

## Werk

**Titel:** Geomorphologische Abhandlungen

**Untertitel:** Otto Maull zum 70. Geburtstag gewidmet

**Jahr:** 1957

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 4 Z GEOGR 107:5

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN1030767181

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1030767181>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=1030767181>

**LOG Id:** LOG\_0008

**LOG Titel:** Zur Entstehung von Pinggen, Oriçangas und Dellen in den feuchten Tropen, mit besonderer Berücksichtigung des Voltzberggebietes (Surinam)

**LOG Typ:** section

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN103076624X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN103076624X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=103076624X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

# Zur Entstehung von Pingen, Oriçangas und Dellen in den feuchten Tropen, mit besonderer Berücksichtigung des Voltzberggebietes (Surinam)

Einige Bemerkungen über Granitverwitterung

*Meinem hochverehrten Frankfurter Lehrer,  
Herrn Prof. Dr. Otto Maull, zum 70. Geburtstag  
mit besten Wünschen geroidmet*

Von

J. P. BAKKER

Mit 12 Abbildungen

*About the forming of small cirques (Pingen and Oriçangas) and small compound cirques (Dellen) on granite in tropical rainforest climates, especially in the Voltzberg region (Surinam).*

1. FREISE in principle distinguishes two types of small cirques on granite in Brazil.

a) Cirques and compound cirques ("Baumverfallspingen" and Dellen) which have been formed under tropical rainforest. b) Oriçangas (= Water-eyes) formed in the dry region of NE Brazil.

2. My explorations during the Voltzberg expedition 1956 show that Oriçangas in different stages of development occur also in the humid tropics (lat. 4°40'N; annual rainfall c. 2300 mm; annual temperature 26–26.5°).

3. The granite-inselbergs are mainly covered with Lichens and Algae. In spite of the humid tropical macroclimate these cause weathering with high pH-values. In the afternoon the water of the Oriçangas showed pH-values of 7.6–8.2.

4. The SiO<sub>2</sub> dissolved with high pH-values is deposited in the form of small very resistant sheets of diameter of some cm and thickness of some mm—cm after the quick drying up of the surface of the Lichens and Algae.

5. Together with the Lichens and Algae the SiO<sub>2</sub>-sheets shut the granite off from deeper weathering, a situation which is not only of essential importance for the forming of the inselbergs in the tropics, but which also makes the granite surface dry microclimatologically. In spite of the smart showers the granite surface is dry again shortly after the rain has stopped, quickly reaching high temperatures (60–70° C). This circumstance renders fairly irrelevant the fact whether the tropical macro-climate is very humid or rather dry.

6. In connexion with the cyclic development of the soilprofiles under tropical rainforest and evergreen seasonal forest the explanation by FREISE of

his "Pinge" is implausible. Where he finds peat under the forest of his Pinge this is probably to be explained as Oriçangas filled with peat (also occurring in the Voltzberg region), overgrown by tropical rainforest or by tropical evergreen seasonal forest.

7. Quite new too was the discovery that in the humid tropics (Voltzberg region) granite weathering with the formation of high concentrations of montmorillonite (30%) and illite (c. 25%) — in the resulting clay of the cirques — can exist. This was to be expected in view of the high pH-value in the water of the cirques, and the high T-value of the clay fraction (42) determined by Dr. H. J. Müller in our Laboratory, all the same the discovery remained very surprising. For comparison may serve the fact that at a distance of less than 100 metres the clay under evergreen seasonal forest contains 85% kaolinite and 15% hydrargillite. Mention should also be made of the fact that the granite weathering of the Oriçangas is rich in epidotes and poor in alterites, whereas in the soil-profiles under the high forest all the epidotes have practically disappeared and the number of alterites is considerably larger (vide also the tables annexed to this publication).

## Einleitung

Bei der Inselbergbildung in Graniten und damit verwandten Gesteinen treten unter verschiedenen Klimaverhältnissen merkwürdige Pfannen, Näpfe, Kessel, Bromeliaceenhorste

<sup>1</sup> Für die ältere Literatur darf auf SAPPER [1935] verwiesen werden. Man vergleiche auch die Bibliographien von LINTON, BIROT, MORTENSEN und HEMPEL, MORTENSEN und SOLÉ SABARIS im Premier Rapport de la Commission pour l'Étude des Versants (Union Géographique Internationale), Amsterdam 1956.

usw. auf. Sie sind u. a. von THORBECKE aus Kamerun, von KREBS aus Dekan<sup>1</sup>, von FREISE [1938] und MAULL [1930] aus Brasilien, von JESSEN [1936] aus Angola und von HANNEMANN [1952] aus Texas erwähnt bzw. eingehender besprochen worden. Besonders FREISE hat diese Napf- und Pingenbildung im Zusammenhang mit der Vegetationsentwicklung untersucht.

Während meiner Expedition 1956 im Coppennamegebiet (Surinam) hatte ich Gelegenheit, in enger Zusammenarbeit mit den zwei Botanikern Frh. Dr. A. RUINEN und Dr. S. J. P. SCHULZ<sup>2</sup> die Napfbildung des Voltzberggebietes eingehender zu untersuchen.

### Die FREISE'sche Einteilung und Deutung der Kessel

Grundsätzlich unterscheidet FREISE [1938]:

A. Baumverfallspingen und Dellen, welche unter dem immerfeuchten Tropenurwald Brasiliens (IB—F) entstanden sind [Abb. 1, 2 und 3].

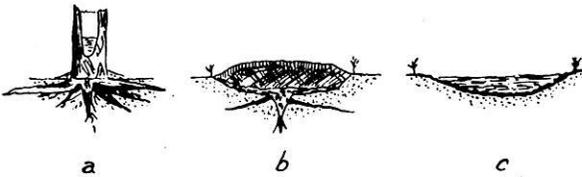


Abb. 1: Die subsilvine Entstehung von Dellen nach FREISE [1938]. Übergangsstadium vom Baumstandplatz (a) über verwesende Wurzelstumpfreste (b) zur Pinge (c).

B. Die Bromeliaceennäpfe (Oriçangas = Wasseraugen) und Dellen des Dürregebietes Brasiliens (IB—T).

A. FREISE betrachtet für das Urwaldgebiet zwischen Rio Doce und S. Matheus (Jahresmitteltemperatur 25,5° C mit fast 2200 mm NaCl- und NO<sub>2</sub>-reichen, auf acht Monate verteilten Niederschlägen) die Pingen als Keimzellen für den Aufspaltungsprozeß. Diese Pingen würden beim Verfall von Stämmen an der Altersgrenze durch Ausgärung der Stammruinen und der Wurzelstöcke entstehen (Abb. 1). Die Einzelpingen würden in dieser

<sup>2</sup> Meinen beiden Mitarbeitern beim ersten Teil der Expedition möchte ich hier nochmals auf das herzlichste für die anregenden Diskussionen danken. Herrn Dr. J. LINDEMAN, Botanisches Museum der Universität Utrecht, verdanke ich die Bestimmung der von SCHULZ gesammelten Pflanzen.

Weise 10—15 m<sup>3</sup>, Großpingen 20—30 m<sup>3</sup> Inhalt erreichen können.



Abb. 2: Aneinanderreihung verschiedener Pingen, deren Zwischenräume nach und nach durch Verwitterung verschwinden [nach FREISE 1938].

Dellen (Abb. 3 und 4) würden sich entweder aus aneinanderschließenden Pingen oder aus der Verfallsstelle eines umgelegten Großstammes bilden. Dellen der ersten Art haben 35 bis 50, selten bis 70 m Länge, 1,5 bis 3,5 m Tiefe und 1 bis 1,5 m obere Breite. Die Pingen und Dellen haben einen sichtbaren Auslauf, sei es, daß der vermoorende Inhalt überfließt oder daß eine Wandstelle infolge der fortschreitenden Lösungsprozesse durchbrochen ist. Sie sind deutlich durch eine Anzahl der von FREISE angegebenen Erscheinungen von den sogenannten Erosionsbarrancos unterschieden. Für eine weitere Beschreibung der Vermooring und Verwesung der Verfallsmassen der Pingen und Dellen darf hauptsächlich auf die Seiten 144—156 bei FREISE [1938] hingewiesen werden.



Abb. 3: Endform einer aus verschiedenen Pingen gebildeten Delle [nach FREISE 1938].

B. Als Dürregebiet bespricht FREISE besonders die im nordöstlichen Teil Brasiliens (W-Ceará; W-Pernambuco; S-Piauí und NW-Bahia) durch granitische und gneisige Muttergesteine bedingten Oberflächenformen (Niederschlag von nur 400 bis 600 mm Jahreshöhe, von welchem etwa 90% von Dezember bis Mitte Februar und im Zeitraum von drei Wochen um den 1. April fallen). Hier würden nach FREISE nebeneinander auftreten: Reste ehemaliger Baumverfallspingen; Bromelia-



Abb. 4: Öffnung einer Delle nach der Hangseite unter allmählicher Bildung einer Überlaufnische [nach FREISE 1938].



