

1925. - b) Ap. geomorfológicos de la Sierra Grande de Córdoba, loco citado, 1921. - c) The Pampa, in: Calif. Univ. Publ. in Geogr., Bekerley 1927. - The historic geography of Tucuman, loco citado 1928.

85. *Schneider, O.*: Mehrere meteor. Arbeiten in den A. S. A. E. G.

86. *Schulz, W.*: a) La exactitud de los mapas compilados, in: Mon. d. I. E. G. der U. T. 1948. - b) Los últimos descubrimientos en la Antártida etc., Tucumán 1949. - c) Geschichte und Stand d. argent. Landesaufnahme und Kartographie, in: Die Erde, Berlin 1950/51. - d) Zahlreiche weitere geod. Arbeiten.

87. *Schwerdtfeger, W.*: La depresión térmica en el Noroeste de la Argentina, in: An. de la Soc. Cient. Argentina, 1951.

88. *Seckt, H.*: Die Vegetationsverhältnisse in der Argentinischen Republik, B. Aires 1943.

89. *Solano, F. A.*: Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina, 2 Bde. B. Aires 1947.

90. *Storni, C. D.*: El agua subterránea en la región sudeste de San Juan, Mendoza 1937.

91. *Tapia, A.*: Ap. sobre el glaciario pleistoceno del Nevado de Aconquija, in: A. S. A. E. G. 1925.

92. *Tinelli, A.* (Ad. in d. S. E. G. der U. Cu.): La Antártida, in: Bol. E. G. Mendoza 1950.

93. *Urien, E. C.*: Geografía económica de la Prov. de B. Aires, in: Volumen, B. Aires 1939.

94. *Velasco, M. I.* (A. in der S. E. G. der U. Cu.): La olivicultura en la Rep. Argentina, in: Bol. E. G. Mendoza 1949.

95. *Vervoorst, F.* (P. E. im Inst. M. Lillo der U. T.): La vegetación entre Tinogasta y la Cuenca, in: C. XV. S. G. 1952; s. auch: Die Erde, 1950/51.

96. *Vidal, M. L. Fernández* (A. im I. E. G. der U. B. A.): La ciudad de Mar del Plata, in: C. XV. S. G. 1951.

97. *Vitali, G.*: Hidrología Mendocina, Mendoza 1940.

98. *Würschmidt, E.* (P. A. im I. E. G. der U. T.): Depósitos de nieve en la cuenca de la Laguna Verde, in: C. XV. S. G. 1952; s. auch: Die Erde, 1950/51.

99. *Würschmidt, J.*: Estudios Meteorológicos, Tucumán, Dep. de Física, 1937.

100. *Yepes, J.*: Verschiedene zoogeogr. Arbeiten, bes. in: A. S. A. E. G. B. Aires.

101. *Zamorano, M.* (P. A. der F. F. L. der U. Cu.): a) La fundación de ciudades, Mendoza 1949. - b) La vivienda natural en el Dep. de Luján, in: C. XV. S. G. 1952.

102. *Argentiniensonderheft* der Zeitschr. „Die Erde“, redigiert von *G. Fochler-Hauke*, Berlin 1950/51.

Erklärung der Abkürzungen:

Universitäten: U. B. A. = Universidad Nacional de Buenos Aires. - U. E. P. = Un. Nac. de Eva Perón (fr. La Plata). - U. L. = Un. Nac. del Litoral, Rosario u. Santa Fé. - U. Cu. = Un. Nac. de Cuyo, Mendoza. - U. Co. = Un. Nac. de Córdoba. - U. T. = Un. Nac. de Tucumán.

Fakultäten: F. F. L. = Facultad de Filosofía y Letras. - F. C. E. = Fac. de Ciencias Económicas. - F. C. M. E. = Fac. de Ciencias Matemáticas, Físico-químicas etc. - F. C. E. F. = Fac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Gesellschaften: S. A. E. G. = Sociedad Argentina de Estudios Geográficos.

Veröffentlichungen: Bol. = Boletín; C. XV. S. G. = Veröff. d. XV. Semana de Geografía, Mendoza 1952. - G. U. et V. = Geographia Una Et Varia (Machaschek-Festschrift), hgg. v. I. E. G. Tucumán, 1951.

Institute: I. E. G. = Instituto de Estudios Geográficos. - S. E. G. = Sección de Est. Geográficos del Instituto de Historia, Mendoza. - I. P. = Instituto de Producción der F. C. E. der U. B. A.

