

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| 44) Echininon | | in Geschlechtsdrüsen von Seeigeln (<i>Echinus ex-</i>
<i>culentus</i>). |
| 45) Pentaxanthin | | aus Seeigeln. |
| 46) Sulcatoxin | | in <i>Anemonia sulcata</i> . |
| 47) Actinioerythrin | | in der Meeresanemone <i>Actinia equina</i> . |
| 48) Cynthiaxanthin | | in einer Ascidienart (<i>Haloxynthia papilosa</i>). |
| 49) Glycyamarin | | in den Geschlechtsorganen der Muschel <i>Pec-</i>
<i>tunculus glycymeris</i> . |
| 50) Kanariensexantho- | } | in Vogelfedern. |
| phyll | | |
| 51) Picofulvin | | |

Mittelwerte der Globalstrahlung in Zürich

Von

CHR. THAMS (Locarno-Monti)

(Aus der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt)

(Mit 2 Abbildungen im Text)

I. Einleitung

In einer in den «Bioklimatischen Beiblättern der Meteorologischen Zeitschrift» erschienenen Arbeit macht ANDERS ÅNGSTRÖM (1) die Anregung, die langjährigen Registrierungen der Sonnenscheindauer zur Berechnung der Strahlung zu benutzen. Dies ist vornehmlich aus zwei Gründen geboten: Einmal sind die Beobachtungsreihen der meist nur mit recht komplizierten Apparaten durchführbaren Strahlungsmessungen relativ kurz, zum andern liegen nur von wenigen Stationen Messungen vor.

Es handelt sich im wesentlichen um drei Strahlungsströme, die von ÅNGSTRÖM zur Berechnung empfohlen werden: 1. die direkte Sonnenstrahlung, 2. die Strahlung von Sonne + Himmel, die sogenannte Globalstrahlung und 3. die helle Strahlung oder die Belichtung.

1. Die Tagessumme der direkten Sonnenstrahlung (J_R) lässt sich nach folgender einfachen Formel berechnen:

$$I_R = I_0 R$$

Hierin ist I_0 die Strahlung bei vollkommen klarem Himmel und R das Verhältnis von effektiver Sonnenscheindauer zur geographisch möglichen, also die sogenannte relative Sonnenscheindauer. Wegen des täglichen Ganges der Bewölkung gibt die Gleichung 1 für den einzelnen Tag allerdings grosse Abweichungen vom beobachteten Wert. Jedoch scheint diese Formel für Stationen mit mässigem täglichem Bewölkungsgang und auf Monatssummen angewendet brauchbar zu sein.

JULIUS MAURER (2) hat im Jahre 1916 u. a. auch für das nördliche Tiefland der Schweiz solche Berechnungen durchgeführt, bei denen er die Strahlung auf die Horizontalfläche bezog. Allerdings sind die Angaben von MAURER wohl nur von approximativem Wert, da die diesen Berechnungen zugrunde liegenden Messungen der Sonnenstrahlungsintensität nur durch eine kleine Anzahl von Serien belegt sind, zudem ist die von H. F. WEBER damals (1883—1887) verwendete Messapparatur heute durch weit bessere Konstruktionen überholt. Wir erwähnen hier diese Berechnungen der Strahlungssummen, weil die MAURER'schen Werte auch in neueren Arbeiten über Heiz- und Lüftungstechnik wieder zu finden sind (3). Wir werden später auf diese Werte zurückkommen.

2. Von grösserer Wichtigkeit ist die Globalstrahlung ($< 3\mu$). Die Meßserien, die hier vorliegen, sind zwar in den letzten 10 Jahren recht zahlreich geworden, im allgemeinen aber noch kürzer als die der direkten Sonnenstrahlung, da die nötigen Messapparaturen erst relativ spät entwickelt wurden. So war es nur natürlich, dass man auch hier den Versuch machte, mit Hilfe der Sonnenscheindauer die Globalstrahlung zu berechnen.

A. ÅNGSTRÖM stellte folgende Beziehung zwischen Globalstrahlung und Sonnenscheindauer auf:

$$Q_R = Q_0 [\alpha + (1 - \alpha) R] \quad 2$$

In dieser Formel ist die Globalstrahlung Q_R eine lineare Funktion der relativen Sonnenscheindauer R und der Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel Q_0 , α ist eine Konstante. Wir werden uns später noch eingehend mit dieser Formel beschäftigen.

