

ganze Land hin. Aber sie zeigt zugleich auch die tatsächlichen Siedlungskomplexe bis herab zu den Einzelhöfen. Dadurch kann der geschulte Betrachter sich ein angenähertes Bild von der wahren Verteilung einer Bevölkerungsmengensignatur, z. B. auf den etwaigen Kern und die Außenhöfe einer Dorfsiedlung mit Ausbauten, oder auf die verschiedenen Ortsteile einer Gemeinde mit mehreren Siedlungsplätzen, machen. Außerdem ist das fein differenzierte Gesamtbild in das Höhenschichtenrelief hineingestellt. Dies erlaubt es dem Betrachter, wichtige Aufschlüsse über die teils geläufigen, teils aber auch unerwarteten Beziehungen zwischen Bevölkerungsverteilung und Geländeformen zu gewinnen.

Diese Karte wird wirkungsvoll ergänzt durch das Blatt „Zu- und Abnahme der Bevölkerung 1939—1946—1954“, das auf der gleichen ausführlichen Geländegrundlage die großen Veränderungen des Bevölkerungsstandes bis zur Katastrophe von 1945 und die seitherige Weiterentwicklung erkennen läßt. Gerade die Geländegrundlage macht viele Einzelheiten der Differenzierung dieses Entwicklungsganges verständlich.

Im gleichen Maßstab 1 : 300 000 sind wertvolle Areal-Karten von Nutzflächen bzw. von Bodenschätzen geschaffen worden. Eine „Waldkarte“ gibt die Waldflächen nach ihrem Besitzstande und daneben ein Kartogramm der Bestandsverhältnisse nach Nadelholz, Laubholz und Niederwald aufgedgliedert. Eine Karte der „nutzbaren Lagerstätten“ der Tiefe mit Nebenkarte über die Verbreitung der Steine und Erden orientiert über die mannigfaltigen Bodenschätze. Der vielseitige thematische Inhalt dieser Karten hat bei ihnen die Unterlegung der Geländeformen leider nicht ermöglicht.

Andere bemerkenswerte Versuche des Atlas zielen auf die Erfassung der „wirtschaftlichen Struktur der Gemeinden“ und der „sozialen Struktur der Gemeinden“ des Landes durch Erstellung von diesbezüglichen Gemeindekartogrammen. Dabei wird die landwirtschaftliche Betätigung bzw. Lebensweise wegen ihrer unmittelbaren Beziehung zu den Gemarkungsflächen in Flächendarstellung, die gewerbliche, die dienende und die verwaltende Betätigung durch Säulendiagramme am Ort des Wohnplatzes wiedergegeben. In ähnlicher Weise ist der „Berufspendelverkehr“ dargestellt. Derartig verfeinerte Kartogramme ermöglichen zweifellos einen raschen Überblick über die abstrakt räumliche Verteilung wichtiger Fakten. Die Lokalisierung in der geographischen Landschaft bieten sie aber zur Vermeidung einer Überlastung des Kartenbildes bisher nicht. Es wäre zu erwägen, ob nicht der Nutzen solcher Darstellungen, — das gleiche gilt auch für die Waldkarte und die Karte der nutzbaren Lagerstätten, — noch wesentlich vermehrt werden könnte, wenn, entsprechend einer alten, u. E. viel zu wenig beachteten Anregung von *M. Eckert*, auch bei ihnen das Geländebild untergelegt werden könnte. Es wäre sicher eine lohnende Aufgabe, einmal Versuche in dieser Richtung anzustellen.

Diese Bemerkungen möchten nicht die hohe Anerkennung der besprochenen, wissenschaftlich wertvollen und ausdruckschönen Kartenschöpfungen min-

dern. Diese sind erwachsen aus der fruchtbaren Zusammenarbeit der Landesplanungsbehörde mit den für die einzelnen Sachgebiete zuständigen Dienststellen. Namentlich die Mitwirkung der Hochschularbeitsgemeinschaft für Raumforschung Köln, unter Leitung von Prof. *Theodor Kraus* hat sich, wie aus den Fußnoten der kartographisch besonders interessanten Blätter hervorgeht, offensichtlich sehr günstig ausgewirkt.

