

SCHILLER, K. C. und A. LÜBBEN: Mittelniederdeutsches Wörterbuch, 1878.

WILSON, O.: Origin of ice ages. An ice shelf theory for pleistocene glaciation. Nature, 201 (4915), 1964, 147 to 149.

WORDIE, J. M.: The Ross Barrier and the Shackleton Ice-Shelf. Int. Ass. of Scient. Hydrology, Publ. 32. Assemblée Générale de Bruxelles 1951. Bd. I, 102-106.

WRIGHT, C. S. and R. E. PRIESTLEY: British (Terra Nova) Antarctic Expedition. Glaciology, 1922, S. 142.

ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN ZU DER IM KLIMADIAGRAMM-WELTATLAS VERWENDETEN KLIMADARSTELLUNG

Mit 4 Abbildungen

HEINRICH WALTER

Nachdem der Klimadiagramm-Weltatlas 1967 mit der 3. Lieferung abgeschlossen wurde (VEB Gustav Fischer-Verlag in Jena) und über 8000 Klimadiagramme aus allen Kontinenten und von den ozeanischen Inseln vorliegen, läßt sich namentlich auf Grund unserer Forschungsreisen der letzten Jahre die Methode besser beurteilen. Ihr Hauptvorteil besteht in der raschen Erfassung der ökologisch wesentlichen Züge des Gesamtklimas eines bestimmten Ortes, was auf Grund von Tabellen viel schwieriger ist. Nur die Klimadiagramme ermöglichen es, in kurzer Zeit die Homoklimate zu finden. So erwies es sich z. B. als notwendig im Rahmen einer von der UNESCO gestellten Aufgabe, die Homoklimate für 41 Stationen aus allen Teilen Indiens in Amerika, Afrika oder Australiens anzugeben (Abb. 1). Wie weit solche Homoklimate übereinstimmen, sollen 8 Beispiele zeigen (Abb. 2).

Klebt man die Diagramme (am besten in farbiger Ausführung) auf große Wandkarten der einzelnen Kontinente an den entsprechenden Stellen auf, so ist die Klimagliederung sofort zu erkennen, ohne daß man gezwungen ist, die einzelnen Klimabezirke selbst dort scharf abzugrenzen, wo es nur ganz allmähliche Übergänge gibt. Solche Wandkarten mit jeweils mehreren Hunderten von Klimadiagrammen (Klimakartogramme) wurden im Botanischen Institut Hohenheim von Südamerika, Afrika, Australien und der Sowjet-Union angefertigt.

Wie wenig die gewöhnlichen Klimakarten den tatsächlichen Verhältnissen oft entsprechen, davon können wir uns wiederholt auf unseren Forschungsreisen überzeugen. Auch die Karten für die einzelnen Klimaelemente geben keine klare Vorstellung von dem Klima eines Gebietes in seinem jahreszeitlichen Ablauf. Aus diesem Grunde wurden in der „Vegetation