Dienststellung von Geographen: P. T. = Prof. Titular (Ordinarius). P. E. = Prof. Extraordinario. - V. = mit Vertr. d. Lehrstuhls betraut. - P. A. = Prof. Adjunto. - J. T. = Jefe de Trabajos prácticos. - A. = Ayudante (wiss. Hilfskraft). - J. S. u. J. I. = Jefe de investigación bzw. J. de Sección.

L'INDICE XÉROTHERMIQUE

(Zur Frage der Klimaindizes)

Wilhelm Lauer

Summary: Climatic indices (*i. e.* formulæ which express the most important elements necessary for the characterization of the climate at a given place) make possible the cartographic representation of the zoning and gradation of arid and humid types of climate. Annual means give unsatisfactory results but by the use of monthly means it is possible to arrive at the number of humid and arid months respectively which in the tropics and subtropics are closely related to the belts of vegetation. A further refinement of the method of climatic indices is made possible by the determination of the number of „trockene Tage“ (drought days). In order to determine the „trockene Tage“ the „Indice xérotthermique“ (after Gaussen and Bagnouls) is used which is based on precipitation, temperature, relative humidity and considers even fog and dew. It is important to take great care in the selection of the day of the month from which the „trockene Monate“ (drought months) begin since they fix the period within which (according to Gaussen and Bagnouls) the „trockene Tage“ have to be counted. Bad selection in fixing these months would lead to less valuable results. — Climatic indices cannot serve as a substitute for climatic classification but they are a useful criterion of the distribution of humidity and aridity within a climatic zone.

1. Klimatypen und Klimaindizes.

Klimaklassifikationen geben das vielgestaltige Ineinandergreifen der Klimatelemente und deren Wirkung auf die Erdoberfläche in Klimatypen wieder, die ihrerseits in Klimagürteln bzw. -zonen ihren kartographischen Niederschlag finden. *E. de Martonne* 1909 (1) und *A. Hettner* 1911 (2) haben z. B. die Klimate, ohne dabei ein vollständig einheitliches klimatologisches Prinzip zu verwenden, nach dem einem Klima zugrunde liegenden Vorgängen und Ursachen, vor allem nach der atmosphärischen Zirkulation und den Winden, typisiert. *H. Flohn* (3) hat neuerdings dieser genetischen Betrachtungsweise der Klimate durch seine Anschauungen über die atmosphärische Zirkulation neue Wege gewiesen. *W. Köppen* (4) (auch *C. W. Thornthwaite* 1931, 1948 [5], *H. von Wißmann* [6] und *C. Troll* 1948 [7]) berücksichtigt bei seiner Klassifikation insbesondere die landschaftlichen Wirkungen, die das Klima auf die Oberflächengestalt, Boden, Wasserhaushalt und vornehmlich auf das Pflanzenkleid ausübt. Auch er verwendet kein einheitliches Prinzip ([8] S. 111–122). Zur Abgrenzung der einzelnen Klimagürtel zieht er die vielbeobachteten Klimatelemente Niederschlag und Temperatur heran. *A. Penck* (9) 1910 geht bei seiner Klassifikation vom Wasser-

haushalt der Erde aus. Nach ihm zerfällt die Erde in drei hydrographische Großbereiche (vgl. *Troll's Klimadreieck 1947* [10]): den humiden, ariden und nivalen. Die Grenze zwischen dem humiden und dem ariden Bereich definierte *Penck* als die Linie auf der Erdoberfläche, an der Niederschlag und Verdunstung sich die Waage halten ($N = V$). Im humiden Bereich überwiegt der Niederschlag ($N > V$), im ariden die Verdunstung ($N < V$). *F. Jaeger* (11) hat in mehreren Einzelarbeiten (vgl. auch *J. Pittelkow* [12] und *E. Sorge* [13]) die *Penckschen* Klimabereiche für die einzelnen Erdteile hauptsächlich nach dem Wasserhaushalt der Flüsse, aber auch nach morphologischen, boden- und vegetationskundlichen Indizien kartographisch dargestellt. Eine Definition der Verdunstung in der *Penckschen* Formel, die von ihm selbst nicht gegeben wurde, stößt auf erhebliche Schwierigkeiten. *F. Jaeger* hat 1936 (14) dargelegt, daß es sich bei dem *Penckschen* Verdunstungsbegriff um die in der Natur mögliche Verdunstung, die man auch potentielle Landschaftsverdunstung nennen könnte, handelt. Außer den rein klimatischen Gegebenheiten (Lufttemperatur, Sättigungsdefizit [relative Feuchte], Bestrahlung, Wind, Luftdruck) wirkt die Vielfalt der freien Natur, besonders deren verschiedenartiger Bewuchs auf die Landschaftsverdunstung ein. Sie ist daher nur schwer zu fassen. Anders verhält es sich mit der klimatisch möglichen Verdunstung (potentielle Evapotranspiration bei *C. W. Thornthwaite*). Sie liefert gute Annäherungswerte, so auch bei der Bestimmung der *Penckschen* Trockengrenze. Daneben gibt die tatsächliche, auch reelle oder aktuelle Verdunstung die Wassermenge an, die tatsächlich verdunstet wird. Sie hängt von dem vorhandenen Wasser ab, bleibt daher meist hinter der möglichen Verdunstung zurück (*F. Jaeger* 1936, S. 73 [14]). Die Methoden zur Erfassung der tatsächlichen Verdunstung sind in letzter Zeit ständig verbessert worden, ohne daß freilich ein erdweites Stationsnetz genügend Ergebnisse für die Typisierung der Klimate lieferte (15).

