

MEDDELELSER OM GRØNLAND

UDGIVNE AF

KOMMISSIONEN FOR VIDENSKABELIGE UNDERSØGELSER I GRØNLAND

Bd. 187 • Nr. 6

---

---

EXPÉDITION GLACIOLOGIQUE INTERNATIONALE AU GROENLAND  
E.G.I.G. 1967-1968 Vol. 4 No. 6

UNTERSUCHUNGEN  
ZUM STRAHLUNGSHAUSHALT IN  
DER AKKUMULATIONSZONE DES  
GRÖNLÄNDISCHEN INLANDEISES

(Station Carrefour 69°49'25"N, 47°25'57"W, 1850 m)

VON

W. AMBACH und G. MARKL

---

MIT 16 ABBILDUNGEN UND 11 TABELLEN



Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck

København 1983

ISBN 87-17-05113-4  
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI A/S



## Inhalt

Vorwort .....	4
Zusammenfassung .....	5
Summary .....	5
Résumé .....	6
1. Einleitung .....	9
1.1. Arbeitsplatz .....	9
1.2. Instrumentierung .....	9
2. Eichung der Strahlungsmeßgeräte .....	10
2.1. Eichfaktor des Panzeraktinometers Linke-Feußner .....	10
2.2. Bestimmung des Eichfaktors für kurzwellige Strahlung .....	11
2.3. Bestimmung des Eichfaktors für langwellige Strahlung .....	14
2.4. Methoden der Auswertung .....	15
3. Ergebnisse .....	18
3.1. Tagessummen der Strahlungsströme .....	18
3.2. Albedo .....	21
3.3. Tagesgänge der Strahlungsströme .....	24
3.4. Strahlungsströme und Bewölkung .....	26
3.5. Diffuse Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel .....	29
3.6. Direkte Sonnenstrahlung .....	30
3.7. Klimabeobachtungen .....	33
4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußbemerkung .....	34
4.1. Strahlungshaushalt .....	34
4.2. Energiehaushalt .....	35
4.3. Schlußbemerkungen .....	35
Literaturverzeichnis .....	37
Tabellen .....	40



### Zusammenfassung

Die Station Carrefour liegt auf  $\varphi = 69^{\circ}49'25''\text{N}$ ,  $\lambda = 47^{\circ}25'57''\text{W}$  in 1850 m Seehöhe im Akkumulationsgebiet des Grönländischen Inlandeises. Bis auf wenige Tage im Hochsommer, an denen es zu geringfügiger Schmelzung der oberflächennahen Schneeschichten, aber zu keinem Abfluß von Schmelzwasser kommt, ist die Schneedecke trocken. Die Komponenten des Strahlungshaushaltes, wie Globalstrahlung, reflektierte Globalstrahlung, atmosphärische Gegenstrahlung und langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, wurden vom 15. Mai 1967 bis 27. Juli 1967 gemessen und in Stundensummen angegeben. Bei der Auswertung wurden die verschiedenen Eichfaktoren des Lupolengerätes für kurzwellige und langwellige Strahlungsströme berücksichtigt, ferner noch die Abhängigkeit des Eichfaktors von der Sonnenhöhe und der Temperatur.

Die auf ungestörte Schneeverhältnisse korrigierte Albedo erreicht über die gesamte Meßperiode einen Mittelwert von 84.9 %. Ein Tagesgang der Albedo sowie eine Abhängigkeit der Albedo von der Bewölkung werden diskutiert. Für die auf ungestörte Schneeoberfläche korrigierten Werte der Strahlungsbilanz ergibt sich über die gesamte Meßperiode (74 Tage) eine mittlere Tagessumme von  $0.544 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $13 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). Trotz des hohen Energieangebotes durch kurzwellige einfallende Strahlung ist die Gesamtstrahlungsbilanz wegen der hohen Albedo wesentlich von der langwelligen Strahlungsbilanz bestimmt. Innerhalb eines Meßfehlers von 1 % stimmen die Summen der Energiequellen und der Energiesenken des Energiehaushaltes überein. Die direkte Sonnenstrahlung, reduziert auf mittlere Sonnenentfernung, erreicht bei einer Sonnenhöhe von  $40.2^{\circ}$  und einer optischen Luftmasse  $m = 1.15$  mit  $60.71 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.45 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ,  $1012 \text{ Wm}^{-2}$ ) ihren Höchstwert.

G. MARKL

Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck  
Schöpfstraße 41  
A-6020 Innsbruck

W. AMBACH

Institut für Medizinische Physik der Universität Innsbruck  
Müllerstraße 44  
A-6020 Innsbruck

### Summary

#### Study of the radiation balance in the accumulation area of the Greenland Ice Cap

(Carrefour Station,  $\varphi = 69^{\circ}49'25''\text{N}$ ,  $\lambda = 47^{\circ}25'57''\text{W}$ , 1850 m)

The site of measurements is Carrefour Station ( $\varphi = 69^{\circ}49'25''\text{N}$ ,  $\lambda = 47^{\circ}25'57''\text{W}$ , 1850 m) in the accumulation area of the Greenland Ice Cap. In general, the snow surface is dry, only during a few days in midsummer melting occurs without any run off. The radiation fluxes, incoming shortwave radiation, reflected shortwave radiation, incoming longwave radiation and outgoing longwave radiation were measured from

15 May to 27 July 1967 and were evaluated as hourly sums. The difference of the calibration factor for shortwave and longwave radiation as well as the dependence on the calibration factor from the solar elevation angle and the temperature were taken into account.

Over the total period of measurements the albedo amounts to 84,9 % referring to an undisturbed surface of the surrounding. The hourly variation of the albedo and the dependence on the albedo from the cloudiness are discussed. The averaged daily sums of the net radiation balance over the total period of measurements (74 days) amounts to  $0.544 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $13 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). In spite of high values of the incoming shortwave radiation, the net radiation balance is mainly controlled by the longwave radiation balance because of the high albedo. The sum of energy sources equals the sum of energy sinks within an error of measurement of 1 %. The maximum value of the direct solar radiation, corrected for the mean solar distance, amounts to  $60.71 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.45 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ,  $1012 \text{ Wm}^{-2}$ ) at the solar elevation angle of  $40.2^\circ$  and an optical air mass of  $m = 1.15$ .

### Résumé

#### Considérations sur le bilan radiatif dans la région d'accumulation au Groenland

(Station Carrefour,  $\varphi = 69^\circ 49' 25'' \text{N}$ ,  $\lambda = 47^\circ 25' 57''$ , 1850 m)

La Station de Carrefour ( $\varphi = 69^\circ 49' 25'' \text{N}$ ,  $\lambda = 47^\circ 25' 57'' \text{W}$ , 1850 m) se trouve dans la région d'accumulation de l'Inlandsis de Groenland. La surface de neige se fond seulement pour une période de quelque jours et on peut éliminer la supposition d'un écoulement de l'eau fondante. Les composantes du bilan radiatif ont été mesurées entre le 15 Mai 1967 et le 27 Juillet 1967. On a tenu compte des différences de l'étalonnage de l'instrument Lupolen (Schulze) pour les ondes courtes et les ondes longues et de la dépendance du facteur d'étalonnage de la température et de l'altitude du soleil.

La valeur moyenne de l'albedo pour toute la période attend une valeur de 84,9 %. La variation cotidienne de l'albedo et la dépendance de l'albedo de la nébulosité ont été discutées. Le bilan radiatif pour toute la période des mesures (74 jours) donne la valeur moyenne par jour de  $0.544 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $13 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). Malgré les grandes valeurs du rayonnement global incidente le bilan radiatif d'une couche de neige avec des hautes valeurs de l'albedo dépend du rayonnement effectif. La radiation solaire directe, après avoir été réduite à distance solaire moyenne, attend sa valeur maximal de  $60.71 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.45 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ) à une altitude solaire de  $40.2^\circ$  et une masse d'air  $m = 1.15$ .

## VORWORT

In der vorliegenden Arbeit werden als Einheit sowohl  $\text{MJm}^{-2}$  pro Zeiteinheit als auch  $\text{calcm}^{-2}$  pro Zeiteinheit verwendet. Für die Gesamtstrahlungsbilanz und die reflektierte Globalstrahlung werden je zwei Werte angegeben, einerseits für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, andererseits für eine ungestörte Schneeoberfläche der Umgebung. Für einen Vergleich des Strahlungshaushaltes mit dem anderer Stationen ist der Wert für eine ungestörte Schneeoberfläche zutreffend.

Unser Dank gilt der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, insbesondere Herrn Univ. Prof. Dr. F. STEINHAUSER, für die Förderung der Beteiligung an der Expedition und für die finanzielle Unterstützung der Auswertarbeiten.



## 1. EINLEITUNG

### 1.1 Arbeitsplatz

Vom 13. Mai bis 28. Juli 1967 wurden auf dem Grönländischen Inlandeis im Akkumulationsgebiet an der Meßstelle Station CARREFOUR ( $\varphi = 69^{\circ}49'25''\text{N}$ ,  $\lambda = 47^{\circ}25'57''\text{W}$ , 1850 m Seehöhe) im Rahmen einer Energiehaushaltsstudie Strahlungsmessungen durchgeführt. Diese Meßreihe ist Teil einer größeren Energiehaushaltsstudie, die weitere Messungen im Ablations- und Akkumulationsgebiet des Grönländischen Inlandeises umfaßt. So wurden von AMBACH (1963, 1977a) Messungen des Strahlungs- und Energiehaushaltes in der Ablationszone während der Internationalen Glaziologischen Grönland Expedition 1959 in CAMP IV-EGIG I ( $\varphi = 69^{\circ}40'05''\text{N}$ ,  $\lambda = 49^{\circ}37'58''\text{W}$ , 1013 m Seehöhe) durchgeführt, ebenso von Reinwarth in der Akkumulationszone an der Station JARL-JOSET ( $\varphi = 71^{\circ}21,3'\text{N}$ ,  $\lambda = 33^{\circ}28,0'\text{W}$ , 2867 m Seehöhe) in den Jahren 1959/60 und 1967.

Die Meßstelle befand sich ca. 150 m vom Wohnlager der Station Carrefour entfernt, wobei darauf Bedacht genommen wurde, daß bei den überwiegend vorherrschenden E bis SE Winden keine Störung der Meßstelle durch Driftschneeablagerungen oder Verschmutzung auftrat. Während der gesamten Meßperiode konnte nur kurzzeitig Schmelzung der oberflächennahen Schneeschichten beobachtet werden. Ein Abrinnen von Schmelzwasser kann ausgeschlossen werden. Die zur Messung der Strahlungsströme verwendeten Instrumente waren auf einer an vier Pegeln fix verankerten Schiene montiert. Die Art dieser Aufstellung bedingt eine geringfügige Veränderung der Albedo zufolge Schattenbildung durch die Schiene und eine gegenüber der Umgebung veränderten Schneeoberfläche. Die zur Aufzeichnung der Strahlungsströme benötigten Registriergeräte waren in einem ca. 30 m von der Meßstelle entfernten, stabilen und gut isolierten Raum untergebracht.

### 1.2 Instrumentierung

Zur Messung der Strahlungsströme standen als Strahlungsempfänger zwei Solarimeter Moll-Gorczynski (Kipp & Zonen, Delft, G 18-1012 und G 18-1038) und ein Bilanzmesser nach R. SCHULZE, Lupolengerät

(B. Lange, Berlin) zur Verfügung. Die Registrierung erfolgte mit einem 6-Farben Fallbügelschreiber TH 6 CH (Hartmann & Braun, Nr. 2747546, 500 Ohm Innenwiderstand, 20  $\mu$ A Vollausschlag, Punktfolge 1 Minute). Die Instrumententemperatur des Lupolengerätes wurde mit Thermoelementen gemessen, die Referenzlötstelle der Thermokette befand sich in 2.65 m Tiefe im Schnee. Die Registrierung der Instrumententemperatur erfolgte mittels eines 2-Farben Fallbügelschreibers TH 2 LH (Hartmann & Braun, Nr. 2740190, 13 Ohm Innenwiderstand, 75  $\mu$ A Vollausschlag, Punktfolge 1 Minute). Die absolute Temperatur an der Referenzlötstelle der Instrumententemperatur wurde mit einem Platin Widerstandsthermometer in Verbindung mit einem Kreuzspulschreiber registriert.

Aktinometermessungen zur Bestimmung der direkten Sonnenstrahlung und zur Eichung der fix montierten Strahlungsempfänger erfolgten mittels eines Panzeraktinometers Linke-Feußner (Kipp & Zonen, Nr. G 10-109, 72 Ohm Innenwiderstand) in Verbindung mit einem Zeigermillivoltmeter (Kipp & Zonen, Nr. 111962, 50 Ohm Innenwiderstand). Mit Hilfe eines kleinen tragbaren Solarimeters Moll-Gorczynski (Kipp & Zonen) und desselben Zeigermillivoltmeters konnten fallweise zusätzliche Messungen der Albedo an verschiedenen Meßstellen in der Umgebung durchgeführt werden. Die hier angeführten Meß- und Registriergeräte wurden bereits bei der Internationalen Glaziologischen Grönland Expedition 1959 in Station CAMP IV-EGIG I verwendet (W. AMBACH 1963) und sind daher für einen Vergleich beider Stationen besonders gut geeignet. Meßanordnung und Instrumentierung zur Erfassung der weiteren Komponenten des Wärmehaushaltes sind bei AMBACH (1977b) beschrieben. Zusätzlich wurden noch 3 mal täglich (7<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup>, 21<sup>h</sup>) Messungen von Luftdruck, trockener und feuchter Temperatur, Windrichtung und Windstärke durchgeführt. Schätzungen der Bewölkungsmenge und der Bewölkungsart erfolgten stündlich.

## 2. EICHUNG DER STRAHLUNGSMESSGERÄTE

### 2.1 Eichfaktor des Panzeraktinometers Linke-Feußner

Das während der Feldmessungen benützte Panzeraktinometer Linke-Feußner G 10-109 wurde 1968 in Innsbruck mit dem Michelson-Marten Bimetallaktinometer Nr. 346 geeicht. Der Temperaturbereich der Instrumententemperatur des Panzeraktinometers reichte dabei von 9.9°C bis 36.3°C. Das Michelson-Marten Bimetallaktinometer Nr. 346 war wiederum im Jahre 1956 am Physikalischen-Meteorologischen Observatorium in Davos über das Original Michelson-Marten Bimetallaktinometer Nr.



5100 geeicht worden. Dabei wurde beim Panzeraktinometer nicht die Leerlaufempfindlichkeit gemessen, sondern der Eichfaktor im Zusammenhang mit dem Anzeigegerät bestimmt. Der Eichfaktor  $f_0$  oder die Empfindlichkeit  $s_0$  ergibt in Kombination mit dem Anzeigegerät (1000 Skalenteile Vollausschlag)

$$f_0 = 0.79339 \text{ kJ m}^{-2} \text{ min}^{-1} \text{ Skt}^{-1} \quad (0.01895 \text{ calcm}^{-2} \text{ min}^{-1} \text{ Skt}^{-1})$$

$$s_0 = 1.26 \text{ mV kJ}^{-1} \text{ m}^2 \text{ min}^{-1} \quad (5.28 \text{ mV cal}^{-1} \text{ cm}^2 \text{ min}^{-1})$$

Temperaturabhängigkeit:  $0.28 \text{ \% } ^\circ\text{C}^{-1}$

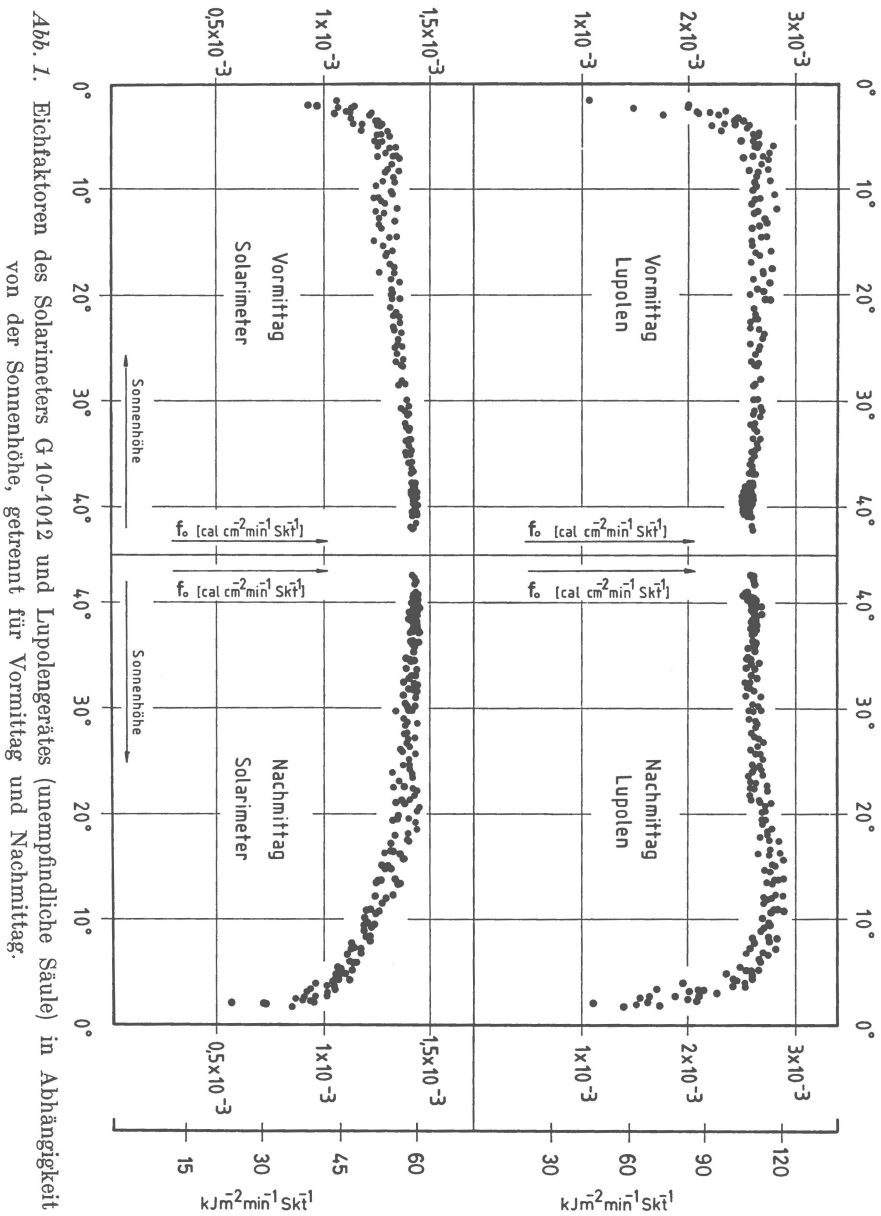
Dieser Eichfaktor stimmt gut mit jenen Werten überein, die vor der Expedition in Innsbruck ebenfalls durch Vergleichsmessungen unter Verwendung des genannten Bimetallaktinometers Michelson-Marten gewonnen wurden (W. AMBACH 1963, H. ROTT 1974). Auch die Temperaturabhängigkeit des Eichfaktors des Panzeraktinometers Linke-Feußner, die sich sowohl aus jener der Moll'schen Thermosäule des Aktinometers wie der des Widerstandes des Voltmeters ergibt, liegt in dem in der Literatur zitierten Wertebereich (P. BENER 1951, IGY-Instruction Manual 1958, W. AMBACH 1963, N. ROBINSON 1966).

## 2.2 Bestimmung des Eichfaktors für kurzwellige Strahlung

An den Tagen 24. bis 28. Mai, 6. und 24. Juli 1967 konnten bei geeignetem Strahlungswetter die nach oben gerichteten Thermosäulen, nämlich die Thermosäule des Solarimeters G 18-1012 und eine Thermosäule des Lupolengerätes (unempfindliche Thermosäule) im kurzwelligen Bereich mittels des Abschatteverfahrens und des Panzeraktinometers G 10-109 geeicht werden. Beide erwähnten Thermosäulen wurden während der gesamten Meßperiode zur Registrierung der einfallenden Strahlungsströme verwendet.

### a) Abhängigkeit der Eichfaktoren von der Sonnenhöhe

Es wurde darauf Bedacht genommen, daß der Eichfaktor der verwendeten Thermosäulen eine signifikante Abhängigkeit von der Sonnenhöhe aufweist (H. HOINKES 1959, W. AMBACH 1963), so daß die Eichungen möglichst bei allen Sonnenhöhen am Vormittag und Nachmittag durchgeführt wurden. Durch die konstant bleibende Orientierung der Aufstellung ist damit gleichzeitig der Azimuteffekt des Eichfaktors berücksichtigt. Die beiden Thermosäulen wurden abwechselnd je 18 Minuten abgeschattet bzw. der direkten Sonne exponiert. Während dieser Zeitspanne wurde eine Messung der direkten Sonnenstrahlung mittels des Panzeraktinometers vorgenommen. Die Zeitspanne von 18 Minuten war nötig, um am 6-Farbenschreiber drei Registrierpunkte je Thermosäule



zu erhalten. Die längste durchgehende Meßserie ging vom 26. Mai 1967 9.00 Uhr bis 28. Mai 1967 22.54 Uhr (WSZ) und umfaßte 189 Aktinometermessungen. Insgesamt konnten zur Eichung jeder Thermosäule 389 Aktinometermessungen herangezogen werden. Die dabei gewonnenen Eichfaktoren für kurzwellige Strahlung für die Thermosäule G 18-1012

des Solarimeters und für eine Thermosäule des Lupolengerätes (unempfindliche Säule) sind in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe getrennt für Vormittag und Nachmittag in Abb. 1 dargestellt.