Abb. 5: Eine trockene und eine mit Wasser gefüllte junge Orçanga auf der Granitplaat. Etwas mehr im Hintergrund ein weißer Fleck, auf dem vor kurzem noch eine höhere Vegetation wuchs. Diese jungen Orçangas haben noch keine deutliche Abfuhrrinne; sie sind teilweise aufgefüllt mit Epidot-, Zirkon- und glimmerhaltigem Verwitterungssand, einer Lichenen-Algengesellschaft und Humus (16,2 bis 18,2%). Links eine ganz mit etwa 6 m hohen Sträuchern von *Clusia nemorosa* G. W. F. Mey aufgefüllte Orçanga. Im weiteren Hintergrund die mehr oder weniger geschlossene Savannenvegetation, welche in den niedrigen Regenwaldtypus übergeht (man vergleiche auch Fig. 12). Photographie Drs. J. P. SCHULZ.



Abb. 6: Vermoorungsstadium der Orçanga-Entwicklung (Granitplaat). Die Auffüllung besteht aus epidot-, zirkon- und glimmer- und etwas tonhaltigem grobem Quarzsand und Moor (Humusgehalt 16,1%), bzw. sandigem Moor. Die „nasse“ Pflanzengesellschaft besteht aus: *Scleria setacea* Poir. (Cyperacee), *Mesosetum cayennense* Steud. (Graminee), zwei Papilionaceen, unter welchen *Cassia tetraphylla* Desv. var. *saxafilis* Amsl. und *Ernestia rubra* Pulle (eine Melastomataceae). Im hinteren Teil der Orçanga: Sträucher von *Clusia nemorosa* G. F. W. Mey (eine Guttifere). Wie auf Abb. 5 wird die dunkelgraue Oberfläche des Granites durch die Lichenen-Algengesellschaft gebildet. Die Überflußrinne der Orçanga liegt unter den *Clusia*sträuchern im Hintergrund. Im linken Teil des weiteren Hintergrundes ist die Grenze zwischen der Savannenvegetation und dem niedrigen Regenwald deutlich zu sehen (Photographie Drs. J. P. SCHULZ).



Abb. 7: Rückzugsstadium der Vegetation in einer Oriçanga auf der Granitplaat mit ungefähr senkrechter Hinterwand, welche aber nicht mehr von den Pflanzen berührt wird. Die Pflanzengesellschaft besteht aus: Mesosetum cayennense Stend. (sehr zahlreich), Panicum vs. parvifolium Lam., Scleria setacea Poir., Cassia tetraphylla Desv. var. saxafilis Amsl., eine andere Papilionacee spec., Ernestia rubra Pulle (ziemlich zahlreich), Campylopus (?), Furcraea foetida. Der Strauch ist ein Ficus. — Die weißen Flecken am Rande der Oriçanga sind die vor kurzem von den höheren Pflanzen verlassenen Stellen. In der Abfuhrinne im Vordergrund finden sich Schuppenreste der Mesodesquamation. Im Hintergrund (links) der Voltzberg (Photographie Drs. J. P. SCHULZ).

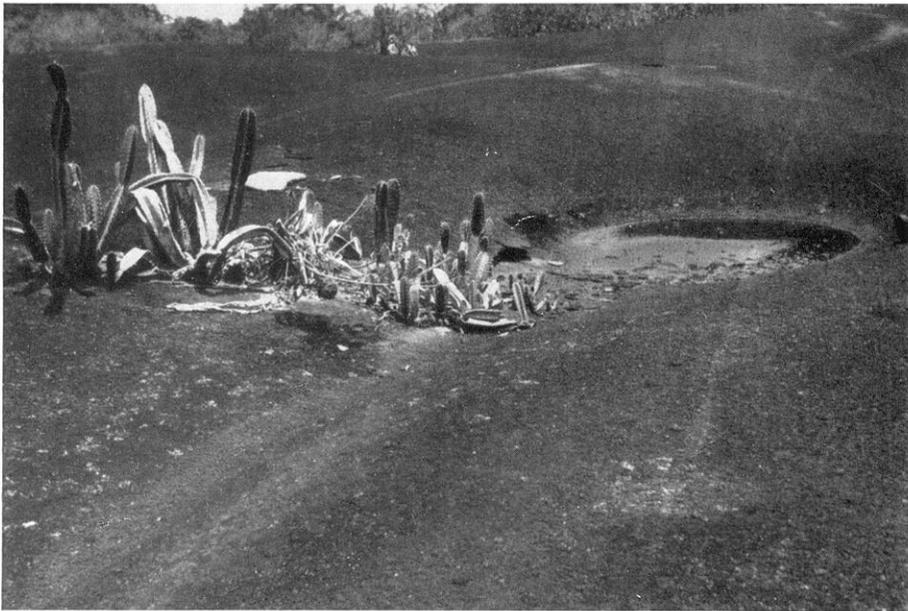


Abb. 8: Eine alte Oriçanga mit einer Mikroterrasse (beim Schuh) und einer nur einige cm hohen Verjüngungswand. In dem mit Wasser, Sand und der Lichenen-Algengesellschaft gefüllten Becken wurden Temperatur- und pH-Messungen vorgenommen. Ob die Cacteen (Cereus) neue Einwanderer oder im Rückzug begriffen sind, ist nicht festzustellen. — Links der dünne Typus der Mesodesquamation (Mächtigkeit der Schuppen  $< 5$  cm). Rechts eine Diaklase, die, wie manchmal, keinen Einfluß auf Lage und Richtung der Oriçangas haben. Im Vordergrund: die Überflußrinne mit deutlich konvexem Profil. Die kleinen weißen bis grauen Flecken sind entweder Kieselplättchen oder junge Abschuppungsstellen derselben (Photographie Drs. J. P. SCHULZ).

ceennäpfe (Oriçangas); seltener Dellen und Überlaufnischen.

Unsere Untersuchungen im Voltzberggebiet haben eine Reihe von Tatsachen geliefert, welche es sehr fraglich machen, ob ein Teil der von FREISE vertretenen Auffassungen über die grundverschiedene Bildung von Oriçangas einerseits und Baumverfallspingen andererseits unter zwei verschiedenen Klimaverhältnissen aufrechtzuerhalten ist<sup>3</sup>.

In diesem vorläufigen Bericht sollen die nachfolgenden Punkte kurz behandelt werden:

1. Einige allgemeine Bemerkungen über das Voltzberggebiet
2. Die Klimafrage
3. Die Typen der Granitverwitterung im Voltzberggebiet
4. Die FREISESche Erklärung der Pingen

1. Das Voltzberggebiet liegt in ungefähr 4° 40' n. Br. Die jährliche Niederschlagsmenge dürfte etwa 2300 mm betragen (BRAAK 1955; BAKKER 1954). In der unmittelbaren Nähe des Voltzberges fehlen aber Regenstationen vollständig. Mehr nördlich bei der Mündung des Tibiti-Flusses in den Coppename fielen in der Periode 1911 bis 1930 jährlich 2195 mm Niederschlag. Am mehr südlich gelegenen Gebirgsrand soll nach Berechnungen im Rahmen des Brokopondo-Stauseeprojekts die jährliche Regenmenge sogar 3000 mm übersteigen. Nur die Periode, welche ungefähr in der zweiten Hälfte des September anfängt und bis in die erste Hälfte des November fort dauert, ist ganz oder teilweise als Trockenzeit in klimatologischem Sinne zu betrachten.

Die mittlere Jahrestemperatur in Paramaribo (ungefähr 5° 45' n. Br.) ist 26 bis 26,5° C.

Im Voltzberggebiet findet man alle Vegetationstypen zwischen Hochwald und fast nackten, nur mit einer Flechtengesellschaft bewachsenen Granitplatten und Glockenbergen. Wir fanden

- a) niedrigen Regenwald („evergreen seasonal forest“ im Sinne FANSHAWE'S [1952]) auf noch nicht verkrusteten lateritischen Böden (maximale Höhe rund 30 m).

<sup>3</sup> In Zusammenhang mit der Bodenprofilentwicklung hoffe ich auf FREISES Vegetationszykluslehre an anderer Stelle zurückzukommen.

- b) degradierten niedrigen Regenwald („Liane forest“ im Sinne LINDEMAN'S auf schwach abgetragenen (trunkierten), mäßig verkrusteten Böden.
- c) Bergsavannenwald im Sinne LINDEMAN'S auf stärker trunkierten, verkrusteten Böden (Höhe rund 15 m).
- d) schmalere Streifen und Flecken von Sträuchersavannen (einschließlich kleinerer Gewächse) auf den letzten Resten der durch Bodenerosion zerstörten Lateritkrusten.
- e) fast nackte Granitplatten, -hügel und Inselberge, größtenteils mit Flechten usw. bedeckt. Auf Böschungen < 56° und in den Pingen bzw. Oriçangas ist manchmal wieder eine Savannenvegetation im Einwandern begriffen (Hintergrund von Abb. 5; Abb. 6). An anderen Stellen gibt es Hinweise, daß die Savannenvegetation wieder zurückgewichen bzw. schon verschwunden ist (Abb. 7 und 8).

Das Voltzberggebiet besteht hauptsächlich aus Biotitgranit, z. T. etwas porphyrisch, in dem Feldspäte (Albiet, Perthit, Oligoklas, Mikroklin) als Erstling auftreten. Nach VAN LOON (mündliche Mitteilung) haben die größten Feldspatkristalle einen Durchmesser von 1 cm. Stellenweise sind in diesen Graniten noch kleinere Schieferreste festzustellen.