Herbert Louis

EIN RUSSISCHER ATLAS DES WÄRMEHAUSHALTS DER ERDOBERFLÄCHE

H. Flohn

Mit 2 Abbildungen

An atlas of the temperature regime of the earth's surface

Summary: This is a review article of the Atlas of the Temperature Regime, edited by *M. I. Budyko* (Leningrad), and the accompanying monograph. The most important numerical values of the temperature and insolation regime within the latitudes 60°N—60°S, and of the continents and oceans (including the water cycle) are appended in two tables.

Der Leiter des nach *A. I. Woeikof* benannten Geophysikalischen Hauptobservatoriums in Leningrad, *M. I. Budyko*, hat in den letzten Jahren zwei Werke herausgebracht, die für einige besonders wichtige Fragen der physischen Geographie, insbesondere der Klimatologie und Hydrologie, eine zahlenmäßige Diskussionsbasis bereitstellen. Es handelt sich um einen Atlas des Wärmehaushalts der Erdoberfläche (1) und eine dazugehörige Monographie (2), die das Interesse zahlreicher Geographen wachrufen sollten, auch wenn mangelnde Kenntnis der russischen Sprache das Eindringen nicht leicht macht.

In dem Atlas (1) werden die wichtigsten Glieder des Wärmehaushalts der Erdoberfläche für die ganze Erde in Form von Monats- und Jahreskarten 1 : 120 Mill. dargestellt. Der Atlas enthält folgende Kartenserien (meist zwei Karten auf einem Blatt):

A) Globalstrahlung in kcal cm⁻² für Jahr und Monate,

B) Strahlungsbilanz in gleichem Maße, beide unter Weglassung der höheren Gebirge.

C) Wärmeabgabe durch Verdunstung, unter Weglassung auch der eisbedeckten Meere. Leider fehlen vielfach auch Angaben für die Rand- und Binnenmeere (Kaspi, Rotes Meer, Ostsee, Mittelländisches und Schwarzes Meer). Die Monatskarten beschränken sich auf die Ozeane; eine besondere Diagrammtafel bringt für 12 Festlandsorte aus typischen Klimaten den jährlichen Gang.

D) Turbulenter Wärmetransport — gemeint ist hier die Abgabe (oder Einnahme) fühlbarer Wärme; die Turbulenz der Atmosphäre ist auch bei der Verdunstung beteiligt — zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre. Die Monatskarten beschränken sich auf die Ozeane; eine Diagrammtafel gibt für die gleichen 12 Orte den Jahresgang.

E) Wärmetransport an der Meeresoberfläche durch Meeresströmungen (nur Jahres-

karte). Hier fällt der große Gegensatz zwischen dem großen Transport durch den Golfstrom und dem relativ kleinen durch den Kuroshio auf, ebenso auch der Unterschied zwischen dem äquatorialen Atlantik und Pazifik (überwiegend Wärmeverlust) und dem äquatorialen Indik.

F) Verdunstung enthält die unter C) genannten Karten, nach Division durch die (ziemlich konstante) Verdampfungswärme des Wasserdampfes auf mm umgerechnet. Die größte Verdunstung mit > 2500 mm wird für den Indischen Ozean (bei 15°S, 85°E) angegeben, > 2000 mm auch im Golfstrombereich nordöstlich Florida und bei 35°N, 55°W, sowie im Seegebiet um Formosa und bei den Neuen Hebriden.

Die Wärmehaushaltsgleichung wird in der üblichen Form angesetzt: $R = LE + P + A$. Hierin ist R = Strahlungsbilanz, L = Verdampfungswärme des Wasserdampfes, E = Verdunstung, P = Transport fühlbarer Wärme, A = Wärmetransport im Boden (bzw. Meer); zum leichteren Verständnis des Originals seien hier ebenfalls *Budykos* Symbole verwendet.