#### b) Abhängigkeit des Eichfaktors von der Temperatur

Die Eichfaktoren sind mit den von HOINKES (1959) für die verwendeten Thermosäulen und mit den von AMBACH (1963) für die entsprechenden Widerstandskreise gefundenen Werte auf 0°C reduziert. Die daraus resultierenden Temperaturkoeffizienten für die so geeichte Kombination Thermosäule und Schreiber, sowie für die zwei weiteren nach unten gerichteten Thermosäulen betragen:

Solarimeter G 18-1012	0.28 ‰ °C <sup>-1</sup>
Solarimeter G 18-1038	0.28 ‰ °C <sup>-1</sup>
Lupolen unempfindliche Säule	0.49 ‰ °C <sup>-1</sup>
Lupolen empfindliche Säule	0.37 ‰ °C <sup>-1</sup>

#### c) Eichfaktoren und Charakteristik der Einstrahlung

Die Abhängigkeit des Eichfaktors von der Sonnenhöhe bildet die Grundlage zur Bestimmung der Eichfaktoren für Bedingungen mit nicht ausschließlich gerichteter Strahlung. Es wird dabei das Verfahren von LILJEQUIST (1956) angewandt, wobei nur eine Sonnenhöhenabhängigkeit und keine Intensitätsabhängigkeit des Eichfaktors vorausgesetzt wird. Die Berechnung des Eichfaktors für diffuse kurzwellige Strahlung beruht darauf, daß bei einer angenommenen bestimmten räumlichen Verteilung der Strahlung, die aus verschiedenen Richtungen kommenden Beiträge der Strahlung mit dem entsprechendem Gewicht der Empfindlichkeit berechnet werden. Für die diffuse isotrope Intensitätsverteilung, wie sie näherungsweise für einen von einer Schneeoberfläche zurückgestrahlten Strahlungsstrom gelten kann, wird der Eichfaktor  $f_1$  nach dem Integral

$$\frac{1}{f_1} = \int_0^{\pi/2} \frac{\sin 2h}{f(h)} dh$$

berechnet. Darin bedeuten

$h$  . . . . . Sonnenhöhe

$f(h)$  . . . . . Abhängigkeit des Eichfaktors von der Sonnenhöhe.

Für den Eichfaktor  $f_H$ , gültig für die diffuse Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel, wird angenommen, daß der Betrag der diffusen Strahlung der durchstrahlten Luftmasse proportional ist. Die Berechnung erfolgt nach dem Integral

$$\frac{1}{f_H} = \int_0^{\pi/2} \frac{\cos h}{f(h)} dh$$

Beide Integrale werden graphisch berechnet.

#### d) Eichfaktor für die nach unten gerichteten Thermosäulen

Die Eichfaktoren für die nach unten gerichteten Thermosäulen wurden durch Parallelmessungen mit den geeichten Thermosäulen sowohl bei wolkenlosem wie bedecktem Himmel gewonnen. Bei diesen Parallelmessungen wurde nicht berücksichtigt, daß der Eichfaktor auch davon abhängt, ob die Thermosäule nach oben oder unten gerichtet ist. Für die beiden Orientierungen gegen die Schwere treten unterschiedliche thermische Schichtungen zwischen Haube und Thermosäulen auf, wodurch die Empfindlichkeit beeinflußt werden kann. Nach theoretischen Überlegungen von OHMURA (1978) kann der Einfluß der Orientierung bei Lupolengeräten bis zu 5 % betragen.

Die mittlere Windgeschwindigkeit während der Meßperiode betrug als Mittel aus den Terminbeobachtungen  $5.8 \text{ ms}^{-1}$ . Eine gute Ventilierung der Hauben war somit gegeben. Damit ist ein Einfluß der Windgeschwindigkeit auf den Eichfaktor des Lupolengerätes nur in außergewöhnlichen Situationen gegeben, nämlich in Stunden mit besonders geringer Windgeschwindigkeit. Nur 4 % der Terminbeobachtungen ergaben Windstille.

Bei angenommenen gleichbleibenden Trübungsverhältnissen über einen Tag ergibt sich eine numerische Kontrolle der unterschiedlichen Eichfaktoren für den Vormittag und den Nachmittag. An wolkenlosen Tagen müssen die Halbtageessummen der Globalstrahlung für den Vormittag und Nachmittag den gleichen Wert ergeben. Die Symmetrie für die Halbtageessummen ist befriedigend erfüllt (Tab. 1). Die etwas größere Differenz von 0.8 % am 26. Mai 1967 kann ihre Ursache in einem stärkeren oberflächennahen Schneefegen und einer dadurch veränderten Trübung der bodennahen Luftschicht am Vormittag desselben Tages haben. Für die reflektierte Globalstrahlung ergeben sich etwas größere Unterschiede in den Halbtageessummen (Tab. 2). Der Grund dafür dürfte aber in der nicht völlig horizontalen Schneeoberfläche liegen.

### 2.3 Bestimmung der Eichfaktoren für langwellige Strahlung

Die unterschiedliche Empfindlichkeit lupolengeschützter Thermosäulen im kurzwelligen und langwelligen Spektralbereich machen eine eigene Eichung im langwelligen Spektralbereich notwendig (H. HINZPETER 1961, R. SCHULZE 1962, L. WARTENA et al. 1966, C. L. PALLAND & WARTENA 1968). Verschiedene Verfahren zur Bestimmung dieser Eichfaktoren

wurden bei AMBACH et al. (1965) angeführt und diskutiert. Nach der Expedition wurde die Haubenextinktion mit drei verschiedenen Methoden im langwelligen Spektralbereich überprüft. Es sei noch erwähnt, daß die hier verwendeten Lupolenhauben bereits in der Antarktis (H. HOINKES 1961) und in Grönland in CAMP IV-EGIG I (W. AMBACH 1963) in Verwendung waren. Sie entsprechen zwar nicht mehr dem neuesten Stand der Technik, doch sind diese Hauben durch ihre Robustheit besonders für den Dauereinsatz in Polargebieten geeignet. Für die Haube A (Dicke 0.145 mm) und Haube B (Dicke 0.158 mm) ergaben sich für den Quotienten aus durchgelassenem langwelligem Strahlungsstrom zu einfallendem langwelligem Strahlungsstrom die Transmissionswerte  $\tau_A = 0.74$  und  $\tau_B = 0.70$  bezogen auf  $0^\circ\text{C}$  und einer mittleren Ventilation der Hauben von  $5 \text{ ms}^{-1}$ . Ähnliche Werte werden auch von SCHULZE (1962), AMBACH et al. (1965), WARTENA et al. (1966) und DÄKE (1971) angegeben. Der Eichfaktor  $f_{1w}$  für die langwellige Strahlung berechnet sich somit aus

$$f_{1w} = f_{kw1} \times 0.94 \times 1.08 \times \frac{1}{\tau}$$

dabei bedeuten:

- $f_{kw1}$  ... Eichfaktor für kurzwellige isotrope Strahlung
- 0.94 ... kurzwellige Haubenkorrektur (W. AMBACH et al. 1965)
- 1.08 ... Schwärzungskorrektur der Thermosäule (C. L. PALLAND & WARTENA 1968)
- $\tau$  ..... Transmission der Lupolenhaube für langwellige Strahlung

Für die Eichfaktoren für langwellige Strahlung erhält man somit:

$$\text{Haube A: } f_{1w} = f_{kw1} \times 1.36$$

$$\text{Haube B: } f_{1w} = f_{kw1} \times 1.45.$$

## 2.4 Methoden der Auswertung

### a) Berechnung der langwelligen Strahlungsströme

Wegen des unterschiedlichen Eichfaktors des Lupolengerätes für den kurzwelligen und langwelligen Anteil der Strahlung muß ein getrenntes Auswerteverfahren für die beiden Strahlungsströme angewandt werden, auch getrennt für die nach oben und unten gerichtete Thermosäule. Die einzelnen Schritte zur Bestimmung der langwelligen Strahlungsströme sind:

- Berechnung des nur durch den kurzwelligen Strahlungsstrom bedingten Anteils des Ausschlags am Lupolengerät unter Verwendung der Registrierung des Solarimeters:

$$S_{\text{kw Lu}} = S_{\text{sol}} \frac{f_{\text{sol}}}{f_{\text{kw Lu}}}$$

Darin bedeuten:

- $S_{\text{kw Lu}}$  ... Skalenteile am Lupolengerät, entsprechend dem kurzwelligen Strahlungsstrom  
 $S_{\text{sol}}$  ..... Skalenteile des Ausschlags des Solarimeters  
 $f_{\text{sol}}$  ..... Eichfaktor für das Solarimeter  
 $f_{\text{kw Lu}}$  .... kurzwelliger Eichfaktor für das Lupolengerät

- Berechnung des nur durch den langwelligen Strahlungsstrom bedingten Anteils des Ausschlags am Lupolengerät durch Differenzbildung:

$$S_{\text{lw Lu}} = S_{\text{Lu}} - S_{\text{kw Lu}}$$

Darin bedeuten:

- $S_{\text{lw Lu}}$  .... Skalenteile am Lupolengerät, entsprechend dem langwelligen Strahlungsstrom  
 $S_{\text{Lu}}$  ..... Skalenteile am Lupolengerät, Gesamtwert

- Berechnung der Energie der langwelligen Strahlungsbilanz der Thermosäule unter Verwendung des Eichfaktors für langwellige Strahlung  $f_{\text{lw}}$  des Lupolengerätes:

$$E_{\text{lw}} = \left( S_{\text{Lu}} - S_{\text{sol}} \frac{f_{\text{sol}}}{f_{\text{kw Lu}}} \right) f_{\text{lw}}$$

- Berechnung der auf die Thermosäule einfallenden langwelligen Strahlungsströme durch Addition von  $\sigma T_1^4$ :

$$A = E_{\text{lw o}} + \sigma T_1^4$$

$$E = E_{\text{lw u}} + \sigma T_1^4$$

Darin bedeuten:

- $A$  ..... atmosphärische Gegenstrahlung  
 $E$  ..... langwellige Ausstrahlung der Oberfläche  
 $E_{\text{lw o}}$  .... Strahlungsbilanz der Thermosäule gegen den oberen Halbraum  
 $E_{\text{lw u}}$  .... Strahlungsbilanz der Thermosäule gegen den unteren Halbraum  
 $T_1$  ..... Instrumententemperatur, kontinuierlich registriert.  
 $\sigma$  ..... Stefan-Boltzmann Konstante

### b) Berechnung der kurzwelligen Strahlungsströme

Bei der Bestimmung der kurzwelligen Strahlungsströme wurden sowohl beim Solarimeter als auch beim Lupolengerät folgende Abhängigkeiten berücksichtigt:

- Abhängigkeit des Eichfaktors von der Temperatur
- Abhängigkeit des Eichfaktors von der Sonnenhöhe
- Abhängigkeit des Eichfaktors von der Charakteristik des Strahlungsstromes durch Beurteilung ob vorwiegend gerichtete oder diffuse Strahlung vorherrscht.

Für die Auswertung des einfallenden kurzwelligen Strahlungsstromes wurde bei einer Bewölkung  $< 4/10$  der Eichfaktor für kurzwellige gerichtete Strahlung  $f_{kw}$  in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe (Abb. 1) und bei einer Bewölkung  $\geq 4/10$  der Eichfaktor für diffuse isotrope Strahlung  $f_i$  verwendet. Der kurzwellige reflektierte Strahlungsstrom wurde stets mit dem diffusen isotropen Eichfaktor berechnet.

Der Anteil der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung konnte nur an den Eichtagen bestimmt werden. Die Methode der Abschattung zur Eichung des Solarimeters vor Sonne ermöglicht die getrennte Auswertung des Anteils der diffusen Himmelsstrahlung, für den der entsprechende Eichfaktor verwendet werden muß. Da der Anteil der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel bis zu 100 % betragen kann, wurde an den Eichtagen bei einer Sonnenhöhe kleiner  $10^\circ$ , je nach Größe des Anteils der Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung, ein gewichteter Eichfaktor verwendet. An den anderen Tagen konnte diese Korrektur nicht erfolgen. Wegen der geringen Energie der diffusen Himmelsstrahlung an wolkenlosen Tagen ist dies für den Strahlungshaushalt bedeutungslos. Der Anteil der Globalstrahlung für die Stunden 00 Uhr – 04 Uhr und 20 Uhr – 24 Uhr (Sonnenhöhe kleiner  $10^\circ$ ) beträgt an der Tagessumme der Globalstrahlung nur 5 %. Der Anteil der diffusen Himmelsstrahlung beträgt für dieselben Stundenintervalle an der Tagessumme der Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel 2.5 %.

Die mit den verschiedenen Eichfaktoren berechneten Stundensummen der Globalstrahlung, der reflektierten Globalstrahlung, der atmosphärischen Gegenstrahlung und der langwelligen Ausstrahlung der Schneeoberfläche sind in Tab. 3 bis 6, die Tagessummen in Tab. 7 zusammengestellt.

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Tagessummen der Strahlungsströme

In Abb. 2 ist der zeitliche Verlauf der Tagessummen der Strahlungsströme der einfallenden extraterrestrischen Strahlung auf eine horizontale Fläche  $I_{\text{ex}}$ , der Globalstrahlung  $G$ , der reflektierten Globalstrahlung  $R$ , der kurzwelligen Strahlungsbilanz  $G-R$ , der langwelligen Strahlungsbilanz  $A-E$  und der Gesamtstrahlungsbilanz  $B$ , sowie das 24-stündige Tagesmittel der Bewölkung dargestellt. Aus dem Verlauf der extraterrestrischen Strahlung ist dabei die zeitliche Symmetrie der Meßperiode zum Sonnenhöchststand ersichtlich. Die Werte des einfallenden extraterrestrischen Strahlungsstromes schwanken zwischen  $34.3 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $820 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) am 15. Mai 1967 und am 27. Juli 1967 und  $42.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $1012 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) am 22. Juni 1967. Auf Grund der atmosphärischen Einflüsse, wie Trübung und Bewölkung, erreicht die Globalstrahlung im Mittel über die gesamte Meßperiode 76 % der angebotenen extraterrestrischen Strahlung. Die Variationsbreite der Schwächung der Globalstrahlung durch Bewölkung kann man am folgenden Beispiel erkennen. Während sich die extraterrestrische Strahlung zwischen 15. Juni und 19. Juni 1967 von  $41.9 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $1001 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) auf  $42.3 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $1010 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) nur um 1 % ändert, ändert sich die Globalstrahlung in dieser Periode von  $24.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $582 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) auf  $35.2 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $841 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) um 44 %, wobei das 24-stündige Mittel der Bewölkung in dieser Periode zwischen 10/10 und 2/10 schwankt. Über die gesamte Meßperiode variiert die Tagessumme der Globalstrahlung zwischen  $35.6 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $850 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und  $21.6 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $516 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ).

Eindeutig ist auch in Abb. 2 der gegenphase Verlauf der kurzwelligen und langwelligen Strahlungsbilanz zu erkennen, der auf zwei Ursachen zurückzuführen ist. Einerseits wird die langwellige Strahlungsbilanz  $A-E$  mit zunehmender Bewölkung weniger negativ, andererseits wird die kurzwellige Strahlungsbilanz  $G-R$  aus zwei Gründen mit zunehmender Bewölkung geringer: zufolge verminderter Einstrahlung bei starker Bewölkung und einer im Mittel höheren Albedo der Oberfläche, da starke Bewölkung häufig mit Neuschneefällen verbunden ist. Die Tagessumme der Gesamtstrahlungsbilanz bewegt sich während der gesamten Meßperiode zwischen  $-0.042 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $-1 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und  $4.552 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $108 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß die angegebenen Werte der Strahlungsströme nur für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte gelten. Der Unterschied zwischen der ungestörten Schneeoberfläche der Umgebung und dem Aufstellungsort der Geräte wurde durch vergleichende Albedomessungen erfaßt. Diese Vergleichsmessungen wurden mit einem tragbaren, kar-



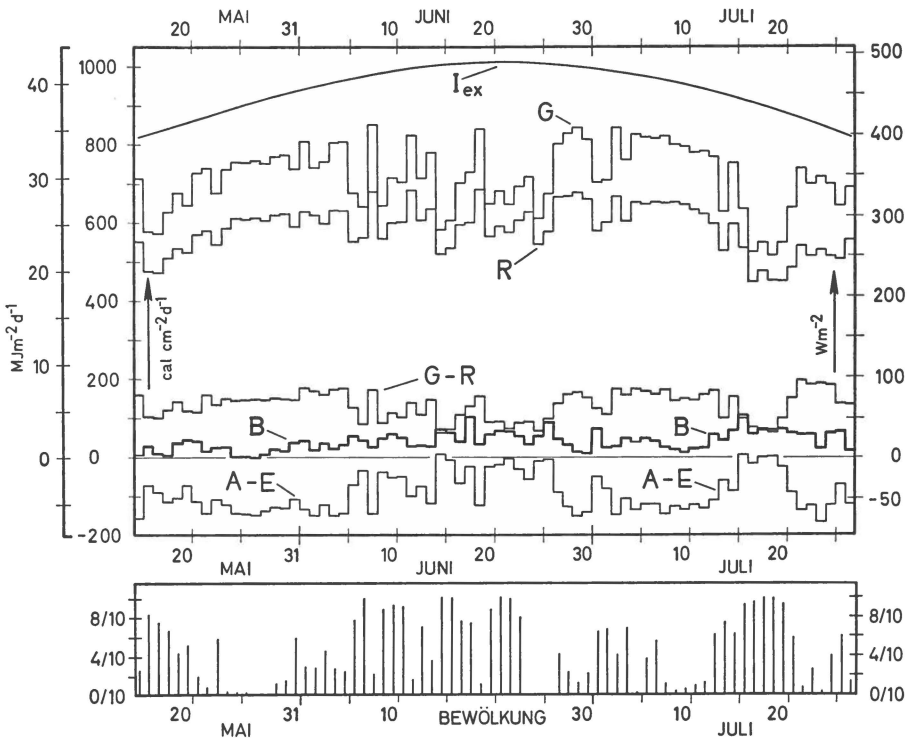


Abb. 2. Tagessummen der extraterrestrischen kurzwelligen Einstrahlung  $I_{ex}$ , der Globalstrahlung  $G$ , der reflektierten Globalstrahlung  $R$ , der kurzwelligen Strahlungsbilanz  $G-R$ , der langwelligen Strahlungsbilanz  $A-E$ , der Gesamtstrahlungsbilanz  $B$  und des 24-stündigen Mittels der Bewölkung.

danisch aufgehängten Solarimeter durchgeführt, das sowohl nach oben wie nach unten exponiert wurde. Dabei wurde, als Mittel aller Werte bei verschiedenen Bedeckungsgraden des Himmels, in der ungestörten Umgebung eine um 3.5 % höhere Albedo gefunden. Dieser Unterschied kann auf den Schattenwurf durch die Halterung der Geräte, auf die Oberflächenveränderung und die Oberflächenverschmutzung durch Wartungsarbeiten und auf Veränderungen durch Schneedrift zurückgeführt werden. Selbst bei white out konnte unter der Halterung der Geräte noch ein leichter Schatten bemerkt werden. Die Korrektur der Strahlungsströme auf eine ungestörte Umgebung zufolge des Albedounterschiedes ist für die Energiehaushaltsberechnung von ausschlaggebender Bedeutung. Die Gesamtstrahlungsbilanz verschiebt sich damit zu geringeren Werten. An Tagen mit geringer Bewölkung ergeben sich für die ungestörte Umgebung durchwegs negative Tagessummen der Gesamtstrahlungsbilanz.