2. Bezeichnend für die Klimafrage ist, daß auf dem fast nackten Granit der sogenannten „Granietplaat“ (Granitplatte) und des Voltzberges Oriçangas in verschiedenen Stadien der Entwicklung vorkommen (Abb. 5, 6, 7, 8). Das heißt also, daß in einem feucht-tropischen Gebiet genau dieselben Kleinformen von derselben Größenordnung vorkommen wie diejenigen, welchen FREISE eine Entstehungsweise in einem viel trockneren Klima zuschrieb. Die Erklärung ist wohl in der Tatsache zu suchen, daß für solche Granitplatten die mehr oder weniger große makroklimatologische Feuchtigkeit nur eine bescheidene Rolle bei der Bildung der Oriçangas spielt. Viel wesentlicher ist, daß in den feuchten Tropen ein sehr großer Teil der Niederschläge in Form von mehr oder weniger kurzstündigen Schauern fällt, welche auf den Granitplatten und Inselbergen schnell zerstäuben, verdunsten oder durch untiefe Rinnen oder von Schichtfluten abgeführt wer-

den. Eine Stunde oder noch weniger nach dem Regen ist die mit Flechten bedeckte oder nackte Granitoberfläche schon wieder ganz trocken. In diesem Zusammenhang ist wichtig, darauf hinzuweisen, daß FREISE Oberflächentemperaturen des nackten Granits von 60 bis 70° C erwähnt. Auch meine Beobachtungen ergaben Temperaturen von rund 60° C (September-Oktober 1956). Selbst nach Regenfällen am Ende des vorigen Tages oder in der vorhergehenden Nacht wurden noch Höchsttemperaturen von 45 bis 50° C gemessen<sup>4</sup>.

Sehr wesentlich ist auch, daß sich unter dem Einfluß der Lichenen-Algengesellschaft auf dem Granit unserer Surinamischen Landschaft neue Kieselplättchen bilden. Die größten von mir gefundenen Plättchen haben einen Durchmesser von etwa  $7 \times 4$  cm. Es ist nicht richtig, hier von einer Kieselkruste zu sprechen, denn die Plättchen sind durch kleine Lücken voneinander getrennt. Vielleicht wäre hier der Name Kettenpanzer zu benutzen. Doch schließen die Lichenen-Algengesellschaft einerseits und die Kieselplättchen andererseits den darunterliegenden, besser erhaltenen Granit fast völlig ab. Ein Boden, der als Feuchtspeicher dienen kann, fehlt hier also vollständig, was auch in den feuchten Tropen eine sehr schnelle Austrocknung der Oberfläche der Granitplatten, welche also die klimatologischen Feuchtigkeitszahlen morphologisch mehr oder weniger belanglos macht, begünstigt. Man könnte hier von einer durch die eigenartigen Verwitterungs- und Vegetationsverhältnisse bedingten a-makroklimatischen bzw. mikroklimatischen Trockenheit der Granitoberfläche sprechen.

3. Abgesehen von der sehr komplizierten Granitverwitterung im Bereich der tropischen Flüsse mit starker Verwilderungstendenz kann man im Voltzberggebiet zwei Haupttypen der Verwitterung auf Granit und damit verwandten Gesteinen (Granodioriten, Gneisen und Granodioritgneisen) unterscheiden:

a) Die Verwitterung der mehr oder weniger nackten Felsen einschließlich der Oriçanga-verwitterung.

<sup>4</sup> Meine Temperaturbeobachtungen geschahen mit Sixthermometern unter einer ungefähr 1 bis 2 cm dicken gelbweißen künstlichen mittelkörnigen Sandschicht auf einem grauweißen Granitfleck, wobei der Sand länger feucht blieb als die unbedeckte dunklere Granitoberfläche.

b) Die Verwitterung unter tropischem Hochwald.

a) Ohne dieses Problem hier eingehend zu behandeln, kann wohl bestätigt werden, was andere Forscher schon gefunden haben [man vergleiche u. a. HANNEMANN, 1951/52], nämlich, daß die Kesselbildung auf kahlen Granitoberflächen unter übrigens sehr verschiedenen Klimaverhältnissen in irgendeiner Weise etwas mit Abschuppung zu tun hat (Abb. 7 und 8). Die Typologie dieser Abschuppungserscheinungen im Voltzberggebiet lasse ich hier unbesprochen. Wohl möchte ich aber auf eine Anzahl von Tatsachen hinweisen, welche m. E. für die Oriçangabildung sehr wichtig sind, aber in der Literatur, soviel ich weiß, nicht oder nur unvollständig erwähnt worden sind. Abb. 5 zeigt im Vordergrund eine trockene und eine mit Wasser gefüllte Oriçanga. An anderen Beispielen auf derselben Granitplatte kann man feststellen, daß es Übergangsformen von sehr flachen untiefen Abschuppungsnischen zu fast ganz offenen Wasseraugen — eine schwach entwickelte Schwelle ist immer da —, wie sie Abb. 7 zeigt, gibt. Obwohl die Sache dort etwas komplizierter ist, kann hier doch auch auf Abb. 8 verwiesen werden. Die Höchstdurchmesser der herzförmigen, mit Wasser gefüllten Oriçanga von Abbildung 5 sind  $1,65 \times 1,40$  m. Ihre Tiefe ist 3,5 cm. Auf derselben Granitplatte hatte ein ähnliches untiefes Wasserauge Höchstdurchmesser von  $2,40 \times 1,80$  m. In diesem Stadium fehlt noch eine deutliche Entwässerungsrinne mit konvexem Längsprofil, welche in Abbildung 7 und 8 aber wohl vorhanden ist, während ihre Vegetation aus einer noch nicht näher untersuchten Flechtengesellschaft<sup>5</sup> besteht. In der in Fig. 8 abgebildeten Oriçanga wurden gleichzeitig mit Sixthermometern unter einer dunklen Flechten-Algenschicht Temperaturmessungen und im mit Flechten gemischten Wasser (bis fast zum Austrocknungsstadium) mit der Kolorimetrischen Methode LAMOTTE-KENNY<sup>6</sup> pH-Messungen ausge-

<sup>5</sup> Solange darüber noch keine eingehenden Untersuchungen vorliegen, spreche ich ganz allgemein nur von Lichenen- bzw. Lichenen-Algengesellschaft.

<sup>6</sup> Die Indikatorflüssigkeiten waren Methylrot (pH 4,4—6,0); Bromthymolblau (pH 6,0—7,6) und Kresolrot (pH 7,2—8,8). Im physisch-geographischen Labor wurde nachher nachgeprüft, ob Änderungen der pH-Werte bei Temperaturen zwischen 20 und

führt. In einigen anderen Wasseraugen wurden nur pH-Messungen vorgenommen. Die Minimumtemperaturen waren 20 bis 27° C; die Maximumtemperaturen in der nassen bis noch einigermaßen feuchten Lichenen-Algenmasse 39 bis 43,5° C und im völlig trockenen Material 50 bis rund 60° C. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß das Oriçangasediment nur aus zwei Komponenten besteht, nämlich aus Kieselplättchen bzw. Glimmer, Epidot und zirkonhaltigem sehr grobem Quarzsand (einschließlich etwas Ton) und aus Resten der Lichenen-Algengesellschaft und deren Humifizierungsprodukten. Blätterreste von höheren Pflanzen fehlen vollständig.

Eine Vierzahl von pH-Messungen in frischem Regenwasser an verschiedenen Tagen ergaben 5,3 bis 5,4 (7 Uhr), 6,9 (14 Uhr), 6,7 (17.30 Uhr) und 6,6 (18 Uhr). Auch die pH-Werte des Wassers der Oriçangas mit Lichenen-Algengesellschaft waren zwischen 8 und 10 Uhr erheblich niedriger als zwischen 14 und 16 Uhr, bzw. 6,4 bis 7,4 und 7,6 bis 8,2, was wie bei Regenwasser wenigstens z. T. wohl auf Änderungen im CO<sub>2</sub>-Gehalt zurückzuführen ist. Sehr überraschend waren die hohen pH-Werte (7,6 bis 8,2)<sup>7</sup>. Eine nähere Betrachtung des Gesteines ergab, daß sich unmittelbar unter den Kieselplättchen u. a. noch deutlich sichtbare, nicht mehr ganz frische Feldspäte befinden, welche von der genannten Lichenengesellschaft ständig angefressen werden, wobei eine Gel-artige Masse entsteht. Auch die Quarzkristalle der Granite selbst entspringen dieser Anfressung nicht. Daß dabei Hydroxylionen, welche die hohen pH-Werte erklären können, in die Flüssigkeit kommen, ist nicht unwahrscheinlich. Es sei gestattet, in diesem Zusammenhang an den Mg-, Na- und K-Gehalt der Feldspäte zu erinnern. Man vergleiche hier auch BIROT [1954].

45° C zurückzuführen sind auf Änderungen im Umschlagsgebiet der Indikatoren bei Temperaturerhöhung. Das war nicht der Fall.

<sup>7</sup> Die kesselförmigen Vertiefungen mit überhängenden Wänden in grobkörnigen gneisoiden Granodioriten bei Quiadá (Brasilien) wurden von BRANNER und PASSARGE (SAPPER 1935, S. 90—92) durch das Auftreten von organischen Säuren im stehenden Wasser erklärt, was jedenfalls für die Jugend- und Verjüngungsstadien der Oriçangas im Voltzberggebiet nicht zutrifft. Dazu sind die pH-Werte in den Lichenen-Algenstadien viel zu hoch.