Die Methoden der Berechnung sind kurz in 3), in vollständigerer Form dann in 2) gesondert veröffentlicht worden, während 1) nur kurze beschreibende Texte enthält. Die Anregung zu dieser Arbeit stammt aus den Werken des bedeutenden russischen Klimatologen *Alexander I. Woeikof* (1842—1916), wobei besonders der Geograph *A. A. Grigoriew* sich mit großer Initiative für die Inangriffnahme der umfangreichen Rechnungen eingesetzt hatte. Als Vorarbeiten werden erwähnt die Untersuchungen des russischen Ozeanographen *W. W. Schulejkin* (1935) über die Wärmebilanz der Karischen See, die grundlegenden Arbeiten von *F. Baur* und *H. Philipps* über den Strahlungshaushalt (1935), von *F. Albrecht* am Observatorium Potsdam über einen Strahlungsbilanzmesser (1933) und vor allem den Wärmehaushalt in verschiedenen Klimagebieten (1940, vgl. 4), sowie die neueren Arbeiten von *F. Albrecht* und *W. C. Jacobs* (USA).

Inzwischen entwickelt sich, vornehmlich in Rußland und in den Vereinigten Staaten von Amerika, eine neue und (nach Überzeugung des Ref.) grundlegende Stufe der Klimatologie, die man am besten als theoretische Klimatologie bezeichnen kann. Ihr Ziel besteht darin, aus den (durch wenige Messungen festzulegenden) physikalischen Parametern, wie Exposition, Albedo, Wärmeleitfähigkeit, Rauigkeit usw. und den physikalischen Grundgleichungen rechnerisch die Eigenschaften jeden Mikroklimas abzuleiten; eine richtungweisende Arbeit in deutscher Sprache hat *H. Lettau* (5) veröffentlicht¹⁾. Für diese hier nur angedeutete Aufgabe liefert der Atlas (1) eine wertvolle Grundlage. Bei der Globalstrahlung wird die Durchlässigkeit einer geschlossenen Wolken-

decke (0,3—0,6) zusammen mit der mittleren Bewölkung verwendet. Für die Albedo der Kontinente werden typische Werte je nach Vegetation und Bodenbedeckung²⁾ eingesetzt, bei den Ozeanen unter Berücksichtigung der Sonnenhöhe. Die effektive Ausstrahlung wird formelmäßig als Funktion der Temperatur und des Dampfdruckes, der Bewölkung und der Bodenbedeckung ermittelt. Für die Verdunstung der Meeresoberfläche wird ähnlich wie bei *H. U. Sverdrup* eine Formel (aus der Windgeschwindigkeit und der Differenz der spezifischen Feuchte Wasser-Luft) benutzt, deren Konstanten von *Schulejkin* empirisch ermittelt wurden; der Koeffizient wird mit der Wärmehaushaltsgleichung für das Weltmeer revidiert. Für das Festland benutzt *Budyko* eine Näherungsformel, die einen Zusammenhang zwischen dem Verhältnis Verdunstung/Niederschlag einerseits, und dem Verhältnis der Strahlungsbilanz und der zur Verdunstung des Gesamtniederschlags benötigten Wärme (von *Budyko* als „Strahlungs-Trockenheitsindex“ bezeichnet) als Funktion der Breite postuliert. Diese Formel wurde in zahlreichen Gebieten mittels der Wasserhaushaltsgleichung geprüft. Der turbulente Wärmetransport ergab sich durch Differenzbetrachtung zwischen Strahlungsbilanz und Verdunstungsenergie, während der Wärmetransport im Erdboden vernachlässigt wurde. Es folgt in 3) eine Beschreibung der Hauptergebnisse der Karten, sowie eine Zusammenstellung von Breitenmitteln für Festland, Ozean und Erde.

Aus der zusammenfassenden Monographie (2) bringen wir hier die für den Gesamthaushalt entscheidende Tabelle 1 mit den Mittelwerten für 10°-Zonen, getrennt für Land und See. Hierbei bedeuten (außer den schon oben erwähnten Buchstaben): A_m den horizontalen Wärmetransport durch Meeresströmungen,

Tab. 1

Breitenzonenmittel der Komponenten der Wärmebilanz (in kcal/cm² Jahr)

