

HYGRISCHE KLIMATE UND VEGETATIONSZONEN DER TROPEN MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG OSTAFRIKAS

W. Lauer

Mit 1 Kartenbeilage und 3 Abbildungen

Das Pflanzenkleid und die Gewässer der Erde werden in der geographischen Literatur sehr oft als sichtbarer Ausdruck des Klimas bezeichnet. Diese Auffassung besteht in ihrer allgemeinsten Bedeutung zweifellos zu Recht. Vergleicht man nämlich die vegetationskundlichen Landschaftsgürtel und die Gewässer der Erde, so ergeben sich enge Beziehungen und mannigfache Verknüpfungen. Es ist daher verständlich, daß ein Teil der bekannten Klimaklassifikationsversuche von den Wirkungen des Klimas ihren Ausgang nehmen: einerseits von dem anorganischen Indikator, der Hydrographie (Woeikof 1884, Penck 1910), andererseits von dem organischen, der Vegetation (Köppen 1900, v. Wißmann 1939, Troll 1948). Für die Tropen hat F. Jaeger (1945) eine vegetationskundliche Landschaftsgliederung vorgenommen, in der er die Penck'sche und die agronomische Trockengrenze (Troll 1941) (= klimatisch mögliche Regenfeldbaugrenze [Falkner 1938, Jaeger 1946]) zur Abgrenzung der tropischen Vegetationsgürtel heranzog. Auch in den zahlreichen älteren Untersuchungen über das Pflanzenkleid der Tropen ist immer wieder dessen klimatische Bedingtheit herausgestellt worden. Es fehlt allerdings noch immer an Versuchen, die klimatischen Formationsgrenzen der Vegetation im einzelnen durch meteorologisches Beobachtungsmaterial zahlenmäßig zu erfassen. Bislang war jedoch hierfür das Stationsnetz der Tropen kaum ausreichend. Die bisherigen Niederschlagskarten (Isohyetenkarten, Isombromenenkarte für Afrika von Schmidt 1928) reichen zu einem Vergleich mit den vegetationskundlichen Landschaftseinheiten nicht aus.

Gerade die Tropen bieten zu einem Vergleich Anreiz, da dort die vom Menschen unberührte Naturlandschaft besser erhalten und daher leichter zu rekonstruieren ist, als in anderen Landschaftszonen der Erde und außerdem die klimatischen Gegebenheiten trotz kleinräumiger Vielfalt im großen recht einheitlich sind.

In den tropischen Tiefländern gebührt dem Wasser (Niederschlag) unbestritten der Vorrang vor der kaum schwankenden und für die Vegetation immer ausreichenden Wärme (Temperatur). Eine Differenzierung des Tropenklimas ergibt sich demnach vorwiegend durch den Niederschlag. Da mit der Verkürzung der Regenzeit-

dauer von den inneren zu den äußeren Tropen auch die Intensität der Niederschläge nachläßt, vereinfacht sich das Klimagefüge erheblich. Diese Regelmäßigkeit wird allerdings in mehreren Gebieten, vor allem durch das Monsunphänomen, abgewandelt (stärkere Intensität der Niederschläge in kurzen, humiden Perioden). Es zeigt sich aber, daß erhöhte Niederschlagsmengen den Vegetationsrhythmus des Pflanzenkleides kaum erheblich stören. Es tritt bestenfalls eine Speicherung des Niederschlags in bestimmten Böden für die trockene Jahreszeit ein, die nur eine üppigere Ausprägung (edaphische Variante) des Vegetationstyps zur Folge hat (vgl. Monsunwälder an der Guineaküste bei 4000 mm N, aber mehr als 3 bis 4 ariden Monaten).

In den äquatorialen Tiefländern tritt die Temperatur als entscheidender, klimatischer Faktor wegen weitgehender jahreszeitlicher Isothermie ganz in den Hintergrund. Die gegen den Rand der Tropen zunehmende Jahresamplitude und die größeren Tagesschwankungen der Trockengebiete steigern ihre Bedeutung. Die Temperaturabnahme mit der Meereshöhe (die jahreszeitliche Isothermie bleibt bestehen!) bestimmt jedoch die tropischen Gebirgs- und Hochgebirgsklimate (Troll).

Wasser und Wärme, die sich vorwiegend in den klimatischen Elementen des Niederschlags und der Temperatur widerspiegeln, sind neben Licht, Luft und Boden für die organische Natur die wichtigsten Voraussetzungen. Die Unterschiede des Bodens sind vorwiegend für die Ausprägung des Vegetationstyps auf kleinem Raum (edaphische Varianten) entscheidend, treten dagegen bei einer großräumigen Betrachtungsweise der klimatischen Vegetationsgürtel in den Hintergrund. Es dürfte ohnehin schwierig sein, alle klimatischen Grundfaktoren, die gestaltend im Pflanzenkleid zum Ausdruck kommen, zahlenmäßig zu erfassen und zur kartographischen Darstellung zu bringen.

Der klimatische Vegetationstyp ist in der Hauptsache Ergebnis des jährlichen Rhythmus zwischen Ruhe- und Vegetationszeit. In den Tropen ist die Ruhezeit gleichbedeutend mit der trockenen Zeit, in der die Verdunstungsmöglichkeit im Durchschnitt höher bleibt als der fallende Niederschlag. Die Vegetationszeit aber kommt in den Tropen der humiden Zeit gleich,

in der für die Verdunstung genügend Niederschlag zur Verfügung steht.

Vorstehende Überlegungen führten dazu, nach einer zahlenmäßig klimatologischen Unterbauung der vegetationskundlichen Landschaftseinheiten der Tropen zu suchen. Daß die Jahresniederschlagsmenge zur Abgrenzung solcher Landschaftstypen nicht ausreichend ist, beweist ein Vergleich von Isohyeten- und Vegetationskarten. Bei dem derzeitigen immer noch dürftigen klimatischen Beobachtungsnetz der Tropen wird man kaum andere Klimatelemente als Niederschlag und Temperatur zu einer derartigen Untersuchung heranziehen können. Jahresmittelwerte reichen allerdings zur Charakterisierung des Klimazustandes eines Ortes meist nicht aus. Oft sind Mittelwerte überhaupt völlig unzureichend und vermögen die Eigenart eines bestimmten Klimas nicht wiederzugeben. Für Tropenländer bedeutet es aber einen Fortschritt, wenn wenigstens Monatsmittel von Niederschlag und Temperatur eines möglichst dichten Stationsnetzes ausgewertet werden können. Durch Verwendung von Monatsmitteln werden außer den mittleren Jahreswerten auch Gang und Dauer eines Klimas, also die Jahreszeiten erfaßt.

Es war bereits davon die Rede, daß in den Tropen die humiden bzw. ariden Zeiten des Jahres für den Lebensrhythmus des Pflanzenkleides als ausschlaggebend angesehen werden müssen. Der Verfasser hat daher den Versuch unternommen (Lauer 1952), durch eine geeignete Methode zur Darstellung der humiden bzw. ariden Jahreszeiten in Südamerika und Afrika zu gelangen (Tafel 2). Der Ausgangspunkt war dabei die Unterscheidung der Penck'schen Klimabereiche (humide, aride, nivale Klimate) (vgl. Troll's Klimadreieck 1948). Hatte Penck die humiden und ariden Gebiete theoretisch durch das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung festgelegt und bestimmte morphologische, klimatische, bodenkundliche, hydrologische und vegetationskundliche Indizien zur Charakterisierung solcher Gebiete herangezogen (vgl. hierzu die Untersuchungen von Jaeger 1928, Sorge 1930), so blieb eine Unterbauung und ein Nachweis durch Klimadaten sehr erschwert durch die kaum faßbare Größe der in der Natur herrschenden Verdunstung (Jaeger 1936). Es wurden daher in der Folgezeit zahllose Formeln entwickelt, bei denen die Verdunstung durch eines ihrer wesentlichen klimatischen Abhängigkeitsmerkmale (Temperatur, relative Feuchte, Sättigungsdefizit) ersetzt und diese in geeignete Beziehung zum Niederschlag gebracht wurde. Alle diese Indizes (Regenfaktor, Ariditätsindex, N/S-Quotient, PE-Index, Trockengrenzformeln u. a. vgl. hierzu Lang 1915, de Mar-

tonne 1926, Thornthwaite 1931, Köppen 1936 Wilhelmy 1944) sind in vielen Darstellungen angewandt worden und führten zu teils guten teils weniger befriedigenden Ergebnissen.

