

## Schrifttum

- Arambourg, C., 1948: Observations sur le Quaternaire de la région du Hoggar. Trav. Inst. Rech. Sah. V, 7—18, Alger.
- Arambourg, C., 1952: La paléontologie des vertèbres en Afrique du Nord Française. XIX. Congr. Géol. Int., Mon. Rég., Alger.
- Balout, L., 1952: Pluviaux interglaciaires et préhistoire saharienne. Trav. Inst. Rech. Sah. VIII, 9—21, Alger.
- Bordet, P., 1951 a: Sur la morphologie des appareils phonolithiques de l'Atakor du Hoggar. C. R. Ac. Sc., T 232, 1126—1128, Paris.
- Bordet, P., 1951 b: Présence de latérites fossiles dans l'Atakor du Hoggar. C. R. Soc. Géol. France, T. 5, 97, Paris.
- Bordet, P., 1952: Les appareils volcaniques récents de l'Ahaggar. XIX. Congr. Géol. Int., Mon. Rég. I. Ser.: Algérie, 11, Alger.
- Büdel, J., 1952: Bericht über klima-morphologische und Eiszeit-Forschungen in Nieder-Afrika. Erdkunde VI, 104—132, Bonn.
- Büdel, J., 1953: Klima-morphologische Arbeiten in Äthiopien im Frühjahr 1953. Erdkunde VIII, 139—156, Bonn.
- Büdel, J., 1954: Sinai, die Wüste der Gesetzesbildung. Abh. Akad. Raumforsch., 28 (Festschr. H. Mortensen), Bremen.
- Capot-Rey, R., 1953a: Le Sahara Français. L'Afr. Blanche Fr., II, Presses Universit. de France, Paris.
- Capot-Rey, R., 1953b: Recherches géographiques sur les confins algéro-libyens. Trav. Inst. Rech. Sah. X, 33—73, Alger.
- Dubief, J., 1947: Les pluies au Sahara Central. Trav. Inst. Rech. Sah. VI, 7—23, Alger.
- Flohn, H., 1952: Allgemeine atmosphärische Zirkulation und Paläoklimatologie. Geol. Rdsch. 40, 153—178, Stuttgart.
- Flohn, H., 1953: Studien über die atmosphärische Zirkulation in der letzten Eiszeit. Erdkunde VII, 266—275, Bonn.
- Kubiëna, W. L., 1955: Über die Braunlehmrelikte des Atakor (Hoggar-Gebirge, Zentrale Sahara). Erdkunde IX, 1955, Bonn.
- Menzel, A.: Die Stufenlandschaften der zentralen Sahara. Wiss. Veröff. d. Museums f. Länderkunde zu Leipzig, N. F. II, 103—130, Leipzig.
- Perret, R., und Lombard, A., 1932: Itinéraire d'In Salah au Tahat. Ann. de Géogr. XLI, 379—398, Paris.
- Schwarzbach, M., 1950: Das Klima der Vorzeit. Stuttgart.
- Schwarzbach, M., 1953: Das Alter der Wüste Sahara. Neues Jb. Geol. Pal. 4, 157—174, Stuttgart.

## ÜBER DIE BRAUNLEHMRELIKTE DES ATAKOR

(Hoggar-Gebirge, Zentral-Sahara)

Walter L. Kubiëna\*)

Mit 5 Abbildungen und 3 Tafeln

*The residues of brown loam on the Atakor, Hoggar mountains, Central Sahara*

**Summary:** 1. In the High Atakor, Central Sahara, a subtropical layer of brown loam has been preserved which, despite the present desert climate, has remained practically unchanged.

2. In the paper a comparison is made between remains of brown loam, which mostly occur on basalt, and soils formed from basalt during recent times. Those used for comparison are mainly the following: the tropical brown loams of Fernando Póo (Gulf of Guinea), the brown earths of Middle Europe and Northern Europe, the meridional brown earths of Central Spain and the Canary Islands, the recently formed soils of the Sahara and the high mountain desert of the Teide (Teneriffe). At the same time soils that have developed under known climatic changes from brown earths remains are drawn upon for comparison.

3. By means of analysing the profile morphology, micro-morphology and the way in which a change of minerals had occurred, it was found that the brown loam remains are soil formations that took place during a pronounced humid subtropical to tropical climate.

4. In addition to the brown loam remains, there are further fossil red loams which in almost all cases are covered by basalt sheets and thus in comparison with the brown loams are easily recognised as being of greater age. By comparative investigation of basalt red loams of other areas, it can be stated that they are soils formed under a

humid tropical climate with pronounced hot dry-periods. The red loams are of differing degrees of maturity; their degree of laterization is small.

5. The time when the brown loam cover was formed was most likely the latest great Pluvial period, since in humidity this by far surpassed the later only moderately humid periods.

6. The reason why the brown loam remains have changed so little is to be found in the fact that the desert climate in the High Atakor is of relatively recent date and further that at this altitude it is less extreme and its consequences are also less pronounced. After the tropical rain climate of the last Pluvial period humid climates followed which, though not allowing the formation of brown loam profiles of the extreme type (Matadero-Variant), as found here, nevertheless facilitated their preservation.

7. The fossil red loams are clearly older than the brown loams but very likely are still of Pleistocene age. According to the results of the paleo-pedological investigations this time must also be postulated for the volcanism itself, since a recent age cannot be assumed for the soil formations which accompany it.

Im Atakor besteht die heute noch vorhandene Bodendecke zu überwiegendem Teil aus Relikten von Braunlehm. Sie sind bodengeographisch von besonderem Interesse, nicht nur weil sie, wie alle Bodenrelikte, zu den heutigen Bildungsbedingungen im Widerspruch stehen, sondern vor allem weil sie sich in einem Wüstenklima mit rezenter Wüstenbodenbildung entgegen den allgemeinen

\*) Mit Untersuchungen der Ton- und Eisenminerale von R. C. Mackenzie und W. A. Mitchell (Aberdeen).

Erfahrungen in vielen Standorten fast vollkommen und ohne wesentliche Umwandlung, wie Staubbodenbildung, Rubefizierung (Umwandlung in Rotlehm) oder rote Vererdung (Flockung und Dehydratisierung des Eisenhydroxyds), erhalten haben. Die vorliegende Abhandlung hat den Zweck, auf diese Relikte hinzuweisen, sie zu beschreiben, sie den verschiedenen rezenten Bodenbildungen auf gleichem Muttergestein gegenüberzustellen, hierdurch ihre ehemaligen Bildungsbedingungen und die Ursachen ihrer Erhaltung unter den gegenwärtigen Bedingungen zu ermitteln.

#### A. Heutige Umweltverhältnisse

1. Allgemeines. Der Atakor ist ein Vulkanmassiv im Zentrum des Berglandes Ahaggar oder Hoggar der inneren algerischen Sahara. Es erreicht eine Höhe von nahezu 3000 m, wobei zahlreiche Gipfel die 2500-m-Grenze überschreiten. Auch der in dieser Abhandlung häufig erwähnte Assekrem erreicht eine Höhe von 2728 m. Die Landschaft gewährt in vielen Teilen einen geradezu chaotischen Anblick und ist in dieser Beziehung einzig in der Welt. Denn nirgends zeigt sich eine derartige Fülle von senkrechten Felsnadeln, Zylindern und steilen Domen (zumeist Phonolite und Trachyte), die unvermittelt aus ausgedehnten Decken von Basalten bei einer Eigenhöhe bis zu 400 m herausragen.

Im Zentralteil des Atakor fallen mehr als 300 erloschene Vulkanschlote auf eine Fläche von  $40 \times 20$  km. Der Atakor ist auch heute noch verhältnismäßig schwer zugänglich. Die anlässlich des XIX. Internationalen Geologischen Kongresses in Algier organisierten Exkursionen unter Benützung von Armeelastwagen und Reitkamelelen im September und Oktober 1952 waren darum für die Teilnehmer eine seltene Gelegenheit zu einem Einblick in ein Gebiet, dessen Erforschung ehemals so vielen Forschungsreisenden, die dabei ihr Leben eingesetzt hatten, versagt bleiben mußte.

2. Klima. Der Atakor liegt etwas nördlich des 23. Parallelkreises, somit bereits südlich des Wendekreises des Krebses und zur Gänze in tropischem Gebiet (Abb. 1). Durch seine Höhe ist er erheblich feuchter als die übrige Sahara und erscheint auch gegenüber dem übrigen Hoggar wesentlich begünstigt. Es vergeht kein Jahr ohne Niederschläge und es ist bezeichnend, daß unsere Exkursionen zum Teil durch Regen behindert waren und daß die Exkursionen einer anderen Gruppe vor uns zufolge dauernden Regens abgebrochen werden mußten. Freilich wechseln die Regenmengen von Jahr zu Jahr sehr stark und waren gerade in den letzten Jahren ungewöhnlich

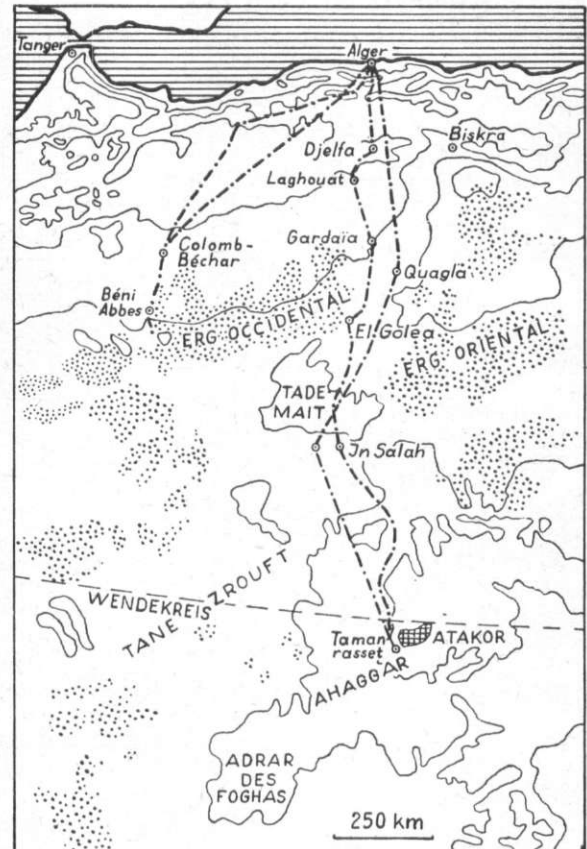


Abb. 1: Kartenskizze der algerischen Sahara mit den Reisewegen des Autors

reichlich. Die einheimischen Tuareg, die im Atakor nomadisieren, unterscheiden nach den starken Temperaturunterschieden vier Jahreszeiten. Der Winter ist betont kalt, Frost ist häufig, die Gipfel sind für kurze Zeit verschneit und zuweilen treten heftige Hagelschläge auf. Der Frühling ist frisch und angenehm, der Sommer heiß. Genaue Messungen fehlen oder beziehen sich auf tiefere Lagen außerhalb des Atakor. Obwohl der starke Temperaturwechsel eine Auslese für die Tuareg bedeutet und ihm durch Bronchitis und Lungenentzündung viele Kinder und Erwachsene geringen Widerstandes zum Opfer fallen, bildet der feuchtere Atakor eine Art Refugium für Menschen, Tiere und Pflanzen.

3. Pflanzendecke. Besonders die Pflanzenwelt hat den Charakter einer Reliktflora, die sich in Hochlagen durch mediterrane Formen, in tieferen Lagen durch sudanesischen Baumarten charakterisiert. R. Maire unterscheidet drei Höhenstufen: 1. eine tropische Stufe bis zu 1700 bis 1800 m, mit den sudanesischen Bäumen und Sträuchern *SALVADORA PERSICA*, *BALANITES EGYPTIACUS*, *MAERUA CRASSIFOLIA* und



*ACACIA ALBIDA*, ferner der *ACACIA TORTILIS* und der *ACACIA SEYAL*; 2. eine (niedere) mediterrane Stufe (submediterrane Stufe), von 1800 m bis etwa 2400 m, in der die sudanesischen Formen verschwinden, und dafür der wilde Ölbaum (*OLEA LAPERRINI*) und *PISTACIA ATLANTICA* auftreten, ferner *FISCUS SALICIFOLIA*, die häufige langstachelige *RHUS OXYCANTHA*, sowie der bis 2000 m aufsteigende und blühende *NERIUM OLEANDER*; 3. eine obere mediterrane Stufe, deutlich charakterisiert durch das Vorkommen von *CLEMATIS FLAMMULA*, als eine rein mediterrane, obwohl sehr artenarme Zone (zitiert nach R. Capot-Rey 1952 und H. Lhote 1944).

4. Rezent Bodenbildung. Trotz der höheren Feuchtigkeit und der etwas gemäßigeren Sonnenhitze gegenüber der übrigen Sahara und den tiefer gelegenen Teilen des Hoggar zeigt der Atakor noch deutliche Wüstenmerkmale, vor allem Reg-Bildung, die Bildung von Wüstenlack auf den Oberflächen des Regschotter und der anstehenden Gesteine, geringe aktuelle Verwitterung, geringe Tonbildung und Tonanreicherung und das völlige Fehlen von rezenten Humushorizonten.

