frühling, Herbst und Winter. Die Gerade für das Jahresmittel liegt, wie schon die Werte für x ersehen lassen, zwischen der Frühling- und Herbstgeraden.

Die obigen Tabellen zeigen uns nicht nur die Abhängigkeit der Temperaturamplitude von verschiedenem Bewölkungsgrade, sondern betrachten wir die Tabellen vertikal, statt horizontal, so geben uns die eingetragenen Werte die Zunahme der Amplitude mit den Jahreszeiten bei verschiedenen Bewölkungsgraden. Bei allen Bewölkungsgraden erreichen die Amplituden ihre größten Werte in den Monaten Mai bis Juli, ihre niedrigsten in den Monaten November bis Februar. Der Anstieg der Amplitude von ihren kleinsten zu ihren größten Werten ist bei größerer Bewölkung viel flacher als bei geringerer Bewölkung; je kleiner der Bewölkungsgrad wird, desto steiler verlaufen auch die Kurven. Der stärkste Anstieg der Amplitude ist bei allen Bewölkungsgraden vom Winter

¹⁾ Die nach der Methode der kleinsten Quadrate gefundene Gleichung lautet $A_w = 13.0 - 0.81 w$.

zum Frühling zu finden, während der Abfall der Werte vom Sommer zum Herbst nicht so steil verläuft; so ist z. B. der Unterschied der mittleren Temperaturamplitude des Winters und des Frühlings bei einer Bewölkung 10 bloß 1.9°C , während bei vollständig wolkenfreiem Himmel ($w = 0$) der Wert 5.7°C erreicht wird. Die Werte für die anderen Bewölkungsgrade liegen zwischen den mitgeteilten Werten. In der zweiten Jahreshälfte ist der Abfall von den hohen Amplituden zu den kleinen nicht so stark; für eine mittlere Bewölkung 10 erhalten wir den Wert 1.8 (er erreicht somit fast den Wert zwischen Winter und Frühling), für wolkenfreie Tage ($w = 0$) bloß 3.5 (gegenüber dem Anstieg im Frühling von 5.7°C). Der Unterschied ist hier 1.7°C , während er im Frühling 3.8°C beträgt.

Da das Gesetz der Abnahme der aperiodischen Temperaturschwankungen mit der Bewölkung dasselbe ist, wie jenes bei der periodischen Temperaturamplitude, so könnten wir, wenn wir den Unterschied zwischen der periodischen und aperiodischen Temperaturamplitude kennen würden, die aperiodische Temperaturschwankung auf die periodische reduzieren und dann nach Traberts Methode auf das Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur direkten Insolation weiterschließen.

Zur Ermittlung dieses Unterschiedes wurden aus dem mittleren Temperaturgang aller Monate jener acht Jahre die periodische Temperaturamplitude gebildet und die entsprechende aperiodische Temperaturamplitude aus den Extremen (die mittlere aperiodische Temperaturamplitude der betreffenden Monate) ermittelt. Für alle entsprechenden Monate der acht Jahre wurden hierauf Durchschnittswerte gebildet. So erhielt man für die einzelnen Monate folgende periodische und aperiodische Temperaturamplituden.

Durchschnittliche periodische und aperiodische Amplitude für die einzelnen Monate und für das Jahresmittel.

Monate	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober	November	Dezember	Jahr
aperiod. Tem- per. Amplit. °C	7.2	7.9	9.5	10.3	10.9	11.3	11.2	10.7	9.8	9.8	7.7	6.5	9.4
period. Tem- per. Amplit. °C	5.6	6.6	8.1	9.3	9.6	10.0	10.3	9.7	9.0	8.9	5.9	5.0	7.9
Unterschied	1.6	1.3	1.4	0.9	1.3	1.3	0.9	1.0	0.8	0.9	1.8	1.5	1.5

Für die Jahreszeiten und für das Jahresmittel erhalten wir folgende Werte:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
aperiod. Ampl. °C	7.2	10.2	11.1	9.1	9.4
period. Ampl. °C	5.7	9.0	10.0	7.9	7.9
Unterschied	1.5	1.2	1.1	1.2	1.5

Der Unterschied zwischen periodischer und aperiodischer Temperaturamplitude liegt somit für Innsbruck zwischen den Werten 1.8 und 0.9 °C; er ist groß im Winter, geringer im Sommer.