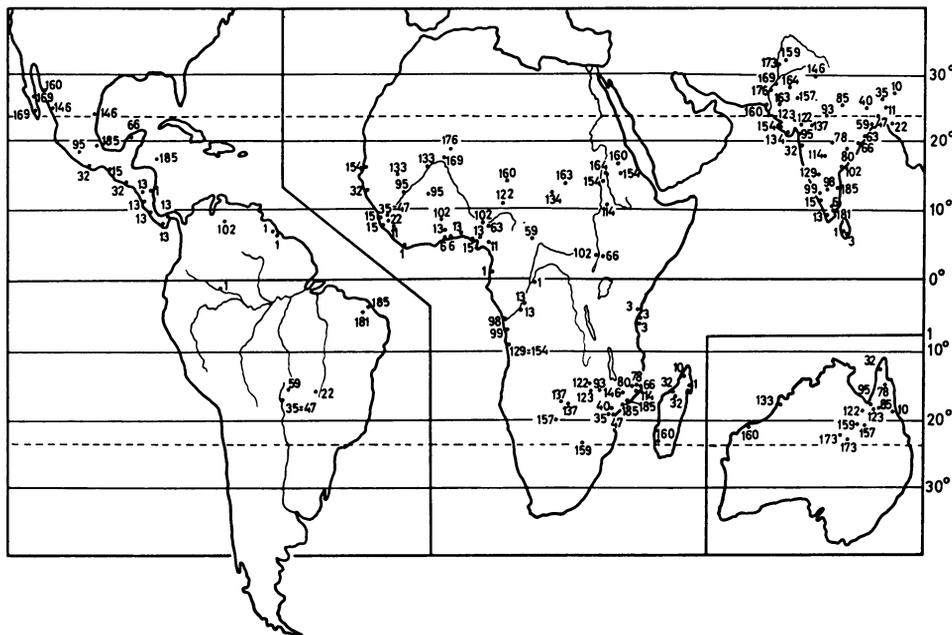


Abb. 1: Homoklimate des Subkontinents Indien in den anderen Erdteilen. Die indischen Stationen sind mit den gleichen Nummern bezeichnet wie im Klimadiagramm-Weltatlas. Dieselben Nummern haben auch jeweils die entsprechenden Homoklimate.