Bei einem diagrammatischen Vergleich stellte sich heraus, daß viele Indizes in den Tropen die Trockengrenze (nach Penck) gut übereinstimmend anzugeben vermögen (Lauer 1952), was vornehmlich eine Folge des oben beschriebenen einheitlichen Klimagefüges der Tropen ist. Es ist daher fast gleichgültig, welchen Index man zur Anwendung bringt. In der genannten Arbeit des Verfassers fand der Index 20 nach de Martonne (1926) für die einzelnen Monate Verwendung ($\text{Index } 20 = \frac{12r}{t + 10}$), da er sich für die

Tropen als günstig und rechnerisch als sehr einfach erwies. In Gebieten mit Monatstemperaturen unter -10°C kann dieser Index allerdings nicht verwandt werden. Hier wäre die Verwendung der Trockengrenzhypelbel von Wang (1941) geeigneter. In den Tropen entspricht diese aber dem de Martonne'schen Ariditätsindex weitgehend. Klimatische Aridität während eines Monats, ein sog. „arider Monat“, liegt dann vor, wenn der genannte Index 20 nicht erreicht wird. Bei Überschreiten dieses Wertes kann man entsprechend von „humiden Monaten“ sprechen. Die Verwendung der termini humid und arid auch für kürzere Zeitabschnitte — Penck hatte diese nur zur Charakterisierung des mittleren Jahreszustandes verwandt — bedeutet, da damit auch der zeitliche Ablauf eines Klimazustandes erfaßt werden kann, m. E. eine fruchtbare Erweiterung dieser Begriffe.

Die Auswertung von mehreren tausend Stationen in Afrika und Südamerika (Tafel 2) führte zur Darstellung von „Isohygromenenkarten“ (Isohygromenen = Linien gleicher Zahl humider bzw. arider Monate). Weiterhin konnten durch Analyse des Humiditätsganges der einzelnen Stationen Karten der ombrothermischen Klimate (Humiditätstypen) entworfen werden, die für Afrika 8, für Südamerika 12 Haupttypen wiedergeben. (Tafel 2 und Lauer 1952.)

Es ist längst erwiesen, daß die hygrische Dreiteilung des tropischen Pflanzenkleides in Gehölz-, Grasflur und Wüste nach der Schimper'schen Auffassung (1935) nicht haltbar ist und sich als unrichtig erwiesen hat. Die rein physiognomische Unterscheidung von Baum- und Graswuchs führt kaum zu kausalen Beziehungen zwischen Klima und Pflanzenkleid. In geographisch-ökologischer Sicht stellt sich heraus, daß sowohl Gehölz- als auch Grasfluren bei gleichen klimatischen Voraussetzungen als Folge rein edaphischer und biotischer Differenzierung möglich und tatsächlich vorhanden sind (Troll 1935). So hat F. Jaeger (1945)

6 klimatische Vegetationsgürtel der Tropen unterschieden, innerhalb derer physiognomisch und floristisch völlig verschiedene Pflanzenformationen auftreten, deren klimatische Außenbedingungen aber in den neu- und altweltlichen Tropen zu überraschend ähnlichen Wuchs- und Lebensformen führten (vgl. hierzu die Arbeiten *C. Troll's*). Innerhalb der klimatischen Vegetationsgürtel finden sich also edaphische, durch den topographischen Standort bedingte Untertypen der Vegetation von der reinen Grasflur über solche mit einzelstehenden oder gruppenhaft auftretenden Bäumen bis zu richtigen Wäldern.

F. Jaeger (1945) gliedert das tropische Pflanzenkleid in:

1. Immergrüner ombrophiler Regenwald,
2. Feuchtsavanne (einschl. regengrüner Feuchtwald) (Monsunwaldtyp),
3. Trockensavanne (einschl. regengrüner Trockenwald) (Miombo- und Paraguanatyp),
4. Dornsavanne (einschl. regengrüner Dornwald) (Caatingatyp),
5. Halbwüste (Halbstrauch- und Sukkulentensteppe),
6. Wüste.

Feucht- und Trockensavanne scheidet er durch die Penck'sche Trockengrenze, Trocken- und Dornsavanne durch die Grenze des klimatisch möglichen Regenfelddbaus (*Falkner* 1938, *Jaeger* 1946).

Durch Vergleich der Isohygromenen mit den klimatischen Vegetationstypen (Karte bei *Lauer* 1952) ergaben sich folgende Beziehungen für die bearbeiteten vorwiegend tropischen Kontinente Afrika und Südamerika:

Humide Monate	Klimatischer Vegetationstyp
12	Immergrüner, ombrophiler Regenwald
11	
10	
9	
8	Feuchtsavanne (einschl. regengrüner Feuchtwald) (Monsunwaldtyp)
7	
6	Trockensavanne (einschl. regengrüner Trockenwald) (Miombo- und Paraguanatyp)
5	
4	
3	Dornsavanne (einschl. regengrüner Dornwald) (Caatingatyp)
2	
1	Halbwüste (Halbstrauch- und Sukkulentensteppe)
0	Wüste

Die *Penck'sche* Trockengrenze ist nahezu mit der Isohygromene 7, die agronomische Trockengrenze mit der Isohygromene 4 identisch. Vor allem scheint durch den Vergleich die bisher kaum geklärte Frage nach der klimatischen Bedingtheit der großen Trockenwaldareale (Miombo- und Mopanewälder Südostafrikas) und der entsprechenden in Südamerika nur in schmalen Übergangszonen auftretenden regengrünen Trockenwälder (Zebilwälder Nordwestargentinien, Bolivien und Paraguays) einer Lösung zugeführt zu sein, da die Isohygromenenkarte (weite Gebiete von 5 und 6 humiden Monaten in Afrika, aber nur schmale Übergangsgürtel in Südamerika) dem Verlauf entspricht. Es ist also vornehmlich die Dauer der humiden bzw. ariden Zeit, die die Verbreitung der Trockenwaldzonen beherrscht. Die Niederschlagsmengen schwanken z. B. in dem südostafrikanischen Trockenwaldbereich zwischen 1200 und 400 mm. Sie kann daher kaum als geeignetes Kriterium angesehen werden.

Folgt also die naturräumliche Großgliederung der afrikanischen und südamerikanischen Tropen weitgehend der Abstufung der Zahl der humiden bzw. ariden Monate, so ist es sicherlich von Interesse, wie sich in einem kleineren, klimatisch wechsellvollen Tropengebiet die Beziehung von Vegetationsgürteln und Isohygromenen bestätigt. Wohl kaum kann hierfür ein Gebiet geeigneter erscheinen als Ostafrika, besonders Tanganjika, das an allen tropischen Vegetationsformationen, vorwiegend aber an den Graslandgürteln, Anteil hat, außerdem aber eine gute geographische, klimatische, bodenkundliche und vegetationskundliche Durcharbeitung erfahren hat, so daß die Voraussetzungen zu einer solchen Untersuchung gegeben sind.

Schon in der deutschen Kolonialzeit besaß Ostafrika ein ausgedehntes meteorologisches Beobachtungsnetz. Die Ergebnisse der Niederschlagsmessungen sind in einer Regenkarte von *W. Paap* (1934) und zahlreichen Nebenkarten festgehalten. Die *Paap'sche* Karte hätte aber sehr verbessert werden können, wenn in den großen Zwischenräumen zwischen den Beobachtungsstellen Vegetation und Hydrographie herangezogen worden wären. Das Beobachtungsnetz ist durch die britische Mandatsverwaltung in der Folgezeit weiter ausgebaut worden. Aus deutschen und britischen Quellen (mit Reihen bis 1946) konnten 324 Niederschlags- und Temperaturstationen ausgewertet werden, die ein recht gutes Bild des Klimagefüges, besonders der Zahl der humiden bzw. ariden Monate, zulassen. Die hydrologisch-hydrographischen

Verhältnisse sind in Ostafrika recht gut bekannt und in der Gewässerkarte von F. Jaeger (1949) zusammengefaßt. Milne (1936) hat am Beispiel Ostafrikas seine Studien tropischer Böden in einer Karte niedergelegt, die zur Erkenntnis der kleinräumigen Vegetationstypen außerordentlich fruchtbringend ist. In diesem Zusammenhang müssen auch die beiden Darstellungen von P. Vageler (1910 und 1912) über die Mkattaebene und Ugogo genannt werden. Schließlich hat neben älteren Vegetationsdarstellungen (Engler 1909, Schlieben 1939 u. a. m.) das ostafrikanische Pflanzenkleid eine kartographische Darstellung durch C. Gillman (1949) gefunden, die eine wichtige Basis vorliegender Untersuchung darstellt. Leider ist die Karte bewußt in streng physiognomischer Betrachtungsweise gewonnen, läßt dadurch aber doch Raum für weitere geographisch ökologische Ausdeutungen. Eine lückenlose Karte mit einer Untergliederung in standörtlich bedingte edaphische Vegetationstypen kann nur eine unter den genannten Gesichtspunkten unternommene eingehende Bereisung des Landes erbringen. Eine genaue Erfassung der topographischen Vegetationstypen an einzelnen Stellen Ostafrikas ist durch C. Troll (1936) gegeben worden. Die Fülle der alten Reiseliteratur und wissenschaftlichen Teiluntersuchungen ist groß, ohne daß sie hier eigens aufgeführt werden könnte.