Aus Abb. 2 erkennt man auch, daß die Gesamtstrahlungsbilanz derart mit der Bewölkung gekoppelt ist, daß bei zunehmender Bewölkung

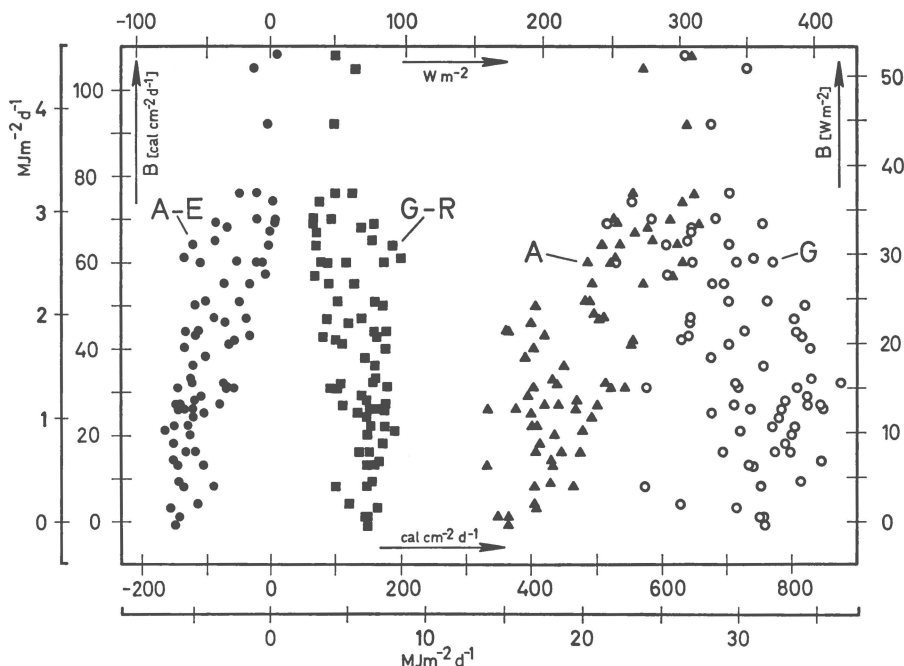


Abb. 3. Beziehung zwischen der Gesamtstrahlungsbilanz B und der langwelligen Strahlungsbilanz A-E, der kurzwelligen Strahlungsbilanz G-R, der atmosphärischen Gegenstrahlung A und der Globalstrahlung G.

eine positivere Gesamtstrahlungsbilanz resultiert als an Vergleichstagen mit geringer Bewölkung. Diese Erscheinung wurde als Paradoxon des Strahlungshaushaltes von Schneeoberflächen mit hoher Albedo formuliert (W. AMBACH 1974). Der Grund liegt in einer bedeutend stärkeren Abhängigkeit der langwelligen Strahlungsbilanz von der Bewölkung im Vergleich zur Abhängigkeit der kurzwelligen Strahlungsbilanz.

Abb. 3 gibt die Beziehung der Tagessummen der Globalstrahlung G, der atmosphärischen Gegenstrahlung A, der kurzwelligen Strahlungsbilanz G-R und der langwelligen Strahlungsbilanz A-E mit der Gesamtstrahlungsbilanz wieder. Aus Abb. 3 ist ersichtlich, daß z.B. bei einer kurzwelligen Strahlungsbilanz G-R von  $5.0 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $119 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) eine Streubreite der Tagessummen der Gesamtstrahlungsbilanz B zwischen  $0.167 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $4 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und  $4.522 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $108 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) vorkommt. Bedingt durch die Bewölkung ergibt sich der niedere Wert der Gesamtstrahlungsbilanz bei einer stark negativen langwelligen Strahlungsbilanz und der hohe Wert der Gesamtstrahlungsbilanz bei einer schwach positiven langwelligen Strahlungsbilanz. Gleichzeitig erkennt man aus Abb. 3, daß hohe Werte der atmosphärischen Gegenstrahlung A mit hohen Werten der Gesamtstrahlungsbilanz positiv

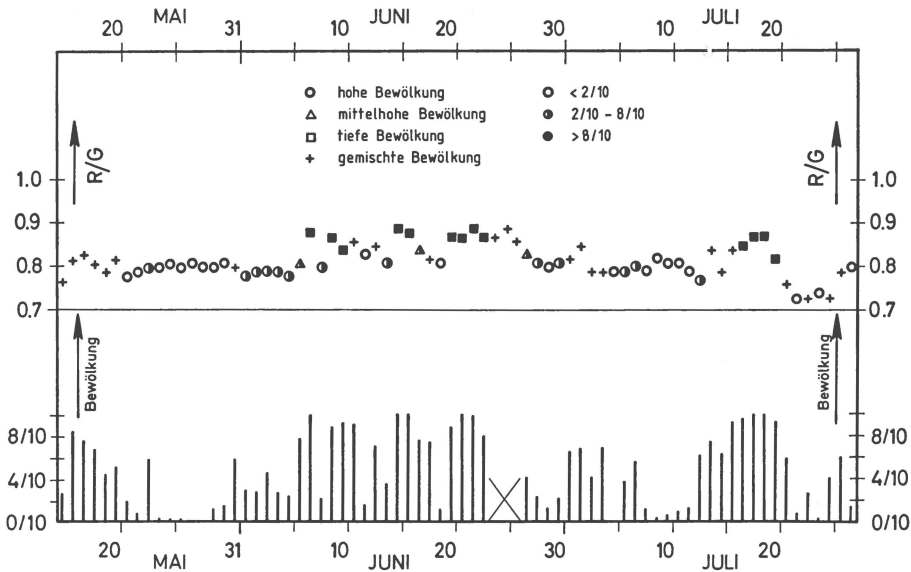


Abb. 4. Verlauf der Albedo  $R/G$  aus Tagessummen und 24-stündiges Mittel der Bewölkung, aufgegliedert nach Art der Bewölkung und Bedeckungsgrad.

korreliert sind. Dies ist ein weiterer Hinweis auf den starken Einfluß, den die Bewölkung über die atmosphärische Gegenstrahlung und die langwellige Strahlungsbilanz auf die Gesamtstrahlungsbilanz bei hoher Albedo ausübt. Die Tagessummen der langwelligen Strahlungsbilanz schwanken während der gesamten Meßperiode zwischen  $-6.950 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $-166 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und  $0.376 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $9 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ), die der atmosphärischen Gegenstrahlung zwischen  $13.8 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $330 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und  $27.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $655 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ).

### 3.2 Albedo

Der Verlauf der Albedo am Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, ermittelt aus Tagessummen der Strahlungsströme, ist in Abb. 4 im Zusammenhang mit dem 24-stündigen Mittel der Bewölkung dargestellt. Bedeckungsgrad und Art der Bewölkung sind durch verschiedene Symbole gekennzeichnet. Die angegebene Albedo bezieht sich auf eine horizontale Oberfläche und entspricht daher nicht genau den natürlichen Verhältnissen. Die Tatsache, daß die Schneeoberfläche geringfügige Abweichungen von einer horizontalen Fläche aufweist, wurde nicht berücksichtigt und ist für den Strahlungshaushalt unbedeutend. Die Albedo aus Tagessummen bewegt sich im Wertebereich von 89 % bis 73 %. Höchstwerte treten bei starker Bewölkung und Schneefall auf, Tiefstwerte an Tagen mit Schmelzung an der Oberfläche. Messungen des

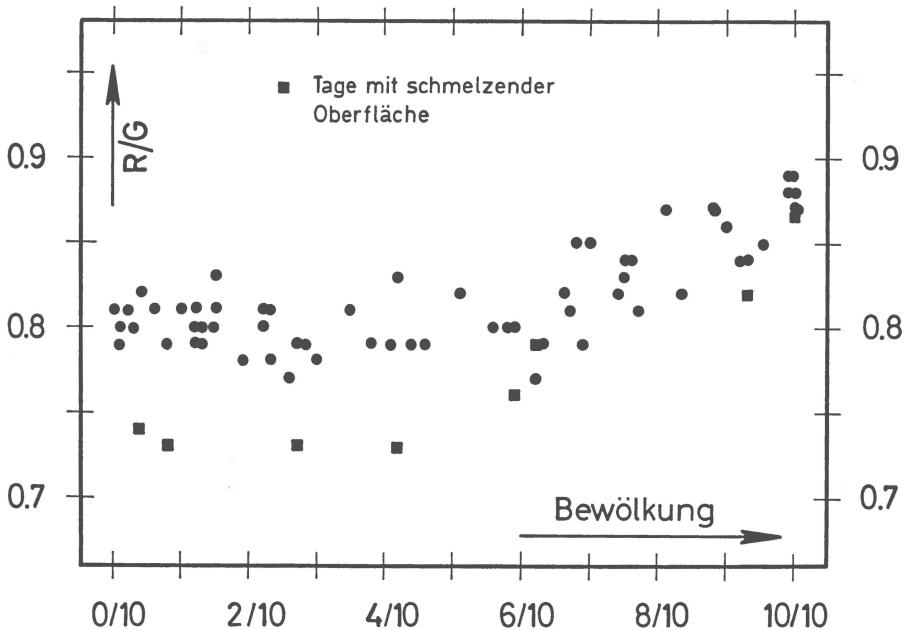


Abb. 5. Beziehung zwischen Albedo  $R/G$  aus Tagessummen und 24-stündigem Mittel der Bewölkung. Tage mit länger andauernder schmelzender Oberfläche sind eigens gekennzeichnet.

freien Wassergehaltes wurden in diesem Zusammenhang mit einem elektronischen Meßgerät durchgeführt, das die Messung der Dielektrizitätskonstante des Schnees gestattet (F. HOWORKA 1964). Der freie Wassergehalt erreichte an diesen Tagen in einer oberflächennahen Schicht von 10 cm Dicke Werte bis zu 7 Volumsprozents (W. AMBACH 1977b).

Eine Abhängigkeit der Albedo von der Art der Bewölkung ist bei diesem Kollektiv nicht erkennbar. Der Mittelwert der Albedo aus den Summen der reflektierten und einfallenden Globalstrahlung über die gesamte Meßperiode beträgt am Ort der permanenten Aufstellung der Strahlungsmeßgeräte 0.814. Die in früheren Arbeiten veröffentlichten Werte der Albedo dieser Meßserie gelten nicht — wie in diesem Fall — für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, sondern beziehen sich auf die ungestörte Oberfläche der Umgebung (W. AMBACH 1974, 1976a,b).

Der Einfluß der Bewölkung auf die Albedo aus Tagessummen ist in Abb. 5 in einzelnen Bewölkungsstufen von 0/10 bis 10/10 dargestellt, wobei Tage mit einer länger andauernden schmelzenden Oberfläche gesondert gekennzeichnet sind. Bei einem Bedeckungsgrad des Himmels von 0/10 bis 6/10 tritt bei trockener Schneeoberfläche innerhalb einer Streubreite von  $\pm 3\%$  eine konstante Albedo von 80 % auf, bei einem

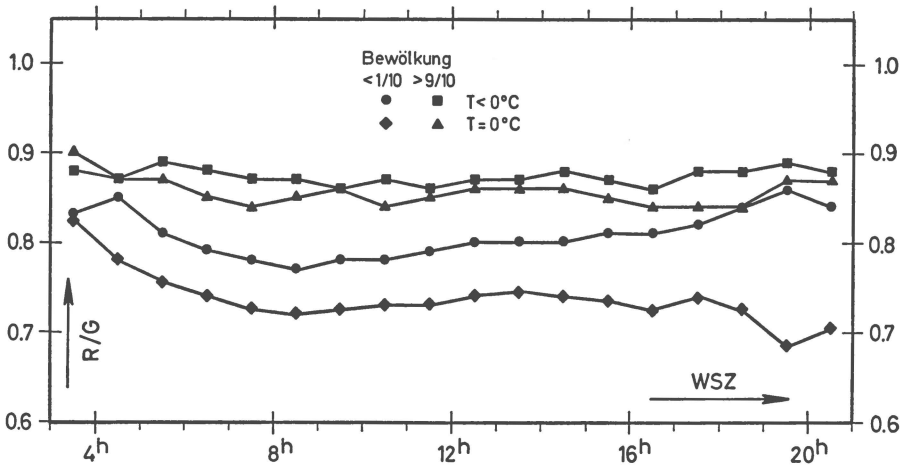


Abb. 6. Mittlerer Tagesgang der Albedo bei verschiedener Bewölkung für trockene und schmelzende Oberfläche ( $T < 0^\circ\text{C}$ ,  $T = 0^\circ\text{C}$ ).

Bedeckungsgrad größer 6/10 steigt die Albedo bis zum Bedeckungsgrad von 10/10 um 8 % an. HOLMGREN (1971) gibt bei Zunahme der Bewölkung von 0/10 auf 10/10 und gleichbleibender Schneeoberfläche eine Erhöhung der Albedo um 6 % an.

Für den Anstieg der Albedo mit zunehmender Bewölkung mag einerseits das Auftreten von Neuschneefällen bei starker Bewölkung und das Verwischen der Bodenstrukturen durch Mehrfachreflexionen zwischen Schneeoberfläche und Wolkendecke (M. DIAMOND & GERDEL 1956, K. KONDRATYEV 1969), andererseits die Abhängigkeit der gestreuten kurzwelligen Strahlung von der räumlichen Verteilung der einfallenden Strahlung bei verschiedenem Bedeckungsgrad verantwortlich sein (W. AMBACH & AWECKER 1967). Analysen des Streuvorganges haben gezeigt, daß die an den obersten Schneeschichten gestreute Strahlung vom Einfallswinkel der auftreffenden Strahlung abhängt und in dieser Hinsicht bei verschiedener Bewölkung unterschiedliche Verhältnisse vorliegen. Dazu kommt noch ein möglicher Einfluß des veränderten Spektrums der Globalstrahlung bei 0/10 und 10/10 Bedeckungsgrad (I. DIRMHIRN 1964).

Der Hinweis, daß die Sonnenhöhe durch Streuvorgänge in den obersten Schneeschichten einen Einfluß auf die Albedo ausübt, kann durch Abb. 6 belegt werden. In dieser Abbildung sind gemittelte Tagesgänge der Albedo aus Stundensummen der kurzwelligen Strahlungsströme für Bewölkung kleiner 1/10 und größer 9/10 und getrennt nach Tagen ohne oder mit länger andauernder Schmelzung der oberflächennahen Schneeschicht zwischen 03 Uhr und 21 Uhr dargestellt. Es zeigen sich dabei folgende Effekte. In beiden Bewölkungsklassen ist die Albedo

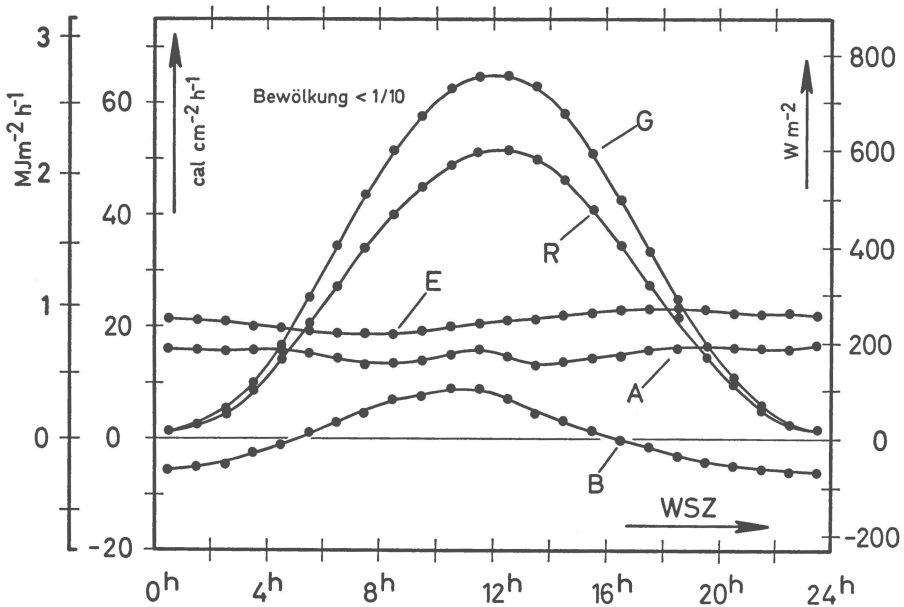


Abb. 7. Mittlerer Tagesgang der Globalstrahlung  $G$ , der reflektierten Globalstrahlung  $R$ , der atmosphärischen Gegenstrahlung  $A$ , der langwelligen Ausstrahlung  $E$  und der Gesamtstrahlungsbilanz  $B$  vom 22. Mai und 24.–28. Mai 1967 bei einer mittleren 24-stündigen Bewölkung kleiner  $1/10$ .

erwartungsgemäß bei feuchter Schneeoberfläche geringer. Bei heiterem Himmel ist der Unterschied der Albedo zwischen schmelzender und nicht schmelzender Oberfläche mit 5 % deutlicher ausgeprägt als bei starker Bewölkung, bei der eine Differenz von 1 % auftritt. Während bei starker Bewölkung kein Tagesgang der Albedo aus den Stundensummen der kurzwelligen Strahlungsströme erkennbar ist, ergibt sich bei geringer Bewölkung und trockener Schneeoberfläche ein geringer Tagesgang. Die Tatsache, daß bei niederen Sonnenhöhen höhere Werte der Albedo auftreten ist sowohl theoretisch (B. R. BARKSTROM 1972) wie durch Messungen vielfach belegt (siehe M. KUHN et al. 1977).

### 3.3 Tagesgänge der Strahlungsströme

Die Tagesgänge der Strahlungsströme werden als Mittelwerte für Perioden mit deutlich unterschiedlichem Bedeckungsgrad des Himmels dargestellt. Für jede Darstellung liegen mehrere zusammenhängende Tage mit ähnlichen Bewölkungsbedingungen vor. Abb. 7 gibt den Tagesgang der einzelnen Strahlungsströme und der Gesamtstrahlungsbilanz bei einer mittleren 24-stündigen Bewölkung kleiner  $1/10$  wieder. Für Abb. 8 gilt dasselbe, aber für eine mittlere 24-stündige Bewölkung größer  $9/10$ . Die beiden Perioden liegen symmetrisch zum Solstitium. Die mitt-

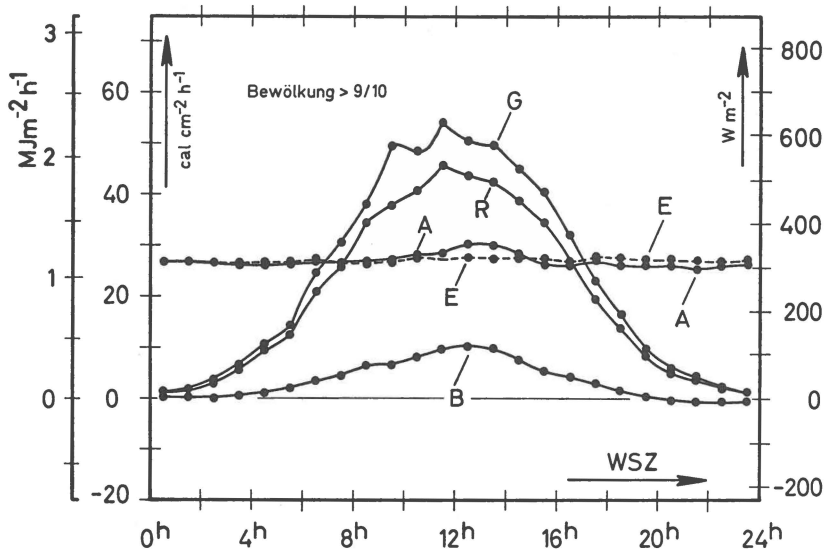


Abb. 8. Mittlerer Tagesgang der Globalstrahlung G, der reflektierten Globalstrahlung R, der atmosphärischen Gegenstrahlung A, der langwelligen Ausstrahlung E und der Gesamtstrahlungsbilanz B vom 16.-20. Juli 1967 bei einer mittleren 24-stündigen Bewölkung größer 9/10.

leren Stundensummen der Globalstrahlung G erreichen in diesen Perioden als Maximalwerte bei geringer Bewölkung  $2.72 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  ( $65 \text{ calcm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) und bei starker Bewölkung  $2.26 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  ( $54 \text{ calcm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ).

Deutlich ist der Unterschied der atmosphärischen Gegenstrahlung A und der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche E in beiden Perioden sowohl in ihren Absolutbeträgen als auch in der langwelligen Strahlungsbilanz zu erkennen (Abb. 7 und Abb. 8). Durch die starke Bewölkung und eine höhere Oberflächentemperatur bei starker Bewölkung ergeben die langwellige Einstrahlung wie die langwellige Ausstrahlung höhere Energiebeträge wie im Vergleichsfall. Während die langwellige Strahlungsbilanz bei starker Bewölkung fast Null ist, ergibt sich für die Vergleichsperiode mit geringer Bewölkung eine mittlere stündliche negative Strahlungsbilanz von  $-0.235 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  ( $-5.6 \text{ calcm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ).

Der konstante Verlauf der langwelligen Strahlungsströme über einen Tag ist auch ein Kriterium für die Güte der bei der Auswertung gewählten Eichfaktoren. Wegen der durch das Auswerteverfahren bedingten Differenzbildung würden sich bei fehlerhaften Eichfaktoren beträchtliche Abweichungen vom tatsächlichen Verlauf der Strahlungsströme ergeben. Der leichte Gang der langwelligen Ausstrahlung bei geringer Bewölkung mit einem Minimum um 07 Uhr und einem Maximum um 19 Uhr entspricht vermutlich dem tageszeitlichen Gang der Temperatur der Schneeoberfläche (Abb. 7).

