

DIE NATURRAUMLICHE GLIEDERUNG NORD-ATHIOPIENS

Mit 4 Abbildungen, 23 Bildern, 1 Tabelle und 1 Karte (Beilage VII)

CARL TROLL

*Summary:* The physiographic regionalization of Northern Ethiopia

The highland of Northern Ethiopia (Eritrea) is a tilt block of the crystalline Nubian-Arabian Shield rising from the lowland of the Sudan up to a maximum of 3,250 metres at the edge of the Red Sea trench. From Asmara southwards it is overlain by various layers of sedimentary and volcanic formations, by the mesozoic Adigratian Sandstone, jurassic Antaló Limestone, Upper Sandstone and a basalt trap cover of, at most, 3,000 metres thickness. The base of the trap cover is a prebasaltic peneplain. This peneplain is marked by a ferric crust formation which covers not only the crystalline schists in the north but also the Adigratian Sandstone in the south. The origin of this ferric crust is still unsure but, because of its resistance to erosion, it forms table mountains and plateaux with particularly well-defined edges ('Plateau rouge'). Since DAINELLI, it has been regarded as a fossil lateritic soil formation, although others, for example SCHOTTENLOHER, have seen it as a much altered early tuff eruption layer.

Climatologically, Eritrea offers a special case of tropical mountains. In addition to a division into thermal altitudinal steps, there is a zonation of seasonal precipitation dependent on orography. The Sudanese Lowland, the western slopes and the high tableland ('Altipiano') receive tropical-zenithal summer rain and are dry in winter. The coastal lowland of the Red Sea receives only very weak winter rain. Summer and winter rain regimes overlap on the eastern slopes of the highland in a complicated fashion. The winter rains become stronger on the mountain slopes in the form of orographic rain and, from 1,200 metres upwards, heavy rain mists form on exposed slopes. On the edge of the Altipiano they cease almost suddenly forming a cloud and mist front. The summer rains diminish in regular fashion from this edge to the base of the slopes and are wholly absent in the Red Sea lowland. In the sheltered valleys and basins of the eastern slope winter rains are absent but, in compensation, summer rains prevail as on the Altipiano.

The plant cover shows all the possible contrasts from the hot desert to the tropical-montane rain and mist forests. Because of the juxtaposition of summer rain climates with winter rain climates in a situation of very small seasonal temperature variations, vegetation types which are hygrolologically and thermally the same are found in a phenologically inverted relationship. This situation exists on the hot steppes as well as on the edge of the Altipiano. A unique vegetation type is the tropical deciduous forest (combretaceous woodland) found on the eastern slopes between 400 metres and 1,200 metres above sea level with moderate rainfall at all times of year, and thus without the usual contrast between rainy and dry seasons. The increase in precipitation on the highland towards the south and southwest is expressed in a descent of the upper limit of aridity in the valleys and on the slopes in this direction. South

of the Takazé, a misty zone with very moist upland forest has been formed on the slope of the Semién Highland under the influence of the African south west Monsoon. This has created a vegetation profile the very opposite of that found in Eritrea.

The map (Supplement VII) shows the orographic regionalisation, the geological subsoil, the major forms and the distribution of precipitation, divided according to the rainfall totals for the winter and summer halves of the year. Vegetation is shown only in a west-east profile.

Die systematische Erforschung Nord-Äthiopiens nach den klassischen Reisen der wissenschaftlichen Entdeckerzeit begann mit der Okkupation Eritreas durch Italien 1885 und der sofort einsetzenden topographischen Aufnahme des Landes (vgl. L'Istituto Geogr. Mil. 1939). Ein 1905 in Asmara abgehaltener Congresso Coloniale gab Veranlassung für eine erste Erforschung Eritreas durch G. DAINELLI e O. MARINELLI, die besonders die Geologie, die Klimatologie, die ländlichen Siedlungen des Hochlandes, außerdem die Dankalische Senke und die Vulkane Dankaliens betraf (D. e M. 1912). Ergebnisse des klimatischen Dienstes im Jahrzehnt nach dem Ersten Weltkrieg hat F. EREDIA (1932) zusammengefaßt. Zu einer Aufnahme der Vegetationsverhältnisse, für die eine erste Grundlage schon durch G. SCHWEINFURTH (1868) gelegt worden war, ist es in dieser Zeit nicht gekommen. Aber eine wichtige Voraussetzung dazu wurde durch die floristische Arbeit von A. FIORI (1912) geschaffen. Einen großen Aufschwung nahm die Erforschung Äthiopiens in den wenigen Jahren der italienischen Besetzung des Kaiserreichs 1935-1941, doch erstreckte sich dabei das Hauptinteresse auf die neubesetzten Gebiete (Missione di Studio al Lago Tana, Missione Biologica nel Paese de Borana, Missione Geologica nel Tigrai). Besonders wichtig sind die Ergebnisse der letztgenannten Mission von G. MERLA e E. MINUCCI (1938), die sich für die Erarbeitung der geologischen Karte von Tigrai 1 : 250 000 erstmals auch der Luftbildaufnahme bedienen konnte. Zuletzt hat G. DAINELLI in einem monumentalen Werk von 3 Bänden (1943) eine kritische Zusammenfassung der geologischen Erforschung des ganzen damaligen Italienisch-Ost-Afrika gegeben. 1961 schließlich legte der ägyptische Geograph Y. ABUL-HAGGAG auf Grund von Reisen 1948 und 1952 ein inhaltsreiches, gut illustriertes Buch mit starker Vorkehrung der Geologie und Geomorphologie vor.

Eine Reise des Verfassers 1933 nach Eritrea zusammen mit C. WIEN sollte vor allem ein Bild der Vegetationsverhältnisse Eritreas in ihrer Abhängigkeit von der dreidimensionalen klimatischen Zonierung

des Landes erbringen, wozu C. WIEN auch mikroklimatische Messungen unter den verschiedensten Bedingungen der Pflanzendecke ausführte (C. TROLL, 1935). Auf einer zweiten Reise 1937 mit R. SCHOTTENLOHER, die als eine Sammelreise für Saatzuchtmaterial finanziert war, wurden diese Studien fortgesetzt. SCHOTTENLOHER widmete sich in Nord-Äthiopien vor allem dem Studium der rätselhaften roten Eisenkrustenformation (s. unten) und ihrer morphogenetischen Bedeutung (T. u. Sch., 1939), um anschließend 1938 allein Forschungen im Grabengebiet Süd-Äthiopiens nachzugehen.

1939 bestand der Plan einer zusammenfassenden Veröffentlichung „Äthiopische Studien“, deren erster Band 1943 in Druck gehen konnte, unter Einschluß einer großen Literaturarbeit W. STIEHLERS über die Agrar- und Siedlungsgeographie Äthiopiens (vgl. Erdkunde II, 1948, S. 257 ff.) und geologischer und ethnologischer Arbeiten von E. NOWACK. Die Kriegereignisse haben schließlich das ganze Werk verhindert. C. WIEN war bereits 1937 dem Lawinenunglück im Himalaya (Nanga Parbat) zum Opfer gefallen, und seine Habilitationsschrift blieb unvollendet. R. SCHOTTENLOHER fiel 1944 als Marinemeteorologe. Die botanischen Sammlungen beider Reisen fielen im Botanischen Museum Berlin-Dahlem einem Luftangriff zum Opfer, ebenso die Gesteinssammlung SCHOTTENLOHERS aus Eritrea. Die Druckfahnen und 11 Andrucke farbiger Karten des ersten Bandes wurden Ende 1944 bei einem Luftangriff in Stuttgart vernichtet. Die vorliegende Karte (Beilage VII) ist aus den Felderfahrten der beiden genannten Reisen erwachsen und stellt vor allem den Versuch dar, eine Grundlage für die noch fehlende klimaökologische Bearbeitung Nord-Äthiopiens zu liefern.

### I. Bau und Formen

Das Hochland von Äthiopien und Somalien („Abessomalien“ E. KRENKEL, 1926), die größte Massenerhebung im Erdteil Afrika, stellt den Nordteil des sog. Backbone of Africa dar, eine Folge von Hochländern, die von Kapland bis zum Roten Meer reichen und sich weithin über 1000 m Meereshöhe erheben. Mit seiner Erstreckung von 4° bis 18° n. Br. reicht es von äquatorialen bis in randtropische Breiten und ragt als eine Halbinsel feuchter tropischer Gebirgsnatur weit in den afrikanisch-asiatischen Trockengürtel hinein. Nach Norden sich verschmälernd findet es seine Fortsetzung im Nubischen Küstengebirge (Red Sea Hills, Etbai-Gebirge), das sich im Elba- und Soturba-Gebirge bei 22° n. Br. noch weit über 2000 m erhebt. Sein Gegenstück jenseits des Rotmeer-Grabens ist das Hochland von Jemen und Asir. Tektogenetisch stellen diese beiden Hochländer den Nordteil des Nubisch-Arabischen Schildes (im Sinne von H. CLOOS, 1939) dar, eine Aufwölbung der Erdkruste („Geotumor“), die ganz Äthiopien, Somalien

und Südarabien umfaßt und auf ihrem Scheitel in einen dreizackigen Grabenstern zerspalten wurde: den tektonischen Großgraben des Roten Meeres, den Golf von Aden und den Abessinischen Graben. Die tektonisch höchste Erhebung liegt in Nord-Äthiopien am Ostrand des Hochlandes gegen den Steilabfall zum Graben des Roten Meeres. Dort erhebt sich das kristalline Grundgebirge im Anstieg von der sudanischen Tiefebene am östlichen Hochlandsrand in Eritrea auf 2600 m, am Asimba n. ö. Adigrat sogar auf 3250 m. Dann fällt es äußerst steil in einer Entfernung von 25 bis 35 km zum Küstentiefland am Roten Meer bzw. zur Depression Dankaliens ab.

Das Hochplateau selbst – in dem 60 Jahre von 1885 bis 1945 italienisch beherrschten Eritrea als „Altipiano“ bezeichnet\*) – stellt nur im Norden in der Landschaft Hamasién eine Rumpffläche des kristallinen africidischen Grundgebirges dar. Von Asmara an südwärts legt sich darüber eine spätkretazisch(?)-alttertiäre basaltische Trappdecke, die südwärts an Mächtigkeit zunimmt (Bild 1). Dazwischen schaltet sich von der Linie Adi Ugri-Halai an eine triassisch-liassische Sandsteinformation ein (Adigrat-Sandstein), deren nach Süden mächtiger werdende Tafelschichten die Gebiete des oberen Mareb und Takazé beherrschen (Bild 6 u. 7). Über ihr folgt von Geralta ab eine Formation jurassischer Kalke (Antaló-Kalke), die ihrerseits weiter südlich nochmals von einer oberen Sandsteinformation im Liegenden der Trappdecke abgelöst wird. Südlich des Takazé, in der Landschaft Tsellemti taucht die Oberfläche des kristallinen Sokkels bei 1400 m unter die Trappdecken, gerade dort, wo im Hochland von Semien die höchste Erhebung Äthiopiens erreicht wird (Ras Dedschän, 4548 m). Die Trappdecken haben dort also eine Mächtigkeit von über 3000 m.

Die bisherigen Formationen des nordäthiopischen Hochlandes bilden – wie auch der Name Altipiano ausdrückt – mehr oder weniger zertalte Flachlandschaften, wobei durch stärkere erosive Abtragung Tafel- und Zeugenberge entstehen (Bild 2 u. 9). Scharf heben sich von ihnen einige schroffe, z. T. bizarr geformte Kegelberglandschaften ab, die aus sauren vulkanischen Gesteinen, vorwiegend Trachyt bestehen und stockförmige Durchragungen der älteren deckenförmigen Formationen (Adigrat-Sandstein, z. T. auch der Basaltdecken) darstellen. Hierher gehören in der Landschaft Shimenzana die oft beschriebenen „Amben“ um Senafé mit Amba Matara, Amba Addané, Amba Saim, Amba Faharkila, Amba Kheshad und Amba Terika (Bild 8), weiter das viel ausgedehntere wilde Trachyt-Gebirge von Adua (Bild 5), das mit seiner zackigen Silhouette die Horizontlinie weithin beherrscht, schließlich im westlichen Shiré die Vulkangruppe von Dembequiná (mit Amba Manamba, Amba

\*) Auf der Karte (Beil. VII) ist noch die ältere Schreibweise „Altopiano“ verwendet.

Biet Mariam, Amba Merha Seitan, Amba Alaughen, Amba Ghir Ghiziá). Solche Vulkanstöcke treten auch einzeln auf, wie der plumpe Trachyt-Stock von Medebai Tabor am unteren Mareb, die Amba Tokilé am Rande der Hasamo-Ebene in der Gestalt eines 450 m hohen Felsenbretts aus Paisanit oder die zahnförmige Amba Damó Galilá, 12 km südlich Adua (Bild 10).

Der Ostrand des eritreischen Altipiano ist scharf gezeichnet. Wenn er auch nicht der Hauptbruchlinie des Rotmeer-Grabens selbst entspricht, die eine denudative Zurückverlegung erlitten hat, so steht sein Gesamtverlauf doch mit dem großen tektonischen Abbruch in Beziehung (Bild 1 u. 6). Die Rolle der Denudation zeigt sich z. B. an dem 2480 m hohen Klosterberg Mt. Bizen östlich Asmara und dem benachbarten Mt. Gaab, deren Gipfelverebnungen im Granitgebirge (Bild 18) eine frühere Fortsetzung des Altipiano nach Osten bezeugen, noch deutlicher im südöstlichen Eritrea in der Provinz Akelé-Guzai, wo der besonders scharfe Rand des Altipiano im Plateau von Cohaito und am Mt. Soira (3013 m) von der Platte des Adigrat-Sandsteins getragen ist, die aber auch noch auf ostwärts vorgeschobenen Restbergen, wie der Amba Debra (2818 m), erhalten ist.

Ganz anders der weniger hohe Westrand des Altipiano. Er erscheint im Kartenbild in unregelmäßiger Weise in Vorsprünge und Buchten aufgelöst, wobei tiefere Abtragungsebenen entlang den Abflüssen in das Hochland eingreifen. In der Provinz Hamasién, wo Hochfläche und Westabfall gegen das weitgefächerte Einzugsgebiet des Barka einheitlich aus kristallinem Gestein aufgebaut sind, schiebt sich eine weite, von steilen Inselbergen und Inselberggruppen übersäte Felsfußfläche in 700–900 m Höhe in das Hochland ein, das selbst noch vielfach 2000 m übersteigt (Bild 13). Die Zad Amba südlich Keren, ein granitischer Zuckerhutberg von 2142 m Höhe, steigt mit glatten Wänden etwa 1200 m hoch über diese Fußfläche auf. Das koptische Kloster auf seinem Gipfel ist überhaupt nur von einer Seite über einen schwindelerregenden, messerscharfen Felsgrat kletternd erreichbar. Weiter südwärts, in der Provinz Seraé, wird der westliche Rand des Altipiano von der Basaltdecke gebildet, die sich westwärts in den Landschaften Dembelas und Kohain tiefer herabsenkt, schließlich südlich des Takazé-Setit und am Atbara bis an den Rand des sudanischen Tieflandes.