Ostafrika bildet unter den äquatornahen Bereichen der Erde bezüglich seiner klimatischen Gegebenheiten eine gewisse Ausnahme. An Stelle eines feuchten Tropenlandes treffen wir vorwiegend auf trockene Landschaften. Die Ursachen liegen in der atmosphärischen Zirkulation, in besonderen Luftdruck- und Windverhältnissen. Seine Lage zu der großen asiatischen Landmasse verursacht sehr regelmäßige, starke und daher sehr trockene Passate bzw. Monsune. Die zahlreichen klimatischen Eigenheiten auf kleinem Raum sind aber bedingt durch seine Oberflächengestalt. Das bewegte Relief, die Horst- und Grabenstruktur, die Auftragung einzelner Vulkanberge und die vielen Seen verursachen raschen Wechsel des Klimas. Dabei spielen Höhenlage und Exposition zum Wind die wichtigste Rolle. Durch diese klimatischen Gegebenheiten hat Ostafrika teil an allen klimatischen Vegetationszonen bzw. -stufen der Tropen, mit Ausnahme der Wüste im strengen Sinne und ausgesprochener Paramos.

An Stelle einer ausführlichen Schilderung des Klimas, besonders der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, seien die Typen der ombrothermischen Klimate (Humiditätstypen) wiedergegeben (Abb. 1). Die genaue Analyse des Ganges der Humidität an den ostafrikanischen Stationen er-

gab 5 Haupttypen¹⁾: Der dauernd humide Tropentyp (Tfd) tritt in Ostafrika an großen Erhebungen und flächenhaft nur an der SW-Seite des Victoria-Sees und im Hochlande von Mau in Kenya auf. Der einfach aride Äquatorial- und Tropentyp (Taet₁ = äquatorialer Typ mit einer ariden Zeit) findet sich vorwiegend im Nordwesten des Tanganjika-territoriums, aber auch an der Ostküste und in deren weiterem Hinterland. Von Nordosten greift der doppelt aride Äquatorial- und Tropentyp (Taet₂ = äquatorialer Typ mit 2 ariden Zeiten) tief nach Tanganjika hinein. Größere Areale finden sich aber auch östlich des Victoria-Sees, im Zwischenseengebiet und an den trockensten Abschnitten der ostafrikanischen Küste, in denen auch die kleine Trockenzeit ariden Klimazustand aufweist. Der sommerhumide Tropentyp (Tfso) greift von Süden her nach Ostafrika hinein und ist besonders deutlich in der weiteren Umgebung des Ruaha-Grabens und des Rukwa-Sees ausgebildet. Der 5. Typ, der dreifach aride Tropentyp (Tt₃ = Tropentyp mit 3 ariden Zeiten) — auf das Küstengebiet der Panganimündung und die Südwestseite des Kilimandjaro beschränkt — stellt ein ostafrikanischer Sondertyp dar, der auch als Niederschlagstyp vielfach beschrieben ist. Eine dreifache Gipfelung der Humiditätskurve, ohne daß dabei selbständige aride Zeiten oder in der großen ariden Zeit humide Monate auftreten, ist für größere Bereiche Ostafrikas charakteristisch, als bisher beschrieben ist. Diese Gebiete sind mit Punktsignatur in der Skizze S. 288 eingetragen. Dabei bedeutet Signatur 6: Auftreten eines 3. Maximums in der humiden Zeit, Signatur 7: Auftreten eines 3. Maximums in der ariden Zeit. Die dreifache Gipfelung kann gleichermaßen bei den Typen 1 bis 3 auftreten, und ist, wie bei Typ 5, vorwiegend an küstennahe Gebiete und vor allem an Erhebungen und Hochgebiete gebunden. Das 3. Maximum erklärt sich in den meisten Fällen als Steigungsniederschlag des SE-Passates im Juli bis August.

Um Klimastruktur und Pflanzenkleid in Ostafrika vergleichen zu können, wurde eine Isohygromenentkarte und eine Karte der klimatischen Vegetationstypen entworfen (Abb. 2 u. 3). Der immergrüne ombrophile Regenwald des heißen Tieflandes ist in Ostafrika nur in drei ganz kleinen Arealen vertreten: Am jeweiligen Ostfuß des Usambara, Unguru- und Uluguru-Gebirges. Sonst tritt der immerfeuchte Wald nur als Berg-, vorwiegend als Höhen- oder Nebel-

¹⁾ Die Definition der ariden Zeit (im Vergleich zur Trockenzeit) ist in Bonner Geogr. Abh. Heft 9 gegeben.

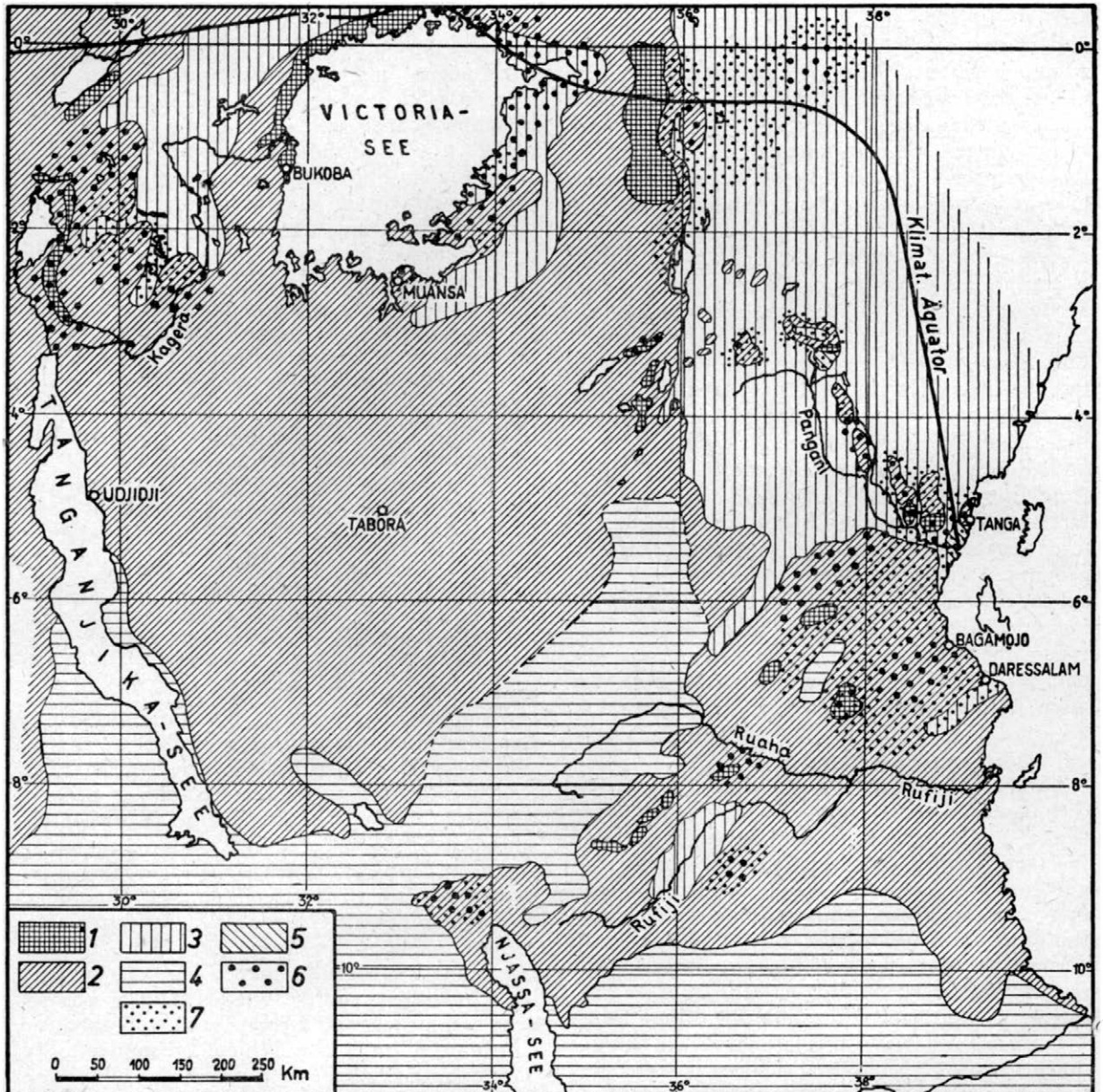


Abb. 1: Die ombrothermischen Klimatypen (Humiditätstypen) in Ostafrika.

Haupttypen:

1. Dauernd humider Tropentyp (Tfd).
2. Einfach arider Äquatorial- und Tropentyp (Tae_{t_1} = äquatorialer Typ mit einer ariden Zeit).
3. Doppelt arider Äquatorial- und Tropentyp (Tae_{t_2} = äquatorialer Typ mit zwei ariden Zeiten).
4. Sommerhumider Tropentyp (Tf_{so}).
5. Dreifach arider Tropentyp (Tt_3 = Dreifache Gipfelung der Humiditätskurve, Auftreten von 3 ariden Zeiten).