Bringen wir nun diesen aus den mittleren Verhältnissen erhaltenen Unterschied zwischen aperiodischer und periodischer Temperaturamplitude an die für die einzelnen Bewölkungsgrade ermittelten Werte der aperiodischen Temperaturschwankung an, so erhalten wir die periodischen Temperaturamplituden für die einzelnen Jahreszeiten und für das Jahresmittel. Dabei könnte man jedoch einwenden, ob man berechtigt sei, den Unterschied, den wir sicher nur für die mittlere Bewölkung eines Monats ermittelt haben, auch für die extremen Bewölkungsgrade anzunehmen, oder ob der Unterschied zwischen periodischer und aperiodischer Temperaturamplitude nicht

vielleicht eine Funktion des Bewölkungsgrades selbst sei, womit natürlich auf diese Art von aperiodischer auf periodischer Amplitude nicht geschlossen werden dürfte. Um diesem Einwande zu begegnen, wurden für einige Bewölkungsgrade die periodische und die entsprechende aperiodische Temperaturamplitude für eine Anzahl von Tagen ermittelt, und da zeigte es sich, daß der Unterschied für die verschiedenen Bewölkungsgrade nahezu der gleiche sei, so daß dieser Unterschied nicht als Funktion des Bewölkungsgrades anzusehen ist, was übrigens von vornherein zu erwarten war. Ein weiterer Einwand, den man erheben könnte, wäre, ob nicht vielleicht, da bei Bildung der periodischen und aperiodischen Temperaturamplitude für die einzelnen Monate alle Tage benützt wurden, die Föhntage, welche früher aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden, irgendwie von Einfluß auf den Amplitudenunterschied sein könnten und daher andere Werte für die Differenz erhalten worden wären, wenn man sie auch hier ausgeschlossen hätte. Für einige Monate — es wurden namentlich solche mit einer größeren Anzahl von Föhntagen herausgesucht — zeigte sich, daß die Werte ohne Föhntage und die Werte mit Föhntagen stets sehr gut übereinstimmten, so daß an eine Änderung des Amplitudenunterschiedes bis Ausschluß der Föhntage nicht zu denken war.

Da also, um von den aperiodischen zu den periodischen Temperaturamplituden zu gelangen, nur ein konstanter Wert von den einzelnen Zahlen abgezogen werden mußte, so geben diese Werte graphisch eingetragen, ebenfalls wie die früheren aperiodischen Werte, gerade Linien. Ihre Neigung ist dieselbe geblieben; in den Gleichungen die sie darstellen, tritt nur an Stelle des früheren konstanten Gliedes A_0 die entsprechende periodische Temperaturamplitude A'_0 , so daß die Gleichung einer solchen Geraden schematisch jetzt so lauten würde:

$$A'_w = A'_0 - xw.$$

Die Gleichungen der einzelnen Geraden für die Jahreszeiten und für das Jahresmittel lauten somit:

$$\text{Winter: } A'_w = 8.1 - 0.62_w$$

$$\text{Frühling: } A'_w = 14.0 - 0.92_w$$

$$\text{Sommer: } A'_w = 14.9 - 0.99_w$$

$$\text{Herbst: } A'_w = 10.8 - 0.79_w$$

$$\text{Jahr: } A'_w = 11.6 - 0.81_w$$

Die nach diesen empirischen Formeln mit bloß einer willkürlichen Konstante berechneten Amplituden für die verschiedenen Bewölkungsgrade ergeben, daß die Übereinstimmung zwischen berechneten und wirklich beobachteten Werten eine sehr befriedigende ist. Folgende Tabelle gibt sowohl die beobachteten wie die nach obigen Formeln berechneten Temperaturamplituden für die Jahreszeiten und für das Jahresmittel an.