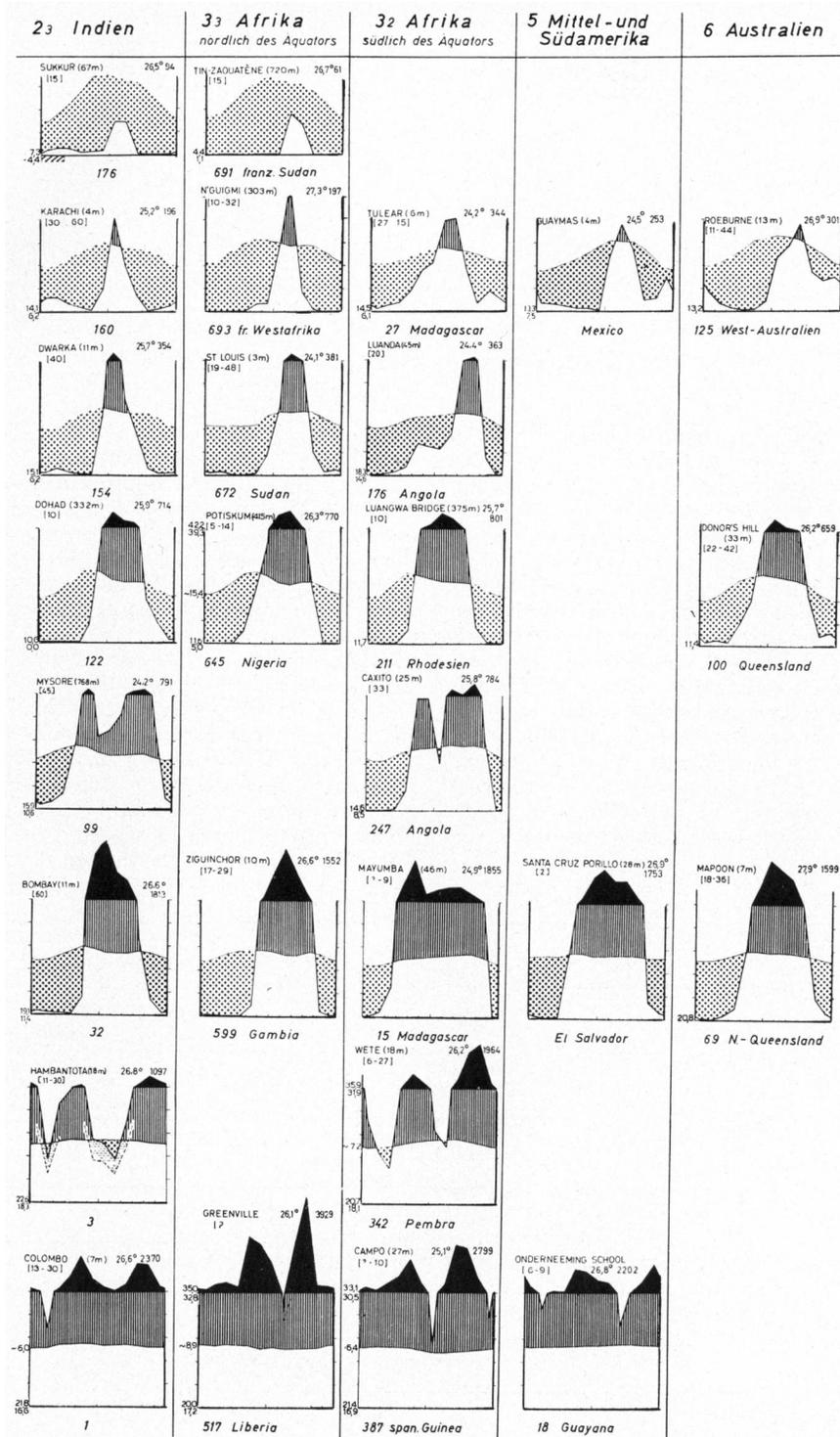


Abb. 2: Klimadiagramme von 8 Stationen Pakistans, Indiens und Ceylons (links) und die Klimadiagramme ihrer Homoklimate in Afrika, Amerika und Australien (von extrem arid bis extrem humid). Pembra = Insel Pembra. Punktiert: relativ aride Jahreszeit; schraffiert: relativ humide Jahreszeit; schwarz: perhumide Jahreszeit

der Erde“ (1) zur Charakterisierung des Klimas der einzelnen Vegetationszonen nur Klimadiagramme verwendet. Auch im „European Cereal Atlas“, Wageningen (im Druck), sollen Klimadiagramme verwendet werden.

Zur Darstellung der humiden und ariden Jahreszeiten wird bei den Klimadiagrammen für die Temperatur und die Niederschläge ein Maßstab im Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$ verwendet, wobei vorausgesetzt wird, daß die Temperaturkurve parallel zur Kurve der potentiellen Evaporation verläuft, für die meistens Angaben fehlen. Dieses von GAUSSEN vorgeschlagene und von uns bei allen Diagrammen angewendete Verhältnis bedarf einer ergänzenden Erläuterung.

An anderer Stelle (2) wurde für die Stationen in Argentinien, für die Evaporationsmessungen mit dem Tank Typ A vorliegen, gezeigt, daß zwar der parallele Verlauf weitgehend zutrifft, daß jedoch das Verhältnis zwischen der Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ und der Evaporation in mm stark schwankt, und zwar zwischen 5 im humiden NE-Argentinien, 7–9 in der Pampa und 12–15 im ariden windigen Patagonien. Auf diese Tatsache wurde mit Recht in einigen Referaten über den Atlas hingewiesen. Wenn wir trotzdem am konstanten Verhältnis 1 : 2 festhalten, so geschieht es, weil nur dann die Klimadiagramme aller Stationen der Welt vergleichbar sind und nur so das Auffinden von Homoklimaten möglich wird. Allerdings muß man einschränkend betonen, daß die in den Klimadiagrammen erkennbaren humiden und ariden Jahreszeiten nur eine relative Bedeutung haben und jeweils nur für den betreffenden Klimatypus gelten und nicht absolut zu werten sind. Die im Klimadiagramm ersichtliche Dürrezeit ist um so arider, je trockener das Klima an und für sich ist. Man erkennt es daran, daß das Verhältnis $p.\text{Ev}/t$ ($p.\text{Ev}$ = Jahresbetrag der Tank Typ A-Evaporation, t = Summe der mittleren monatlichen Temperaturen) linear mit der potentiellen Evaporation ansteigt, wie man es für die 24 Stationen von Venezuela zeigen kann, für die Evaporationsmessungen mit dem Tank Typ A für die Jahre 1951–1960 veröffentlicht wurden (Extreme Stationen: La Orchila mit 150 mm Regen sowie 2258 mm Evaporation und San Carlos de Rio Negro mit 3521 mm Regen und nur 520 mm Evaporation). Wie man aus Abb. 3 ersieht, liegen bloß 5 Werte etwas weiter von der Geraden entfernt; es sind Stationen mit abweichendem Klimatypus: Bei San Carlos im Amazonasbecken macht sich der Passat nicht mehr bemerkbar, Merida und Colonia Tovar sind Gebirgsstationen, und zwei weitere Stationen liegen an der Meeresküste unmittelbar am Fuß eines steilen Gebirgshanges.