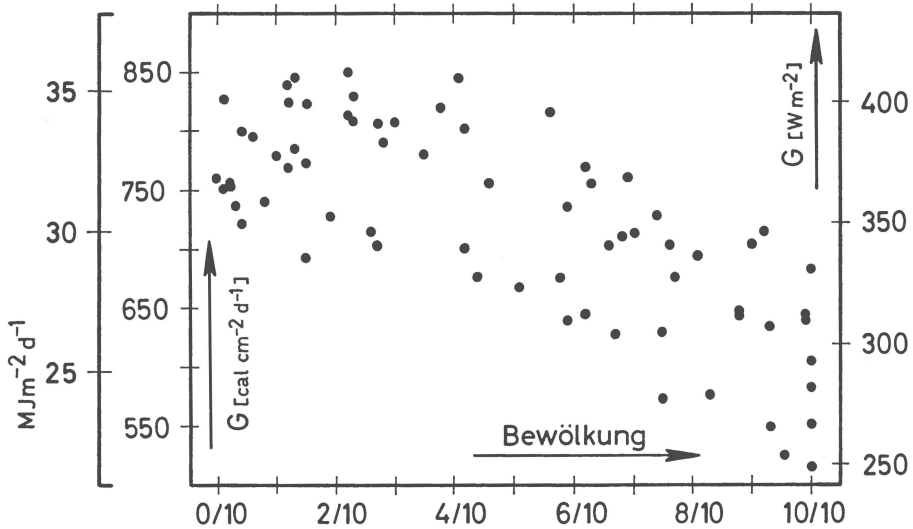


Abb. 9. Abhängigkeit der Tagessummen der Globalstrahlung vom 24-stündigen Mittel der Bewölkung.

Die Gesamtstrahlungsbilanz erreicht bei geringer Bewölkung (Abb. 7) nur zwischen 05 Uhr und 16 Uhr positive Werte, bei starker Bewölkung (Abb. 8) bleibt die Gesamtstrahlungsbilanz positiv oder erreicht nur geringfügig negative Werte. Während bei starker Bewölkung die Kurve der Gesamtstrahlungsbilanz annähernd symmetrisch zum mittäglichen Maximum verläuft, tritt bei geringer Bewölkung das Maximum in den späten Vormittagstunden auf, entsprechend dem Tagesgang der langwelligigen Ausstrahlung und dem ebenfalls vormittäglichen flachen Maximum der langwelligigen Strahlungsbilanz. Es wird aber nochmals betont, daß die Werte der Strahlungsströme von Abb. 7 und 8 für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte gelten, und daß bei einer Berücksichtigung einer erhöhten Albedo von +3.5 % für die ungestörte Schneeoberfläche der Umgebung, sich der tageszeitliche Verlauf der Gesamtstrahlungsbilanz zu negativeren Werten verschiebt.

### 3.4 Strahlungsströme und Bewölkung

#### a) Globalstrahlung und Bewölkung

Die Globalstrahlung hängt von der Sonnendeklination, der Bewölkung und der atmosphärischen Trübung ab. In Abb. 9 ist die Abhängigkeit der Tagessummen der Globalstrahlung  $G$  vom 24-stündigen Mittel der Bewölkung dargestellt. Die Streubreite der Werte der Globalstrahlung ist bei gegebenem Bedeckungsgrad hauptsächlich auf die Veränderung



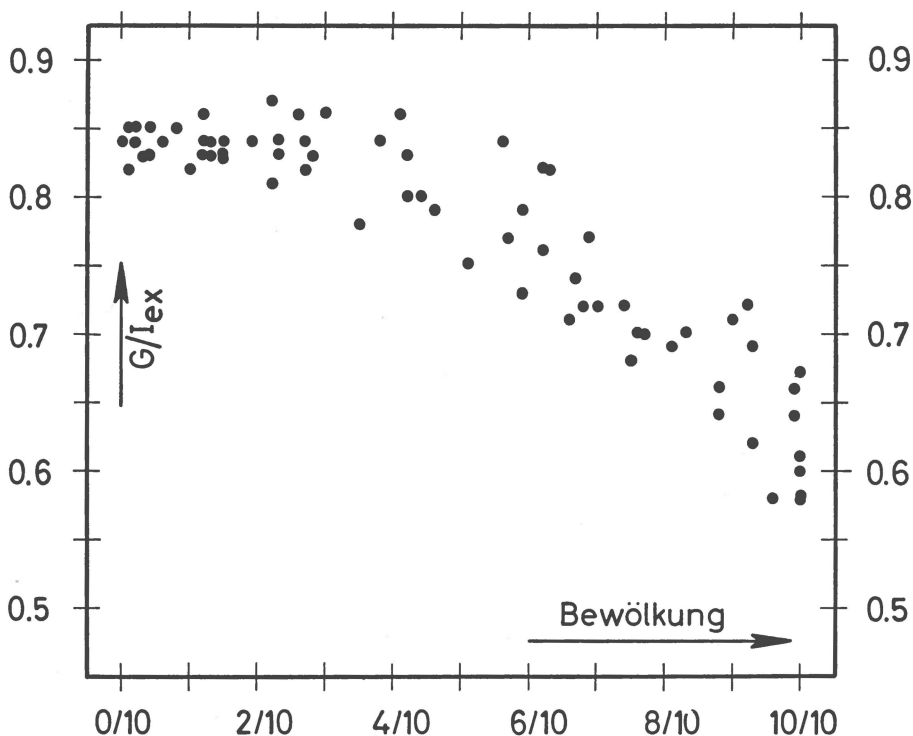


Abb. 10. Abhängigkeit des Quotienten aus Globalstrahlung und einfallender kurzwelliger extraterrestrischer Strahlung  $G/I_{ex}$ , ermittelt aus Tageswerten, vom 24-stündigen Mittel der Bewölkung.

der Sonnendeklination im Verlaufe der Meßperiode zurückzuführen. Geänderte Trübungsverhältnisse spielen nur eine sekundäre Rolle. In allen Bewölkungsklassen ergeben sich die niederen Werte der Globalstrahlung bei einer Sonnendeklination kleiner  $21^\circ$ . Der Quotient aus der tiefsten gemessenen Tagessumme der Globalstrahlung und dem höchsten Wert beträgt 0.61. DIAMOND & GERDEL (1956) geben bei ähnlicher Abhängigkeit der Globalstrahlung von der Bewölkung einen Quotienten von 0.65 an.

Der Quotient der Globalstrahlung  $G$  zur extraterrestrischen Strahlung  $I_{ex}$ , bezogen auf die horizontale Fläche, ist in Abb. 10 in Abhängigkeit von der Bewölkung dargestellt. Das vorliegende Kollektiv ergibt bei einem Bedeckungsgrad von 0/10 bis 3/10 ein Plateau mit einem mittleren Quotienten von  $G/I_{ex}$  von 0.84. Für den Bereich der Bewölkung größer 3/10 ist ein Abfall bis zum Wert des Quotienten von 0.58 festzustellen.

Der Verminderung der Mittelwerte der Globalstrahlung mit zunehmender Bewölkung von 0/10 bis 10/10 um 20 % und der entsprechenden Verminderung der reflektierte Globalstrahlung um 12 % entspricht der Anstieg der mittleren Albedo von 79 % auf 86 % (Abb. 4).

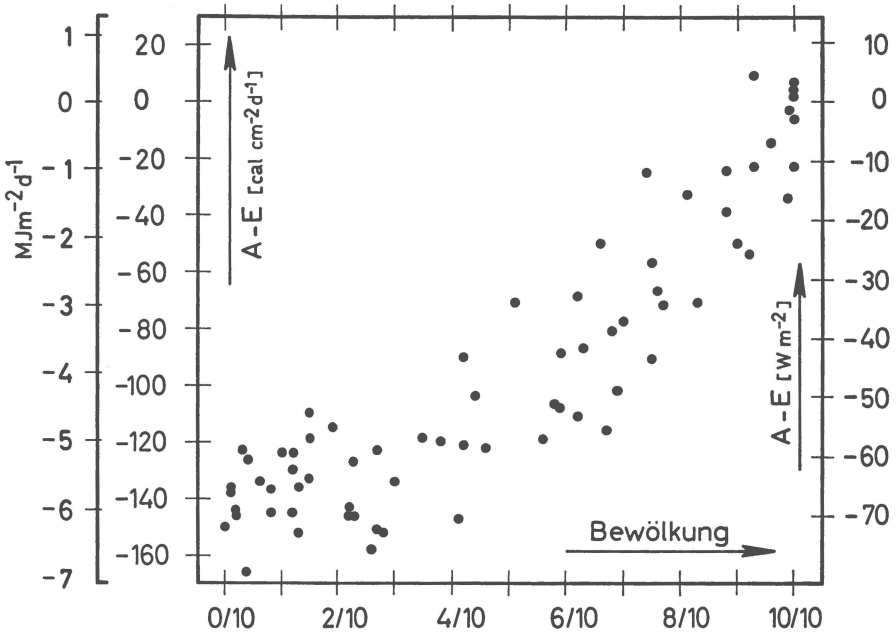


Abb. 11. Abhängigkeit der Tagessummen der langwelligen Strahlungsbilanz A-E vom 24-stündigen Mittel der Bewölkung.

#### b) Langwellige Strahlungsbilanz und Bewölkung

Die Veränderung der Tagessummen der langwelligen Strahlungsbilanz mit der Bewölkung (Abb. 11) ist stärker ausgeprägt als die der kurzwelligen Strahlungsbilanz. Die langwellige Strahlungsbilanz ist daher ein quantitativ entscheidender Beitrag zur Gesamtstrahlungsbilanz einer Schneeoberfläche mit hoher Albedo (W. AMBACH 1974). Die Abhängigkeit der Tagessummen der langwelligen Strahlungsbilanz von der Bewölkung folgt einem Potenzgesetz (siehe R. GEIGER 1961, W. D. SELLERS 1965, H. HOINKES 1959) und zeigt denselben Verlauf, wie er an einer Station in Nordgrönland von DIAMOND & GERDEL (1956) gefunden wurde. Die Tagessummen der langwelligen Strahlungsbilanz schwanken zwischen  $-7.0 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $-166 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) bei 0/10 Bewölkung und  $0.3 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $7 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) bei dichter Bewölkung und einem Bedeckungsgrad von 10/10.

Abb. 12 gibt die Tagessummen sämtlicher Strahlungsströme, sowie der kurzwelligen und langwelligen Strahlungsbilanz und der Gesamtstrahlungsbilanz in Abhängigkeit von der mittleren 24-stündigen Bewölkung wieder, wobei Mittelwerte für einzelne Bewölkungsstufen dargestellt sind. Die Gesamtstrahlungsbilanz B steigt mit zunehmender Bewölkung von  $0.8 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $19 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) bis  $2.8 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $68 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) an. Diese Zunahme der Gesamtstrahlungsbilanz beruht dar-

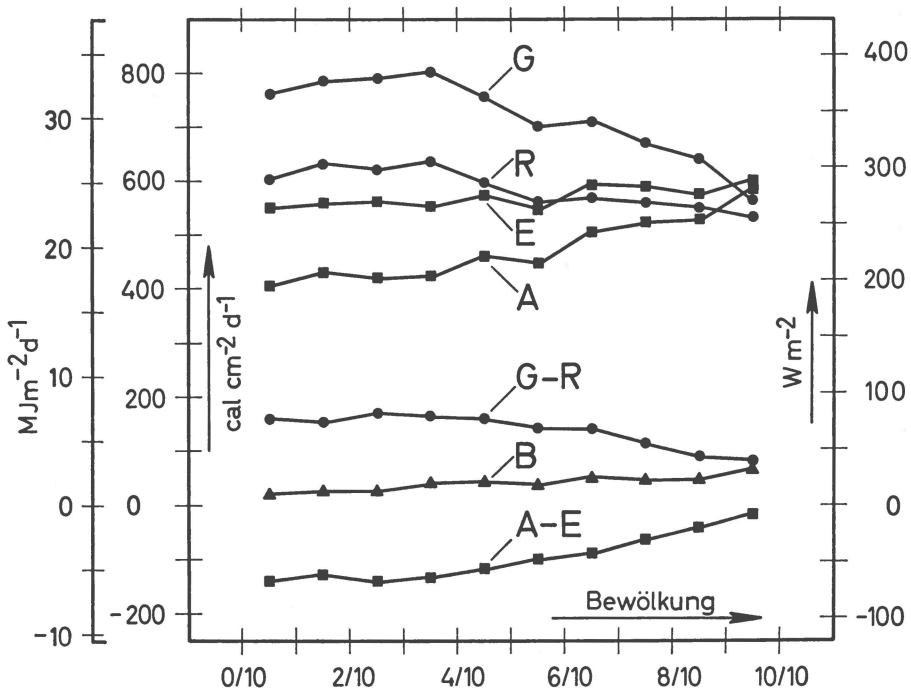


Abb. 12. Abhängigkeit der mittleren Tagessummen der Globalstrahlung G, der reflektierten Globalstrahlung R, der atmosphärischen Gegenstrahlung A, der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche E, der kurzwelligen Strahlungsbilanz G-R, der langwelligen Strahlungsbilanz A-E und der Gesamtstrahlungsbilanz B vom 24-stündigen Mittel der Bewölkung für einzelne Bewölkungsstufen.

auf, daß sich bei Änderung des Bedeckungsgrads von 0/10 auf 10/10 die kurzwellige Strahlungsbilanz G-R um  $3.2 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $76 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) abschwächt, die langwellige Strahlungsbilanz A-E aber um  $5.2 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $124 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) ansteigt. Damit ist quantitativ der überwiegende Einfluß der langwelligen Strahlungsbilanz auf die Gesamtstrahlungsbilanz in Abhängigkeit von der Bewölkung erklärt.

Die Änderung der langwelligen Strahlungsbilanz mit der Bewölkung ist wiederum hauptsächlich auf die Änderung der atmosphärischen Gegenstrahlung zurückzuführen. Während die mittleren Tagessummen zwischen den Bewölkungsklassen  $0/10 < C < 1/10$  und  $9/10 < C < 10/10$  bei der langwelligen Ausstrahlung der Schneeoberfläche um  $2.1 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $51 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) zunehmen, steigen die Werte der atmosphärischen Gegenstrahlung um  $7.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $177 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) an.

### 3.5 Diffuse Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel

Abb. 13 zeigt den Tagesgang der nur an den Eichtagen bestimmten diffusen Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel. Während der Periode

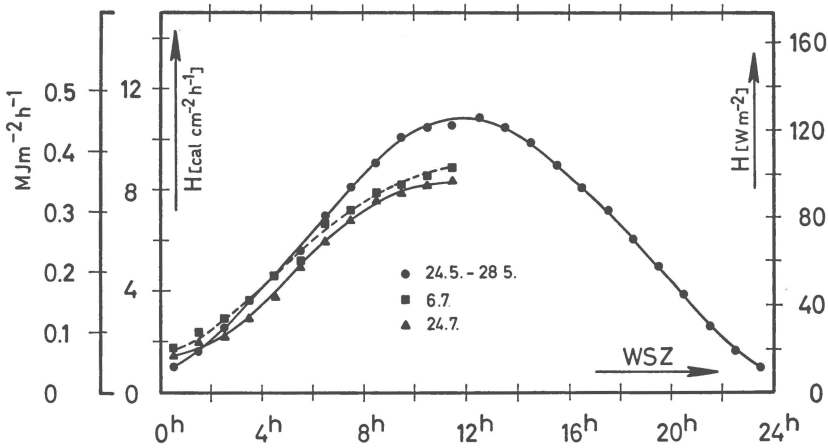


Abb. 13. Tagesgang der diffusen Himmelsstrahlung  $H$  an den Eichtagen.

vom 24. Mai bis 28. Mai 1967 sind die Maximalwerte der diffusen Himmelsstrahlung während des mittäglichen Sonnenhöchststandes  $0.452 \text{ MJm}^{-2}\text{h}^{-1}$  ( $10.8 \text{ cal cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) oder  $17\%$  der Globalstrahlung. Für die beiden anderen Tage, 6. Juli und 24. Juli 1967, beträgt der Anteil der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung zu Mittag  $14\%$ . Bezogen auf die Tagessummen beträgt der Anteil der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung  $20\%$ . Unterschiede in den einzelnen Reihen sind auf verschiedene Trübung und Schneedriver zurückzuführen, wie Messungen der direkten Sonnenstrahlung mittels Aktinometers zeigen. Für die Meßperiode vom 24. Mai bis 28. Mai 1967 gibt Abb. 14 den Anteil der mittleren diffusen Himmelsstrahlung an der mittleren Globalstrahlung dieser Tage wieder, einerseits in Abhängigkeit von der Globalstrahlung, andererseits in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe.

Für die diffuse Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel werden folgende Werte zitiert. DIAMOND et al. (1956) fanden in Grönland im Juli einen Anteil der Tagessummen der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung von  $19\%$ . HOLMGREN (1971) erhält in Devon Island im Mai einen Anteil von  $21\%$  und im Juli von  $16\%$ . Bei AMBACH (1963), die Werte stammen aus der Ablationszone des Grönländischen Inland-eises, variiert der Anteil der Tagessummen der diffusen Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung zwischen  $9\%$  und  $13\%$ .

### 3.6 Direkte Sonnenstrahlung

Zur Eichung der Thermosäulen wurden Aktinometermessungen der direkten Sonnenstrahlung durchgeführt. Die auf mittlere Sonnenentfernung reduzierten Werte sind in Abb. 15 in Abhängigkeit von der Luftmasse

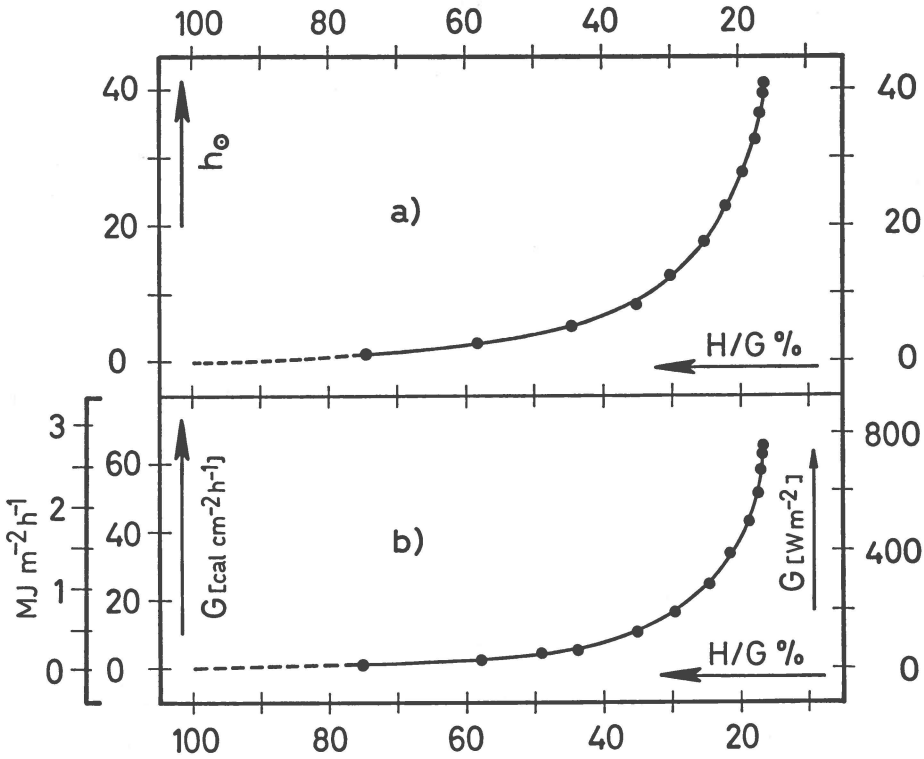


Abb. 14. Anteil der mittleren diffusen Himmelsstrahlung  $H$  an der mittleren Globalstrahlung  $G$  in Abhängigkeit von der mittleren Globalstrahlung und der Sonnenhöhe (24.–28. Mai 1967).

dargestellt. In dieser Darstellung wurden die von Bemporad angegebenen Werte der relativen Luftmassen für Zenitdistanzen größer  $70^\circ$  nach folgender Formel korrigiert (M. KUHN 1971)

$$m_r = \sec z - 85(90 - z)^{-2.76}$$

Darin bedeutet:

$m_r$  ..... relative Luftmasse  
 $z$  ..... Zenitdistanz

Es lassen sich deutlich zwei Meßserien erkennen. Ein Kollektiv vom 6. Juli und 24. Juli 1967 mit vergleichsweise hohen Werten der direkten Sonnenstrahlung und ein Kollektiv vom 24. Mai bis 28. Mai 1967 mit eindeutig niedrigeren Werten. Der Unterschied zwischen diesen beiden Kollektiven ist weniger auf veränderte Trübung in der höheren Atmosphäre zurückzuführen als vielmehr auf bodennahes Schneefegen mit Schneekristallen in der bodennahen Luftschicht während der Messungen im Mai 1967.