Untertypen:

6. Auftreten eines dritten Maximums in der humiden Zeit.
7. Auftreten eines dritten Maximums in der ariden Zeit.

Die Untertypen 6 und 7 treten nur als Varianten der Haupttypen auf. Sie sind daher in die jeweilige Grundsignatur der Haupttypen eingezeichnet.

Abkürzungen:

T = tropisch
 ae = Äquatorialer Gang der Humidität
 f = humid (feucht)
 d = ganzjährig (dauernd)
 t = arid (trocken)

t_1 = eine aride Zeit
 t_2 = zwei aride Zeiten
 t_3 = drei aride Zeiten
 so = sommerhumid

wald auf, mit einer nach Westen zu immer höheren Untergrenze. Die Nebelwälder mit ihren charakteristischen immergrünen Kugelschirmkronen (*Troll*) und ihrem dichten Behang von Bartflechten sind der Wetterseite (Südosten), dem dauernd Feuchtigkeit bringenden SE-Passat, zugewandt. Nach Erreichen der Binnengrenze (*Troll* 1935 b, S. 15), etwa an der großen Bruchstufe, treten erst wieder am Westrand des Victoria-Sees und auf den Erhebungen Ruanda Urundis immerfeuchte Wälder auf.

Mit Einsetzen des deutlich ausgeprägten periodisch feuchten Tropenklimas kann der üppige, immergrüne Regen-, Berg- und Höhenwald nicht mehr existieren. Wir treten in den sogenannten tropischen Graslandgürtel ein, der nach *F. Jaeger* (1945) wiederum nach klimatisch-hydrologischen Gesichtspunkten unterteilt werden kann (s. o.). Der Graslandgürtel nimmt in Ostafrika den weitesten Raum ein. Neben der klimatischen Abstufung in Feucht-, Trocken- und Dornsavannen trifft man die mannigfaltigsten topographisch-edaphischen Varianten mit bestimmten, allerdings an die klimatische Abstufung gebundenen, Lebensformen von den reinen Wäldern bis zur reinen Grasflur (vgl. hierzu die anschaulichen Schilderungen *C. Troll's* aus vielen Teilen der Tropen).

Zunächst setzt die Feuchtsavanne gegen den Regenwald sehr deutlich dadurch ab, daß der Laubfall der Bäume einheitlich in der zunächst kurzen, ariden Zeit auftritt. Die vorhandenen Grasfluren werden im allgemeinen übermannshoch. Zu den Feuchtsavannen, die sich auf Gebiete mit dauernd fließenden Flüssen beschränken (*Jaeger* 1945), sind neben den bei *Gillman* als „Forest/Woodland intermediate“ bezeichneten monsunwaldartigen Savannenwäldern (Makondeland, Iringa Hochland, zahlreiche Stellen des Küstenhinterlandes)¹⁾, auch die bei *Engler* viel zu ausgedehnten Hochweiden (Höhensavannen, meist Schluchtwald- oder Schluchtwaldtermitensavannen (*Troll* 1936)), in Ruanda-Urundi, Ufipa, Iringa Hochland u. a. zu rechnen. Im Nordwesten Ostafrikas gibt der deutsche Kolonialatlas sehr viele, leider nur physiognomische, Typen der Savanne an, die im Bereich dauernd fließender Flüsse liegen. Weitere Feuchtsavantentypen in Iringa, im Lee der Unguru-Berge, in Unjika, Ungulu, Ssonjo und Westusambara treten ebenfalls als Termiten-Höhensavannen (Termitenschluchtwaldsavannen) auf (*Troll* 1936). Aber auch „Seasonal Swamps“ (zeitweise überflutete Niederungssavannen (*Burt* 1942, *Gillman* 1949), Bancowaldsavannen oder

Bancowald-Isla-Savannen (n. *Troll* 1936) sind, sofern sie im Bereich dauernd fließender Flüsse auftreten, der klimatischen Feuchtsavanne zuzurechnen. In Ostafrika allerdings liegen sie vorwiegend, wegen der klimatischen Ungunst der Niederungen, im Bereich der klimatischen Trockensavanne (*Troll* 1936, S. 302). Je nach den topographischen Verhältnissen finden sich auch Galeiewaldsavannen in großer Zahl (vgl. Beschreibung bei *Burt* und *Gillman*). Leider ist man bei beiden Autoren nicht ganz sicher, ob es sich um Typen der Feucht- oder Trockensavanne handelt.

Die Baumbestände der Galerie-, Schlucht- und Bancowälder wie auch der Termitenhügel zeigen vorwiegend immergrüne, feuchte Formen des Regenwaldes (vgl. *Troll*). Sie gründen sich auf ganzjährig edaphische Humidität bei zeitweiser Aridität des Klimas, da sie an Gewässern stehen oder auf gutdurchlüfteten Böden der Termiteninseln stocken. Die einzelstehenden Bäume und Baumgruppen des Savannenparklandes, das in Ostafrika größere Bereiche einnimmt (feuchtere Teile des „Wooded Grassland“ bei *Gillman*, High Grass-Low Tree Savanne bei *Shantz* 1923), zeigen dagegen, da sie die kurze Trockenheit bei klimatischer und edaphischer Aridität überdauern müssen, kurzfristigen Abfall ihrer großblättrigen, ganzrandigen Belaubung bei völliger Dornlosigkeit, aber rauher, borkiger Rinde (*Troll*). Dieser Typ der Feuchtsavanne tritt im Hinterland der Küste heute sehr stark in Erscheinung.

Den weitaus größten Raum nehmen in Afrika die Trockensavannen ein. Unter Trockensavanne faßt *Jaeger* die Vegetationsformationen des tropischen Graslandgürtels zwischen der *Penck'schen* Trockengrenze und der klimatisch möglichen Ackerbaugrenze zusammen (daher auch „anbaufähige Trockensavanne“ genannt). In diesem Bereich fließen die Gewässer nur noch periodisch, es herrscht semiarides Klima mit negativer Verdunstungsbilanz im Jahresdurchschnitt. Die Eigenart des periodisch sommerfeuchten Tropenklimas bringt auch in diesem Bereich wiederum in Verbindung mit den vielfältigsten ökologisch-edaphischen Faktoren zahlreiche Varianten der Vegetation hervor, die sich durch meso- bis xerophiles Gepräge auszeichnen. Im allgemeinen kehren die Typen der Feuchtsavanne wieder, aber in trockenerer Ausbildung.

Im Trockensavannengürtel sind vor allem die großen regenrünen Trockenwälder (Miombowälder) charakteristisch. Sie zeichnen sich durch sehr einheitlichen Bestandaufbau aus (meist Leguminosenbäume der Gattungen *BERLINIA*, *BRACHYSTEGIA* und *BAIKEA*). Die Bäume stehen mäßig dicht, zeigen gefiederte Blätter, die in der langen,

¹⁾ *Jaeger* (1928 a. S. 277) nimmt an, daß an den feuchten Teilen des Küstenhinterlandes als Primärvegetation vielfach Monsunwälder gestanden haben.

ariden Zeit abfallen. Ihre Dornlosigkeit hebt sie von den noch trockeneren Formationen der Dornwälder ab. Als Unterwuchs findet sich meist ein bis zwei Meter hohes Gras (Waibel 1922 S. 152). Die genannten Miombowälder nehmen

Die meisten Überschwemmungssavannen („Seasonal Swamps“ z. B. in der Mkatta- und Ulangaebene) gehören dem klimatischen Trockensavannenbereich an. Auch die Vegetation der Termitenwäldchen, die vielfach in die Ufer- und Damm-