Diese Ausführungen zeigen, daß die Klimadiagramme noch keine Aussage darüber erlauben, ob das Klima als solches „arid“ ist in dem Sinne einer negativen Wasserbilanz (potentielle Evaporation größer als die Niederschlagsmenge) oder nicht. Das mag vom hydrologischen Standpunkt aus bedauerlich sein, vom ökologischen dagegen ist es ohne Bedeutung. Denn für das Pflanzenwachstum ist diese Ariditätsgrenze nicht maßgebend. Für die Pflanzen wäre die Differenz zwischen Niederschlags-

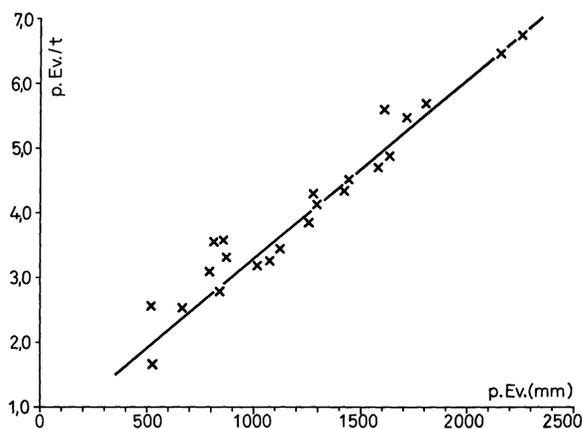


Abb. 3: Die Abhängigkeit des Verhältnisses $p.\text{Ev.}/t$ (potentielle Evaporation zur Temperatur) von $p.\text{Ev.}$ in mm (= Evaporation eines Tanks Typ A als Indikator der Trockenheit des Klimas), dargestellt für 24 Stationen aus Venezuela als Mittel der Jahre 1951–1960

menge und realer Verdunstung viel wichtiger; denn sie würde angeben, wieviel Wasser im Boden gespeichert und von den Pflanzen ausgenutzt werden könnte. Semiaride Gebiete sind für den Ackerbau ohne Düngung besonders günstig, weil die Böden nicht ausgelaugt sind und doch noch genügend Wasser speichern.

Deswegen sind auch die potentiellen Evaporationswerte nach THORNTHWAITE ökologisch uninteressant, weil sie nur in Sumpfgebieten der realen Evaporation entsprechen. Dasselbe gilt auch für die Berechnungen nach PENMAN, die von der falschen Voraussetzung ausgehen, daß die Evapotranspiration unabhängig von der Art der Pflanzendecke ist. Ein Wald verbraucht unter gleichen Außenbedingungen erwiesenermaßen viel mehr Wasser als eine niedrige Pflanzendecke. Die Relativität der in einem Klimadiagramm aufgezeigten Dürrezeiten ist vom ökologischen Standpunkt sogar günstig, weil die Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Dürreperioden um so größer ist, unter je humideren Klima sie wachsen. Auch die Bezeichnung „Xerophyt“ ist ja nur relativ zu verstehen. Xerophyten des humiden Klimas werden schon durch leichte Dürre geschädigt, man findet sie in ariden Gebieten nur an den feuchtesten Standorten und rechnet sie eher zu Hygrophyten. Wüstenpflanzen dagegen reagieren nur auf extreme Dürre. Die Relativität der Dürrezeiten im Diagramm entspricht also der jeweiligen relativen Dürre-resistenz der Pflanzen. Im Gebiet des tropischen Regenwaldes gelten schon alle Monate mit weniger als 100 mm Niederschlag als trocken; die Kennzeichnung der perhumiden Jahreszeit in den Klimadiagrammen ist deshalb durchaus zweckmäßig (Monate mit über 100 mm Regen als schwarze Flächen bei gleichzeitiger Reduktion des Maßstabes auf 1/10).