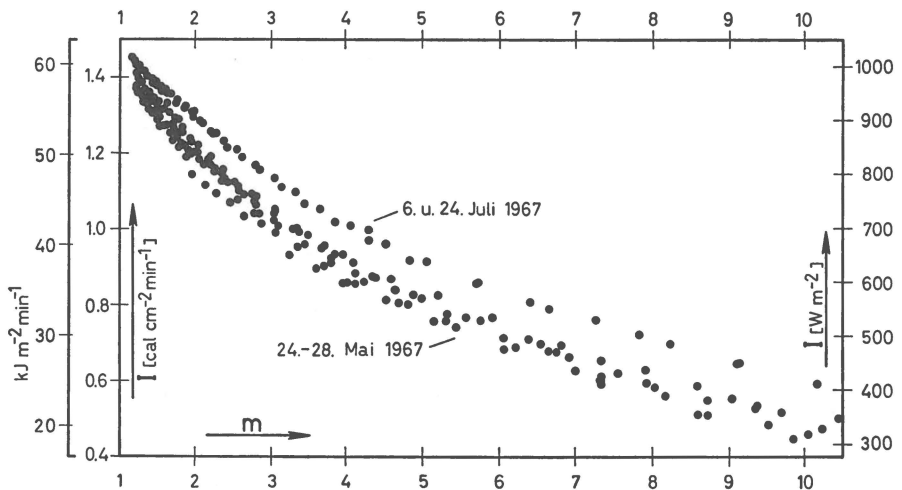


Abb. 15. Abhängigkeit der direkten Sonnenstrahlung von der optischen Luftmasse, korrigiert auf mittlere Sonnenentfernung.

Der Maximalwert der auf mittleren Sonnenabstand reduzierten direkten Sonnenstrahlung betrug  $60.71 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.45 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ )\*, gemessen am 24. Juli 1967 bei einer Luftmasse von  $m = 1.15$ . Zum Vergleich von Messungen der direkten Sonnenstrahlung von anderen Autoren werden Werte bei einer Sonnenhöhe von  $35^\circ$  herangezogen. Die Unterschiede sind auf verschiedene Seehöhen und verschiedene Trübungsverhältnisse zurückzuführen. AMBACH (1963) erhält für eine Seehöhe von 1013 m einen Wert von  $57.78 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.38 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ), HOLMGREN (1971) für eine Seehöhe von 1320 m den selben Wert. Bei einer Sonnenhöhe von  $35^\circ$  schwanken die eigenen Werte (1850 m Seehöhe) zwischen  $55.27 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.32 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ) am 26. Mai und  $58.62 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.40 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ) am 24. Juli 1967.

Weiteres werden noch Vergleichswerte der direkten Sonnenstrahlung verschiedener Autoren angeführt, die auf mittlere Sonnenentfernung und eine Luftmasse  $m = 2$  reduziert sind. Die Unterschiede beruhen nur auf veränderten Trübungsverhältnissen.

AMBACH (1963, Grönland) erhält einen Wert von  $54.85 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.31 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ), HOINKES (1961, Little America V)  $57.78 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.38 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ), FRITZ & MACDONALD (1960, Südpol)  $61.13 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.46 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ), KUHN (1972, Plateau Station)  $64.06 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.53 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ), AMBACH & HOINKES (1963, Alpen)  $60.71 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.45 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ). Die eigenen Messungen der direkten Sonnenstrahlung ergeben unter gleichen Bedingungen den Wert  $54.43 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1}$  ( $1.30 \text{ calcm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ).

\*  $10 \text{ kJm}^{-2}\text{min}^{-1} \triangleq 166.7 \text{ Wm}^{-2}$ .

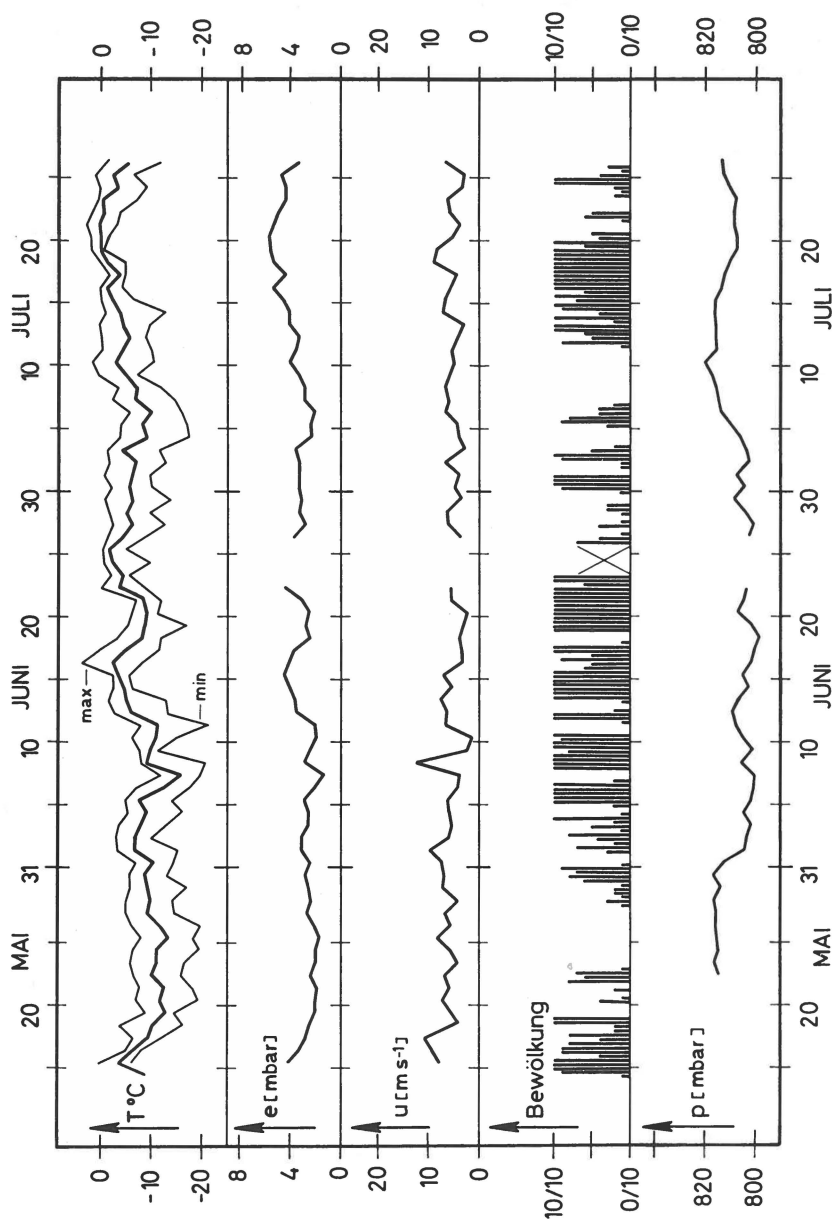


Abb. 16. Verlauf der Temperatur (Maximum, Tagesmittel, Minimum), des Dampfdruckes  $e$ , der Windgeschwindigkeit  $u$ , des Luftdruckes  $p$  und der Bewölkung (Mittel aus Terminwerten) für die gesamte Meßperiode.

### 3.7 Klimabeobachtungen

Abb. 16 gibt die während der Meßperiode zusätzlich zu den Strahlungsmessungen durchgeführten meteorologischen Beobachtungen der Klimaelemente Temperatur, Dampfdruck, Windstärke, Bewölkung und Luftdruck wieder. Die Beobachtungen erfolgten zu den Terminen 7<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup>, 21<sup>h</sup>, die Tagesmittel wurden aus  $(7 + 14 + 21)/3$  gebildet. Der oberste Teil der

Abb. 16 gibt den Verlauf der Tagesmitteltemperatur sowie des Maximums und Minimums (21<sup>h</sup> – 21<sup>h</sup>) wieder. Ab 10. Juli 1967 überschritt die Maximumtemperatur die 0° Grenze. Es ergeben sich drei Tage mit positiver Tagesmitteltemperatur. Die Messung der Windgeschwindigkeit erfolgte mit einem Handanemometer, des Luftdrucks mit einem Aneroidbarometer. Für die Bewölkung gelten die Werte der Terminbeobachtungen. 66 % aller Windmessungen zeigten E bis SE Winde an, die mittlere Windstärke für die gesamte Meßperiode betrug 5.8 ms<sup>-1</sup>. Außerdem wurde noch stündlich die Bewölkung geschätzt, sowie folgende Meßgrößen registriert: Lufttemperatur und relative Feuchtigkeit in 2 Niveaus, Gradient der Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit in 4 Niveaus und die Temperatur der Schneedecke in mehreren Tiefen.

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSBEMERKUNG

##### 4.1 Strahlungshaushalt

Die Komponenten der kurzwelligen und langwelligen Strahlungsströme werden in den Tab. 8 und 9 nach folgenden Gesichtspunkten dargestellt. In Tab. 8 erfolgt die Aufgliederung der einzelnen Strahlungsströme nach mittleren Tagessummen für Perioden über einen halben Monat und für die gesamte Meßperiode. Für die reflektierte Globalstrahlung, die Gesamtstrahlungsbilanz und für die Albedo werden je zwei Werte angegeben, wobei sich die mit einem + versehenen Werte jeweils auf die ungestörte Umgebung beziehen, die Werte ohne + für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte gelten. Für Energiehaushaltsberechnungen der Station Carrefour sind somit die Größen R<sup>+</sup>, B<sup>+</sup> und a<sup>+</sup> maßgebend, weil sich diese auf eine ungestörte Oberfläche beziehen. Als Ergänzung und zur besseren Vergleichbarkeit der Daten sind in Tab. 8 noch die jeweiligen Mittelwerte der Klimaelemente Temperatur, Bewölkung, Wind und Dampfdruck angegeben. Tab. 9 zeigt in gleicher Weise die Aufgliederung der Strahlungsströme nach einheitlichen Witterungsperioden.

Der für den Gesamtstrahlungshaushalt maßgebliche Wert der Gesamtstrahlungsbilanz B<sup>+</sup> wird mit Werten verglichen, die aus Meßserien an vergleichbaren Stationen gewonnen wurden. Es wurden nur solche Stationen herangezogen, deren Albedo größer als 80 % ist, so daß ähnliche Oberflächenbedingungen — nämlich trockener Schnee — vorliegen. Außerdem wurde bei der Auswahl der Stationen berücksichtigt, daß die



Meßperiode annähernd symmetrisch zum Solstitium liegt. Zum besseren Vergleich sind für jeden Ort noch die Globalstrahlung und die Albedo angegeben (Tab. 10).

## 4.2 Energiehaushalt

Die gesamte Energiebilanz an der Station Carrefour wird in Tab. 11 dargestellt. Die Darstellung wurde so gewählt, daß die Summe der Energiequellen, wie Globalstrahlung, atmosphärische Gegenstrahlung und fühlbarer Wärmestrom der Summe der Energiesenken, wie reflektierte Globalstrahlung, langwellige Ausstrahlung der Schneeoberfläche, latenter Wärmestrom und Schnee-Erwärmung gegenüber gestellt wird. Tab. 11a gilt dabei für die direkt am Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte gewonnenen Werte der Strahlungsströme, Tab. 11b für die ungestörte Oberfläche der Umgebung.

Die Differenz der mittleren Tagessummen der Energiequellen und der mittleren Tagessummen der Energiesenken beträgt in Tab. 11a  $1.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $33 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) und in Tab. 11b  $0.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  ( $9 \text{ calcm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). Diese Differenz ist auf Meßfehler der unabhängig von einander gemessenen Energiebeträge zurückzuführen. Der Meßfehler beträgt 3 % der Summe der Energiequellen für den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte und 1 % für die ungestörte Umgebung.

Die Werte für den fühlbaren Wärmestrom, den latenten Wärmestrom und für die Schnee-Erwärmung wurden von AMBACH (1977b) übernommen.

## 4.3 Schlußbemerkungen

Der vorliegende Bericht enthält die Meßergebnisse des Strahlungshaushaltes an der Station Carrefour, die im Zusammenhang mit dem gesamten Energiehaushalt zu diskutieren sind (W. AMBACH 1977b). Im Strahlungshaushalt ist insbesondere der Einfluß der Bewölkung auf die Gesamtstrahlungsbilanz einer Schneedecke mit hoher Albedo von besonderem Interesse, da mit zunehmender Bewölkung die Gesamtstrahlungsbilanz ebenfalls zunimmt (W. AMBACH 1974).

Eine wesentlich andere Situation des Strahlungshaushaltes ist während des Hochsommers im Ablationsgebiet zu finden. Ein diesbezüglicher Vergleich und eine Diskussion der Unterschiede des Strahlungshaushaltes im Akkumulationsgebiet und Ablationsgebiet wurde bereits früher durchgeführt (W. AMBACH 1973). Eine über den Strahlungshaushalt weiterführende Diskussion, nämlich ein Vergleich des Energiehaushaltes im Akkumulations- und Ablationsgebiet, sowie ein Vergleich der Ablationsraten in einem Höhenprofil der Ablationszone liegen ebenfalls vor (W. AMBACH 1979a,b). Es wäre wünschenswert, wenn Angaben

von Eisablationsraten aus Messungen einer Klimastation im Küstengebiet unter zu Hilfenahme von Energiehaushaltsstudien möglich wären (W. AMBACH 1972).

Im Energiehaushalt kann gezeigt werden, daß kalte Schneedecken eine thermische Stabilität im folgendem Sinne aufweisen. Bei einer Änderung der Energiezufuhr (z.B. durch Strahlung oder Advektion) tritt ein Regelmechanismus in Kraft, der dieser ursprünglichen Energiequelle entgegenwirkt, so daß eine thermische Stabilität zustande kommt. Im Vergleich zu den verfügbaren Energiequellen ist somit die Änderung der Temperatur der Schneedecke gering (W. AMBACH 1976).

Detailstudien von Energiehaushalt, Strahlungshaushalt und Massenhaushalt auf großen Inlandeisen bringen nicht nur wertvolle Ergänzungen zum Verständnis der globalen Verteilung wichtiger meteorologischer Parameter, sondern verdienen neuerdings durch den Anstieg der  $\text{CO}_2$  Konzentration in der Luft besonderes Interesse. Um Rückschlüsse auf die Reaktion des Massenhaushaltes großer Inlandeise auf veränderte atmosphärische Bedingungen ziehen zu können, sind detaillierte Kenntnisse des Strahlungs-, Energie- und Massenhaushaltes wünschenswert.

## Literaturverzeichnis

- AMBACH, W. 1961: Investigations of the heat balance in the area of ablation on the Greenland Ice Cap. *Arch. Met., Geoph. Biokl. Serie B*, Bd 10, 279–288.
- 1963: Untersuchungen zum Energiehaushalt in der Ablationszone des Grönländischen Inlandeises (Camp IV – EGIG, 69°40'05"N, 49°37'58"W). *Meddelelser om Grønland*, Bd. 174, Nr. 4 (EGIG 1957–1960, Vol. 4 No. 4).
- 1972: Zur Schätzung der Eis-Nettoablation im Randgebiet des Grönländischen Inlandeises. *Polarforschung*, 42. Jg., 1, 18–23.
- 1973: Zum Strahlungshaushalt des Grönländischen Inlandeises: Vergleichende Studie im Akkumulations- und Ablationsgebiet. *Polarforschung*, 43. Jg., 1–2, 10–22.
- 1974: The influence of cloudiness on the net radiation balance of a snow surface with high albedo. *Journal of Glaciology*, Vol. 13, No. 67, 73–84.
- 1976a: Internationale Glaziologische Grönland-Expedition (EGIG): Wärmehaushaltsstudien im Ablationsgebiet (1959) und im Akkumulationsgebiet (1967). *Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd. 12, Heft 1, 95–103.
- 1976b: Zum Wärmehaushalt im Akkumulationsgebiet des Grönländischen Inlandeises: Interpretation der thermischen Stabilität von kalten Schneeschichten. *Polarforschung*, 46. Jg., 1, 46–60.
- 1977a: Untersuchungen zum Energiehaushalt in der Ablationszone des Grönländischen Inlandeises: Nachtrag. *Meddelelser om Grønland*, Bd. 187, Nr. 5 (EGIG 1957–1960, Vol. 4, No. 5).
- 1977b: Untersuchungen zum Energieumsatz in der Akkumulationszone des Grönländischen Inlandeises. *Meddelelser om Grønland*, Bd. 187, Nr. 7 (EGIG 1967–1968, Vol. 4, No. 7).
- 1979a: Zur Nettoeisablation in einem Höhenprofil am Grönländischen Inlandeis. *Polarforschung*, 49, Jg., 1, 55–62.
- 1979b: Zum Wärmehaushalt des Grönländischen Inlandeises: Vergleichende Studie im Akkumulationsgebiet und Ablationsgebiet. *Polarforschung*, 49, Jg. 1, 44–54.
- & AWECKER, P. 1967: Zur Lichtstreuung im Gletschereis. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 15, 175–185.
- BESCHORNER, E. & HOINKES, H. 1965: Über die Eichung des Strahlungsbilanzmessers nach R. Schulze (Lupolengerät). *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 13, 76–95.
- & HOINKES, H. 1963: The heat balance of an Alpine snow field (Kesselwandferner, 3240 m, Oetztal Alps, August 11–Sept. 8, 1958). *U.G.G.I., Berkeley, IASH Publ. No. 61*, 24–36.
- BARKSTROM, B. R. 1972: Some effects of multiple scattering on the distribution of solar radiation in snow and ice. *Journal of Glaciology*, Vol. 11, No. 63, 357–368.
- BENER, P. 1951: Untersuchungen über die Wirkungsweise des Solarigraphen Moll-Gorczynski. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 2, 188–249.

- DÄKE, C. U. 1972: Über ein neues Modell des Strahlungsbilanzmessers nach Schulze. *Berichte d. dt. Wetterdienstes*, Bd. 16, Nr. 126.
- DIAMOND, M. & GERDEL, R. W. 1956: Radiation measurements on the Greenland Ice Cap. *S.I.P.R.E. Research Report* 19, Oct. 1956, auch *U.G.G.I. Toronto, IASH*, No. 46, Vol. IV, 403–426.
- DIRMHORN, I. 1964: *Das Strahlungsfeld im Lebensraum*. Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt a. Main.
- GEIGER, R. 1961: *Das Klima der bodennahen Luftschicht*. Fried. Vieweg u. Sohn, Braunschweig.
- HINZPETER, H. 1961: Über lupolengengeschützte Strahlungsumsatzmesser. *Z. Meteorologie*, Bd. 15, 13–20.
- FRITZ, S. & MACDONALD, T. H. 1960: Some normal-incidence solar radiation observations during IGY. IAMAP Radiation Symposium Oxford 1959, *UGGI Monography* Nr. 4, 1960.
- HOINKES, H. 1959: Studies of solar and net radiation in the Antarctic (Little America V and South Pole) 1957/58. IAMAP Radiation Symposium Oxford 1959, *UGGI Monography*, Nr. 4, 1960, 4–6.
- 1961a: Studies in glacial meteorology at Little America V, Antarctica, I. Net radiation, heat balance and accumulation during the winter night 1957. *UGGI Helsinki IASH*, No. 55, 29–42.
- 1961b: Studies of solar radiation and albedo in the Antarctic (Little America V and South Pole, 1957/58). *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 10, 175–181.
- 1970: Radiation budget at Little America V, 1957. *ISAGE, Hanover 1968, IASH*, No. 86, 263–284.
- HOLMGREN, B. 1971: Climate and energy exchange on a sub-polar ice cap in summer, Arctic Institut of North America Devon Island Expedition 1961–1963, Part E. *Radiation Climate Meteorologiska Institutionen Uppsala Universitet, Meddelande* Nr. 111.
- HOWORKA, F. 1964: *Dielektrische Messungen des freien Wassergehaltes der Schneedecke*. Dissertation Univ. Innsbruck.
- I.G.Y. Instruction Manual, Part VI, 1958: Radiation instruments and measurements. Radiation Commission of the IAMAP, Pergamon Press, London.
- KONDRATYEV, K. 1969: *Radiation in the atmosphere*. International Geophysics Series, Vol. 12, Academic Press, New York/London.
- KUHN, M. 1971: *Messungen und Analyse der spektralen Transparenz der ostantarktischen Atmosphäre*. Dissertation Univ. Innsbruck.
- 1972: Die spektrale Transparenz der antarktischen Atmosphäre, Teil II, Meßergebnisse und Analysen. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 20, 299–344.
- , KUNDLA, L. S. & STROSCHEN, L. A. 1977: The radiation budget at Plateau Station Antarctica, 1966–1967. *Meteorological Studies at Plateau Station, Antarctica, Antarctic Research Series*, Vol. 25, 41–73.
- LILJEQUIST, G. H. 1956: Energy exchange of an Antarctic snow-field. Norwegian-British-Swedish Antarctic Expedition 1949–1952. *Scientific Research*, Vol. II, Part 1: Short-wave radiation.
- OHMURA, A. 1978: Calibration of Davos type radiometer for long wave radiation. In F. MÜLLER et al.: *North Water Project Progress Report* 1. Oct. 76–30. April 78, Kapitel 5, 37–62.
- PALLAND, C. L. & WARTENA, L. 1968: Investigations on the calibration factor of the Schulze and the Funk radiation balance meters and comparison of some measured results. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 16, 95–104.
- ROBINSON, N. 1966: *Solar radiation*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam/London/New York.