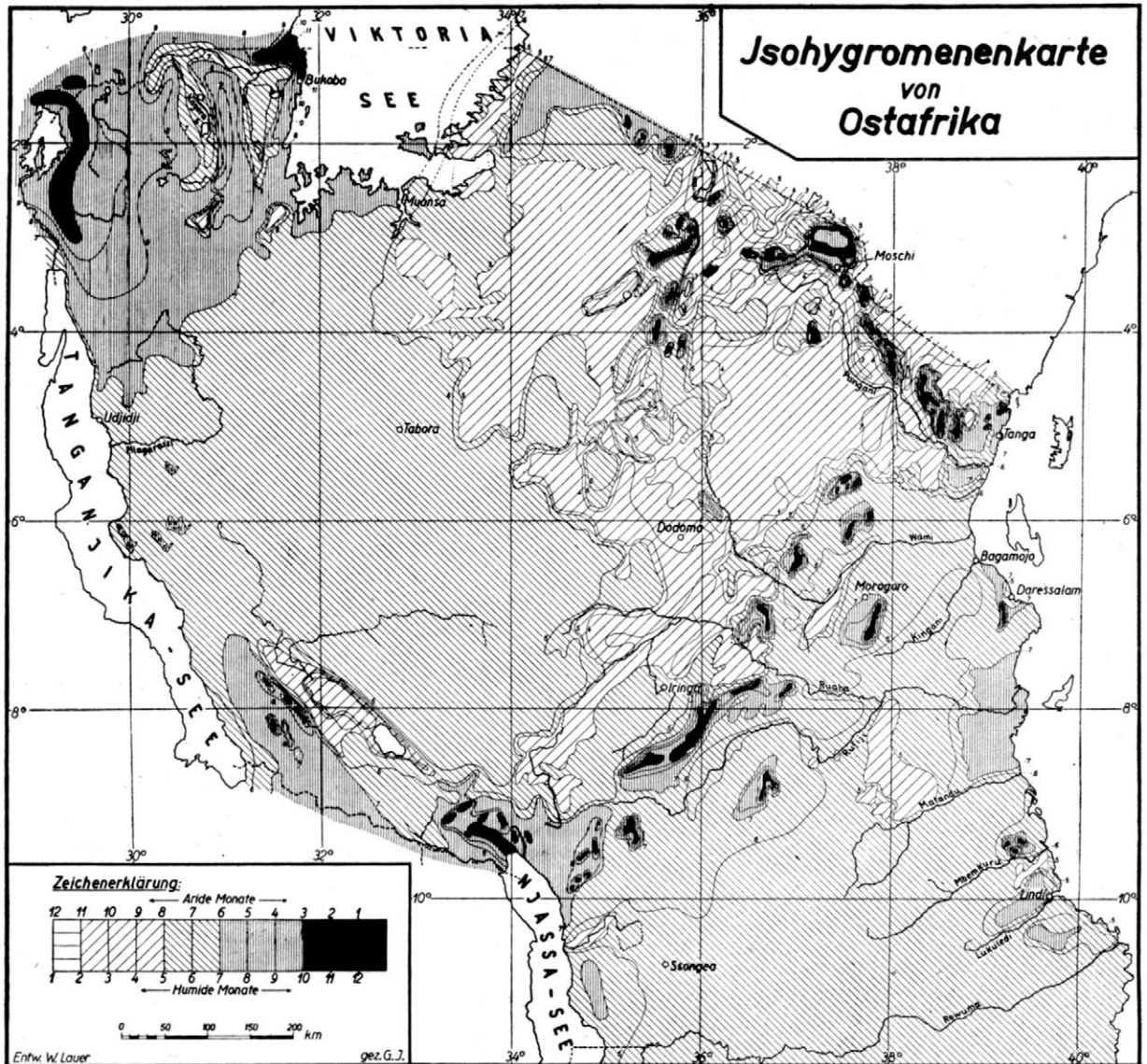


Abb. 2: Die Zahl der humiden bzw. ariden Monate in Ostafrika.

fast den ganzen Westen und Süden Tanganjikas ein (vgl. Karte bei Gillman 1949). Die Flußufer säumen nicht mehr immergrüne Galerie- oder Bancowälder, sondern vorwiegend laubwerfende Ufer- oder Dammuferwälder.¹

¹) Zur Unterscheidung der edaphischen Varianten (Überschwemmungs- und Trockensavanne) in den verschiedenen klimatischen Vegetationszonen würde es sich empfehlen, bei Feuchtsavanntentypen von Galeriewald- (edaphische

uferwaldsavannen eingestreut sind, zeigen vorwiegend xerophytische Pflanzevereine (Troll 1936 S. 302). Vielfach sind Palmen die charakteristischen Vertreter (*BORASSUS FLABELLIFORMIS* und *HYPHANE THEBAICA*, vgl. Vageler 1910

Trockensavanne) und Bancowaldsavanne (edaphische Überschwemmungssavanne), bei den klimatischen Trockensavanntentypen entsprechend aber von Ufer- und Dammuferwaldsavannen zu sprechen.

u. Jaeger 1945). Auch reine Grasflächen finden sich in den ostafrikanischen Trockensavannen (meist auf durchlässigen Tuffböden [Jaeger 1928 a S. 276]). Teile der sehr gewässerarmen Sserengeti und viele kleinere Flächen zwischen

fach sind es offene Landschaften, in denen typische Termitensavannen des klimatischen Trockensavannentyps vorherrschend sind (Gillman 1949 S. 28, Burt 1942 S. 125). Öfters treten aber auch, je nach dem standörtlichen Verhältnis-

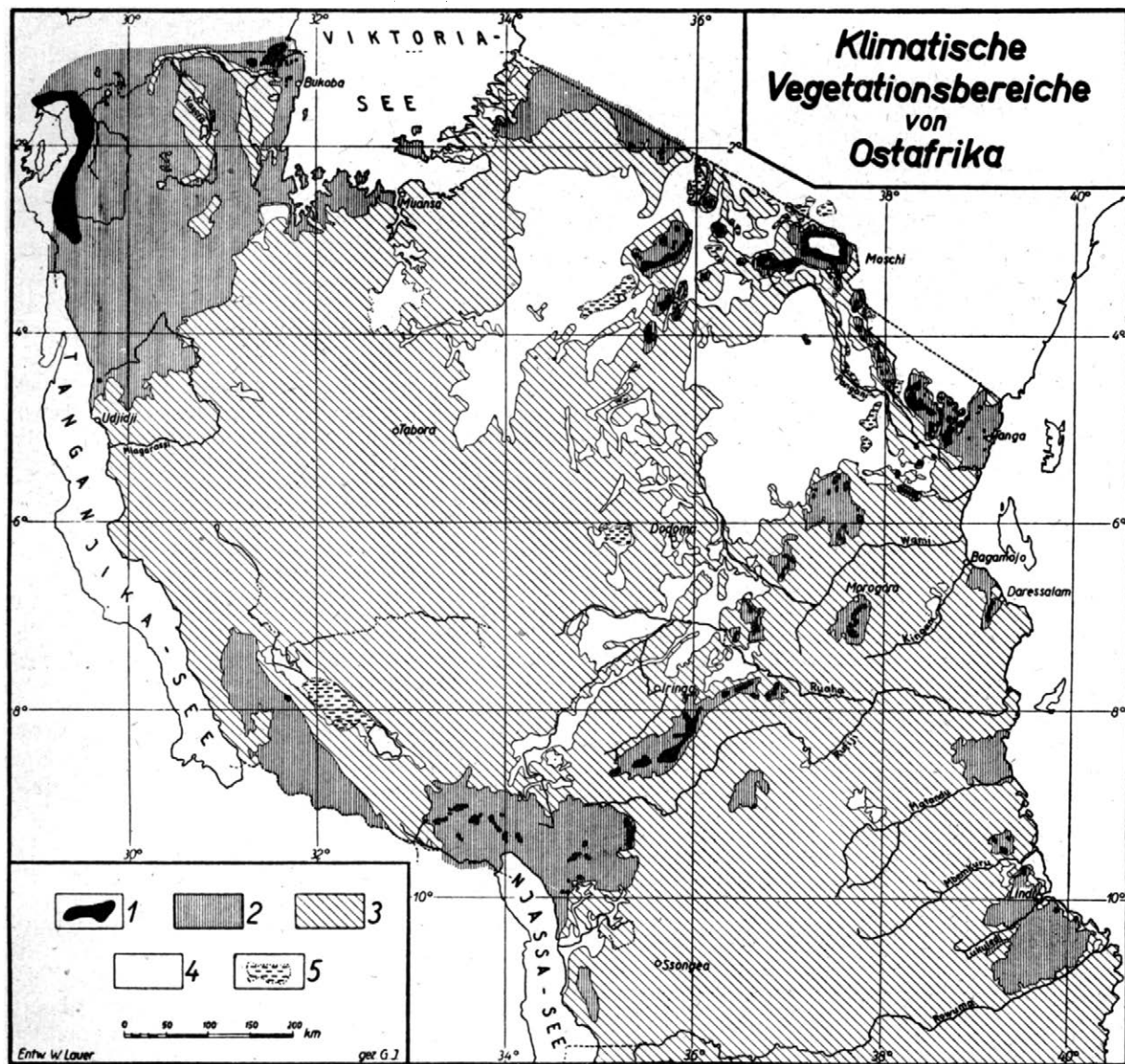


Abb. 3: Die klimatischen Vegetationsbereiche von Ostafrika.

1. Immergrüner ombrophiler Regen-, Berg- und Höhenwald.
2. Feuchtsavanne bzw. regengrüner Feuchtwald (Monsunwaldtyp) (einschl. der beschriebenen edaphischen Varianten).
3. Trockensavanne bzw. regengrüner Trockenwald (Miombotyp) (einschl. der beschriebenen edaphischen Varianten).
4. Dornsavanne bzw. regengrüner Dorn- und Sukkulenwald (Caatingatyp) (einschl. der beschriebenen edaphischen Varianten).
5. Halbwüste (Wüstensteppe) (einschl. der edaphisch bedingten Salzseen und Salzpfannen).