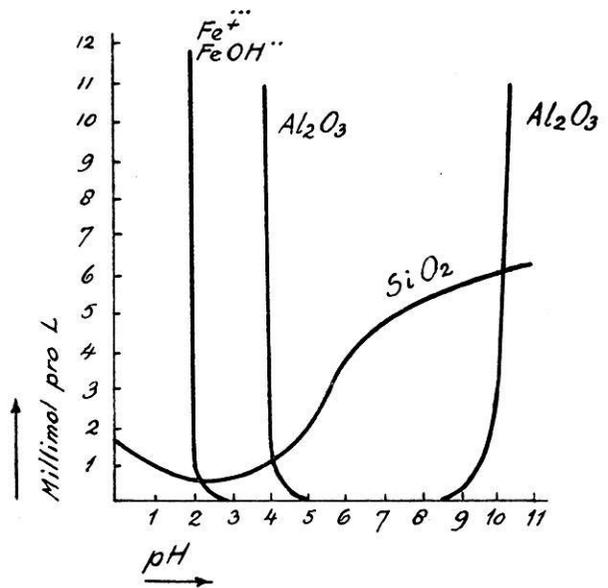


Abb. 9: Löslichkeit von SiO<sub>2</sub>-Gel, Al-Hydroxyd und Eisen (III)-Hydroxyd in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration [nach C. W. CORRENS 1949].

Betrachtet man weiter CORRENS' Löslichkeitskurve vom SiO<sub>2</sub>-Gel (Abb. 9), dann sieht man gleich, daß eben der pH-Bereich zwischen 5,3 (Regenwasser) und 8,2 außerordentlich wichtig ist. In diesem Bereich jedoch steigt die Löslichkeit vom SiO<sub>2</sub>-Gel bis auf ungefähr das Doppelte. Damit sind wir vermutlich einer sehr wichtigen Ursache der Quarz- und Feldspatverwitterung und der Kieselplättchenbildung, welche u. a. für das Granitinselbergproblem von größter Bedeutung ist, auf die Spur gekommen; denn u. a. infolge der starken Erhitzung und Austrocknung der Granitoberfläche bilden sich aus dem SiO<sub>2</sub>-Gel die schon oben erwähnten Kieselplättchen, welche irreversibel eintrocknen und deswegen ungeheuer widerstandsfähig sind. Diese Widerstandsfähigkeit ergibt sich u. a. aus der Tatsache, daß die Plättchen, welche zuerst in kleinen Hohlformen abgelagert werden, nachher infolge der selektiven Verwitterung als positive Mikroreliefformen<sup>8</sup> auftreten. Wie schon gesagt, beobachtet man an solchen fast nackten Granitoberflächen des Voltzberggebietes einen Kettenpanzer von Kieselplätt-

<sup>8</sup> Bei Quiadá wird die raue Oberfläche der Granodiorite von PASSARGE [SAPPER 1935, S. 92] im Anschluß an BRANNER durch das Hervorstehen von Feldspäten erklärt. Sind das wirklich Feldspäte oder feldspatähnliche SiO<sub>2</sub>-Plättchen?

den, welcher in hohem Maße bestimmend auf den Charakter der Granitverwitterung wirkt. Einerseits verhindern die höchstens 1 bis 2 cm dicken Kieselplättchen eine schnelle Verwitterung und ein tiefes Eindringen derselben. Andererseits rufen sie eine Mikro-Desquamation hervor, nicht nur auf den Rücken (man vergleiche die kleinen weißen Flecke vor der Kakteengruppe in Abb. 8), sondern auch innerhalb und besonders am kleinen nur einige Zentimeter hohen senkrechten Steilrand der Wasseraugen, welche in Abb. 5 und 8 deutlich zu sehen sind. Der Sand bzw. die Kieselplättchen, welche im Jugendstadium oder in einem späteren Verjüngungsstadium in den Oriçangas vorkommen, verdanken ihre Entstehung größtenteils dieser Mikro-Abschuppung.

Neben dieser Mikrodesquamation der Kieselplättchen tritt eine Abschuppung auf, wobei die Dicke der Granitschuppen einige Zentimeter bzw. 5 bis 10 cm nicht übertrifft (Abbildung 7). Ich möchte diesen Typus als Mesodesquamation bezeichnen. Nicht immer entstehen dabei Oriçangas vom Typus wie in Abb. 5; denn gleichzeitig mit der Abschuppung können höhere Pflanzen in die Gesteinsrisse einwandern und durch ihre Schattenwirkung das Auftreten der Lichenen-Algengesellschaft mehr oder weniger verhindern. Diese Einwanderer sind u. a. die Cacteen *Cereus*, *Melocactus* und *Nopalía*, die Bromeliaceen *Furcraea foetida* und *Ananas*, die Gräser *Thrasya campylostachya* (Hack.) Chase, *Mesosetum cayennense* Stend., *Panicum vs. parvifolium* Lam., die Cyperaceen *Scleria setacea* Poir., *Rhynchospora barbata* (Vahl) Kunth., *Bulbostylis capillaris* (L.) Kunth. var. *maior* Utt., die Guttiferen *Clusia nemorosa* G. F. W. Mey und *Clusia pana-panari* (Aubl.) Choisy, die Melastomataceen *Ernestia rubra* Pulle, *Aciotis cf. laxa* (L. C. Rich) Cogn. und *Miconia albicans* (Sw.) Triana, die Papilionaceen *Cassia tetraphylla* Desv. var. *saxafilis* Amsl., die Moracee *Ficus*, Araceen (*Philodendron* ?), Musci spec. (*Campylopus* ?), *Mimosa* und die Euphorbiacee *Jatropha urens* L. Man vergleiche weiter Beilage I und die Unterschriften der Abbildungen 5, 6, 7, 8, 12. Es ist ausdrücklich zu betonen, daß diese Einwanderung der höheren Pflanzen, Musci und Lichenen in sehr verschie-

denen Gesellschaften vor sich geht und nicht ohne Schwierigkeiten in einer Entwicklungsreihe unterzubringen ist, auch deswegen nicht, weil die Stadien des Eindringens der Pflanzengesellschaften nicht immer leicht von denjenigen des Zurückweichens zu trennen sind. Das „Neben-einander“ ist leicht festzustellen, die Reihenfolge des Nach-einanders aber nicht. Andererseits gibt es aber sehr charakteristische Bromeliaceenhorste mit *Furcraea foetida* als Dominante, Orchidaceen-Melastomataceenhorste mit *Ornithocephalus falcatus* und *Ernestia rubra* als Dominanten (ein Rückzugsstadium) und Araceenhorste. Bei Mesodesquamation treten von den höheren Pflanzen *Cereus* und *Melocactus*, gelegentlich begleitet vom Gras *Mesosetum cayennense* Stend., *Clusia nemorosa* und eine Bromeliacee wohl als erste Einwanderer in die Abschuppungsrisse auf. Auch das Hochstadium der Vermoorung der Oriçangas zeigt immer eine sehr charakteristische Pflanzengesellschaft mit Gräsern, Cyperaceen, *Cassia tetraphylla*, *Ernestia rubra*, *Campylopus* (?) und *Clusia nemorosa* (Abb. 6).

Aus Platzmangel konnten nur vier von den zahlreichen Photographien der Vegetationstypen der Oriçangas in diesem Bericht aufgenommen werden. Die Reste der höheren Pflanzen in den Oriçangas des Voltzberggebietes sind auch unten im Sedimentprofil bzw. Bodenprofil nur noch z. T. in Humus umgesetzt. Beim Zerfall der organischen Masse können sehr hohe Wasserstoffionenkonzentrationen auftreten. Bei dem in die Rinnsale austretenden Wasser wurde einige Male ein pH von 4,4 (und noch bedeutend niedriger) gemessen<sup>9</sup>. Leider konnten mit der Methode LAMOTTE-KENNY keine exakten noch niedrigeren pH-Werte gemessen werden. In den Lichenen-Algenstadien der Oriçangas ist der Tongehalt vielfach sehr niedrig. Die Proben 56—113 A und -J enthalten nur 1 bis 2 % Ton, an dessen Zusammensetzung auch noch Glimmer beteiligt ist. Etwas größer (7,5 %), aber auch wieder durch Glimmer verunreinigt, ist der Tongehalte der Probe 56—113 E<sub>1</sub> (Abb. 10). Die Moorprobe 56—47 entstammt einer Oriçanga

<sup>9</sup> Die im Labor elektrometrisch bestimmten pH (in H<sub>2</sub>O) des zuerst lufttrocken und nachher wieder befeuchteten Humus war 5,1. Werte rund 5 wurde nach stärkerem Regenfall auch mit der Methode LAMOTTE-KENNY im Gelände festgestellt.

