

Bd. (Vol.) VIII

1944

No 2/4

Bodenkundliche Forschungen

Recherches sur le Sol

Soil Research

Organ der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft
Organe de l'Association Internationale de la Science du Sol
Organ of the International Society of Soil Science

Beiheft: Offizielle Mitteilungen
Les Suppléments: Communications Officielles
The Supplements: Official Communications
erscheint gesondert

Herausgegeben vom Vorstand der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft — Publiés par la Présidence de l'Association Internationale de la Science du Sol — Edited by the Executive Committee of the International Society of Soil Science — Schriftleiter — Rédacteur en chef — Editor in chief: F. Giesecke, Berlin — Mitarbeiter — Collaborateurs — Assistant Editors: A. J. Demolon, Versailles; E. M. Crowther, Harpenden

Manuskripte, Bücher usw. und alle die Redaktion und den Verlag betreffenden Mitteilungen sind zu richten an Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin-Dahlem, Lentzeallee 55—57

Les manuscrits, les livres etc. et tous les communications concernant la rédaction et la publication sont à adresser au Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin-Dahlem, Lentzeallee 55—57

Manuscripts, books etc. and all reports concerning the editorship and the publication are to Dr. F. Giesecke, Berlin-Dahlem, Lentzeallee 55—57

ERIC LIBRARY

02 1928.02

Der Vorstand; La Présidence; The Executive Committee
 Präsident; Premier Président; President: Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin
 Stellvertretender Präsident; Premier Président adjoint; Acting President:
 Dr. D. J. Hissink, Bussum
 Vizepräsidenten; Vice-Présidents; Vice-Presidents:
 Prof. Dr. A. A. Jarilov, Moscou; Dr. A. Demolon, Versailles
 Vertreter des Internationalen Landwirtschafts-Instituts in Rom; Représentant de
 l'Institut International d'Agriculture à Rome; Representative of the International
 Institute of Agriculture in Rome: Ehrenamtlicher Generalsekretär;
 Secrétaire Général Honoraire; The General Secretary of the Institute
 Honorary General Secretary: Dr. D. J. Hissink, Bussum
 Redakteur der Zeitschrift; Rédacteur de la publication périodique; Editor of
 the Review: Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin
 Mitglieder ex officio; membres ex officio; Members ex officio:
 Prof. Dr. G. De Angelis d'Ossat, Roma; Sir E. John Russell, Harpenden

Inhalt — Contenu — Contents

	S.
Franz, H., Bodenzologie als Forschungszweig der Bodenkunde	129
→ Hellmers, J. H. und Utescher, K., Einige Gesteine der Insel Gran Canaria und die aus ihnen entstandenen Böden	146
→ Hellmers, J. H. und Köhler, R., Mechanische, mineralogische und chemische Untersuchung eines Savannenbodens aus Kamerun	169
→ Hellmers, J. H., Die Böden des südlichen Tschadgebietes	177
Okáč, A. und Smolík, L., Polarographische Charakteristik der klimato- genen Bodentypen	206
von Kreybig, L., Neuere Richtlinien der sachgemäßen Bodenbearbeitung	217
Okáč, A., Polarographische Eisenbestimmung in Bodenextrakten	227
→ Hellmers, J. H., Wüstenböden der nordöstlichen Sahara und der Sinai- halbinsel	232
Bücher- und Zeitschriftenschau	265

Bodenkundliche Forschungen Recherches sur le Sol — Soil Research

Organ der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft
Organe de l'Association Internationale de la Science du Sol
Organ of the International Society of Soil Science

Bd./Vol. VIII

1944

No 2/4

Bodenzoologie als Forschungszweig der Bodenkunde.

Von

Herbert Franz,

Admont*).

Eingegangen: 1. November 1943.

1. Wachsendes Interesse der bodenkundlichen Forschung an bodenbiologischen Fragestellungen.

Je größer der Umfang unseres Wissens über das Wesen des Bodens und der Bodenbildung wird, um so mehr entwickelt sich die Bodenkunde zu einer Grenzwissenschaft, die durch die Ergebnisse der Untersuchungen auf zahlreichen anderen Forschungsgebieten befruchtet und ergänzt wird. In der Bodenkunde haben nicht nur geologische, mineralogische, physikalische und chemische Erkenntnisse ihren Niederschlag gefunden, sondern auch solche aus dem Gebiete der Klimatologie, Mikrobiologie, Bodenzoologie und Vegetationskunde. Wie sehr alle diese naturwissenschaftlichen Fachrichtungen auf bodenkundlichem Gebiete miteinander verbunden sind, wird besonders deutlich, wenn man sich mit Fragen der Bodenbildung befaßt.

Wir sind heute noch weit davon entfernt, die einzelnen Faktoren, die zur Bildung der verschiedenen Bodentypen und Bodenprofile führen, im einzelnen zu kennen, wissen aber doch schon mit Bestimmtheit, daß neben der Beschaffenheit des Grundgesteines und den Eigenschaften der mineralischen Substanz des Bodens selbst Klima, Vegetation und Bodenleben für die Entwicklung des Bodens und für den Charakter des sich dabei herausbildenden Bodentypus von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Die bodenkundliche Forschung mißt darum auch der Untersuchung biologischer Fragen in den letzten Jahrzehnten wachsende Bedeutung bei und schenkt neben der Frage nach den regionalen Bodentypen nunmehr auch den vegetationsbedingten, oft auf engem Raum vielfach wechselnden Bodenarten besondere Aufmerksamkeit.

*) Aus der Abteilung f. Boden- und Standortforschung des Grünlandinstitutes der Reichsforschungsanstalt für alpine Landwirtschaft.

Wir wissen, daß das Kleinleben des Bodens in seiner Massentwicklung, Tiefenverteilung und Artenzusammensetzung nicht nur mit dem Wechsel der großen Klimazonen einem starken Wandel unterworfen ist, sondern daß sich das Bodenleben auch innerhalb der einzelnen Klimazonen mit dem Grundgestein, dem Standortsklima und der Vegetationsdecke außerordentlich ändert. Es wirkt so die Umwelt gestaltend auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft der Bodenorganismen, wie umgekehrt auch die Zusammensetzung der Bodenflora und Bodenfauna auf die Entstehung eines bestimmten Bodentypus nachhaltigen Einfluß hat. Mikroben und Kleintiere stehen im Boden nach allem, was wir darüber wissen, in engster Wechselbeziehung. Es muß daher das letzte Ziel der biologischen Erforschung des Bodens sein, beide zusammen in ihrer Tätigkeit und in ihrem Zusammenwirken in ganz bestimmten Lebensgemeinschaften zu studieren. Wenn dies gegenwärtig noch nicht im erforderlichen Ausmaße geschieht, so nur deshalb, weil die biologische Bodenforschung noch in den Anfängen steht und darum die Gesamtheit der Lebenserscheinungen im Boden noch nicht zu erfassen vermag.

Wir wollen daher an dieser Stelle nur die Tätigkeit der Kleintierwelt des Bodens einer eingehenderen Betrachtung unterziehen, wobei wir uns bewußt sind, nur einen Teil der Bodenbiologie zu berücksichtigen. Es wird trotzdem Gelegenheit dazu sein, mehrfach auch auf die Tätigkeit der pflanzlichen Mikroorganismen im Boden und auf die Bedeutung der Durchwurzelung desselben durch das Wurzelsystem der höheren Pflanzen hinzuweisen.

2. Die geschichtliche Entwicklung der Bodenzöologie und ihr gegenwärtiger Stand.

Die Bodenbiologie ist an sich kein ganz junger Forschungszweig. Schon vor mehr als hundert Jahren hat G. Chr. Ehrenberg (1837, 1854) auf die Bedeutung des kleinsten Lebens „für die Bildung der Dammerde“ hingewiesen. In seinen grundlegenden Arbeiten über die im Boden lebenden Protozoen, Rädertierchen und anderen kleinsten tierischen Organismen hat er erstmalig gezeigt, daß tierischen Lebewesen eine nicht geringe Rolle bei der Bodenbildung zukommt. Nach ihm hat Hampus v. Post (1862) festgestellt, daß die meisten auf dem festen Lande vorkommenden Humusformen hauptsächlich aus tierischen Exkrementen bestehen. Die mechanische Zerkleinerung des pflanzlichen Bestandesabfalles und tierischer Abfallstoffe durch Kleintiere und die Bildung humoser Exkremeute durch diese stellen die erste Stufe der Humusbildung dar. H. v. Post zeigt, daß diese Stufe der Humusbildung von den Bodentieren zusammen mit Pilzen und Bakterien besorgt wird. Posts grundlegende Arbeiten gaben P. E. Müller die Anregung zu den klassischen Untersuchungen „über die natürlichen Humusformen und deren Entwicklung auf Vegetation und Boden“ (1887). Müller hat als erster darauf hingewiesen, daß in verschiedenen Pflanzenbeständen verschiedene

Humusformen zur Entwicklung kommen und hat auch als erster die Unterschiede zwischen der Zersetzung organischer Bodensubstanz unter Mitwirkung von Tieren (Mull) und derjenigen unter ausschließlicher Mitwirkung pflanzlicher Mikroorganismen (Trockentorf) herauszuarbeiten versucht. Nahezu gleichzeitig hat auch Ch. Darwin (1882) in seiner berühmt gewordenen Schrift die große Bedeutung der Regenwürmer für die Bodenbildung dargelegt. Die Arbeiten beider Forscher haben zur Zeit ihres Erscheinens größte Beachtung gefunden, und es ist daher sehr zu verwundern, daß Jahrzehnte vergehen mußten, bis sie von anderen Forschern fortgeführt wurden. Erst R. H. Francé (1910, 1912) hat neuerlich mit Nachdruck auf die Bedeutung der Tätigkeit der Kleintiere für den Boden hingewiesen und mit seiner viel gelesenen Schrift über das „Edaphon“ ein Wiederaufleben der bodenzoologischen Forschung bewirkt. K. Diems (1903) fast modern anmutende „Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen“, die erstmalig die Artenzusammensetzung der Bodenfauna an zahlreichen ökologisch genau gekennzeichneten Standorten zum Gegenstande hatten, fanden ja leider zur Zeit ihres Erscheinens nicht die ihnen gebührende Beachtung.

In den letzten Jahrzehnten hat sich vor allem die forstliche Bodenkunde mit wachsender Intensität dem Studium der Kleintierwelt des Waldbodens und ihrer Bedeutung für die Ertragsfähigkeit der Waldböden gewidmet. Dies aus dem Grunde, weil auf Waldböden die Durchführung künstlicher Verbesserungsmaßnahmen durch Bearbeitung und Düngung kaum wirtschaftlich ist und daher eine Verbesserung des Bodens vor allem durch Ausnützung der in ihm selbst vorhandenen, seine Fruchtbarkeit fördernden Kräfte angestrebt werden muß. Überdies tritt im Wald der Nutzen der Tätigkeit des Edaphons deutlicher in Erscheinung als überall sonst und zeigen sich dementsprechend auch die Mängel einer unzureichenden Tätigkeit der Bodenorganismen dort mit größter Klarheit. An günstigen Standorten, an denen ein reiches Bodenleben zur Entfaltung kommt, wird der anfallende Bestandesabfall laufend zu Humus verarbeitet und so der schon von P. E. Müller beschriebene Mullboden gebildet, während überall dort, wo das Bodenleben in seiner Entwicklung durch ungünstige Einflüsse behindert wird, in der Zersetzung des organischen Bestandesabfalles Stockungen eintreten und die unzersetzten pflanzlichen Abfallstoffe sich an der Bodenoberfläche anhäufen.

Die Zahl der über die Biologie von Waldböden in den letzten Jahrzehnten erschienenen Arbeiten ist so groß, daß der hier zur Verfügung stehende Raum nicht ausreicht, um sie alle auch nur in knapper Form zu besprechen. Ich kann daher nur einige der bedeutsamsten Untersuchungen kurz erwähnen. Ch. Bornebusch (1930) hat die Bodentypen der dänischen Wälder auf ihren Tierbestand eingehend untersucht und die Zusammenhänge zwischen Waldtypus, Bodentiergesellschaft und Bodenprofil aufgezeigt. W. Wittich hat seit 1933 (vgl. auch 1939 und 1943) in Norddeutschland umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß der Holzart auf den biologischen Zustand des Bodens durchgeführt. Er zeigte anhand von Versuchen, daß das Streumaterial verschiedener Holzarten von den Kleinlebewesen sehr verschieden rasch zersetzt wird, und daß somit zwischen Holzart und Zersetzungsgeschwindigkeit des Bestandesabfalls gesetzmäßige Zusammenhänge bestehen. P. Volz (1934) untersuchte die Mikroschichtung mitteldeutscher Waldböden und D. Fehér (1933) führte neben zahlreichen Untersuchungen über das Mikrobenleben, vor allem in pannonischen Waldböden, zusammen mit L. Varga, auch solche über den Protozoenbesatz dieser Böden

durch. Schließlich gab E. Schimitschek (1938) einen ersten Einblick in die Zusammenhänge, die zwischen der Umwelt und der Wohndichte der Milben und Collembolen in nordostalpinen Waldböden bestehen, während K. L. Fourman (1938) die Mitwirkung der Kleintiere an der Stubben- und Reisigzersetzung in den einzelnen Entwicklungsstufen des Zersetzungsvorganges verfolgte.¹⁾

Alle diese Arbeiten lassen erkennen, daß zwischen höherer Vegetation, Klima, Beschaffenheit des Untergrundes, Art der Bestandesabfallzersetzung, sowie Massenentwicklung und Artenzusammensetzung der Bodenfauna vielfache Wechselbeziehungen bestehen; sie reichen jedoch noch nicht hin, um aus ihnen strenge Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Aus diesem Grunde hat der Verfasser seit dem Jahre 1939 umfangreiche Untersuchungen in Angriff genommen, die anhand einer sehr großen Zahl von Bodenproben und biosoziologischen Bestandaufnahmen die Feststellung der für bestimmte Boden- und Vegetationstypen kennzeichnenden Kleintierarten ermöglichen soll und darüber hinaus den Umfang der von den einzelnen Tierarten im Boden geleisteten Arbeit abzuschätzen gestatten wird. Bei der Fülle der in der Erde lebenden Kleintierformen und der Schwierigkeit, mit der die systematische Bestimmung derselben verbunden ist, läßt sich die Bearbeitung umfangreicher Aufsammlungen von Bodentieren nur so durchführen, daß dieselbe unter Mithilfe von Spezialisten gesondert nach den einzelnen systematischen Gruppen erfolgt. Untersuchungen über die Bodennematoden sind vom Verfasser inzwischen (vgl. H. Franz 1942 b) bereits veröffentlicht worden, solche über die Collembolen, Regenwürmer und Tausendfüßler stehen unmittelbar vor dem Abschluß, während andere Tiergruppen, wie die Milben, Käfer und Fliegen sowie die Enchytraeiden zum Teil unter Mitwirkung mehrerer Mitarbeiter noch in Bearbeitung stehen.