3. Da für viele bioklimatische Fragen, namentlich auf dem Gebiet der Botanik, die helle Strahlung von Bedeutung ist, hat ÅNGSTRÖM auch für diese Strahlungsart eine Formel aufgestellt, die analog der Gleichung 2 aufgebaut ist:

$$L_R = L_0 [\gamma + (1 - \gamma) R] \quad 3$$

Die Strahlung L_R wird auch hier aus der Strahlung L_0 bei wolkenlosem Wetter und der relativen Sonnenscheindauer R berechnet, γ ist wiederum eine Konstante.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der drei Formeln ist natürlich neben der Kenntnis der relativen Sonnenscheindauer die der Strahlung an

wolkenlosen Tagen. Da jedoch die Strahlung bei klarem Himmel von Jahr zu Jahr ziemlich konstant ist, genügen schon kürzere Messreihen zur Festlegung der Werte I_0 , Q_0 und L_0 . Auch für Orte, an denen diese Werte nicht gemessen wurden, lassen sich jene Formeln anwenden, sofern man annehmen kann, dass die Variation von Ort zu Ort nicht ins Gewicht fällt. Das wird aber — von gewissen extremen Verhältnissen abgesehen (Industrieorte) — bei Orten gleicher Seehöhe und geographischer Breite annähernd der Fall sein.

II. Die Berechnung der Globalstrahlung

In der vorliegenden Arbeit wollen wir uns nun ausschliesslich mit der Berechnung der Globalstrahlung für Zürich beschäftigen, da hier zwar hinreichend Messungen zur Bestimmung der Strahlung an wolkenlosen Tagen vorliegen, die Mittelwerte jedoch auf einer zu kurzen Periode beruhen, um als Normalwerte gelten zu können.

Seit dem Jahre 1938 wird an der MZA. die Globalstrahlung mit Hilfe eines Bimetallaktinographen FUESS-ROBITZSCH registriert. Eine Bearbeitung der bis jetzt vorliegenden Messungen ist in den Annalen der MZA. 1942 publiziert worden. (4)¹⁾ In dieser Arbeit wurde vor allem auch die Beziehung der Globalstrahlung zur Sonnenscheindauer eingehend untersucht.

Während bei den meisten Forschern diese Beziehung eine lineare Form hat, ergab sich aus den Zürcher Messungen folgende Gleichung:

$$\frac{Q_R}{Q_0} = \alpha + R [1 - \alpha (2R - 1)] \quad 4$$

Der Wert von α beträgt in dieser Formel für Zürich 0.26.

Berechnet man nach dieser Formel die Strahlung und vergleicht die berechneten Monatssummen mit den beobachteten, so ergibt sich — wie aus der erwähnten Arbeit ersichtlich ist — ein mittlerer Fehler von 5—6 % für den Monat, für das Jahr von 1—2 %. Diese Übereinstimmung kann als durchaus befriedigend betrachtet werden, bewegt sich doch die Genauigkeit, mit der man die Globalstrahlung mit dem Aktinographen misst, in ähnlichen Grenzen.

Nun ist allerdings die Auswertung nach dieser Formel sehr mühsam, muss doch die Strahlung für jeden einzelnen Tag berechnet werden. Da aber in den meisten Fällen das Interesse nur den Monatssummen der Globalstrahlung gilt, erhebt sich die Frage, ob sich nicht mit hinreichender Genauigkeit eine lineare Beziehung aufstellen lasse zwischen den Monatssummen der Globalstrahlung und jenen der Sonnenscheindauer.

¹⁾ Dort findet sich auch ein ausführliches Verzeichnis der einschlägigen Literatur.

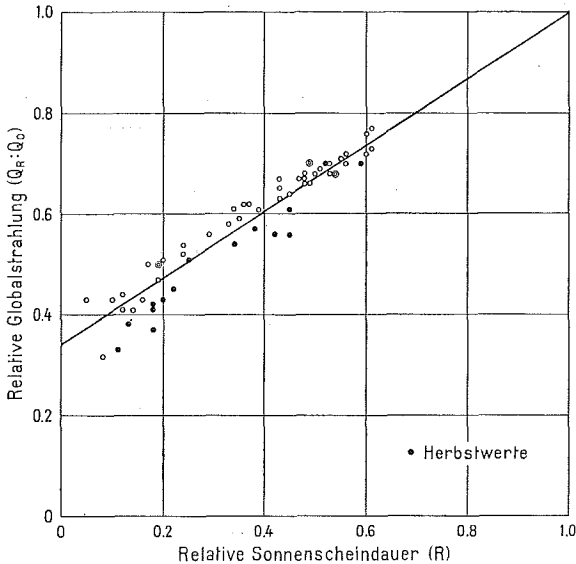


Abb. 1

Der Zusammenhang zwischen relativer Globalstrahlung und relativer Sonnenscheindauer.
 $Q_R = Q_0 \cdot (0.34 + 0.66 R)$.