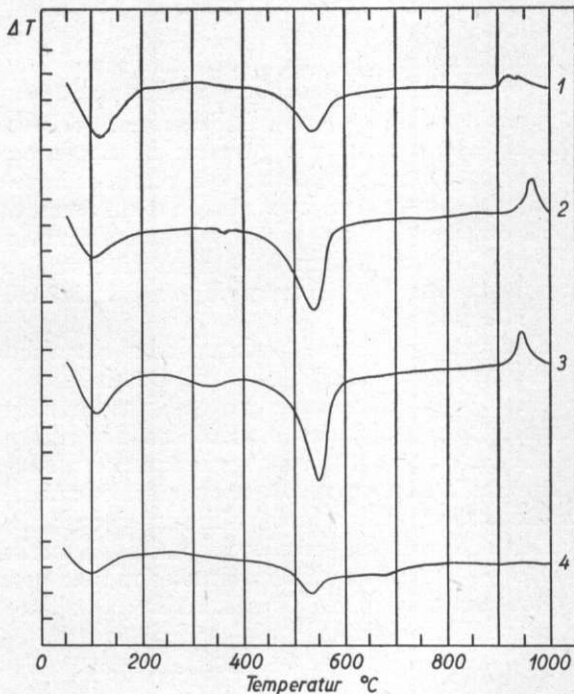


Abb. 2: Thermogramme der Differenzial-Thermoanalyse

1. Reliktbraunlehm auf Basalt, Atakor, (B)-Hor.
2. Rezenter tropischer Braunlehm auf Basalt, Fernando Póo (B)-Hor.
3. Fossiler Rotlehm auf Basalt, Atakor, (B)-Hor.
4. Reliktrotlehm auf Granit, Plateau Hadriane, Hoggar, Weißhorizont.

### B. Profiluntersuchung der Braunlehme

5. Art der Relikte. Reste von tropischem oder subtropischem Braunlehm sind im ganzen Atakor weit verbreitet, so daß angenommen werden muß, daß die letzte Bodendecke vor Eintritt der Rohbodenbildung der rezenten Hochwüste ein gut durchwitterter tiefgründiger Braunlehm gewesen ist. Als Ausgangsmaterial kommen vor allem die in weiten Decken anstehenden älteren Basalte, weniger die mehr als lokalisierte Lavaströme entwickelten mittleren und jüngeren Basalte in Betracht. Die sauren Laven kommen überwiegend in Felsnadeln, Säulen und kahlen Kuppen vor, treten darum aus topographischen Gründen für die Bodenbildung in den Hintergrund. Relikte der ehemaligen Bodendecke auf Basalt zeigen sich in Form von mächtigen, durch Erosion umgelagerten Sedimenten in der Oberflächenschicht der Pedimente und Hamadas, zugleich in wohlerhaltenen Profilen in situ, besonders in geschützten höheren Lagen. Es handelt sich um deutliche Braunlehme, nicht etwa um eine Art alpiner Braunerden, wie später noch eingehender ausgeführt werden soll. Es ist ferner von besonderem Interesse, daß eine vollständige Umwandlung in Rotlehm nirgends eingetreten ist, sondern sich an manchen Stellen nur eine leichte Rubefizierung vollzogen hat. Rotlehme sind im Atakor häufig, kommen aber nur als fossile begrabene Reste, zumeist unter Basaltdecken oder grauem bis ockergrauem Verwitterungsschutt von Basalt oder Tuffmassen vor.

6. Braunlehmprofile. Bezüglich der Braunlehmrelikte in situ läßt sich aus allen gesehenen Profilen folgendes Normalprofil konstruieren (Abb. 3, 1).

A-Horizont: 0—20 cm. Die im feuchten Zustande dunkelgraubraune, im trockenen Zustande mit leicht rötlicher Schattierung schokoladenbraune Bodenmasse ist verhältnismäßig locker, doch zeigt sich immerhin noch ein Zerfall in unregelmäßig eckige Bruchstücke. Humusform: Mull; Körnungsart: toniger Lehm.

(B)-Horizont: 20—50 cm. Die im feuchten Zustande intensiv ockerbraune, trocken hellockerfarbige, bedeutend dichtere Bodenmasse zeigt deutlichen Zerfall in unregelmäßig eckige Bruchstücke. Körnungsart: toniger Lehm.

C<sub>1</sub>-Horizont (Fragipan): 50—120 cm. Die im feuchten Zustande dunkellockergraue, trocken hellgraue bis hellgrünlichgraue, völlig dichte Grundmasse zeigt eine feine ockerbraune Punktierung, an Sprungflächen schwärzliche Manganabscheidungen. Obwohl der Horizont das Gesteinsgefüge des Basalts noch deutlich erkennen läßt, bildet er eine aufgeweichte, mit dem Messer schneidbare Masse mit starkem Tongeruch.

C<sub>2</sub>-Horizont: Überwiegend dichter dunkelgrauer Basalt.

Am besten erhalten hat sich der Humushorizont in einer Fläche von einigen Ar auf der Paßhöhe zwischen dem Assekrem und dem In Rakli (Abb. 4, 1) unterhalb der Eremitage des Père

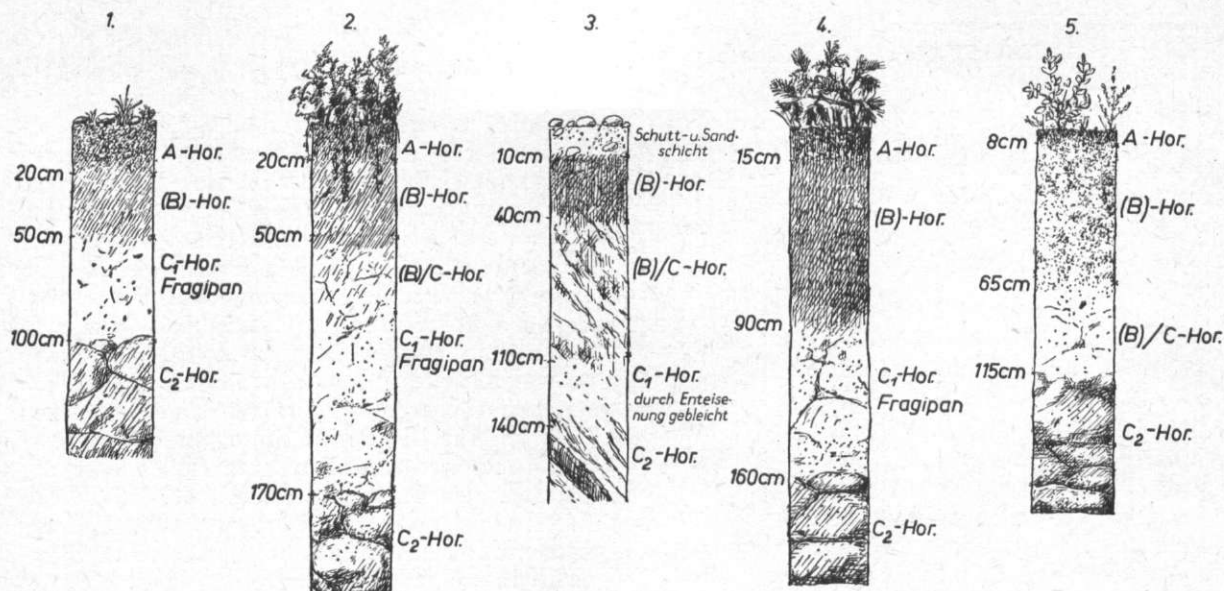


Abb. 3: Vergleichsprofile verschiedener Klimaxbildungen von Böden auf Basalt

1. Braunlehm-Relikt auf Basalt (Matadero-Variante), Atakor, unterhalb des Assekrem, 2650 m.
2. Rezenter tropischer Braunlehm auf Basalt, (Matadero-Variante), Fernando Póo, Golf von Guinea.
3. Braunlehm-Relikt auf Gneis (Weißlehm-Variante), W von Tamanrasset, 1400 m.
4. Rotlehm-Relikt auf Basalt (Matadero-Variante), Teneriffa.
5. Rezente meridionale Braunerde auf Basalt (Negrisal), Zentral-Spanien.

Foucauld (Assekrem) in einer Höhe von etwa 2650 m. Der A-Horizont hatte hier eine Mächtigkeit von rund 18 cm, der (B)-Horizont wurde bis zu einer Tiefe von 45 cm aufgegraben, dabei der C<sub>1</sub>-Horizont nicht erreicht. Von besonderem Interesse ist, daß die für das strenge Wüstenklima typische Verstaubung der Oberflächenschicht des Bodens mit steigender Seehöhe abzunehmen scheint. Sie war an unserem Lagerplatz am Rande des großen Zirkus des Assekrem in etwa 2000 m immerhin noch so stark, daß unser Zeltleben in unangenehmer Weise dadurch beeinflusst war. Auf obiger Paßhöhe bei ca. 2650 m und vollends auf dem Plateau des Assekrem war sie gering.

Die Bildung eines C<sub>1</sub>-Fragipan ist im feuchten Klima für Böden mit starker Verwitterung und dichten, leicht verwitterbaren Ausgangsgesteinen typisch und kommt sowohl im tropischen Regenwaldklima (Fernando Póo) als auch im kühlen europäischen Norden vor. Zuzufolge des dichten Gefüges tritt wohl Tonbildung, aber keine oder geringe Oxydierung ein, die sich vor allem durch die fehlende Bräunung zeigt. Bezüglich nordeuropäischer Vorkommen möchte ich auf die tiefen C<sub>1</sub>-Fragipan-Bildungen nördlich von Huntley, Schottland auf Norit hinweisen, d. i. auf einem Gestein, das sich als Ausgangsmaterial völlig gleichwertig wie Basalt verhält. Sie wurden mir von Dr. R. Glentworth (Aberdeen) vor mei-

ner Saharareise im Juni 1952 vorgeführt. Der Boden war ein (stemosompher) Semipodsol<sup>1</sup>.

7. Vergleichsprofil Fernando Póo. Um rezente Profile auf gleichem Muttergestein heranzuziehen, greife ich auf ein extremes äquatoriales Regenwaldgebiet zurück, das ich Sommer 1951 bereisen konnte, die Basaltinsel Fernando Póo im Golf von Guinea. Die Jahresniederschläge schwanken hier im Küstengebiet von etwa 2350 bis 6300 mm.

Eine ausgesprochene Trockenzeit besteht nicht, nur eine regenärmere Zeit vom Dezember bis Februar. Die Umweltbedingungen deuten auf ein Klimaxgebiet tropischen Braunlehms. Die rezenten Böden sind auch durchwegs Braunlehme. Rotlehmreste treten sehr vereinzelt als Bodensedimente wahrscheinlich fossiler Bildungen auf; zuweilen finden sich isolierte Rotlehmschollen [meist von (B)/C-Horizonten] in Erosionssedimenten von Braunlehm eingebettet. Das in Abb. 3, 2 dargestellte Normalprofil hat folgenden Aufbau:

A-Horizont: 0—18 cm. Die im feuchten Zustande dunkelockergraubraune, im trockenen Zustande ähnlich, nur um einen Grad heller gefärbte Bodenmasse ist verhältnismäßig locker und zeigt einen starken unregelmäßig kantigen Zerfall. Bei Befechtung starker, in europäischen Böden bisher nicht bekannter lachartiger Geruch. Humusform: Mull; Körnungsart: mittlerer Lehm.

(B)-Horizont: 18—55 cm. Bodenfarbe gelbockerbraun, im feuchten Zustande nur wenig dunkler als die

<sup>1</sup>) Vgl. Kubiëna 1953, Böden Europas, pag. 303.



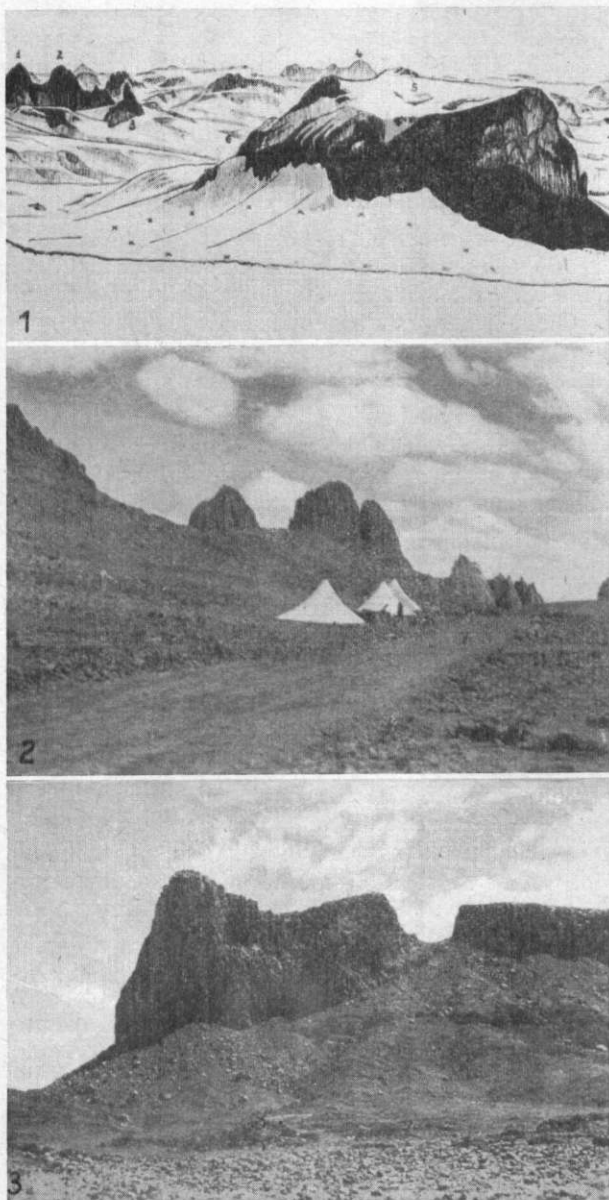


Abb. 4 1) Blick auf den zentralen Atakor vom Assekrem-Plateau (nach einer Skizze von P. Bordet).