Unabhängig von den Klimaklassifikationen, die eine Typisierung der irdischen Klimate zum Ziel haben, suchte man immer wieder durch sog. „Klimaindizes“ (Regenfaktor, Trockenheitsindex, N/S-Quotient, Durchfeuchtungswert u. a. m.) die Zonierung und Abstufung feuchter und trockener Klimate zu erfassen. Es handelt sich hierbei um formelhafte Ausdrücke, die die zur Charakterisierung des Klimas eines Ortes vordergründigen Elemente enthalten. Im Vordergrund steht durchweg die Bilanz Niederschlag/Verdunstung, mit anderen Worten, es liegt die *Pencksche* Konzeption der hydrographischen Bereiche zugrunde, innerhalb deren mit Hilfe eines solchen Index eine Abstufung nach dem Grade der Feuchtigkeit (Humidität) oder Trockenheit (Aridität) bestimmt werden kann. Ist einerseits für die Errechnung eines Index die jährliche Niederschlagsmenge an vielen Stellen der Erde hinlänglich bekannt, so erweist sich die Verdunstung (als wesentlicher Faktor bei der Wasserbilanz) als große Unbekannte. Es ist daher auch nicht verwunderlich, daß kein bisher auf theoretisch-physikalischem oder auf empirischem Wege gefundener Klimaindex restlos befriedigte. Ganz gleich,

ob man die Temperatur, mit deren Wechsel sich die Verdunstung ändert, als Ersatz für diese in eine Indexformel einfügt (*R. Lang* [16], *E. de Martonne* [17], *Thornthwaite* 1931 [5], *J. Dantin Cereceda* [18], *P. Birot* [19], *A. Setzer* [20]), ob man andere wichtige Faktoren der Verdunstung z. B. die relative Feuchte oder das Sättigungsdefizit in Beziehung zum Niederschlag bringt (*R. Meyer* [21], *W. Laatsch* [22]), oder ob man reine pluviometrische Indizes anwendet (*L. Emberger* [23]), oder schließlich klimatisch potentielle Verdunstungswerte in eine Formel aufnimmt (*I. Du Bief* [24], *R. Capot Rey* [25], *C. W. Thornthwaite* 1948 [5]): Die Ergebnisse überzeugen nicht restlos. Auf die Anführung der einzelnen Formeln kann hier verzichtet werden, da in den Berichten des Deutschen Wetterdienstes Nr. 25, 1952, S. 179 ff. diese fast vollständig mitgeteilt werden (15).

Die erdweite Darstellung eines Klimaindex (vgl. *E. de Martonne* [26] oder *P. Hirt* [27]), der lediglich eine graduelle Verteilung der Humidität oder Aridität (Durchfeuchtungsgrad, Niederschlagsüberschuß usw.) angibt, kann nie eine Klimaklassifikation ersetzen oder gar selbst darstellen, da der thermische Faktor, falls überhaupt enthalten, in fast allen Indizes nur kontrollierende oder korrigierende Funktion hat. Die großen Klimagürtel (Tropen, Subtropen, gemäßigte Klimate u. a.) sind aber zunächst thermisch bedingt. Ein solcher Feuchtigkeits- oder Trockenheitsindex kann also hierüber nichts aussagen. *C. W. Thornthwaite* 1948 (5) hat aus dieser Erkenntnis heraus seinem „Precipitation effectiveness Index“ einen „Index of thermal Efficiency“ gegenübergestellt und für seine Klassifikation beide miteinander gekoppelt. Innerhalb eines thermischen Klimagürtels jedoch hat die Darstellung des Grades der Trockenheit oder Feuchtigkeit nach Art der Klimaindizes zur vereinfachten Charakterisierung der klimatischen Gegebenheiten gewisse Bedeutung, vor allem wegen der guten Vergleichsmöglichkeiten mit einem anderen gleichartigen Klimagürtel (z. B. neu- und altweltliche subtropische Winterregengebiete). Die Ergebnisse solcher Versuche waren jedoch bislang recht dürftig.