Breite	Ozeane				Festland			Erde				
	R	LE	P	A_m	R	LE	P	G	R	LE	P	A_m
60–50°N	34	34	18	–18	23	19	4	91	28	25	10	–7
50–40	54	51	15	–12	38	22	16	114	46	36	15	–5
40–30	78	73	12	–7	56	26	30	146	69	53	20	–4
30–20	100	85	7	8	64	23	41	163	86	60	20	6
20–10	110	89	5	16	74	36	38	163	101	75	14	12
10–0	107	76	5	26	79	58	21	149	101	72	9	20
0–10°S	107	81	7	19	75	59	16	150	99	76	9	14
10–20	107	97	9	1	69	44	25	156	99	85	13	1
20–30	94	87	10	–3	62	29	33	152	87	74	15	–2
30–40	73	77	12	–16	55	29	26	130	71	72	14	–15
40–50	53	57	5	–9	39	24	15	104	53	56	5	–8
50–60	31	37	12	–18	26	18	8	83	31	37	12	–18
Erde insgesamt	77	68	9	0	46	27	19	129	68	56	12	0

¹⁾ In diesem Zusammenhang verdient auch eine weitere russische Monographie über das Wärmeregime der Atmosphäre (*L. R. Rapikowa*, Wärmeregime der Atmosphäre, Hydromet. Verlag Leningrad 1957, 184 S., 8.10 Rubel) Erwähnung, in der die mittlere Temperaturverteilung der Atmosphäre auf theoretischem Wege rechnerisch aus den physikalischen Grundgrößen abgeleitet wird.

²⁾ Die exakte Bestimmung der jahreszeitlich wechselnden Albedo (Reflexionsvermögen) natürlicher Oberflächen ist ein typisches Grundlagenproblem der physischen Geographie, das — neben Rußland — auch in Kanada (vom geographischen Institut der McGill-University in Montreal unter *F. K. Hare*) systematisch in Angriff genommen wird.