Zwischen den Basaltplateaus von Seraé und Shiré greift am Mareb eine breite Senke aus kristallinem Gestein in das Herz des eritreischen Altipiano ein. Ihr Kern ist die Ebene Hasamo in ca. 1500 m Höhe, die von quartären Ablagerungen und fruchtbaren schwarzen Böden bedeckt ist. Es handelt sich z. T. um eine muldenförmige Einsenkung wie die von Osten, Norden und Westen einfallenden Sohlen der Adigratsandstein-Tafelberge erkennen lassen (Bild 12), z. T. auch um ein Absinken in Verwerfungen und Flexuren (z. B.

Randverwerfung von Adi Arbaté und Flexur bei Adi Nebri), aber auch um eine denudative, tropisch-semiaride Flächenspülabtragung (Piedmont-Verebnung). In der nordwestlichen Fortsetzung der oberen Mareb-Ebene, entlang dem auffallend geraden Verlauf des Mareb über Debaroa gegen Himberti treten Staffelbrüche auf, an denen das Basaltplateau von Hamasién gegen das von Seraé absinkt. Diese Verwerfungen, die ähnlich wie die um Asmara eine dem Rotmeer-Graben parallele Richtung haben („eritreisches Streichen“, C. RATHJENS, 1925), leiten über zum Tal des oberen Anseba von Zazega bis zum Becken von Keren, das sicher eine tektonische Anlage hat und das sich von Keren ab in der breiteren Grabensenke des mittleren Anseba fortsetzt.

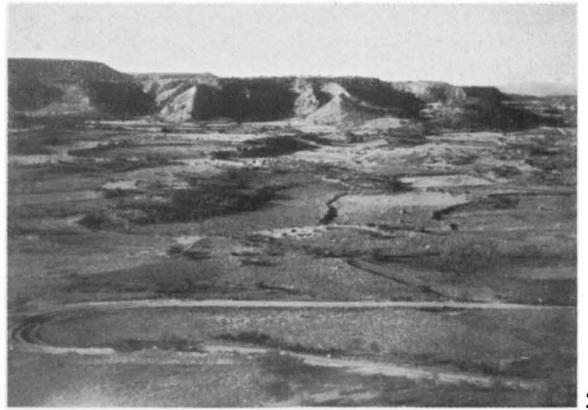
Damit betreten wir das Bergland des nördlichen Eritrea, das sog. Land der Roren. Unter Rora versteht man in der Sprache der Marea ein Hochplateau, das durch Senken oder Täler abgetrennt ist. Es handelt sich um Reste von Rumpfflächen im kristallinen Gestein, die das Bergland zwischen der breiten Grabensenke der Barka-Ebene im Westen und der Küstenebene am Roten Meer (Sahel) krönen. Besonders auffallend ist die Rora Asgedé, die sich als ganz schmaler, horstartiger Rücken mit Hochverebnungen von über 2000 m über 100 km weit in der Fortsetzung des Altipiano von Hamasién und des Mensa-Landes parallel zur Küste des Roten Meeres erstreckt. Der Meshelit-Paß zwischen dem Mensa-Land und der Rora Asgedé ermöglicht mit 1450 m Meereshöhe den niedrigsten Übergang über das eritreische Hochland. Neben den Hochverebnungen gibt es auch Verebnungen in mittleren Höhen, z. B. bei Nakfa zwischen der Rora Bagla und der Küstenebene im Lande der Habab („Mezzopianos“ i. S. der italienischen Literatur). Zwischen dem Tal des mittleren Anseba und der Barka-Ebene liegt das breitere Bergland der Marea, so genannt nach seinen Bewohnern, die man nach ihrer etwas unterschiedlichen Hautfarbe in die beiden Gruppen der Roten Marea (marea qaih) und der Schwarzen Marea (marea tsellam) gliedert. Die ersteren bewohnen die höheren Roren im Südosten mit Erhebungen über 2000 m, die aber wegen ihrer schwarzen Böden umgekehrt Rora tsellam heißen, die Schwarzen Marea die etwas niedrigeren Roren im Nordwesten (1500–1800 m), die wegen ihrer rötlichen Böden Rora qaih genannt werden.

## II. Die präbasaltische Landoberfläche

Für die Entwicklung der Oberflächenformen Nord-Äthiopiens sind zwei Erscheinungen von grundlegender Bedeutung: 1. die tektonisch-epirogenetische Heraushebung des Nubisch-Arabischen Schildes, ein Prozeß, mit dem der Einbruch des Rotmeer-Grabens in Staffelbrüchen und die gewaltigen Vulkanergüsse in Zusammenhang stehen; 2. der geomorphologische Zustand des Landes vor dieser Hebung und der vulka-



1



2



3



4



5



6



7

nischen Bedeckung. Für die große Heraushebung, deren jungkretazisches oder tertiäres Alter viel diskutiert wurde, nimmt Y. ABUL-HAGGAG (1961) mit guter Begründung das obere Eozän an. Parallel damit erfolgten die gewaltigen Trappergüsse, die sicher bis in das mittlere, vielleicht auch in das Jungtertiär andauerten. Um den Zustand des Landes vor diesen Ereignissen zu rekonstruieren, steht eine Formation zur Verfügung, deren Entstehung bis heute leider noch nicht hinreichend geklärt ist, die „Rote Formation“ oder „Limonitformation“. Es handelt sich um auffallend rot gefärbte, oft poröse, aber doch harte, gegen Abtragung äußerst widerständige Gesteine, die von wenigen Metern bis gegen 50 m Mächtigkeit erreichen können. Sie liegen überall unmittelbar unter der basaltischen Trappdecke, während ihre Unterlage verschieden sein kann. In Eritrea sind sie besonders bekannt aus dem Stadtgebiet und der Umgebung von Asmara, wo sie Tafelberge aufbauen, wie z. B. die Amba Galliano. Über einem Sockel von kristallinem Schiefer lagert dort eine 5 m mächtige Deckschicht, ein brekzienähnliches, hart verbackenes Material von Quarzkörnern, Kristallen von Alaunstein, Glimmer und Kaolin mit einem Bindemittel von Eisenoxyd, -hydroxyd und Opal (E. MANASSE, 1909; DAINELLI e MARINELLI, 1912). STEUDNERS ursprüngliche Bezeichnung „Thoneisensteinplateau“ (1863) charakterisiert die Formation nach Zusammensetzung und Morphologie recht gut. Ihre Verbreitung in Asmara hat R. SCHOTTENLOHER kartiert (T. u. Sch., 1939). Von Asmara, wo sie vom nördlichsten Ende der Trappdecke überlagert wird, zieht sie weiter nach Südwesten, wo auf solchen roten Tafelbergen („Altipiano rosso“) die Dörfer Tsada Cristian, Ad Taclai und Himberti liegen, um an der Mareb-Linie Himberti-Debaroa ebenfalls unter die Trappdecke unterzutauchen. Zwischen Asmara und Dekameré kommt sie an der Sohle der Trappdecke als eine ebene Terrassenleiste an die Oberfläche, trägt die Dörfer Zolot, Adi Hauscha, Zighib und Uogherti und erzeugt dort einen besonders scharfen Rand des Altipiano (Bild 2). Eigentümlicherweise bildet dann um Dekameré und Afalbé auch das Granitgebirge am Rand des Alti-

piano Tafelberge, im Gegensatz zu seinen sonstigen normalen Oberflächen von wollsackförmigen Restinselbergen (Bild 3 u. 4). Der steile Felsenkranz um diese kristallinen Tafelberge beweist, daß es sich nur um eine oberflächliche Veränderung und Verhärtung des Gesteins handelt. Reste der Roten Formation auf den ebenen Tafelflächen lassen vermuten, daß diese Veränderung mit der ursprünglichen Überlagerung durch die Rote Formation (Frittung?) zusammenhängt (T. u. Sch., 1939, 233; ABUL-HAGGAG, 1961, 84). DAINELLI hielt die Rote Formation nach sorgfältiger Würdigung aller bis dahin gemachten Deutungsversuche für eine alte Lateritkruste auf dem kristallinen Schiefergebirge – und nur auf diesem –, gebildet in einer langen Zeit tropischer Verwitterung vor der Effusion der Trappdecken, vielleicht aber auch gleichzeitig oder sogar vor der Ablagerung der Adigrat-Sandsteine, somit mesozoischen Alters (D. e. M., 1912, 51–53).

1933 fand ich aber am Abfall des Basaltplateaus von Seraé gegen die Hasamo-Ebene zwischen Godoflassi und Chenafená die Rote Formation über dem Adigrat-Sandstein und überlagert von den basaltischen Zeugenbergen. Die Laterisierung würde sich somit nicht auf die kristallinen Schiefer beschränken, sondern auch die Oberfläche der Adigrat-Sandsteine betroffen haben. Die Rote Formation markiert jedenfalls eine Kappungsfläche, die über das Kristallin und die Sandsteinformation hinweggeht und zeitlich nach Adigrat einzustufen ist. 1937 verfolgte R. SCHOTTENLOHER die Rote Formation weit nach Süden über die Mareb-Senke und die Gegend von Adua, wo sie schon von W. SCHIMPER beobachtet war (A. SADEBECK, 1869), bis nach dem westlichen Shiré und über das Tal des Takazé (Bild 11). Nördlich des Takazé bildet sie die Unterlage für sehr breite, völlig ebene Terrassen, die mit scharfer Kante von jüngeren Erosionsschluchten zerschnitten sind. Dort wird die Rote Formation so ausgedehnt, daß sie ganze Landschaften aufbaut. Die Ebenen sind wasserundurchlässig und von einem schwarzen Boden bedeckt, der in der Regenzeit völlig aufweicht, in der Trockenzeit ausdörft und daher von reinen Gras-Savannen einge-

*Bild 1:* Ostrand des Altipiano südl. Asmara, gesehen von der Sella Lessa über Nefasit. Der Horizont der rechten Bildhälfte ist von der Trappdecke (2450 m), der linken vom Roten Plateau (ca. 2300 m) gebildet. phot. 2. 11. 33.

*Bild 2:* Altipiano zwischen Asmara und Dekameré bei Uogerti. Blick über die Rumpffläche im kristallinen Schiefer (2200 m) auf den Rand des Roten Plateaus (2260 m) und die links auflagernde Trappdecke des Uarez (2418 m). phot. 5. 12. 33.

*Bild 3:* Rand des Altipiano bei Dekameré. Tafelberg der Amba Zeban (2215 m) aus Granit (mit Felsenkranz). phot. 18. 9. 37.

*Bild 4:* Ebene von Gura südlich Dekameré (2000 m). Kristalline Rumpffläche mit Granitfelsenburgen und Golphal-Euphorbien. phot. 19. 11. 33.

*Bild 5:* Hochland von Tigrá. Blick von der Amba Debré Libanos an der Grenze Eritreas nach Südwesten. Über dem zertalten Gneissockel mit Terrassenkulturen die Platte des Adigratsandsteins (ca. 2200 m). Dahinter die Sandsteintafeln von Debra Damó, darüber links die Basalttafeln von Entechó, in der Ferne das Trachytgebirge von Adua. phot. 11. 11. 33.

*Bild 6:* Rand des Altipiano am Cohaito-Plateau. Über den steilen Hängen des Talsystems des Comailé (kristalliner Sockel) die Sandsteinplatte des Mt. Adagená (2689 m). phot. 7. 11. 33.

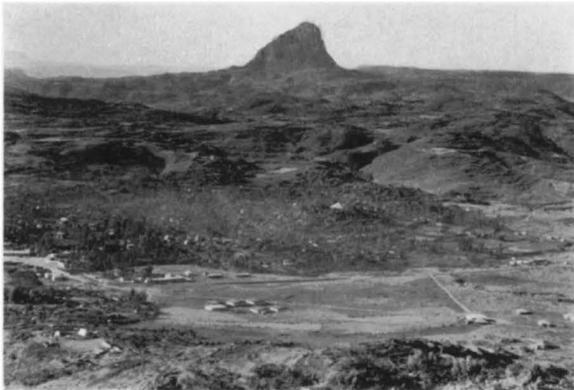
*Bild 7:* Anstieg von der Ebene von Adigrat (2500 m) über mehrere Schichtstufen des Adigratsandsteins zur Basaltdecke des Amoleitá. Weizen- und Gerstenfelder der Dega in Terrassenkultur. phot. 3. 10. 37.



8



9



10



11



12



13



14



15

nommen ist. Eine erste petrographische Untersuchung von Gesteinsproben der Sammlung SCHOTTENLOHER, die noch vor Ausbruch des Krieges in der Geologischen Landesanstalt in Berlin vorgenommen wurde, hatte nahegelegt, daß es sich bei der Roten Formation primär um vulkanische Tuffe handelt, somit um eine erste Phase der Eruptionsperiode. Auch bei dieser Deutung müßte man aber eine sehr lange dauernde sekundäre Veränderung des Gesteines durch Verwitterung oder Einfluß von Thermalwässern annehmen. Die Deutung war nicht völlig neu. A. SADEBECK, der Bearbeiter der Gesteinsproben von W. SCHIMPER (1869) hat die Entstehung bereits aus vulkanischen Tuffen oder porphyrischen Ergüssen diskutiert. AIRAGHI (1890) dachte an durch Vulkanismus metamorphosierte Tonschiefer, L. BALDACCIO (1891) an die Wirkung von heißen Quellen in Verbindung mit den Vulkanergüssen \*).

Bei ihren umfassenden geologischen Aufnahmen Nord-Äthiopiens südlich der Grenze Eritreas zur Zeit der italienischen Besetzung haben G. MERLA und E. MINUCCI die Verbreitung der Roten Formation über den Adigrat-Sandsteinen auch kartographisch zur Darstellung bringen können und ihre landschaftliche und morphologische Bedeutung geschildert (M. e M., 1938, 22, 50, 142, 177). In der Deutung schließen sich die Autoren gänzlich an DAINELLI, den Anreger der Mission, an. Die „crosta lateritica“ stelle eine „sekun-

\*) Hierfür sei an ganz allgemeine Ausführungen von E. WEINSCHENK (1907, 125/26) erinnert, der sagt, daß „lockere vulkanische Auswurfsmassen den thermalen Prozessen besonders ausgesetzt sind“, weshalb „unter den Tuffen verkieselte, mit Quarz, Chalzedon und Opal imprägnierte Vorkommnisse weit verbreitet und stellenweise so verhärtet sind, daß sie als Mühlsteine verarbeitet oder als Halbedelsteine verschliffen werden. Ebenso sind Kaolinisierung, Bildung von Alaunstein . . . in den Tuffen sehr verbreitet, deren Charakter oft weitgehend differenzierend. . . Auch durch die Kontaktmetamorphose werden die Tuffe besonders leicht umgewandelt. Es bleibt häufig kein Rest der ursprünglichen Strukturen zurück, Tuffoide“.

däre Zementierung der Sandsteine durch kaolinische, opalinische und limonitische Substanzen“ dar. Eine zeitliche Einengung wurde dadurch möglich, daß in Gheralta, wo über den jurassischen Antaló-Kalken noch eine obere (wohl oberjurassisch-unterkretazische?) Sandsteinformation entwickelt ist, die Rote Formation auf diese obere Sandsteinformation zu liegen kommt. Erstaunlich bleibt die von E. MINUCCI unterstrichene petrographische Übereinstimmung der über dem Sandstein liegenden und der in Eritrea über kristallinen Schiefen liegenden Roten Formation. Dies sollte beweisen, daß die Laterisierung rein klimatisch bedingt sei und daß sie den Gesteinscharakter völlig verwischt habe. Leider ist die Gesteinsammlung SCHOTTENLOHERS, die dieses Problem lösen sollte, verloren. Aus anderen Tropengebieten ist mir eine ähnliche Formation fossiler Bodenbildung von so weitreichender geomorphologischer Bedeutung nicht bekanntgeworden. Schon deshalb wäre eine neue petrographische Untersuchung in Verbindung mit dem geologischen Bau und den Oberflächenformen sehr erwünscht. Aber unabhängig von der Frage, ob die Rote Formation durch Verwitterung aus den verschiedenen Gesteinen des africidischen Rumpfes und der mesozoischen Deckschichten oder aber aus einer ersten vulkanischen Deckschicht verschiedener Mächtigkeit hervorgegangen ist, Tatsache bleibt, daß mit ihr eine erstaunliche eingebnete präbasaltische Rumpffläche aus der Zeit vor der großen Heraushebung des Nubisch-Arabischen Schildes konserviert ist.