Trägt man in ein rechtwinkliges Koordinatensystem (vgl. Abb. 1) als Abszisse die monatlichen Werte von R , als Ordinate jene der relativen Globalstrahlung, d. h. das Verhältnis der effektiv gemessenen Strahlung zu jener bei wolkenlosem Himmel, also Q_R/Q_0 ein, so ergibt sich für Zürich die Formel

$$Q_R = Q_0 (0.34 + 0.66 R)$$

5

Der Faktor α hat hier in dieser ÅNGSTRÖM'schen Gleichung nicht nur einen weit grösseren Wert als nach der Formel 4, er ist auch grösser als der von ÅNGSTRÖM in Stockholm gefundene Wert von 0,235. Zur Ableitung der Formel 5 wurden die einzelnen Monatssummen der Jahre 1939—1943 benutzt, also insgesamt 60 Einzelwerte. Sie umfassen den Bereich der relativen Sonnenscheindauer von 5 bis 61 %.

Bemerkenswert erscheint uns die Tatsache, dass man unter Zugrundelegung von Monatssummen ohne grossen Zwang zu einer linearen Funktion zwischen Strahlung und Sonnenscheindauer kommt, die bei Verwendung von Tageswerten der Globalstrahlung geordnet nach Stufen der Sonnenscheindauer nicht erreicht werden kann.

Man darf aber die von ÅNGSTRÖM aufgestellte Gleichung wohl nur als eine Interpolationsformel betrachten, dem Wert α also kaum eine allgemein gültige geophysikalische Bedeutung beimessen, wie ÅNGSTRÖM das getan hat. Uns scheint auch, dass bei der Verwendung von Werten, die über einen ganzen Monat gemittelt werden, der physikalische Zusammenhang zwischen

Strahlung und Bewölkung, bzw. Sonnenscheindauer in schwer übersehbarer Weise verwischt wird.

Wie wir bereits ausführten, haben wir für Zürich einen α -Wert von 0.34 gefunden. Es handelt sich dabei um einen Mittelwert, und es entsteht die Frage, ob dieser Wert das ganze Jahr hindurch annähernd konstant ist oder einen jährlichen Gang zeigt. Während ÅNGSTRÖM für Stockholm, LUNELUND für Helsingfors u. a. praktisch keinen Jahresgang feststellen konnten, haben andere Untersuchungen, vor allem auch die von F. PROHASKA (5) in Davos gezeigt, dass sich α sehr stark im Laufe des Jahres ändert, die tiefsten Werte werden in den Sommermonaten, die höchsten im Winter erreicht.

Nun zeigt sich für Zürich bei der Darstellung des Verhältnisses relative Globalstrahlung/relative Sonnenscheindauer in der erwähnten linearen Form, dass α im Laufe des Jahres auch hier nicht konstant ist²⁾. Es besteht zwischen dem Zürcher Jahresgang und dem von PROHASKA in Davos festgestellten insofern eine Übereinstimmung, als die tiefsten Werte auch hier in der zweiten Jahreshälfte liegen, sonst ist aber der Verlauf recht verschieden. In der Tabelle 1 geben wir die α -Werte von Zürich aus dem Material 1939—43 wieder.

Tabelle 1

Jahresgang der α -Werte in Zürich

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
0.37	0.36	0.36	0.38	0.36	0.39	0.36	0.33	0.29	0.27	0.29	0.35	0.34

Die Natur dieses Jahrganges ist sehr wenig geklärt. Unsere Versuche, hier Klarheit zu schaffen, verliefen insofern ergebnislos, als sich weder aus der Verteilung der Sonnenscheindauer über den Tag, noch aus der Art und Menge der Bewölkung eindeutige Schlüsse auf den Gang der α -Werte ziehen liessen. Nun geben natürlich die Wolkenbeobachtungen an den üblichen drei, bzw. vier Tagesterminen (07.30, 13.30 und 18.30 bzw. 21.30 Uhr) nur ein sehr unvollkommenes Bild über die Bewölkungsverhältnisse. Vielleicht würden sehr eingehende und zahlreiche Beobachtungen über den Tagesgang der Bewölkung nach Art und Menge den Gang der α -Werte erklären können.