Kilimandjaro und Victoria-See sind hierzu zu rechnen (vgl. Kolonialatlas und Karte bei Gillman 1949). Im Zentralplateau ist die Unterbrechung der Miombowaldbestände häufiger. Viel-

sen, ausgesprochene Dornsavannen auf, dort vorwiegend durch Boden und Lokalklima bedingt. Gillman spricht in Anlehnung an der Terminologie von Milne von der „Centralplateau-

Catena“, die sich aus Miombowald, offenen Trockensavannentypen und wenigen Dornsavannentypen zusammensetzt. Leider fehlt gerade in diesen Gebieten entsprechendes klimatisches Beobachtungsmaterial, um diese kleinräumigeren Gegensätze exakt zur Darstellung bringen zu können.

Fehlt die Bedornung der Bäume in der Trockensavanne noch weitgehend, so ist sie in der eigens danach benannten *Dornsavanne* (auch „nicht anbaufähige Trockensavanne“ genannt [Jaeger]) ein besonderes Merkmal (Troll). Hochstämmiger Dornwald, Dornbusch, Dornbuschsteppe oder auch Dornsteppe (reine Grasflur mit Halb- und Sukkulentensträuchern) sind die einzelnen Varianten des klimatischen Dornsavannengürtels. Der xerophile Charakter wird durch die Feinfriedigkeit, Kleinblättrigkeit und die meist grüne Berindung unterstrichen. Sukkulenzerscheinungen an Bäumen und Sträuchern (Blatt-, Stamm- und Wurzelsukkulenz) treten immer deutlicher zutage, je trockener das Klima wird, d. h. je länger die aride Zeit dauert. Das Gras wird kaum kniehoch und steht nur noch in einzelnen Büscheln. Die Karte (Abb. 3) zeigt, daß von Nordosten her der Dornsavannengürtel tief nach Ostafrika hereingreift und, alle höheren, feuchteren Teile umgehend, sich bis zum oberen Ruaha erstreckt (Masaisteppe, große Teile der Sserengetisteppe und Teile der Ruaha-Talung rechnen zur Dornsavanne). Noch im Rukwa-Graben hat die Dornsavanne größere Verbreitung.

Die *Halbwüste* (Wüstensavanne oder -steppe), die nur noch spärlichen Graswuchs zwischen einzelnen Sukkulenten- und Halbsträuchern zeigt, beschränkt sich auf den näheren Umkreis der an den tiefsten Stellen der Grabensenken liegenden Seen der abflußlosen Becken oder aber auch auf trockene enge Talschluchten, in denen das Ausgleichswindphänomen die Trockenheit verstärkt (vgl. Troll 1951, z. B. zwischen Usambara- und Pare-Gebirge (Station Kihuiro). *Vollwüsten* im strengen Sinne der Definition trifft man in Ostafrika nicht an.

Auf der Karte der Isohygromenen (Abb. 2) kann man wohl ohne Schwierigkeit die Grundzüge der Karte der klimatischen Vegetationstypen wiedererkennen. Durch das bewegte Relief nehmen die Isohygromenen zum Teil einen sehr wirren Verlauf. Die zahlreichen Erhebungen stellen feuchte Inseln in der sonst meist trockenen Umgebung dar. Durch Stationen nachzuweisende dauernd humide Gebiete (d. i. 12 humide Monate) finden sich nur im Pare- und Usambaragebirge.

10 humide Monate erreichen aber alle größeren Erhebungen, die auch Berg- und Höhenwälder tragen (s. o.), desgleichen aber auch der Nordwestrand des Victoria-Sees, an dem ausgedehnte Regenwälder die lange Andauer der humiden Zeit widerspiegeln.

Die Feuchtsavannen (Abb. 2) treten in Ostafrika fast ausschließlich im Bereich zwischen 9 und 7 humiden Monaten auf. Diese Tatsache wird unterstrichen dadurch, daß die *Penck'sche* Trockengrenze (Jaeger 1949) fast genau mit der Isohygromene 7 übereinstimmt und nur an manchen Stellen in den Bereich 6 abweicht (vgl. hierzu Gillman 1939).

Der Trockensavannenbereich zeigt ebenfalls Übereinstimmung mit der Zahl der humiden Monate. Die große Verbreitung des semiariden Klimabereichs, der in Ostafrika in der Hauptsache durch eine humide Zeit von 6 und 5 Monaten gekennzeichnet ist, findet seinen Ausdruck in den einheitlichen, gleichförmigen, lichten, regengrünen Miombowäldern, die meist nur längs der Flußläufe durch Ufer- und Dammuferwaldsavannen unterbrochen sind.

Sehr deutlich wird durch die Isohygromenen aber auch der große von Nordosten nach Ostafrika hereinreichende Trockenkeil der Dornsavanne abgegrenzt. Die Dornsavannen des nordöstlichen Ostafrika zeigen 4, meist aber 3 humide Monate. Die klimatische Grenze des Regenfeldbaues (Falkner) schließt sich sehr eng an die Isohygromene 4 an. An einzelnen Stellen der abflußlosen Becken und Seen dürfte die Zahl der humiden Monate noch weiter absinken. Leider fehlen in diesen Gebieten jegliche Beobachtungen. Lediglich die Station Kihuiro mit nur 1 humiden Monat spiegelt die halbwüstenhafte Vegetation wider. Stationen ohne humiden Monat sind bei dem derzeitigen Beobachtungsnetz nicht bekannt.

Vorstehende Darlegungen zeigen, daß auch die vegetationskundliche Landschaftsgliederung Ostafrikas weitgehend der klimatischen Abstufung nach der Zahl der humiden bzw. ariden Monate folgt. Innerhalb der klimatischen Vegetationsbereiche finden sich sehr viele Varianten des einheitlichen klimatischen Typs. Diese sind das Ergebnis eines mannigfachen Ursachengeflechts, bei dem Lokalklima und Boden — beide wiederum abhängig von Gestein und Topographie — aber auch biotische Einflüsse die Hauptrolle spielen. Macht man sich aber frei von der rein physiognomischen Betrachtungsweise und schreitet zur geographisch-ökologischen fort, so lassen sich viele topographisch-edaphische Varianten zu großklimatischen Vegetationstypen zusammenfassen.

C. Troll (1936) hat in seiner Untersuchung über die Termitensavannen die zahlreichen edaphisch bedingten Einheiten der Vegetation auch an Beispielen Ostafrikas dargelegt. Gerade auch bei seinen Vertikalprofilen (z. B. im Iringa-Hochland) läßt sich recht klar der Wechsel der Vegetationsstufen durch die Isohygromenen klimatisch erfassen. So geht z. B. in der Landschaft Uhehe die Dornsavanne des oberen Ruahatales bei mehr als 4 humiden Monaten in den Miombowald (Variante des Trockensavanntyps) über, dieser wiederum bei weiterem Anstieg zum Iringa-Hochland bei 7 humiden Monaten in eine Termitenschluchtwaldsavanne (Variante des Feuchtsavanntyps). Bei 10 humiden Monaten (meist dauernde Nebelfeuchtigkeit) tritt dann der Nebel- oder Höhenwald auf. Bei weiteren Beispielen Trolls aus Ostafrika kommen innerhalb des klimatischen Vegetationstyps andere Lebensformen vor. So kann statt der Dornbuschsteppe dichter Dornwald vom Typ der Caatinga Brasiliens oder aber die in Ostafrika, vor allem bei Überschwemmungssavannen, anzutreffende Flötenakaziensavanne (Gall-Acacias) vorkommen (Mkattaebene, Wembere-Steppe), meist als einziges Gehölz auf den schweren Tonböden (Mbugas), (vgl. hierzu *Burt* 1942, *Gillman* 1949, *Troll* 1936). Eben solche Varianten treten in der Trocken- und in der Feuchtsavanne auf (z. B. statt des Miombowaldes auf steinig und sandigen Böden eine mesophytische Buschformation auf Rotleimen westlich von Umtalu (*Troll* 1936 S. 293).

In den meisten Fällen lassen die verschiedenen Varianten ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten klimatischen Vegetationsbereich durch ihre Lebens- und Wuchsform deutlich erkennen. Der klimatische Vegetationsbereich aber scheint stets durch die Länge der humiden, bzw. ariden Jahreszeit seinen spezifischen Charakter zu erhalten.