2. Klimaindex und Monatsmittelwerte.

Die genannten Indizes krankten außer an einer gewissen Fragwürdigkeit ihrer Herleitung vor allem an zwei Tatsachen:

1. charakterisieren sie nur den mittleren Jahreszustand des Klimas, da sie sich fast nur auf Jahresmittelwerte gründen. Wird einerseits durch Mittelwerte in wenigen Fällen die Eigenart eines Klimas erfaßt (vgl. hierzu die grundsätzlichen Ausführungen bei *H. Lautensach* [28] und *N. Creutzburg* [29]), so sagt andererseits die angewandte Jahresformel nichts über seinen jahreszeitlichen Verlauf aus;

2. wird durch die Anwendung dieser Indizes lediglich der Grad, die Intensität der Trockenheit (Aridität) oder Feuchtigkeit (Humidität) erfaßt, nicht aber die Dauer eines bestimmten klimatischen Zustandes. Bereits *W. Köppen*, aber auch *E. de Martonne*, *C. W. Thornthwaite* und *H. v. Wißmann* haben die Anwendung solcher Formeln für kleinere Zeitabschnitte (etwa Monate oder wenigstens Jahres-

zeiten) empfohlen, um auch den Jahresgang zu erfassen. Die Verwendung einer der oben genannten Index-Formeln für Monatsmittelwerte führt zur Darstellung des Grades der Trockenheit oder Feuchtigkeit einer Landschaft für die einzelnen Monate (vgl. hierzu den „Indice d'aridité“ nach *E. de Martonne* für einzelne Monate im Atlas de France).

Um aber eine Karte der Dauer der humiden oder ariden Zeiten des Jahres (= Zahl der humiden oder ariden Monate) zu erhalten, muß man einen geeigneten Schwellenwert (Trockengrenzwert) finden, der klimatisch humide bzw. aride Monate kenntlich macht. Die Jahresbilanz der Humidität bzw. Aridität kann man in der Natur, wie oben bereits ausgeführt, nach hydrographischen, morphologischen, boden- und vegetationskundlichen Indizien annähernd erkennen (vgl. Arbeiten *F. Jaegers* [11]) und somit eine Näherungsformel für die *Pendesch* Trockengrenze finden (*W. Köppen* $N = 2(T + 7)$, *E. de Martonne* Index $N = 20(T + 10)$, *T. Wang* (30) $n[12n - 20(t + 7)] = 3000$, *H. Wilhelmly* (31) $N = 17T + 270$). N = Jahresniederschlag, n = Monatsniederschlag, T = Jahresmitteltemperatur, t = Monatsmitteltemperatur. Da die Monatsbilanz von Niederschlag und Verdunstung aber keinerlei Ausdruck im Gelände zeigt, muß man den Trockengrenzwert irgendeines brauchbaren Index, den man für die Jahresbilanz durch Vergleich mit der Natur gefunden hat, auch als Schwellenwert zur Trennung humider und arider Monate verwenden. Für die Tropen erwies sich nach meinen Erfahrungen (32) der „Indice d'aridité 20“ nach *E. de Martonne* (1926) angewandt auf Monatsmittelwerte, als sehr geeignet. *T. Wang* (30) hat mit der o. a. Trockengrenzhyperbel (nach *H. v. Wißmann*) für China gute Ergebnisse erzielt (vgl. auch Karte bei *N. Creutzburg* [29]).

Die Zahl der humiden bzw. ariden Monate gibt den Jahresgang der Humidität bzw. Aridität und damit die Dauer des humiden bzw. ariden Klimazustandes wieder. Die Darstellung der Zahl der humiden bzw. ariden Monate für die Kontinente Afrika und Südamerika und deren Vergleich mit dem Vegetationscharakter erwies die Brauchbarkeit der genannten Methodik für die Tropen und einen Teil der Subtropen (32). Ich glaube allerdings nicht, daß ähnliche Arbeiten für Klimate ohne streng periodischen Regengang und mit monatlichen Niederschlagshöhen, die in der Nähe der Trockengrenze liegen (wie z. B. in den gemäßigten immerfeuchten Klimaten), zu befriedigenden Ergebnissen führen würden (vgl. Karte der Klimatypen nach *N. Creutzburg* [29] im Hinblick auf diese Klimagebiete).