Mittlere tägliche Temperaturamplituden für
Innsbruck.

Bewölkungsgrad		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Winter	beob. °C	8.1	7.5	6.2	6.3	5.4	5.2	4.4	3.8	3.2	3.0	1.8
	ber. °C	8.1	7.5	6.8	6.2	5.6	5.0	4.4	3.8	3.1	2.5	1.9
Frühling	beob. °C	14.1	12.5	12.3	10.6	10.2	9.4	8.7	7.2	6.6	5.5	4.0
	ber. °C	14.0	13.0	12.1	11.1	10.2	9.2	8.3	7.3	6.4	5.4	4.4
Sommer	beob. °C	14.5	13.8	12.8	12.1	10.9	9.8	9.1	8.2	7.3	6.0	4.7
	ber. °C	14.9	13.8	12.8	11.8	10.9	9.9	9.0	8.0	7.0	6.0	4.9
Herbst	beob. °C	10.9	9.8	9.5	8.0	7.6	6.7	5.7	5.6	4.9	3.8	2.8
	ber. °C	10.8	10.0	9.2	8.4	7.6	6.8	6.1	5.3	4.5	3.7	2.9
Jahr	beob. °C	11.6	10.7	9.9	9.0	8.3	7.5	6.7	6.0	5.3	4.3	3.3
	ber. °C	11.6	10.7	9.9	9.2	8.4	7.5	6.7	6.0	5.1	4.3	3.5

Aus diesen ermittelten Werten für die periodischen Temperaturamplituden können wir nun nach Traberts

Methode das Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur Sonnenstrahlung berechnen. Wenn, wie wir gefunden haben, die Temperaturamplitude der Abnahme der Bewölkung proportional ist, so dürfen wir auch die Wärmemenge, welche in einem Tage uns zugeführt wird, proportional dieser Temperaturamplitude setzen. Die Wärmemenge, die wir an einem Tage mit einer mittleren Bewölkung w erhalten, ist $q + Q_w$. (q ist der Anteil des diffusen Tageslichtes, Q_w die Wärmezufuhr durch direkte Insolation an einem Tage mit der Bewölkung w). Bei einer Bewölkung $w = 10$, also bei ganz trübem Wetter ist $Q_{10} = 0$. Nun hängt Q_w , wie wir schon früher erwähnt haben, mit Q_0 durch die Gleichung zusammen:

$$Q_w = \frac{10 - w}{10} Q_0$$

Die Wärmemenge, welche uns an einem Tage mit der Bewölkung w zugeführt wird, ist somit

$$q + \frac{10 - w}{10} Q_0$$

an einem ganz trübem Tage ist sie bloß q . Da nun die periodischen Amplituden den zugeführten Wärmemengen proportional sind, ist

$$A'_w : A'_{10} = q + \frac{10 - w}{10} Q_0 : q$$

Also ist

$$A'_w = A'_{10} \left(1 + \frac{10 - w}{10} \frac{Q_0}{q} \right) \quad \text{oder}$$

$$A'_w = A'_{10} \left(1 + \frac{Q_0}{q} - \frac{w}{10} \frac{Q_0}{q} \right)$$

Diese Gleichung können wir auch so schreiben. Setzen wir $w = 0$, so ist

$$A'_0 = A'_{10} \left(1 + \frac{Q_0}{q} \right)$$

Also ist

$$A'_w = A'_0 - \frac{A'_{10}}{10} \cdot \frac{Q_0}{q} w$$

Diese Gleichung ist jedoch identisch mit der früher gefundenen Gleichung, welche die Abhängigkeit der periodischen Amplitude vom Bewölkungsgrade zeigt, wenn wir nur

$$\frac{A'_{10}}{10} \cdot \frac{Q_0}{q} = x \text{ setzen.}$$

Daraus folgt aber

$$\frac{q}{Q_0} = \frac{A'_{10}}{10} \cdot \frac{1}{x}$$

Um somit aus den früheren Gleichungen für die Jahreszeiten und für das Jahresmittel das Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur direkten Insolation zu erhalten, brauchen wir bloß den zehnten Teil der Amplitude für ganz trübe Tage mit dem reziproken Werte von x zu multiplizieren.