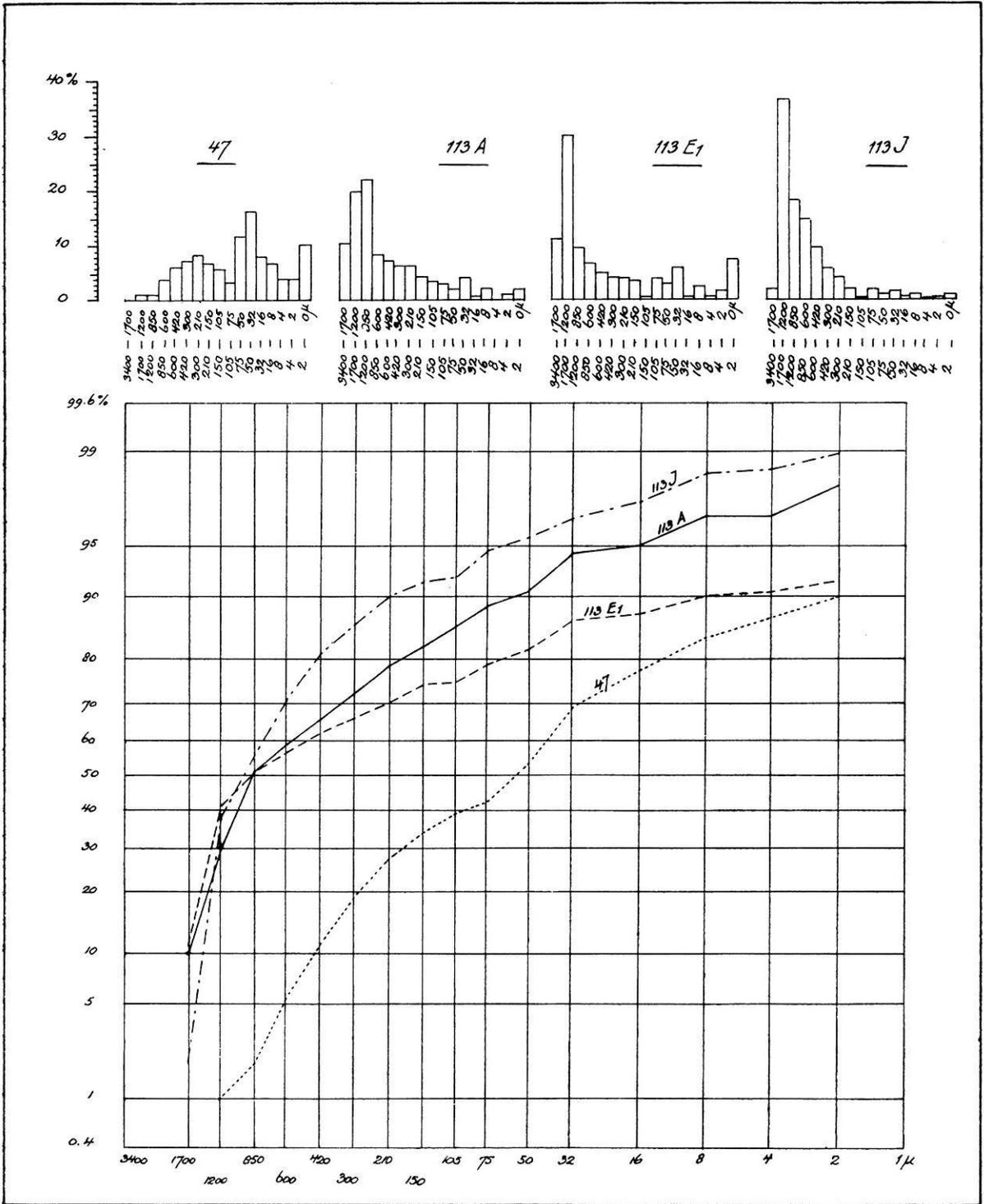


Abb. 10: Die Korngrößenverteilung des Materials von 4 Orçangas. Die Sedimentproben 1956—113 A, — 113 E1 und — 113 J entsprechen dem Lichenen-Algenstadium der Orçangabildung (man vergl. auch Abb. 5 und 8). Die Probe 47 ist einer vermoorten Orçanga entnommen; sie stellt ein typisches Dreiphasensediment dar, das den Übergang zwischen der reinen Lichenen-Algenverwitterung des Granites und der zweiphasigen Verwitterung unter Regenwald bildet. In den Fraktionen des zweiten Maximums zwischen 16 und 75 Mikron befinden sich u. a. Glimmer und noch nicht ganz verwitterte Feldspäte.

(welche eigentlich schon eine Delle oder eine mehr komplexe Form von  $12 \times 7,5 \times 2$  m darstellt), die eine Vegetation trägt, welche hauptsächlich aus Gräsern und Cyperaceen (Abb. 6) besteht. Neben einem Humusgehalt (Moorbildung) von etwa 16%, kann hier ein Tongehalt von 10% auftreten (Abb. 10). Allerdings ist zu bemerken, daß dieser grauweiße, also fast vollständig eisenfreie Ton noch Glimmerplättchen enthält, was das Gewicht des Tones etwas verringert. Elektronenmikroskopische, röntgenographische Untersuchungen usw. über den Charakter dieser Tone sind im Gang. In diesem Sumpfstadium (Vermoorungsstadium) (auch in den Trockenmonaten bleibt der Boden noch wochenlang naß) fand ich bis zu einer Tiefe von etwa 35 cm ein tonhaltiges, mooriges Sediment oder einen ebensolchen Boden. In diesem Stadium kann auch eine Art braungelbes Raseneisenerz gebildet werden, wobei es sich fragt, ob nur eine extrem niedrige pH (man vergleiche Abb. 9) oder auch die schnell auftretende und starke Verdunstung eine Rolle spielt. Denn auch bei pH-Werten, welche manchmal zwischen 4,4 und rund 5 liegen, wird die schmale Sole der Abfuhrinnen mit einer braunroten Eisenhaut überzogen, was doch wohl hauptsächlich eine Folge der Verdunstung sein dürfte. Das Sumpfstadium, in dem u. a. auch *Clusia nemorosa* und Melastomataceen zur Pflanzengesellschaft gehören können, ist das kritische Stadium, in dem entschieden wird, ob *Clusia* sich zu höheren Sträuchern bzw. zu Baumgröße entwickeln kann oder nicht. Nicht nur die Tonbildung und Vermoorung und die Rolle des Bodens als Feuchtspeicher, sondern auch nicht weniger die Wurzelbildung in den Gesteinsklüften sind hier von größter Bedeutung. Diese Tatsache ist eben in der Vegetationszykluslehre FREISE'S nicht genügend betont worden. Humusbildung allein reicht nicht, Humifizierung und Tonbildung auch noch nicht, sondern erst die Klüfte- und Blockbildung mit Tiefendurchmessern der Blöcke von wenigstens 40 bis 60 cm genügt, um die Einwanderung von Bäumen mit einer Stammstärke von etwa 30 bis 40 cm zu ermöglichen. Es wird noch darauf zurückzukommen sein. Manchmal sieht man aber, daß eben nach dem Erreichen des Sumpfstadiums die höhere Ve-

getation wieder an Bedeutung abnimmt (Abbildung 7). Eine Anzahl Kennzeichen dieser Zurückweichung, die ich z. T. Frl. Dr. J. RUINEN verdanke, sind hier zu nennen:

- a) Die Oriçangas sind nicht mehr bis zu den oder bis über die Ränder mit höheren Pflanzen aufgefüllt (Abb. 7).
- b) Weiße Flecken zeigen die Stellen, wo vor kurzem noch höhere Pflanzen wuchsen und die Lichenen-Algengesellschaft noch nicht hiervon Besitz ergriffen hat.
- c) Die Schichtfluterosion untergräbt die Ränder der Humusdecke, kalbt sie ab und legt manchmal die Wurzeln der Pflanzen frei.
- d) Die höheren Pflanzen zeigen Degradationserscheinungen und werden manchmal von Lichenen überwuchert. So bleibt *Clusia nemorosa* manchmal klein, hat schließlich nur noch kleine Blätter an den Spitzen der Zweige oder ist schon abgestorben. Auch *Cereus*, Orchideen und Bromeliaceen zeigen Hemmungen in ihrer Entwicklung.

In der Diskussion bemerkte SCHULZ wohl ganz richtig, daß vermutlich die starke Verdunstung der größeren *Clusia*sträucher die erste Ursache ist, daß die Moorböden der Oriçangas zu stark austrocknen und einen Rückgang der höheren Pflanzenwelt zur Folge haben. Dazu möchte ich bemerken, daß der Rückgang von *Clusia* nur eintritt, solange es den Wurzeln der Sträucher bzw. Bäumchen noch nicht gelungen ist, sich tief in die Gesteinsklüfte einzugraben, denn besonders am Rande der Granitplatte und des Voltzberges kann man schön beobachten, daß *Clusia* und andere baumgroße Gewächse ohne oder fast ohne Humusschicht am Leben bleiben (Abbildung 12), nur weil die dicken Wurzeln einen Weg in die Lager-, Quer- und Streckungs-Klüfte des Granits gefunden haben.

Es gibt verschiedene Andeutungen, welche darauf hinweisen, daß das Vordrängen der Lichenen-Algenvegetation einerseits und der höheren Pflanzen andererseits sich manchmal abgewechselt hat. Oriçangas mit starkem Lichenen-Algeneinfluß zeigen immer eine steile, manchmal sogar senkrechte Hinterwand, welche auch beim Vordrängen der höheren Pflanzengesellschaft noch eine gewisse Zeit erhalten bleibt (Abb. 7). Allmählich schrägen und runden sich aber die Wände ab. Bei erneutem

Überwuchern der Lichenen-Algengesellschaft fängt die Bildung von Steilkanten, zunächst als Kleinformen, wieder an (Abb. 8), bei welchem Prozeß ein Teil der früheren Oriçangasohle als eine Mikroterrasse in Erscheinung treten kann (Abb. 8).