1 u. 2 = Tidjemayen, 3 = Seouenan, 4 = Oul, 5 = In Rakli (M'Zarag), 6 = Standort des Zeltlagers der Exkursion. Die weißen Flächen entsprechen zu großem Teil Braunlehmdecken auf Basalt. Die Linie von Kreuzen deutet die Fläche an, in der sich der A-Horizont des Reliktbodens am besten erhalten hat.

2) Einige Zelte der Exkursion. Der Boden des Lagerplatzes ist von einem Braunlehmrelikt mit bereits deutlich einsetzender Verstaubung bedeckt. Im Hintergrunde die Phonolith- und Trachyttürme des Tidjemayen.

3) Plateau Hadriane in der Umgebung von Tamarrasset. Das Kreuz zeigt die Lage des Relikt-Rotlehms auf Gneis an.

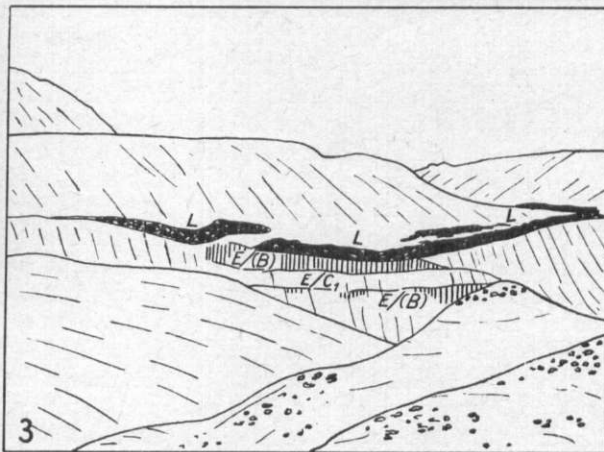
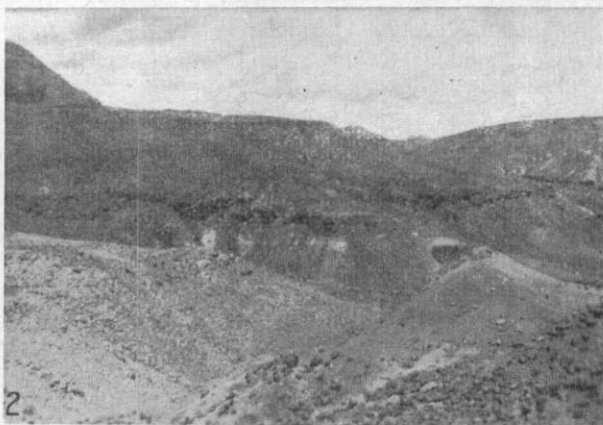


Abb. 5: 1) Erosionsgraben in der Braunlehmdecke des Assekrem-Plateaus (2700 m), die geringe Verstaubung zeigt. Die Steine auf der Bodenoberfläche zeigen deutliche schwarze Wüstenrinden.

2) Fossile Erosionssedimente von Rotlehm, Atakor, unter Basaltdecken begraben.

3) Erklärende Skizze zu obigem Bild:

L = Decke von Basaltlava, E/(B) = zwei Schichten von Rotlehmsedimenten mit Material aus dem (B)-Horizont. E/C<sub>1</sub> = Erosionssediment von stark enteintem C<sub>1</sub>-Material.

Trockenfarbe. Der lackartige Geruch bei Befeuchtung ist schwächer, läßt aber immer noch keinen eigentlichen „Tongeruch“ aufkommen. Körnungsart: toniger Lehm.

(B)/C-Horizont: 55—80 cm. Bodenfarbe grell-ocker, im feuchten Zustande etwas dunkler, weniger leuchtend, zwischen den Fingern außerordentlich stark färbend. Statt Tongeruch lackartiger Geruch immer noch gegenwärtig. Körnungsart: mittlerer Lehm.

C<sub>1</sub>-Horizont (Fragipan): 80—170 cm. Masse mit Bodenmesser leicht schneidbar, Trockenfarbe hellgrau, grünlichgrau bis hellockergrau, Feuchtfarbe dunkelockergrau. Grundgefüge des Basalts erhalten, z. T. rotbraun gesprengelt, fast überall von zahlreichen stark gefärbten Adern und Spaltrissen durchzogen, auf den Spaltflächen eisen- oder mangangefärbte, zum Teil grellfarbige, ockerbraune, purpurrote bis schwarze Stoffabscheidungen. Zum Teil finden sich Röhren von Regenwürmern, die mit ockergrauer Losung erfüllt sind.

C<sub>2</sub>-Horizont: Dichter feinkörniger dunkelgrauer Basalt mit einzelnen Blasenräumen und millimetergroßen Phänokristallen.

8. Die Braunlehmsedimente des Atakor. Außer den Profilen in situ mit Erhaltung aller oder der wesentlichen Horizonte finden sich fast überall im Atakor in den Senken, Unterhängen, auf Pedimenten und Hamadabildungen Ablagerungen von Erosionssedimenten von Braunlehmen. Bestehen Talanfüllungen oder Hangablagerungen aus Schichten verschiedenen Materials, so bilden die Braunlehmsedimente stets die Oberschicht. Da bei der offenen Pflanzendecke die Erosion besonders stark ist, überwiegen Braunlehmsedimente gegenüber Bodenrelikten in situ bei weitem. Umwandlung in Staubboden in der Oberflächenschicht ist in Lagen unter etwa 2200 m die Regel. Die Sedimente zeigen in ebener Lage stets Reg-Bildung, deren gerundeter Schutt mit schwarzbraunem Wüstenlack überzogen ist. Diese Braunlehmlagerungen zeigen niemals Humushorizonte oder auch nur Andeutungen von solchen. Die Masse der Sedimente ist nicht einheitlich, sondern Einschlüsse von Schollen und Schöllchen anderer Horizonte als des sonst überwiegenden (B)-Horizontes sind z. T. so häufig, daß fast eine Art Mosaik entsteht. Solche Einschlüsse stammen von C<sub>1</sub>- oder (B)-Horizonten, doch auch Schöllchen von A-Horizonten können festgestellt werden, vereinzelt solche von (B)-Horizonten eines Rotlehmes. Das Material in tiefen, leuchtend-braunocker gefärbten Braunlehmsedimenten ist in der Regel in seinen Typenmerkmalen besser konserviert als die Braunlehme in situ. So zeigen sich diese bei Regenwetter für die Räder der Lastwagen durch die Bildung ungewöhnlich klebriger, zäher Kotmassen besonders gefährlich. All diese Beobachtungen tragen zur Erkennung des Reliktcharakters der Braunlehme bei.

9. Profilvergleichung. Die Gegenüberstellung der Profilbeschreibungen in Absatz 6 und 7 (s. a. Abb. 3, 1 u. 2) zeigt, daß das Braun-

lehmnormalprofil des Assekrem dem Normalprofil von Fernando Póo analog ist. Wir sehen bei diesem nur eine tiefere Verwitterung und eine stärkere Ausbildung des (B)/C-Horizontes (auch im Atakor kann der C<sub>1</sub>-Horizont zum Teil (B)/C-Charakter haben). Aus zahlreichen vergleichenden Untersuchungen wissen wir, daß Braunlehme für feucht-subtropische Gebiete, in denen keine oder nur wenig ausgeprägte Trockenzeiten auftreten, typisch sind und dort als Klimaxbildungen auftreten. Die Gegenüberstellung mit einem Boden auf gleichem Muttergestein aus einem stark ausgeprägten tropischen Braunlehmbereich zeigt, daß der Braunlehm des Atakor diesem profilmäßig wenig nachsteht. Wie weit sich dies mikromorphologisch ergänzen läßt, soll später (Absätze 26 u. 27) gezeigt werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Auftreten der C<sub>1</sub>-Fragipan-Bildungen. Ich habe solche Braunlehme nach dem Vorkommen nahe der Neger-siedlung Matadero auf Fernando Póo als Matadero-Varianten bezeichnet, die besonderen, geringe Oxydierung doch sonst starke Verwitterung zeigenden, dichten C<sub>1</sub>-Horizonte als Matadero-Horizonte.

#### C. Fossile Rotlehmprofile

10. Art des Vorkommens. Rotlehm-funde sind im Atakor nicht selten, doch stets sind sie entweder von anderen Sedimenten oder von Basaltdecken begraben. Noch an der Oberfläche erhaltene Rotlehmprofile in situ, also Rotlehmrelikte, sind von mir nicht gesehen worden; sie kommen entweder überhaupt nicht vor oder sind gegenüber den weitverbreiteten Braunlehmrelikten selten. Hieraus geht deutlich hervor, daß die Rotlehmreste einer wesentlich älteren Zeit angehören als die Braunlehmdecke, ferner daß sich die Braunlehme im Atakor auch unter den heutigen Umweltverhältnissen nicht oder nur in sehr geringem Maße (leichte Rötung an manchen Standorten) in Rotlehme umwandeln.

Die begrabenen Profile der Rotlehme im Atakor sind zumeist stark gestört, im übrigen sind Rotlehmsedimente häufiger als Bildungen in situ. Deutlich läßt sich erkennen, daß der grellrote (B)-Horizont von einem weißlichen bis grellweißen C<sub>1</sub>-Horizont von mehr oder minder starker Enteisung unterlagert war, wie dies für viele Reliktprofile in anderen Teilen des Ahaggars und der Sahara im allgemeinen typisch ist (Weißhorizontvariante).

11. Äußere Rotlehmmerkmale. Schon die äußeren Merkmale der Böden und Bodensedimente lassen erkennen, daß es sich um keine Lateritbildungen sondern um Rotlehme handelt. Die Bodenmasse ist völlig dicht, bei Lupenvergrößerung wachstartig, alte Spaltflächen sind glatt und



glänzend, frische Bruchflächen sind matt. In trockenem Zustande ist die Masse fest, fast steinartig, bei Befeuchtung tritt sofort Zerfall in eckige Bruchstücke und kleine scharfkantige Bröckel ein. Bei längerem Reiben zwischen den Fingern bildet sich ein hochplastischer, klebriger Teig. Der Geruch ist wie bei dem Braunlehm von Fernando Póo nicht tonartig sondern lackartig. Die Färbekraft ist außerordentlich stark und kleine Mengen genügen, um Haut und Fingernägel intensiv safrangelb zu färben.

Von Interesse ist, daß der Erhaltungszustand dieser fossilen Rotlehme besser ist als jener der Rotlehmrelikte außerhalb des Atakors (siehe Absatz 12). Die Farbe ist ungleich kräftiger, satter, Spuren einer Verstaubung sind in keiner Weise feststellbar. Manche Vorkommen zeigen eine mehr oder minder deutliche Vererdung (s. Absätze 23 und 27), vielleicht auch eine leichte sekundäre Laterisierung; beides ist indes nirgends so weit fortgeschritten, daß der Rotlehmcharakter verlorengegangen ist.

12. Reliktrotlehme Tamarrasset. Außerhalb des Atakor und in geringerer Seehöhe werden die Braunlehmrelikte von Rotlehmrelikten abgelöst, die in einzelnen Erosionsresten an der Oberfläche anstehen. Solche Rotlehmrelikte kommen nicht nur im tiefer gelegenen Ahaggar, sondern auch in der übrigen algerischen Sahara vor. Für diese Abhandlung wichtige Fundstellen, da am Rande des Vulkangebietes des Hoch-Ahaggar gelegen, erscheinen mir jene am Fuße des Phonolithplateaus Hadriane (Abb. 4, 3) in einer Seehöhe von 1500 m, ferner westlich von Tamarrasset in einer Seehöhe von ca. 1400 m auf Gneis mit zwischengelagerten dünnen Amphibolithschichten. Da zu einer vergleichenden Gegenüberstellung das Muttergestein von jenem der obigen Basaltböden zu sehr verschieden ist, sehe ich von einer genauen Profilbeschreibung ab und gebe nur eine Profilzeichnung der Rotlehmrelikte W Tamarrasset wieder. Wie bei allen Rotlehmrelikten der Sahara fehlt der A-Horizont; auch ein großer Teil des hellroten, stark gelockerten (B)-Horizontes erscheint abgetragen, nur der (B)/C-Horizont und der durch Enteisung weißlich hellocker gefärbte C<sub>1</sub>-Horizont (Weißhorizont) sowie der C<sub>2</sub>-Horizont sind in situ erhalten. Der Weißhorizont des Reliktprofils auf Gneis am Fuße Hadriane Plateau erweist sich nach der Untersuchung von R. C. Mackenzie und W. A. Mitchell auf Grund der Differential-Thermoanalyse (vgl. Abb. 2) und der Röntgenanalyse übereinstimmend als ein hochillitisches Material mit 70% Illit, 5% Kaolinit, 5% Montmorillonit und 6—8% Quarz, neben anderen unbestimmten und amorphen Gemengteilen.