Die uns zur Verfügung stehenden fünf Beobachtungsjahre sind wohl auch zu kurz, um den hier festgestellten Jahresgang in dieser Form als allgemeingültig betrachten zu dürfen. Mit grösserer Sicherheit ist der Mittelwert von α verbürgt. Vorderhand erscheint es uns darum zweckmässig, bei der Berechnung der Globalstrahlung einen konstanten α -Wert zugrundezulegen.

Mit welchem mittleren Fehler ist nun die Monatssumme behaftet bei Verwendung eines konstanten α -Wertes in der linearen Form nach ÅNGSTRÖM?

²⁾ Bei der Bestimmung der α -Werte nach der Formel 4 haben wir einen Jahresgang nicht mit genügender Sicherheit feststellen können (siehe Lit. 4).

Die Berechnung der Globalstrahlung 1939—43 ergab für den einzelnen Monat einen mittleren Fehler von ca. 5 %, für das Jahr ca. 1—2 %. Die Fehlergrößen stimmen mit denen nach der Formel 4 gefundenen sehr gut überein, und wir können aus dieser Übereinstimmung den Schluss ziehen, dass für die Berechnung der Monatssummen auch die lineare Gleichung nach ÅNGSTRÖM durchaus genügend ist.

III. Die Ergebnisse

Da es uns in der vorliegenden Arbeit nicht nur darauf ankam, eine kurze Reihe von registrierten mittleren Monatssummen der Globalstrahlung auf eine längere zu reduzieren, sondern nach Möglichkeit auch einen Einblick — wenn auch nur orientierender Art — in die kurzperiodischen Schwankungen der Strahlung zu gewinnen, haben wir die Berechnung nach der Formel 4 durchgeführt und zwar für den Zeitraum 1901—1940. Die Sonnenscheindauer wurde in der bekannten Art mit einem Autographen nach Campbell-Stokes registriert.

Der mittleren Tagessumme der Globalstrahlung liegen also jeweils 40 berechnete Werte zugrunde. In der Abb. 2 (Kurve I) sind die Ergebnisse graphisch dargestellt, allerdings insofern modifiziert als die ursprünglichen Tageswerte nach der Formel $y_{n-1} + 2y_n + y_{n+1}/4$ ausgeglichen sind, um die mehr zufälligen Schwankungen zu eliminieren.

Diese Kurve zeigt in ihrem Verlauf Singularitäten, wie sie auch teilweise von anderen meteorologischen Elementen her bekannt sind. Wir wollen an dieser Stelle nicht näher auf diese Singularitäten eintreten, handelt es sich doch nur um berechnete Werte. Hervorgehoben sei hier jedoch der bekannte Rückgang der Strahlung im Juni als Folge der in dieser Zeit sich häufenden Schlechtwetterlagen mit den bekannten Kälterückfällen. Wenn man bei dieser Kurve auch nicht auf Einzelheiten abstellen darf, so gibt sie doch einen guten Überblick über die Schwankungen der Globalstrahlung.

Kurve II veranschaulicht die Mittelwerte der Strahlung. Es handelt sich hier nicht um die gewöhnlichen Monatsmittel. Diese Mittelwerte wurden gebildet, indem das Jahr in gleich lange Zeitabschnitte von 15,22 Tagen zerlegt wurde und dann übergreifende Mittel gebildet wurden. So erhält man für das Jahr 24 Punkte.

Auch in dieser Kurve kommt die Junidepression noch stark zum Ausdruck. Im Gegensatz zur Kurve der Globalstrahlung an wolkenlosen Tagen (Kurve III), die symmetrisch zum 21./22. Juni verläuft, fällt hier das Maximum auf den Monat Juli, der in Zürich auch die grösste Sonnenscheindauer aufzuweisen hat. Das Minimum fällt auf den Dezember mit den kürzesten Tagen und der grössten Bewölkungsmenge.