- ROTT, H. 1974: *Sonnenschein, Globalstrahlung und Lufttrübung in Innsbruck*. Dissertation Univ. Innsbruck.
- RUSIN, N. P. 1961: *Meteorological and radiational regime of Antarctica* (in Russian). (English translation, Israel program for scientific translations, Jerusalem, 1964).
- SCHULZE, R. 1962: Über die Verwendung von Polyäthylen für die Strahlungsbilanzmessungen. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 11, 211–223.
- SELLERS, W. D. 1965: *Physical Climatology*. The University of Chicago Press, Chicago/London.
- SKEIB, G. 1965: Ergebnisse von Strahlungsmessungen in Mirnyy 1960/61. *Z. Meteorologie*, Bd. 18 (3/4), 142–150.
- WARTENA, L., PALLAND, C. L. & KOETSIER, A. 1966: Some experiences on the measuring of long-wave radiation fluxes. *Arch. Met., Geoph. Biokl., Serie B*, Bd. 14, 189–205.



## TABELLEN

- Tabelle 1. Halbtagessummen der Globalstrahlung an den Eichtagen zur Kontrolle der Vormittag-Nachmittag Symmetrie.
- Tabelle 2. Halbtagessummen der reflektierten Globalstrahlung an den Eichtagen zur Kontrolle der Vormittag-Nachmittag Symmetrie.
- Tabelle 3. Stundensummen der Globalstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .
- Tabelle 4. Stundensummen der reflektierten Globalstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .
- Tabelle 5. Stundensummen der atmosphärischen Gegenstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .
- Tabelle 6. Stundensummen der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .
- Tabelle 7. Tagessummen der Globalstrahlung G, der reflektierten Globalstrahlung R, der atmosphärischen Gegenstrahlung A und der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche E.
- Tabelle 8. Mittlere Tagessummen der Strahlungsströme und mittlere Albedo für Perioden über einen halben Monat, sowie für die gesamte Meßperiode. Es bedeuten G Globalstrahlung, R reflektierte Globalstrahlung, A atmosphärische Gegenstrahlung, E langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, B Gesamtstrahlungsbilanz, T Mittelwert der Temperatur, C mittlere 24-stündige Bewölkung, u mittlere Windgeschwindigkeit, e mittlerer Dampfdruck. Werte ohne + beziehen sich auf den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, Werte mit + beziehen sich auf die ungestörte Umgebung.
- Tabelle 9. Mittlere Tagessummen der Strahlungsströme und mittlere Albedo für einheitliche Witterungsperioden. Es bedeuten G Globalstrahlung, R reflektierte Globalstrahlung, A atmosphärische Gegenstrahlung, E langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, B Gesamtstrahlungsbilanz, C mittlere 24-stündige Bewölkung. Werte ohne + beziehen sich auf den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, Werte mit + beziehen sich auf die ungestörte Umgebung.
- Tabelle 10. Vergleich des Strahlungshaushaltes verschiedener Stationen mit einer Albedo  $>80\%$ . Mittlere Tagessummen der Globalstrahlung G, der Gesamtstrahlungsbilanz B und mittlere Albedo a.

Tabelle 11a. Mittlere Tagessummen des Energiehaushaltes über die gesamte Meßperiode (74 Tage) am Ort der permanenten Montagen der Strahlungsmeßgeräte. Es bedeuten  $G$  Globalstrahlung,  $R$  reflektierte Globalstrahlung,  $A$  atmosphärische Gegenstrahlung,  $E$  langwellige Ausstrahlung der Oberfläche,  $Q_f$  fühlbarer Wärmestrom,  $Q_l$  latenter Wärmestrom,  $Q_w$  Energieverbrauch zur Schnee-Erwärmung.

Tabelle 11b. Mittlere Tagessummen des Energiehaushaltes über die gesamte Meßperiode (74 Tage) für eine ungestörte Schneefläche der Umgebung. Es bedeuten  $G$  Globalstrahlung,  $R^+$  reflektierte Globalstrahlung,  $A$  atmosphärische Gegenstrahlung,  $E$  langwellige Ausstrahlung der Oberfläche,  $Q_f$  fühlbarer Wärmestrom,  $Q_l$  latenter Wärmestrom,  $Q_w$  Energieverbrauch zur Schnee-Erwärmung.



Tabelle 1

*Halbtagessummen der Globalstrahlung an den Eichtagen zur Kontrolle der Vormittag-Nachmittag Symmetrie.*

Tag	WSZ		WSZ		Differenz in % zur Tagessumme
	$00^h - 12^h$		$12^h - 24^h$		
	MJm <sup>-2</sup>	calcm <sup>-2</sup>	MJm <sup>-2</sup>	calcm <sup>-2</sup>	
25.5.1967	15.83	378	15.78	377	0.1
26.5.1967	15.87	379	15.62	373	0.8
27.5.1967	15.91	380	15.87	379	0.1
28.5.1967	15.70	375	15.74	376	- 0.1
24.7.1967	15.11	361	14.99	358	0.4

Tabelle 2

*Halbtagessummen der reflektierten Globalstrahlung an den Eichtagen zur Kontrolle der Vormittag-Nachmittag Symmetrie.*

Tag	WSZ		WSZ		Differenz in % zur Tagessumme
	$00^h - 12^h$		$12^h - 24^h$		
	MJm <sup>-2</sup>	calcm <sup>-2</sup>	MJm <sup>-2</sup>	calcm <sup>-2</sup>	
25.5.1967	12.64	302	12.90	308	- 1.0
26.5.1967	12.64	302	12.73	304	- 0.3
27.5.1967	12.60	301	12.98	310	- 1.5
28.5.1967	12.48	298	12.90	308	- 1.6
24.7.1967	11.26	269	11.01	263	1.1

Tabelle 3  
Stundensummen der Globalstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .

Datum	wahre Sonnenzeit	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																									
15.5.	54	100	243	456	766	1097	1474	1830	2139	2340	2562	2646	2621	2558	2361	2106	1758	1252	779	448	172	71	33	13	
16.5.	13	38	59	142	310	461	791	1227	1491	2433	2474	2541	2470	2114	1675	1231	1193	1206	946	662	352	209	71	25	
17.5.	17	59	130	230	343	586	1156	1675	1938	2186	2043	2060	2081	2148	1650	1424	1164	942	976	607	322	126	50	25	
18.5.	42	75	159	389	599	879	1089	1030	1495	2252	2437	2567	2512	2445	2303	1834	1290	1193	687	389	339	151	50	25	
19.5.	25	42	113	251	599	984	1382	1784	2098	2340	2378	2563	2563	2474	2282	2056	1708	1185	678	348	226	117	63	33	
20.5.	33	42	105	184	343	586	913	1277	1616	1972	2248	2466	2571	2466	2294	2052	1733	1373	1034	708	448	226	138	50	
21.5.	33	67	142	339	695	1068	1403	1788	2114	2366	2546	2600	2608	2533	2349	2102	1758	1369	1051	724	435	197	84	42	
22.5.	50	100	205	419	699	1076	1440	1796	2102	2336	2520	2617	2629	2558	2286	2135	1792	1403	1080	733	452	234	121	63	
23.5.	71	96	155	239	444	875	1428	1310	1800	2470	2583	2613	2646	2504	2194	1809	1813	1160	971	507	335	121	88	50	
24.5.	59	113	205	423	749	963	1235	1788	2127	2391	2613	2692	2713	2629	2412	2127	1775	1365	1031	691	477	234	113	63	
25.5.	63	100	222	410	674	1047	1432	1851	2186	2441	2650	2751	2738	2659	2437	2148	1792	1402	1031	708	452	251	130	67	
26.5.	67	92	201	423	691	1080	1474	1855	2182	2445	2659	2734	2721	2629	2428	2114	1784	1382	1027	691	448	239	105	75	
27.5.	75	117	234	435	687	1047	1457	1842	2182	2441	2650	2763	2767	2646	2445	2148	1784	1424	1063	724	452	247	105	63	
28.5.	71	109	234	410	699	1043	1419	1825	2169	2424	2617	2684	2696	2604	2399	2111	1800	1436	1051	699	473	255	130	88	
29.5.	109	151	268	498	762	1105	1499	1871	2190	2441	2629	2730	2742	2638	2445	2152	1788	1444	1072	737	465	264	142	88	
30.5.	88	130	255	448	716	1097	1491	1842	2173	2466	2742	2671	2755	2663	2453	2173	1838	1453	1089	766	490	285	147	92	
31.5.	105	163	306	557	816	837	1264	1763	2043	2248	2273	2600	2763	2303	2525	2286	1553	1495	1206	720	423	306	172	109	
1.6.	113	209	368	666	724	1495	1181	1641	2257	2474	2680	2797	2767	2675	2520	2257	1955	1595	1235	863	595	348	209	147	
2.6.	138	180	327	569	867	1223	1629	1989	2278	2516	2713	2613	2755	2688	2512	2152	1591	1357	1084	620	603	352	197	142	
3.6.	138	159	301	645	486	1164	1570	2001	2219	2407	2663	2868	2763	2734	2520	1800	1327	783	1256	816	473	335	159	88	
4.6.	88	172	327	452	695	1382	1740	1972	2282	2541	2705	2805	2818	2742	2579	2127	1926	1285	1068	875	632	335	138	109	
5.6.	88	205	431	657	749	842	1384	1947	2290	2508	2675	2772	278	2675	2504	2236	1947	1599	1256	917	632	385	226	172	
6.6.	172	276	452	641	868	1252	1641	1892	2286	2290	2399	2332	2349	2135	1985	1532	1139	854	603	423	301	218	134	126	
7.6.	88	117	176	281	460	653	909	1239	1591	1938	2278	2462	2541	2529	1633	1964	1411	976	803	548	628	352	201	142	

Fortsetzung

Tabelle 3. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
1967	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
8.6.	121	151	276	653	1206	1511	1708	1800	2307	2579	2780	2818	2822	2734	2546	2273	1993	1633	1256	946	649	406	239	172
9.6.	163	239	414	536	523	875	1256	1491	1738	2060	2290	2328	2332	2190	2085	1817	1357	1110	879	561	310	184	117	88
10.6.	96	113	167	301	190	716	980	1633	2587	2550	2809	2855	2617	2583	2600	2068	1440	1197	842	502	331	209	134	88
11.6.	84	117	184	301	486	762	1013	1373	1666	2127	2537	2843	2734	2809	2483	2257	1658	1390	1026	691	373	222	159	142
12.6.	147	184	360	569	829	1147	1528	2001	2282	2479	2709	2818	2814	2738	2527	2261	1930	1574	1227	863	599	402	268	167
13.6.	193	260	297	417	561	775	1135	1369	1599	2139	2399	2516	2520	2336	2294	2299	1809	1306	1193	1080	511	419	251	176
14.6.	176	201	293	519	699	1202	1666	1976	2269	2520	2709	2801	2801	2688	2504	2206	1947	1386	749	528	356	192	155	117
15.6.	126	134	159	285	515	879	1185	1386	1562	1851	2135	2294	2052	1880	1750	1570	1516	1189	695	502	348	147	105	96
16.6.	113	142	176	314	641	695	871	1361	1578	1959	2119	2273	2374	2127	2206	1846	1340	963	829	561	410	197	126	105
17.6.	88	151	239	519	565	846	1285	1507	2018	2194	2466	2709	2826	2520	2269	1650	1717	1197	766	615	511	285	243	230
18.6.	151	151	209	595	1160	1424	1620	2123	2190	2114	2663	2763	2500	2123	2416	1742	1323	1051	745	624	301	264	126	105
19.6.	121	176	352	628	871	1210	1675	2014	2307	2571	2726	2818	2814	2700	2520	2273	1989	1620	1281	959	682	435	243	176
20.6.	172	251	406	645	946	1130	1206	1520	1750	2010	2135	2098	2278	2186	1909	1729	1465	1089	737	628	368	188	155	109
21.6.	100	130	188	327	586	846	1227	1524	1788	2437	2382	2537	2512	2571	2357	1809	1700	1260	812	553	410	260	130	121
22.6.	105	138	205	310	548	712	980	1231	1934	1938	2177	2416	2554	2278	2081	1913	1524	1239	988	678	444	218	180	147
23.6.	159	205	247	389	498	850	1063	1562	1671	2014	2529	2202	2600	2525	1876	1922	1913	1587	1252	733	373	368	331	180
24.6.	159	247	172	595	812	925	1172	1516	1729	2001	2257	2433	2251	2395	2386	2064	1574	1608	1164	921	703	452	327	192
25.6.	163	243	486	578	565	749	967	1235	1637	1909	2114	2165	2156	2052	1876	2026	1336	1093	837	569	318	214	126	117
26.6.	109	142	285	636	837	1097	1403	1457	1830	2165	2680	2462	2307	2018	2064	1884	1511	1143	791	569	356	226	130	117
27.6.	109	172	331	427	720	1005	1269	1968	2332	2550	2730	2906	2730	2728	2608	2273	1884	1591	1068	720	632	417	230	167
28.6.	176	234	406	628	938	1290	1675	1992	2311	2512	2680	2721	2659	2843	2516	2010	1796	1591	1277	955	670	435	243	172
29.6.	188	234	394	628	930	1290	1675	1997	2345	2571	2730	2805	2797	2667	2546	2303	2001	1645	1281	955	695	356	163	142
30.6.	138	192	343	565	858	1210	1553	1934	2290	2533	2696	2809	2805	2700	2491	2265	1926	1537	1177	833	574	353	151	105
1.7.	100	167	209	385	490	1231	1620	2010	2311	2546	2700	2793	2520	2173	1972	1796	1331	1038	800	511	360	167	126	71
2.7.	75	126	172	293	490	712	1093	1302	1746	1985	2282	2445	2721	2487	2177	1968	2324	1612	1256	934	653	414	260	192

Fortsetzung

Tabelle 3. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967.	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
3.7.	192	272	440	687	976	1331	1675	2047	2357	2512	2747	2822	2826	2721	2546	2286	2060	1629	1323	942	540	201	147	96
4.7.	92	163	310	348	540	687	1026	1507	1809	2520	2751	2751	2776	2696	2592	2294	1976	1461	938	708	695	410	243	167
5.7.	176	251	385	620	544	1139	1595	2005	2307	2529	2709	2834	2797	2717	2533	2261	1972	1616	1243	950	653	406	243	163
6.7.	142	184	318	532	833	1206	1612	1838	2261	2525	2696	2801	2788	2705	2546	2286	1976	1574	1239	796	590	310	230	176
7.7.	147	180	381	603	900	1361	1491	1947	2223	2512	2680	2793	2755	2700	2491	2148	1738	1641	1315	842	624	322	239	134
8.7.	155	209	318	574	871	1210	1599	1959	2252	2512	2684	2788	2797	2680	2504	2286	1980	1616	1248	938	624	385	201	105
9.7.	113	167	348	494	800	1151	1562	1909	2215	2466	2621	2772	2801	2705	2516	2227	1905	1524	1147	825	569	327	176	109
10.7.	109	163	285	498	775	1135	1532	1901	2252	2483	2705	2780	2784	2688	2483	2223	1913	1528	1147	800	536	318	172	126
11.7.	113	172	301	519	787	1135	1491	1880	2202	2453	2560	2730	2730	2617	2412	2127	1851	1465	1122	791	528	310	151	96
12.7.	96	151	281	494	770	1130	1499	1892	2236	2491	2684	2763	2767	2684	2474	2181	1859	1453	1089	754	477	301	176	109
13.7.	134	138	281	632	1114	1281	1516	1633	1985	2416	2604	2864	2872	2646	1888	2160	1834	1528	1156	682	473	205	113	67
14.7.	63	100	142	297	410	603	1047	1177	1637	1817	1867	2386	2366	2123	2487	1775	1478	1315	1122	850	615	335	184	126
15.7.	151	226	327	435	595	812	1315	1595	1733	2437	2893	2646	2587	3006	2483	2219	1901	1557	1193	762	318	201	113	75
16.7.	59	92	130	377	532	733	837	1231	1566	1800	2278	2567	2709	2633	2269	1817	1599	1093	971	502	301	264	147	84
17.7.	71	92	147	268	599	565	988	1227	1348	1658	1595	2395	1980	2060	1553	1650	1273	967	586	414	268	147	63	38
18.7.	50	75	134	205	322	394	988	1315	1486	1968	2093	2139	2349	2022	1763	1842	1432	959	649	360	222	142	93	46
19.7.	38	71	147	260	394	745	1415	1361	2160	1955	1947	1901	1641	1604	1721	1231	997	779	519	327	188	117	63	38
20.7.	38	54	88	234	368	519	879	1223	1411	1813	2177	2315	1888	2031	2081	1880	1337	992	699	394	188	209	80	50
21.7.	59	63	134	251	502	825	971	1486	1411	1700	2332	2156	2583	2487	2144	2026	1775	1407	1013	737	285	209	117	71
22.7.	59	109	218	423	678	934	1424	1830	2123	2391	2558	2638	2633	2562	2353	2093	1788	1394	1084	754	494	272	134	71
23.7.	67	71	134	322	787	875	1273	1545	1989	2370	2520	2600	2596	2629	1980	2307	1306	1327	1093	758	473	247	134	67
24.7.	63	117	184	377	653	1026	139	1746	2081	2349	2508	2625	2617	2504	2328	2056	1738	1331	984	749	356	205	84	59
25.7.	54	105	205	385	670	1038	1415	1742	2123	2211	2487	2513	2633	2533	2357	1959	1809	1269	737	582	218	100	63	38
26.7.	33	59	117	188	297	486	779	1214	1651	1938	2412	2663	2587	2470	2282	2077	1742	1394	1047	712	427	205	100	59
27.7.	33	71	18	364	519	858	1256	1675	2056	2315	2474	2571	2562	2479	2311	1997	1679	1323	950	636	377	188	75	38

Tabelle 4

*Stundensummen der reflektierten Globalstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .*

Datum	wahre Sonnenzeit	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																									
15.5.	17	46	105	260	489	758	1047	1306	1578	1897	2010	2123	2093	2056	1905	1700	1424	1013	620	389	155	63	33	8	
16.5.	8	33	54	130	276	410	691	1055	1315	1892	1955	2022	1964	1779	1432	1043	971	971	783	532	281	167	63	25	
17.5.	13	50	169	188	285	494	909	1285	1545	1700	1717	1733	1767	1846	1424	1218	976	796	787	502	276	105	42	25	
18.5.	38	67	134	331	482	720	875	837	1223	1767	1989	2106	2005	1947	1834	1444	1072	976	586	331	281	126	42	21	
19.5.	25	42	100	209	465	770	1059	1348	1599	1805	1830	2035	2035	1968	1838	1612	1315	967	582	322	184	109	63	33	
20.5.	33	38	92	167	314	502	783	1059	1344	1645	1842	1989	2060	1985	1863	1658	1377	1110	821	596	352	184	117	42	
21.5.	33	67	100	264	561	816	1101	1357	1637	1846	1980	2043	2035	2018	1851	1679	1331	1076	833	578	339	159	67	33	
22.5.	42	80	159	314	548	816	1101	1373	1629	1838	1997	2072	2093	2026	1897	1691	1436	1126	833	578	339	176	100	54	
23.5.	67	84	134	205	368	703	1080	1009	1403	1964	2039	2098	2127	1959	1867	1499	1453	921	791	435	289	113	80	50	
24.4.	54	100	167	335	586	741	950	1407	1671	1863	2026	2123	2152	2072	1926	1733	1419	1122	842	595	406	218	100	59	
25.5.	63	100	209	364	599	867	1156	1449	1687	1918	2064	2173	2177	2106	1959	1717	1436	1156	892	632	406	234	126	63	
26.5.	63	88	197	364	607	883	1172	1444	1708	1897	2068	2144	2165	2098	193	1696	1432	1156	871	611	389	218	105	71	
27.5.	71	113	214	368	599	850	1147	1432	1691	1897	2052	2177	2186	2123	1955	1750	1461	1160	896	649	394	234	105	59	
28.5.	67	100	201	352	599	858	1130	1428	1671	1884	2035	2144	2152	2068	1930	1725	1444	1164	879	615	410	239	167	84	
29.5.	88	126	218	402	649	914	1189	1465	1708	1922	2072	2186	2186	2056	1976	1750	1394	1193	888	636	410	239	134	92	
30.5.	92	126	234	394	620	892	1168	1444	1696	1930	2148	2114	2206	2119	1980	1758	1491	1197	934	670	423	255	142	88	
31.5.	96	134	230	406	624	862	971	1357	1637	1830	1926	2043	2186	2085	2089	1842	1214	1177	950	599	339	239	151	100	
1.6.	100	163	251	435	486	946	896	1323	1738	1964	2110	2202	2211	2144	2010	1758	1541	1260	980	703	477	289	167	134	
2.6.	126	151	251	440	674	950	1227	1507	1738	1951	2081	2123	2211	2135	1985	1691	1252	1076	863	482	482	293	163	130	
3.6.	130	134	255	528	394	909	1202	1524	1675	1838	2068	2303	2077	2206	2018	1486	1101	641	967	653	394	289	134	84	
4.6.	75	151	234	356	540	1097	1281	1491	1738	1938	2085	2181	2219	2177	2035	1738	1541	1043	858	687	507	276	117	96	
5.6.	84	151	285	456	557	682	1076	1470	1729	1926	2098	2177	2202	2135	2001	1792	1528	1264	963	703	494	306	184	151	
6.6.	147	201	322	482	662	959	1243	1449	1746	1876	2005	1976	2043	1771	1637	1248	950	708	519	360	260	188	121	121	
7.6.	80	105	159	243	410	582	816	1122	1428	1750	2022	2177	2198	2169	2160	1687	1235	825	699	486	544	314	176	134	