3. Klimaindex und Tageswerte.

Nach dem Gesagten ist eine Verfeinerung der Methodik der Klimaindizes durchaus geboten. Hier gibt ein kleiner Aufsatz von *H. Gaussen* und *F. Bagnouls* (33) fruchtbare Anregung. Die beiden Verfasser versuchen die Dauer der Trockenperiode durch Ermittlung sog. „trockner Tage“ zu bestimmen. Der Index, der hierbei Verwendung findet, wird „Indice xérothermique“ genannt. Dieser soll – ganz im Sinne obiger Ausführungen – nur zur Typisie-

rung des Klimas innerhalb einer Klimazone (Klimagürtel), hier speziell in einer solchen mit langer Trockenzeit und zugleich hohen Temperaturen, angewandt werden (also etwa Tropen oder winterfeuchte Subtropen). Für ganzjährig mäßig feuchte Länder wird nach Ansicht der Verfasser ihr Index gegenstandslos (vgl. hierzu auch *W. Lauer* [32] 1952).

Bereits 1949 hat *H. Gaussen* (34) seinen Index definiert: Er zählt die Anzahl der trockenen Tage (jours secs) innerhalb der Trockenzeit, die ihrerseits durch die aufeinanderfolgenden Trockenmonate definiert ist. Er muß also zunächst den Trockenmonat festlegen. Bei folgenden Beziehungen zwischen Niederschlag und Temperatur gilt ein Monat als trocken:

Temperatur in °C (Monatsmittel)	Niederschlag in mm (Monatsmittel)
< 10°	< 10 (mm)
10° – 20°	< 25 (mm)
20° – 30°	< 50 (mm)
> 30°	< 75 (mm)

Innerhalb dieser so bestimmten Trockenmonate werden dann die trockenen Tage (= regenlose Tage) gezählt, wobei Nebel- und Tautage nur als halbe Trockentage rechnen. Um auch die für die tägliche Wasserbilanz wichtige relative Feuchte nicht zu vernachlässigen, gelten regenlose Tage erst bei weniger als 40% relativer Feuchte als trockene Tage. Herrscht eine relative Feuchte zwischen 40 und 60%, so sind diese zu $\frac{9}{10}$ Trockentage, bei 60–80% zu $\frac{8}{10}$, bei über 80% zu $\frac{7}{10}$.

Damit ist der „Indice xérothermique“ definiert, d. h. die Anzahl der „Trockentage“ bestimmt. Die besondere Bedeutung der atmosphärischen Feuchte in diesem Index, vor allem bezüglich eines Vergleichs mit dem Vegetationskleid, wird an Beispielen aus den Tropen erhärtet. Die Temperatur, der entscheidende Faktor bei der Klimastufung (Höhenstufung, climats oroxérothères), wird besonders hervorgehoben.

Die Verfasser legen an einem Beispiel des westlichen Mittelmeerraumes unter Verwertung von 112 Stationen (hier nur 73 mitgeteilt), für die die Anzahl der Trockentage ermittelt ist, ihre Ergebnisse vor:

1. Die Dauer der Trockenzeit ist nicht abhängig von der jährlichen Niederschlagsmenge.

2. Die Dauer der Trockenzeit ist nicht beeinflusst durch die Breitenlage (im Raume des gewählten Beispiels).

3. Die Dauer der Trockenzeit ist dagegen sehr abhängig von der Höhenlage eines Ortes (Verkürzung der Trockenzeit mit steigender Höhe). Dieser Klimatyp wird „climat de montagne à été sec“ oder „oroxérothère“ genannt.

Die Zahl der „Trockentage“ dient außerdem zur Charakterisierung der klimatischen Vegetationszonen:

Bei 40 trockenen Tagen wird die Grenze des dauernd feuchten, eumediterranen Gebietes angesetzt (nur in Südfrankreich). Weiter wird gegliedert:

40 – 100 trockene Tage	Korkeichenzone
100 – 150	Aleppokiefernzone
150 – 200	feuchte Teile der Steppen mit trockenen Gehölzen (noch Anbau)
200 – 300	Hochplateausteppe
über 300	Halbwüste und Wüste