Bei diesen Untersuchungen wurden nicht nur Waldböden, sondern im gleichen Umfange auch Grünland- und Ackerböden berücksichtigt. Da die Untersuchungen vor allem in den Alpen zur Durchführung kamen, gelangten außerdem nicht bloß Böden der Ebene und solche in Tallagen, sondern auch Böden der subalpinen und alpinen Region zur Bearbeitung, so daß auch ein Bild von der vertikalen Verbreitung der Bodenfauna gewonnen werden konnte.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß nicht nur zwischen der Bodenfauna verschiedener Waldböden, sondern noch mehr auch zwischen der von Wald, Grünland (Wiese, Weide, Alm, alpine Grasheide) und

¹⁾ Die wichtige Arbeit von K. H. Forsslund (1943) über die Tierwelt des nordschwedischen Waldbodens gelangte erst nach Abschluß des Manuskriptes in meine Hände und konnte daher nicht mehr berücksichtigt werden.

Acker in der Artenzusammensetzung wie in der Schichtung beträchtliche Unterschiede bestehen.

Erste Untersuchungen über die Kleintierwelt in Wiesen- und Ackerböden haben bereits H. M. Morris (1920, 1922, 1927), P. A. Buckle (1921, 1923) und G. Frenzel (1936) geliefert.

Der Verfasser selbst hat seine bisherigen Untersuchungen über die biologische Struktur der Acker- und Grünlandböden zunächst nur unter Berücksichtigung der quantitativen, nicht auch der qualitativen Zusammensetzung der Fauna dieser Böden veröffentlicht (vgl. H. Franz 1941, 1943).

Nach den bisherigen Untersuchungen ergibt sich für die Tiefenverteilung der Kleintiere in Wald-, Grünland- und Ackerböden im großen ganzen folgendes Bild:

Waldböden sind vor den Grünland- und Ackerböden nicht nur durch im allgemeinen größeren Reichtum der obersten Schichten an organischer Substanz, sondern vor allem auch durch das Vorhandensein einer mehr oder weniger mächtigen Schicht nicht oder nur unvollständig zersetzten pflanzlichen Bestandesabfalles über der eigentlichen Bodenoberfläche gekennzeichnet.²⁾ Diese Schicht organischen Abfalles ist, wenn sie nicht infolge ungünstiger Verhältnisse übermäßig mächtig und verdichtet oder auch sehr trocken ist, besonders reich mit Kleintieren besetzt. Das hat seine Ursache in der reichlich vorhandenen Nahrung und in dem in den Hohlräumen zwischen den locker lagernden Abfallstoffen reichlich vorhandenen Wohn- und Lebensraum. Die Streudecke der Waldböden weist infolge der besonderen Lebensbedingungen, die sie bietet, zumeist auch Kleintierarten auf, die der eigentlichen Bodenfauna fehlen. Der Waldboden unterhalb der Streudecke ist, wie andere Böden auch, in der obersten Schicht am dichtesten besiedelt, und es nimmt die Besiedlungsdichte mit zunehmender Tiefe des Bodens rasch ab. Die Abnahme erfolgt allerdings nach meinen Untersuchungen im allgemeinen in Waldböden mit zunehmender Tiefe langsamer als in Grünlandböden. In diesen ist die oberste, nur etwa 3—5 cm mächtige Bodenschicht von einem dichten Wurzelfilz durchsetzt, während schon in der Schicht von 5—20 cm Tiefe wesentlich weniger Wurzeln vorhanden sind. Dementsprechend enthalten die obersten Zentimeter des Grünlandbodens außerordentliche Reserven an organischer Substanz und damit an Nahrung für die Bodenorganismen. Diese obersten Schichten enthalten ferner, wie u. a. durch die Untersuchungen von G. Morgenweck (1941) gezeigt wurde, zwischen den Wurzeln sehr

²⁾ Die skandinavischen Forscher unterscheiden nach Sernander (1918) bei Waldböden folgende Schichtung: unzersetzte Streu, Förna (in Humus übergehende Pflanzen- und Tierreste) und eigentlicher Boden.

viele Hohlräume und somit einen verhältnismäßig großen Lebensraum für die Kleinlebewesen des Bodens. Diese außerordentlich günstigen Verhältnisse für das Bodenleben verschlechtern sich mit zunehmender Bodentiefe rasch, so daß bereits in einer Schichttiefe von 20—30 cm nur mehr sehr wenig Bodentiere zu finden sind. Auf Ackerböden ist die biologische Schichtung weniger ausgeprägt. Die wiederholte Bearbeitung der Ackerkrume bewirkt eine gleichmäßige Lockerung der bearbeiteten Schicht, eine verhältnismäßig gleichmäßige Verteilung der organischen Substanz in derselben und damit auch eine gleichmäßigere Verteilung der Kleintiere, obzwar auch Ackerböden fast stets eine gewisse Abnahme der Besiedlungsdichte von der Oberfläche nach unten erkennen lassen. An der unteren Grenze der bearbeiteten Schicht tritt im Ackerboden eine sprunghafte Verminderung in der Besiedlung mit Kleintieren ein.

Es sei in diesem Zusammenhange auch noch erwähnt, daß dem Ackerboden die im allgemeinen für Wald- und Grünlandböden kennzeichnende gute Beschattung der Bodenoberfläche mindestens zeitweise fehlt, wodurch die Gefahr stärkerer Austrocknung gegeben ist, ein Umstand, auf den die meisten der Bodentiere infolge ihres außerordentlichen Feuchtigkeitsbedarfes sehr empfindlich reagieren.

Über die Besatzdichte verschiedener Böden mit Kleintieren gibt die nebenstehende Tabelle 1 einen Überblick.

In der Artenzusammensetzung der Bodenfauna besteht zwischen Wald-, Grünland- und Ackerböden nach den vom Verfasser bisher durchgeführten Untersuchungen ein beträchtlicher Unterschied. Derselbe ist zwischen Waldböden einerseits, Wiesen- und Ackerböden andererseits besonders groß, zwischen Grünlandflächen der Ebene und der Tallage und benachbarten Ackerflächen dagegen verhältnismäßig gering. Das dürfte darin begründet sein, daß intensiv genutzte Grünlandflächen mindestens als Halbkulturland anzusprechen sind und darum solcher Bodentiere entbehren, die eine stärkere Beeinflussung ihres Lebensraumes durch die Tätigkeit des Menschen nicht ertragen.

Die außerordentliche Menge der im Boden vorhandenen Kleintiere (es können in der obersten 10 cm mächtigen Schicht auf einen Quadratmeter Bodenfläche bis zu 20 Millionen Nematoden, über 10 000 Enchytraeiden, über 100 000 Milben und ebensoviel Collembolen, ferner Hunderte von Regenwürmern, Tausendfüßlern, Käfern, Fliegen und deren Larven, sowie in geringerer Zahl andere Bodentiere enthalten sein) legt die Frage nahe, welche Leistungen die zahlreichen Organismen im Boden vollbringen. Auch hierüber geben die bisherigen Forschungen schon einige Aufschlüsse.

Tabelle 1. Besatzdichte verschiedener Böden mit Kleintieren
auf 1 m² Fläche der obersten Bodenschicht von 0 bis 3 cm Tiefe.

Tiergruppe	Grünlandböden		Ackerböden		Waldböden
	magere Bergwiese Kaiserau b. Admont (1200 m), 11. 8. 1941	sandige Talwiese b. Admont (640 m), 6. 6. 1941	Acker an Hang Kaiserau b. Admont (1200 m), 18. 4. 1941	sandiger Acker Ennstal b. Admont (640 m), 13. 6. 1941	Buchenwaldboden Schedlbauernalm, Kremsmauer (1000 m), 14.10.1943
Fadenwürmer (Nematoden)	743 750	2 099 000	2 680 000	1 625 000	} nicht gezählt ¹⁾
Rädertierchen (Rotatorien)	nicht gezählt	140 000	nicht gezählt	nicht gezählt	
Milben (Acari)	64 410	11 340	7 560	7 910	50 680
Springschwänze (Collembolen)	14 350	4 410	19 040	12 600	35 980
kl. Borstenwürmer (Enchytraeiden)	420	23 380	4 760	24 080	560
Regenwürmer (Lumbriciden)	—	1 120	—	560	—
Käfer (Coleopteren)	—	140	1 260	280	210
Käferlarven	140	140	—	350	1 820
Fliegen (Dipteren)	—	—	—	—	280
Fliegenlarven	2 310	210	350	490	1 330
Tausendfüßler (Myriopoden)	70	—	—	70	1 610
auf 1 m ² Fläche der Bodenschicht von 3 bis 10 cm Tiefe					
Fadenwürmer (Nematoden)	2 299 900	3 329 000	937 000	1 787 000	} nicht gezählt ²⁾
Rädertierchen (Rotatorien)	nicht gezählt	nicht gezählt	nicht gezählt	nicht gezählt	
Milben (Acari)	3 710	3 920	4 550	5 320	19 670
Springschwänze (Collembolen)	1 600	1 680	3 710	11 760	10 360
kl. Borstenwürmer (Enchytraeiden)	—	3 500	8 680	2 820	280
Regenwürmer (Lumbriciden)	—	280	—	—	—
Käfer (Coleopteren)	140	—	280	—	—
Käferlarven	140	700	—	—	1 610
Fliegenlarven	280	280	280	70	980
Tausendfüßler (Myriopoden)	420	—	—	—	280

1) Streu- und Förmaschicht.

2) Oberste 7 cm mächtige Schicht des Mineralbodens.

Schon P. E. Müller (1887) hat gezeigt, daß die Bodentiere einerseits im Sinne einer Zersetzung organischer Abfallstoffe und andererseits im Sinne der Durchmischung und Durchlüftung des Bodens tätig sind. Daß die Regenwürmer bei dieser letzteren Tätigkeit eine ganz außerordentliche Leistung vollbringen, hat Ch. Darwin (1882) erstmals eindrucksvoll gezeigt und in jüngerer Zeit vor allem Stöckli (1928) nachgewiesen. Der Letztgenannte sammelte auf ein Quadratmeter Fläche eines Golfplatzes 2—8 kg Regenwurmkot im Laufe eines Jahres, was einer Menge von 20—80 t je Hektar entspricht.

Gegenüber dieser gewaltigen Leistung tritt die Bedeutung anderer Bodentiere für die Durchmischung und Durchlüftung der oberen Bodenschichten völlig in den Hintergrund, obwohl auch andere Tiere, wie z. B. die Tausendfüßler, gewisse Insektenlarven und vor allem der Maulwurf und andere wühlende Nagetiere an der Durchmischung und Durchlüftung des Bodens mitbeteiligt sind. Wesentlich größer ist die Bedeutung dieser anderen Bodentiere für die Zersetzung organischer Abfallstoffe und die Erzeugung humoser Exkreme, was durch zahlreiche Arbeiten, ich erwähne nur die von Lindquist (1941 a, b), Romell (1935), Forsslund (1939), Fourman (1936, 1938), Franz (1942, 1943 b) u. a., erwiesen ist.

Die von den einzelnen Bodentierarten erzeugten humosen Stoffe sind nach Menge und Qualität erheblich verschieden. Es treten außerdem auch bei derselben Tierform beträchtliche Unterschiede auf, je nach der Art des Futters, welches den Tieren dargeboten wird. Durch Verfütterung noch unzersetzten Bestandesabfalles, wie z. B. Fallaub einer bestimmten Holzart, Stroh, Heu einer bestimmten Gras- oder Kleeart, konnte der Verfasser im Laboratoriumsversuch nachweisen, daß die Bodentiere unmittelbar aus diesen Ausgangssubstanzen ohne vorherige bakterielle oder pilzliche Zersetzung Exkreme humosen Charakters zu erzeugen vermögen. Das gleiche gilt in gewissem Umfange auch bei der Verfütterung lebender pflanzlicher Substanz an Kleintiere, die solche als Nahrung aufnehmen. Durch Untersuchungen, die der Verfasser zusammen mit L. Leitenberger seit längerer Zeit durchführt und die demnächst zur Veröffentlichung gelangen sollen, konnte nachgewiesen werden, daß in allen diesen Fällen die von den Tieren abgesonderten Exkreme einen mehr oder weniger ausgeprägten humosen Charakter besitzen. In Fütterungsversuchen, die mit verschiedenen Bodentieren und mit verschiedenem Futter in beträchtlicher Zahl durchgeführt wurden, zeigten die gewonnenen Exkreme bei der Untersuchung auf Humus nach der Azetylbromidmethode im Vergleich mit dem dargereichten Futter eine wesentliche Anreicherung der azetylbromidunlöslichen Substanz und im Zusammenhang damit ein starkes Ansteigen des Zersetzungsgrades im Sinne von U. Springer

Tabelle 2. Besatzdichte verschiedener Stallmiststapel mit Kleintieren¹⁾
auf 1 m² Fläche der Schicht von:

Tiergruppe	0—7 cm Dünger gut verrottet	20—27 cm Dünger noch unverrottet	0—7 cm Dünger gut verrottet	15—22 cm Dünger wenig verrottet	0—10 cm Dünger in lebhafter Verrottung
	Stapelmist Admont (650 m) mit Stroh, großer Stapel, Lagerzeit Jänner bis April		Stapelmist auf Düngerstätte in Weng b. Admont (700 m), mittelgroßer Stapel, reiner Fladenmist, einjährig		Düngermiete auf Mähwiese, Noth b. Gams nächst Hieflau (500 m), Dünger mit Reisigstreu v. Wint. bis 31. 5. 1943
Milben (Acari)	207 130	—	33 600	16 100	56 000
Springschwänze (Collembolen)	2 590	—	35 490	2 660	498 000
Käfer (Coleopteren)	2 940	—	980	350	1 540
Käferlarven	1 200	—	770	—	16 310
Fliegen (Dipteren)	140	—	2 520	140	1 120
Fliegenlarven	70	—	16 310	1 400	5 670

¹⁾ In die Tabelle sind nicht alle Tiergruppen aufgenommen. So fehlen die Nematoden, Lumbriciden und verschiedene in der Düngerfauna vertretene Insekten.