Fortsetzung

Tabelle 4. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																								
8.6.	109	134	234	519	892	1034	1243	1415	1779	2085	2177	2227	2232	2181	2047	1876	1645	1348	1068	804	565	377	222	163
9.6.	151	209	335	440	456	791	1126	1315	1516	1834	1938	1993	2010	1892	1805	1545	1168	942	754	494	268	159	100	84
10.6.	88	100	151	272	444	645	850	1369	2173	2052	2248	2399	2232	2165	2165	1742	1193	980	712	444	297	184	117	80
11.6.	75	109	167	272	435	699	917	1189	1482	1834	2156	2232	2303	2382	2102	1863	1331	1248	913	603	322	187	142	134
12.6.	134	163	331	515	762	1022	1298	1574	1821	2014	2206	2278	2299	2215	2064	1876	1620	1323	1047	770	544	373	234	151
13.6.	167	214	239	331	460	653	976	1181	1390	1842	2201	2500	2085	2005	1976	1976	1537	1122	1026	938	431	348	222	163
14.6.	151	167	234	431	561	988	1273	1549	1792	1985	2169	2257	2273	2215	2077	1825	1595	1130	632	469	310	172	138	105
15.6.	121	130	155	260	448	758	980	1177	1357	1633	1905	2026	1821	1729	1553	1440	1336	1105	657	465	318	138	105	92
16.6.	109	134	172	276	557	636	783	1185	1398	1733	1859	1997	2072	1888	1930	1616	1185	867	729	511	364	172	113	105
17.6.	84	138	214	440	482	708	1093	1256	1704	1842	2102	2265	2361	2098	1909	1382	1491	1034	662	519	444	243	205	205
18.6.	138	138	167	460	816	1017	1185	1612	1771	1758	2198	2252	2160	1821	2068	1520	1147	921	641	536	260	234	113	100
19.6.	109	159	293	502	666	992	1285	1591	1842	2085	2227	2319	2332	2244	2093	1901	1620	1323	1047	779	536	343	205	155
20.6.	151	214	339	515	766	846	1043	1290	1465	1738	1871	1880	1959	1951	1729	1528	1315	976	666	578	343	172	142	105
21.6.	96	126	184	293	482	724	1063	1315	1503	2031	2056	2202	2181	2198	2026	1578	1470	1105	712	494	364	243	126	117
22.6.	100	134	197	264	448	682	888	1126	1717	1725	1947	2089	2248	2035	1968	1712	1377	1072	842	611	373	188	159	138
23.6.	138	188	222	348	469	749	946	1373	1491	1763	2068	1968	2328	2232	1675	1725	1658	1294	1034	590	322	327	293	163
24.6.	138	214	147	502	691	783	997	1319	1545	1809	2010	2215	2014	2089	2022	1813	1390	1428	959	800	553	368	268	176
25.6.	147	201	406	515	502	682	867	1122	1465	1721	1930	1976	1968	1813	1658	1696	1172	1005	745	502	276	188	109	105
26.6.	105	130	239	515	703	934	1197	1277	1557	1838	2257	2081	1985	1754	1792	1612	1264	976	691	498	310	205	117	109
27.6.	96	147	281	360	586	842	1168	1637	1880	2072	2244	2357	2361	2227	2194	1918	1557	1264	888	599	494	306	188	147
28.6.	147	197	314	498	741	1038	1306	1583	1821	1985	2190	2236	2131	2311	2098	1641	1486	1310	1009	749	515	335	197	151
29.6.	155	188	301	486	720	1005	1327	1566	1813	2056	2240	2315	2324	2194	2102	1867	1583	1298	1013	737	511	281	151	130
30.6.	130	184	301	490	741	1026	1310	1537	1792	1997	2156	2244	2252	2190	2026	1775	1553	1243	988	712	490	301	151	96
1.7.	92	142	180	322	406	1009	1256	1549	1792	2014	2156	2273	2039	1851	1687	1528	1160	900	708	460	322	155	117	63
2.7.	71	113	155	264	435	636	955	1122	1491	1708	1985	2131	2307	1993	1825	1624	1767	1365	1076	825	582	368	234	172

Fortsetzung

Tabelle 4. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																								
3.7.	172	218	310	532	742	1026	1298	1570	1830	2031	2131	2273	2294	2227	2089	1880	1673	1302	1017	724	417	159	126	84
4.7.	80	142	268	297	440	624	934	1231	1587	1842	2286	2022	2357	2043	2114	1846	1562	1017	783	641	515	318	268	130
5.7.	130	180	276	465	452	913	1218	1516	1750	1968	2123	2244	2252	2194	2039	1825	1583	1277	1005	745	502	310	192	142
6.7.	134	172	289	477	708	967	1243	1495	1725	1926	2098	2198	2215	2156	2039	1813	1574	1231	992	632	486	243	184	142
7.7.	126	151	310	486	699	1055	1177	1470	1704	1959	2127	2240	2232	2219	2064	1784	1453	1310	1047	678	494	260	201	117
8.7.	138	172	264	448	687	950	1223	1486	1733	1951	2119	2240	2240	2186	2022	1809	1566	1273	992	720	486	310	167	100
9.7.	109	151	289	440	695	963	1264	1511	1750	1951	2098	2223	2248	2194	2039	1817	1570	1273	984	720	494	297	172	105
10.7.	105	159	264	431	670	955	1197	1470	1729	1964	2123	2227	2244	2165	2022	1809	1557	1252	988	708	460	285	159	109
11.7.	105	167	276	444	678	925	1181	1457	1725	1922	2093	2198	2215	2123	1964	1742	1499	1210	946	682	452	281	142	96
12.7.	96	138	251	410	657	917	1164	1444	1683	1901	2043	2144	2160	2114	1968	1750	1486	1197	904	645	414	268	163	105
13.7.	105	100	184	410	758	921	111	1260	1516	1851	2056	2240	2252	2098	1549	1767	1478	1214	892	544	381	172	96	63
14.7.	54	84	126	289	356	515	925	1047	1398	1595	1658	1989	1905	1888	1930	1511	1260	1076	850	691	473	268	147	105
15.7.	113	167	260	335	482	678	1022	1294	1449	1880	2261	2018	2035	2366	1993	1763	1532	1223	955	624	251	167	100	67
16.7.	59	80	113	318	452	649	720	1076	1357	1541	1884	2177	2336	2232	1871	1532	1302	883	754	417	274	214	126	75
17.7.	67	92	134	226	486	469	791	1022	1160	1419	1377	2018	1729	1767	1336	1440	1093	825	511	352	230	130	59	38
18.7.	50	71	130	192	285	343	883	1135	1327	1733	1805	1834	1951	1725	1545	1574	1243	829	557	327	205	134	88	46
19.7.	38	67	142	234	364	657	1189	1118	1671	1691	1697	1700	1470	1436	1511	1118	879	720	490	318	184	117	59	33
20.7.	33	50	88	226	331	448	766	1022	1231	1507	1733	1796	1616	1691	1758	1482	1051	762	536	310	151	163	59	38
21.7.	54	54	117	209	368	649	787	1181	1130	1394	1754	1650	1901	1867	1616	1491	1277	1013	745	523	209	159	92	67
22.7.	54	92	180	327	498	695	1022	1315	1520	1733	1863	1943	1968	1913	1758	1524	1285	1017	762	523	348	201	105	67
23.7.	63	67	113	255	590	641	1080	984	1491	1725	1834	1926	1930	1930	1449	1608	950	946	766	540	331	184	100	63
24.7.	63	100	167	322	540	787	1043	1281	1503	1708	1825	1913	1922	1842	1683	1486	1273	992	737	515	251	151	84	54
25.7.	46	96	167	276	494	745	1017	1277	1520	1608	1834	1926	1947	1851	1750	1449	1302	917	540	460	176	84	59	38
26.7.	29	50	105	159	255	431	691	1030	1264	1566	1930	2068	2039	1930	1771	1578	1319	1063	775	532	306	151	84	59
27.7.	33	71	159	293	469	733	1017	1323	1587	1796	1951	2026	2056	1997	1834	1620	1369	1097	800	536	306	159	67	33

Tabelle 5  
Stundensummen der atmosphärischen Gegenstrahlung in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .

Datum	wahre Sonnenzeit																							
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
15.5.	816	766	737	670	620	590	565	523	486	569	653	645	662	590	519	528	578	645	946	827	1005	1055	1034	1063
16.5.	1114	1097	1139	1114	1068	1080	1051	980	921	561	620	770	821	904	959	1043	959	787	703	733	691	796	850	955
17.5.	976	992	1001	963	1001	950	808	678	586	821	833	766	727	737	800	754	766	632	695	770	779	787	779	779
18.5.	737	749	729	758	733	703	721	703	645	783	695	636	578	561	565	645	666	657	741	766	787	787	775	775
19.5.	791	787	762	703	636	599	611	590	553	611	544	641	599	544	502	335	331	477	812	955	946	1005	997	992
20.5.	925	959	934	955	904	917	858	837	766	749	674	553	540	511	486	431	435	456	486	528	599	687	720	791
21.5.	875	850	800	720	662	561	532	490	559	636	674	674	649	611	582	565	586	620	553	548	574	603	645	649
22.5.	662	645	603	569	574	498	486	465	528	590	683	750	628	523	519	469	494	523	498	565	620	628	641	712
23.5.	716	695	682	682	645	586	536	540	590	620	674	720	716	620	754	636	607	699	892	950	904	758	779	716
24.5.	737	737	745	724	695	649	603	586	590	565	615	645	578	507	557	611	653	708	678	662	586	662	649	645
25.5.	620	632	632	682	678	678	691	569	595	595	620	645	586	511	569	548	632	712	703	682	666	632	615	770
26.5.	590	620	624	615	666	662	578	553	565	574	548	620	561	528	548	578	565	636	666	703	649	699	666	645
27.5.	645	666	649	641	666	611	569	511	502	578	615	599	553	544	569	666	708	649	716	720	724	712	720	695
28.5.	703	699	674	729	720	691	695	599	582	628	716	754	733	624	682	729	653	745	796	796	762	770	724	712
29.5.	712	770	762	712	796	775	703	645	620	682	733	720	657	419	595	708	607	682	770	712	741	762	812	737
30.5.	720	733	699	708	749	720	687	607	687	670	691	712	708	657	645	653	674	754	787	758	749	737	745	737
31.5.	712	666	666	569	649	770	632	716	997	783	930	670	770	1126	913	682	871	687	611	595	812	712	783	858
1.6.	904	850	808	649	695	553	716	775	611	703	770	737	783	678	682	628	586	620	586	599	595	641	636	657
2.6.	657	645	628	603	578	603	582	636	674	737	850	829	904	821	737	812	762	720	791	729	703	754	733	749
3.6.	741	737	737	883	816	749	699	716	712	854	842	909	879	909	804	816	766	800	574	741	783	749	833	749
4.6.	754	720	708	670	607	708	611	620	678	729	816	733	687	787	737	846	787	695	737	641	620	670	678	712
5.6.	724	687	574	548	754	883	854	578	628	716	825	812	825	808	708	712	662	674	645	615	620	662	682	687
6.6.	674	666	599	624	582	595	657	649	670	791	963	980	1076	967	917	921	1076	1101	1063	1072	1005	925	988	997
7.6.	1009	984	1080	1030	971	1013	963	888	938	925	942	871	879	745	821	804	779	695	729	653	682	837	754	751

Fortsetzung



Tabelle 5. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																								
8.6.	854	829	837	720	544	318	381	548	565	687	703	703	628	574	536	532	431	486	435	469	482	490	578	557
9.6.	599	615	569	632	896	921	854	842	821	967	938	900	946	963	980	984	934	913	1043	980	1001	1034	988	971
10.6.	955	930	938	934	917	909	909	800	812	678	678	749	754	628	879	879	842	716	812	892	942	963	971	988
11.6.	988	938	938	938	909	871	804	854	825	854	837	787	879	879	657	536	666	930	846	758	850	896	883	816
12.6.	787	837	804	737	796	716	662	636	645	720	657	607	607	528	561	611	611	662	687	770	749	682	703	770
13.6.	749	791	846	804	825	921	980	1013	997	992	930	1055	1017	984	1022	930	950	980	921	821	737	662	754	754
14.6.	729	716	749	712	662	712	636	708	749	791	821	842	842	779	800	871	800	846	921	963	959	955	1030	992
15.6.	1034	1047	1072	1063	1005	1038	1009	1009	1047	1089	1105	1122	1105	1143	988	1197	1043	1055	1084	1059	1063	1093	1118	1047
16.6.	1097	1084	1130	1089	1055	1038	1080	1105	1093	1068	1118	1072	1101	1156	1068	1084	1114	1080	1080	1084	1093	1110	1038	1043
17.6.	892	930	967	875	930	980	913	984	1080	1076	1068	1068	745	808	984	959	904	1026	1047	963	955	1001	1005	938
18.6.	883	955	971	888	770	762	708	657	754	913	1298	1026	1164	1323	1290	1034	1093	1038	1080	1063	1084	1030	997	1005
19.6.	1009	1022	988	917	938	858	649	666	628	712	787	871	816	745	754	766	624	636	632	603	599	666	733	737
20.6.	766	703	687	645	603	653	976	871	909	938	1001	1072	1017	1017	1055	942	925	950	1026	1009	1017	955	976	1017
21.6.	997	984	1005	967	896	904	942	875	724	889	837	883	913	921	871	875	900	791	934	959	925	959	963	971
22.6.	997	988	955	992	909	1001	980	971	871	984	997	1001	1001	1034	942	896	988	909	992	955	913	997	1005	988
23.6.	992	1009	997	971	988	992	967	976	1009	1034	925	1080	1177	1181	1122	1147	1101	854	779	796	971	816	871	1017
24.6.	946	921	925	787	976	1017	1130	1122	1097	1214	1030	1122	1084	988	946	1189	938	930	708	703	645	712	762	770
25.6.	758	758	770	946	1034	1084	1122	1168	1097	1168	1206	1197	1160	1147	1172	1089	1168	1135	1105	1080	1089	1101	1105	1068
26.6.	1030	1047	1051	1110	1057	1026	1068	1114	1068	1118	1089	1118	1214	1273	1172	1160	1080	1101	1172	1135	1122	1139	1105	1072
27.6.	1005	1080	1059	1009	984	1072	1093	854	955	976	783	744	850	821	749	854	812	791	729	724	678	691	842	888
28.6.	917	963	871	846	754	632	586	716	687	770	779	808	733	766	812	796	796	745	695	678	641	662	712	741
29.6.	716	703	670	674	720	682	682	720	749	796	892	888	904	842	850	821	699	678	674	670	653	775	787	754
30.6.	779	758	758	729	670	745	783	641	687	586	561	649	708	641	762	678	770	808	833	816	758	758	1022	1047
1.7.	1059	1030	1038	988	1005	791	745	657	762	775	875	867	955	976	950	1009	1080	1101	1089	1055	1063	1080	1059	1084
2.7.	1076	1038	1047	1034	1022	1026	946	997	1030	997	846	1030	783	758	1030	938	641	666	641	620	620	678	708	703

Fortsetzung



Tabelle 6

Stundensummen der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche in  $\text{kJm}^{-2}\text{h}^{-1}$ .

Datum	wahre Sonnenzeit	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
1967																									
15.5.	1105	1105	1122	1093	1043	1038	984	971	888	883	846	833	867	858	858	921	930	984	1013	1043	1051	1055	1047	1063	
16.5.	1105	1084	1101	1089	1072	1063	1005	1009	946	850	930	921	946	955	1005	1101	1043	1068	1118	1043	1059	1089	1089	1080	
17.5.	1047	1043	1030	1022	1059	989	921	888	825	913	917	871	904	858	921	921	988	963	980	976	1047	1038	1038	1034	
18.5.	984	988	988	959	967	925	925	913	842	770	800	775	779	775	804	854	883	909	917	971	997	984	988	1001	
19.5.	984	980	967	971	946	900	890	892	833	796	766	749	745	770	770	712	720	724	720	896	921	963	984	984	992
20.5.	930	946	925	934	900	909	858	812	804	720	699	716	699	716	695	682	712	749	837	850	900	930	898	917	
21.5.	921	892	858	821	775	779	733	737	720	741	766	804	842	850	791	796	804	858	913	942	925	921	896		
22.5.	896	875	879	825	808	804	733	712	691	716	762	787	808	804	816	846	825	846	900	925	917	934	925	925	
23.5.	900	892	863	863	812	804	791	779	812	745	808	829	837	930	913	955	934	988	1005	967	980	950	938	921	
24.5.	879	858	883	829	825	796	783	766	737	800	825	833	846	879	876	854	946	963	984	971	930	913	938	867	
25.5.	871	863	829	825	806	804	779	749	796	812	871	867	850	888	976	876	988	1005	971	959	934	921	925	959	
26.5.	892	909	850	833	825	787	791	749	745	812	804	854	867	858	904	913	963	930	938	938	888	888	913	883	
27.5.	892	888	858	833	804	796	762	766	733	842	854	875	917	946	1001	1009	997	1001	988	946	946	925	967	942	
28.5.	930	930	938	900	896	850	837	812	821	850	909	950	967	980	997	1026	1068	1084	1055	1030	988	959	980	967	
29.5.	946	942	925	896	846	871	850	842	850	878	900	900	904	900	955	992	1047	1005	1022	992	955	955	946	921	
30.5.	917	904	879	867	858	837	825	821	879	900	938	924	976	1005	1005	1005	1022	1030	1013	992	1005	984	984	988	
31.5.	984	976	959	942	921	896	988	904	846	979	921	963	1017	1022	1022	1047	1072	1047	971	959	988	971	980	988	
1.6.	955	942	921	900	883	875	863	837	825	829	829	829	917	976	959	955	976	1005	1005	955	959	917	917	946	921
2.6.	917	925	930	913	909	900	917	858	892	946	930	1055	1022	1059	1076	1118	1068	1072	1026	1047	1017	1001	1017	1005	
3.6.	997	988	971	934	950	959	955	942	984	980	1034	1009	1139	1038	1022	1076	1093	1034	930	997	988	942	984	980	
4.6.	976	980	955	909	913	913	909	883	896	959	997	1030	1001	1047	1030	1055	1043	1047	984	988	963	946	950	917	
5.6.	917	938	904	892	892	930	934	854	867	913	934	988	988	984	1013	1013	1013	1043	1017	1005	980	976	980	963	
6.6.	938	950	946	925	904	900	925	846	842	850	976	980	1005	1026	997	1089	1093	1130	1114	1089	1047	1013	1013	992	
7.6.	1047	1051	1063	1055	988	1005	971	946	921	896	888	846	929	829	904	888	909	917	871	863	821	909	917	842	