### III. Klimazonen

Klimatisch stellt das nordäthiopische Hochland die Gebirgsfazies der Sudanzone dar, d. h., wie in den Sudanebenen nimmt von Süd nach Nord die Menge der Niederschläge und die Dauer der sommerlichen Regenzeit ab, die Jahresschwankung der Temperatur zu. Dabei sind der Grad der Humidität und die Dauer der humiden Zeit wegen der mit der Meereshöhe zunehmenden Niederschläge und der mit

**Bild 8:** Trachyt-Kegelberge in der Landschaft Shimenzana (Senafé), gesehen vom Westrand des Soira-Massivs bei Adi Tisha. L. Amba Matará (2724 m), r. Amba Addané (2580 m), dahinter in der Ferne Amba Chessad (2745 m) phot. 14. 11. 33.

**Bild 9:** Südwest-Shimenzana. Tafelland von Adigratsandstein bei Forte Cadorna-Gelgalit, überragt von der Amba Chessad (2745 m) aus Riebeckit phot. 12. 11. 33.

**Bild 10:** Blick von der Amba Sulloda über die Stadt Adua (1900 m) auf die Trachyt-Amba Damó Galilá (2560 m), die das kristalline Grundgebirge durchstößt. Rechts dahinter Tafel der Roten Formation phot. 23. 9. 37.

**Bild 11:** Blick über das Takazé-Tal von Haida (Landschaft Tsellemti) nordwärts auf das Rote Plateau von Dembeguiná (1900 m), überragt von den Trachyt-Amben von Dembeguiná: von l. n. r. A. Alaugen 2319 m, A. Mambamba 2077 m, A. Biet Mariam 2221 m phot. 23. 9. 37.

**Bild 12:** Obere Mareb-Ebene. Blick von Adi Nebri s. Mai Edaga südwärts über die Ebene von Tedrer (1600 m) auf die Hochfläche von Seraé. Die Sandsteintafel von Chenafená senkt sich nach Osten, dahinter Basaltplateau von Adi Ugri phot. 19. 11. 33.

**Bild 13:** Inselbergland des oberen Barka. Vom Gipfel des Granitlockenberges der Zad Amba südlich Keren (2142 m) auf die Felsfußflächen am oberen Shiotel in 850–900 m Höhe und die aus ihnen aufragenden Inselberggruppen. Gegenüber Mt. Selest Carnu (1631 m) phot. 16. 12. 33.

**Bild 14:** Asmara mit der Nebel- und Wolkenmauer über dem östlichen Altipianorand am Nachmittag phot. 3. 11. 33.

**Bild 15:** Gipfel des Soira-Massivs aus Adigratsandstein (3013 m). Blick nach Westen über den Altipianorand mit der nachmittäglichen Nebelfront phot. 15. 11. 33.

Tabelle 1: Niederschlagsmengen für Sommer- und Winterhalbjahr für Nord-Äthiopien nach F. EREDIA, E. BEYER u. a.

Stationen	Länge (°E)	Breite (°N)	Meereshöhe (m)	Niederschläge (mm)		Jahr	Beobachtungsjahre
				Sommer April-Sept.	Winter Okt.-März		
Abba Maitan	38 53	15 42	1635	425,2	603,6	1028,8	1930-1962
Acria	39 18	14 29	2000	417,0	26,1	443,1	1923-1926 1942-1950
Acria Super.	38 57	15 23	2380			438,9	1942-1953
Adigrat	39 28	14 17	2475	671,3 437,9	112,8 120,8	784,1 558,7	1937-1940 1954-1957
Adi Kaié	39 23	14 50	2490	451,4	63,1	gem. 701,1 514,5	1923-1964
Adi Nefas	38 57	15 24	2435	372,2	28,1	400,3	1933-1949
Adi Quala	38 50	14 38	2130	742,7	22,2	764,9	1906-1907 1933-1957
Adi Ugri	38 49	14 54	2022	606,1	45,4	651,5	1903-1904 1921-1949
Ad Teclasan	38 47	15 34	2270	495,2	17,5	512,7	1946-1962
Adua	38 50	14 10	1980	905,9 747,9	62,0 39,7	870,6	1937-1940 1954-1957
Agordat	37 53	15 33	633	323,1	5,5	328,6	1922-1965
Aksum	38 43	14 07	2130	897,7	31,2	928,9	1937-1940
Asmara	38 55	15 17	2325	504,3	39,9	544,2	1906 1913-1965
Barentú	37 35	15 10	980	503,6	15,8	519,4	1906, 1924-1940 1946-1952
Belesa	38 54	15 26	2426	425,7	32,5	458,2	1924-1926 1937-1950
Chenafená	39 08	14 48	1631			327,0	
Cullucu	37 57	14 57	870	577,9	20,8	598,7	
Damas	39 13	15 29	420	112,6	345,0	457,6	1926-1952
Debaroa	38 50	15 06	1930	640,1	50,1	690,2	1927-1934 1942-1946
Dekameré	39 03	15 04	2050	514,7	36,5	551,2	1931-1964
Dicsana	38 54	15 40	1000	537,7	723,4	1261,1	1930-1935
Dukambia	37 30	14 47	760	896,3	12,9	909,2	1923-1929 1932-1935
Endeselasse	38 18	14 07	1913	930,7	39,9	970,6	1937-1940
Fagená	38 55	15 35	1700	420,8	596,8	1017,6	1926-1962
Fil-Fil	38 59	15 37	1200	360,8	750,9	1111,7	1928-1962
Geleb	38 48	15 50	1600	452,0	69,6	521,6	1927-1949
Ginda	39 05	15 26	960	246,3	506,9	753,2	1919-1963
Godaif	38 56	15 18	2348			450,9	1943-1953
Halai	39 20	15 00	2590	394,0	15,0	409,0	1923-1928
Keren	38 27	15 45	1402	446,0	9,1	456,0	1919-1940
Lago Deglia	38 56	15 28	2400	568,8	65,0	633,8	1946-1964
Lago di Belesa	38 55	15 25	2385	445,1	26,6	471,7	1923-1926 1937-1950
Lago d. V. Gnechchi	38 56	15 24	2340	312,0	19,6	331,6	1937-1950
Maaraba	39 01	15 05	2229	610,0	44,1	654,1	1929-1935, 1953
Mai Cioet	38 57	15 19	2300	434,2	24,7	458,9	1946-1964
Maiedaga	39 05	14 59	2000			470,1	1927, 1931-1940
Massaua	39 28	15 36	3	39,8	147,5	187,3	1903-1965
Merara	38 52	15 41	1620	461,4	587,8	1049,2	1927-1962
Mte. Savour	38 56	15 36	1680	294,5	710,8	1005,3	1925-1931
Nakfa	38 20	16 40	1670	172,2	15,7	187,9	1923-1926 1929-1931
Nefasit	39 00	15 20	1770	336,1	126,2	462,3	1933-1948
Omajer	36 37	14 21	558	599,0	10,8	609,8	1919-1927 1933-1939
Sabderat	36 39	15 27	1040	375,8	12,1	387,9	1923-1940
Saganeiti	39 14	15 03	2220	501,0	46,3	547,3	1923-1937
Sembel, Asm.	38 56	15 19	2320			447,8	1931-1949
Senafé	39 26	14 42	2490	488,2	51,6	539,8	1906, 1923-1929 1931-35, 1942-63
Stretta Faudette	38 55	15 24	2325			436,6	1942-1953
Suzená	37 46	15 08	1000	497,8	9,9	507,7	1925-1929 1932-1940
Tessenei	36 42	15 06	585	416,0	29,5	435,5	1926-1953
Thio	40 55	14 40	0	38,7	84,2	122,9	1933-1940
Valle Dorfu	38 58	15 25	1501	424,1	49,5	473,6	1923, 1930-1953
Zazega	38 47	15 21	2259	388,8	38,1	426,9	1923-1935
Zighet	39 28	14 39	2595	425,3	77,0	502,3	1933-1953

der Temperatur abnehmenden Evapotranspiration im Gebirge wesentlich höher als in den Tieflandzonen gleicher Breite. Zum Vergleich mögen die Jahresniederschläge von zwei Stationspaaren des Kartenblattes (Beil. VII) von ähnlicher Breitenlage in der Sudanebene und im Hochland dienen.

Kassala (530 m) 333 mm N. – Asmara (2325 m) 544 mm N.  
Omajer (558 m) 609 mm N. – Axum (1407 m) 928 mm N.

Die Abnahme der Niederschläge auf dem Altipiano von Südwesten nach Nordosten zeigt folgende Stationsreihe von ähnlicher Höhenlage (im Mittel 2210 m):

Endasselassé (1913 m) . . . . .	970,6 mm
Axum (2130 m) . . . . .	928,9 mm
Adua (1980 m) . . . . .	870,6 mm
Adi Qalá (2130 m) . . . . .	764,9 mm
Adi Ugri (2022 m) . . . . .	651,5 mm
Asmara (2325 m) . . . . .	544,2 mm
Ad Teclasan (2270 m) . . . . .	512,7 mm

Ein zweiter Faktor ist die große Trockenheit von Halbwüsten- bis Wüstencharakter in der Sohle des Rotmeer-Grabens, wo die Küstenstation Massaua nur 65 km Luftlinie von Asmara entfernt 187,3 mm, die Küstenstation Thio in Dankalien 122,9 mm und Assab, weiter südlich, nur 58,2 mm Jahresniederschlag verzeichnen.

Vor allem aber bietet das Gebirgsland Eritrea eine für die Tropen einmalige Erscheinung durch die besonderen klimatischen Verhältnisse im Bereich des Rotmeer-Grabens und der steilen Grabenränder auf der afrikanischen (und ebenso auf der arabischen) Seite. Sie haben auch entscheidende Auswirkungen auf das Pflanzenkleid, auf die agrarische Bodennutzung und auf die Wanderungen der Nomadenstämme. Die tropischen Sommerregen des Hochlandes (vgl. im folgenden die Karte Beil. VII und Tab. 1) nehmen vom Ostrand des Altipiano, am Abfall zum Küstentiefland so schnell ab, daß an der Küste und in der Küstenebene fast völlige Sommer-trockenheit herrscht. Umgekehrt fallen im Südteil des Rotmeer-Grabens von der Straße von Bab el Mandeb bis in die Breite von Djdda und Dongonaab ( $13^{\circ}$ – $22^{\circ}$  n. Br.) unter der Wirkung südöstlicher Winde Winterniederschläge. Sie sind an der Küste noch recht gering, aber doch entscheidend für den Jahreszeitengang. Schon am Fuß des Gebirgsabfalls überschreiten sie aber 300 mm. Damas in 420 m Meereshöhe hat 345 mm Winterniederschlag. Bei günstiger Exposition zu den Steigungswinden können sie sich in einem Gürtel von 1200 bis 2000 m Höhe auf 600–750 mm Winterniederschlag steigern, namentlich an dem einheitlichen Anstieg von der Ebene von Ailet (250 m) zum Altipiano-Rand des Mt. Zagher (2610 m) auf einer Entfernung von 20 km (vgl. Abb. 1 mit den Regenstationen Abba Maitan, Dicsana, Fagená, Filfil,

Merara, Monte Savour in Tab. 1). Da in diesen Höhen auch noch ansehnliche Sommerniederschläge fallen (zwischen 294 mm in Mte. Savour und 537 mm in Dicsana), kommt hier in einer für afrikanische Verhältnisse weit nördlichen Lage noch immerfeuchtes, tropisch-montanes Bergwaldklima zustande, das den Anbau von Kaffee, Tee und Cinchona erlaubt. Somit findet sich auf dem relativ engen Raum der Ostabdachung des eritreischen Hochlandes eine klimatische Differenzierung, die nicht nur durch die thermische Höhenabstufung vom heißen Tiefland der „Kolla“ über die warmtemperierte „Woina Dega“ zur kalttemperierten „Dega“ führt (G. SCHWEINFURTH, 1869), sondern auch die ganze hygrische Skala von der Halbwüste bis zum Regenwald umfaßt.

Die Verteilung der winterlichen Feuchtigkeit Ost-eritreas wird von einem System von Ausgleichswinden zwischen dem Rotmeer-Graben und dem Hochland beherrscht, das die Luftmassen in 24stündiger Periode zwischen dem Tiefland und dem Hochland hin- und herpendeln läßt (TROLL, 1952). In der Zeit unserer eigenen Beobachtungen und Messungen des Wettergeschehens September bis Dezember 1933 bildeten sich fast täglich am Ostabfall vormittags von etwa 800 m an Steigungsnebel. Sie konnten die frei exponierten Hänge bis Mittag fast ganz überziehen und nachmittags auch zu Regen und sogar Gewitterbildungen führen. Am Nachmittag hüllten die Nebel auch einen Randstreifen des Altipiano vollständig ein (s. Nebelgrenze auf Karte, Beil. VII). Sie werden dann von kräftigen Winden über ihn hinweggepeitscht, kommen aber mit der beginnenden sanften Westabdachung des Altipiano völlig zur Auflösung (T. u. Sch., 1939; TROLL, 1952, Bild 14 u. 15, Abb. 3). Nachts beruhigt sich die Atmosphäre, die Nebel glätten sich zu einer Wolkenbank, über deren Oberfläche („mar de cotone“) in 2000–2200 m man am Morgen frei nach Osten blicken kann. Diese Nebelgrenze markiert eine Klimascheide ersten Ranges, deren Verlauf vollständig von der orographischen Situation beherrscht ist. Sie macht die Einbiegungen und Vorsprünge des Altipianorandes mit, sich nur wenige Kilometer westwärts von ihm entfernend, vom Mt. Soira über das Plateau von Cohaito, Halai, Saganeiti, Decamaré, Asmara bis zum Mt. Fagená. Nördlich anschließend im Mensa-Land, wo der Altipiano zu Ende geht, verläuft sie über die Wasserscheide zwischen dem Roten Meer und dem Anseba, weiter über die Rora Asgedé bis zur Rora Baglá westlich von Nakfa, deren Hochfläche wir im Dezember in dichte Wolken und Nebel gehüllt fanden (TROLL, 1935/1). Die immergrünen, von *Usnea*-Bartflechten überhangenen *Juniperus-Olea*-Wälder liefern den Beweis für die Regelmäßigkeit der winterlichen Regenfeuchtigkeit (Bild 19).