13. Fossile und Reliktrotlehme der Kanarischen Inseln. Da wie im Atakor auch auf den westlichen Kanaren Basalt als Muttergestein stark überwiegt, ergibt sich eine Reihe von aufschlußreichen Vergleichsmöglichkeiten. Auf tertiären Basalten zeigen sich überwiegend intensiv verwitterte Rotlehm- und (rötliche) Braunlehmrelikte in vorzüglichem Erhaltungszustand, auf rezenten Basalten überwiegend die (kanarische) meridionale Braunerde. Besonders auffallend tritt dieser Gegensatz auf La Palma in Erscheinung, wo die Insel geradezu in eine Braun- und Rotlehmhälfte und in eine Braunerdehälfte (etwa nördlich und südlich von Las Breñas) zerfällt. Für die Altersbestimmung wichtig ist, daß sich die Rotlehme nicht nur durchwegs auf den vormiozänen Basalten finden, sondern daß sie häufig auch von solchen Basaltlaven überdeckt werden. Daß es sich um Rotlehme und nicht um lateritische Bildungen handelt, ist auch hier bereits nach äußeren Merkmalen leicht zu erkennen. Bei den begrabenen Rotlehmern handelt es sich zumeist um Erosionssedimente. Die Relikte haben einen ähnlichen Profilaufbau wie die Rotlehme des Atakor, nur tritt an die Stelle des stark enteisenen, weißlichen C<sub>1</sub>-Horizontes (Abs. 10) ein taubengrauer, braunfleckiger C<sub>1</sub>-Fragipan (Matadero-Horizont), wie dies bei den Braunlehmern in den Abschnitten 6 und 7 beschrieben wurde (Matadero-Variante). Bei den begrabenen Bodenresten handelt es sich so gut wie ausschließlich um Rotlehme, unter den Relikten treten Rotlehme gegenüber den Braunlehmern zurück. Die Braunlehmdecke ist auch hier deutlich jüngeren Alters. Der Erhaltungszustand des Bodenmaterials ist, soweit sich dieses nicht in der Trockenzone befindet, vorzüglich. Zur Ergänzung sei angeführt, daß in der Lorbeerwaldstufe von Teneriffe und La Palma auch zweifellos rezente Braunlehmgebilde festgestellt werden können. Sie scheinen sich von den Reliktbraunlehmern durch geringere Profiltiefe und das Fehlen eines deutlich ausgebildeten Matadero-Horizontes (C<sub>1</sub>-Fragipans) zu unterscheiden.

#### D. Weitere Profilbildungen von Basaltböden

14. Braunerden Mittel- und Nordeuropas. Diese (eutrophen) Braunerden gehören zu den biologisch aktivsten und fruchtbarsten Bodenbildungen und übertreffen die Braunlehme und Rotlehme schon durch Tiefe und Güte der durch die vorzügliche Mullbildung ausgezeichneten Humushorizonte (vgl. Kubiëna 1953 p. 283). Sie sind außerordentlich locker, krümelig, organismenreich und können eine Tiefe bis zu 25 cm erreichen. An sie schließt sich ein etwa 25—30 cm mächtiger, gleichfalls lockerer und krümeliger (B)-Horizont, der nach unten über einen ebenso mäch-

tigen (B)/C-Horizont in den C-Horizont übergeht. Der Bodentypus findet sich in besonders guter Ausbildung im Vogelsberg (Hessen), im Böhmisches Mittelgebirge, auf den Basalten des Burgenlandes und z. T. in Nordirland (Giants Causeway). Diese Braunerden bilden sich im feuchten gemäßigten Klima. Die gute Ausbildung des (B)/C-Horizontes ist auf die gute Lockerung und Durchlüftung und dadurch gute Oxydierung der tieferen Profileile zurückzuführen. Doch ist zu erwarten, daß besonders im Klimaxgebiet der podsoligen Braunerde eine stärkere Verdichtung, Wasserstauung und dadurch die deutliche Ausbildung eines Fragipan-Horizontes ähnlich wie bei den in Absatz 6 angeführten schottischen Böden auf dichtem Norit gefunden werden kann. Von besonderem Interesse ist, daß in fast allen Basaltgebieten Mittel- und Nordeuropas neben den rezenten Braunerden Rotlehmrelikte gefunden werden können, die im wesentlichen jenen des Atakors entsprechen.

15. Die meridionalen Braunerden Spaniens<sup>2)</sup>. Auf Basalten bildet sich in dem niederschlagsarmen sommertrockenen Klima Zentralspaniens (Ciudad Real) eine von der obigen mitteleuropäischen Braunerde verschiedene Bodenbildung, die wohl Braunerdemerkmale zeigt, sich indes durch starke sommerliche Austrocknung, weit geringere chemische Verwitterung, geringe Tonbildung und Tonerreichung, geringeren Organismengehalt, geringere Zersetzung und Humusbildung sowie durch eine geringere Profiltiefe charakterisiert. Die Bodenmasse ist zufolge der geringeren chemischen Verwitterung den Muttergesteinsfarben mehr genähert, die im trockenen Zustande graue, im feuchten Zustande schwärzliche Gesteinskomponente tritt bei dunklen Basalten stärker hervor, weshalb die Äcker von den Bauern mit dem Namen „Negrisales“ bezeichnet werden. Ein normales Profil (Abb. 3, 5) einer solchen meridionalen Braunerde<sup>3)</sup> zeigt einen lockeren, staubartigen Humushorizont von 4—10 cm, einen lockeren (B)-Horizont von etwa 10—60 cm, der über einen in grobe Gesteinstrümmer zerfallenden dunkelgraubraunen (B)/C-Horizont in das frische Muttergestein übergeht. Junge Braunerden brausen in der Regel mit HCl auf, da der bei der Verwitterung der kalkhaltigen Silikate gebildete kohlen saure Kalk wesentlich langsamer ausgewaschen wird als bei der mitteleuropäischen Braunerde. Aus dem gleichen Grunde treten Pararendsinen<sup>4)</sup> auf Basalt in dieser Klimazone als häufige Begleiter der Braunerde auf. Auch die Basalte Zentralspaniens zeigen Rotlehmrelikte, die jenen auf den West-Kanaren ähnlich sind.

<sup>2)</sup> Siehe Kubiěna 1953 p. 290.

<sup>3)</sup> Kubiěna 1953, p. 229.

Sie unterscheiden sich von den rezenten Braunerden u. a. wesentlich durch ihre stärkere chemische Verwitterung sowie durch die Ausbildung eines typischen hellen grüngrauen Matadero-Horizontes (C<sub>1</sub>-Fragipans) über dem frischen Muttergestein.

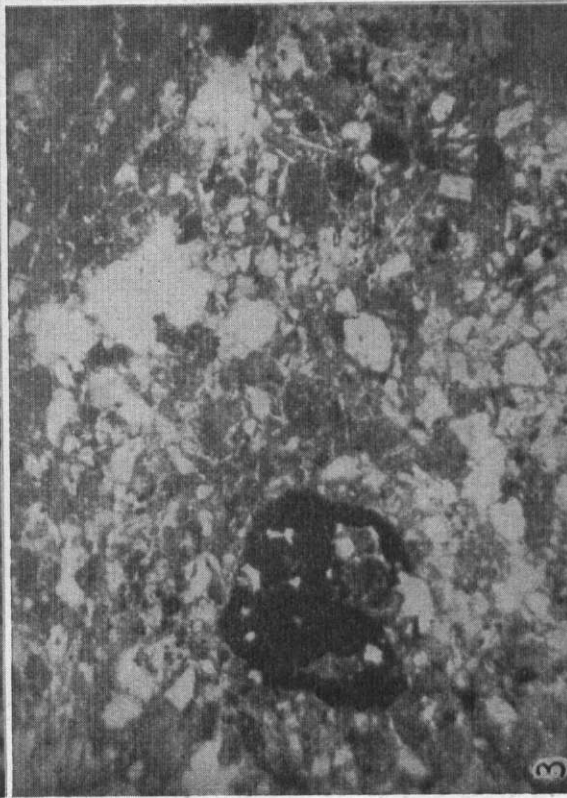
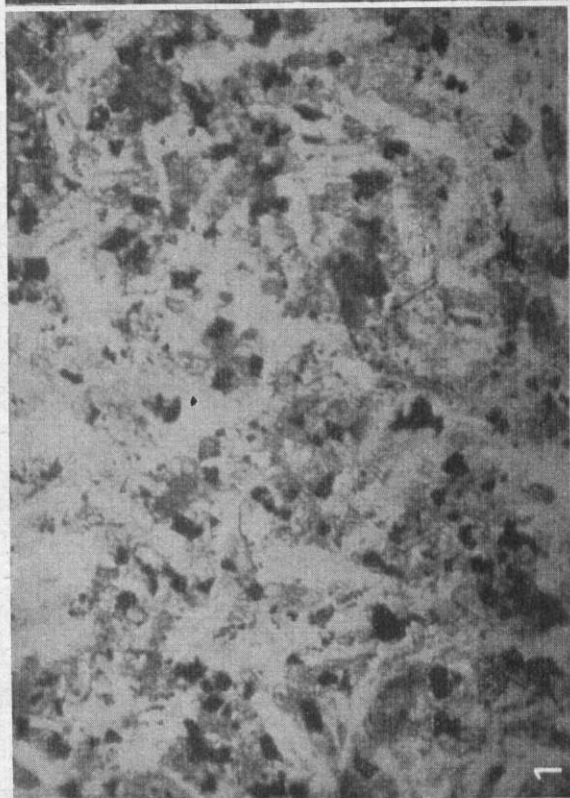
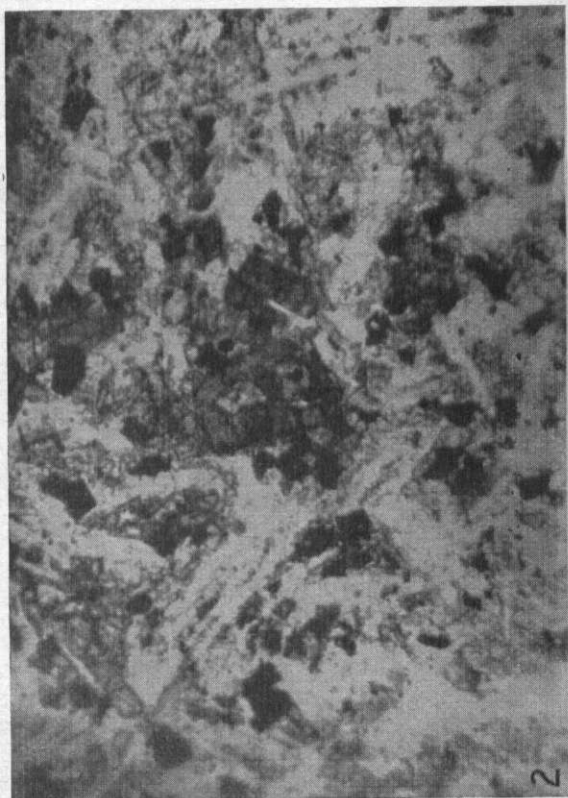
16. Meridionale Braunerden der Kanarischen Inseln. In den sommertrockenen Küstensäumen von Teneriffa, Gran Canaria und La Palma kommt eine besondere Varietät der meridionalen Braunerde vor, die sich von jener im gemäßigten sommertrockenen Zentralspanien weniger durch ihre Profilmorphologie als durch ihren inneren Aufbau unterscheidet. Sie stellen eine Übergangsbildung zu den Braunlehmen dar und haben dadurch für die vorliegende Arbeit besondere Bedeutung. Da es sich um zumeist junge Bildungen handelt, zeigen sie, besonders auf Gran Canaria und im südwestlichen Teneriffa, einen erheblichen Kalkgehalt, zum Teil auch rezente Kalkkrustenbildung an der Oberfläche von dichten Bodengefügen und von verwitterten Gesteinsschichten (vgl. Absatz 15).

17. Profillose Rohböden in extremen Wüstenklimaten. In der weiteren Umgebung von Tamanrasset (1400 m) im Hoggar ergibt sich die Möglichkeit, die rezente Bodenbildung auf Basalt unter einem strengen

Tafel 1: (Dünnschliffe)

1. C<sub>2</sub>-Horizont (Basalt), Relikt-Braunlehm, Atakor. Plagioklasen, Phänokristalle von Titanogit (weißlich) und leicht bowlingitisierte Olivine (dunkel, besonders rechte obere Ecke der Abb.). Die zahlreichen schwarzen Magnetite haben im allgemeinen deutliche Würfelform.
2. C<sub>1</sub>-Fragipan (Matadero-Horizont), Relikt-Braunlehm, Atakor. Plagioklase und Augite haben die alte kristallographische Umgrenzung beibehalten, sind aber vollständig aufgeweicht und haben ihre Doppelbrechung zu großem Teile verloren. Phänokristalle von Olivin (Fayalit) sind in intensiv rotbraunen Bowlingit (Bildmitte) oder Iddingsit (wenig oder gar nicht pleochroitische Varietät) umgewandelt. Die schwarzen Magnetitwürfel sind wenig verändert und haben überdies zu großem Teil ihre Ecken und Kanten erhalten.
3. (B)-Horizont, Relikt-Braunlehm, Atakor. Die Bodenmasse ist dicht intensiv ockerfarbig mit beginnender tiefbrauner Granulierung durch geflocktes Eisenhydroxyd. Die Kristallstrukturen der früheren Plagioklase und Augite sind verschwunden, auch die Bowlingiteinschlüsse sind zumeist in die Grundmasse eingemischt worden. Auf der linken Bildseite eine typische, gut gerundete und scharf umgrenzte, tiefbraune Konkretion von limonitischem Eisenhydroxyd. Die weißen, unregelmäßig geformten Körner sind als Windsedimente eingebrachte allochthone Quarzsplitter.
4. A-Horizont, Relikt-Braunlehm, Atakor. Die Ausflockung von tiefbraunem Eisenhydroxyd ist stärker fortgeschritten als im (B), wodurch sich das Gefüge dem der Braunerde (Tafel III, 4) nähert. Das Gefüge ist schwammartig und besteht aus mannigfaltig geformten, doch gut umgrenzten (biogenen) Aggregaten. Die feinverteilte Humussubstanz ist in der Tonfraktion festgelegt. Die Quarzsplitter sind allochthon.