In der Tabelle 2 sind nun die Hauptergebnisse unserer Beobachtungen und Berechnungen zusammengefasst: Die erste Kolonne gibt die monatlichen

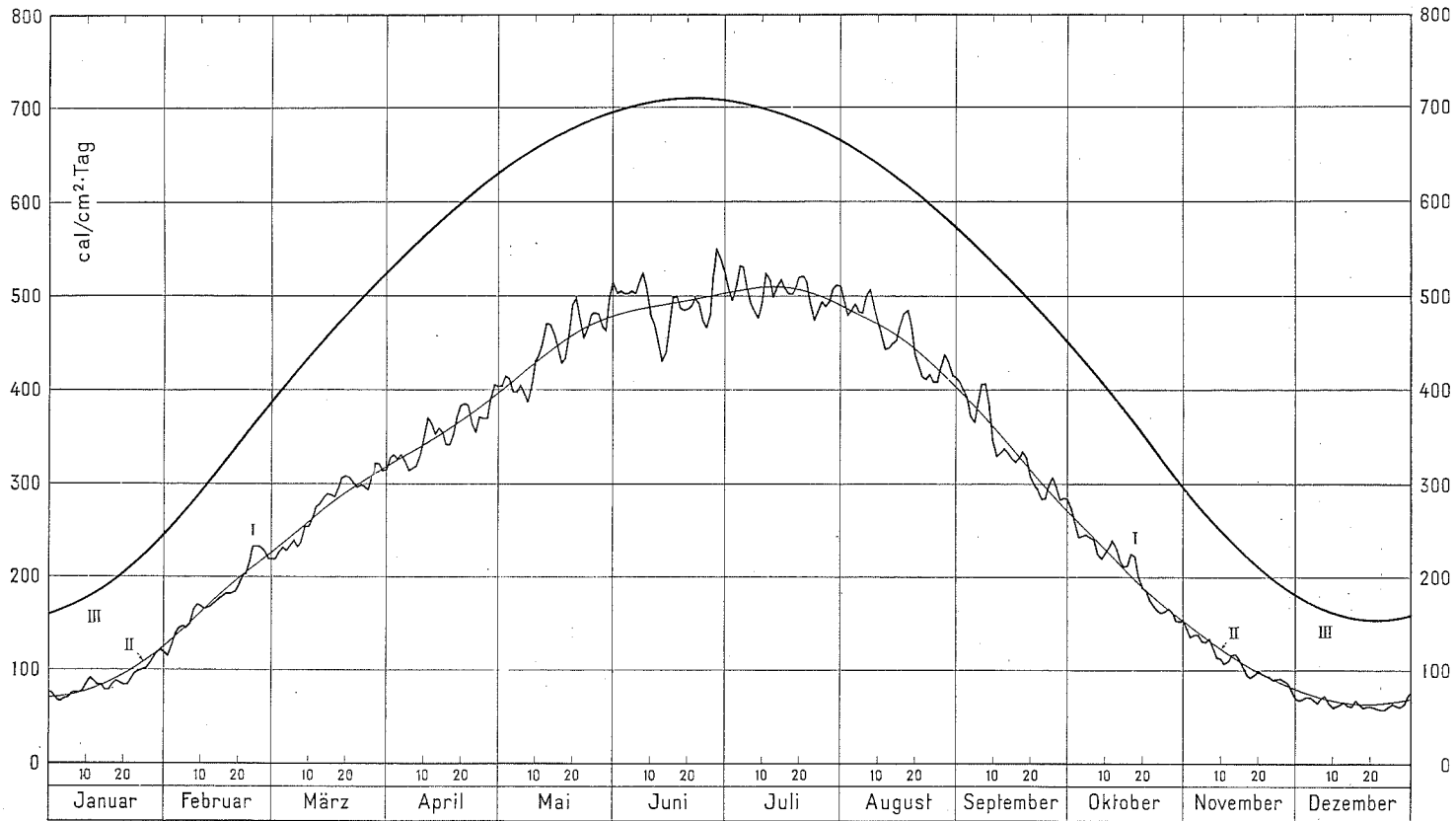


Abb. 2

Die Globalstrahlung in Zürich.