Fortsetzung

Tabelle 6. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
1967	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	24
8.6.	871	888	867	842	858	796	749	745	770	749	846	837	875	867	863	875	854	875	854	825	808	783	821	871
9.6.	900	917	917	896	904	921	892	892	871	913	921	976	955	955	959	1022	992	1009	1034	1034	1026	1022	1013	1001
10.6.	984	988	976	963	942	938	921	867	888	854	854	950	930	971	980	971	917	904	988	967	980	980	980	976
11.6.	976	984	963	917	904	879	904	892	863	875	921	946	942	1034	971	963	967	976	904	892	917	921	892	863
12.6.	827	825	787	787	800	825	791	754	749	800	842	867	854	925	976	959	980	997	988	963	971	930	955	971
13.6.	959	955	942	934	976	1005	980	1026	1038	1034	1072	1105	1114	1093	1063	1055	1072	1076	1080	1043	1005	971	980	992
14.6.	980	955	946	946	930	917	913	896	921	1017	1063	1084	1097	1084	1101	1130	1097	1093	1089	1051	1068	1080	1068	1051
15.6.	1051	1051	1072	1038	1030	1026	1055	1043	1059	1089	1072	1076	1047	1043	1022	1084	1080	1059	1059	1043	1055	1038	1089	1076
16.6.	1080	1084	1097	1097	1114	1089	1084	1105	1118	1068	1112	1122	1076	1080	1114	1084	1076	1101	1105	1110	1110	1105	1110	1105
17.6.	1063	1038	1026	1043	1017	1013	980	1043	1043	1084	1098	1135	1143	1114	1156	1147	1097	1139	1130	1114	1072	1059	1059	1063
18.6.	976	971	992	925	839	939	879	938	913	1013	1160	1080	1139	1114	1147	1097	1114	1080	1080	1093	1080	1072	1059	1034
19.6.	1030	1063	1059	992	955	959	921	879	858	921	967	1005	1030	1047	1068	1059	1059	1059	1005	959	946	925	913	896
20.6.	900	879	846	867	846	930	917	913	955	913	976	1005	1059	1084	980	967	980	955	997	1005	1005	988	988	984
21.6.	1001	980	980	971	955	934	921	917	909	925	934	925	955	930	909	950	938	921	959	963	963	976	976	984
22.6.	992	988	959	997	997	980	976	930	871	971	971	988	900	917	992	997	1030	997	1063	1005	992	1013	1013	1005
23.6.	1005	1017	997	963	992	1005	988	1026	1034	1030	1034	1130	1156	1177	1143	1122	1185	1151	1105	1093	1110	1009	1009	1093
24.6.	1110	1068	1101	1072	1034	1089	1089	1055	1063	1126	1068	1030	1168	1093	1038	980	1022	1001	1038	1022	1017	984	984	1009
25.6.	1009	1030	988	1026	1068	1055	1105	1089	1101	1105	1122	1126	1105	1156	1156	1080	1143	1084	1076	1093	1093	1097	1122	1089
26.6.	1059	1051	1051	1101	1055	1034	1130	1105	1105	1151	1147	1164	1156	1147	1177	1168	1147	1139	1151	1135	1147	1126	1122	1076
27.6.	1059	1051	1047	1043	1063	1076	980	930	888	1030	1030	997	1005	1047	1072	1151	1118	1139	1055	1076	1005	988	976	984
28.6.	980	984	950	904	942	875	867	812	821	913	896	997	1047	1047	1038	1084	1072	1059	1068	1034	1026	1009	1005	997
29.6.	984	1005	997	980	971	997	925	900	942	997	1030	1076	1089	1101	1118	1130	1076	1097	1051	1013	1017	971	963	934
30.6.	959	921	913	904	888	888	883	900	888	963	1034	1063	1097	1114	1114	1143	1084	1076	1063	1022	1005	984	1013	1030
1.7.	1051	1063	1068	1089	1059	1017	1001	934	946	967	1030	1038	1084	1097	1063	1080	1089	1055	1059	1080	1093	1068	1063	1076
2.7.	1072	1047	1063	1017	1013	1017	1017	1030	1013	1009	1001	1055	1013	1051	1043	1072	1017	1043	980	946	938	942	938	950

Fortsetzung

Tabelle 6. Fortsetzung

Datum	wahre Sonnenzeit																							
1967	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
3.7.	942	950	938	963	959	955	963	900	909	1001	1034	1034	1063	1097	1072	1009	1030	997	1051	1047	1068	1118	1084	1076
4.7.	1072	1055	971	938	992	984	988	1059	1030	1130	1130	1130	1130	1143	1089	1089	1089	1147	1084	1034	980	942	925	917
5.7.	875	879	904	850	875	930	892	854	871	917	917	1005	1001	992	1013	1022	997	1026	988	955	955	946	921	921
6.7.	909	900	879	858	879	896	938	863	871	971	980	997	988	1001	1001	1019	976	992	967	1026	955	1009	976	950
7.7.	938	921	904	879	879	879	896	883	904	921	971	980	988	997	1009	984	963	967	971	942	921	942	942	950
8.7.	909	934	913	896	896	909	913	892	909	955	1030	1038	1068	1051	1072	1063	1059	1105	1143	1026	992	971	997	984
9.7.	971	963	976	976	942	930	909	879	875	959	904	1034	1017	1030	1059	1055	1034	1047	1038	1005	976	963	955	963
10.7.	955	946	946	938	946	921	921	883	913	950	1026	1068	1097	1093	1126	1122	1118	1101	1043	1055	1072	1026	1009	988
11.7.	1022	997	997	976	963	967	1005	976	992	1068	1143	1147	1151	1147	1143	1147	1147	1114	113	1101	1101	1055	1059	1030
12.7.	1005	1030	997	1005	959	963	967	955	946	997	1051	1101	1139	1135	1143	1135	1156	1164	1114	1089	1055	1038	1063	1051
13.7.	1009	992	988	963	984	992	950	950	883	1034	1114	1089	1105	1130	1114	1101	1063	1093	1084	1059	1017	1038	1022	1072
14.7.	1059	1072	1068	1047	1072	1080	1063	1055	1093	1143	1135	1147	1143	1143	1105	1101	1130	1022	1093	1013	959	950	946	955
15.7.	963	997	992	1001	1013	997	1030	1026	1026	1013	1063	1197	1130	1172	1126	1122	1114	1130	1051	1089	1114	1139	1110	1089
16.7.	1101	1097	1072	1068	1059	1043	1072	1068	1089	1089	1156	1122	1139	1164	1156	1156	1164	1143	1130	1143	1130	1105	1084	1080
17.7.	1072	1093	1089	1063	1059	1084	1135	1126	1143	1122	1189	1151	1151	1147	1164	1126	1139	1164	1151	1130	1139	1139	1114	1135
18.7.	1147	1139	1110	1097	1122	1110	1143	1072	1055	1089	1105	1089	1147	1135	1118	1068	1038	1105	1105	1072	1059	1080	1072	1105
19.7.	1110	1118	1101	1110	1122	1110	1089	1093	1114	1101	1139	1118	1164	1126	1172	1172	1181	1172	1151	1156	1160	1147	1160	1160
20.7.	1164	116	1156	1156	1172	1172	1181	1185	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1185	1172	1172	1177	1151	1143	1156	
21.7.	1147	1164	1143	1151	1139	1139	1135	1151	1160	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1181	1172	1189	1189	1189	1172	1172	1151	
22.7.	1147	1143	1114	1139	1181	1114	1080	1114	1139	1160	1189	1181	1193	1193	1185	1185	1192	1172	1172	1172	1172	1151	1147	
23.7.	1139	1122	1122	1114	1101	1084	1076	1168	1151	1147	1193	1193	1189	1193	1193	1193	1193	1151	1160	1147	1110	1114	1110	1084
24.7.	1084	1089	1080	1105	1055	1076	1047	1051	1068	1093	1189	1181	1168	1172	1193	1193	1189	1189	1160	1139	1172	1114	1076	1068
25.7.	1051	1017	1030	1022	1026	1009	997	1001	1026	997	1151	1139	1172	1172	1172	1151	1160	1147	1160	1139	1156	1147	1151	1122
26.7.	1139	1139	1130	1143	1139	1139	1130	1126	1151	1172	1118	1143	1143	1143	1147	1143	1143	1139	1143	1105	1084	1076	1043	1026
27.7.	1013	1001	984	980	950	946	942	959	963	1030	1051	1068	1068	1097	1105	1080	1101	1084	1093	1084	1072	1059	1047	1030

Tabelle 7

*Tagessummen der Globalstrahlung G, der reflektierten Globalstrahlung R, der atmosphärischen Gegenstrahlung A und der langwelligen Ausstrahlung der Oberfläche E.*

1967	G		R		A		E	
	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$
15.5.	29.9	714	23.1	552	17.1	408	23.6	564
16.	24.1	576	19.8	474	21.7	519	24.7	590
17.	23.9	572	19.8	472	19.4	463	23.2	554
18.	26.2	626	21.2	507	16.9	403	21.7	518
19.	28.3	676	22.3	533	16.3	390	20.7	494
20.	26.9	642	21.9	524	16.7	399	19.7	471
21.	30.4	726	23.8	569	15.2	363	20.0	478
22.	30.9	739	24.3	581	13.9	331	20.0	477
23.	28.3	676	22.7	543	16.7	399	21.2	507
24.	31.0	740	24.7	589	15.4	368	20.8	496
25.	31.6	755	25.5	610	15.2	362	21.2	507
26.	31.5	753	25.4	606	14.6	349	20.7	495
27.	31.8	760	25.6	611	15.2	364	21.5	513
28.	31.4	751	25.3	605	16.9	404	22.7	543
29.	32.3	771	25.9	618	16.8	402	22.2	531
30.	32.4	773	26.1	624	17.0	406	22.6	539
31.	30.8	736	24.7	589	18.2	434	23.3	556
1.6.	33.8	807	26.3	629	16.5	393	22.1	528
2.	33.1	790	26.0	620	17.2	412	23.6	564
3.	31.7	757	25.0	597	18.8	449	23.9	571
4.	33.7	806	26.5	632	17.0	405	23.3	556
5.	33.8	808	26.5	631	16.8	402	22.9	548
6.	28.3	676	23.0	549	20.6	491	23.6	563
7.	26.8	639	23.5	562	20.8	496	22.2	530
8.	35.6	850	28.4	678	13.9	332	20.0	477
9.	27.0	644	23.3	557	21.3	508	22.9	548
10.	29.9	714	25.1	600	20.5	489	22.7	541
11.	29.4	703	25.2	602	20.1	481	22.3	532
12.	34.4	822	28.6	684	16.5	395	21.1	504
13.	29.9	713	25.4	606	21.4	512	24.6	587
14.	32.7	780	26.5	633	19.6	468	24.6	587
15.	24.4	582	21.7	518	25.6	612	25.4	606
16.	25.3	605	22.4	535	26.1	623	26.3	629
17.	29.4	703	24.9	594	23.1	552	25.9	618
18.	30.5	728	25.0	598	23.8	568	24.8	593

Fortsetzung

Tabelle 7. Fortsetzung

19.	35.2	841	28.6	684	18.4	439	23.6	563
20.	27.1	648	23.6	563	21.7	519	22.9	546
21.	28.6	682	24.7	590	21.8	521	22.8	544
22.	26.9	643	24.0	574	23.3	556	23.5	562
23.	29.1	694	25.4	606	23.8	568	25.6	611
24.	30.0	717	26.3	627	22.7	541	25.2	601
25.	25.5	610	22.8	544	25.7	614	26.1	624
26.	28.2	674	24.2	577	26.6	636	26.8	641
27.	33.6	802	27.8	664	21.0	502	24.8	592
28.	34.8	830	28.0	668	18.1	432	23.4	560
29.	35.3	844	28.3	677	18.0	430	24.4	582
30.	34.0	813	27.7	661	18.0	429	23.9	572
1.7.	29.4	703	24.2	578	23.1	552	25.1	599
2.	29.7	710	25.2	602	20.9	498	24.3	580
3.	35.4	845	28.1	670	18.5	441	24.2	579
4.	31.6	754	25.3	605	20.4	487	25.0	598
5.	34.7	828	27.3	652	16.8	402	22.5	538
6.	34.2	818	27.1	648	17.0	405	22.8	544
7.	34.2	816	27.4	654	17.5	419	22.5	538
8.	34.5	824	27.3	652	17.6	420	23.7	565
9.	33.5	799	27.3	653	18.2	435	23.4	560
10.	33.3	796	27.0	646	18.6	444	24.2	578
11.	32.6	779	26.5	634	20.5	490	25.6	611
12.	32.8	784	26.0	622	19.5	466	25.2	603
13.	32.2	770	25.0	598	20.3	484	25.0	596
14.	26.3	629	22.1	529	23.2	553	25.6	611
15.	31.6	754	25.0	598	22.1	528	25.7	614
16.	26.6	635	22.4	535	27.0	644	26.6	636
17.	21.9	524	18.8	448	26.4	630	27.0	646
18.	23.0	550	20.0	478	26.5	632	26.4	630
19.	21.6	516	18.9	451	27.4	655	27.3	651
20.	23.0	549	18.8	449	27.2	649	28.1	670
21.	26.8	640	20.3	485	24.5	584	28.0	668
22.	31.0	741	22.7	542	22.0	526	27.8	664
23.	29.4	702	21.6	515	21.9	523	27.4	655
24.	30.1	720	22.2	531	20.0	477	27.0	644
25.	29.4	701	21.6	515	21.3	508	26.3	629
26.	27.0	644	21.2	506	23.7	566	27.0	645
27.	29.0	692	23.3	557	19.8	473	24.8	592

Tabelle 8

Mittlere Tagessummen der Strahlungsströme und mittlere Albedo für Perioden über einen halben Monat, sowie für die gesamte Meßperiode. Es bedeuten *G* Globalstrahlung, *R* reflektierte Globalstrahlung, *A* atmosphärische Gegenstrahlung, *E* langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, *B* Gesamtstrahlungsbilanz, *T* Mittelwert der Temperatur, *C* mittlere 24-stündige Bewölkung, *u* mittlere Windgeschwindigkeit, *e* mittlerer Dampfdruck. Werte ohne + beziehen sich auf den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte, Werte mit + beziehen sich auf die ungestörte Umgebung.

Datum 1967 Tage Einheiten	15.5.-31.5. 17 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	1.6.-15.6. 15 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	16.6.-30.6. 15 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	1.7.-15.7. 15 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	16.7.-27.7. 12 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$	15.5.-27.7. 74 $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{d}}$
G	29.5 705 23.7 565 0.802	30.9 739 25.4 607 0.820	30.2 722 25.6 611 0.846	32.4 774 26.1 623 0.805	26.5 634 21.0 501 0.790	30.0 718 24.5 584 0.814
R.						
Albedo						
A	16.7 398	18.6 443	22.1 529	19.6 468	23.9 572	19.9 476
E	21.8 520	23.0 549	24.7 589	24.3 581	27.0 644	24.0 572
B	0.7 18	1.1 26	2.0 51	1.6 38	2.4 61	1.6 38
R <sup>+</sup>	24.7 590	26.5 632	26.6 636	27.2 650	21.9 523	25.5 609
Albedo <sup>+</sup>	0.837	0.855	0.881	0.840	0.825	0.849
B <sup>+</sup>	- 0.3 - 7	0.0 1	1.0 26	0.5 11	1.5 39	0.6 13
T °C	- 9.8	- 8.8	- 5.3	- 6.1	- 1.7	- 6.6
C zehntel	3.3	5.4	6.1	3.9	5.8	4.7
u ms <sup>-1</sup>	6.6	6.0	4.4	5.1	5.7	5.8
e mbar	2.5	2.7	3.4	3.2	4.8	3.2



Tabelle 9

Mittlere Tagessummen der Strahlungsströme und mittlere Albedo für einheitliche Witterungsperioden. Es bedeuten *G* Globalstrahlung, *R* reflektierte Globalstrahlung, *A* atmosphärische Gegenstrahlung, *E* langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, *B* Gesamtstrahlungsbilanz, *C* mittlere 24-stündige Bewölkung. Werte ohne + beziehen sich auf den Ort der permanenten Montage der Strahlungsmessgeräte, Werte mit + beziehen sich auf die ungestörte Umgebung.

Datum 1967	16.5.-20.5.	21.5.- 5.6.	6.6.-23.6.	27.6.-13.7.	14.7.-20.7.	21.7.-27.7.
Tag	5	16	18	17	7	7
C Zehntel	6.4	2.1	7.3	3.2	8.9	3.1
Einheiten	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$
	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$
G	25.9	31.8	29.5	33.3	24.9	28.9
R	23.3	25.2	25.0	26.8	20.9	21.9
Albedo	0.900	0.794	0.847	0.805	0.838	0.755
A	18.2	16.3	21.2	19.1	25.7	21.9
E	22.0	22.0	23.6	24.1	26.7	26.9
B	- 1.2	0.9	2.1	1.5	3.0	2.0
						49
R <sup>+</sup>	24.2	26.4	26.0	28.0	21.8	22.9
Albedo <sup>+</sup>	0.935	0.829	0.882	0.840	0.873	0.790
B <sup>+</sup>	- 2.1	- 50	- 0.3	- 7	1.1	27
					6	51
						1.0
						25

Tabelle 10

Vergleich des Strahlungshaushaltes verschiedener Stationen mit einer Albedo  $> 80\%$ . Mittlere Tagessummen der Globalstrahlung  $G$ , der Gesamtstrahlungsbilanz  $B$  und mittlere Albedo  $a$ .

Station u. Seehöhe	Periode	Tag	$G$ $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$	$a^+$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	$B^+$ $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{ d}}$ $\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ d}}$	zitate
Carrefour $\varphi = 69^\circ 40' \text{N}$ 1850 m	15.5.67-27.7.67	74	30.0	718	85 0.6 13	
Ice Cap Station Devon Island 1320 m $\varphi = 75^\circ 30' \text{N}$	21.5.63-31.7.63	72	28.2	674	85 0.8 18	Holmgren 1971
Site 2 Grönland 2260 m $\varphi = 78^\circ \text{N}$	25.7.55- 6.8.55	13	24.2	577	82 0.4 9	Diamond et al. 1956
Little America V Antarktis Küste $\varphi = 78^\circ 11' \text{S}$	1.11.57-31.1.58	92	23.6	564	86 1.0 24	Hoinkes 1970, siehe Kuhn et al. 1977
Mirnyy Antarktis Küste $\varphi = 68^\circ 33' \text{S}$	1.11.60-31.1.61	92	26.9	642	81 1.6 38	Skeib 1965, siehe Kuhn et al. 1977
Maudheim Antarktis Küste $\varphi = 71^\circ 03' \text{S}$	1.11.50-31.1.51	92	27.1	647	84 0.5 11	Liljequist 1956, siehe Kuhn et al. 1977
Pionerskaya Antarktis 2740 m $\varphi = 69^\circ 44' \text{S}$	1.11.57-31.1.58	92	31.1	742	79 1.8 42	Rusin 1961, siehe Kuhn et al. 1977
Vostok Antarktis 3480 m $\varphi = 78^\circ 15' \text{S}$	1.11.58-31.1.59	92	39.5	943	80 0.8 19	Rusin 1961, siehe Kuhn et al. 1977
Plateau Station Antarktis 3625 m $\varphi = 79^\circ 15' \text{S}$	1.11.66-31.1.67	92	34.2	817	83 0.7 17	Kuhn et al. 1977

Tabelle 11a

Mittlere Tagessummen des Energiehaushaltes über die gesamte Meßperiode (74 Tage) am Ort der permanenten Montage der Strahlungsmeßgeräte. Es bedeuten *G* Globalstrahlung, *R* reflektierte Globalstrahlung, *A* atmosphärische Gegenstrahlung, *E* langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, *Q<sub>f</sub>* fühlbarer Wärmestrom, *Q<sub>l</sub>* latenter Wärmestrom, *Q<sub>w</sub>* Energieverbrauch zur Schnee-Erwärmung.

Albedo 0.814	Quellen		Senken	
	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2\text{d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2\text{d}}$
G	30.0	718		
R			24.5	584
A	19.9	476		
E			24.0	572
Q <sub>f</sub>	1.3	31		
Q <sub>l</sub>			1.0	25
Q <sub>w</sub>			0.4	10
Summe	51.2	1225	49.9	1191
BILANZ	+ 1.4	+ 33		

Tabelle 11b

Mittlere Tagessummen des Energiehaushaltes über die gesamte Meßperiode (74 Tage) für eine ungestörte Schneeoberfläche der Umgebung. Es bedeuten *G* Globalstrahlung, *R<sup>+</sup>* reflektierte Globalstrahlung, *A* atmosphärische Gegenstrahlung, *E* langwellige Ausstrahlung der Oberfläche, *Q<sub>f</sub>* fühlbarer Wärmestrom, *Q<sub>l</sub>* latenter Wärmestrom, *Q<sub>w</sub>* Energieverbrauch zur Schnee-Erwärmung.

Albedo 0.849	Quellen		Senken	
	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2\text{d}}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{d}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2\text{d}}$
G	30.0	718		
R <sup>+</sup>			25.5	609
A	19.9	476		
E			24.0	572
Q <sub>f</sub>	1.3	31		
Q <sub>l</sub>			1.0	25
Q <sub>w</sub>			0.4	10
Summe	51.2	1225	50.9	1216
BILANZ	+ 0.3	+ 9		