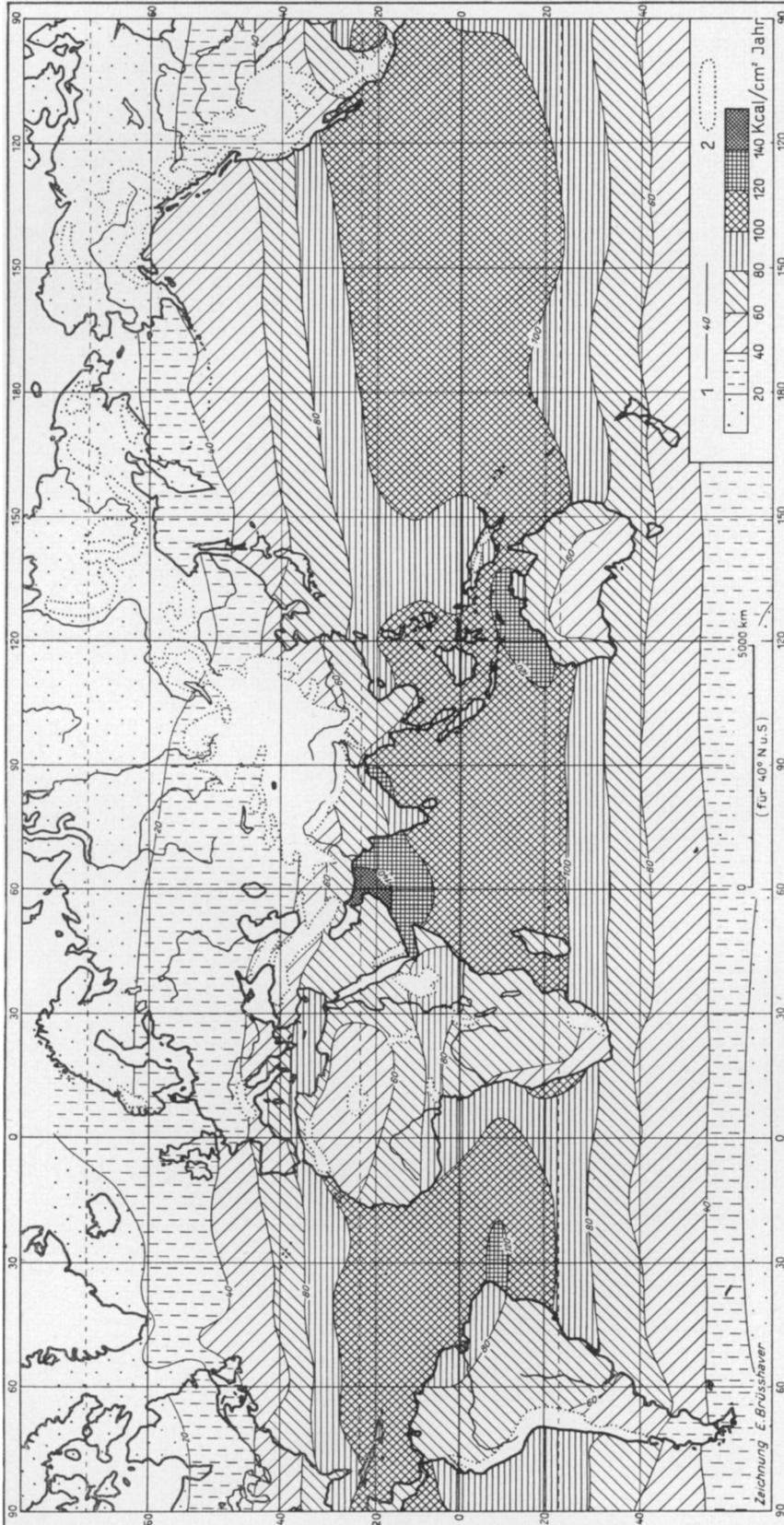


Abb. 1: Karte der Strahlungsbilanz 1 Linie gleicher Strahlungsbilanz 2 Höhen über 1500 m

ermittelt aus Karte E (negative Werte Wärmeeinnahme, positive Wärmeabgabe), G die Globalstrahlung (bei *Budyko* Q + q). Aus der Spalte LE ergibt sich die Verdunstung (in cm) durch Division durch die Verdampfungswärme L (0.597 bei 0°, 0.582 kcal/cm³ bei 25°C).

Damit ergibt sich die globale Jahressumme von Verdunstung bzw. Niederschlag zu 93 cm, was zu den neuen Resultaten von *Reichel* (81 cm) und *Möller* (83 cm) weniger gut paßt, als zu den früheren Angaben von *Wundt* (88 cm) und *Meinardus* (100 cm). Die Ursache der Differenz liegt hauptsächlich bei der Meeresverdunstung — die ebenso unsicher bekannt ist, wie der Niederschlag auf dem Meer —, die nach *Budyko* 113 cm beträgt, gegenüber 97 cm in der neuesten, wohl begründeten Rechnung von *Wüst* (6), 95,5 cm bei *Reichel* (7), 100 cm bei *Möller* und 124 cm bei *Meinardus*. Die Diskussion wird hierbei hauptsächlich auf den Koeffizienten der Verdunstungsgleichung eingehen müssen, dessen Bestimmung noch nicht zu übereinstimmenden Resultaten geführt hat. Aber diese Diskrepanz zeigt sehr eindrucksvoll die Begrenztheit unserer heutigen Kenntnisse in quantitativer Hinsicht, und belegt die Notwendigkeit weiterer sorgfältig-kritischer Untersuchungen (vgl. die Diskussion in 7).

Tab. 2

Wärme- und Wasserbilanz der Kontinente und Ozeane

	R	LE	P	N	E	F	M
Europa	33	22	11	60	36	24	
Asien	41	23	18	61	39	22	
Nord-Amerika	38	24	14	67	40	27	
Süd-Amerika	71	52	19	135	86	49	
Afrika	69	31	38	67	51	16	
Australien	66	25	41	47	41	6	
Atlantik	75	63	12	78	104	-20	-6
Indik	78	83	8	101	138	-7	-30
Pazifik	82	68	7	121	114	-6	13
Nördl. Eismeer	—	—	—	24	12	-23	35

R, LE und P in kcal/cm²Jahr, N, E, F und M in cm/Jahr

Von besonderem Interesse ist auch die in Tab. 2 wiedergegebene Wärme- und Wasserbilanz der Kontinente und Ozeane (2, Tab. 15—18). Hierin bedeutet N den Niederschlag (nach Karten von *O. A. Drosdow*), F den Abfluß von den peripheren Festländern zum Ozean und M den Massentransport von Wasser zwischen den Ozeanen.