(1941). Damit ist erstmalig der exakte Nachweis erbracht, daß Kleintiere unmittelbar aus noch unverrottetem pflanzlichen Bestandesabfall humose Stoffe zu erzeugen vermögen. Es ist dies eine Erkenntnis, die für das Verständnis der Humusbildung von beträchtlicher Bedeutung ist und die erhoffen läßt, daß durch eingehendere Untersuchung der humusbildenden Tätigkeit der Bodentiere Wege gefunden werden können, um die Humusbildung im Boden künstlich zu beeinflussen.

Diese Hoffnung scheint um so berechtigter, als nach vom Verfasser (vgl. H. Franz 1942, 1943a, b) und von L. Meyer (1943) fast gleichzeitig und unabhängig voneinander begonnenen Untersuchungen auch bei der Bildung humoser Stoffe aus Wirtschaftsdünger Kleintieren eine große Bedeutung zukommt. Nach H. Franz (1943b) und nach noch nicht veröffentlichten Untersuchungen des Verfassers, findet sich im Wirtschaftsdünger eine solche Menge von Kleintieren, wie kaum in den dichtest besiedelten Böden (vgl. auch Tab. 2, S. 137). Die Besiedlungsdichte des Stallmistes ist abhängig von der Lagerzeit, vom Klima und der Jahreszeit, vom Gefüge des Mistes und von der Schichttiefe im Stapel. Die Tiere erzeugen auch im Dünger Exkremente von hochgradig humosem Charakter und offenbar ausgezeichneter Düngewirkung. Auf die Bedeutung dieses Umstandes für die landwirtschaftliche Praxis soll im folgenden Abschnitt dieser Arbeit eingegangen werden.

3. Beispiele für die Bedeutung bodenzoologischer Forschungen für die Lösung landwirtschaftlicher und bodenkundlicher Fragen.

Bereits der vorstehende historische Überblick dürfte gezeigt haben, daß die Bodenzologie nicht nur einen wichtigen Teil der Bodenbiologie darstellt, sondern daß dieselbe auch zu einer unentbehrlichen Hilfswissenschaft der Bodenkunde in ihrer Gesamtheit geworden ist. Es soll dies nun anhand einiger vom Verfasser inzwischen eingehend untersuchter bodenzoologischer Fragestellungen näher beleuchtet werden.

a) Die Erscheinung der Hungerjahre bei Dauergrünlandanlagen auf Ackerboden.

Jede Bodenbearbeitung bewirkt eine Störung des Bodenlebens, derart, daß dadurch zahlreiche Kleintiere des Bodens und wohl auch pflanzliche Mikroorganismen zugrunde gehen. Verfolgt man den Massenwechsel der Kleintiere auf Ackerboden, so kann man feststellen, daß derselbe nicht nur den jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist, die in gleicher Weise auch in Wald- und Grünlandböden zu beobachten sind, sondern darüber hinaus auch Schwankungen, die offenbar mit den

Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf dem Ackerland auf das engste zusammenhängen. Jede Bodenbearbeitung mit Pflug, Kultivator oder Egge zerstört den Lebensraum unzähliger Kleinlebewesen im Boden, führt zu deren Vernichtung und damit zur Verminderung der Besatzdichte des Bodens mit Kleinlebewesen überhaupt. Im Ackerboden vermögen sich infolge der periodisch wiederholten Bearbeitungsmaßnahmen die Bodentiere niemals zu so großer Individuenzahl zu entwickeln wie in gleichwertigen Grünlandböden, so daß die Tätigkeit des Ackerbodens hinter der des Grünlandbodens stets erheblich zurückbleibt. Die Aufgaben des Edaphons in naturgewachsenem Boden: die Krümelung, Lockerung und Durchmischung der oberen Bodenschichten, die Lebendverbauung der Krümel und damit die Sicherung des Bodens vor Verschlammung (vgl. F. Sekera 1941) sowie die Zersetzung der organischen Substanz und damit die Bereitstellung neuer Boden- und Pflanzennährstoffe werden im Ackerboden, wenigstens zum Teil, durch künstliche Maßnahmen ersetzt. Diese sind die periodisch wiederkehrende Bodenbearbeitung und die Düngung mit anorganischen und organischen Düngemitteln, die durch die Bodenbearbeitung in der Ackerkrume weitgehend verteilt werden. Durch diese künstlichen Maßnahmen wird im Ackerboden die Tätigkeit der Kleinlebewesen soweit ersetzt, daß die Verminderung derselben bei richtiger Bodenbehandlung nicht in Form eines dauernden Gareschwundes zur Geltung kommt. Anders ist das, wenn man Ackerflächen in Dauergrünland verwandelt, was dazu zwingt, von weiteren Bodenbearbeitungsmaßnahmen Abstand zu nehmen und den Boden sich selbst zu überlassen. In diesem Falle müßten wie im ungestörten Dauergrünlandboden die Kleinlebewesen die Durchmischung, Durchlüftung, Krümelung und Lebendverbauung des Bodens besorgen, wenn derselbe nicht seine Gare und damit seine Ertragsfähigkeit verlieren soll. Dazu ist aber die im Acker vorhandene, im Vergleich zum Grünlandboden geringe Organismenmenge nicht imstande. Die Bodentätigkeit reicht darum nicht aus, um von sich aus die Gare zu erhalten, und es tritt Gareschwund ein, der den Organismenbesatz des Bodens weiter ungünstig beeinflußt und in wenigen Jahren auch auf den Ertrag der Grünlandneuanlage derart ungünstig einwirkt, daß die in der Literatur unter dem Namen der „Hungerjahre“ bekannte Erscheinung der Ertragsminderung (vgl. u. a. E. Klapp 1942 und E. Sachs 1942) eintritt. Auf diese Zusammenhänge hat der Verfasser (vgl. H. Franz 1943a) an anderer Stelle eingehendst aufmerksam gemacht; es braucht daher hier nicht nochmals im einzelnen darauf eingegangen zu werden. Durch die Feststellung der bodenbiologischen Vorgänge nach Anlage von

Dauergrünlandflächen auf Ackerboden und auf Grund der Kenntnis der bereits weiter oben dargelegten biologischen Strukturunterschiede zwischen Grünland- und Ackerböden ist jedenfalls die bodenkundliche Seite der bisher nur unbefriedigend gelösten Frage der Hungerjahre bei Dauergrünlandneuanlagen nunmehr ausreichend geklärt.

b) Die Erzeugung weitgehend humifizierten Stallmistkompostes durch Förderung der stallmistzersetzenden Tätigkeit der Kleintiere.

Schon an früherer Stelle wurde darauf hingewiesen, daß der Stallmist am Düngerstapel mindestens in dessen oberen Schichten von sehr zahlreichen Kleintieren besiedelt ist und daß diese den Wirtschaftsdünger zu hochgradig humosen Exkrementen verarbeiten. Der Verfasser hat bereits an anderer Stelle (vgl. H. Franz 1943b) darauf hingewiesen, daß nach seinen Beobachtungen eine rasche und weitgehende Humifizierung des Stallmistes ohne die Mitwirkung von Kleintieren überhaupt nicht erfolgt. Alle vom Verfasser bisher nach der Azethylbromidmethode untersuchten Stallmistproben lieferten das Ergebnis, daß der unter Mitwirkung von Kleintieren zersetzte Dünger eine wesentlich stärkere Anreicherung azethylbromidunlöslicher Substanz und damit auch einen wesentlich höheren Zersetzungsgrad aufweist als der rein mikrobiell verrottete Wirtschaftsdünger. Die Ergebnisse zahlreicher biologischer und chemischer Analysen von Stallmistproben, deren Verarbeitung im gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen ist, sollen nächstens zur Veröffentlichung gelangen und werden das eben Gesagte anhand eines umfangreichen Beweismateriales erhärten. In Übereinstimmung mit diesen Untersuchungsergebnissen stehen die Befunde von U. Springer und A. Lehner (1941b), die auch dann, wenn Stickstoffsalze dem Rotteprodukt zugesetzt wurden, ohne Mitwirkung von Kleintieren nur eine sehr langsame und unvollständige Humifizierung von Stroh und Wirtschaftsdünger beobachten konnten. Hieraus ergibt sich für die Praxis, sofern diese entsprechend der Forderung der neuzeitlichen Humusforschung die Erzeugung eines weitgehend verrotteten Stallmistes, einer Art Düngerkompost, erstrebt, die Folgerung, die Tätigkeit der Kleintiere bei der Düngerrotte weitgehend zu fördern.

Dies macht allerdings eine von der bisher angestrebten erheblich abweichende Behandlung des Stallmistes auf dem Düngerstapel erforderlich. Man hat bislang die Hauptaufgabe der Stallmistpflege darin gesehen, die anfallende Düngersubstanz möglichst verlustlos zu konservieren und dem Boden zuzuführen. Es geschah dies in der Weise, daß man eine feste Lagerung des Stallmistes auf dem Stapel anstrebte, um eine weitgehend anaerobe Vergärung zu erzielen. Bei fester Lage-

rung unter weitgehendem Luftabschluß dringen aber Kleintiere nicht in die tieferen Schichten des Düngerstapels ein, weshalb in diesem auch nach langer Lagerung und auch bei Anwendung des Edelmistverfahrens nur eine sehr langsame und unvollständige Humifizierung erfolgt. Der wesentliche Rotteprozeß vollzieht sich bei so behandeltem Stallmist nicht im Düngerstapel, sondern im Boden. In welcher Form die Zersetzung dort vor sich geht, bedarf noch eingehender Untersuchung, es ist aber sicher, daß die Stallmistrotte bei der Ausbringung des Stallmistes auf den Acker und beim Unterpflügen desselben unterbrochen wird und längere Zeit benötigt, um wieder in Gang zu kommen. Das hat neben anderen Ursachen auch darin seine Begründung, daß die im Boden lebenden Kleintiere von den im Düngerstapel lebenden mit wenigen Ausnahmen artlich verschieden sind, die im Dünger lebenden Formen beim Streuen des Stallmistes und beim Unterbringen desselben in den Boden zugrunde gehen und die eigentlichen Bodentiere im Dünger vor dessen weitgehender Humifizierung nicht zu leben vermögen. Bodenbiologisch ist es demnach richtig, den Dünger schon auf der Düngerstätte oder auf einer Feldmiete weitgehend verrotten zu lassen und erst nach Erreichung des den Bodenorganismen bestbekömmlichen Zersetzungsgrades auf die zu düngenden Flächen aufzubringen. Die Folgerungen dieser bisher unbeachteten Gesichtspunkte für die Technik der Düngerbehandlung eingehender darzulegen, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, es soll dies später an anderer Stelle geschehen. Hier sollte nur gezeigt werden, daß die Bodenzoologie auch auf dem Gebiete der Stallmistforschung entscheidende Beiträge zur Lösung grundsätzlicher Fragen zu liefern hat und daß sie diese zu liefern voraussichtlich schon in nächster Zeit in der Lage sein wird.

c) Kleintiere als Anzeiger des Bodenchemismus.

Man weiß seit langem, daß es Pflanzen gibt, die nur auf Boden mit einem bestimmten Kalkgehalt zu leben vermögen, und daß auch die an Natriumsalzen, besonders Soda, angereicherten sogenannten Salzböden eine ihnen eigentümliche Halophytenvegetation aufweisen. Diese Erscheinung ist so ausgeprägt, daß man von kalkanzeigenden und salzbodenanzeigenden Pflanzen sprechen kann. Wesentlich weniger ist bekannt, daß ähnliche Erscheinungen auch in der Kleintierwelt des Bodens zu beobachten sind. Mindestens die Sodaböden weisen eine so eigenartige und so streng an einen bestimmten Bodenchemismus gebundene Fauna auf, daß auf Grund des Vorhandenseins bestimmter Leitformen auf einen ganz bestimmten Chemismus des betreffenden Bodens geschlossen werden kann. Untersuchungen von L. Machura (1934) sowie H. Franz, K. Höfler und E. Scherf (1937), die im

Salzlachengebiete östlich des Neusiedlersees durchgeführt wurden, haben gleich den Beobachtungen anderer Autoren in anderen Gebieten ergeben, daß der Salzgehalt von Grundwasser und Boden in den Salz- bodengebieten nicht nur für die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften, sondern auch für den Charakter der auf der Bodenoberfläche und im Boden lebenden Tiergesellschaften maßgebend ist. Der Kalkgehalt des Bodens wird gleichfalls, wenn auch nicht in so ausgeprägter Form wie von den pflanzlichen Leitformen, von gewissen Kleintieren, vor allem bestimmten Gehäuseschnecken, angezeigt. Mehr noch als die Artenzusammensetzung scheint die Massenentwicklung des Edaphons vom Kalkgehalt des Bodens abhängig zu sein. Ein gewisses Minimum im Boden vorhandenen Kalkes ist offenbar erforderlich, damit sich ein reges Bodenleben entfalten kann. Kalkung kalkarmer Böden fördert demnach nicht nur unmittelbar das Pflanzenwachstum, sondern auch das Bodenleben. Auch hier bestehen somit engste Zusammenhänge zwischen organischem Geschehen, Bodenchemismus und Bodenstruktur, und auch auf diesem Fragengebiet vermag die Zoologie einen gewissen Beitrag zur bodenkundlichen Forschung zu liefern.

4. Ausblick.

Die vorstehenden Ausführungen hatten den Zweck zu zeigen, daß die bodenzoologische Forschung in den letzten Jahrzehnten eine derartige Entwicklung genommen hat, daß sie nicht nur im Rahmen der Bodenbiologie gleichberechtigt neben die Mikrobiologie getreten, sondern darüber hinaus für die Bearbeitung vieler bodenkundlicher Fragen zu einer unentbehrlichen Hilfswissenschaft geworden ist. Daß dies in Zukunft in noch höherem Maße der Fall sein wird, soll nun abschließend noch kurz dargelegt werden.