Wüstenklima zu beobachten. Es entsteht eine lockere, sandig-staubige, hell-ockerbraune Masse, die nur in zufälligen Ansammlungen, und da selten rein, gefunden werden kann, da sie leicht durch den Wind vertragen wird. Sie gleicht den meist etwas heller gefärbten analogen Bodenbildungen auf anderen Silikatgesteinen (braune Yerma) und entspricht im Wesen etwa einer extrem trockenen, lebensarmen, meridionalen Braunerde, die die Fähigkeit zur Bildung eines Humushorizontes sowie eines festen Bodenprofils überhaupt verloren hat. In den Cañadas auf der Insel Teneriffe entstehen auf rezenten schlackigen Basalten in einer Seehöhe von etwa 2000 m in außerordentlich regenarmem Gebiet rötliche Rohböden oder braunrote schorfge Verwitterungskrusten. Ihre Entstehung läßt sich besonders auf Anhäufung von kleinen hellgrauen Bimsstein-Lapilli verfolgen, die eine etwa 1 cm tiefe hellockerfarbige Oberflächenschicht entwickeln, deren Farbe sich in fortgeschrittenen Bildungen in hellrot umwandelt. Die Rohböden des Pico del Teide bestehen in etwa 3500 m Höhe aus einem so gut wie unzersetzten feinen Gesteinsgrus und Grobsand von der Farbe des Muttergesteins; sie entsprechen den hochalpinen Rohböden der nivalen Stufe (vgl. alpine Råmark, *Kubiëna* 1953, p. 176).

#### E. Vergleichende mikromorphologische Untersuchungen

18. Mikromorphologie der Braunerden. Das Mikrogefüge der Braunerden läßt sich als das Standardgefüge der terrestrischen Bodenbildungen mit A(B)C-Profil des gemäßigten Klimas bezeichnen. Es besteht in einer weitgehenden Flockung aller kolloiddispersen Gemengteile, was in erster Linie durch die Flockung des Eisenhydroxyds sichtbar wird. Diese liegt in wasserreicher limonitischer, zumeist dunkelbrauner Form vor. Die starke Flockung ergibt ein hohlraumreiches ziemlich wasserfestes Gefüge (Schwammgefüge) oder eine vollkommen lose krümelige Masse. Die beste Ausbildung des Braunerdegefüges scheint sich in einem sommertrockenen, doch sonst genügend feuchten, gemäßigten Klima zu vollziehen (Randgebiete von Schwarzerdeazonen oder meridionaler Braunerde). Bei Basalt als Muttergestein läßt der Flockungsgrad in Übergangsbildungen gegen den Semipodsol (podsolige Braunerde) und gegen den Braunlehm nach. Tafel III, 4 zeigt das typische Dünnschliffbild einer jungen meridionalen Braunerde aus dem Basaltgebiet Zentralspaniens.

19. Mikromorphologie der Braunlehme. Das Mikrogefüge der auf Silikatgesteinen vorkommenden Braunlehme läßt sich als das Standardgefüge der terrestrischen Bodenbildungen

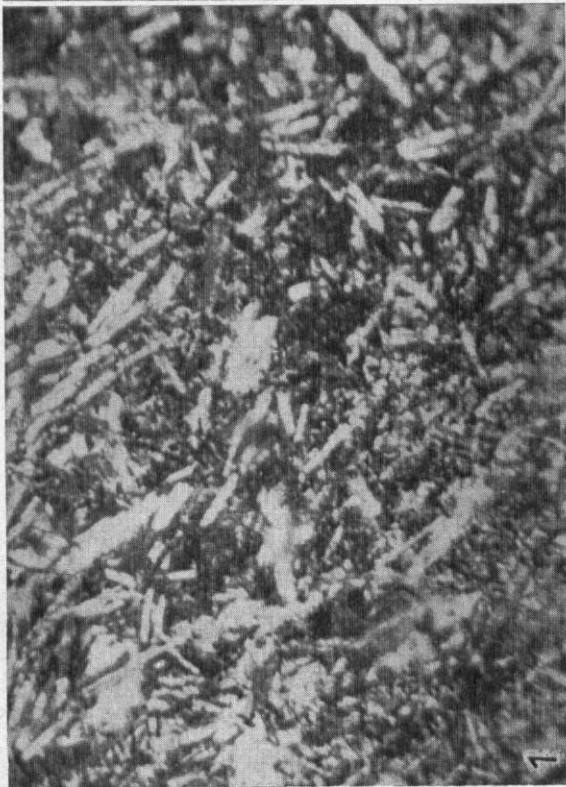
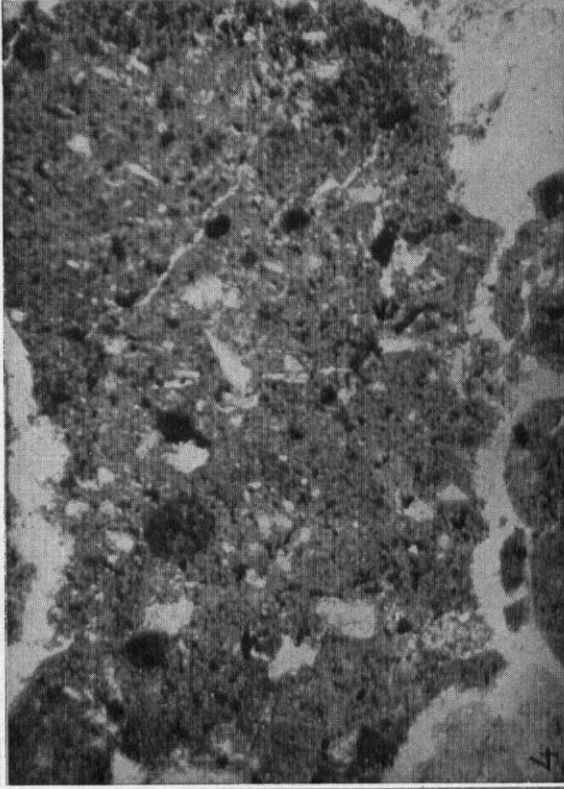
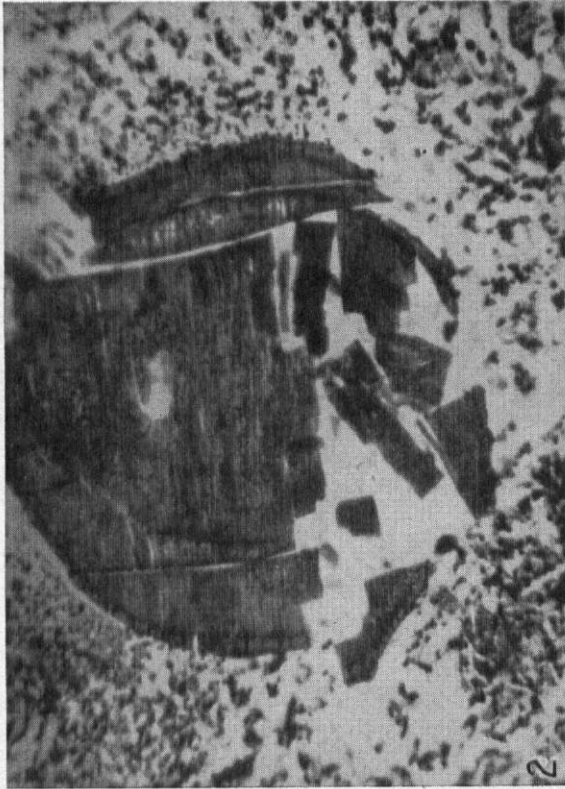
mit A(B)C-Profil feuchter tropischer bis subtropischer Klimate bezeichnen, denen ausgesprochene Trockenzeiten fehlen. Es ist von dem Braunerdegefüge (Absatz 18) dadurch unterschieden, daß es zur Ausbildung einer dichten hohlraumfreien Grundmasse neigt, in der zumeist amorphes, limonitisches Eisenhydroxyd nicht geflockt, sondern in intensiv eigelber Farbe diffus verteilt vorkommt (zufolge der stark peptisierenden Wirkung der stets vorhandenen, hochaktiven, kolloidalen und stark wasserhaltigen Kieselsäure). In tiefen, gut durchfeuchteten Bodenansammlungen (selten in jungen, seichten, durch starke Wasserbewegung charakterisierten Bodendecken) scheidet sich im typischen Braunlehmgefüge des Eisenhydroxyd nicht durch Ausflockung, sondern in Form von langsam wachsenden, gut gerundeten, glatten, limonitischen Konkretionen von dunkelbrauner Farbe aus, die in der Größe von mikroskopischen Formen bis zu solchen von Kindskopfgröße schwanken. Ihre Bildungsbedingungen sind: reichliche gleichmäßige Durchfeuchtung und Fehlen starker Wasserbewegungen, die das stete, regelmäßige Wachstum der Konkretionen behindern.

20. Dünnschliffbild des Braunlehms von Fernando Póo. Die frischen, dichten Basalte von Fernando Póo (C<sub>2</sub>-Horizont) zeigen eine Grundmasse von Plagioklasleisten und kleinen Magnetitwürfeln, in der Phäno-kristalle von hellem Olivin und Tianaugit aufscheinen. Im C<sub>1</sub>-Horizont (Fragipan siehe Profil

#### Tafel II: (Dünnschliffe).

1. C<sub>2</sub>-Horizont (Basalt), rezenter tropischer Braunlehm, Fernando Póo. Plagioklasleisten und Phäno-kristalle von Tianaugit (Bildmitte). Die schwarzen Würfeln und unregelmäßig geformten Ausscheidungen sind Magnetit.
2. C<sub>1</sub>-Horizont (C<sub>1</sub>-Fragipan, Matadero-Horizont), Braunlehm, Fernando Póo. Plagioklase und Augite erscheinen in früherer kristallographischer Umgrenzung, sind indes völlig aufgeweicht und haben zu größtem Teil ihre frühere Doppelbrechung verloren. In der Mitte ein großer Phäno-kristall von Olivin, der in stark blättrigen, leuchtend rotbraunen Bowlingit umgewandelt wurde. Die Magnetitkörner sind wenig verändert und zeigen z. T. deutlich würfelige Umgrenzung.
3. (B)/C-Horizont, Braunlehm, Fernando Póo. Die Grundmasse wird zunehmend intensiv ockerfarbig durch Freiwerden von peptisiertem Eisenhydroxyd, das in erster Linie auf die Verwitterung der Augite und der Oberflächenschicht der Magnetitkörner zurückgeht. Weiche teigige Massen mit Fließgefügen haben die auffallende, für die Bowlingite typische Farbe und treten als Anlagerungen an den Wänden von Hohlräumen und Spalten auf (rechter Rand der Präparation).
4. (B)-Horizont, Braunlehm, Fernando Póo. Die Grundmasse ist durch peptisiertes Eisenhydroxyd intensiv ocker gefärbt. Bowlingite und bowlingitische Teigmassen sind verschwunden und wie die anderen Verwitterungsprodukte völlig in die weitgehend durchknetete dichte Grundmasse eingemischt. Die Magnetite sind außer oberflächlicher Abrundung der Ecken und Kanten wenig verändert.





Absatz 7) ist das Gefüge völlig erhalten, die Plagioklase und Augite sind völlig aufgeweicht und entfärbt und zeigen bei gekreuzten Nicols keine oder nur sehr geringe Doppelbrechung. Die Olivine sind zu Bowlingit verwittert. Ihre Farbe hat sich in ein sehr intensives rötliches Braunocker umgewandelt, ihr Gefüge wird besonders parallel zur Hauptachse feinblättrig (Tafel II, 2). Die Blätter sind häufig etwas pleochroistisch. Sie verlieren allmählich ihre Form und gehen in eine trägließende plastische Masse über (z. T. ist der Pleochroismus gering, fast fehlend = Iddingsit-Typus). Die Magnetitkriställchen bleiben unverändert. Im (B)-Horizont erscheint die Grundmasse nicht mehr hyalin, sondern durch diffus verteiltes Eisenhydroxyd intensiv ockergelb gefärbt. Die Bowlingiteinsprenglinge sind verschwunden und haben sich dem Grundgefüge beige mischt. Umriss der ehemaligen Plagioklasleisten und Augitkristalle sind nicht mehr zu erkennen. Die Magnetitkörnchen haben sich in schwarzer Farbe erhalten, zeigen aber abgerundete Ecken und Kanten (Tafel II, 4). Der (B)/C-Horizont zeigt ein Übergangsgefüge von C<sub>1</sub> zu (B), in dem sich das Gesteinsgefüge, das im (B)-Horizont völlig verlorengegangen ist, zum Teil erhalten hat (Tafel II, 3). Das Gefüge des (B)-Horizontes ist dicht; Hohlräume entstehen in erster Linie durch Bildung von Spaltrissen beim Schrumpfen. Nach den Untersuchungen von R. C. Mackenzie und W. A. Mitchell stimmt die röntgenographische Untersuchung mit der Differential-Thermoanalyse (Abb. 2) in der Feststellung von 70 % Kaolin vom „fireclay-Typus“ Brindleys überein. Die Differential-Thermoanalyse zeigt als wahrscheinliche zusätzliche Komponente Illit an, was durch die Röntgenanalyse, die 10 % Illit feststellt, bestätigt wird. Letzte zeigt ferner 5 % Hämatit und die sehr kleine Einbiegung der D.T.-Kurve bei etwa 325 ° C deutet möglicherweise auf etwa 1 % Goethit. Die restlichen 15 % der Tonsubstanz fallen auf unbestimmte und amorphe Komponenten. Die Röntgenaufnahme zeigte noch einige unidentifizierbare Linien. Der A-Horizont ist dem (B)-Horizont ähnlich, das Gefüge ist indes weniger dicht, der Peptisationsgrad geringer und die Klarheit des Grundgefüges durch das Auftreten feinsten Humusflocken etwas verdeckt. Eisenkonkretionen treten in keinem der oxydierten Horizonte auf, woraus auf eine stete Bewegung des Bodenwassers, wahrscheinlich auch auf starke Durchbewegung des Grundgefüges geschlossen werden kann.