Weiter nordwärts klingt diese Nebelfront allmählich aus, d. h., die Nebel sind von Karora an nur noch an wenigen, topographisch begünstigten Stellen, und zwar

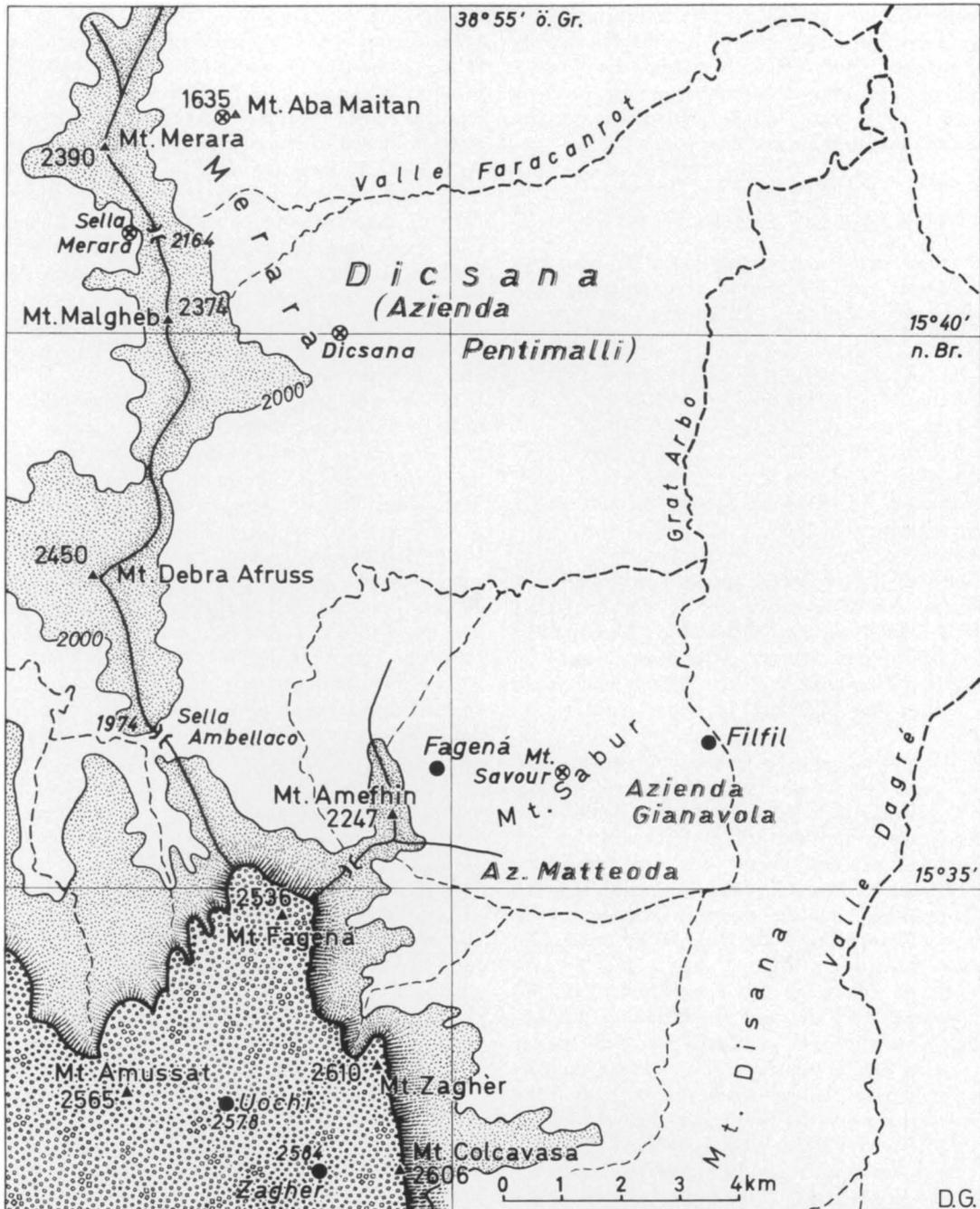


Abb. 1: Das Netz der Regenstationen im Pflanzungsgebiet von Filfil-Fagená-Merara (vgl. Tab. 1). Legende siehe Abb. 2.

an steilen, dem Rotmeer-Tiefeland zugekehrten Plateaurändern zu finden. Dies ist jenseits der äthiopisch-sudanesischen Grenze noch auf den Bergen im Hinterland von Akik (bei  $18^{\circ} 10'$  n. Br.), im Hinterland von Suakin („Nebeloase von Erkowit“) und in letzten Ausläufern auf dem Elba- und Soturba-Gebirge im Hinterland von Dongonaab der Fall (TROLL, 1935/2). Bei Asmara hat man diese besonderen Klimaverhält-

nisse am Altipiano-Rand in geschickter Weise für die Wasser- und Kraftversorgung der Stadt und für künstliche Bewässerung auszunützen verstanden. Zwischen der Stadt und Coazien (Abb. 2) hat man im Nebelgürtel eine ganze Reihe von Stauseen angelegt, die den Sommerregen (300–570 mm) sammeln und im Winter, in dem zwar nur 20–65 mm tropfbare Niederschläge fallen, nur geringer Verdunstung unterliegen. Der

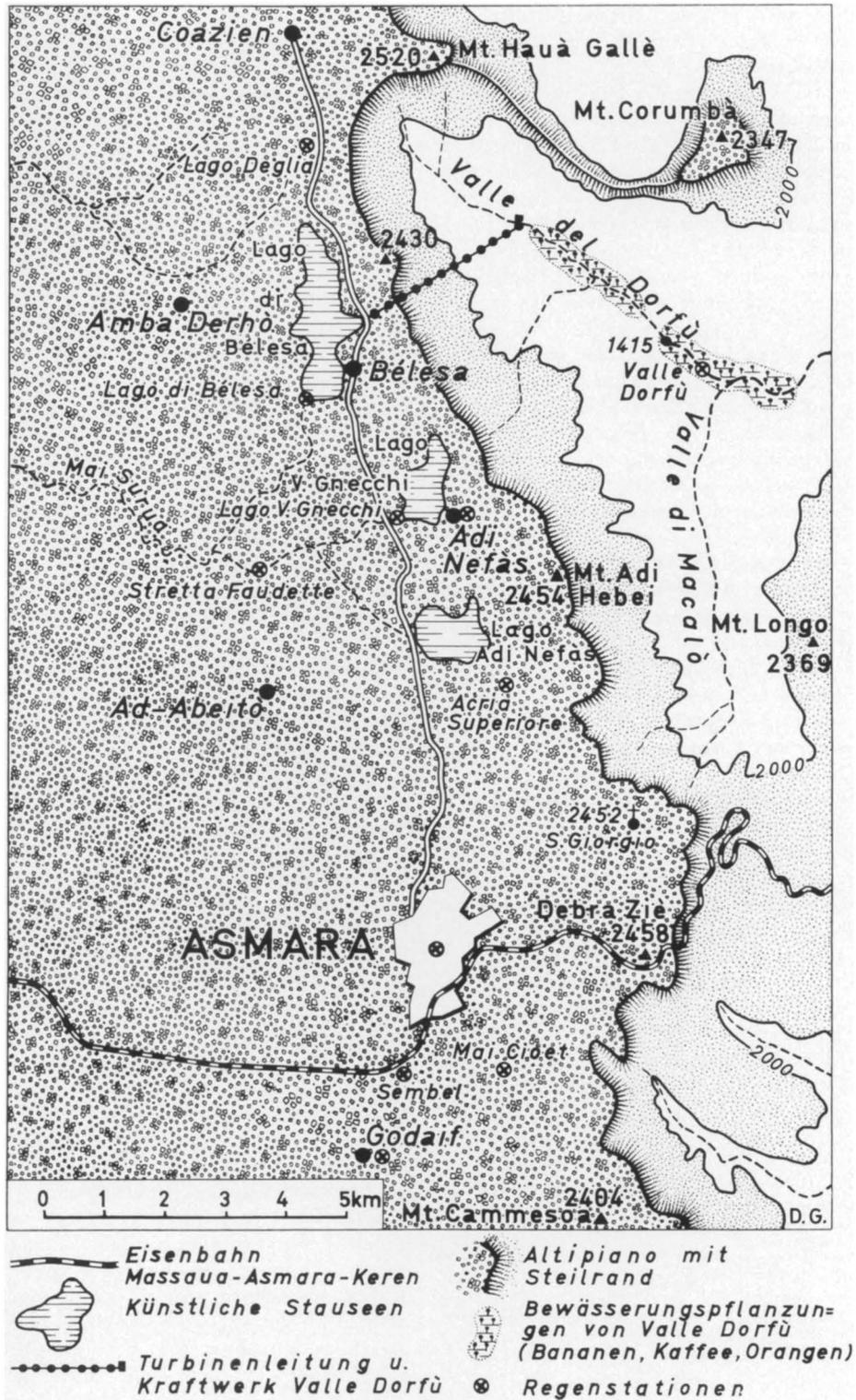


Abb. 2: Umgebung von Asmara mit Regenstationen (vgl. Tab. 1). Die Umriss der Stauseen konnten nicht exakt ermittelt werden. Ihre Kubikinhalte betragen: Lago di Bélesa 1 800 000 m<sup>3</sup>, Lago Adi Nefas 870 000 m<sup>3</sup>, Lago V. Gnechi 780 000 m<sup>3</sup>, Lago Acria Superiore 51 700 m<sup>3</sup>, Lago Acria Inferiore 24 150 m<sup>3</sup> (nach Guida dell’Africa Orient. Italiana, Consoz. Turist. Ital. 1938).

Wasserüberschuß wird in einer Turbinenleitung von 700 m Fallhöhe in das trockene Tal von Dorfu geleitet, wo das Elektrizitätswerk liegt und das abfließende Wasser auch noch für die Bewässerung einer Bananenplantage ausgenutzt werden kann.

Das südliche Ende dieser Nebelzone ist bisher nicht genau bekannt. Sie scheint sich vom Mt. Soira über die Grenze Eritreas hinaus noch bis zum Asimba zu erstrecken; von dort ab erweitert sich aber das Küstenland des Samhar zu dem wüstenhaften Dankalien, was offenbar den feuchten, vom Roten Meer kommenden Steigungswinden ein Ende bereitet. In dem Massiv der Amba Alagi (3438 m) bei 13° n. Br., von wo ab die Trappdecke die ganze Breite des äthiopischen Hochlandes erfüllt und das ganze Hochland höher ansteigt, gibt es wohl immerfeuchte Höhen- und Nebelwälder von *Olea chrysophylla*, *Erica arborea*, *Juniperus procera*, Baum-*Hypericum*, *Maesa laevigata*, der Riesenkugeldistel *Echinops Ellenbeckii* etc. Diese aber sind nicht mehr an die Steigungswinde der Ostabdachung gebunden. In der Gipfelregion der Amba Alagi sind sie sogar an der Südwestseite, den sommerlichen Monsunwinden zugekehrt, stärker und auch an freien Hängen entwickelt, während sie sonst mehr auf die feuchten Schluchten beschränkt bleiben. In dieser Breite von 13° bis 14° vollzieht sich mit der Verlängerung der Regenzeit und ihrer Gabelung in die zwei zenitalen Perioden in der ganzen Breite des äthiopischen Hochlandes der Übergang zum innertropisch-äquatorialen Klima.

Nicht alle Gebiete der östlichen Abdachung Eritreas haben vorherrschende Winterregen. Generell gilt das nur für den unteren Teil zwischen 400 und 1200 m Höhe, wo die sommerlichen Niederschläge auf 200 bis 300 mm abgesunken sind, die Winterniederschläge aber am steilen Anstieg bereits erheblich sind (Stationen: Damas, Ginda, Filfil, vgl. Tab. 1). In den höheren Lagen hängt dies von der Exposition des Geländes und von der Verstärkung bzw. Abschwächung der winterlichen Steigungsniederschläge ab. Am stärksten sind diese in der Hangzone von Merara im Norden bis zum Mt. Bizen im Süden. Weiter südlich, am Abfall des Altipiano von Akelé Guzai fehlt es leider noch an entsprechenden Beobachtungen und völlig

an Regenmessungen. Wo der Abfall durch vorgelagerte Ketten gegliedert ist, kommt es zunächst zur Bildung einer äußeren Nebelfront, an der bei schwacher Ausbildung die Nebelgrenze hängenbleibt. Bei weiterer Verstärkung, an günstigen Tagen schon am Vormittag, an nebelärmeren Tagen erst spätnachmittags, schreiten die Nebel darüber hinweg und dringen bis zum Rand des Altipiano, der Hauptnebelgrenze, vor. Zwischen diesen vorspringenden Bergen und dem Altipiano entstehen trockene Becken, die durch die Abschirmung von Osten keine oder nur schwache Winterniederschläge erhalten, immerhin aber noch die lange Abschirmung der Strahlung durch eine Hochnebeldecke genießen. Dann überwiegen die Sommerregen, und solche Gebiete sind auch von den Bauern des Hochlandes besiedelt und in Kultur genommen worden (vgl. Tab. 1). Zu diesen inneren Tälern mit Sommerregenklima gehören z. B. das Valle Dorfu (424,1 mm Sommerregen, 49,5 mm Winterregen), weiter die Tallandschaften im Gebiet der Quellflüsse des Aligedé zwischen Mt. Bizen und Decameré (mit der bereits im Windschatten des Bizen gelegenen Station Nefasit) und das Quellgebiet des Rio Laba im östlichen Mensaland, wo die Station Geleb 452 mm Sommerregen, aber nur 70 mm Winterniederschläge verzeichnet. Auch am Ostabfall des Altipiano von Shimenzana ist das Quellgebiet des Endeli durch den hohen Kamm von Soira zur Amba Debra gegen schwächere Steigungsnebel abgeschirmt.