Leider kommt die allgemeine klimatologische Bedeutung, die m. E. dem Versuch der beiden französischen Autoren zukommt, durch die Kürze und Gedrängtheit der Ausführungen und das Fehlen einer kartographischen Darstellung der Ergebnisse nicht recht zur Geltung. Die Wahl noch kürzerer Zeitabschnitte (Tage) steigert zweifellos die Güte der Ergebnisse. Der Monatsmittelwert z. B. des Niederschlags — er kann das Ergebnis weniger kräftiger Regengüsse sein — täuscht dagegen oft erheblich über das tatsächliche Bild hinweg. Dennoch sei eine Kritik an der eingeschlagenen Methode zur Erfassung der „Trockentage“ erlaubt: Die wesentlichen Faktoren zur Bestimmung der klimatischen Trockenheit eines Tages sind in dem Index gebührend berücksichtigt: Niederschlag, Temperatur, relative Feuchte, ja sogar Nebel und Tau, die gerade im Hinblick auf die Vegetationsdecke eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen (vgl. tropischen Nebelwald bei nicht registrierbarem Niederschlag). Es scheint mir aber, daß die Niederschlags- und Temperaturschwellenwerte, die zur Trennung von feuchten und trockenen Monaten dienen, zu grob erfaßt sind. So wäre nach den gegebenen Grenzwerten z. B. ein Monat mit 19 ° Mitteltemperatur und 26 mm N ein Regenmonat, während ein solcher bei 11 ° Mitteltemperatur und 24 mm N als Trockenmonat bezeichnet werden müßte. In diesem Beispiel verhält es sich eher umgekehrt. Auch sind diese Schwellenwerte m. E. überhaupt zu stark nach der ariden Seite hin verschoben, mit anderen Worten: Es werden zu wenig Monate als Trockenmonate angesprochen. Diese Tatsache führt naturgemäß auch zu einer sehr geringen Gesamtzahl von „Trockentagen“ an einer Station, die allerdings, da mit allen Stationen bei der Auswertung gleich verfahren wurde, ohne weiteres vergleichbar bleiben. Eine genauere Bestimmung eines Trockenmonats wäre jedenfalls erwünscht. Von einer witterungsklimatischen Festlegung der Trockenzeit (an Stelle der Bestimmung der Trockenmonate), in der dann die Anzahl der „Trockentage“ nach dem beschriebenen Verfahren ermittelt werden könnte, sind wir leider noch weit entfernt. Hierzu fehlt es in vielen Gebieten der Erde an Beobachtungsunterlagen. Die Ermittlung aller Trockentage innerhalb eines Jahres — man würde hierdurch ebenfalls die Festlegung von Trockenmonaten umgehen — führt wohl kaum zu besseren Ergebnissen, da einzelne „Trockentage“ in der feuchten Jahreszeit in der Landschaft kaum wirksam sind. Die Bedeutung der Dauer der Trockenzeit (la durée de la saison sèche) als Kriterium einer Klimazone wird in der genannten Studie besonders herausgearbeitet. Ähnlich wie die Tropen (vgl. *Lauer* [32]) wird auch der mediterrane Klimabereich durch sie treffender als durch die jährliche Niederschlagsmenge charakterisiert. Man darf freilich die Wirksamkeit z. B. sehr hoher Niederschlagsmengen als besonderes Merkmal eines Klimas keineswegs

unterschätzen, doch scheint die Dauer der Trockenzeit (ariden Zeit) das wirksamere Merkmal zu sein, das vor allem auch die Eigenart von Gebirgsklimaten (in Nordafrika „climat de montagne à été sec“), gekennzeichnet durch eine geringere Anzahl von Trockentagen, im Gegensatz zu ähnlichen Klimaten des Tieflandes, hervortreten läßt.

Ein beachtenswertes Ergebnis ist darüber hinaus der Versuch eines Vergleichs mit der Vegetationsdecke (Nordafrikas), der die Bedeutung der Dauer der Trockenzeit unterstreicht. Ist auch dieser Vergleich keineswegs erschöpfend, so weist die Erfassung und Darstellung der „Trockentage“ (jours secs) zur Kennzeichnung der Trockenzeit nach Art der besprochenen Studie deutlich einen Weg, auf dem eine Verfeinerung der Methodik klimatischer Indizes erzielt werden könnte. Die Güte der Ergebnisse läßt sich wegen der Kürze der Ausführungen in dem genannten Aufsatz nicht einwandfrei prüfen.

Klimaindizes können und wollen nicht Schlüssel für eine Klimaklassifikation sein. Sie sind aber ein durchaus brauchbares Kriterium für die graduelle Abstufung feuchter und trockener Klimate innerhalb einer Klimazone, ja sie vermögen durch Verfeinerung der Methodik (Verwendung von Monats- und schließlich Tagesklimawerten) typische Merkmale einer solchen Zone herauszustellen.