Es ist schon bemerkt worden, daß in allen Stadien der Oriçangabildung fast immer ein gewisser Gehalt an Sand und Körnern (1,7 bis 3,4 Mikron) vorhanden ist (Abb. 10). Die von Herrn P. D. JUNGERIUS in unserem Labor ausgeführte Schwermineralienanalyse dieser Sande zwischen 50 und 1700 Mikron lieferte uns einen sehr charakteristischen Unterschied zwischen dem Verwitterungstypus des nackten oder fast nackten Granits, die Oriçangabildung mitgerechnet, und demjenigen unter Hochwald. Der Granit des Voltzberggebietes ist verhältnismäßig reich an Epidot. Nun ergab es sich, daß der Sand des ersten Verwitterungstypus sehr epidotreich (Bodenproben Nr. 47 und 113 A-J von Beilage II haben eine Epidot-Zirkongesellschaft) und alteritarm ist, während die Sandfraktionen des zweiten Typus ausgesprochen epidotarm und mehr alteritreich (Bodenproben Nr. 21 bis 24, eine fast reine Zirkongesellschaft) sind. Das heißt also, daß die Epidote bei der Hochwaldverwitterung größtenteils vernichtet worden sind; nur der widerstandsfähige Zirkon bleibt übrig.

Am Fuße der Steilwände des Voltzberges fand ich Waldbodenprofile, welche in ihrem unteren Teil epidotarm und infolge der Ablagerung von Verwitterungsprodukten des nackten Granits in dem oberen Teil epidotreich sind. Vermutlich spielt bei der Vernichtung der Epidote der Zeitfaktor eine gewisse Rolle. Andererseits muß darauf hingewiesen werden, daß die noch deutlich sichtbaren Kieselplättchen auf dem halbverwitterten, noch ziemlich festen Granit unter dem eben genannten Waldbodenprofil zeigen, daß hier noch vor kurzem eine fast nackte Granitoberfläche lag. Anscheinend handelt es sich hier also um älteren, auf dem ehemals fast kahlen Granit abgelagerten Gehängeschutt, der schon verhältnismäßig epidotarm ist, auf welchen jüngeres epidotreiches Gehängematerial sedimentiert wurde.

Die Verwitterung des Granits unter niedrigem Regenwald zeigt, wie schon teilweise er-

wähnt wurde, ganz andere Kennzeichen als diejenige der kahlen Felsen. Diese Kennzeichen sind:

a) Eine sehr starke Blockverwitterung, bei der die Verwitterung und Wurzelwirkung besonders die Lager-, Quer- und Streckungsklüfte angreift. Die Lagerklüfte können — wie ich feststellte — dabei in keilförmige Höhlen von etwa 100 cbm umgewandelt werden. Aber auch die Rolle der beiden anderen Diaklasentypen sind nicht zu vernachlässigen. In dieser Weise können durch Bodenzerstörung unter dem Hochwald freiliegende abgerundete Blöcke (Riesenkartoffeln) von 6 m Höhe und mehr als 10 m Länge entstehen.

b) Die Granitverwitterung ist eine typische Zweiphasenverwitterung (man vergleiche BAKER und MÜLLER: Zweiphasige Flußablagerungen und Zweiphasenverwitterung in den feuchten Tropen ...). Das besagt, daß die großen Feldspäte (bis 1 cm Durchmesser) des Voltzberggranits an Ort und Stelle in Ton, der aus kristallinem Kaolinit und etwas Hydrargillit besteht, umgewandelt worden sind. Dadurch erhält die Feinerde zwei Maxima im Histogramm (Abb. 11), während bei diesem Typus der Granitverwitterung ein deutliches Minimum irgendwo in den Mehlsandfraktionen (2 bis 50 Mikron) auftritt. Dementsprechend sind die q- und q'-Werte<sup>10</sup> stets hoch. Der Tongehalt ist 50 bis 50 %.

c) Wie schon erwähnt, tritt auch eine starke Epidotverwitterung und eine verstärkte Alteritbildung auf.

d) Aus der im Labor elektrometrisch bestimmten Wasserstoffionenkonzentration (in H<sub>2</sub>O) unserer Bodenproben ergeben sich für die A- und B-Horizonte erhebliche Unterschiede.

e) Es ist eine Gelbrotverwitterung, bei der auf den Hügeln die Farben der A-Horizonte etwa 5 YR 5/3 bis 4/3 und diejenigen der noch nicht sehr kompakten bis verkrusteten B-Horizonte bis 10 R 4/6 bis 5/8 der MUNSSELL'SCHEN Skala sein können.

<sup>10</sup>

$$q = \frac{\text{Fraktionen} < 2 \text{ Mikron}}{\text{Fraktionen} < 16 \text{ Mikron}} \times 100$$

$$q' = \frac{\text{Fraktionen} < 2 \text{ Mikron}}{\text{Fraktionen} < 50 \text{ Mikron}} \times 100$$

Die q-Werte sind meistens höher als 80, manchmal selbst höher als 90; die q'-Werte höher als 75.

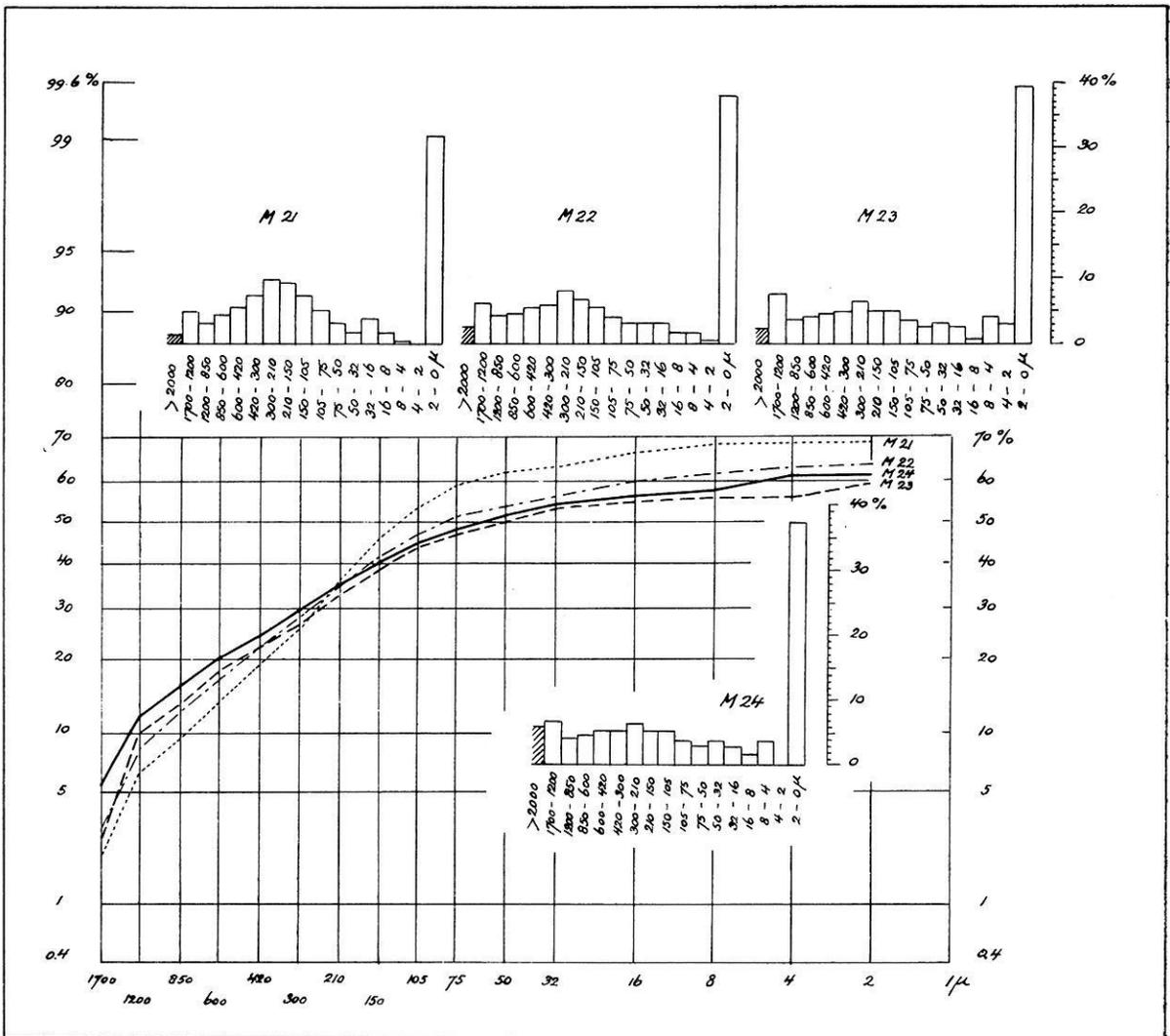


Abb. 11: Die Korngrößenverteilung eines Bodenprofils unter niedrigem Regenwald beim Basislager. Es sind typische zweiphasige Verwitterungsprodukte von Granit, in denen eine Sortierung des Quarzsandes kaum vorhanden ist und die Feldspäte fast ganz in Ton umgewandelt worden sind. Auch der Epidotgehalt ist niedrig; der Alteritgehalt jedoch höher als bei der Lichenen-Algenverwitterung.