Das ganze Phänomen der orographisch bedingten Ausgleichswinde und der Niederschlagsverhältnisse im Rotmeer-Graben wurde vom Verf. auf Grund der mit C. WIEN gemachten Feldbeobachtungen und der bis dahin durchgeführten Regenmessungen (F. EREDIA, 1932; G. DEREGE DI DONATO, 1935) darzustellen versucht. Neuerdings hat H. FLOHN (1965) mit aerologisch-synoptischen Daten diese Studien wesentlich vertieft. Im Jahreslauf stellen sich die Erscheinungen folgendermaßen dar: die zenitale Regenzeit umfaßt in Asmara die sechs Monate April bis September, doch fallen starke Regen nur von Ende Juni bis Mitte September, dann auch regelmäßig mit Gewittern und evtl. Hagel. In diesen Hochsommermonaten allein wehen in Asmara kräftige monsunale Winde aus den westlichen Quadranten. Sie herrschen dann auch an den östlichen Abhängen des Hochlandes. Über dem Roten Meer wehen in seiner ganzen Länge von Suez bis Bab el Mandeb Nordwestwinde, die über dem Golf von Aden südwestliche Richtung annehmen und sich damit wieder in das ostafrikanisch-indische Monsunphänomen eingliedern. Schon im September setzt aber das System der Ausgleichswinde zwischen dem Roten Meer und dem Hochland mit der täglichen Nebelbildung ein (kleine Nebelzeit). Nach einer geringen Unterbrechung im Oktober beginnt die große Nebelzeit, die bis Mitte April dauert. In dieser Zeit wehen über dem Südtel des Roten Meeres Südostwinde, die von Winternieder-

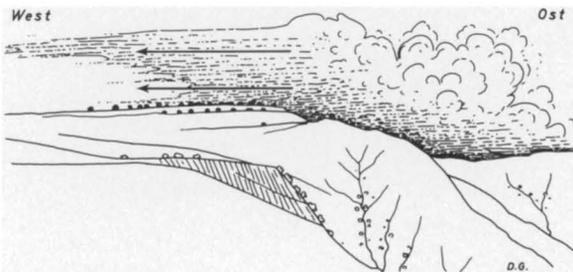


Abb. 3: Typisches Wolkenbild über dem Rand des Altipiano von Asmara an einem Wintertag mittags, gesehen von San Giorgio (2452 m) 26. 11. 1933, 12 Uhr.

schlagen begleitet sind. Zwischen ihrem Bereich und den Nordwestwinden im nördlichen Teil des Roten Meeres liegt dann die winterliche „Rotmeer-Konvergenz“, deren Achse sich im Laufe des Winterhalbjahres von etwa 19° auf 17° n. Br. verschiebt.

Das Netz der Klimastationen Eritreas war durch die italienische Kolonisation schon zur Zeit der ersten Reise des Verf. 1933 wesentlich dichter als das des übrigen Äthiopiens, auch dichter als in anderen tropischen Gebirgsländern Afrikas oder Südamerikas. Dies und die besondere Vielfalt der klimaökologischen Voraussetzungen waren die Anregung, an diesem Beispiel durch ein vergleichendes Studium der Pflanzendecke ihre Beziehungen zur Höhenabstufung, zur Temperatur und den Niederschlagsjahreszeiten aufzuklären. Vegetationskartierung dient ja nicht nur der Pflanzengeographie, sondern auch der regionalen Klimatologie und der klimatischen Landesaufnahme. In einem tropischen Gebirgsland läßt sich die wirkliche Verteilung der Klimate und der Klimaelemente nur unter Berücksichtigung des Pflanzenkleides ermitteln. 1939 wurde versucht, anstelle der Karte der Jahresniederschläge Eritreas, die durch schematischen Ausgleich der Meßwerte entworfen war (EREDIA, 1932; A. FANTOLI, 1939), eine Karte zu setzen, die die Pflanzendecke berücksichtigt (T. u. Sch., 1939). Wegen der besonderen Bedingungen Eritreas wurde dabei die Karte der Jahresniederschläge durch Karten der Niederschläge des Sommer- und Winterhalbjahres ersetzt. In der vorliegenden, räumlich erweiterten und durch seitherige Messungen verfeinerten Karte (Beil. VII) wurde versucht, die Niederschläge der beiden Jahreszeiten auf einer Karte in Farben wiederzugeben, zusammen mit der Gliederung des Landes nach orographischen, geologischen und morphologischen Gesichtspunkten. Die Vegetationsverhältnisse konnten auf dieser Karte nicht mehr wiedergegeben werden; sie sind deshalb nur in einem West-Ost-Profil dargestellt. Für die Niederschlagswerte konnte sich der Verf. auf eine neueste Zusammenstellung in einer Bonner Diplomarbeit stützen (E. BEYER, 1968).

#### IV. Die Vegetationsverhältnisse

Bei dem großen Gegensatz der hygrischen Vegetationstypen des nördlichen Äthiopiens ist es nicht ohne weiteres möglich, die landschaftlichen Bezeichnungen für die Höhenstufen des Landes, Kolla, Woina Dega, Dega und Tschoke einer Vegetationsgliederung zugrunde zu legen. Wir verwenden deshalb nur die allgemeinen Bezeichnungen: heißes Land, warmgemäßigtes Land, kühlgemäßigtes Land und kaltes Land. Ausgesprochen tropisch-kaltes oder subnivales Hochgebirgsland, das die obere Waldgrenze überschreitet, kommt auf dem Kartenblatt nicht vor,

sondern erst weiter südlich im Hochland von Semien. Wüsten und Halbwüsten gibt es nur im heißen Land am Roten Meer und in Dankalien. In der warmgemäßigten Stufe haben wir es bereits mit allen Übergängen von Dorn- und Sukkulanten-Savannen über trockene und feuchte Bergsavannen und Savannenwälder bis zu immergrünen Bergwäldern zu tun; ebenso in der kühlgemäßigten Stufe mit den verschiedenen Formationen Höhengrasland, Höhenbusch und Höhenwald. Wegen der verschiedenen jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge gibt es in Eritrea Pflanzengesellschaften des gleichen Typs, aber mit umgekehrtem Jahreszeitenaspekt. Die Beobachtung des phänologischen Zustandes der Vegetation ist deshalb besonders wichtig. Die Obergrenze des heißen Landes muß man in Äthiopiens recht hoch ansetzen, am Roten Meer mit 1200 m, im Inneren bei 1650 bis 1800 m. Bis 1650 m reicht z. B. im Anseba-Tal oberhalb Keren der Baobab (*Adansonia digitata*), bis 1800 m der Weihrauchbaum *Boswellia papyrifera* und die wärmeliebenden Myrrhen-Bäume *Commiphora abyssinica* und *africana*, der Zahun-Baum *Balanites aegytiaca* und der Tamarindenbaum. Für das warmgemäßigte Land sind physiognomisch im mesophytischen Bereich besonders die Bestände der abessinischen Kandelaber-Euphorbien (*Eu. abyssinica*) und die offenen Dorngehölze der Serau-Akazie (*Acacia etbaica*), im feuchten Bereich die Wälder des äthiopischen Ölbaumes *Olea chrysophylla* von Wichtigkeit. Sie reichen bis 2200 m, im Inneren des Hochlandes auch bis 2350 m. Das kalttemperierte Land der Dega muß man so hoch reichen lassen, wie noch regelrechter Baumwuchs vorkommt, vor allem die „Usambara-Zeder“ *Juniperus procera*, *Erica arborea* und – nur im feuchten Südwesten – der Kossobaum *Hagenia abyssinica*. Auf stark kultivierten und entwaldeten Hochflächen dieser Stufe sind Hartlaubgesträuche verbreitet, für die der holzige Ampfer *Rumex nervosus*, *Solanum Schimperianum* und *Ocimum filamentosum* als Leitarten gelten können.

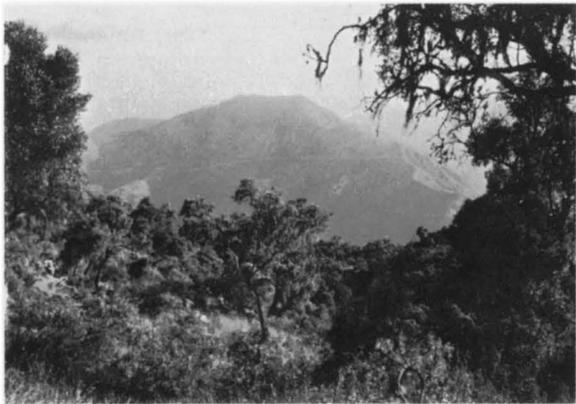
Im heißen Tiefland am Roten Meer, dem sog. Samhar, herrscht die Vegetation der afrikanischen Sahelzone, d. h. in der Küstenebene selbst Halbwüste, die landeinwärts im Hügelland in ganz offenen Dorn- und Sukkulantenbusch übergeht. Auf tonigen Alluvialebenen wachsen die drahtartigen Grasbüschel von *Panicum turgidum* in weiten Abständen, auf steinigten Böden kommen dazu stammsukkulente Gewächse wie *Euphorbia cactus*, *Eu. Thi* und *Caralluma retrospiciens*, wasserholzige *Iatropha villosa* und *Euphorbia triacantha*, stammlose Schirmakazien von *A. nubica* und *A. mellifera*, an Felsenhängen kleine grünrindige Myrrhenbäumchen von *Commiphora quadricinta* und das Flaschenbäumchen *Adenium coëtanum*. Auf den Böden der Wadis gedeihen Dumphalen (*Hyphaene dancaliensis*), Schirmakazienbestände von *Acacia spirocarpa* und *Balanites aegyptiaca*, Gebüsche von *Tamarix aphylla* und als Pionier



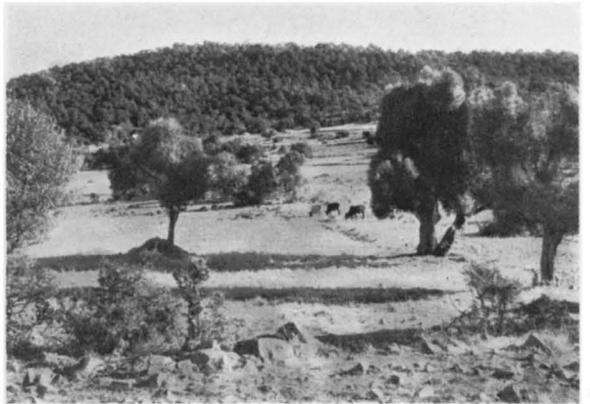
16



17



18



19



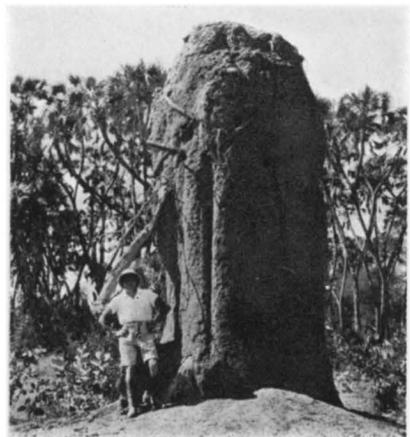
20



21



22



23

der Sodomsapfel *Calotropis procera*, auf Salztonen und Flugsandböden alter Dünen Salzstrauchbestände von *Suaeda maritima*, *Salsola* und *Statice axillaris*, in stillen Meeresbuchten auch noch Mangrovegebüsche von *Avicennia marina*.

Die Dorn- und Sukkulentsavannen, die sich landeinwärts anschließen, sind in ihrer Belaubung und Blütezeit auf die Winterregen eingestellt, da ja auch im Winter tropische Temperaturen herrschen (etwa 25° Temperatur des kältesten Monats). Die herrschenden Lebensformen sind Dornbäume und Dornsträucher. Bestandbildend im Hügelland sind die schirmkronigen Büsche von *Acacie nubica* und *Acacia mellifera*, deren winterliche Belaubung im Oktober beginnt und vom Landesinneren gegen die Küste, außerdem auch von den Talböden auf die Berghänge fortschreitet. Die Aufschüttungsebenen werden wie in allen Dornsavannen des tropischen Afrika von den Schirmkronenwäldern von *Acacia spirocarpa* eingenommen. Eine stammsukkulente Rebe, *Cissus quadrangularis*, vermag ganze Bäume einzuhüllen. Auch immergrüne, hart- bis lederblättrige Holzpflanzen gehören in diese Gesellschaft: die Capparideen *Cadaba rotundifolia* und *Boscia angustifolia*, die Salvadoraceen *Dobera glabra* und *Salvadora persica* („Zahnbürstenbusch“), sowie der fast blattlose Rutenstrauch *Capparis aphylla*. Zu den stammsukkulenten Euphorbien kommen blattsukkulente Liliaceen: Aloë- und Sanseviera-Arten (Bild 17). Die grünrindigen Myrrhenbäume *Commiphora africana*, *abyssinica* und *sambhariensis* bilden an den Hängen des Berges Gedem dichte Trockenwälder.

Fast schlagartig setzt mit dem steilen Anstieg von den Ebenen von Ailet und Damas zu den Dongollobergen bei Ginda ein recht feuchter und geschlossener Tropenwald ein, der hier bis etwa 1000 m, bei Filfil bis 1200 m ansteigt. An Stelle der dürren Dornsavannen empfängt uns ein frischgrüner Laubwald, der von

bunten Vögeln, schillernden Faltern und Herden von Mantelpavianen bevölkert ist. Nach den Niederschlagsbeobachtungen von Ginda und Filfil, die für diese Zone repräsentativ sind, könnte man immergrünen Regenwald erwarten, da die Überschneidung von Winter- und Sommerregen Niederschläge zu allen Monaten des Jahres erbringt. Aber der Wald entspricht nach seiner floristischen Zusammensetzung nur den Trockenwäldern der Sudanzone („Combretaceen-woodland“ von T. F. ЧИПП). Herrschende Bäume sind die Combretaceen *Combretum trichanthum*, *Terminalia Brownii* und *Anogeissus leiocarpus*, Arten der Tiliaceengattung *Grewia* (*canescens*, *villosa* und *tombensis*), die Bignoniacee *Stereospermum Kunthianum*, die Ulmacee *Trema guineensis*, weiter *Ochna inermis* und *leucophloea* und das Sansibar-Ebenholz *Diospyros mespiliformis*. Die halbjährige Trockenzeit, die sonst in Afrika die Savannenwälder dieses Typus auszeichnet, fehlt, aber die Gesamtmenge des Niederschlages ist für die Ausbildung eines üppigen Waldes nicht ausreichend. Filfil empfängt 1112 mm, Ginda – in schon etwas geschützter Lage im Regenschatten der Dongolloberge – nur 753 mm Jahresniederschlag. Dieser verteilt sich auf alle Monate des Jahres, und zwar so, daß die große Regenzeit von Dezember bis März dauert, die kleinere Juli und August umfaßt. Die regenärmsten Monate sind die Übergangszeiten Mai–Juni und September. Der Wald war im September noch von der sommerlichen Regenzeit her voll belaubt. Im Oktober trat eine gewisse Vegetationsruhe ein. Ende November stand er schon wieder im zarten Blattschmuck der winterlichen Wiederbelaubung. Dieser mesophytische Tropenwald der heißen Zone ohne ausgeprägte Trockenzeit – eine Besonderheit Eritreas – scheint die ganze untere Stufe des Hochlandabfalls gegen das Rote Meer zu begleiten. Noch an der Nordgrenze Eritreas, in den Bergen westlich Karora, wer-

- Bild 16:** Halbwüste am Roten Meer bei Otumlo (Massaua). Hartgrasbüschel von *Panicum turgidum*, kräftige Sukkulentenbüsche von *Euphorbia cactus*, zwergige kaktoiden Asclepiadacee *Caralluma retrospiciens*, stammlöse Schirm-dornbüsche von *Acacia nubica* phot. 30. 11. 33.
- Bild 17:** Dorn-Sukkulenten-Gehölz in der Ebene von Af Abad bei Kelamet (ca. 1000 m). Myrrhenbäume von *Commiphora spec.* (weiß-papierrindig), *Acacia glaucophylla*, stammsukkulente *Euphorbia polyacantha*, blattsukkulente Aloë und *Sanseviera* phot. 14. 12. 33.
- Bild 18:** Immergrüner Nebelwald von *Olea chrysophylla*, von Bartflechten behangen auf dem Mt. Bizen ö. Asmara. Blick nach S auf den Mt. Gaab (2361 m), der wie der Bizen von einem Rest der kristallinen Rumpffläche des Altipiano gekappt ist. phot. 3. 11. 33.
- Bild 19:** Hochfläche der Rora Baglá in ca. 2400 m. Immergrüner Wald von *Olea* und *Juniperus*, z. T. von den halbnomadischen Habab gerodet und in Getreideland verwandelt, Pflugbau für Weizen und Gerste, Ernte im Dezember. phot. 12. 12. 33.