Die Erforschung der natürlichen Humusformen in physikalischer, chemischer und mineralogischer Richtung verspricht, sich zu einem umfangreichen Spezialgebiete der Bodenkunde zu entwickeln. Sie macht nicht nur die weitgehendste Berücksichtigung der höheren Vegetation als des Humuslieferanten am natürlichen Standort erforderlich, sondern auch das eingehende Studium der Kleintiere des Bodens, die aus einem bestimmten Bestandesabfall koprogenen Humus von ganz bestimmten Eigenschaften erzeugen. Die Entstehung dieser Humusformen kann nur geklärt werden, wenn einerseits die Bodentiergesellschaft, die ihn erzeugt, als Ganzes erforscht ist und andererseits Art und Menge des von jeder einzelnen Bodentierart produzierten Humus bekannt sind. Ist dies einmal der Fall und ist auch das Zusammenwirken von Bodentieren, Bakterien, Pilzen und Bodenalgeln bei der Zersetzung einer bestimmten Bestandesabfallart und unter be-

kannten lokalklimatischen Bedingungen geklärt, so läßt sich nicht nur der Anfall und Verbrauch von Humus in einem solchen Boden berechnen und damit eine Art Humusbilanz aufstellen, sondern auch die Auswirkung dieser Humusbilanz auf das gesamte Bodenprofil im voraus feststellen.

Es wird damit ein wesentlicher Beitrag zum Verständnis der Entstehung naturgewachsener Böden unter bestimmten Standortbedingungen gewonnen werden können. Im Zusammenhang damit werden auch die Gesetzmäßigkeiten des biologischen Geschehens bei der Entwicklung des Bodens von den ersten Initialstadien über das Stadium der Reife bis in das der Alterung des Bodenprofils aufzudecken sein. Damit aber wird der Schlüssel für eine planmäßige Verbesserung verbesserungsbedürftiger und der Pflege gesunder Böden gefunden sein.

Je intensiver wir heute in den dichtbesiedelten Ländern alle einer Nutzung überhaupt fähigen Böden wirtschaftlich tatsächlich nutzen, um so notwendiger ist es, an der Verbesserung und Gesunderhaltung dieser Böden zu arbeiten und durch eine sorgfältige Bodenhygiene die Ertragsfähigkeit des Bodens auch für die Zukunft zu sichern. Jede Bodenhygiene hat aber die genaue Kenntnis des Bodenlebens und seiner optimalen Lebensbedingungen unter den jeweiligen Standortverhältnissen zur Voraussetzung, eine Kenntnis, die wir heute noch nicht annähernd besitzen, uns aber durch umfassende und langfristige bodenbiologische Forschungen unbedingt erwerben müssen.

Schrifttum.

- Blanck, E. u. F. Giesecke: Über den Einfluß der Regenwürmer auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens. Z. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenkunde, Berlin, **3**, 1924, 198—210.
- Bornebusch, C. H.: The Fauna of Forest Soil, (Skovbundens Dyreverden) „Het forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, **11**, 1930, 224 S. u. 28 Taf.
- Buckle, P. A.: A preliminary Survey of the Soil Fauna of Agricultural Land. Ann. applied Biol., **8**, 1921, 135—145.
- Buckle, P. A.: Ecology of Soil Insects on Agricultural Land. Journ. Ecol. **11**, 1923, 93—102.
- Darwin, Ch.: Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer mit Beobachtungen über deren Lebensweise. Stuttgart 1882, VII u. 184 S., 15 Abb.
- Diem, K.: Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen. (Diss.) Zürich 1903, 187 S.
- Ehrenberg, G. Chr.: Die fossilen Infusorien und die lebendige Dammerde. Berlin 1837.
- Ehrenberg, G. Chr.: Mikrogeologie. Das erden- und felsenschaffende Wirken des unsichtbaren, kleinen, selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854. Atlas von 41 Taf. mit 4000 Fig.

- Fehér, D.: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Erste Untersuchungsreihe. Die elementaren Lebenserscheinungen der Mikroflora und Mikrofauna des Waldbodens. Berlin 1933, VI u. 272 S., 76 Abb. u. 64 Tab.
- Forsslund, K. H.: Beiträge zur Kenntnis der Einwirkung der bodenbewohnenden Tiere auf die Zersetzung des Bodens. I. Über die Nahrung einiger Hornmilben (Oribatidae). Meddel. fr. Statens Skogsförsöksanstalt, Stockholm **31**, 1938, 99—107.
- Forsslund, K. H.: Studien über die Tierwelt des nordschwedischen Waldbodens. Meddel. fr. Statens Skogsförsöksanst. **34**, 1943, 283 S., 31 Abb. u. 21 Tab.
- Fourman, K. L.: Kleintierwelt, Kleinklima und Mikroklima in Beziehung zur Kennzeichnung des forstlichen Standorts und der Bestandesabfallzersetzung auf bodenbiologischer Grundlage. Mitt. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 1936, 596—615.
- Fourman, K. L.: Untersuchungen über die Bedeutung der Bodenfauna bei der biologischen Umwandlung des Bestandesabfalles forstlicher Standorte. Mitt. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 1938, 144—169.
- Francé, R. H.: Das Edaphon. 1. Aufl. 1910, 2. Aufl. Stuttgart 1921, 99 S.
- Francé, R. H.: Studien über edaphische Organismen. Centralbl. Bakteriol., II. Abt., **32**, 1912, 1—7.
- Franz, H.: Untersuchungen über die Bodenbiologie alpiner Grünland- und Ackerböden. Forschungsdienst **11**, 1941, 355—368.
- Franz, H.: Untersuchungen über die Bedeutung der Bodentiere für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsdienst **13**, 1942 (a), 320—333.
- Franz, H.: Untersuchungen über die Kleintierwelt alpiner Böden. I. Die freilebenden Erdnematoden. Zool. Jahrb. (Syst.) **75**, 1942 (b), 365—546, 1 Taf.
- Franz, H.: Die Tätigkeit der Kleintiere im Boden und Wirtschaftsdünger und ihre Bedeutung für das Dauergrünland. Pflanzenbau **19**, 1943, 363—380 u. **20**, 1943, 1—27, 6 Abb.
- Franz, H.: Bildung von Humus aus pflanzlichem Bestandesabfall und Wirtschaftsdünger durch Kleintiere. Bodenk. u. Pflanzenernähr., Berlin, **32**, 1943, H. 6, 336—351.
- Franz, H., K. Höfler u. E. Scherf: Zur Biosoziologie des Salzlachengebietes am Ostufer des Neusiedlersees. Verh. zool. bot. Ges. Wien **86—87**, 1937, 297—364, 1 Profil.
- Frenzel, G.: Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Jena 1936, 130 S., 8 Abb.
- Klapp, E.: Zur Biologie des Grünlandes. Forschungsdienst Neudamm und Berlin, **13**, 1942, 1—10, 5 Abb.
- Klapp, E.: Bodenlockerung, Neuansaat und Hungerjahre auf Grünland. Deutsche landw. Presse **69**, 1942, 369—370 u. 377—378.
- Kubiena, W.: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Entwicklung und Systematik der Rendsinen. Bodenk. u. Pflanzenernähr., Berlin, **29**, 1943, 108—119.
- Lindquist, B.: Untersuchungen über die Bedeutung einiger skandinavischer Regenwürmer für die Zersetzung der Laubstreu und für die Struktur der Mullerde. Svensk. Skogsvårdsföreningens Tidskr. 1941, 179—242.
- Lindquist, B.: Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einiger Landmollusken für die Zersetzung der Waldstreu. Kungl. Fysiografiska Sällsk. Lund Förhandl. **11**, 1941, 1—13.

- Machura, L.: Ökologische Studien im Salzlackengebiet des Neusiedlersees, mit besonderer Berücksichtigung der halophilen Koleopteren- und Rhynchotenarten. *Ztschr. wiss. Zool.* **146**, 1935, 555—590.
- Meyer, L.: Experimenteller Beitrag zu makrobiologischen Wirkungen auf Humus- und Bodenbildung. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.*, Berlin **29**, 1943, 119—140.
- Morgenweck, G.: Strukturvergleiche von Acker und Grünland. *Pflanzenbau* **18**, 1941, 161—191 u. 9 Tab.
- Morris, H. M.: Observation of the Insect Fauna of permanent pasture in Cheshire. *Ann. applied Biol.* **7**, 1920, 141—155.
- Morris, H. M.: The Insect and other Invertebrate Fauna of Arable Land at Rothamsted, Part 1. u. 2. *Ann. applied Biol.* **9**, 1922, 282—305, 7 Abb. u. **14**, 1927, 442—464, 3 Abb.
- Müller, P. E.: Studien über die natürlichen Humusformen und deren Entwicklung auf Vegetation und Boden. Berlin 1887, VIII u. 324 S., 6 Taf.
- Pallmann, H.: Grundzüge d. Bodenbildung. *Schweiz. landw. Monatsh.* **20**, 1942, 1—24.
- Post, H. v.: Nutideus Koprogena Bildningar. *Gyttja, Dy, Torf och Mylla. Kong. svensk. Vetensk. akad. Handling. Nyd. F.* **4**, 1861/62. Eingehende Besprechung von E. Ramann in *Ldw. Jb.* **17**, 1888, 405—420.
- Romell, L. G.: An Example of Myriapods as mull formers. *Ecology* **16**, 1935, 67—71.
- Sachs, E.: Ein Beitrag zum Wesen der Hungerjahre und ihrer möglichen Abschwächung durch praktische Maßnahmen, erläutert an einem 9jährigen Versuch. *Pflanzenbau* **18**, 1942, 257—287, 1 Abb.
- Schimitschek, E.: Einfluß der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. Unter besonderer Berücksichtigung der Bodeneigenschaften. *Ztschr. angew. Entom.* **24**, 1938, 216—247, 8 Tab.
- Sekera, F.: Was ist Bodengare? Die Phosphorsäure, Berlin, **10**, 1941, 257—300.
- Sernander, R.: Förna och äfja. *Geol. Fören. Förhandl.* **40**, 1918, 645—710.
- Springer, U.: Der Zersetzungsgrad, seine Bestimmung und Bedeutung. *Forschungsdienst, Neudamm, Sonderheft* **17**, 1941, 18—31.
- Springer, U. u. A. Lehner: Einfluß einiger Stickstoffsalze und Handelsdünger auf die Verrottung von Stroh. *Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz* **19**, 1941, 20—41.
- Stöckli, A.: Studien über den Einfluß des Regenwurms auf die Beschaffenheit des Bodens. *Landw. Jahrb. Schweiz* **42**, 1928, 4—121, 76 Tab., 35 Abb.
- Volz, P.: Untersuchungen über die Mikroschichtung der Fauna von Waldböden. *Zool. Jahrb. (Syst.)* **66**, 1934, 153—210.
- Wittich, W.: Untersuchungen in Norddeutschland über den Einfluß der Holzart auf den biologischen Zustand des Bodens. *Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss.* **4**, 1933, 115—158, 8 Abb.
- Wittich, W.: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand. *Forstarchiv* **15**, 1939, 96—111, 18 Abb., 9 Tab.
- Wittich, W.: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand, II. *Forstarchiv* **19**, 1943, 1—18, 18 Abb.

[16]

Einige Gesteine der Insel Gran Canaria und die aus ihnen entstandenen Böden.

Von

J. H. Hellmers und **K. Utescher**,
Reichsamt für Bodenforschung, Berlin.

Eingegangen: 26. Oktober 1943.

I. Die Gesteine und die Bodenminerale (Hellmers).

Die Gesteine, die die Kanarischen Inseln aufbauen, sind überwiegend jungvulkanische und überlagern einen Sockel von altkristallinen und altvulkanischen Gesteinen. Der Aufbau der einzelnen Inseln zeigt dann allerdings Unterschiede, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Die Insel Gran Canaria insbesondere ist aus einem domförmigen Gebirge aufgebaut, das bis zu 1950 m Höhe erreicht. In dieses Gebirge sind einige teils kesselförmige, teils langgestreckte Täler tief eingeschnitten. Das Gebirge der Insel besteht aus jungvulkanischen trachytischen und phonolithischen Gesteinen, unter denen im Westen erheblich ältere Basalte zum Vorschein kommen. Zwei von diesen jungvulkanischen Gesteinen, die das Ausgangsmaterial für die untersuchten Bodenprofile, wenigstens in der Hauptsache, geliefert haben, wurden näher untersucht. Sedimentgesteine treten auf der Insel nur untergeordnet auf; nur in der Nähe von Las Palmas erlangen sie eine größere Bedeutung. Hier werden die jungen Eruptivgesteine von mächtigen Konglomeraten überlagert, in die phonolithische Lavadecken und außerdem auch Kalkbänke eingeschaltet sind (Gagel 1910). Sedimentgesteine anderer Art treten noch auf dem Isthmus auf, der die Isleta mit der Hauptinsel verbindet. Es sind Kalksanddünen, die hier erst in geologisch sehr junger Zeit zum Absatz gekommen sind.

Nachdem nun ein Überblick über das Ausgangsmaterial gegeben ist, müssen wir uns noch kurz mit dem Klima beschäftigen. Dieses wird auf den Kanarischen Inseln fast dauernd von dem trockenen Nordostpassat beherrscht. Das Klima Gran Canarias ist also trocken; der Regen fällt in der Hauptmenge im Winter. Einen Überblick über die Menge

und die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate erhalten wir aus der Tabelle 1, die die Werte für S. Cruz auf Teneriffa angibt.

Tabelle 1.
Regenmenge und Regenverteilung in S. Cruz auf Teneriffa.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12. Monat	Jahr
69	41	28	26	7	1	0	0	2	38	37	58 mm	307 mm

Von diesen Werten unterscheiden sich die des Gebietes, dessen Böden untersucht wurden, nur unwesentlich. Die Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats beträgt in S. Cruz 24,0, die des kältesten 16,1° C. Unter natürlichen Verhältnissen müßten also die Böden Gran Canarias Steppenböden und, von etwa 700 m Meereshöhe an, braune Waldböden infolge der dann steigenden Regenhöhe und fallenden Temperatur sein. Die Steppenböden sind aber durch landwirtschaftliche Nutzung, die nur durch künstliche Bewässerung möglich geworden ist, weitgehend verändert. Ihr Bodenprofil wurde dadurch natürlich stark beeinflußt (Lewis und Neave 1935). In der vorliegenden Arbeit wird nun zunächst das Ausgangsmaterial der Böden mineralogisch und chemisch untersucht. Daran schließt sich dann die Untersuchung des Untergrundes und der Oberkrume der Böden. Zum Schluß werden daraus Schlüsse über die Art der Entstehung der Böden und über ihre Fruchtbarkeit gezogen.