Nur an Stellen, wo eine starke Perkolations auftritt, wie in der Nähe von Bächen und größeren Flüssen, ist eine grauweiße bis gelbe Farbe vorherrschend (10 YR 6/8 bis 7/1).

f) Die Mächtigkeit der A- und B-Horizonte von nicht stark zerstörten Bodenprofilen unter noch nicht degradiertem Hochwald beträgt insgesamt meistens etwa 1,5 bis 2,5 m, gelegentlich aber mehr als 3 m. Die Klüfte können aber bis in größere Tiefe mit Feinerde aufgefüllt sein.

4. Ein Teil der oben erwähnten Tatsachen muß bei einer Beurteilung der Pingentheorie

FREISE's in Betracht gezogen werden. Nicht nur, daß es m.E. nicht erlaubt ist, die Klimaverhältnisse der Orçangabildung einerseits und der Pingengebilde andererseits so scharf voneinander zu trennen, wie es FREISE tut, auch seine Pingentheorie selbst ruft viele Fragen hervor.

FREISE läßt seine Pingengebilde subsilvin in drei Stadien entstehen (Abb. 1). Obwohl dieser vorzügliche Untersucher es nicht ausdrücklich erwähnt, lassen seine Betrachtungen auf S. 144 [1938] keinen Zweifel darüber bestehen, daß seine Pingengebilde unmittelbar auf dem festen Gestein gebildet sein sollten. Also Hochwald unmittelbar auf Granit, ein Zustand, welcher bei

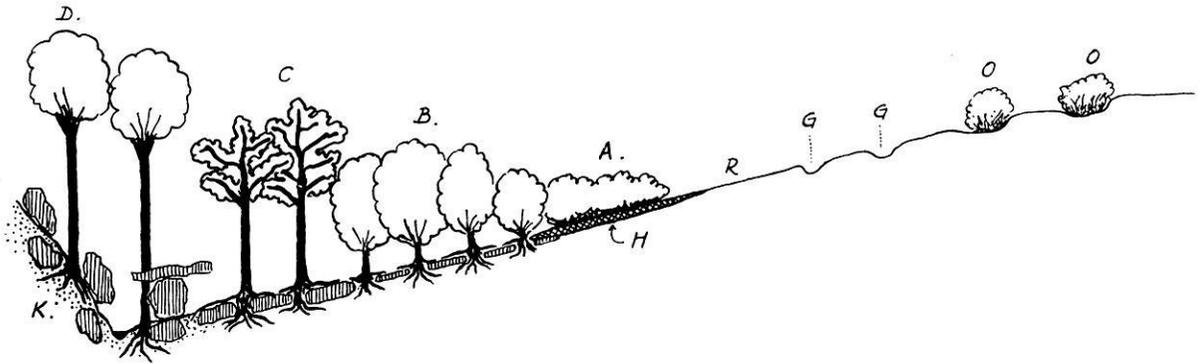


Abb. 12: Die Vegetationstypen am Rande der Granitplatte. Der „Caatinga“-Rand, wie ihn FREISE nennt, enthält in der A-Zone: *Lisianthus*, *Thrasya campylostachya*, *Cereus* und *Nopalnia*, *Ernestia rubra*, *Clusia nemorosa*, *Araceen spec.* *Ananas* und *Vanilla* (max. Höhe der Vegetation etwa 2–3 m). Diese Zone ist meist durch eine etwa 5–10 cm mächtige Humusschicht (H) gekennzeichnet. In der B-Zone wachsen u. a. 3–6 m hohe *Ficus* und *Clusia*-Sträucher. Die Desquamationsschuppen sind meistens 15–25 cm mächtig. Eine geschlossene Humusschicht ist gewöhnlich nicht vorhanden. — In der C-Zone wachsen bis etwa 40 cm dicke und bis etwa 15 m hohe meistens etwas verkrüppelte Regenwaldbäume. Eine geschlossene Humusschicht und Kolluvialböden fehlen. Die bis etwa 40–60 cm dicken Granitschuppen sind mit einem Netz von dicken Baumwurzeln, gegen welche sich kleine Feinschutt-, Sand- und Blätterreste anhäufen, bedeckt. In der D-Zone findet man den niedrigen Regenwald zwischen großen Blöcken auf gut entwickelten, noch nicht verkrusteten Bodenprofilen oder Kolluvialprofilen (Blockhöhe bis 6 m). O — *Oricangas*; G — Abfuhrinnen; R — Randböschung (Böschungswinkel 10 bis 25°); K — Kolluvialböden. Auf den Randböschungen fehlen deutlich entwickelte Rinnen und herrschen schnell wieder austrocknende Schichtfluten vor.

C in Abb. 12 am Rande einer Granitplatte zu beobachten ist und der mehr oder weniger dem Stadium a von FREISES Abb. 1 entspricht. Er ist durch die Wurzelbildung in den Klüften gekennzeichnet. Dazu ist zu bemerken, daß die Oberfläche manchmal gar nicht waagrecht liegt und daß eben in diesem Anfangsstadium der Hochwaldentwicklung die Bodenzerstörung durch Schichtfluten noch so stark ist, daß kaum oder gar kein Humus auf der Granitoberfläche liegen bleibt. Unter diesen Verhältnissen ist es ausgeschlossen, daß verwesende Wurzelstumpfreste (Stadium b von Abb. 1) an Ort und Stelle erhalten bleiben und selbst kleine Hügel bilden können. Nur in vorher gebildeten Hohlformen wie Klüften und *Oricangas* können sich Blättermassen und Humus (Moor) anhäufen. Würde man von dem Gedanken ausgehen, daß FREISE'S Stadien a und b erst im völligen Hochwaldstadium auftreten, dann ist zu bemerken, daß die verwesenden Wurzelstumpfreste niemals unmittelbar auf dem festen Gestein abgelagert werden, sondern immer auf einem ziemlich mächtigen Bodenprofil (die einzigen Stellen, welche bodenprofilfrei sind, sind die Gesteinsblöcke, auf denen überhaupt kaum Humus liegen bleibt und sich auch keine Pinggen bilden). Weil aber auch im völligen Hochwald-

stadium, wie FREISE selbst betont [1948, S. 154], die Bodenzerstörung ebenfalls noch ziemlich stark ist, ist es auch unter diesen Verhältnissen ausgeschlossen, daß sich aus verwesenden Wurzelstumpfresten Humushügel bilden können<sup>11</sup>. Und was die Bodenzerstörung von solchen Humusresten übrigläßt, das heißt, was sich mit den schon vorhandenen Blätter- und Filz-Horizonten vereinigt, wird in erster Linie zur weiteren Auslaugung der darunterliegenden A-Horizonte und zur Anreicherung der B-Horizonte beitragen. Ihr unmittelbarer Effekt auf die C- und D-Horizonte, also auf das mehr oder weniger feste Muttergestein des Untergrundes, muß äußerst gering, in manchen Fällen praktisch null sein<sup>12</sup>. Dies gilt um so mehr, da FREISE anscheinend annimmt, daß der Zerfall von nur einem Baum eine Pinge entstehen lassen kann, was besagt, daß eine derartige Pinge sich subsilvin innerhalb einiger

<sup>11</sup> Im Surinamischen Urwald habe ich derartige Humushügel niemals beobachtet.

<sup>12</sup> In diesem Zusammenhang dürfte erwähnt werden, daß der A<sub>0</sub>-Horizont (3–15 cm), welcher also unmittelbar unter dem Blätter- bzw. Filz-Horizont liegt, pH-Werte von 4,5 bis 4,7 aufweist, während im noch nicht verfestigten Eisenkonkretionen-haltigen B-Horizont die elektrometrisch bestimmte Wasserstoffionenkonzentration (in H<sub>2</sub>O) von 5,7 bis 6,2 beträgt. Der pH-Wert des in der Natur noch mäßig festen, aber im Labor leicht zerriebenen Granit (C-Horizont) betrug 5,6 bis 5,8.

hundert Jahre bilden würde. Rechnet man jedoch mit mehreren Baumgenerationen, dann werden sich in dieser Weise nur ausnahmsweise scharf begrenzte Pingen bilden können, allein schon aus dem Grund, weil bei der Waldverjüngung die jungen Bäume fast niemals genau an der Stelle ihrer Vorgänger hochwachsen.

Eine weitere Schwäche der FREISE'SCHEN Theorie ist das plötzliche Verschwinden der Gesteinsklüfte bzw. der Blockbildung im Untergrund, sobald Stadium C erreicht ist, als ob es in der Nähe keine anderen Bäume oder Bäumchen gäbe.

Ähnliche Einwände erheben sich gegen FREISE'S Erklärung der Dellen durch Verfall eines umgelegten Großstammes.

An verschiedenen Stellen seiner Abhandlung spricht FREISE über die Vermoorung von Pingen und Dellen. Entweder muß diese Vermoorung auf einem ziemlich gut entwickelten Bodenprofil des Regenwaldes eintreten, und in diesem Fall hat die Moorbildung auf dem Relief des felsigen Untergrundes zunächst nur einen sehr geringen Einfluß. Aus eigener Anschauung kenne ich dieses Phänomen nicht. Oder sie tritt unmittelbar auf dem nackten Granitfels auf, aber dann nur in Hohlformen,

d. h. in Klüften oder in schon vorher gebildeten Oriçangas. Man darf also nicht sagen: es gibt Pingen, weil Humusanhäufung und Moorbildung auftreten, sondern es ist eben umgekehrt: Humusanhäufung und Moorbildung treten auf, weil schon vorher Oriçangas da waren, welche den Blätter- und mehr oder weniger verwesenen Holzmassen eine geschützte Lage gegen die Bodenzerstörung boten.