- Bild 20:** Mesophytisches Gehölz der Woina Dega, getragen von *Euphorbia abyssinica* (Golqual) und Serau-Akazie (*Acacia etbaica*). Zwischen Saganeiti und Adi Kaié, ca. 2000 m phot. 5. 11. 33.
- Bild 21:** Gehölzvegetation der Dega auf dem Plateau von Cohaito (2600 m). *Juniperus procera* und *Olea chrysophylla*, Unterwuchs von Aloë, *Ocimum filamentosum*, *Cadia purpurea*. Bartflechten als Ausdruck der Nebelhäufigkeit phot. 7. 11. 33.
- Bild 22:** Baumsavanne am Meshelit-Paß zwischen Keren und Kelamet (1450 m), Baobab (*Adansonia*), *Terminalia Brownii* (belaubt und fruchtend), Schirmakazien (*A. etbaica* u. a.), Weihrauchbaum (*Boswellia papyrifera*) phot. 15. 12. 33.
- Bild 23:** Dumpalmenwald (*Hyphaene thebaica*) mit *Acacia spirocarpa* als Galeriewald zu seiten des Trockenbettes des Barca unterhalb Agordat (ca. 600 m). Vordergrund Termitenbau und großblättriger Strauch des Sodomsapfels *Calotropis procera* phot. 22. 12. 33.

den von A. F. BROUN (1928) Gehölze mit den gleichen Leitpflanzen wie den oben genannten beschrieben. Die Erstreckung nach Süden ist unbekannt.

Der Übergang in die Wälder der warmgemäßigten Stufe vollzieht sich bei Filfil und Ginda verschieden. Am freien Hang von Filfil nach Fagená, der Kaffeezone Eritreas, geht der mesophytische Wald der heißen Stufe bei ca. 1200 m allmählich in den immergrünen Regen- und Nebelwald über. Bei Ginda ist eine topographisch bedingte Wetterseide vorhanden. Die phänologischen Jahreszeiten kehren sich dort zunächst um. Die Terminaliabäume von Dongollo begannen im November ihr Laub zu entfalten, in den Tälern oberhalb Ginda standen sie in vollem Laubschmuck und mit ihren roten Flügel Früchten geziert, also unter dem Einfluß von Sommerregen. Die von dort weiter aufsteigenden Berghänge, die über den Mt. Addeleitó zum Mt. Bizen (2456 m) und zum Kamm der Lessaberge hinaufführen, sind in dichten, von Bartflechten behangenen Olivenwald (*Olea chrysophylla*) gehüllt (Bild 18), einen tropisch-montanen Höhenwald, wie er auch weiter nordwärts in der Kaffeezone von Fagená-Merara (Abb. 1) entwickelt ist. In ihm finden sich weitere immergrüne Holzarten, z. B. *Erica arborea*, *Maesa laevigata*, *Myrsine africana*, *Myrica salicifolia*, *Cluytia lanceolata*, *Rhus abyssinica*, *Clerodendron myricoides*, *Gymnosporia spinosa*, *Weihea abyssinica*, *Carissa edulis*, *Dombeya Bruceana*. Der Unterwuchs an Farnen und schattenliebenden Kräutern, Gräsern und Sträuchern ist üppig, auch Lianen sind reichlich vertreten: *Cissus nivea* und *cyphopetala*, *Rhoicissus erythrodes*, *Phytolacca dodecandra*, *Clematis spec.*, *Asclepiadaceen*, *Dioscorea*- und *Asparagus*-Arten, auch manche spreizklimmenden Gräser. Auf künstlich gelichtetem Gelände leuchtet im goldenen Blütenschmuck der Leguminosenstrauch *Calpurnea aurea*. Sehr bezeichnend ist auch der pantropisch-montane Strauch *Dodonaea viscosa*. Wo dieser feuchte Bergwald bei 2000–2200 m in das feuchte Höhen Grasland der kaltgemäßigten Stufe übergeht, zieht sich der Olivenwald als Schluchtwald aufwärts, während er auf den trockenen Rücken dazwischen zunächst dem *Dodonaea*-Gesträuch weicht, das wiederum auf den freien Bergrippen von reiner Grasflur (besonders *Themeda triandra*) abgelöst wird.

In den gegen die winterlichen Niederschläge abgeschirmten, daher sommerfeuchten Talbecken der Ostabdachung stellt sich in der warmgemäßigten Stufe von 1700 m an aufwärts ein viel trockenerer Vegetationstyp ein, der an den Stellen, wo der Altipiano unter 2200 m Höhe bleibt, auch weithin über die Hochflächen hinweggreift: die jedem Besucher in die Augen fallenden Bestände des Golqualbaumes, des stammsukkulenten, den amerikanischen Kandelaberkakteen entsprechenden Kandelaberbaumes von *Euphorbia abyssinica* (Bild 4 u. 20). Ihre obere Grenze liegt meist bei 2200–2300 m, bis wohin auch der Anbau der Durrah

(*Sorghum Durrah*), und zwar der lockerrispigen „Sangada“ genannten Varietät und der Fingerhirse *Eleusine coracana* reicht. Bei Adi Kaié haben wir Golqualbestände noch bei 2450 m, südöstlich des Soira, im Quellgebiet des Endeli sogar bis 2750 m angetroffen. Die Lebensform des Golqual täuscht eine größere Trockenheit des Klimas vor, als sie tatsächlich herrscht; denn es handelt sich nicht um einen ausgesprochenen Sukkulenten-Dornbusch. Wohl sind Dornbäume, besonders *Acacia etbaica*, vertreten und die Ufergehölze von *Acacia albida* gebildet. Auch andere Sukkulenten wie Aloë *abyssinica*, *Euphorbia Schimperii* und *Sarcostemma viminalis* sind beteiligt, und in dem Gebiet des alten Bahnbaues bei Arbaroba, unterhalb von Asmara, hat sich wie im Mittelmeergebiet die amerikanische Opuntie breitgemacht. Aber die meisten Holzgewächse sind unbewehrte, laubwerfende Typen wie *Grewia canescens*, *Croton macrostachys*, *Cordia abyssinica*, *Rhus abyssinica*, *Erythrina abyssinica*, *Cassia goratensis* oder auch immergrüne Hartlaubebäume wie *Olea chrysophylla*, *Euclea Kellau*, *Teclea nobilis*, *Dodonaea viscosa*, *Pappea Radelkoferi*. Besonders eindrucksvoll sind die Golqualbestände in den Granitgebieten des Altipiano, wo sie zusammen mit den Granitfelsburgen und Wollsackblöcken der ganzen Landschaft ein gigantisches Gepräge geben. Auf leichtverwitternden Schiefergesteinen, die auch einer starken Bodenabtragung unterliegen, treten sie zurück und machen Schirmbaumbeständen von *Acacia etbaica* Platz (Bild 20). Die im Bereich der Golqual-Vegetation liegenden Klimastationen des Hochlandes verzeichnen Niederschläge zwischen 450 und 650 mm, und zwar fast ausschließlich als Sommerregen (Decameré, Nefasit, Saganeiti, Maarabá, Adi Ugri).

In den tieferen Tälern und Becken auch der Ostabdachung nimmt die Trockenheit weiter zu. Im Grunde des oberen Tales von Dorfu bei 1400 bis 1600 m Höhe ist die Untergrenze der Golquale bereits überschritten. Die Sukkulenten Aloë *abyssinica*, *Kalanchoë lanceolata*, auch schon *Cissus quadrangularis*, Dorndickichte von *Dicrostachys mutans* und *Cantuffa exosa* beherrschen das Bild. Auch im Mahabar-Tal, südlich des Mt. Bizen, und in der Ebene von Ala wird die Untergrenze der Golqualbestände bei 1700 m erreicht. Es folgen Trockengehölze grünrindiger Myrrhenbäume, dorniger Hülsenfruchtbüsche und sukkulenter Pflanzen der Gattungen *Aloë*, *Cissus*, *Euphorbia*, *Cotyledon* und *Senecio* (*Kleinioides*); in den Trockenbetten der Flüsse Sykomorenefeigen und auf den Aufschüttungsebenen Haine von *Acacia spirocarpa*. Alle diese Täler sind winter trocken, ebenso wie die Täler der Westabdachung, was natürlich auch im phänologischen Verhalten der Gewächse zum Ausdruck kommt. Die Station Valle Dorfu in 1500 m Höhe empfängt 473,6 mm Regen, davon 424 mm im Sommerhalbjahr. Die größere Trockenheit gegenüber dem Golqualgürtel beruht vor allem auf der größeren Wärme der tieferen Lagen.

Die Verbreitung der Golqualformation im Norden des Landes sei an dem Profil aufgezeigt, das im Lande der Habab vom Küstenland über den Mezzopiano von Nakfa zur Rora Baglá emporführt. Die weiten Felsfußflächen und -ebenen, durch die die Straße von Keren über Kelamet und Kubkub in etwa 900–1100 m Höhe nach Nakfa führt, sind vollständig von den Dorn- und Sukkulantenformationen der trocken-heißen Stufe eingenommen, teils von Akazien-Savannen, teils von einem Trockenwald, der nach allen Lebensformen ein Gegenstück zur Caatinga Brasiliens darstellt. Besonders eindrucksvoll sind die Dornwälder dieser Gegend (Bild 17). Aus dem Anseba-Tal über den Meshelit-Paß dringt auch der Baobab auf die Ostseite des Hochlandes. Im Anstieg gegen Nakfa reicht die Trockenvegetation bis 1500 m Höhe. Golquales wurden darin nur ganz vereinzelt angetroffen, bei Kelamet mit einem Exemplar noch bei 850 m. Am Ostrand des Plateaus von Nakfa, offenbar auf Grund topographisch bedingter höherer Winterniederschläge bei etwa 1600–1700 m treten die ersten Olivenbestände auf. Erst die Hochfläche selbst ist von der Golqualformation (mit *Acacia etbaica* und der sonstigen Begleitflora) eingenommen. Diese wird mit dem Anstieg gegen die Rora üppiger, zuletzt bei 2000 m wird sie von *Dodonaea viscosa*, dem Umbelliferen-Bäumchen *Heteromorpha arborescens* und *Olea chrysophylla* begleitet. Bei 2200 m macht sie dem feuchten Olivenwald endgültig Platz. Gleichzeitig treten die ersten *Juniperus*-Bäume auf; wir sind in die Stufe der Dega eingetreten. Die Gipffläche in 2400 bis 2500 m deckt dichter Ölbaum-Wachholder-Nebelwald, der reichlich von epiphytischen Flechten überzogen und im Winter nachmittags regelmäßig in Wolken gehüllt ist (Bild 19). Phänologisch spielt sich in diesem Profil ein interessanter Wandel ab. In der obersten Stufe, unterhalb der Nebelbank, blüht der Golqual im Sommer, und seine Stammrippen säumen sich im Dezember mit den roten Fruchtkapseln, wie es überall weiter südlich in den Sommerregengebieten Eritreas der Fall ist. In mittlerer Höhe, von 1800 bis 2000 m, standen sie im Dezember erst in Blüte, und auf dem Plateau von Nakfa hatten sie noch nicht einmal Blüten angesetzt. Mit dieser winterlichen Blütezeit gleicht die untere Golqualstufe von Nakfa der Nebeloase von Erkwit in den nubischen Küstenbergen bei Suakin, wo sie im Winter blüht und am Ende des Winters fruchtet (TROLL, 1935/II). Die Niederschlagswerte für Nakfa (188 mm Jahresniederschlag, davon nur 15,7 mm im Winter) müssen unter diesen Gesichtspunkten in Zweifel gezogen werden.

Mit der Obergrenze der Golqualvegetation treten wir überall in die Dega ein, die die höheren Teile des Altipiano und im Norden die höchsten Teile der Rora Asgedé einnimmt. In Hamasién herrscht von 2200–2600 m ein mesophytischer Hochlandsbusch, eine großenteils hartlaubige, immergrüne Strauchformation, die aber von Natur wohl nur den Unter-

wuchs von Ölbaum-Wachholder-Wäldern gebildet hat, die der künstlichen Waldzerstörung zum Opfer gefallen sind. *Olea chrysophylla* und *Juniperus procera* sind in dem kultivierten Land noch allenthalben in Restbeständen und Einzelbäumen vorhanden. Auf der Rora Baglá, die erst seit einigen Jahrzehnten durch die zum Feldbau übergehenden Habab gerodet wird, stehen noch prächtige Wälder. Am Hochlandsrand von Süderitrea, auf dem 2400–3000 m hohen Sandsteinplateau von Halai über Cohaito zum Soira bildet *Juniperus* ausgedehnte, lockere Wälder (Bild 21). Seine Begleiter sind außer dem Ölbaum der Compositenbaum *Tarhonanthus odoratus*, *Pistacia Lentiscus* var. *emarginata*, *Rosa abyssinica*, u. a. Der Unterwuchs der Labiaten-Sträucher *Ocimum filamentosum* und *Coleus comosus* verleiht dem Wacholderwald ein würziges Aroma. Bemerkenswert ist wiederum die phänologische Situation. Am Rande des Plateaus verläuft die Grenze der östlichen Steigungsnebel. Mit der Annäherung an diese Nebelfront (Bild 15) ändert sich schlagartig der Zustand der Pflanzenwelt. Der lockenblütige Leguminosen-Strauch *Cadia purpurea* gedeiht im Unterwuchs des Wacholderwaldes nur im Nebelbereich. Er steht mit vielen anderen Sträuchern und Kräutern dort im November in voller winterlicher Blüte. In unmittelbarer Nachbarschaft ist die von den Sommerregen beherrschte Pflanzenwelt im gleichen *Juniperus*-Wald wie ausgestorben. Sie ist in ihrer Entfaltung auf die Sommerregen eingestellt.