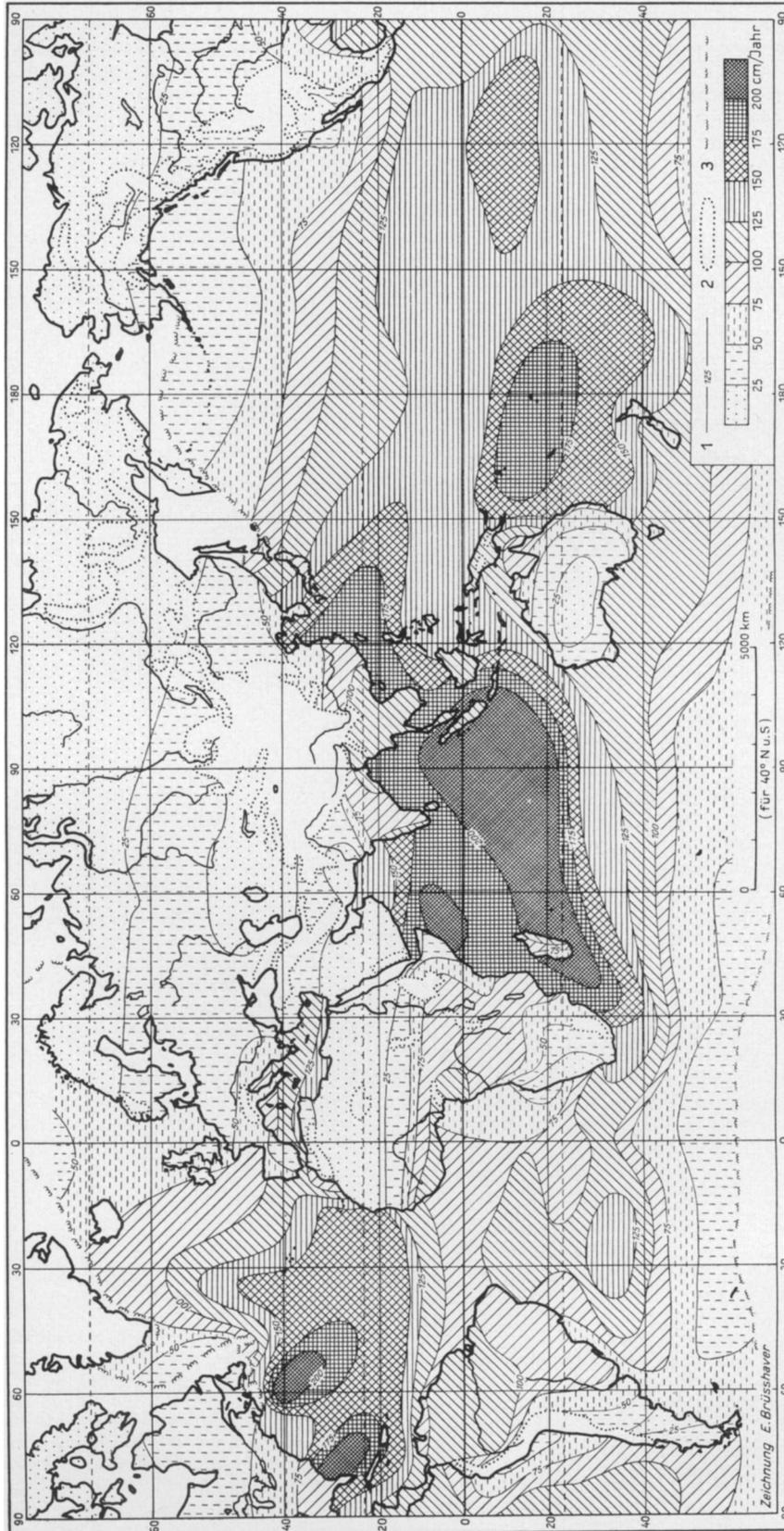
Die Monographie (2) enthält auch Spezialkarten für die UdSSR, weitere Diagramme des Jahresganges für Ozeanpunkte, sowie Tabellen für die Globalstrahlung bei wolkenlosem Himmel. Gemessene und berechnete Strahlungsbilanz stimmen gut überein. In dem Kapitel „Wärmebilanz und energetische Faktoren physisch-geographischer Vorgänge“ (S. 142—199) ergeben sich Formeln zur Berechnung des Abflußkoeffizienten aus dem Strahlungs-Trockenheitskoeffizienten, des Abflusses und der Verdunstung aus Niederschlag und Strahlungsbilanz und andere quantitative Beziehungen der physikalischen Hydrologie und Klimatologie. Wie bereits erwähnt (8), leitet