21. Braune Vererdung von Braunlehm. Gelangen Bodenrelikte mit Braunlehmgefüge allmählich in ein Klima, dem die Bildung von Böden mit Braunerdegefügen entspricht,

so tritt mehr oder weniger stark eine Gefügewandlung im Sinne einer solchen auf. Dies kann so weit gehen, daß im A-Horizont die Bildung eines geradezu typischen lockeren Braunerdegefüges eintritt. Diese Umwandlung kann in allen Phasen durch Zunahme des Flockungsgrades in der Grundmasse der Braunlehmschliffe festgestellt werden. Bei geringer Umwandlung zeigt sich lediglich eine leichte tiefbraune Granulierung in der ockergelben Grundmasse, die sich immer mehr bräunt. Bei völliger Umwandlung zeigt sich ein echtes lockeres Schwammgefüge, die ockerfarbige Grundmasse hat sich völlig verloren, das ehemalige Braunlehmgefüge ist oft nur an dem Vorhandensein von kleinen Limonitkonkretionen und an der besseren Erhaltung des ursprünglichen Charakters in den tieferen Horizonten [(B), (B)/C] zu erkennen. Diese Vererdung der Braunlehme zeigt sich bei Relikten, die heute im Braunerdegebiet Mittel- und Nordeuropas, ferner in der subalpinen bis alpinen Stufe Süd- und Mitteleuropas angetroffen werden. Bei Basalt als Ausgangsmaterial tritt sie noch in Gebieten auf, in denen auf sauren Silikatgesteinen nur noch Podsole zu finden sind. Es sei erwähnt, daß leichte Vererdungen auch im Gebiet der feuchten Tropen festgestellt werden können, auf die ich aber, da sie für die vorliegende Untersuchung keine unmittelbare Bedeutung haben, nicht näher eingehe.

22. Mikromorphologie der Rotlehme. Das Mikrogefüge dieser schon durch die zumeist grellrote Farbe auffallenden Böden muß als das typische Bodengefüge der A(B)C-Böden in den wechselfeuchten Tropen und Subtropen bezeichnet werden, in denen ausgesprochene und bodengenetisch stark in Wirkung tretende, heiße Trockenzeiten auftreten. Das Gefüge der dichten Rotlehme ist denen der Braunlehme ähnlich. Sie zeigen eine intensiv eigelbe, selten rötliche, fast hohlraumfreie Grundmasse, in der das Eisenhydroxyd aber nicht in Form von rundlichen, wohl abgegrenzten limonitischen Konkretionen von brauner Farbe, sondern in Form von unregelmäßig begrenzten grellroten Flecken und Anlagerungen ausgeschieden wird, die in erster Linie aus wasserarmen Eisenmineralien wie Hämatit, z. T. Lepidokrokit, Goethit u. a. bestehen.

23. Rote Vererdung von Rotlehm. In einem wechselfeuchten tropischen oder subtropischen Klima, in dem die Humidität abnimmt und die Wirkung der heißen Trockenzeiten intensiver wird ( dies kann auch auf bestimmte Standorte beschränkt sein) tritt eine sehr intensive irreversible Ausflockung des Eisenhydroxyds in Form von grellroten wasserarmen Verbindungen ein, die wie gestocktes Blut die ganze Grundmasse gerüstartig durchsetzen. Da in dieser Weise zwei Gefügeteile, ein kieselsäure-



armer, sesquioxidgeicher, unbeweglicher und ein kieselsäurereicher, peptisierter und hochbeweglicher, einander gegenüberstehen, ergibt es sich, daß durch Auswaschung die erste relativ zunimmt und die andere abnimmt. Der Vorgang kann bis zur fast völligen Verarmung an Kieselsäure führen. Der Boden wird locker, hohlraumreich, leicht grabbar, erdig und unplastisch. Die vererdeten Rotlehme haben nur im Gesamtchemismus eine Ähnlichkeit mit den Lateriten, sind aber von diesen zu scheiden, da sie anderen Bildungsbedingungen entsprechen.

24. Laterisierung. Diese ist mehr eine Form der Diagenese als eine Form der unmittelbaren Bodenbildung. Sie tritt zumeist in tiefen Sedimentschichten von Braunlehmen und Rotlehmen ein und kann auch im feuchtesten Klima und in dauernd feuchten Schichten vor sich gehen. Die früher genannte Vererdung von Rotlehmen (Absatz 23) besteht in einer intensiven Ausflockung und einem starken Wasserverlust der Hydroxyde durch Erhitzung und Austrocknung, bei der Laterisierung handelt es sich um ein Umstehen, Zusammenrücken der Materie durch Alterung, die sich durch Bildung engerer, zunehmend wasserärmerer Kristallgitter charakterisiert. Dünnschliffe von Lateriten zeigen einen ungleich größeren Reichtum an Gefügeformen als Rotlehme, deren Behandlung ich mir für eine besondere Veröffentlichung vorbehalten. Sie fallen schon durch ihre weit schwierigere Präparierbarkeit, die Ansammlungen von Eisenoxyden durch ihre geringe Lichtdurchlässigkeit auf, so daß Gefügeuntersuchungen nur an sehr dünnen Bodenschliffen möglich sind.

25. Mikromorphologie der rezenten Wüstenböden. In der subtropischen und tropischen Sahara bildet sich aus fast allen Ausgangsgesteinen, wie in Absatz 17 angeführt, profillooses, lockeres Verwitterungsmaterial von hellockerbrauner Farbe (braune Yerma). Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß die chemische Umwandlung in summa gering ist, daß darum die Menge des ausgeschiedenen freien Eisenhydroxyds zu einer kräftigen Färbung (wie bei den Rotlehmen) nicht ausreicht. In Dünnschliffen sieht man jedoch sehr charakteristische Teilgefüge, durch die sich diese Bildungen (Yerma) von dem Rohboden in der nivalen Stufe von Hochgebirgen oder in der Arktis (Råmark) wesentlich unterscheiden. Der Betrag von chemischen Verwitterungsprodukten im Gefüge ist gering, doch zeigen die Endprodukte selbst eine qualitativ sehr intensive Verwitterung. In den Intergranularräumen von Kornaggregaten findet man eine gelbockerfarbige Masse mit peptisiertem Eisenhydroxyd, die im wesentlichen der Grundmasse eines Braunlehms entspricht. An der Ober-

fläche tritt eine fein granuliert Ausscheidung von grellrotem geflocktem Eisenhydroxyd nach dem Iwatokaprinzip ein (s. Kubiëna 1953). Die Entwicklungsphasen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit jenen in den feuchten Tropen, denn auch hier tritt in den Intergranularräumen zuerst ein braunlehmähnliches Mikrogefüge auf, das sich an der Oberfläche in eine Art von stark geflocktem Rotlehmgefüge umwandelt. Meist ist beides nebeneinander feststellbar, in der Tiefe noch die Phase 1, an der Oberfläche die Phase 2. Die Eisenoxymengen sind zu gering, um für das Gesamtprodukt stark färbend in Erscheinung zu treten. Für die Bildung von grellgefärbten Rotlehmen und Roterden und deren Gefügeformen ist, wenngleich nur auf einen Teil des Jahres beschränkt, viel Feuchtigkeit notwendig.

26. Mikrountersuchung der Braunlehme des Atakors. Um die Braunlehme des Atakors mit jenen der heutigen feuchten Tropen oder Subtropen zu vergleichen, ist es notwendig, Bildungen heranzuziehen, in denen nur Basalt und wenig Beimischungen von Verwitterungsmaterial anderer Muttergesteinsarten (im Atakor in erster Linie solche von Phonolithen, Trachyphonolithen und Trachyten) als Ausgangsmaterial in Erscheinung tritt. Die meisten Basalte des Atakors haben im wesentlichen die gleiche Zusammensetzung und die gleiche Mineralführung wie die Basalte von Fernando Póo, wodurch sich eine gute Vergleichsbasis der entsprechenden Braunlehme (siehe Absatz 6 und 7) ergibt.

Auch im Atakor setzen sich die Basalte in der Regel aus einer Grundmasse von Plagioklasleisten mit zahlreichen kleinen Magnetitkörnern, in die größere Phänokristalle von Olivin und etwas titanhaltigem Augit eingebettet erscheinen, zusammen (Tafel I, 1).

Im  $C_1$ -Fragipan (siehe Profil Absatz 6) sind die Plagioklase und Augite aufgeweicht und haben den größten Teil ihrer Doppelbrechung verloren, obwohl der Erhaltungsgrad der Plagioklase etwas besser ist als bei dem Braunlehm von Fernando Póo. Die Olivine sind in intensiv rötlich-ockerfarbigem Bowlingit, bzw. Iddingit von starker Doppelbrechung aber fast fehlendem Pleochroismus umgewandelt. Die blättrige Ausbildung ist weniger sichtbar als bei den Bowlingiten von Fernando Póo, wo die Phänokristalle von Olivin noch bedeutend größer sind. Die zahlreichen Magnetitkörnchen haben ihre kristallographische Umgrenzung fast völlig erhalten (Tafel I, 2). Teile des  $C_1$ -Horizontes zeigen (B)/C-Charakter. Bei diesen treten in der Grundmasse intensiv gelbockerfarbige Flecken auf, die Eisenhydroxyd in peptisierter Form enthalten.

Im (B)-Horizont (Tafel I, 3) hat sich eine gleichmäßige gelbockerfarbige dichte Grundmasse

gebildet. Das Eisenhydroxyd ist leicht geflockt und nicht mehr so stark peptisiert wie in den (B)/C-Flecken, wodurch die Masse eine feine Granulierung erhält. Zersetzte Plagioklasleisten sind in keiner Weise mehr sichtbar, die Bowlingite sind zum Teil aufgelöst und in die Grundmasse eingemischt, zum Teil in Resten noch sichtbar. Die Magnetitkörner zeigen lediglich abgelaugte Ecken und Kanten. Mitunter treten rundliche Konkretionen von Eisenhydroxyd auf. Sie sind dunkelbraun in der Farbe und zeigen scharfe Randkonturen, wodurch der Braunlehmcharakter des Bodens besonders betont wird. Sie sind in tiefen Erosions-sedimenten häufiger als in Bodenbildungen in situ. Bei gekreuzten Nicols zeigen sich in bewegten Gefügeteilen auffallende doppelbrechende Schlieren.

Nach den Untersuchungen *Mackenzies* und *Mitchells* zeigt die Grundmasse des (B)-Horizontes übereinstimmend 25% Kaolin, und zwar wahrscheinlich wieder vom „fireclay-Typus“. Aus der Differential-Thermoanalyse (Abb. 2) läßt sich als weitere Komponente ein Mineral illitischer Natur erkennen; die röntgenographische Untersuchung zeigt 40% Illit-Vermikulit, 5% Montmorillonoid (letzte Menge ist zu klein, um durch die D.T.-Analyse bestimmbar zu sein) und 5% Quarz. Am Ende des Thermogrammes tritt eine interessante Doppelspitze auf, die jedoch nicht gedeutet werden konnte. Eisenoxyminerale ließen sich weder nach der einen noch nach der anderen Methode feststellen. Wahrscheinlich sind diese im wesentlichen amorpher Natur. Gegenüber dem (B)-Horizont des rezenten Braunlehms von Fernando-Póo zeigt sich im Atakor-Braunlehm ein erheblich geringerer Gehalt an Kaolin und ein relativ hoher Gehalt an Illit-Vermikulit, der wohl in erster Linie auf nachträgliche Umwandlung im Reliktboden, möglicherweise z. T. auf einen höheren Gehalt an Fremdmineralien, der im Atakor größer ist, zurückgeht.

Im A-Horizont ist der Braunlehmcharakter zwar noch erkennbar, obwohl sich bereits deutliche Zeichen der Vererdung in der sonst noch gut erhaltenen Grundmasse zeigen. Die geflockten Eisenhydroxyde sind im durchscheinenden Licht dunkelbraun und nicht rötlich. Das Gefüge erscheint schon bei Auflichtuntersuchung mit dem Binokular nicht völlig dicht, sondern zeigt eine Art von filigranem Schwammgefüge. Dieses wird dadurch gebildet, daß die Grundmasse einerseits von zahlreichen unregelmäßig geformten Kanälchen durchzogen, an anderen Stellen in unregelmäßig rundliche, ganzrandige Aggregate mit dichtem Innengefüge aufgeteilt wird. Diese Art des Gefüges erinnert an jenes der jungen, noch humusreichen Braunlehme in den feuchten Tropen und geht auf die intensive Durcharbeitung des Bodens

durch Kleintiere zurück. Dieses Mikro-Schwammgefüge wird im Dünnschliff bei parallelen Nicols und gleichzeitiger Einschaltung eines Gipsblättchens besonders deutlich. Der Gehalt an Fremdmineralien, besonders an Quarzsplintern, nimmt im A-Horizont stark zu, was mit der intensiven Zufuhr von Windsedimenten im heutigen Wüstenklima zusammenhängt. Die Oberflächen ausgetrockneter Aggregate, Absonderungen und Bodenbruchstücke sind von winzigen schorfigen Krümelchen abgesplitteter Grundmasse bedeckt. An frischen Bruchflächen ist die Grundmasse kompakt und wachsartig.