Nur in wenigen Fällen lassen sich die klimatischen Verhältnisse auf Grund der Klimadiagramme nicht eindeutig beurteilen. Diese Fälle konnten auf Grund persönlicher Erfahrungen in den betreffenden Gebieten geklärt werden.

Wir wollen hier 3 Fälle anführen:

a) Die Klimadiagramme der semiariden osteuropäischen Steppe, der amerikanischen Prärie und der ostargentinischen Pampa täuschen bei Verwendung des Verhältnisses 1:2 ($10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$) ein humides Klima vor, obgleich diese Gebiete eindeutig im semiariden Bereich liegen. LAUER (3) will zwar für den östlichen Teil der Pampa nachweisen, daß die Wasserbilanz positiv ist, d. h. die Niederschläge höher sind als die potentielle Evaporation, er ist jedoch dabei gezwungen, die mit dem Tank Typ A gemessenen Werte nicht wie üblich mit 0,7 zu reduzieren, sondern mit 0,5. Nun liegen aber für die USA sehr eingehende Untersuchungen über den Reduktionsfaktor mit einer genauen Karte vor (4)¹⁾. Das Klima von Buenos Aires am Ostrand der Pampa entspricht am ehesten dem von Oklahoma City. Gerade für diese Station wird der Faktor 0,7 angegeben. Selbst für das arideste Gebiet in der Kalifornischen Wüste mit dem berühmten „Death Valley“ wird ein Reduktionsfaktor von nicht unter 0,6 genannt. Der Faktor 0,5 käme vielleicht für die zentrale Sahara in Frage, d. h. die Annahme eines humiden Gebiets und die Benutzung des Faktors 0,5 durch LAUER ist ein Widerspruch in sich. Wie soll man außerdem die Tatsache des Vorhandenseins von abflußlosen Seen und der weiten Verbreitung von Sodaböden in der östlichen Pampa (2) mit der Annahme eines humiden Klimas vereinen?

In den semiariden Gebieten ist zwar keine Dürrezeit vorhanden, wohl aber eine weniger extreme Sommertrockenzeit. Diese kann man im Klimadiagramm darstellen, wenn man in der nördlichen Steppe und Prärie eine ergänzende Kurve im Verhältnis 1:3 ($10^{\circ}\text{C} = 30\text{ mm}$) einzeichnet (5). Für die südliche Prärie und die Pampa müßte das Verhältnis 1:5 ($10^{\circ}\text{C} = 50\text{ mm}$) sein. Solche Ergänzungen der Klimadiagramme sollte man jedoch nur auf Grund von eingehenden Studien vornehmen.

b) Bei den Stationen in S-Australien im Übergangsbereich zwischen Sommer- und Winterregen verläuft die Niederschlagskurve im Klimadiagramm als Mittel von vielen Jahren niedrig, aber fast horizontal. Man erhält somit den Eindruck, daß es in diesem Gebiet fast jeden Monat, aber nur sehr wenig regnet. Dieser Eindruck ist falsch. Die Niederschläge in diesem Gebiet sind sehr unzuverlässig. Es gibt Jahre fast ohne Regen, andere mit nur kurzen Regenperioden, aber diese können dann zu jeder Jahreszeit eintreten. Im Mittel vieler Jahre gleichen sich diese Unterschiede aus. Es werden also auch die Mittelwerte in den klimatologischen Tabellen einen falschen Eindruck erwecken. Die richtige Auskunft erhält man erst aus dem Klimatogramm, das die Niederschläge der einzelnen Jahre wiedergibt. Als Beispiel nennen wir die Station Mulka, 50 km östlich des großen Eyre-Sees, mit einem mittleren Jahresniederschlag von 101 mm, der aber in den Jahren 1918–1950 zwischen 18 mm und 344 mm schwankte. Die Regenverteilung in den einzelnen Jahren geht aus der Abb. 348 bei WALTER, 1964 (1) hervor.