Hat einmal der Hochwald endgültig den Kampf gewonnen, dann werden die Oriçangas bzw. Pingen im Untergrund durch das Vorherrschen der Kluftverwitterung schnell ihre Eigenart verlieren. Eine umgekehrte Reihenfolge, wie sie FREISE sich gedacht hat, kann ich mir schwer vorstellen. Auch aus diesen Gründen scheint es unmöglich zu sein, die scharfe morphogenetische Trennung, welche FREISE zwischen Pingen und Oriçangas macht, aufrechtzuerhalten, obwohl es selbstverständlich nicht unwahrscheinlich ist, daß die vegetativen und physisch-chemischen Prozesse, welche zur Entstehung der Pfannen in verschiedenen Klimaten beitragen, größere oder kleinere Differenzen aufweisen werden. Aber diese Differenzen werden dann doch wohl ganz andere sein als diejenigen, welche von FREISE besonders betont worden sind.

### Nachtrag

Die von Herrn D. H. PORRENGA, Assistent für Physische Geographie unseres Labors, ausge-

führte Röntgenanalyse des Tones der zwei Proben 56-47 und 56-113 E ergab:

Probe	Montmorillonit	Illit	Kaolinit	Quarz	Kristallentwicklung des Kaolinites
56-47	wenigstens 30 %	5—8 %	60 %	1 %	undeutlich
56-113 E	± 15 %	± 25 %	60 %	1—2 %	ziemlich undeutlich

Obwohl auf Grund der im Gelände gemessenen relativ hohen pH-Werte und des hohen T-Wertes der Tonfraktion < 1 Mikron (für Probe 56-47 beträgt dieser Wert 42) das Auftreten von Montmorillonit zu erwarten war, sind die hohen Prozentsätze von Montmorillo-

nit und Illit für Verwitterungsprodukte von Granit (Biotitgranit) in den feuchten Tropen doch wohl sehr überraschend. An anderer Stelle hoffe ich in Zusammenarbeit mit Dr. H. J. MÜLLER und D. H. PORRENGA noch darauf zurückzukommen.

### Beilage I

Die Savannenpflanzen der Granitplaat und des Voltzberges (nach J. LINDEMAN und J. P. SCHULZ).

Lentibulariaceen Utricularia  
Orchidaceen Ornithocephalus falcatus  
Orchidaceen Vanilla

Gramineen	Mesosetum cayennense Stend.	Cyperaceen	Rhynchospora barbata (Vahl)
Gramineen	Thrasya campylostachya (Hack.) Chase	Cyperaceen	Kunth
Gramineen	Panicum vs. parvifolium Lam.		Bulbostylis capillaris (L.) Kunth var. maior Uitt.
Moraceen	Ficus	Papilionaceen	Cassia tetraphylla Desv. var. saxafilis Amsh.
Melastomataceen	Miconia albicans (Sw.) Triana	Papilionaceen	Dioclea guianensis Aubl.
Melastomataceen	Ernestia rubra Pulle	Guttiferen	Clusia nemorosa G. F. W. Mey.
Melastomataceen	Aciotis cf. laxa (L. C. Rich) Cogn.	Guttiferen	Clusia pana-panari (Aubl.) Choisy.
Erythroxylaceen	Erythroxylum kapplerianum Peyr.	Polypodiaceen	Gymnopteris rufa (L.) Barnh.
Araceen spec.	(Philodendron?)	Marcgraviaceen	Souroubea guianensis Aubl.
Bromeliaceen	Ananas	Euphorbiaceen	Jatropha urens L.
Rubiaceen	Sipanea pratensis Aubl.	Musci spec.	(Campylopus?)
Cyperaceen	Scleria setacea Poir.	Mimosaceen	Mimosa

## Beilage II

Schwermineraliengesellschaften des Napfmaterials (Gruppe 1956)  
und von Verwitterungsprodukten unter niedrigem Regenwald (Gruppe 1955)<sup>13</sup>

Bodenprobe Nr.	Tiefe in cm	Opak	Zirkon	Rutil	Anatas	Staurolit	Sillimanit	Epidot	Hornblende
1956 M 47	0—35	2	24					76	
1956 M 113 A	0—3	2	57					43	
1956 M 113 B <sub>2</sub>	0—3	21	42					58	
1956 M 113 E <sub>1</sub>	0—3	6	58					42	
1956 M 113 J	0—5	8	29					71	
1955 M 21	0—20	35	97		1	1		1	
1955 M 22	20—50	16	99			1			
1955 M 23	50—80	31	100						
1955 M 24	80—100	20	96	2		+	1	1	+

<sup>13</sup> Die mit einem Kreuz angegebenen Schwerminerale sind beobachtet, aber nicht mitgezählt worden. Weil nicht von allen Präparaten die Alterite gezählt werden, sind sie hier weggelassen.

## Literaturverzeichnis

- BAKKER, J. P. 1954: Über den Einfluß von Klima, jüngerer Sedimentation und Bodenprofilentwicklung auf die Savannen Nord-Surinams (Mittelguyana). — Erdkunde, Bonn; Band VIII, Lfg. 2, S. 89—112.
- BAKKER, J. P. 1957: Quelques aspects du problème des sédiments corrélatifs en climat tropical humide. Zeitschr. f. Geomorph. B. I, H. 1, S. 3—43.
- BAKKER, J. P. und MÜLLER, H. J.: Zweiphasige Flußablagerungen und Zweiphasenverwitterung in den feuchten Tropen, unter besonderer Berücksichtigung von Surinam. — LAUTENSACH-Festschrift.
- BRAAK, C. 1945: Het klimaat van Nederlands West-Indië. — Mededelingen K.N.M.I. No. 36.
- BIROT, P. 1954: Désintégration des roches cristallines sous l'action des sels. (C. R. Séances Acad. Sc. Paris CCXXVIII, S. 1145.)
- CORRENS, C. W. 1949: Einführung in die Mineralogie. Springer, Berlin.
- FANSHAWE, D. B. 1952: The vegetation of British Guiana. (Imp. Forestry Inst., Inst. Paper 29.)
- FREISE, F. W. 1932: Beobachtungen über Erosion an Urwaldgebirgsflüssen des brasilianischen Staates Rio de Janeiro. (Zeitschr. f. Geomorph., Bd. VII, S. 1 u. f.)
- FREISE, F. W. 1935: Brasilianische Zuckerhutberge. (Zeitschr. f. Geomorph., Bd. VIII, S. 49 u. f.)
- FREISE, F. W. 1935: Erscheinungen des Erdfließens im Tropenurwalde, Beobachtungen aus brasilianischen Küstenurwäldern. (Zeitschr. f. Geomorph., Bd. IX, S. 88 u. f.)
- FREISE, F. W. 1936: Bodenverkrustungen in Brasilien. (Zeitschr. f. Geomorph., Bd. IX, S. 233 u. f.)
- FREISE, F. W. 1938: Inselberge und Inselberglandschaften im Granit- und Gneisgebiete Brasiliens. (Zeitschr. f. Geomorph., Bd. X, S. 137 u. f.)
- HANNEMANN, M. 1951/52: Eine Inselberglandschaft in Zentraltexas. (Die Erde. Walter Behrmann-Heft, S. 354 u. f.)
- JESSEN, O. 1936: Reisen und Forschungen in Angola. Berlin.

- KLAER, W. 1956: Verwitterungsformen im Granit auf Korsika. (Pet. Geogr. Mitt. Erg.-H. 261, Gotha.)
- LAUTENSACH, H. 1950: Granitische Abtragungsformen auf der Iberischen Halbinsel und in Korea, ein Vergleich. (Pet. Geogr. Mitt., S. 187 u. f.)
- LINDEMAN, J.: A survey of the forest types of Northern Surinam. (In Vorbereitung.)
- MAULL, O. 1930: Vom Itatiaya zum Paraguay. Leipzig.
- PANZER, W. 1954: Verwitterungs- und Abtragungsformen im Granit von Hongkong. (Ergebnisse und Probleme moderner geographischer Forschung (Hans Mortensen zu seinem 60. Geburtstag), Bremen-Horn, S. 41 u. f.)
- RUELLAN, F. 1931: La décomposition et la désagrégation du granite à biotite au Japon et en Corée, et les formes du modelé qui en résultent. (C. R. Congrès Int. Géogr. Paris, Tome II, S. 670—684.)
- SAPPER, K. 1935: Geomorphologie der feuchten Tropen. Geogr. Schriften, Heft 7.
- SCHOLS, H. und COHEN, A. 1953: De ontwikkeling van de geologische kaart van Suriname. (Geologie en Mijnbouw, Nw. S. 15, no. 6.)
- WISSMANN, H. VON, 1954: Karrenähnliche Rillen im Granit im Gipfelbereich des Hoaschan an der Grenze von Schansi und Honan. (Ergebnisse und Probleme moderner geographischer Forschung (Hans-Mortensen zu seinem 60. Geburtstag), Bremen-Horn, S. 61 u. f.)
- IJZERMAN, R. 1931: Outline of the geology and petrology of Surinam (Dutch Guiana). Utrecht.