Budyko auch eine Klimazoneneinteilung aus dem Strahlungs-Trockenheitsindex ab und gibt eine Karte dieser Größe für das Festland (2, S. 181). Von besonderem Interesse ist das zusammenfassende Kapitel (S. 200—239) über Wärmebilanz und Wasserkreislauf der Erde, dessen Hauptergebnisse hier bereits mitgeteilt wurden. In dem 13 Seiten (darunter 4 Seiten Arbeiten in englischer und deutscher Sprache) umfassenden Literaturverzeichnis vermißt man lediglich einige Arbeiten (*Möller, Reichel, Wüst, Jacobs*) aus den letzten Jahren 1951—54.

Diese beiden Beiträge zu aktuellen Problemen der Geophysik, die sich heute immer mehr den überaus lehrreichen Bilanzrechnungen zuwendet, verdienen besondere Aufmerksamkeit, ohne daß wir deshalb die Ergebnisse der zum gleichen Ziel gerichteten regionalen Arbeiten von *Albrecht, Jacobs* u. a. damit etwa als überholt ansehen dürften. Diese Arbeiten zeigen, daß gerade die der Wissenschaft heute gestellten Aufgaben der Praxis — und das sind in Sowjetrußland besonders die Arbeiten zur Verbesserung des Klimas, mindestens des Mikroklimas — nicht mehr qualitativ-beschreibend, sondern nur mit Hilfe sorgfältigster, quantitativ und physikalisch unterbauter Grundlagenforschung ernsthaft weitergetrieben werden können. Ein Werk wie dieser Atlas erfordert nicht nur eine leitende Idee, sondern einen großen Stab von Mitarbeitern und jahrelange geduldige Kleinarbeit. Damit aber besitzen wir eine Diskussionsgrundlage, auf der eine sachliche und vorurteilslose Erörterung, Prüfung und Verbesserung der Zahlenwerte in regionalem und schließlich globalem Umfang einsetzen kann. Wir wollen hoffen, daß diese internationale Diskussion nun über alle sprachlichen Grenzen hinweg gepflegt werden kann. Der Referent ist Prof. *Budyko* für die freundliche Überlassung von Atlas und Monographie — die der Bibliothek des Deutschen Wetterdienstes (Offenbach a. M.) als Leihgabe überlassen wurden — zu besonderem Dank verpflichtet.

Literatur

- (1) *M. I. Budyko*: Atlas der Wärmebilanz (russisch). Hauptverwaltung des Hydrometeor. Dienstes der UdSSR, Geophysikalisches Hauptobservatorium „A. I. Woeikof“, Leningrad 1955, 40 Kartenseiten, 25.— Rubel.
- (2) *M. I. Budyko*: Wärmebilanz der Erdoberfläche (russisch). Hydrometeorologischer Verlag, Leningrad 1956, 255 S., 11.— Rubel.
- (3) *M. I. Budyko, T. G. Berland, L. I. Subenok* in: *Isw. Akad. Nauk SSSR, Geogr. Serie* 1954, No. 3, S. 17—41.
- (4) *F. Albrecht*: Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Erdoberfläche in verschiedenen Klimagebieten. *Wiss. Abh. RA. f. Wetterdienst VIII*, 2 (1940).
- (5) *H. Lettau*: Synthetische Klimatologie. *Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone 38* (1952), 127—136.
- (6) *G. Wüst*: Gesetzmäßige Wechselbeziehungen zwischen Ozean und Atmosphäre in der zonalen Verteilung von Oberflächensalzgehalt, Verdunstung und Niederschlag. *Arch. Meteor. Geophys. Biokl. A 7* (1954), 305—328.
- (7) *E. Reichel*: Der Stand des Verdunstungsproblems. *Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone 35* (1952), 155—172.
- (8) *H. Flohn*: Zur Frage der Einteilung der Klimazonen *Erdkunde 11* (1957), 161—175.



- 1 Linie gleicher Verdunstung
- 2 Höhen über 1500 m
- 3 Treibeisgrenze

Abb. 2: Karte der jährlichen Verdunstung