Kurve I: Die mittlere Tagessumme der Globalstrahlung 1901—40

Kurve II: Die Mittelkurve

Kurve III: Die Tagessumme der Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel

Tagesmittel der Strahlung in cal/cm^2 Tag an wolkenlosen Tagen, wie sie aus den Registrierungen mit dem Bimetallaktinographen FUESS-ROBITZSCH an der MZA gewonnen wurden. In der Kolonne 2 sind die Mittelwerte der Globalstrahlung aufgeführt, wie sie sich aus der Formel 4 mit Hilfe der Sonnenscheindauer berechnen lassen³⁾. Das Verhältnis der mittleren zu der an wolkenlosen Tagen möglichen, also die relative Globalstrahlung ist in der dritten Kolonne angegeben. Schliesslich zeigen die vierte und fünfte Kolonne noch die durchschnittlichen Abweichungen vom Monatsmittel und die letzten Kolonnen die Extremwerte und das Jahr ihres Auftretens.

Tabelle 2
Die Globalstrahlung von Zürich in cal/cm^2 Tag
(Berechnete Werte 1901—1940)

Monat	Globalstrahlung an wolkenlosen Tagen	Mittelwert 1901—1940	Relative Globalstrahlung in %	Durchschnittliche Abweichung vom Monatsmittel absolut	Durchschnittliche Abweichung vom Monatsmittel in %	Minimum Jahr	Maximum Jahr
Januar	197	88	45	9	10	67 (1934)	105 (1901,06,18)
Februar	316	179	57	24	13	124 (1924)	236 (1920)
März	460	277	60	34	12	209 (1915)	375 (1938)
April	582	355	61	33	9	275 (1918)	455 (1909)
Mai	668	446	67	41	9	279 (1939)	536 (1901)
Juni	706	492	70	35	7	412 (1916)	564 (1930)
Juli	691	504	73	45	9	403 (1913)	636 (1911)
August	622	455	73	31	7	343 (1912)	551 (1911)
September	514	335	65	37	11	265 (1912)	433 (1929)
Oktober	374	206	55	26	13	140 (1939)	266 (1908,21)
November	232	107	46	11	10	76 (1925)	135 (1911)
Dezember	161	64	40	7	11	49 (1920)	87 (1914)
Jahr	460	292	63	11	4	264 (1939)	326 (1911)

Wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben wurde, wird der grösste Mittelwert im Juli, der tiefste im Dezember erreicht. Die höchsten Werte der

³⁾ Es ist nicht ohne Interesse, zu untersuchen, zu welchen Ergebnissen die lineare Formel 5 führt. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte nach beiden Rechnungsarten angegeben. Im allgemeinen darf die Übereinstimmung als befriedigend betrachtet werden. Prozentual am grössten ist der Fehler in Dezember; in diesem Monat sind bekanntlich auch die registrierten Werte mit der grössten Unsicherheit behaftet.

Formel	Monatsmittel der Globalstrahlung für Zürich nach Formel 4 und 5											Jahr	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N		D
4	88	179	277	355	446	492	504	455	335	206	107	64	292
5	92	175	270	344	428	468	478	430	320	203	111	70	282

relativen Globalstrahlung fallen auf die Monate Juli und August mit 73 %. Sehr kleine Werte weisen November, Dezember und Januar auf, die relative Globalstrahlung bewegt sich hier zwischen 40 und 46 %. In dieser Jahreszeit ist das schweizerische Mittelland bekanntlich sehr lange mit hochnebelartiger Bewölkung bedeckt, das Einsetzen dieser Witterung zeigt sich übrigens schon im Oktober, indem nur etwas mehr als die Hälfte der möglichen Strahlung zur Erde gelangt. Im Jahresmittel beträgt die relative Globalstrahlung 63 %⁴⁾.

Die durchschnittliche Abweichung vom Monatsmittel ist in den Wintermonaten prozentual im allgemeinen grösser als in den Sommermonaten, Februar und Oktober zeigen die grösste, Juni und August die kleinste Abweichung. Die durchschnittliche Abweichung beträgt für die Jahressumme nur 4 %.

Von besonderem Interesse sind noch die Extremwerte. Im Dezember 1920 wurde mit 49 cal/cm² Tag der kleinste, im Juli 1911 mit 636 cal der grösste monatliche Mittelwert festgestellt.

Zum Schluss sei noch kurz auf die Werte der direkten Sonnenstrahlung eingegangen. Wie wir eingangs erwähnten, hat J. MAURER für das Tiefland der nördlichen Schweiz approximative Werte der Sonnenstrahlung, einfallend auf die horizontale Fläche, berechnet, und zwar bei wolkenlosem Himmel und bei mittlerer Bewölkung, d. h. unter Berücksichtigung der Bewölkungsmenge.