Literatur

1. *De Martonne, E.*: *Traité de Géographie Physique*. Paris 1909.
2. *Hettner, A.*: Die Klimate der Erde. G. Z. 1911.
3. *Flohn, H.*: Studien zur allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre. Ber. d. Dt. Wetterdienstes in der U. S. Zone, Nr. 18, 1950.
4. *Köppen, W.*: Versuche einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. G. Z. 1900.
5. *Thornthwaite, C. W.*: The Climate of North America. Geogr. Rev. 1931. The Climate of the Earth. Geogr. Rev. 1933. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev. 1948.
6. *v. Wißmann, H.*: Die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens. Z. G. E. Berlin 1939.
7. *Troll, C.*: Der asymmetrische Vegetations- und Landschaftsaufbau auf der Nord- und Südhalbkugel. Göttinger geogr. Abh. Heft 1, 1948.
8. *Köppen, W.*: Grundriß der Klimakunde. 1931.
9. *Penck, A.*: Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Berlin 1910.
10. *Troll, C.*: Die Formen der Solifluktion und der periglazialen Bodenabtragung. Erdkunde I/1947 S. 169.
11. *Jaeger, F.*: Die Gewässer Afrikas. Sonderband der Z. G. E. Bln. 1928. Die Gewässer Eurasiens, P. M. 1935. Die Gewässer Nordamerikas. P. M. 1938. Die Gewässer Australiens und Ozeaniens. P. M. 1939. Die Gewässer Südamerikas. P. M. 1940.
12. *Pittelkow, J.*: Die Trockengrenze Nordamerikas. Diss. Berlin 1928.
13. *Sorge, E.*: Die Trockengrenze Südamerikas. Z. G. E. Bln. Erg. Bd. u. Diss. Berlin 1930.
14. *Jaeger, F.*: Trockengrenzen in Algerien. P. M. Erg. H. 233, 1936.
15. *Schulze, A.*: Das Verdunstungsproblem im Rahmen der Klima-Klassifikation. Ber. des Dt. Wetterdienstes in der U. S. Zone, Nr. 35, S. 169 ff. 1952.

16. Lang, R.: Versuche einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Intern. Mitteilungen f. Bodenlehre 1915. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart 1920.

17. De Martonne, E.: Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Météorologie 1926.

18. Dantin Cereceda, J. y Revenga Carbonell, A.: Una nueva relación climatológica: El índice termoplúviométrico. Avance al estudio de la aridez en España. Asoc. Esp. para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Zaragoza. 1940.

19. Birot, P.: Sur une nouvelle fonction d'aridité appliquée au Portugal. Porto 1945.

20. Setzcr, A.: A New Formule for Precipitations Effectiveness. Geogr. Rev. 1946.

21. Meyer, A.: Über einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa. Jena 1920.

22. Laatsch, W.: Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. 1944.

23. Emberger, L.: Sur une formule climatique et ses applications en botanique. La Météorologie. 1932.

24. Du Bief, I.: Evaporation et coefficients climatiques au Sahara. Travaux de l'institut recherches sahariennes. Bd. VI/1950.

25. Capot-Rey, R.: Indice d'aridité au Sahara français. Bull. de l'ass. de Géographes français. 1951.

26. De Martonne, E.: Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. Ann. de Géogr. 1942.

27. Hirth, P.: Die Isonotiden. P. M. Erg. H. 1926.

28. Lautensach, H.: Klimakunde als Zweig länderkundlicher Forschung. G. Z. 1940, S. 393 ff.

29. Creutzburg, N.: Klima, Klimatypen, Klimakarten. P. M. 1950.

30. Wang, T.: Die Dauer der ariden, humiden und nivalen Zeiten des Jahres in China. Tübinger geogr. u. geol. Abh. II/7, 1941.

31. Wilhelmy, H.: Methoden der Verdunstungsmessung und der Bestimmung des Trockengrenzwertes am Beispiel der Südukraine. P. M. 1944.

32. Lauer, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zum Vegetationscharakter. Bonner geogr. Abh. Heft 9, 1952. Hygrische Klimate und Vegetationszonen der Tropen mit besonderer Berücksichtigung Ostafrikas. Erdkunde V/4, 1951.

33. Gausson, H. u. Bagnouls, F.: L'indice xérothermique. Bull. de l'ass. de Géographes français. 1952.

34. Gausson, H.: Projets diverses cartes du monde à 1 : 1000 000. La carte écologique du tapis végétal. Congrès International de Géographie. Lisbonne 1949.