Das Ausgangsmaterial des Bodens des Profils I ist ein Dünensand, der dieselbe Zusammensetzung hat wie die Sande der Dünen, die die Isleta mit der Hauptinsel verbinden. Es ist ein mittelkörniger brauner Sand, in dem zahlreiche dunkle Mineralkörner zu erkennen sind. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß der Sand in der Hauptsache aus rundlichen Aggregaten von Kalkspatteilchen besteht, die durch Eisenverbindungen braun gefärbt sind. Nur selten überzieht der Kalkspat auch in dünnen Häutchen andere Mineralteilchen. Neben dem Kalkspat findet sich hauptsächlich Augit, und zwar meist abgerollt, seltener in Splintern. Die Augite sind die dunklen Mineralien, die schon mit bloßem Auge zu erkennen sind. Meist ist er noch sehr frisch und zeigt gelegentlich auch frische Bruchflächen. Neben ihm tritt ganz untergeordnet Hornblende auf. Von Feldspäten enthält der Sand Orthoklas in nennenswerter Menge. Plagioklase sind immer wenig, Quarz in erheblich geringerer Menge vorhanden. Dagegen tritt gelegentlich etwas braunes Gesteinsglas auf.

Die chemische Zusammensetzung des Sandes gibt Tabelle 2 an. Auch sie zeigt, daß das in ihm vorherrschende Mineral der Kalkspat ist. Wenn man annimmt, daß die Kohlensäure vollständig an Kalk gebunden ist, was nach der leichten Angreifbarkeit der Kalkspatkörnchen in verdünnter kalter Salzsäure sehr wahrscheinlich ist, so binden 18,52%

Tabelle 2.
Die chemische Zusammensetzung des Ausgangsmaterials der Böden.

	Ia	Ib	II	III	IV
	%	%	%	%	%
SiO ₂	34,98	60,39	63,21	62,98	61,02
TiO ₂	0,26	0,44	0,56	0,51	0,23
Al ₂ O ₃	11,48	19,83	15,98	16,14	19,31
Fe ₂ O ₃	1,78	3,09	1,47	1,36	1,12
FeO	0,96	1,66	3,06	3,26	3,17
MnO	0,14	0,24	0,09	0,08	0,19
CaO	26,45	4,92	3,67	3,74	4,59
MgO	0,31	0,53	2,33	2,49	0,83
K ₂ O	1,40	2,43	4,21	3,91	2,09
Na ₂ O	2,66	4,61	3,78	3,99	5,91
H ₂ O (über 110°)	0,57	0,99	0,68	0,79	0,58
H ₂ O (unter 110°)	0,21	0,36	0,19	0,17	0,24
SO ₃	0,18	0,31	0,41	0,36	0,37
P ₂ O ₅	0,12	0,20	0,18	0,20	0,23
CO ₂	18,52	—	0,46	0,34	0,61
Summe	100,02	100,00	100,28	100,32	100,49

Ia = Ausgangsmaterial des Profils I.

Ib = Ausgangsmaterial des Profils I, nach Abzug von 42,13% CaCO₃ auf 100% umgerechnet.

II = Trachyandesit des Profils II.

III = Trachyandesit des Profils III.

IV = Andesit des Profils IV.

CO₂ 23,61%, CaO zu 42,13% Kalkspat. Das nächsthäufige Mineral ist dann der Augit, der ziemlich vollständig den Rest des CaO und den größten Teil des MgO und FeO an SiO₂ bindet. K₂O bildet mit Al₂O₃ und SiO₂ Orthoklas; Na₂O muß bei der fast völligen Abwesenheit von Plagioklas neben anderen Oxydresten an die Kieselsäure im Glas gebunden sein.

Das Ausgangsmaterial des Bodens des Profils II ist ein dunkelrotbraunes Eruptivgestein von teils glasigem und teils mattem Aussehen, in dem schon mit bloßem Auge zahlreiche Einsprenglinge zu erkennen sind. Die glasigen und matten Partien können schon an demselben Stück ineinander übergehen. Unter dem Mikroskop erkennt man in dem Gestein zahlreiche Einsprenglinge von frischem, hellgrünen Augit. Meist zeigt er ausgeprägt seine Kristallform; selten ist er angeschmolzen. Häufiger hat er Zonarstruktur, wobei der Kern kalkreicher als der Rand ist. Selten ist als Einsprengling eine grüne, nicht pleochroitische Hornblende von ausgeprägter Spaltbarkeit. Häufig treten dagegen Plagioklasleistchen auf, die nach der Höhe ihrer Lichtbrechung und nach ihrer

durchschnittlichen Auslöschungsschiefe als Andesine bestimmt werden konnten. In geringer Menge findet sich auch Orthoklas in größeren Kristallen. Die Grundmasse der glasig ausgebildeten Partien des Gesteins besteht aus einem braunen Glas, aus dem die matten Partien durch Entglasung entstanden sind. Dabei ist es durch Abscheidung von Mikrolithen und von Eisenerz schwarz und fast undurchsichtig geworden. In der Grundmasse des Gesteins finden sich gelegentlich runde Hohlräume, die durch Gasblasen gebildet wurden.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins geht ebenfalls aus der Tabelle 2 hervor. Sie entspricht der der Trachyte, auf welche Gesteine ja auch schon die Mineralbestimmung hinwies. Für einen Trachyt ist allerdings der Natrongehalt gegenüber dem an Kali ziemlich hoch, was sich aber mit dem Ergebnis der mineralogischen Untersuchung deckt, die die Anwesenheit ziemlich erheblicher Mengen von Andesin ergab. Im Gegensatz dazu wurde durch die mikroskopische Untersuchung selbst für den kleinen Kaliwert der Analyse nicht genügend Orthoklas nachgewiesen. Ein Teil des Kalis der Analyse muß also im Glase stecken. Faßt man die Ergebnisse der mineralogischen und der chemischen Untersuchung zusammen, so ist das Gestein als ein glasreicher, verhältnismäßig basischer, an dunklen Gemengteilen reicher Trachyt zu bezeichnen, der durch seinen für einen Trachyt hohen Gehalt an Kaliumfeldspäten sich dem Andesit nähert.

Das Ausgangsmaterial des Bodens des Profils III ähnelt dem des Profils II sehr stark. Es ist ebenfalls ein dunkelbraunes Eruptivgestein von glasigem Aussehen, das zahlreiche Einsprenglinge enthält. Die Einsprenglinge sind hier größer als bei dem Gestein des Profils II. Auch das mikroskopische Bild ist dem des oben beschriebenen Gesteins sehr ähnlich. Es sind hier wie dort dieselben Einsprenglinge vorhanden; nur sind sie in diesem Gestein größer als in jenem. Außerdem hat dies Gestein erheblich mehr Hornblenden. Die Plagioklase bilden meist größere Leisten. Neben diesen, die wieder dem Andesin angehören, treten aber auch größere basischere auf, die als saure Labradore bestimmt werden konnten. Der Orthoklas ist hier sehr selten. In dem Gestein finden sich häufiger Hohlräume, von kleinen Gasbläschen herrührend, die zum Teil wieder von Achatsubstanz oder anderen Mineralien ausgefüllt worden sind.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist in Tabelle 2 angegeben. Der Gehalt an Kieselsäure ist etwas zurückgegangen; dafür ist der Gehalt an Tonerde, Kalk und Magnesia etwas gestiegen. Hierdurch wird das Auftreten basischerer Plagioklase erklärt. Der Natrongehalt ist gegenüber dem an Kali noch etwas gestiegen; das Gestein ist also den Andesiten noch etwas näher gerückt. Da dies Gestein noch weniger Orthoklas enthält als das vorige, muß auch hier der größte Teil des Kalis im Glas stecken. Als Ergebnis der Untersuchung kann gesagt werden, daß das Gestein eine Mittelstellung zwischen den Trachyten und Andesiten einnimmt.

Ein ganz anderes Gestein liegt in dem Ausgangsmaterial des Bodens von Profil IV vor. Das frische Gestein ist von bräunlich-grünbläulicher Farbe und von fein- bis mittel-

kristalliner Struktur. Größere Einsprenglinge sind nur vereinzelt zu erkennen. Unter dem Mikroskop lassen sich die Einsprenglinge, die hier in bedeutend geringerer Menge als in den oben beschriebenen Gesteinen auftreten, durch ihre durchschnittliche Auslöschungsschiefe und durch die Höhe ihrer Lichtbrechung als basische Labradore bestimmen. Neben diesen tritt noch als Einsprengling vereinzelt grüner Augit auf. Die Einsprenglinge liegen in einer fluidalen Grundmasse, die ganz überwiegend aus Plagioklasleistchen besteht. Nach der Höhe ihrer Lichtbrechung gehören sie einem basischen Andesin an. Der Zwischenraum zwischen diesen Andesinleistchen wird durch eine Füllmasse aus Augiten und zahlreichen feinverteilten Magnetitkörnchen ausgefüllt.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins ist in der Tabelle 2 angegeben. Sie weicht, außer in den Alkalien, nicht bedeutend von der des oben untersuchten Gesteins ab. Der Gehalt an Kieselsäure ist etwas gefallen, der an Tonerde und Kalk gestiegen, ein Hinweis auf die Zunahme der basischen Feldspäte. Der stark gefallene Gehalt an Magnesia geht mit dem Zurücktreten der Augite parallel. Die Menge der Alkalien ist ziemlich dieselbe geblieben; es herrscht aber bei diesem Gestein Natron stark gegenüber dem Kali vor. Als Ergebnis der mineralogischen und chemischen Untersuchung muß das Gestein als ein Andesit bezeichnet werden, der aber wegen seines hohen Alkaligehalts nicht in die Reihe der eigentlichen Andesite in engerem Sinne gehört, sondern zu den Trachyten überleitet.

Wie schon oben gesagt wurde, müssen die Böden der Kanarischen Inseln nach ihren klimatischen Bedingungen bis in etwa 700 m Meereshöhe Steppenböden sein. Diese Steppenböden werden aber z. T. landwirtschaftlich genutzt, was nur durch starke künstliche Bewässerung möglich ist. Diese Bewässerung muß natürlich von erheblichem Einfluß auf das Bodenprofil sein. Diese Frage ist bereits von Lewis und Neave (1935) näher untersucht worden, und zwar besonders von dem praktischen Standpunkt aus festzustellen, inwieweit Pflanzennährstoffe durch diese Bewässerung zugeführt, umgelagert und ausgewaschen werden. Die vorliegende Arbeit will dagegen allgemein ein Beitrag zu der Frage sein, inwieweit das Bodenprofil durch die Bewässerung verändert wird und welchen Einfluß die Zufuhr von Wasser auf die Richtung der Bodenbildung ausübt. Zur Klärung dieser Frage wurden die einzelnen Profile nicht nur mineralogisch, sondern auch chemisch eingehend untersucht.

Das Profil I wurde 3 km südwestlich von Puerto de la Luz, hinter den Dünsanden, die die Bahia del Confital im Süden begleiten, entnommen. Die Oberkrume ist ein hell- bis dunkelbrauner mittelkörniger Sandboden, in dem zahlreiche schwarze Mineralteilchen und helle Bruchstücke von Kalkschalen zu erkennen sind. Auch unter dem Mikroskop findet man zahlreiche Kalkschalenreste; außerdem sind einzelne Orthoklase, Quarze und Plagioklase zu bestimmen. Die überwiegende Menge

des Bodens besteht aber aus unbestimmbaren Aggregaten, da die feineren Mineralien entweder durch Kalkspat- und Eisenverbindungen zu größeren Anhäufungen verkittet werden oder von ihnen überzogen sind. Um nun den Kalkspat und die Eisenverbindungen aus dem Boden herauszulösen, damit die übrigen Mineralien bestimmt werden könnten, wurde der Boden vorsichtig mit verdünnter Salzsäure in der Kälte behandelt. In dem dann abfiltrierten und getrockneten Mineralpulver konnten dann die übrigen Mineralien durch Ausmessen auf dem Zähltablett quantitativ bestimmt werden. Das Ergebnis enthält Tabelle 3. Der Augit herrscht

Tabelle 3.
Der Mineralbestand der mit Salzsäure behandelten Böden.

Profil	I		II		III		IV	
	O	U	O	U	O	U	O	U*)
	%	%	%	%	%	%	%	%
Quarz	9	4	—	—	—	—	—	—
s. Plagioklas	6	2	—	—	—	—	—	—
b. Plagioklas	5	9	3	6	10	17	15	26
Orthoklas	7	10	14	16	12	17	8	11
Augit	71	74	47	51	23	25	54	56
Gele	1	—	27	21	42	30	17	4
Nicht bestimmt	1	1	9	6	13	11	6	3

*) O = Oberkrume. U = Untergrund.

in dem kalkspatfreien Material stark vor. Meist ist er aber sehr stark zersetzt und bildet dunkelbraune bis schwarze Körnchen, die optisch nicht mehr einheitlich sind. Neben dem Augit treten Feldspäte in größerer Menge auf. Sie sind besser erhalten als die Augite; nicht selten sind sie noch splittrig. Die größere Menge von ihnen konnte als Plagioklas bestimmt werden. Von diesen Plagioklasen konnten zwei sehr verschieden erhaltene unterschieden werden, und zwar saure Oligoklase und basische Andesine. Die sauren Oligoklase waren immer sehr gut erhalten und häufig noch ganz unverwittert und von splittrigem Umriß. Die basischen Andesine dagegen waren immer schon ziemlich stark zersetzt. Außer den Plagioklasen tritt Orthoklas auf, der ebenfalls meist noch ziemlich frisch ist. Endlich konnte in dem Boden noch Quarz in meist ziemlich großen Teilchen aufgefunden werden. Einige dieser Quarze waren durchsetzt von Rutilnadelchen. Durch die Verwitterung entstandene Gele waren, soweit sie nicht bei den Augiten als Umhüllung auftraten, nicht

häufig. Es waren dann Kieselsäuregele, die noch durch geringe Mengen adsorbierter Eisenverbindungen bräunlich gefärbt waren, aber trotzdem einen sehr niedrigen Brechungsindex hatten. Diese Gele enthalten also kein Tonerdegel.

Die Probe des Untergrundes aus 40 cm Tiefe zeigte unter dem Mikroskop ein ähnliches Bild wie die der Oberkrume. Wieder waren infolge der Überzüge und Verkittungen durch Eisenverbindungen und Kalkspat die Mineralien meist nicht zu bestimmen. Nach der Behandlung mit Salzsäure ergab die quantitative Ausmessung des Präparats die Mineralwerte der Tabelle 3. Die größte Menge der Mineralien stellt wieder der Augit, der hier allerdings häufig noch ziemlich frisch ist und vereinzelt sogar noch seine Kristallform zeigt. Häufig ist er aber auch stark angewittert und z. T. genau so stark zersetzt wie in der Oberkrume. Auch die übrigen Mineralien der Oberkrume finden sich wieder. Der Quarz und der saure Oligoklas treten mengenmäßig stärker zurück.