Der Relikthumus zeigt eine gute Zersetzung und Humifizierung, wobei die Humusteilchen feinverteilt in der Tonmasse enthalten sind. Es liegt demnach Mullbildung vor.

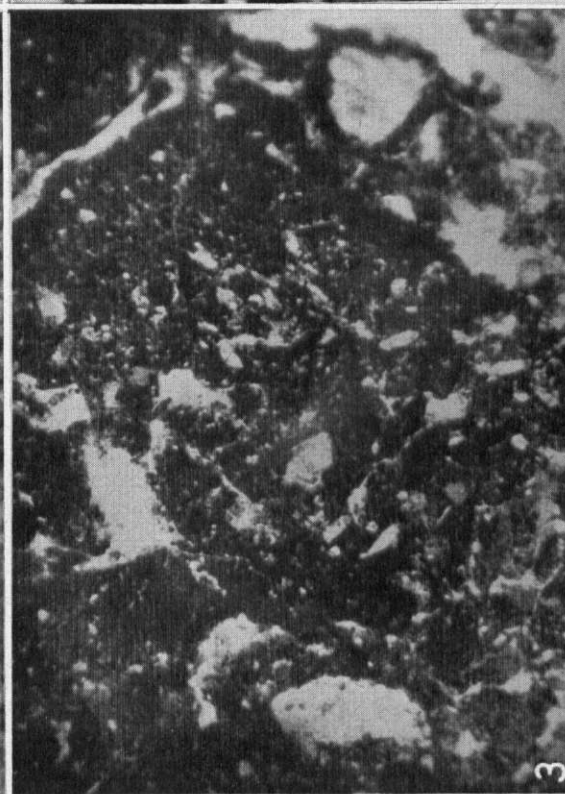
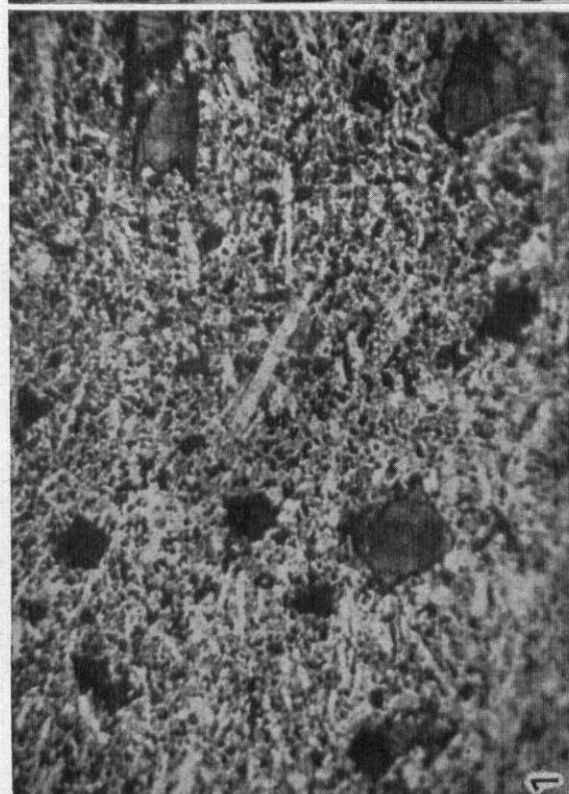
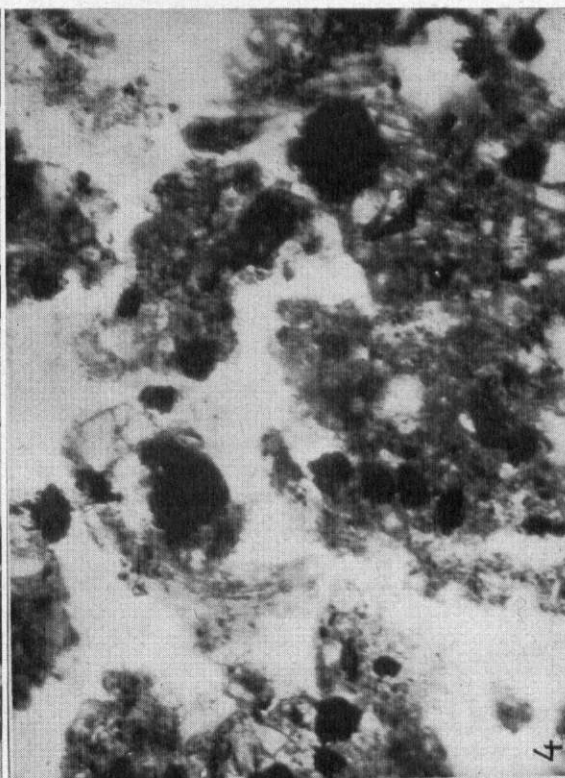
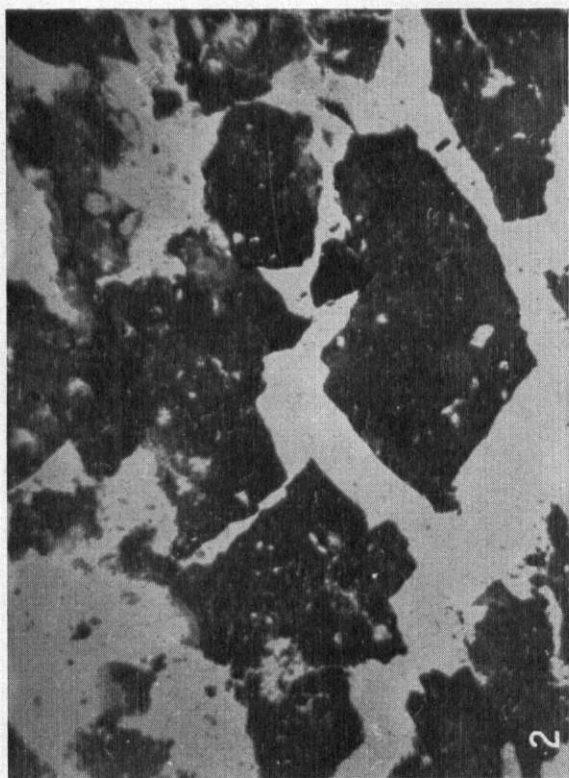
27. Mikrountersuchung der Rotlehme des Atakor. Die fossilen Rotlehme sind in der Art der Ausbildung und in ihrer Reife nicht einheitlich. So treten Übergänge zu den Braunlehmen auf, die zwar äußerlich stark rot bis braunrot gefärbt sind, aber mikroskopisch ein dem Braunlehm näherstehendes Gefüge haben. Die Bodenmasse ist sehr dicht (Tafel III, 2). Das zum Teil geflockte Eisenhydroxyd ist mehr braun als rot. Die Magnetitkörner sind zu großem Teile erhalten.

Diesen Rotlehmen stehen stark gereifte und weitgehend geflockte Bildungen mit wechselndem Vererdungsgrad gegenüber. Auch bei diesen reifen, erdigen Rotlehmen zeigt der C<sub>1</sub>-Horizont ein dichtes Gefüge von farblosen Plagioklasleisten, die völlig aufgeweicht sind und ihre Doppelbre-

*Tafel III: (Dünnschliffe).*

1. C<sub>1</sub>-Fragipan (Matadero-Horizont), hochplastischer fossiler Rotlehm auf Basalt, Atakor. In die aus stark aufgeweichten kleinen Plagioklasen und Augiten bestehende Grundmasse, die ihre Doppelbrechung zu großem Teile verloren haben, sind größere Phänokristalle von intensiv rotbraunen Bowlingiten eingebettet. Die kleinen stark gerundeten Magnetitkörner zeigen (mit Auflicht gesehen) grellrote Oberflächen.
2. (B)-Horizont, hochplastischer fossiler Rotlehm, Atakor. Die Bodenmasse ist völlig dicht, intensiv braunrot und ist durch Schrumpfung in scharfkantig-eckige Aggregate zerfallen.
3. (B)-Horizont, erdiger Rotlehm der Iwatokavariante, Atakor. Die Grundmasse ist völlig von grellroten krümeligen Ausflockungen von Eisenhydroxyd durchsetzt. Bewegliche Gefügeteile sind herausgewaschen, wodurch ein Schwammgefüge entsteht. Der ursprüngliche plastische Bodencharakter ist an den zahlreichen erhalten gebliebenen Schwundrissen noch erkennbar. Die Magnetitkörner sind völlig in ein rotes Pulver zerfallen.
4. (B)-Horizont, meridionale Braunerde auf Basalt, Ciudad Real, Zentralspanien. Sehr lockeres Schwammgefüge von unregelmäßig geformten schorfigen Aggregaten, in denen Eisenhydroxyd in dunkelbraunen feinkrümeligen Flocken ausgeschieden ist. Peptisiertes Eisenhydroxyd fehlt. Die Magnetitkörner sind außer mehr oder minder starkem mechanischem Zerfall unverändert.





chung weitgehend verloren haben, in das die grellfarbigen Bowlingite eingebettet sind (Tafel III, 1). Die Magnetitkörner haben hier bereits abgelagerte Ecken und Kanten und sind an der Oberfläche im Auflicht auffallend grellrot gefärbt. Im (B)/C-Horizont tritt partienweise die Bildung ockerfarbiger Flecken auf, in denen sich Eisenhydroxyd bewegt und schließlich feinflockig nach Iwatoka-Art in grellroter Farbe ausgeschieden wird. Es kann beobachtet werden, daß in diesen Zonen die Magnetitkörner so gut wie vollständig zerstört werden. Die Bowlingite verlieren ihre Form und beginnen zu fließen. Im (B)-Horizont sind die Magnetitkörner fast ganz verschwunden, das Eisenhydroxyd ist in roten, wasserarmen Formen völlig geflockt, die ockergelbe Grundmasse bis auf kleine blockierte Reste ausgewaschen. Hierdurch entsteht allmählich ein lückiges Schwammgefüge, wie es für die erdigen Rotlehme der Iwatoka-Form typisch ist (Tafel III, 3).

Die Untersuchungen von R. C. Mackenzie und W. A. Mitchell zeigen übereinstimmend 50 % Kaolinminerale (regelmäßiger gefügt als in obigen Braunlehmproben, wahrscheinlich Kaolinit) und 5 % Goethit. Der bei 345 ° C kulminierende Gipfel des Thermogrammes (Abb. 2) ist offenbar zusammengesetzter Art. Der Teil mit niedrigerer Temperatur könnte Gibbsit oder Lepidokrokot sein. Die röntgenographische Untersuchung ergibt etwa 5 % Lepidokrokot, 3 % Hämatit und möglicherweise etwa 5 % Maghemit. Als weiteres Tonmineral ist zu 5—10 % Illit feststellbar. Nach halbstündigem Erhitzen auf 600 ° C zeigt die röntgenographische Untersuchung etwa 30 % Hämatit an. Durch die Fortwaschung der kiesel-säurereichen beweglichen Grundmasse und der relativen Anreicherung der grellroten (im Durchlicht tiefbraunroten) sesquioxidreichen Ausscheidungen tritt in diesen Böden eine Verarmung an Kieselsäure ein, wie dies die von P. Bordet (1952) angeführte Analyse zeigt. Sie bezieht sich auf ein fossiles Rotlehmsediment mit noch muscheligen Bruch, das im oberen Teile des Ued Ilamane durch Erosion freigelegt wurde. Es enthält: SiO<sub>2</sub>: 36,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 30,0; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 19,4; TiO<sub>2</sub>: 4,0; CaO: 0,1; H<sub>2</sub>O: 4,0; Verlust 10,4 %.

Die Verarmung an Kieselsäure ist deutlich, doch nicht übermäßig hoch, da das Ausgangsmaterial ziemlich basisch ist und etwa 40—45 % SiO<sub>2</sub> enthält. Die Verarmung an Kieselsäure haben die vererdeten Rotlehme mit den Lateriten gemein, sie kann daher heute nicht mehr als ein eindeutiges Merkmal der Laterisierung angesehen werden. Alle von mir gesehenen roten Böden und Bodensedimente des Atakor hatten deutlich Rotlehmmerkmale, wenn auch eine leichte sekundäre Laterisierung in einzelnen Fällen, ohne den

Gesamtcharakter wesentlich zu ändern, im Bereich der Möglichkeit liegt.

#### F. Schlußfolgerungen

28. Bildungsbedingungen der Braunlehmrelikte. Der Braunlehm auf Basalt des Atakor ist dem Braunlehm auf gleichem Muttergestein der immerfeuchten Tropen (Fernando Póo) in bezug auf Profilausbildung (Absatz 6 und 7) und Mikromorphologie (Absatz 20 und 26) analog. Er ist indes in beider Beziehung von allen rezenten Bodenbildungen auf gleichem Muttergestein anderer Klimate deutlich verschieden, insbesondere von den Rotlehm (Absatz 10—13 und 22), den Braunerden (Absatz 14, 15, 16, 18) und den Wüstenrohböden (Absatz 17 und 25). Die Unterschiede gegenüber dem Braunlehm von Fernando Póo bestehen in einer stärkeren sekundären Vererdung (höherer Flockungsgrad) des A-Horizontes, ferner in der geringeren Verwitterungsintensität und Profilentwicklung, das sich aus dem von vornherein bedeutend feuchteren und wärmeren äquatorialen Regenwaldklima von Fernando Póo ergibt. Aus allen obigen Feststellungen kann geschlossen werden, daß die Braunlehmdecke des Atakor sich in einem immerfeuchten subtropischen bis tropischen Klima gebildet hat, das heute nicht mehr besteht und ehemals auch die höchsten Erhebungen des Atakors erreicht hatte.