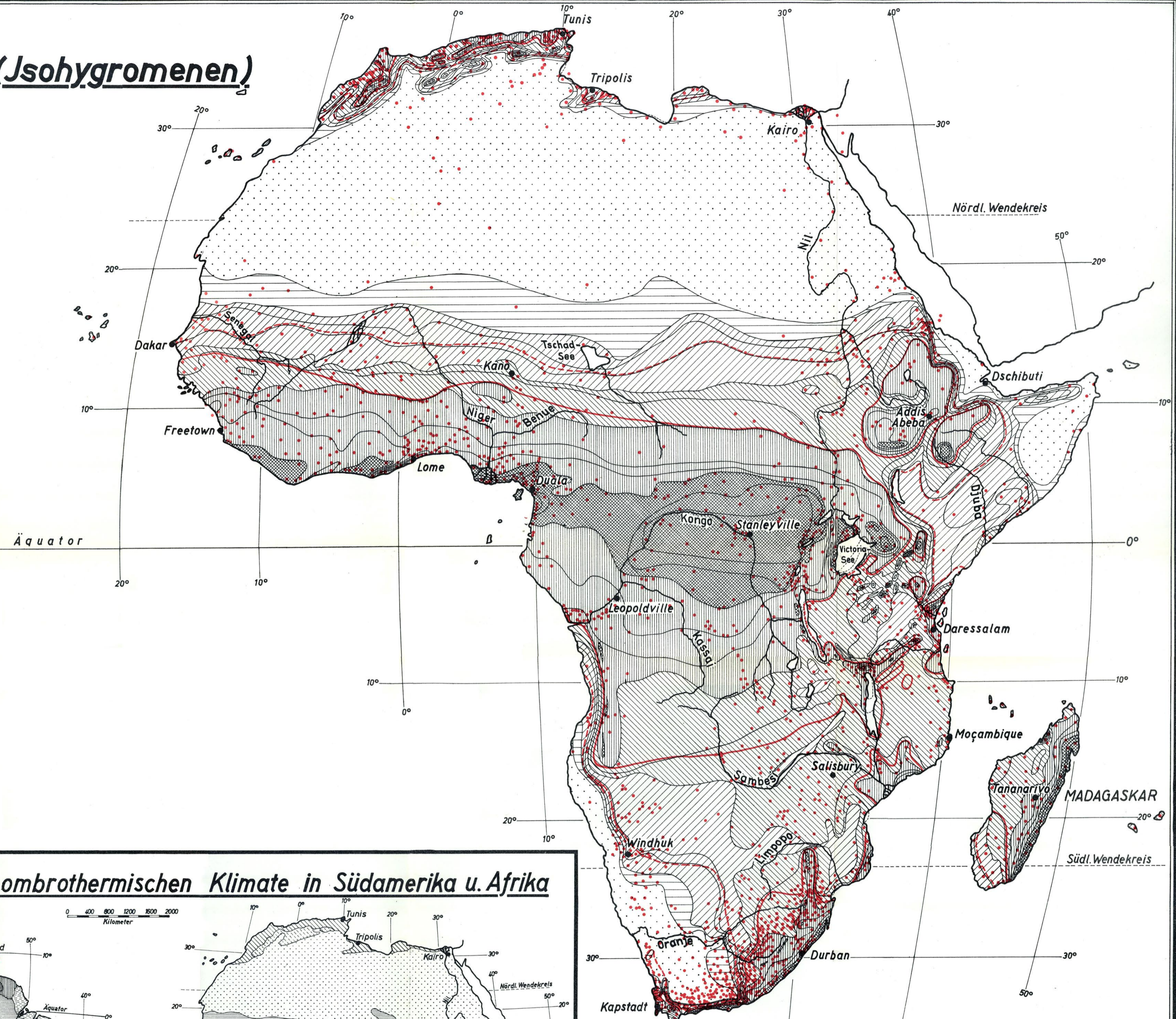
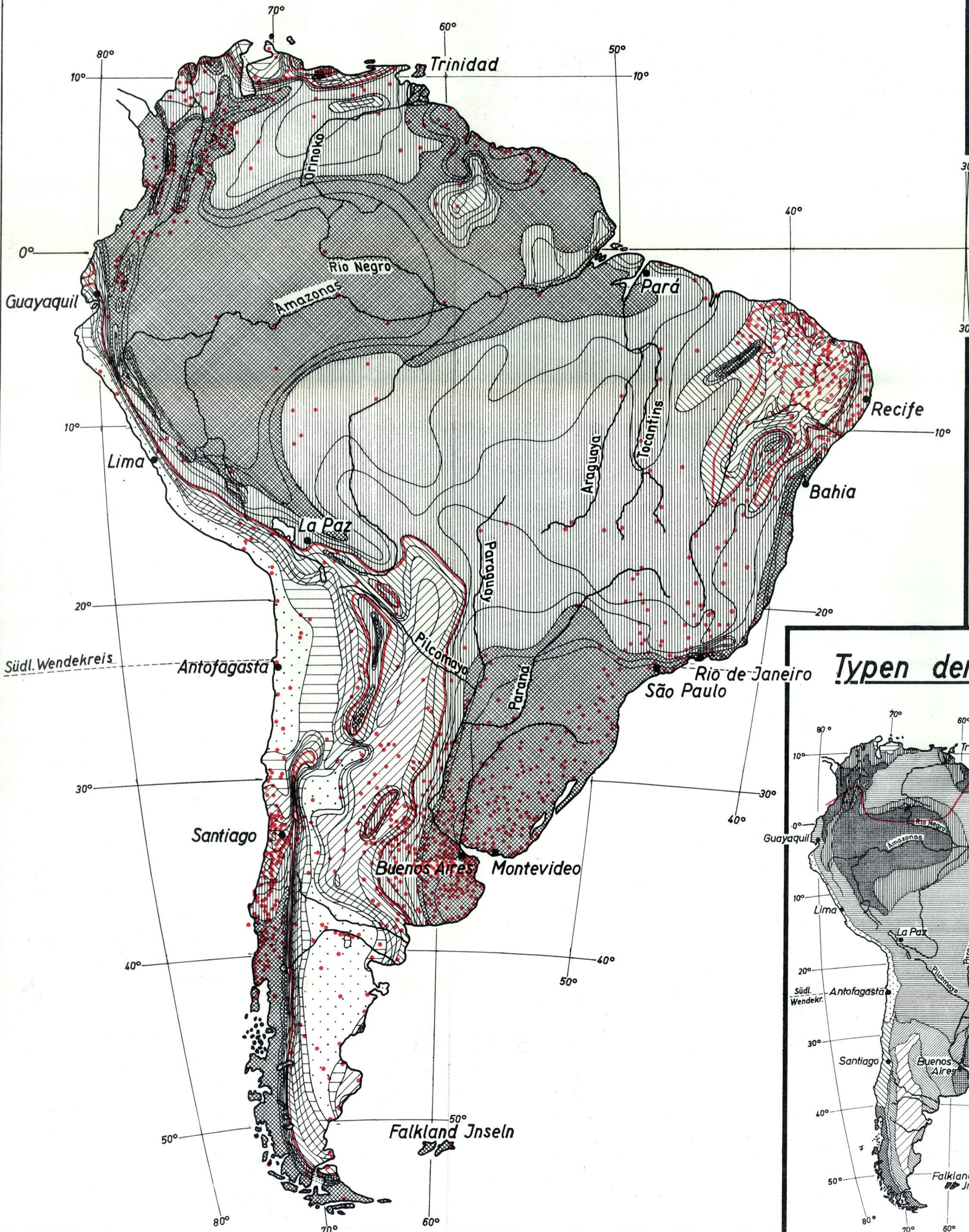
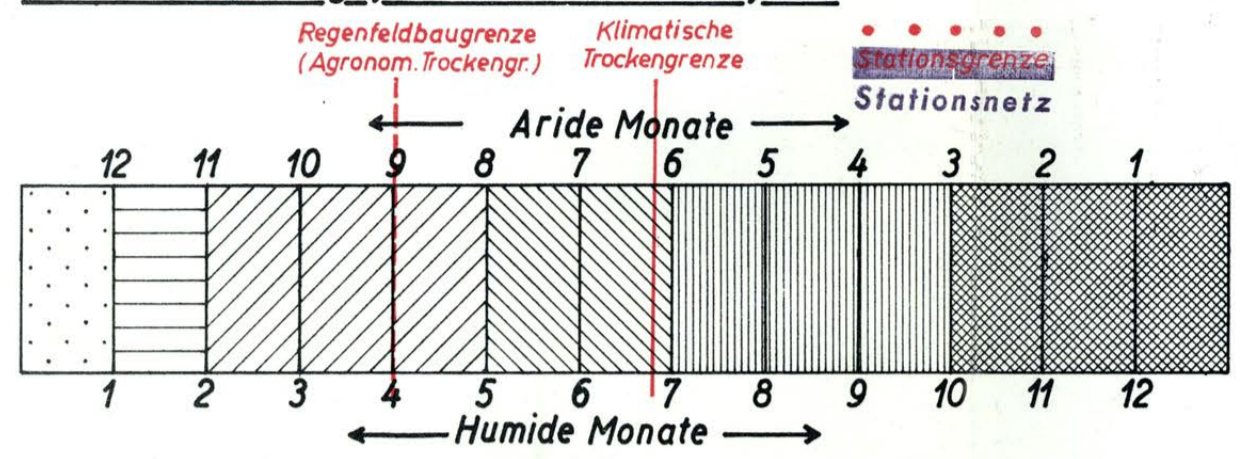
Literatur