1) Wir verdanken diese Hinweise Herrn Prof. Dr. H. FLOHN, Bonn.

c) Ein äquatoriales Klimagebiet, in dem die Differenz zwischen der mittleren Temperatur des kältesten und wärmsten Monats kaum $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ beträgt (ein Jahrestemperaturgang also fehlt), aber doch sehr ausgeprägte Jahreszeiten mit einer Dürrezeit von 5 Monaten und einer Regenzeit von 7 Monaten vorhanden sind, ist Nord-Venezuela. Während normalerweise das Sättigungsdefizit der Luft und damit auch die potentielle Evaporation durch den Temperaturgang bestimmt werden, verläuft die Evaporation in Venezuela spiegelbildlich zu der Niederschlagskurve (Abb. 4). Trotzdem wird die aride und humide

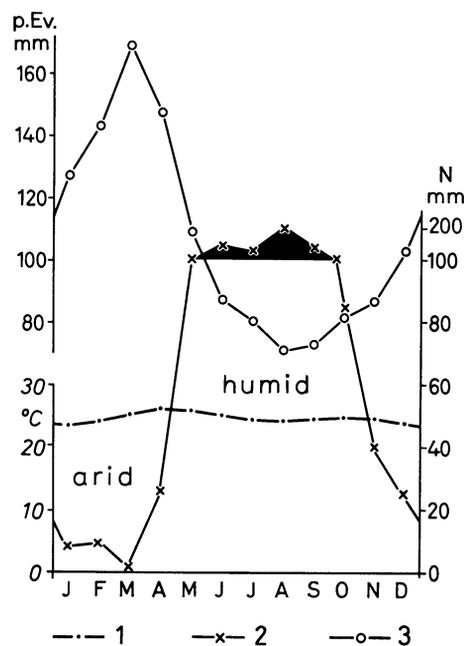


Abb. 4: Klimadiagramm von Maracay (Venezuela) 442 m ü. NN mit der Evaporationskurve (Tank Typ A) für die Jahre 1951–1960. Mittlere Jahrestemperatur $24,5^{\circ}\text{C}$, Jahresniederschlag 914 mm, Evaporation 1280 mm

1 Monatswerte der Temperatur, 2 der Niederschläge, 3 der Evaporation

Jahreszeit im Diagramm vollkommen richtig wiedergegeben, ungeachtet dessen, daß die Temperaturkurve horizontal verläuft. EWEL und MADRIZ (6), die nach HOLDRIE für die Stationen in Venezuela die Evapotranspiration in mm gleich dem 5fachen Betrag der Monatstemperatur in $^{\circ}\text{C}$ ansetzen, kommen zu den völlig falschen Ergebnissen, daß die Evapotranspiration das ganze Jahr hindurch fast gleich bleibt, was im Widerspruch zu den Messungen der potentiellen Evaporation steht. Nicht nur der Jahresgang der Kurven entspricht bei EWEL und MADRIZ nicht dem tatsächlichen, sondern auch die berechneten Jahreswerte, wenn man sie mit den gemessenen Werten der potentiellen Evaporation (Tank Typ A) vergleicht. Wir greifen nur einige Stationen in Venezuela heraus (alle Werte in mm):

Station	Niederschlag	Evapotranspiration berechnet von <i>Ewel</i> und <i>Madriz</i>	Potentielle Evaporation (gemessen)	Differenz
La Orchila	150	1656	2258	— 602
Barcelona	611	1453	1557	— 104
Caracas	854	1296	867	+ 429
Merida	1633	1122	805	+ 317
Santa Elena	1796	1271	655	+ 616
San Carlos	3521	1572	520	+1052

Solche fiktiven, berechneten Werte als Grundlage zur Feststellung der Wasserbilanz zu verwenden, ist äußerst gefährlich, insbesondere wenn sie die Basis für die vorgeschlagenen landwirtschaftlichen Maßnahmen bilden sollen.