Als Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur Insolation ergibt sich also für die einzelnen Jahreszeiten und für das Jahresmittel in Prozenten ausgedrückt:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
$\frac{q}{Q_0}$ in %	30.6	45.8	49.4	36.6	43.2

Es ergibt sich somit für Innsbruck im Jahresmittel der Gesamtbetrag des diffusen Tageslichtes zu 43.2% der ungestörten direkten Insolation Q_0 .

Im Sommer erreicht das Verhältnis $\frac{q}{Q_0}$ nahezu die Zahl 50, im Winter ist es viel kleiner, im Frühling größer als im Herbst. Diese Werte zeigen somit einen deutlichen jährlichen Gang dieses Verhältnisses $\frac{q}{Q_0}$.

Wir hätten auch so schließen können. Die Temperaturamplituden in der letzten vertikalen Columnne der Tabelle auf Seite 85 gelten für ganz trübe Tage; da nun in ganz trüben Tagen die auftretende Amplitude im täglichen Temperaturgange ganz auf Rechnung der diffusen Wärmestrahlung zu setzen ist, so dürfen wir diese Werte

der diffusen Strahlung proportional setzen und sie geben uns somit relativ den jährlichen Gang des Gesamtbeitrages der diffusen Strahlung. Es ist also $A'_{10} = Cq$.

Andererseits geben uns die Zahlen der ersten Vertikalreihe obiger Tabelle die Temperaturamplituden für wolkenfreie Tage der einzelnen Jahreszeiten. Diese werden hervorgerufen durch die gesamte Wärmestrahlung, die an einem solchen wolkenfreien Tage uns zugeführt wird. Die gesamte Wärmestrahlung setzt sich jedoch aus der direkten Insolation Q_0 und aus dem diffusen Tageslichte q zusammen und die Temperaturamplituden sind deshalb proportional $Q_0 + q$ oder es ist

$$A' = C (q + Q_0).$$

Daraus folgt

$$\frac{A'}{A'_{10}} = \frac{Q_0}{q} + 1 \text{ oder}$$

$$\frac{q}{Q_0} = \frac{A'_{10}}{A' - A'_{10}}$$

Es genügt somit, um das Verhältnis des diffusen Tageslichtes zur direkten Insolation zu bestimmen, bloß die periodischen Temperaturamplituden für wolkenfreies und ganz trübes Wetter zu kennen. Die auf diese Art erhaltenen Werte für die einzelnen Jahreszeiten und für das Jahresmittel stimmen mit den früher gefundenen vollständig überein.

Zusammenfassend können wir somit sagen:

Auch aus der aperiodischen täglichen Temperaturamplitude für die verschiedenen Bewölkungsgrade, die sich leicht aus den 24stündigen Aufzeichnungen der Thermographen entnehmen läßt, kann man bei Kenntnis des Unterschiedes der mittleren periodischen und aperiodischen Temperaturamplitude der einzelnen Monate auf das Verhältnis der diffusen Wärmestrahlung zur direkten Insolation schließen. Durch diese Methode würde somit die langwierige Rechenarbeit zur Ermittlung der Abhängig-

keit der periodischen Temperaturamplitude vom Bewölkungsgrade vermieden werden.

Im speziellen beträgt für Innsbruck der Gesamtbetrag des diffusen Tageslichtes 43·2% der direkten Insolation; im Sommer erreicht das Verhältnis seinen größten Wert (49·4%), im Winter seinen kleinsten (30·6%).

Das Verhältnis der diffusen Wärmestrahlung zur direkten Sonnenstrahlung zeigt somit einen deutlichen jährlichen Gang.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Defant Albert Josef Maria

Artikel/Article: [Die Abhängigkeit der diffusen Wärmestrahlung von der Jahreszeit. 73-89](#)