- Aubréville, A.*, La forêt coloniale. Paris 1938.
 British East African Meteorological Service. Nairobi. Veröffentlichungen mehrerer Jahre. In den Heften der Jahre 1937 und 1947 sind langjährige Reihen (Niederschlag und Temperaturmessungen) enthalten.
Burt, B. D., Some East African Vegetation Communities. Journ. of Ecology, Bd. 30, 1942.
Engler, A., Bemerkungen zur Vegetationskarte von Deutsch-Ost-Afrika in: *Meyer, H.*, Das Deutsche Kolonialreich, Bd. 1, 1909.
Falkner, F. R., Die Trockengrenze des Regenfeldbaus in Afrika. Pet. Mitt. 1938.
Gillman, C., Dauerflüsse auf der Lundaschwelle. Z. Ges. f. Erdk. Berlin 1939.
Gillman, C., Vegetationtypes of Tanganyika Territory. Geogr. Rev. 1949.
Jaeger, F., Afrika 1928.
Jaeger, F., Die Gewässer Afrikas. Jubiläumsband der Z. Ges. f. Erdk. Berlin 1928.
Jaeger, F., Trockengrenzen in Algerien. Pet. Mitt. Erg. H. 1936.
Jaeger, F., Zur Gliederung und Benennung des tropischen Graslandgürtels. Verh. d. Naturf. Ges. Basel, Bd. LVI. 2. Teil. 1945.
Jaeger, F., Die klimatischen Grenzen des Ackerbaus. Denkschr. d. Schweizer. Naturf. Ges. Bd. LXXVI. Abh. 1, Zürich 1946.
Jaeger, F., Die Gewässer Ostafrikas. Erdk. III, 1949.
Köppen, W., Versuch einer Klassifikation der Klimate vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geogr. Z. 1900.
Köppen, W., Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. Pet. Mitt. 1918.
Köppen, W., Die Klimate der Erde in: Köppen/Geiger, Handbuch der Klimatologie. I. Bd. Teil C, 1936.
Lang, R., Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. f. Bodenkunde, 1915.
Lauer, W., Humide und aride Jahreszeiten in Südamerika und Afrika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geogr. Abh. Heft 9, 1952 (im Druck).
Martonne, E. de, Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Météorologie. 1926.
Milne, G., A Provisional Soil Map of East Africa. Amani Memoirs. — London 1936.
Paap, W., Die Niederschlagsverhältnisse des Schutzgebietes Deutsch-Ostafrika. A. d. Arch. d. dt. Seewarte 53. Bd. 1934.
Penck, A., Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitz.-ber. der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. Phys.- Math. Klasse XII. Berlin 1910.
Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. 3. Aufl. von A. v. Faber, 1935.
Schlieben, H., Die forstlichen Vegetationsverhältnisse Deutsch-Ostafrikas. Kolonialforstliche Mitt. I, 1939.
Shantz, H. L. und Marbut, C. F., The Vegetation and Soils of Africa. American Geogr. Soc. Res. Ser. Nr. 13, New York 1923.
Sorge, E., Die Trockengrenze Südamerikas. Z. Ges. f. Erdk. Bln. Erg. Bd. 3, 1930.
Thorntwaite, C. W., The Climate of the Earth. Geogr. Rev. 1931.
Troll, C., Gedanken und Bemerkungen zur ökologischen Pflanzengeographie. Geogr. Z. 1935.
Troll, C., Das deutsche Kolonialproblem. 1935.
Troll, C., Termitensavannen. Länderkundliche Forschungen. Festschrift f. N. Krebs. 1936.
Troll, C., Koloniale Raumplanung in Afrika. Z. Ges. f. Erdk. Bln. 1941.
Troll, C., Thermische Klimatypen der Erde. Pet. Mitt. 1943.
Troll, C., Der asymmetrische Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord- und Südhalbkugel. Ber. über das geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich, 1948.
Vageler, P., Die Mkattaebene. Beihefte zum Tropenpflanzer. 1910.
Vageler, P., Ugogo. Beihefte zum Tropenpflanzer. 1912.
Wäibel, L., Die periodisch trockenen Vegetationsgebiete des tropischen Afrikas. Verh. d. 20. Dt. Geogr.-tages in Leipzig. Berlin 1922.
Wang, T., Die Dauer der ariden, humiden und nivalen Zeiten des Jahres in China. Tübinger Geogr. und Geol. Abh. Reihe II, Heft 7, 1941.
Wilhelmy, H., Methoden der Verdunstungsmessung und der Bestimmung des Trockengrenzwertes am Beispiel der Südukraine. Pet. Mitt. 1944.
Wißmann, H. v., Die Klima- und Vegetationsgebiete Eurasiens. Z. Ges. f. Erdk. Bln. 1939.
Woeikof, A., Klimate des Erdballs. Petersburg 1884. (deutsch Jena 1887).

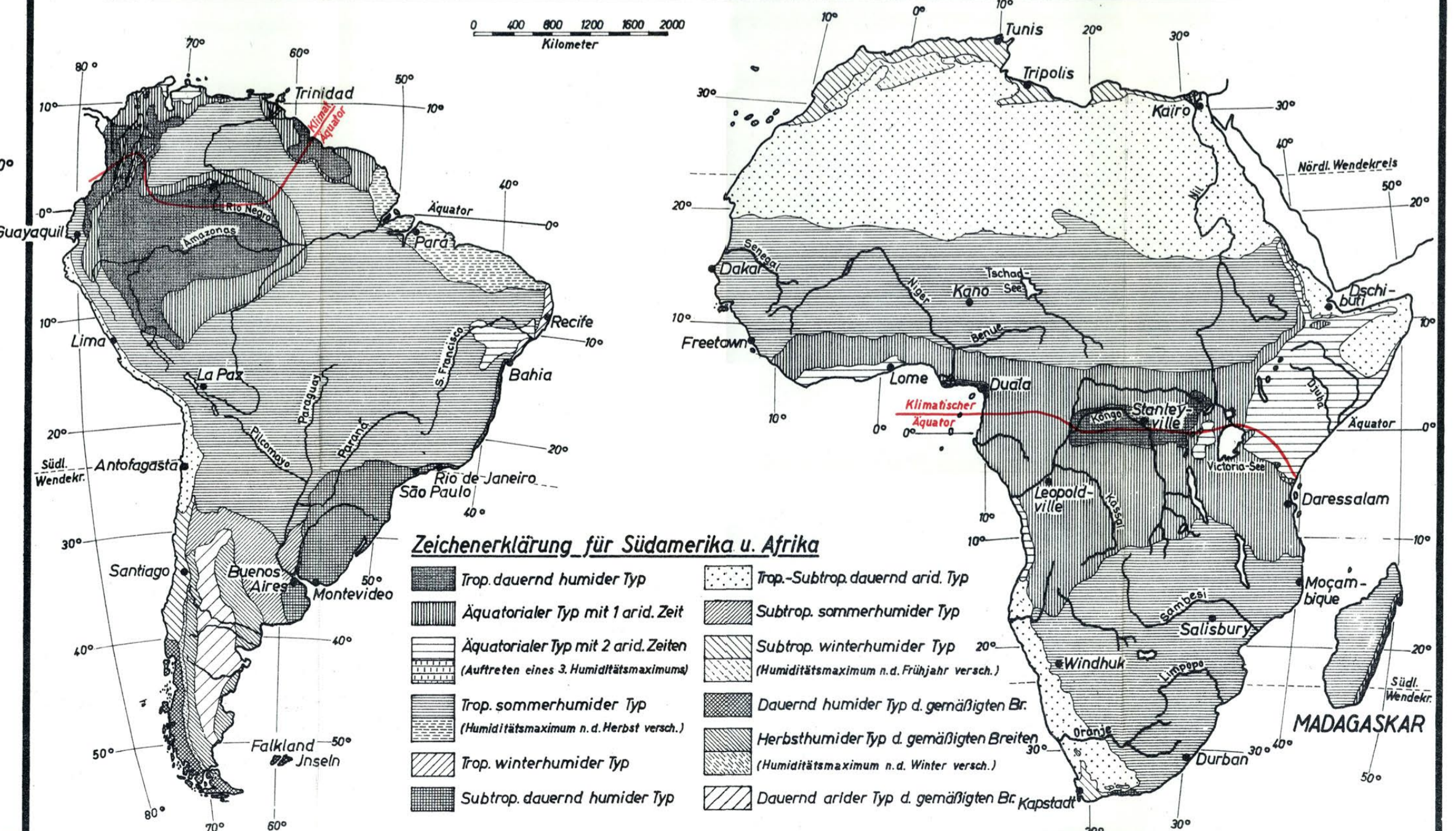
Die Zahl der humiden bzw. ariden Monate (Isohygromenen) in Südamerika u. Afrika

von W. Lauer

Zeichenerklärung für Südamerika u. Afrika



Typen der ombrothermischen Klimate in Südamerika u. Afrika



Zeichnung: Geographisches Institut der Universität Bonn.