Literatur

1. WALTER, H.: Die Vegetation der Erde in ökopysiologischer Betrachtung. Bd. I, 2. Aufl. (Jena-Stuttgart 1964), Bd. II (Jena-Stuttgart 1968).
2. —: Das Pampaproblem in vergleichend ökologischer Betrachtung. *Erdkunde* XXI, 181–203 (1967).
3. LAUER, W.: Die Pampa, ein Klimagebiet beiderseits der Trockengrenze? *Erdkunde* XXII, 155–159 (1968).
4. KOHLER, M. A., NORDENSON, P. J., and BAKER, D. R.: Evaporation maps for the United States. Weather Bureau, Techn. Paper No. 37, Washington, D. C. 1959.
5. WALTER, H.: Die Klimadiagramme der Waldsteppen und Steppengebiete in Osteuropa. *Stuttgarter Geogr. Stud.* 69 (Lautensach-Festschr.), 253–263 (1957).
6. EWEL, J. J. y MADRIZ, A.: Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecologico. Ministerio de Agric. y Eria, Caracas 1968.

NACHTRAG ZUM PAMPAPROBLEM

CARL TROLL

In einer Stellungnahme zum Pampaproblem in dieser Zeitschrift (Bd. XXII, S. 152–155, 1968) suchte ich zu zeigen, daß weder die Auffassung von H. WALTER, daß der Graslandcharakter der Pampa durch ein semiarides Klima bedingt sei, noch die Auffassung von O. SCHMIEDER und H. ELLENBERG, daß die Pampa von Natur humides Waldland gewesen und nur durch die Grasfeuer der jagenden Indianer in Grasland verwandelt worden sei, zu Recht besteht. Eine ökologisch differenzierende Analyse schien mir zu beweisen, daß für die natürliche Verteilung von Gehölzen und baumfreiem Grasland in der Pamparegion kleinräumige, edaphische Unterschiede der Standortbedingungen entscheidend sind. Bei der Behandlung dieser Frage ist mir eine wichtige Stellungnahme entgangen, die sich in dem Werk von H. WILHELMY und W. ROHMEDEY † „Die La-Plata-Länder“ (Braunschweig, G. Westermann Verlag, 1963, S. 67–69) findet. Auch WILHELMY sieht den Graslandcharakter der Pampa nicht in klimatischen Ursachen, sondern in der „Struktur des Bodens“. Feinkörnige, dichte Böden begünstigen die

Ausbreitung der Gräser. Auf sandigen und steinigen, d. h. lockeren Böden gewinnen, selbst bei größerer Trockenheit, Holzgewächse die Oberhand. „So erklärt sich auch die eigenartige Erscheinung, daß im feuchteren Klima Graswuchs, im trockeneren dagegen Buschwald die Vegetation bestimmt.“ (Gemeint ist der Gegensatz der Pampa- und Monte-Region.) Nach den Forschungen von G. GASSNER, L. R. PARODI u. a. Botanikern sind gehölztragende Standorte in der Pamparegion – mit Ausnahme der Auenwälder von *Salix Humboldtiana* im Paraná-Delta und von niederen Galeriehölzern an den Flußläufen – die steilen Böschungen von Talrändern („barrancos“), die Felsenhänge der pampinen Sierren, flaches Hügelgelände mit Muschelbänken oder Tosca-Lagen in geringer Tiefe, durchlässige Schotterböden, gewisse Dünen- und Inseln. Auch in diesem Fall liegt der Schlüssel zum Verständnis in der Zusammenschau aller ökologischen Faktoren nach dem regionalen Prinzip der naturräumlichen Gliederung in Ökotope und dem Wirkungsgefüge der standörtlich differenzierten Ökosysteme.