Die mineralogische Zusammensetzung des Ausgangsmaterials der Bodenbildung ist oben (S. 147) beschrieben.

Profil II wurde bei Tafira entnommen, und zwar an der Straße nach Las Palmas, 1 km nordnordöstlich der Straßenteilung nach Sta. Brigida und S. Lorenzo. Die Bodenprobe der Oberkrume ist von bräunlich-gelblicher Farbe und sehr feinkörnig. Unter dem Mikroskop sind bis auf vereinzelte Feldspäte und Kalkspatteilchen keine Mineralien zu erkennen, da alle Mineralien von rotbraunen Eisenverbindungen verkittet und überzogen sind. Nach der Behandlung mit Salzsäure lassen sich die Mineralien ausmessen (s. Tabelle 3). Etwa die Hälfte des Mineralbestandes stellt der Augit. Er ist allerdings fast immer völlig zersetzt und optisch nicht mehr einheitlich. Bei weiterem Zerfall geht er in die Gele über. Diese sind durch noch adsorbierte Eisenverbindungen braun gefärbt. Sie bestehen aus Kieselsäure und zeigen trotz der starken Färbung einen verhältnismäßig niedrigen Brechungsindex, ein Beweis dafür, daß sie keine nennenswerten Mengen Tonerdegel enthalten können. Besser erhalten als die Augite sind die Feldspäte. Zunächst konnte ein Plagioklas als basischer Andesin bestimmt werden. Er ist meist in ziemlich feine Teilchen zerfallen und häufig von den Gelen verkittet. In erheblich größerer Menge ist Orthoklas vorhanden, der zum Teil noch ganz frisch ist, wobei er größere Korngrößen erreicht. Aber auch die feineren Teilchen, die zum Teil in feinste Splitterchen zerfallen sind, sind meist noch ziemlich frisch.

Die Probe des Untergrundes von Profil II hat dasselbe Aussehen wie die der Oberkrume. Sie enthält aber etwas mehr gröbere Teilchen. Unter dem Mikroskop sind ohne Vorbehandlung der Probe wieder nur

einzelne Feldspäte und Kalkspatteilchen zu erkennen; alles andere ist verkittet und von Eisenverbindungen überzogen. Nach der Behandlung mit Salzsäure sieht man, daß auch hier wieder der Augit den größten Anteil des Mineralbestandes stellt. Vereinzelt ist er noch ganz frisch, meist aber stark angewittert, oder er geht zerfallend in die Gelanhäufungen über. Orthoklas und Andesin sind in ihrer Menge angestiegen und sind meist besser erhalten als in der Oberkrume. Besonders die Orthoklase machen häufig einen ganz frischen Eindruck mit gut ausgebildeten Spaltflächen und mit muschligem Bruch. Auch in dieser Probe findet sich noch viel durch die Verwitterung neu gebildetes Gel, das nach seinem Brechungsexponenten als Kieselsäuregel angesprochen werden muß.

Das Ausgangsgestein der Bodenbildung des Profils II, das in abgerundeten und randlich zersetzten Bruchstücken in der Untergrundprobe nicht selten ist, ist bereits oben (s. S. 148) beschrieben worden.

Profil III wurde etwa 1 km nordöstlich von Tenoya entnommen. Die Probe der Oberkrume war ähnlich wie die des Profils II gefärbt, nur noch etwas dunkler. Der Boden war noch feinkörniger. Ohne Behandlung mit Salzsäure war unter dem Mikroskop in der unentwirrbaren braunen Masse kaum etwas von dem Mineralbestand der Probe zu erkennen. Wie aber das Ergebnis der Ausmessung nach der Behandlung mit Salzsäure zeigt, blieben auch dann noch große Mengen Gel zurück. Das Gel war wieder überwiegend Kieselsäuregel, das durch adsorbierte Eisenverbindungen tiefbraun gefärbt war. Der Brechungsexponent lag infolgedessen höher als der des Kieselsäuregels. Trotzdem ist es auch hier unwahrscheinlich, daß das Gel größere Mengen Tonerdegel enthält. Der Brechungsexponent wurde vielmehr wahrscheinlich durch die größeren Mengen adsorbierten Eisens und vielleicht auch durch Humusverbindungen erhöht. Die Augite sind wieder sehr stark zersetzt und gehen bei weiterem Zerfall in die Gele über. Orthoklas und Plagioklas, und zwar derselbe basische Andesin wie oben, sind nicht selten. Der Andesin ist meist angewittert und in sehr kleine Teilchen zerfallen. Der Orthoklas ist meist frischer, zerfällt aber ebenfalls in kleine Teilchen. Vereinzelt finden sich auch sehr große Orthoklase, die noch ganz frisch sind.

In der Probe des Untergrundes, die etwas heller und etwas gröber als die der Oberkrume ist, ist unter dem Mikroskop ohne Behandlung mit Salzsäure ebenfalls eine Bestimmung der Mineralien nicht durchzuführen. Nach der Behandlung mit Salzsäure zeigt es sich, daß die Menge der Feldspäte in ihr gegenüber der der Oberkrume erheblich angestiegen ist. Auch sind sie frischer. Die Menge der Augite ist annähernd dieselbe ge-

blieben, nur sind sie erheblich besser erhalten. Neben stark verwitterten oder nur angewitterten Augiten finden sich hier schon große, die kaum Spuren der Verwitterung zeigen. Die Menge des Gels ist zurückgegangen; aber es ist noch eisenreicher als das der Oberkrume.

Das Ausgangsgestein der Verwitterung, das auch im Untergrund in flachen, außen stark verwitterten Gesteinsscherben auftritt, ist bereits oben (s. S. 149) beschrieben.

Das Profil IV wurde 2 km südlich von Arucas, an der Straße nach Teror, entnommen. Die Oberkrume ist von bräunlich-gelblicher Farbe und feinkörnig. Unter dem Mikroskop zeigt sie sich erheblich weniger verwittert als die Proben der Oberkrume von Profil II und III. Bereits vor der Behandlung mit Salzsäure sind in der Probe Orthoklas, Plagioklas und vereinzelt auch Augit zu erkennen. Nach der Behandlung mit Salzsäure ergibt die Auszählung der Mineralien die Mengenverhältnisse der Tabelle 3. Am meisten tritt auch hier der Augit in den Vordergrund, der meist mehr oder weniger stark zersetzt ist. Aber auch noch ziemlich frische Augite finden sich. Der Augit geht z. T. wieder in die Gele über, die hier nur wenig durch Eisenverbindungen gefärbt sind. Ihr niedriger Brechungsexponent zeigt, daß es sich bei ihnen wieder um Kieselsäuregele handelt. Als weitere Mineralien wurden wieder Andesin und Orthoklas gefunden, die zum großen Teil noch ziemlich frisch sind.

Der Untergrund ist etwas heller gefärbt und etwas grobkörniger als die Oberkrume. Auch in seiner Probe waren bereits Orthoklas, Andesin und Augit unter dem Mikroskop zu bestimmen, ohne daß die Probe mit Salzsäure behandelt wurde. Nach der Behandlung mit Salzsäure ergaben sich die Mengenverhältnisse der Tabelle 3. Der Augitgehalt und besonders der Gehalt an Feldspäten haben erheblich zugenommen. Die Augite sind frischer als in der Oberkrume. Vereinzelt erscheinen sie kaum angegriffen, meist sind sie aber doch stärker zersetzt. Der Orthoklas ist zum Teil noch sehr frisch und zum Teil etwas stärker angegriffen. Der Andesin ist stärker verwittert als der Plagioklas und zerfällt vielfach in feinste Teilchen. Gele sind nur ziemlich untergeordnet vorhanden; sie sind nur wenig durch Eisenverbindungen gefärbt. Bei ihrem niedrigen Brechungsexponenten handelt es sich bei ihnen wieder um Kieselsäuregele.

Das Ausgangsgestein des Bodenprofils, das sich auch in der Probe des Untergrunds ziemlich reichlich in splittrigen und stärker angewitterten Bruchstücken findet, wurde auf S. 149 näher beschrieben. Daneben findet sich vereinzelt das Gestein des Profils II (s. S. 148).

Zum Schluß der mineralogischen Untersuchung der Bodenproben muß noch kurz auf die Mineralien der Tabelle 3 eingegangen werden, die

dort als „nicht bestimmt“ angegeben wurden. Bei diesen handelt es sich zunächst um solche, die nicht angegeben wurden, weil sie in zu kleiner Menge auftraten. In der Hauptsache sind es aber Aggregate von feinsten Mineralien, die verkittet sind und einander überlagern, so daß ihre einwandfreie Ausmessung nicht möglich war. In diesen Aggregaten fand sich besonders häufig Magnetit, der die Aggregate undurchsichtig werden ließ und ihren Mineralbestand damit der Bestimmung entzog. Sonst ist zu der Tabelle noch zu sagen, daß unter dem „basischen Plagioklas“ Andesin und Labrador zusammengefaßt sind, während der „saure Plagioklas“ den Oligoklas umfaßt. Labrador ist allerdings nicht häufig in den Bodenproben vorhanden.

Die Bodenbildung (K. Utescher).

Zur Verfolgung der bodenbildenden Vorgänge auf Gran Canaria standen nach Vorstehendem vier Profile zur Verfügung, und zwar war jedesmal eine Probe aus der Oberkrume (K), eine aus dem Untergrund in 4 dm Tiefe (U) und eine vom Ausgangsgestein (G) entnommen worden.

Die mechanische Untersuchung der Bodenproben erfolgte mittels Schlämmanalyse nach Kopecky (Abb. I), die chemische

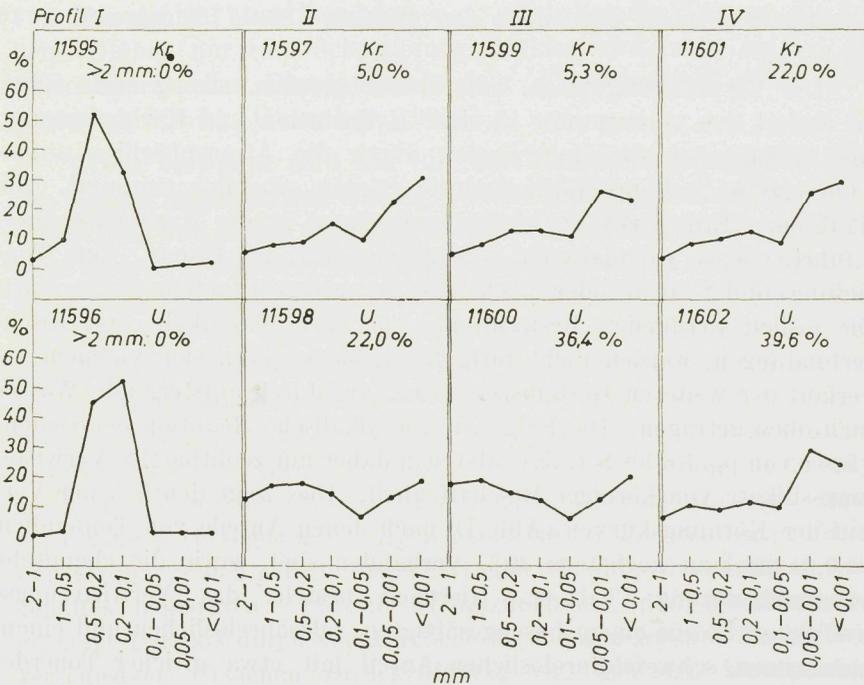


Abb. I.

Untersuchung des Bodens und des zugehörigen Gesteins durch Aufschließen mit konzentrierter Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,15 (einstündiges Kochen) und mit verdünnter Schwefelsäure 1:5 (sechsstündiges Erhitzen auf 220° im zugeschmolzenen Rohr) (Tab. 4).

Nach dem Ergebnis der mechanischen Analyse ist anzunehmen, daß der Boden I, der überwiegend aus Korngrößen von 0,5—0,1 mm besteht, am wenigsten verwittert ist, daß bei den übrigen die Verwitterung annähernd gleich stark, am weitesten fortgeschritten bei Profil IV ist, und daß eine nennenswerte Tonbildung in keinem Falle stattgefunden hat.

Das Ergebnis der chemischen Untersuchung stützt diese Auffassung und gestattet, den Verwitterungsvorgang in seinen Einzelheiten und seiner Auswirkung genauer zu verfolgen.

Was zunächst das Ausgangsgestein betrifft, so bestätigt der Untersuchungsbefund die schon äußerlich zu machende Feststellung, daß die Proben II und III bereits deutlich angewittert sind, während I und IV sich in durchaus frischem Zustande befinden. Bei den frischen Proben beträgt der salzsäurelösliche Mineralanteil 10—16%, während er in den angewitterten 40—55% ausmacht (Tab. 2). Eine entsprechende Steigerung zeigt auch die Schwefelsäurelöslichkeit der angewitterten Proben gegenüber den frischen (55—77% gegenüber 16 bis 34%).

Die Verwitterung trägt, aufs Ganze gesehen, streng aride Züge. Sie äußert sich vorzugsweise in einer Hydratation und Karbonisierung. Die Silikate der Gesteine werden durch die Atmosphärien aufgeschlossen, so daß ihre Löslichkeit in Säuren erheblich zunimmt. Die alkalischen Erden werden hierbei weitgehend in die Karbonate übergeführt, ebenso jedenfalls ein wesentlicher Teil des Eisens. Eine Tonbildung findet nicht oder höchstens in untergeordnetem Maße statt. Die löslich werdenden Bestandteile, vor allem Erdalkali- und Eisenverbindungen, werden nicht fortgeführt, sie reichern sich vielmehr im Verlauf der weiteren Gesteinszersetzung an, durch aufsteigende Wässer nach oben getragen. Die Folge ist eine alkalische Reaktion der Bodenwässer von p_H 7,6 bis 8,4. Es entstehen daher nur zeolithartige Verwitterungssilikate von körniger Beschaffenheit. Dies zeigt deutlich der Verlauf der Körnungskurven (Abb. I), nach denen Anteile von Tonfeinheit ($< 0,01$ mm) zu höchstens 30% vorhanden sind, sowie die chemische Zusammensetzung (Tab. 4). Hiernach besteht das Verwitterungsprodukt nicht aus einem basengesättigten, salzsäurelöslichen und einem basenarmen, schwefelsäurelöslichen Anteil mit etwa gleicher Tonerdemenge, wie wir es bei der tonigen Verwitterung des humiden Klimas

feststellen können. Vielmehr bildet sich nur ein basenreiches Verwitterungssilikat, das zu einem Teil in Salzsäure, zum anderen in Schwefelsäure löslich ist. Bei fortschreitender Verwitterung (Profil II—IV) überwiegt die Salzsäurelöslichkeit stark, so daß die A-Tonerde rd. 70—80% der B-Tonerde ausmacht (Tab. 4₁). In dem nur schwach verwitterten Profil I sind die Gesteinssilikate zunächst nur soweit angegriffen, daß sie eine verstärkte Schwefelsäurelöslichkeit zeigen, während die salzsäurelösliche Komponente entsprechend zurückbleibt.