29. Ursachen für die Erhaltung des Braunlehmcharakters. Braunlehmrelikte können starken Umwandlungen unter nachfolgenden anderen Klimaverhältnissen unterliegen.

1. Die stärkste Umwandlung wird durch ein heißes, wechselfeuchtes (die Betonung liegt hier auf feucht) Klima mit betonten, intensiv wirkenden Trockenzeiten bewirkt, wodurch eine starke Rubefizierung (Umwandlung in Rotlehm) eintritt. Eine solche Klimawandlung ist nach der Bildung der Braunlehmdecke im Atakor nicht eingetreten.

2. Im strengen, extrem regenarmen Wüstenklima tritt eine starke Gefügelockerung und Verstaubung der Braunlehmrelikte ein. Diese kann mit einer leichten Rubefizierung verbunden sein. Durch die intensive Winderosion wird der Boden zu größtem Teile abgetragen, so daß keine Flächen mit geschlossener Bodendecke, sondern bestenfalls einige stark reduzierte und zerstörte Reliktstellen zurückbleiben. Im Atakor läßt sich in den tieferen Lagen noch eine oberflächliche Verstaubung feststellen, sie nimmt im hohen Atakor deutlich ab. Die Rubefizierung ist gering. Sie tritt auch bei den rezenten Rohböden des hohen Atakor nicht ein, so daß angenommen werden muß, daß die heutigen Bildungsbedingungen sich jenen



für die alpinen Rohböden (z. T. Pico del Teide in 3500 m, dortselbst deutliche Rubefizierung noch in 2000 m) nähern. Eine gute Erhaltung von Braunlehmgefügen unter solchen Bildungsbedingungen ist bekannt, wobei zumeist nur eine oberflächliche braune Vererdung eintritt.

3. Bei einem Klimawandel in der Richtung nach einem Braunerde- oder noch kühleren Klima tritt eine braune Vererdung des Braunlehms ein, d. h. die zunehmende Umwandlung des Braunlehmgefüges in ein Braunerdegefüge. Eine Umwandlung von Braunlehmrelikten in Form einer braunen Vererdung zeigt sich auch in sommertrockenen gemäßigten Klimaten (Zentralspanien). Eine tiefgreifende Verstaubung oder Rubefizierung tritt hierbei nicht ein. Auch Einflüsse in dieser Richtung kommen im hohen Atakor in Betracht (vgl. Alpine Rasenbraunerde, Kubiëna 1953, p. 293).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß keine der Klimaänderungen nach der Bildung des Braunlehms stark genug war, um eine Typenumwandlung hervorzurufen. Auch das gegenwärtige Wüstenklima ist in den hohen Lagen nicht extrem genug, um die Braunlehmdecke durchgreifend zu verändern. Die Tierdarstellungen der Felszeichnungen im Atakor deuten überdies darauf hin, daß das Hochgebirgsklima auch in frühhistorischer Zeit noch wesentlich feuchter war als heute.

30. Alter der Braunlehmdecke. Da die Braunlehme nirgends von Lavaströmen überdeckt wurden, sind sie jünger als der Vulkanismus des Atakor. Sie sind überdies von den fossilen Rotlehmschichten in der Regel durch Basaltdecken getrennt oder gehen, wo diese durch Erosion freigelegt wurden, nicht in diese über. Ihr Profilaufbau, mit der starken Entwicklung eines C<sub>1</sub>-Fragipan, der fast an jene in Fernando Póo heranreicht, deutet nicht nur auf ein tropisch oder subtropisch humides sondern extrem feuchtes pluviales Klima hin. Braunlehme haben eine große Verbreitung und kommen bereits auch in Übergangsklimaten vor. Vergleichende Untersuchungen zeigen, daß sie in mäßig feuchten Gebieten (rezente Braunlehme auf den Westkanaren) einen Profilaufbau haben, der wohl einen (B)/C-Horizont aber keinen tiefgründigen C<sub>1</sub>-Fragipan enthält.

Versucht man die Braunlehme des Atakor in die jüngste von L. Balout (1952) gegebene Chronologie der Klimate und vorzeitlichen Industrien der inneren Sahara einzuordnen, die den vorliegenden paläopedologischen Befunden am meisten entgegenkommt, so kommt als das jüngste, stark ausgeprägte Pluvial jenes in Betracht, das nach Balout dem letzten Interglazial entspricht. Es handelt sich auf jeden Fall um die letzte große tro-

pische Feuchtigkeitsperiode, die die bloß mäßig humide Periode des Neolithikums an Feuchtigkeit bei weitem übertrifft. Es ist die wahre Sahara des Tschad, die von Flußpferden bevölkert war und Industrien des Acheuléen von stark afrikanischem Charakter zeigt, die reich an Handaxtfunden sind. Es ist anzunehmen, daß zu dieser Zeit außerhalb der Hochgebirgszonen in der Sahara Rotlehme gebildet wurden und daß die Bildung der extremen Braunlehme im wesentlichen nur den Hochgebirgen vorbehalten war.

Auf dieses Pluvial folgte (nach Balout in der Würmzeit) eine zunehmende Austrocknung der südlichen Sahara, von der die Hochgebirge verschont blieben. Aus dieser Zeit stammen die mediterranen Florenrelikte im Atakor, in ihr haben sich die Braunlehme, wenn auch in dieser Form nicht neu bilden, so doch gut erhalten können.

31. Alter der fossilen Rotlehme. Diese sind gleichaltrig mit dem Vulkanismus und zeigen verschiedene Reife, die vielleicht dazu benutzt werden kann, die zeitliche Aufeinanderfolge der verschiedenen Lavadecken festzustellen. Obwohl sich auf den Kanarischen Inseln die fossilen Rotlehme auf Basalt als tertiäre Bildungen datieren ließen, scheint im Atakor auf Grund der sehr jungen Morphologie der Landschaft (vgl. Bordet 1952) ein weit geringeres Alter wahrscheinlich. Doch muß es nach obigen Überlegungen als mindestens pleistozän angenommen werden, was dann wohl auch für den Vulkanismus Geltung haben müßte. Für eine genauere Datierung fehlen noch jegliche Anhaltspunkte.

Für die Rotlehme und Rotlehmsedimente auf dem altkristallinen Sockel des Atakor unterhalb seiner Lavadecken muß wohl mit Julius Büdel (1952) vorpleistozänes Alter angenommen werden. Dieser sagt in Beziehung auf sie wörtlich: „Verwandte Bodenbildungen finden wir heute erst 1200 km weiter südlich in der ‚Flächenspülzone‘ der sudanesischen Savanne bei jährlich mindestens fünfmonatiger Regenzeit. Auch im Hoggar-Gebirge ist diese älteste, sehr feuchte Klimaperiode vermutlich noch ins Jungtertiär d. h. vor Beginn des Eiszeitalters zu stellen.“ Ob sie in ihrem Gefügebau, Verwitterungsgrad und Profilgestaltung den Relikten am Rande des Atakor entsprechen (vgl. Absatz 12), kann erst eine nähere Untersuchung entscheiden.

#### Zusammenfassung

1. Im hohen Atakor (Zentral-Sahara) hat sich eine subtropische Braunlehmdecke erhalten, die in ihrem Typencharakter trotz dem gegenwärtigen Wüstenklima fast keine Veränderung erfahren hat.

2. Diese Braunlehmrelikte, die überwiegend auf Basalt vorkommen, werden mit rezenten

Basaltböden verschiedener anderer Klimate verglichen, vor allem mit den tropischen Braunlehmen von Fernando Póo (Golf von Guinea), den Braunerden Mitteleuropas und Nordeuropas, den meridionalen Braunerden Zentralspaniens und der Kanarischen Inseln, den rezenten Bodenbildungen der Sahara und der Hochgebirgswüste des Teide (Teneriffa). Zugleich werden Umwandlungsformen von Braunlehmrelikten unter bekannten Klimaveränderungen zum Vergleich herangezogen.

3. Auf Grund der Profilmorphologie, der Mikromorphologie und der Art der Mineralumwandlung konnte festgestellt werden, daß es sich bei den Braunlehmrelikten um eine Bodenbildung eines ausgesprochen feucht-subtropischen bis tropischen Klimas handelt.

4. Neben den Braunlehmrelikten finden sich im Atakor fossile Rotlehme, die fast stets von Basaltdecken überdeckt sind und dadurch gegenüber den Braunlehmen als deutlich älter erkannt werden können. Durch vergleichende Untersuchungen mit Basaltrotlehmen anderer Gebiete kann gesagt werden, daß es sich um Bodenbildungen eines tropischen Feuchtklimas mit stark ausgeprägten heißen Trockenzeiten handelt. Sie zeigen verschiedenen Reifegrad. Der Grad der Laterisierung ist gering.

5. Bezüglich des Bildungsalters der Braunlehmdecke kommt in erster Linie das jüngste große Pluvial in Betracht, da dieses an Feuchtigkeit die spätere, bloß humiden Perioden bei weitem übertrifft.

6. Die Ursache der geringen Veränderungen der Braunlehmrelikte liegt darin, daß das Wüstenklima im hohen Atakor relativ jung ist, daß es in der Höhenlage weniger extrem ausgebildet ist

und sich schwächer auswirkt. Nach dem tropischen Regenklimate des jüngsten Pluvials folgten durchwegs feuchte Klimate, in denen sich Braunlehmprofile der vorliegenden extremen Art (Matadero-Variante) wohl nicht neu bilden, jedoch gut erhalten konnten.

7. Die fossilen Rotlehme sind deutlich älter als die Braunlehme, gehörten aber wahrscheinlich noch dem Pleistozän an. Ein solches Alter muß nach den paläopedologischen Ergebnissen auch für den Vulkanismus selbst angenommen werden, da ein rezentes Alter für die ihn begleitenden Bodenbildungen nicht vermutet werden kann.

Die vorliegende Veröffentlichung ist durch Verleihung eines Reisestipendiums zum Studium tropischer Böden durch den Consejo Superior de Investigaciones Científicas in Madrid möglich gewesen, wofür ich diesem und besonders seinem Generalsekretär, Herrn Prof. Dr. José Ma Albareda herzlich danke. In gleicher Weise bin ich den Veranstaltern der Exkursion in den Ahaggar 1952 zu großem Dank verpflichtet, besonders Herrn Dr. P. Bordet (Paris) für seine vorzügliche Führung im Atakor.

#### Schrifttum:

- Balout, (L.)* 1952, Pluviaux interglaciaires et préhistoire saharienne. Travaux de L'Institute de Recherches Sahariennes T. VIII. p. 9—21.
- Bordet (P.)* 1952, Les appareils volcaniques récents de l'Ahaggar. XIX<sup>ème</sup> Congrès Géologique International. Monographies Regionales 1<sup>re</sup> Série: Algérie -N 11.
- Büdel (J.)*, 1952. Bericht über klima-morphologische und Eiszeitforschungen in Nieder-Afrika. Erdkunde. VI. 213, 104—132.
- Capot-Rey (R.)* 1952, Travaux de l'Institute de Recherches Sahariennes, T. VIII, p. 23—47.
- Kubiëna (W. L.)* 1948, Entwicklungslehre des Bodens. Wien.
- Kubiëna (W. L.)* 1953, Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Madrid und Stuttgart.
- Lhote (H.)* 1944, Les Touaregs du Hoggar, Paris.
- Maire (R.)* 1953, Etude sur la flore et la végétation du Sahara central. Alger.

## BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

### ATLANTIS — WIEDER EINMAL „GEFUNDEN“!

Hugo Groß

Notzeiten erzeugen bekanntlich immer Massenpsychosen. Seit dem zweiten Weltkrieg wuchert wieder üppig der Glaube an die Horoskope, an das siderische Pendel und an die Erdstrahlen, kein Wunder, daß auch der Weizen der Atlantomanen blüht. Nachdem bis dahin „nur“ ca. 25 000 Schriften über *Platons* mystische mythische Insel Atlantis veröffentlicht waren, erschien 1947 in deutscher Übersetzung die Bibel der Atlantomanensekte, das Buch von *A. Braghine*<sup>1)</sup>, und

1953 das Buch<sup>2)</sup> des Pastors *J. Spanuth* aus Bordelum in Schleswig-Holstein, der aus 9000 Jahren vor *Solon* in *Platons* Atlantiserzählung 9000 Monate vor *Solon* machte und auf diese Weise elegant das fabelhafte Reich der Atlanter mit dem Nordischen Kreis der Bronzezeit identifizierte und die Königsinsel der Atlanter, die nach *Platon* gar keine Insel, sondern die von drei Gräben mit Wällen umgebene Königsburg auf der Insel Atlantis war, in die Nordsee (Helgoland mit dem Steingrund) verlegte. Dieser Bestseller, der dank der unermüdlichen Propaganda halbgebildeter sensationslüsterner Presseleute trotz der rechtzeitigen Warnung maßgebender Wissenschaftler in einem Jahr zwei Auflagen erlebte, wurde noch Ende 1953

<sup>1)</sup> *A. Braghine*: The Shadow of Atlantis. Deutsche Übersetzung: Atlantis. Stuttgart 1947.

<sup>2)</sup> *Jürgen Spanuth*: Das enträtselte Atlantis, Stuttgart 1953.