Zwei allgemeine klimatische Tatsachen beherrschen die zonale Vegetationsverteilung im westlichen Eritrea: 1. die Zunahme der sommerlichen Niederschläge und damit die Verlängerung der Regenzeit von Norden nach Süden, sowohl im Hochland als auch in der Ebene; 2. die Zunahme der Trockenzeit vom kühleren Hochland über die westliche Abdachung in die heißen Ebenen des Sudan. Aus beiden Tatsachen ergibt sich auch, daß die Obergrenze der Aridität am Westhang nach Süden absinkt. Wir verfolgen dies in den drei Tälern Anseba, Mareb und Takazé. Vom Altipiano von Hamasién über Add Teclesán in das Anseba-Tal und das Becken von Keren quert man den Golqual-Gürtel von 2000 m abwärts bis 1800 oder 1700 m. Bei 1800 m kündigt sich bereits in den Talrinnen mit *Terminalia Brownii* ein Vertreter der Trockensavanne, der Kolla, an. Bei 1700 m beherrscht der Baum die Bergsavanne, und der Anbau tropischer Hirsen ersetzt die Hochlandsgetreide Weizen, Gerste und Teff. Bei 1650 m begegnet uns der erste Baobab (Bild 22). Damit kündigt sich die Nähe der semiariden Dorn- und Sukkulantenvegetation an. In die *Terminalia*-Savanne mischen sich ganze Bestände des Weihrauchbaumes *Boswellia papyrifera*, einzelne Exemplare des Leberwurstbaumes *Kigelia aethiopica* und *Sterculia africana*. Die Ufergehölze sind von Tamarinden und *Acacia albida* getragen. Im Becken von Keren (1400 m) ist die echte Dornsavanne (mit Akazien, *Balanites*, Baobab, *Cissus qua-*

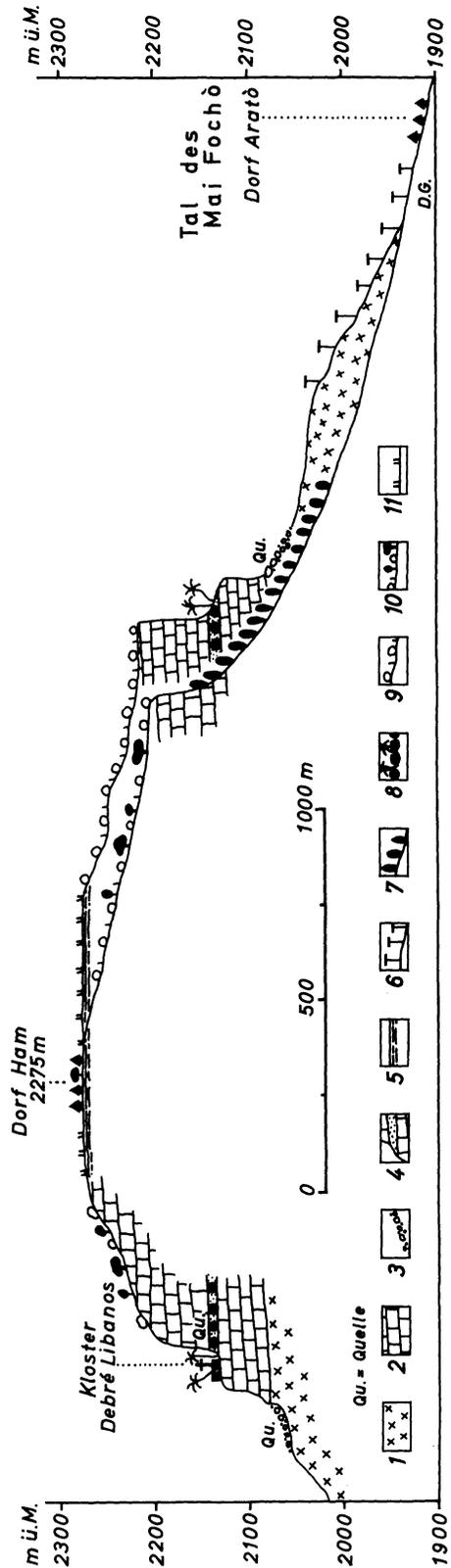
*drangularis* u. a.) erreicht. Beim weiteren Abstieg von Keren durch die Schlucht von Dongolaas erreichen wir schon in 900 m die von Inselbergen übersäte Ebene des oberen Barka mit der Stadt Agordat als Mittelpunkt. Von 700 m an sind in den Dornsavannen die Trockenbetten der Flüsse von Uferwäldern der Dumpalme (*Hyphaene thebaica*) und Tamarisken gesäumt (Bild 23). Die Obergrenze der Dornsavannenstufe ist hier in etwa 1500 m anzusetzen. Für die Zunahme des Trockencharakters ist weniger die Regenmenge als die Temperatur verantwortlich, wie der Vergleich von zwei Stationen zeigt:

Add Teclasán (2270 m) 512,7 mm Jahresniederschlag,  
Keren (1400 m) 456,0 mm Jahresniederschlag.

Weiter südlich, in dem breiten Tal des mittleren Mareb, zwischen dem Basalt-Plateau von Adi Qualá und dem Bergland von Adua, dessen Sohle bei der Mareb-Brücke in 1270 m Höhe liegt, sind die Vegetationszonen und Höhengrenzen gegenüber dem Anseba-Tal nicht wesentlich verschieden. Die obersten Vorkommen des Baobab wurden dort bei 1500 m festgestellt, darunter herrscht Dornbusch mit *Dicrostachys*, *Balanites*, *Acacia*-Arten und verschiedenen Myrrhenbäumen, auch *Calotropis procera*. Darüber folgen etwas feuchtere Savannenwälder, südlich des Mareb sehr viel *Boswellia*, nördlich mehr *Terminalia*, was ich auf die verschiedene Regenexposition zurückführen möchte, da ähnliches im Takazé-Tal wieder festzustellen ist. Die größere Feuchtigkeit des Hochlandes von Tigrina – Adi Qualá in 2130 m verzeichnet 765 mm Niederschlag, Axum in gleicher Höhe 929 mm – macht sich von nun an auch in der Vege-

Abb. 4: Landschaftsprofil der Amba Debré Libanos (Stüb-west-Shimenzana).

- 1 Gneisssockel; 2 Adigrat-Sandstein; die Steilwände z. T. überzogen von den Hängerasen von *Coleochloa abyssinica*; 3 Sandsteinschutt (mit Beständen des Dornstrauches *Barleria horrida*); 4 Tonige Zwischenlage im Sandstein; Quellhorizont; 5 Schwarze Bodendecke der Hochfläche; 6 Offene Dornsavanne von *Acacia etbaica* und *stenocarpa*, *Commiphora africana*, *Buddleia polystachya*, *Erythrina tomentosa*, *Combretum trichandrum*, *Cassia goratensis* etc.; 7 Immergrüne Schluchtwälder mit *Dombeya Bruceana*, *Myrica salicifolia*, *Nuxia dentata*, *Capparis persicifolia*, *Cardiospermum canescens*, *Claytia spec. u. a.*; 8 Immergrüne Quellgehölze mit Palme *Phoenix abyssinica*; 9 Felschodfläche mit durch Überweidung degeneriertem Busch von *Dodonaea viscosa*, *Boscia angustifolia*, *Enclea Kellau*, *Syzygium spec.*, *Carissa edulis*, *Grewia ferruginea* u. a.; 10 Felsige Mulden, wie 9, aber mit großen Bäumen von *Ficus vasta* und dem Fruchtbaum *Mimusops Kumel*; 11 Getreide- und Hülsenfruchtfelder (Weizen, Gerste, Teff, Sorghum- und Sangadahirse, Fingerhirse, Kidnererbsen).



tation stark bemerkbar. Ein sehr sichtbares Zeichen ist das Auftreten der abessinischen Dattelpalme *Phoenix abyssinica*. Sie tritt auch weiter östlich im Hochland von Shimenzana auf, dort aber nur in feuchten Quellwäldchen unter Sandsteinwänden (Abb. 4). Der schönste solche Quellwald ist wohl der von Gunaguna an der alten Südgrenze Eritreas bei 2250 m. In seinem Schatten gedeiht eine besonders üppige Bergwaldflora, darunter auch in mächtigen Stauden die Enset-Banane auf ihrem nördlichsten natürlichen Standort. Zwischen Mareb und Adua ist die Palme schon recht häufig in den Galerie-Gehölzen anzutreffen, und auf den Savannenebenen des südwestlichen Shiré über dem Takazé-Tal ist sie in Schluchtwäldern und Sumpfgewässern weit verbreitet. Dafür tritt der Golqualbaum gegen den Takazé mehr und mehr zurück. Es beginnen sich allgemein echte Feuchtsavannen auszubreiten; an der Westabdachung des Semién-Hochlandes treffen wir solche Bergsavannen mit den Savannenbäumchen *Cussonia arborea* (in Eritrea nur isoliert am feuchten Ostrand nördlich Fagená), *Bauhinia abyssinica*, *Gardenia lutea* und *Protea abyssinica* (in Eritrea nur isoliert am Mt. Bizen), wie sie dann in den inneren Tropen Ostafrikas weitverbreitet sind, schon regelmäßig an. Auch die Charakterpflanzen der ostafrikanischen Höhenwälder und Nebelgehölze *Podocarpus gracilior*, *Hagenia abyssinica*, *Hypericum lanceolatum*, *Echinops Ellenbeckii* kommen erst am Westabfall des Semién-Hochlandes voll zur Entfaltung. Sie beherbergen auch noch *Olea* und *Juniperus*, übertreffen aber an Reichtum der Flora und an Üppigkeit der Entfaltung die eritreischen *Olea-Juniperus-Wälder* bei weitem. Entsprechend reichen im Takazé-Tal die feuchteren mesophytischen Savannen-Wälder wesentlich tiefer als am Mareb. Die obersten Baobab-Bäume wurden erst bei 900 m, ganz vereinzelt schon bei 1000 m gesehen. An der Takazé-Brücke zwischen Dembeguiná und Adi Akai bei 780 m ist die aride Dornsavanne noch nicht erreicht. Die nördlichen Hänge des Tales sind vorwiegend von den Savannenwäldern von *Terminalia*, die mehr regengeschützten Südhänge von den zum Xerophytismus neigenden Beständen des Weihrauchbaumes *Boswellia* eingenommen, dem auch Sterculien und Myrrhenbäume zugesellt sind. Beide Bestände haben einen u. U. dichten Unterwuchs des Tieflandbambus *Oxythenthera abyssinica*, einer Charakterpflanze auch der Feuchtsavannen des Sudantieflandes (T. F. CHIPP, 1930). Wenn wir die Obergrenze der Dornsavannen im Anseba-Tal mit 1500 m und im Mareb-Tal in ähnlicher Höhe festlegen konnten, so dürfte sie im Tal des Takazé-Setit noch unter 1000 m liegen. Sie steigt also an der Westabdachung Eritreas nordwärts an, um sich an der Nordgrenze des Landes in den Bergen von Karora mit dem Trockengürtel des Rotmeer-Grabens zu berühren, womit das feuchte Hochland Äthiopiens sein Ende erreicht.

## Literatur

- ABUL-HAGGAG, Y.: A Contribution to the Physiography of Northern Ethiopia. University of London/The Athlone Press, 1961. 153 S.
- BALDACCIO, L.: Osservazioni fatte nella Colonia Eritrea. Mem. Carta Geol. d'Italia, vol. 6, Roma 1891.
- BEYER, E.: Die Niederschlagsverhältnisse Äthiopiens. Dipl.-Arb., Univ. Bonn, 1968. Manuskript.
- BROWN, A. F.: Introduction to: CROWFOOT, GRACE M.: Flowering Plants of the Northern and Central Sudan. Leominster, o.J. (1928).
- BREITENBACH, F. VON: The Indigenous Trees of Ethiopia. Ethiopian Forestry Association. Addis Abeba, 1963. 305 S.
- CHIPP, T. F.: Forest and Plants of the Anglo-Egyptian Sudan. Geogr. Journ. 1930.
- CLOOS, H.: Hebung-Spaltung-Vulkanismus. Elemente einer geometrischen Analyse irdischer Großformen. Geol. Rundschau. 30, 1939, S. 401-527.
- DAINELLI, G. e MARINELLI, O.: Risultati scientifici di un viaggio nella Colonia Eritrea. Public. R. Istituto di Studi Sup. etc., Firenze, 1912, 601 S.
- DAINELLI, G.: Geologia dell'Africa Orientale. R. Acad. d'Italia, t. 7, vol. I-III. Roma 1943. S. 464, 704 u. 748.
- DEREGE DI DONATO, G.: Contributo alla conoscenza del regime pluviometrico nella Colonia Eritrea. L'Agricoltura Coloniale, anno 28, 1935, No. 8, 26 S.
- EREDIA, F.: Le precipitazioni acquee nell'Eritrea dal 1923 al 1931. Ann. degli Lavori Publ., anno 1932. Roma 1932.
- FANTOLI, A.: Africa Orientale Italiana. Carta Pluviometrica, 1 : 3 Mill. Ministero dell'Africa Italiana. Roma 1939.
- Sommario delle Osservazioni meteorologiche e pluviometriche, effett. nel 1939-40 in A. O. I. Estr. Bollett. Meteor. dell'Africa Italiana, o. J.
- FIORI, A.: Boschi e piante legnose dell'Eritrea. Firenze, Istit. Agric. Colon., 1912.
- FLOHN, H.: Studies on the Meteorology of Tropical Africa. I. Contributions to a Synoptic Climatology of the Red Sea Trench and adjacent areas. Bonner Meteorol. Abhandl., H. 5, Bonn 1965, 2. 1-35.
- L'Istituto Geografico Militare in Africa Orientale - 1885-1937. Istituto Geogr. Mil., Firenze 1939. 245 S., zahlreiche Kartenproben.
- KRENKEL, E.: Abessomalien (Abessinien und Somalien). Handbuch der Regionalen Geologie, Bd. 7, Heidelberg 1926. 118 S.
- MANASSE, E.: Contribuzione allo studio petrografico della Colonia Eritrea. Nava, Siena 1909. 169 S.
- MERLA, G. e MINUCCI, E.: Missione geologica nel Tigrai. I.: La serie dei terreni. R. Accad. d'Italia, Centro Studi Africa Orient. Ital. Roma 1938, 363 S.
- MUNZINGER, A.: Ostafrikanische Studien. Schaffhausen 1864. 584 S.
- PICHI-SERMOLLI, R. E. G.: Una carta geobotanica dell'Africa Orientale (Eritrea, Etiopia, Somalia). Webbia, vol. XIII, 1957. Firenze 1957. S. 15-132.
- RATHJENS, C.: Neuere Anschauungen über den geologischen Bau der Colonia Eritrea. In: Freie Wege vergleichender Erdkunde. Festschr. E. VON DRYGALSKI. München und Berlin 1925.
- SADEBECK, A.: Geognostische Skizze der Umgebung von Axum und Adua etc. Ztsch. Ges. Erdk. Berlin 1869.