Nach der Auffassung von Ganssen, die er in einer ersten Arbeit über die klimatischen Bodenbildungen der Tonerdesilikatgesteine (1912) entwickelt und in einer späteren Arbeit über die Bestimmung des Muttergesteins und der früheren Verwitterungsart der Böden (1930) ergänzt und erweitert hat, sind dies alles Kennzeichen einer ausgesprochen hydrodratischen Verwitterung im ariden Klima.

Während bei Profil I mit seiner geringfügigen Verwitterung von einer eigentlichen Bodenfärbung nicht gesprochen werden kann, lassen die Böden der übrigen Profile in ihrer Färbung deutlich den Einfluß des verhältnismäßig hohen Gehaltes an löslicher Kieselsäure erkennen. Trotz eines Eisenoxydgehaltes von rd. 5% sind ihre Oberkrumen sämtlich von einer fahlen, etwa fleischfarbenen, gelblichgrauen Tönung, die auch beim Glühen nur eine Schattierung dunkler wird, ohne in Rot oder Braun überzugehen. Dies entspricht einer „Kieseisenzahl“ (Tab. 4₃), die größer als 2,4 ist (Utescher, 1932).

Etwas verwischt wird das Bild der Verwitterung jedenfalls durch den starken mechanischen Nachschub frischen oder angewitterten Materials von höher gelegenen Punkten aus. Hierdurch erklärt sich wohl auch z. T. der hohe Gehalt gröbster Anteile über 2 mm, der gerade bei den stärker verwitterten Proben am deutlichsten in die Erscheinung tritt, während der Boden des am schwächsten verwitterten Profils I ganz frei von dieser Korngrößenklasse ist. Dies deckt sich mit der Feststellung von Hellmers, daß auch eine nachträgliche Verkittung feinerer Anteile durch Wiederausscheidung gelöst gewesenen Eisens zu einer Vergrößerung des Kornes geführt hat. Dies trifft sicher für Profil IV zu, in dem sich nach oben hin eine Eisenanreicherung auf das Doppelte bis Dreifache (bezogen auf $1 \text{ Al}_2\text{O}_3$) nachweisen läßt. Bei den Profilen II und III macht sich jedoch umgekehrt eine Abnahme des relativen Eisengehaltes bemerkbar. Danach ist anzunehmen, daß die Entstehung größerer Partikel durch nachträgliche Verkittung feineren Materials auf verschiedene Ursachen zurückzuführen ist. Bei den humushaltigen Profilen II und III handelt es sich wahrscheinlich um eine Verkieselung.

Tabelle 4.
Profil I

H ₂ O hygroskop. (bei 105°) A = 1stündiges Kochen mit HCl 1,15 B = 6stündiges Erhitzen mit H ₂ SO ₄ 1 : 5 im zugeschmolzenen Rohr auf 220°	11 595 Krume 0,36 %			11 596 Untergrund 0,33 %			Gestein 0,80 %		
	A	B	B—A	A	B	B—A	A	B	B—A
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Bestandteile:									
Al ₂ O ₃	0,87	2,46	1,59	0,67	2,42	1,75	1,51	2,99	1,48
Fe ₂ O ₃	2,43	} 5,40	2,20	3,28	} 5,15	0,52	2,53	} 3,05	0,52
FeO	0,69			1,20			2,53		
TiO ₂	0,80	n. b.		1,79	n. b.		0,75	n. b.	
MnO	0,083	"		0,12	"		—	"	
CaO	19,76	23,83	4,07	25,27	30,66	5,39	0,82	1,09	0,27
MgO	2,89	5,33	2,44	3,93	6,46	2,53	0,14	0,35	0,21
K ₂ O	0,22	0,30	0,08	0,20	0,24	0,04	0,35	0,54	0,19
Na ₂ O	0,64	0,80	0,16	0,33	0,69	0,36	0,22	0,48	0,26
SiO ₂	2,55	9,51	6,96	3,02	11,19	8,17	4,51	7,44	2,93
SO ₃	0,32			0,18			—		
P ₂ O ₅	0,22	0,38	0,16	0,18	0,30	0,12	0,11	0,11	—
CO ₂	13,73			18,09			—		
Humus (nach Knop) . .	0,34	} 16,92		0,26	} 22,77		} 1,09	} 1,09	
N	Sp.			Sp.					
Glühverlust	2,85			4,42					
Unlösliches	51,607	34,76		37,06	17,95		87,97	81,43	
Summe	100,00	100,01		100,00	98,01		100,00	98,65	
2. Mol SiO ₂ auf 1 Al ₂ O ₃ . .	4,97	6,55	7,42	7,64	7,83	7,91	5,06	4,22	3,43
3. Fe ₂ O ₃ auf 1 Al ₂ O ₃ . . .	3,68	2,20	1,38	6,84	2,13	2,97	1,68	1,02	0,35
4. Al ₂ O ₃ [A] in Prozenten der Al ₂ O ₃ [B]		35,4			27,7			50,5	
5. si/fe im HCl-Aufschl. . . .		1,03			0,92				
6. pH		8,4			7,9				
7. CaCO ₃		31,23 %			41,14 %				
8. C : N im Humus		—			—				

H₂
A

B
im

1. B

H
G
U

2. M
3. F
4. A
A
5. si
6. p
7. C
8. C

Tabelle 4 (Fortsetzung).

Profil II

		11 597 Krume 4,81 %			11 598 Untergrund 2,94 %			Gestein 0,86 %			
		A	B	B—A	A	B	B—A	A	B	B—A	
B—A	%										
H ₂ O hygroskop. (bei 105°) A = 1stündiges Kochen mit HCl 1,15 B = 6stündiges Erhitzen mit H ₂ SO ₄ 1 : 5 im zugeschmolzenen Rohr auf 220°											
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1. Bestandteile:											
1,48		Al ₂ O ₃	5,36	8,06	2,70	5,08	6,60	1,52	5,16	8,55	3,39
0,52		Fe ₂ O ₃	4,91	} 5,78	0,55	5,36	} 7,76	1,44	10,33	11,90	1,57
		FeO	0,28						0,87		
		TiO ₂	1,36	n. b.		1,40	n. b.		1,65	n. b.	
		MnO	0,15	„		0,18	„		0,17	„	
0,27		CaO	8,18	9,25	1,07	7,54	10,04	2,50	5,59	8,62	3,03
0,21		MgO	2,52	3,13	0,61	2,60	3,88	1,28	5,80	7,72	1,92
0,19		K ₂ O	1,36	1,54	0,18	1,03	1,21	0,18	0,97	1,19	0,22
0,26		Na ₂ O	0,80	1,16	0,36	0,85	1,40	0,55	1,56	2,14	0,58
2,93		SiO ₂	17,76	22,09	4,33	14,26	18,94	4,68	25,00	36,86	11,86
		SO ₃	0,15			Sp.			—		
		P ₂ O ₅	0,63	0,81	0,18	0,49	0,69	0,20	0,31	0,49	0,18
		CO ₂	4,15			5,25			—		
		Humus (nach Knop) . .	7,21	} 16,81		1,53	} 9,13		} 0,70	} 0,70	
		N	0,39								
		Glühverlust	5,02			2,20					
		Unlösliches	39,77	30,26		51,20	40,27		42,76	20,58	
		Summe	100,00	99,04		100,00	99,92		100,00	98,82	
3,43		2. Mol SiO ₂ auf 1 Al ₂ O ₃ . .	5,62	4,67	2,72	4,76	4,87	5,22	8,20	7,30	5,93
0,35		3. Fe ₂ O ₃ auf 1 Al ₂ O ₃ . . .	0,98	0,72	0,20	1,24	1,18	0,95	2,00	1,39	0,46
		4. Al ₂ O ₃ [A] in Prozenten der Al ₂ O ₃ [B]		66,4			77,0			60,2	
		5. si/fe im HCl-Aufschl. . . .		3,62			2,66				
		6. pH		7,6			7,5				
		7. CaCO ₃		9,42 %			11,94 %				
		8. C : N im Humus		10,7			5,7				

Tabelle 4 (Fortsetzung).

Profil III

H ₂ O hygroskop. (bei 105°) A = 1stündiges Kochen mit HCl 1,15 B = 6stündiges Erhitzen mit H ₂ SO ₄ 1 : 5 im zugeschmolzenen Rohr auf 220°	11 599 Krume 4,50 %			11 600 Untergrund 2,69 %			Gestein 1,41 %		
	A	B	B-A	A	B	B-A	A	B	B-A
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Bestandteile:									
Al ₂ O ₃	6,08	7,45	1,37	5,24	7,32	2,08	4,06	4,93	0,87
Fe ₂ O ₃	5,26	} 6,13	0,87	6,21	} 7,62	1,28	11,02	12,20	1,18
FeO	Sp.			0,11					
TiO ₂	1,05	n. b.		1,32	n. b.		2,25	n. b.	
MnO	0,15	"		0,16	"		0,10	"	
CaO	8,28	9,79	1,51	7,44	10,07	2,63	4,32	5,92	1,60
MgO	2,65	3,20	0,55	2,69	3,91	1,22	3,42	5,65	2,23
K ₂ O	1,32	1,55	0,23	1,01	1,31	0,30	0,47	0,79	0,32
Na ₂ O	0,80	1,11	0,31	0,86	1,15	0,29	0,71	1,00	0,29
SiO ₂	17,58	22,54	4,96	14,36	16,29	1,93	16,73	24,41	7,68
SO ₃	0,15			Sp.			—		
P ₂ O ₅	0,68	0,86	0,18	0,53	0,69	0,16	0,53	0,67	0,14
CO ₂	4,16			4,11			—		
Humus (nach Knop) . .	5,51	} 14,99		2,55	} 9,04		} 1,61	} 1,61	
N	0,34			0,14					
Glühverlust	5,00			2,23					
Unlösliches	40,99	30,77		51,04	41,31		45,78	41,51	
Summe	100,00	98,54		100,00	98,71		100,00	98,77	
2. Mol SiO ₂ auf 1 Al ₂ O ₃ . .	4,90	5,13	6,14	4,65	3,77	1,57	6,99	8,40	14,96
3. Fe ₂ O ₃ auf 1 Al ₂ O ₃ . . .	0,87	0,82	0,63	1,21	1,04	0,62	2,71	2,48	1,36
4. Al ₂ O ₃ [A] in Prozenten der Al ₂ O ₃ [B]		81,5			71,6			82,4	
5. si/fe im H-Cl-Aufschl. . .		3,34			2,31				
6. pH		7,6			7,6				
7. CaCO ₃		9,46 %			9,35 %				
8. C : N im Humus		9,5			10,3				

Tabelle 4 (Fortsetzung).

Profil IV

H ₂ O hygroskop. (bei 105°) A = 1 stündiges Kochen mit HCl 1,15 B = 6 stündiges Erhitzen mit H ₂ SO ₄ 1 : 5 im zugeschmolzenen Rohr auf 220°		11 601 Krume 5,56 %			11 602 Untergrund 5,57 %			Gestein 1,71 %		
		A	B	B-A	A	B	B-A	A	B	B-A
%		%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Bestandteile:										
0,87	Al ₂ O ₃	7,30	10,02	2,72	6,94	9,35	2,41	3,28	5,28	2,00
1,18	Fe ₂ O ₃	5,05	} 5,70	0,47	5,01	} 5,70	0,47	0,78	4,48	3,72
	FeO	0,17						0,20		
	TiO ₂	0,65	n. b.		0,68	n. b.		0,081	n. b.	
	MnO	0,16	„		0,16	„		—	„	
1,60	CaO	6,79	6,96	0,17	7,30	7,65	0,35	0,55	0,76	0,21
2,23	MgO	3,22	3,30	0,08	3,21	3,30	0,09	0,52	0,59	0,07
0,32	K ₂ O	1,38	1,81	0,33	1,34	1,66	0,32	0,30	0,47	0,17
0,29	Na ₂ O	0,31	0,60	0,29	0,32	0,58	0,26	1,27	2,85	1,58
7,68	SiO ₂	21,49	26,07	4,58	19,65	20,49	0,84	9,72	19,83	10,11
	SO ₃	Sp.			Sp.			—		
0,14	P ₂ O ₅	0,14	0,19	0,05	0,13	0,23	0,10	0,075	0,054	—
	CO ₂	4,06			5,12			—		
	Humus (nach Knop) . .	1,28	} 10,87		0,77	} 10,96		} 2,15	} 2,15	
	N	0,13								
	Glühverlust	5,41			4,97					
	Unlösliches	42,46	34,15		44,10	39,41		81,294	61,80	
	Summe	100,00	99,67		100,00	99,33		100,00	98,37	
4,96	2. Mol SiO ₂ auf 1 Al ₂ O ₃ . .	4,99	4,41	2,85	4,80	3,71	0,6	5,02	6,37	8,57
1,36	3. Fe ₂ O ₃ auf 1 Al ₂ O ₃ . . .	0,72	0,56	0,17	0,75	0,61	0,20	0,24	0,85	1,86
	4. Al ₂ O ₃ [A] in Prozenten der Al ₂ O ₃ [B]		72,8			74,2			62,1	
	5. si/fe im HCl-Aufschl. . . .		4,25			3,92				
	6. pH		7,6			7,6				
	7. CaCO ₃		9,23 %			11,65 %				
	8. C : N im Humus		5,8			4,4				

Wir haben hier in den oberen Horizonten einen deutlichen Mindergehalt an löslicher Kieselsäure (bezogen auf 1 Al_2O_3), der durch Wiederabscheidung in unlöslicher Form aus alkalischer Lösung zu erklären sein dürfte, wobei wahrscheinlich die in diesen Profilen stärker vertretene Humussubstanz eine Rolle gespielt hat.