In Tabelle 3 sind diese Werte von MAURER in der in der Technik gebräuchlichen Art als Monatssummen in kcal/m² aufgeführt. Daneben haben wir nun unsere Werte der Globalstrahlung gestellt.

In den beiden ersten Kolonnen ist die Strahlung bei wolkenlosem Himmel angegeben, in den beiden folgenden die bei mittlerer Bewölkung. Auch wenn man berücksichtigt, dass die MAURER'schen Werte wohl nur ungefähr in der Grössenordnung richtig sind, so zeigt sich doch sehr eindringlich, wie wenig man bei Berechnungen der Einstrahlung, wie sie beispielsweise von Heiztechnikern angestellt werden, die Himmelsstrahlung vernachlässigen darf. Das tritt natürlich noch viel stärker bei den Werten unter Berücksichtigung der mittleren Bewölkung in Erscheinung.

Zusammenfassend können wir feststellen: Die Beziehung, welche zwischen der Sonnenscheindauer und der Globalstrahlung besteht, gibt uns die Möglichkeit, kürzere Beobachtungsreihen auf längere zu reduzieren, um Normalwerte der Globalstrahlung zu erhalten. Diese Strahlung lässt sich auch für solche in ähnlicher geographischer Lage liegende Orte berechnen, von denen nur Registrierungen der Sonnenscheindauer vorliegen, bei denen man aber voraussetzen darf, dass die Globalstrahlung an wolkenlosen Tagen nicht verschieden ist von der des Bezugsortes. Sofern man nur Monatswerte

⁴⁾ In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass nach P. GÖTZ und A. KREIS die relative UV-Strahlung für Zürich fast die gleiche Grösse hat, nämlich 64 %. Vgl. P. GÖTZ und A. KREIS, Das Ultraviolett-Klima von Chur, Verhandlungen der S.N.G., S. 107—108, Genf 1937.

berechnen will, genügt in den meisten Fällen die einfache lineare Form nach ÅNGSTRÖM. Es wäre zu wünschen, dass an möglichst vielen Stationen Untersuchungen über die Beziehung der Globalstrahlung zur Bewölkung, bzw. Sonnenscheindauer gemacht würden, um nicht nur den Jahresgang der α -Werte, sondern auch ihre Abhängigkeit von anderen Faktoren wie Meereshöhe, Horizontverlauf, Bewölkungsart usw. kennenzulernen.

Tabelle 3

Monatliche, auf die Horizontalfläche einfallende Wärmemenge in kcal/m²

J = direkte Sonnenstrahlung nach J. Maurer

Q = Strahlung von Sonne + Himmel (Globalstrahlung) 1901–1940

Monat	J bei wolken- losem Himmel	Q Globalstrahlung bei wolken- losem Himmel	J bei mittlerer Bewölkung	Q Globalstrahlung bei mittlerer Bewölkung
Januar	34 500	61 000	7 550	27 280
Februar	53 200	88 380	16 450	50 120
März	99 800	142 750	40 300	85 870
April	141 500	174 600	64 650	106 500
Mai	184 600	207 120	86 600	138 260
Juni	194 600	211 820	95 800	147 600
Juli	193 300	214 150	112 000	156 240
August	163 100	192 880	92 800	141 050
September	114 600	154 220	57 000	100 500
Oktober	74 600	115 940	27 900	63 860
November	40 500	69 490	9 950	32 100
Dezember	28 700	49 960	5 050	19 840
Jahr	1 323 000	1 682 310	616 050	1 069 220

Literatur

1. ÅNGSTRÖM, ANDERS: Über den Zusammenhang zwischen Strahlung und Sonnenscheindauer, Biokl. Beibl. der MZ, 1, S. 6, 1934.
2. MAURER, JULIUS: Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Schweizer Alpen, MZ, 33, S. 193, 1916.
3. HOTTINGER, M.: Klima und Grattage in ihren Beziehungen zur Heiz- und Lüftungstechnik, S. 80, Berlin 1838.
4. THAMS, CHR.: Die Strahlung von Sonne + Himmel in Zürich. Annalen der MZA, 1942.
5. PROHASKA, F.: Die Globalstrahlung in Davos, Gerlands Beitr. z. Geophysik, 59, S. 247, 1943.

(Als Manuskript eingegangen am 23. Juni 1944.)