- SCHWEINFURTH, G.: Pflanzengeographische Skizze des gesamten Nilgebietes und der Uferländer des Roten Meeres. *Pet. Geogr. Mitt.* 1868, S. 113–129, 155–169, 244–248.
- STEFANINI, G.: Saggio di una carta geologica dell'Eritrea, della Somalia e dell'Etiopia 1 : 2 mill., *Consigl. Naz. Ricerche, Comit. per la Geologia.* Firenze 1936. 195 S.
- TISSI, E.: I terreni auriferi dell'Eritrea. *Rassegna Econ. delle Colonie*, vol. 21, 1933.
- TROLL, C.: Bericht über eine Forschungsreise durch das östliche Afrika, I/II. *Koloniale Rundschau*, Jg. 27, 1935 (1), S. 1–34.
- : Wüstensteppen und Nebeloasen im südnubischen Küstengebirge. *Ztsch. Ges. f. Erdk. Berlin*, Jg. 1935 (2), S. 241–281.
- u. SCHOTTENLOHER, R.: Ergebnisse wissenschaftlicher Reisen in Äthiopien. *Peterm. Geogr. Mitt.*, Jg. 1939, S. 217–238.
- : Die Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. *Bonner Geogr. Abhandl.*, H. 9, Bonn 1952, S. 124–182.
- WEINSCHENK, E.: *Petrographisches Vademekum.* Freiburg 1907.
- WIEN, K.: *Klimatographische Witterungsschilderung.* Nr. 40: Eritrea. *Ann. Hydrogr. u. Marit. Met.*, Jg. 1935. Hamburg 1935. S. 287–289.

## DER KLIMAGANG IM RHEINISCHEN SCHIEFERGEBIRGE UND IN SEINEM NÄHEREN UND WEITEREN UMLAND ZWISCHEN DEM MITTELTERTIÄR UND DEM BEGINN DES PLEISTOZÄNS

Ein Beitrag zur Frage von „Tropenklima und Mittelgebirgsmorphologie“

JOSEF BIRKENHAUER

*Summary:* On the Reconstruction of Climatic Change in the Rhine Massif and its Borderlands during the Tertiary

By using geomorphological and sedimentological data (Part II) and by comparing them with the climatic conditions as shown by tertiary flora and fauna (Part III) the author tries to arrive at a finer and perhaps revised conception of how the climate of Central Europe developed during the Tertiary. (For former and different opinions, the reader will turn to the papers by BAKKER, BÜDEL and JESSEN. The results seem to be as follows. A fully – or even marginally – tropical climate of an A-type appears not to have been in existence since the Middle Oligocene (or the Upper Oligocene at most). Any such climate-type must definitely have come to an end in the following tertiary periods, (at least, this is to be deduced from our material). Instead, the prevailing climatic conditions since the Middle Oligocene can be described best as subtropical or “intermediate” (not cold, but not too hot either, similarly neither too arid, nor too humid: see Table) with some minor oscillations. The changes from the tropical to the subtropical climates and from these to the Pleistocene ones cannot be said to consist of sharp breaks; the changes were more or less smooth. Yet the change from the tropical towards the subtropical conditions may be called a real break in a geomorphological sense, since the subtropical climate prevailed from the Middle Oligocene right to the end of the Pliocene (Part IV). The geomorphological consequence of this conclusion seems to be obvious: peneplains (strictu sensu, only those formed under tropical conditions) could not be generated actively under such an altered climate. Yet: there certainly exist flattened levels which must have been formed between the Middle Oligocene and the beginning of the Pleistocene. For these levels a different type of creative mechanism must be assumed. The results arrived at from the data of a rather limited area can be well compared with the recent findings of MENSCHING in the Sahara and the older ones by MABESOOONE in the Duero Basin (Spain). The findings of these two authors seem to confirm our deductions – at least, they are not contradicted by them (Part V).

### 1. Voraussetzungen für die Problemstellung

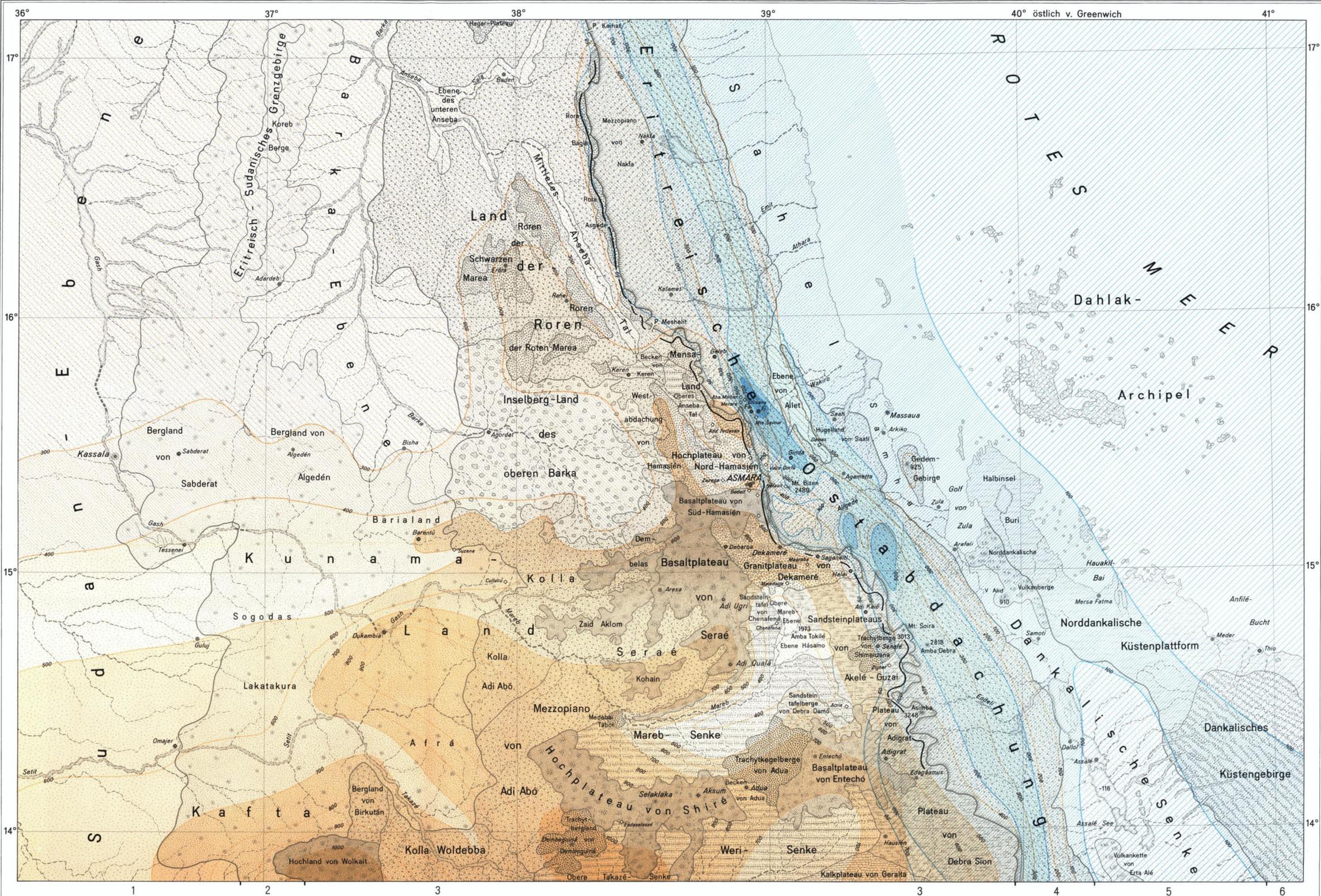
Im Rahmen der Darstellung über das „System der klima-genetischen Geomorphologie“ kommt J. BÜDEL (1969) auch auf die Morphologie unserer Mittelgebirge zu sprechen. Die dort vorhandenen Verbnungsniveaus oberhalb der pleistozänen Tal- und Terrassenbildung sind ihm zufolge samt und sonders Rumpfflächen im genetischen Sinn dieses Wortes. D. h. solche Flächen können nur unter tropischen bzw. randtropischen Bedingungen entstanden sein. Diese Zeit der „tropoiden Erde“ geht nach J. BÜDEL auch bei uns ins höhere Miozän hinein und in abgeschwächtem Maße bis an die Wende von Mittel- und Oberpliozän. Bis in diese Zeit hinein sollen unter ariden, wenn auch schon subtropisch zu nennenden klimatischen Gegebenheiten bei einer vorgegebenen Existenz von Altflächen sich Rumpfflächen, gewissermaßen zwangsweise vererbt, noch weiterentwickeln können (vgl. J. BÜDEL, 1969, S. 177, S. 180).

Im Zusammenhang mit einer breiteren Untersuchung über die Entwicklung des Talsystems im zentralen Rheinischen Schiefergebirge seit dem mittleren Tertiär hatte sich der Vf. unter anderem auch mit den obwaltenden klimatischen Bedingungen auseinandergesetzt. Die Ergebnisse hierzu sollen an dieser Stelle vorweggenommen und mit den Vorstellungen J. BÜDELS verglichen werden.

Sie beruhen auf folgenden Quellen: außer eigenen Beobachtungen im Gelände wurden Sedimentproben herangezogen, die vom Vf. in den Flußgebieten von Lahn, Mittelrhein und Nahe tertiären Ablagerungen entnommen und mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag des Vf. von Mitarbeitern des Geologischen Landesamtes von Nordrhein-Westfalen in Krefeld auf Schwer-, Eisen- und Tonmineralegehalt analysiert wurden. Nun sind allerdings zwischen dem untersten Miozän und dem Ober-

# C. Troll: Die naturräumliche Gliederung Eritreas (Nord-Äthiopien)

Beilage VII zu Erdkunde XXIV.4 Beitrag Troll



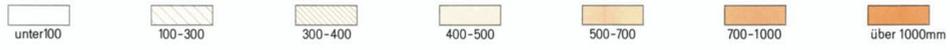
Die orographischen Landschaftszonen

- 1 Sudan-Ebene 2 Hügelland des Eritreischen Sudan und Barka-Ebene 3 Eritreische Hochflächen (Altopiano) und Westabdachung des Eritreischen Hochlandes 4 Ostabdachung des Eritreischen Hochlandes 5 Küstenebene des Roten Meeres und Dankalische Senke 6 Dankalisches Küstenland  
(Die Landschaften des Altopiano sind durch dunklere Flächen gekennzeichnet)

Die geomorphologischen Landschaftstypen

- |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|---|
|  | Von Basaldecken gekrönte Landschaften des Altopiano                            |  | Kristalline Ausraumsenken (z.T. Piedmontflächen) des Hochlandes                |  | Gehobene Küstenplattform Dankaliens (tertiär bis quartär)                   |
|  | Von Sandsteintafeln gekrönte Landschaften des Altopiano (Adigrat-Sandstein)    |  | Abdachungen des Hochlandes im kristallinen Gestein, z.T. verebnet (Mezzopiano) |  | Altkristallin-mesozoisch-jungvulkanisches Küstengebirge (Dankalische Alpen) |
|  | Kalkplateau von Geraita (Antalo-Kalk)  |  | Obere Barka-Ebene mit Inselbergen und Inselgebirgen                            |  | Ebenen in verschiedenen Höhenlagen  |
|  | Kristalline Hochflächen des Altopiano und der Roren (Rumpflächenslandschaften) |  | Kristallines Hügelland des Eritreischen Sudan                                  |  | Ostrand des Eritreischen Altopiano  |
|  | Trachyt-Kegelberglandschaften des Altopiano                                    |  | Vulkanische Kegelberglandschaften Dankaliens (rezenter Vulkanismus)            |  | Plattform des Dahlak-Archipels (Korallenkalk)                               |

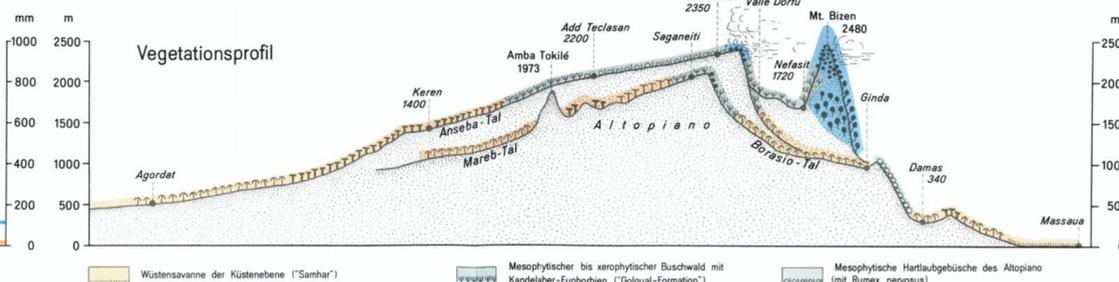
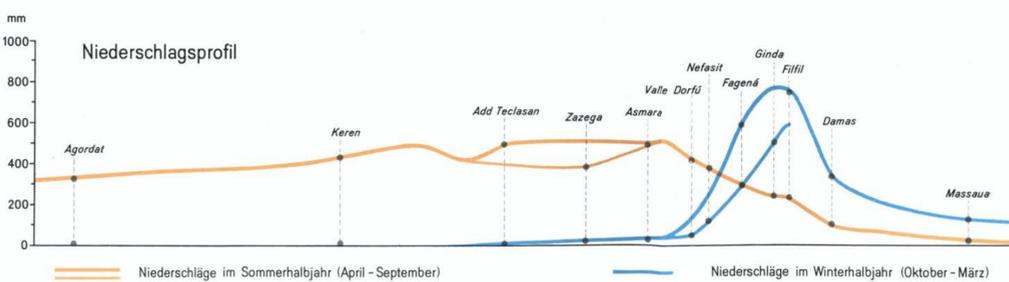
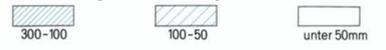
Niederschläge im Sommerhalbjahr (April - September)



Die Verteilung der Niederschläge für das Sommerhalbjahr (April - Sept.) und Winterhalbjahr (Okt.-März)



Niederschläge im Winterhalbjahr (Oktober - März)



Kartenmaßstab 1 : 1000 000

Kartographie: D. Gladenbeck

- |  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|---|--|--|
|  | Wüstensavanne der Küstenebene ("Samhar")                 |  | Mesophytischer bis xerophytischer Buschwald mit Kandakaber-Euphorbien ("Golqual-Formation") |  | Mesophytische Hartlaubbüsche des Altopiano (mit Rumex nervosus)                      |
|  | Xerophytische Dornbusch- und Dornbaum-(Acacia-) Savanne  |  | Xerophytisch-mesotherme Dornsavanne (Acacia etbaica)  |  | Immergrüne Nebelgehölze (mit Olea chrysophylla, Juniperus procera und Erica arborea) |
|  | Xerophytischer Dorn- und Sukkulentenbuschwald            |  | Immergrüner Hartlaubwald (mit Olea chrysophylla)  |  | Wälder der wälderreichen Nebel- und Wolkenbildung am Altopianorand.                  |
|  | Mesophytischer Falllaubwald ohne ausgeprägte Trockenzeit |  |   |  |  |

1. Heisse Stufe ("Kolla") 2. Warmtemperierte Stufe ("Woina Dega") 3. Kühltemperierte Stufe ("Dega")