WALD UND WASSERHAUSHALT Die Bedeutung neuer Versuche im Harz

Reiner Keller

Mit 1 Abbildung

Summary: Only six experiments in the whole world can be considered as positive contributions to the discussion of the old problem of the influence of forest cover on water regime. But since these experiments have been undertaken in different climatic zones and have used differing methods, no generalisations should be made. In this paper first results of new experiments carried out in forested and deforested areas in the Harz mountains are reported; they provide, among other things, data regarding evaporation, run-off and precipitation, and further, on the transport of suspended matter and pebbles. One result emerging is that forest cover indeed alters the run-off curve but does not raise the level of the low water mark on it.

Nicht nur in der neueren Zeit, sondern auch in den früh- und spätmittelalterlichen Rodungszeiten wurde viel von unverantwortlicher Waldvernichtung gesprochen. So wird z. B. im Jahre 1413 über die Verwüstung des Kottenforstes bei Bonn geklagt (*H. Hessemmer*, 1948), und im Jahre 1837 schreibt *W. Pfeil* eine Studie unter dem Titel „Rührt der niedrige Wasserstand der Flüsse und insbesondere derjenige der Elbe und Oder, welchen man in der neueren Zeit bemerkt, von der Verminderung der Wälder her?“ Daraus geht hervor, daß die Diskussion über dieses Thema schon damals in Fluß war. Die Wissenschaft kann auf die Frage, die vor 115 Jahren und früher gestellt wurde, heute noch keine eindeutige Antwort geben. Das wird auch nicht durch Pressemeldungen geändert, die die weit verzweigten Zusammenhänge zwischen Wald und Wasserhaushalt vergrößern und verallgemeinern und die aktuellen Fragen mit Schlagzeilen beantworten: „Acker – Steppe – Wüste, Kahlschläge – Anfang der Versteppung“ (aus der Beilage „Zwischen Weser und Ems“ Nr. 121 v. 27. 5. 1952). „Wiederaufforstung gegen Wassermangel“ (Saarl. Volkszeitung, 22. 9. 1949), „Quellensterben, die ersten Folgen des Kahlschlags, Forstwirtschaft beeinträchtigt, gefährdete Wasserversorgung“ (Niederdeutsche Ztg. Hamburg, 28. 10. 1949 u. a.). „Ein Eimer Wasser kostet 5 Pfennig. Die Westzonen trocknen aus“ (Westfäl. Nachrichten, Münster, 13. 10. 1949). „Wüstenbildungen zwischen Basel und Kaiserstuhl, nur Aufforstung und Bewässerung kann helfen“ (Lahrer Ztg., 27. 10. 1949, Rheinischer Merkur, Koblenz 5. 11. 1949 u. a.). Das sind Gedanken der Tagespresse zu diesem Thema; die Beispiele ließen sich beliebig vermehren (vgl. die Presseschau der Zeitschrift „Wasser und Boden“, Hamburg 1950 ff.).

Es ist vielleicht schon gewagt zu schreiben: „Der gesunde Waldboden ist ... eine große natürliche Speicheranlage. Von den Niederschlägen und Schneeschmelzen werden erhebliche Mengen durch Versickerung längs der Wurzelkanäle in die tieferen Gründe des Waldbodens eingeleitet. Dort können sie den Bäumen das notwendige Lebenselement bieten oder Quellen und Bäche in der regenarmen Zeit speisen“ (*H. Haase*, 1950). Wo ist in Mitteleuropa oder in einem vergleichbaren Klimagebiet gemessen worden, daß der Wald in regenarmen Zeiten das Niedrigwasser erhöht. Brauchen die Bäume in der regenarmen Zeit das gespeicherte Wasser nicht selbst? Woher weiß man, daß im Wald die Versickerung tatsächlich erheblich ist im Vergleich zum Kahlschlag? Sind derartige Behauptungen nicht nur Vermutungen oder gefühlsmäßige Herleitungen? Ein bedeutender deutscher Wasserwirtschaftler kennzeichnet die segensreichen Wirkungen des Waldes folgendermaßen: „Durch Kahlschläge wird die Wasserspeicherfähigkeit des ohne Schutz des Laubdaches allen Witterungseinflüssen ausgesetzten Waldbodens in kurzer Zeit stark verringert. Die Bedeutung dieser Speicherfähigkeit zeigt die Überlegung, daß eine Versickerung von nur 100 mm Niederschlag bei einer Größe der Waldflächen von über 2000 km² schon einer gesicherten Wassermenge von über 200 Mill. cbm entspricht.“ ... Es folgen Ausführungen über Bodenabschwemmung. „Daß es sich bei diesen Gedankengängen nicht