Tabelle 5.
Gesamtmenge der löslichen Mineralstoffe
unter Ausscheidung von Wasser, Humus und kohlensaurem Kalk
g auf 100 g Boden berechnet

Profil	I			II		
	Kr.	U.	G.	Kr.	U.	G.
Stellung						
im Profil	Kr.	U.	G.	Kr.	U.	G.
in HCl (A)	12,85	15,19	10,19	36,55	31,48	54,72
in HCl + H_2SO_4 (B) . .	30,51	34,07	16,05	46,53	43,83	77,47
nur in H_2SO_4 (B—A) . .	17,66	18,88	5,86	9,98	12,35	22,75

Profil	III			IV		
	Kr.	U.	G.	Kr.	U.	G.
Stellung						
im Profil	Kr.	U.	G.	Kr.	U.	G.
in HCl (A)	37,35	33,23	41,26	40,69	37,60	16,50
in HCl + H_2SO_4 (B) . .	47,33	43,12	55,57	49,38	42,44	34,36
nur in H_2SO_4 (B—A) . .	9,98	9,89	14,31	8,69	4,84	17,86

Wenn also auch ein Materialverlust, insbesondere an basischen Bestandteilen, in diesem Gebiet hydratischer Verwitterung nicht stattgefunden hat, so muß doch mit einer gewissen Wanderung einzelner Bestandteile innerhalb des Profils durch Vermittelung aufsteigenden Wassers gerechnet werden. So wurde schon im vorstehenden auf die Möglichkeit eines Transportes von Eisen und Kalk — in bikarbonatischer Lösung — und von Kieselsäure — in alkalischer Lösung — hingewiesen. Eine künstliche Bewässerung hat dann in jüngster Zeit anscheinend zu teilweise rückläufiger Bewegung geführt, wodurch insbesondere die Carbonate in geringem Umfange wieder in den Untergrund verfrachtet wurden. Dagegen ist an eine Bewegung von Tonerde unter diesen Verhältnissen nicht zu denken, und es ist deshalb durchaus gerechtfertigt, die Dynamik der Verwitterungsvorgänge, wie es vorstehend geschehen ist, durch Bezug auf die Tonerde darzustellen.

Ebensowenig ist an ein Auftreten freier Tonerde zu denken. So werden, wie Tab. 6 zeigt, durch kochende Natronlauge nur unbedeutende

Tabelle 6.
 Prüfung auf bauxitische Verwitterung.
 Je 10 g Feinboden $\frac{1}{2}$ Stunde mit 200 ccm 1prozentiger NaOH gekocht.

Profil	I		II		III		IV	
	Kr.	U.	Kr.	U.	Kr.	U.	Kr.	U.
Stellung im Profil	Kr.	U.	Kr.	U.	Kr.	U.	Kr.	U.
SiO ₂ %	0,12	0,13	0,72	0,58	0,64	0,54	0,67	0,68
Al ₂ O ₃ %	0,094	0,092	0,41	0,32	0,31	0,35	0,30	0,37
SiO ₂ : Al ₂ O ₃	2,7:1	2,9:1	3,7:1	3,8:1	4,3:1	3,2:1	4,7:1	3,8:1

Mengen von Tonerde, dagegen ein Mehrfaches an Kieselsäure in Lösung gebracht. Gemäß den Ermittlungen, die Verf. gemeinsam mit P. Pfeffer (1934) über diese Frage angestellt hat, kann danach bauxitische Tonerde im Boden nicht enthalten sein.

Nach diesen Feststellungen allgemeiner Art erscheint es angebracht, die Einzelprofile noch etwas genauer zu betrachten, um dadurch das bisher Gesagte weiter zu verdeutlichen, wobei sich allerdings einige Wiederholungen nicht ganz vermeiden lassen.

Profil I ist nur schwach verwittert. Die mechanische Aufteilung ist nach Abb. I gering, es ist ein mittel-feinsandiger Boden entstanden, fast ohne Beteiligung feinsten Korngrößen. Der chemische Aufschluß durch die Verwitterungseinflüsse hat nach Tab. 5 kaum mehr leichtlösliches silikatisches Material geschaffen, als schon im Ausgangsgestein vorhanden war, nur die Löslichkeit in Schwefelsäure ist auf den dreifachen Betrag gestiegen. Der Gehalt an Eisenoxydul ist in diesem Profil noch am höchsten, mit fortschreitender Verwitterung nimmt er ab. Die Löslichkeit des Eisens und der alkalischen Erden hat infolge von Karbonatisierung stark zugenommen, und aufsteigendes Wasser hat eine beträchtliche Anreicherung von Eisen wie von basischen Bestandteilen in den oberen Horizonten bewirkt. Diese zeigen infolgedessen ausgesprochen alkalische Reaktion; Humus ist nur in Spuren vertreten.

Das Ausgangsgestein ist gegenüber dem Angriff von Lösungsmitteln ziemlich widerstandsfähig, kochende Salzsäure bringt nur etwa 10%, Schwefelsäure unter Druck bei 220° nur etwa 16% in Lösung (Tab. 5).

Profil II und III sind sich in jeder Beziehung sehr ähnlich. Beiden liegt ein bereits stark angewittertes Gestein zugrunde, das nach Tab. 5 zu 40 bzw. 55% in Salzsäure und zu 55 bzw. 80% in Schwefelsäure löslich ist; der lösliche Anteil ist eisen- und kieselsäurereich.

Der Feinboden enthält in der Krume rd. 50% und im Untergrund rd. 30% staubfeine bis tonige Bestandteile unter 0,05 mm.

Auffällig ist der sehr hohe Gehalt an groben Bestandteilen von Kiesgröße (über 2 mm) (Abb. I), der, wie bereits angedeutet, durch Zufuhr frischer Gesteinsbruchstücke wie durch nachträgliche Verkittung feineren Materials entstanden sein kann.

Wie aus Tab. 4 ersichtlich ist, hat, abgesehen von der Karbonatisierung der Erdalkalien, eine weitere tiefgreifende chemische Auflösung der bereits angewitterten Silikate nicht mehr stattgefunden, am wenigsten in Profil II. Aus Tab. 5 geht sogar hervor, daß die Löslichkeit der silikatischen Bestandteile in Salzsäure etwas geringer geworden ist. Dies dürfte auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Einmal ist nach oben zu eine Abnahme der löslichen Kieselsäure — bezogen auf 1 Al_2O_3 — festzustellen, die wahrscheinlich in unlöslicher Form zur Abscheidung gekommen ist und, wie oben gesagt, zur Verkittung feinerer Anteile und damit zur Vergrößerung des Kornes gedient hat. Zweitens hat die mit der landwirtschaftlichen Nutzung verbundene künstliche Bewässerung zu einer spürbaren Herabminderung des Eisen- und Basengehaltes — bezogen auf 1 Al_2O_3 — in den oberen Horizonten geführt. Der Gehalt an Karbonaten beträgt aber immerhin noch etwa 10%. Außerdem ist starke Humusbildung in der Krume zu verzeichnen.

Profil IV ist wie II und III stark verwittert, wie schon die feine Aufteilung (Abb. I) erkennen läßt.

Die chemische Analyse (Tab. 4 und 5) zeigt, daß das Ausgangsgestein durch Säuren wesentlich leichter angegriffen wird, als das dem Profil I zugrunde liegende. Diese Angreifbarkeit beruht aber nicht, wie bei den Profilen II und III, auf bereits erfolgter Anwitterung. Im Gegensatz zu diesen bewirkt die zur Bodenbildung führende Verwitterung eine starke Steigerung der Löslichkeit aller silikatischen Bestandteile, vorzugsweise in kochender Salzsäure, in der sie den 2½fachen Betrag erreicht. Diese stärkere Verwitterung ist als eine Folge der leichteren Zersetzbarkeit des Ausgangsgesteins anzusehen.

Eine Bewegung einzelner Bestandteile innerhalb des Profils ist nur für das Eisen nachweisbar, das in diesem Falle wahrscheinlich auch die Verkittung feinerer Bodenpartikel zu größerem Korn verursacht hat.

Der Karbonatgehalt ist ungefähr ebenso hoch wie in den beiden vorhergehenden Profilen. Humus ist nur in geringer Menge vorhanden.

Im ganzen steht dies mit dem Ergebnis der mineralogischen Untersuchung, daß das Profil I weitaus am schwächsten und Profil II—IV annähernd gleich stark verwittert sind, im Einklang. Nur ist nach der mineralogischen Untersuchung Profil III am stärksten verwittert, während es chemisch gesehen infolge stärkerer Zufuhr von Hangmaterial einen frischeren Eindruck macht als Profil IV.

Schließlich schien zur Kennzeichnung und Beurteilung der Böden noch erforderlich, den Austauschkomplex näher zu untersuchen. Tab. 7 enthält eine Zusammenstellung über die Gesamtmenge der nach Knop gegen Chlorammoniumlösung von 100 g Boden ausgetauschten Basen und ihr Verhältnis in Äquivalentprozenten.

Tabelle 7.
Austauschbare Basen (nach Knop).
a) Millimol auf 100 g Feinboden.

Profil	I		II	III	IV	
	Kr.	U.	U.	U.	Kr.	U.
Stellung im Profil .						
CaO	0,4138	0,6604	2,0690	2,0580	3,1970	2,9320
MgO	0,1438	0,1240	0,1067	0,1042	0,1687	0,1488
K ₂ O	0,1252	0,0998	0,4469	1,2090	1,2500	0,4946
Na ₂ O	0,3096	0,2580	0,7178	1,5630	1,4910	0,9548
Summe	0,9924	1,1422	3,3404	4,9142	6,1067	4,5302

b) in Äquivalent-Prozenten.

CaO	41,7	57,8	61,9	41,7	52,3	64,7
MgO	14,5	10,9	3,2	2,1	2,8	3,3
K ₂ O	12,6	8,7	13,4	24,5	20,5	10,9
Na ₂ O	31,2	22,6	21,5	31,7	24,4	21,1
M II	56,2	68,7	65,1	43,8	55,1	68,0
M I	43,8	31,3	34,9	56,2	44,9	32,0
K ₂ O : Na ₂ O . . .	1 : 2,5	1 : 2,6	1 : 1,6	1 : 1,3	1 : 1,2	1 : 1,9

Auch hieraus ist zunächst ersichtlich, daß Profil I sich noch im Anfangsstadium der Verwitterung befindet. Von Profil II und III konnte nur der Untergrund zur Untersuchung herangezogen werden, da von den Krümen nicht mehr genügend Material verfügbar war.

Der stärker verwitterte Boden der Profile II—IV ist jedenfalls mit 3—6 Millimol gegen Knopsche Lösung austauschbarer Basen auf 100 g Feinboden verhältnismäßig reich an leicht verfügbaren Nährstoffbasen, er ist darin mindestens einer guten Schwarzerde vergleichbar.

Sehr auffällig ist jedoch die geringe Beteiligung der zweiwertigen Basen am Austauschkomplex mit nur 40—60%, insbesondere bei den stärker verwitterten Proben. Dies Verhalten erscheint um so merkwürdiger, als sämtliche Böden in der Krume wie im Untergrund mindestens 9% kohlensauen Kalk enthalten.

Der Mindergehalt an zweiwertigen austauschbaren Basen kann z. T. durch ständige mechanische Zufuhr frischen oder nur angewitterten

Gesteinsmaterials bedingt sein, die schon für das Auftreten der groben Korngrößen mit verantwortlich gemacht wurde. In erster Linie dürfte diese Erscheinung aber durch das Klima verursacht sein. Bei dem streng ariden Klima hat der kohlen-saure Kalk nicht die Möglichkeit, sich mit dem verhältnismäßig stabilen Austauschkomplex umzusetzen und den Anteil der zweiwertigen Basen auf den normalen Betrag von 90% zu bringen. Auch werden die Alkalien nicht fortgeführt, sondern treten im weiteren Verlauf der Verwitterung immer von neuem mit den Erdalkalien in Wettbewerb und verhindern eine Wandlung des Komplexes. Auch die künstliche Bewässerung hat nicht genügt, dies herbeizuführen, während es ihr wahrscheinlich zuzuschreiben ist, daß das Verhältnis von Kali zu Natron von 1 : 2,5 auf 1 : 1,9 bis 1,2 gestiegen und damit wesentlich günstiger geworden ist. Trotzdem dürfte Kalizufuhr der Erzielung und Aufrechterhaltung eines einwandfreien Basengleichgewichts nur förderlich sein, denn nach unseren Erfahrungen enthält der Austauschkomplex guter Böden mindestens so viel Kali wie Natron.

Aus obigem ist zu ersehen, daß eine Beeinflussung des Austauschkomplexes durch Zufuhr von kohlen-saurem Kalk im ariden Klima große Schwierigkeiten macht. Jedenfalls dürfte neben hinreichender Be- und Entwässerung auch eine intensive Bodenbearbeitung am Platze sein.

Die ungünstige Zusammensetzung des Austauschkomplexes tut sich nach der Beobachtung von Hellmers deutlich kund im Verhalten des Bodens bei den selten eintretenden Regengüssen, indem er dann trotz seiner überwiegend sandig-körnigen Struktur zähe und klebrig wird, ähnlich wie der "black Turf" Afrikas.

In gleicher Weise wie der Austauschkomplex scheint der Humus nur sehr träge mit den reichlich vorhandenen Erdalkalibicarbonaten zu reagieren, was gleichfalls dem stark ariden Klima zugeschrieben werden muß. Es äußert sich das in einem sehr niedrigen Stabilitätsfaktor (nach Hock). Dieser wird bestimmt, indem man den Boden einmal mit 1%igem Natriumoxalat, sodann mit 0,5%igem Natriumhydroxyd kalt ausschüttelt und am nächsten Tage zentrifugiert. Hierauf werden die Extinktionskoeffizienten K_1 bzw. K_2 im Pulfrich-Photometer bei Filter S 61 ermittelt. Ihr Verhältnis $K = \frac{K_1}{K_2}$ wird als Stabilitätsfaktor bezeichnet.

Die nachstehende Zusammenstellung zeigt, daß nur im Krume-Humus von Profil II der Stabilitätsfaktor einen Wert von 8 erreicht, was einem einigermaßen kalkgesättigten Humus entspricht; bei allen übrigen Horizonten liegt er unter 1, was nach den bisherigen Erfahrungen ein Zeichen der Geringwertigkeit oder der Degradation ist.

Tabelle 8.
Der Stabilitätsfaktor des Humus.

Profil	II		III		IV	
	K	U	K	U	K	U
Stellung im Profil .	K	U	K	U	K	U
Stabilitätsfaktor . .	8,36	0,75	0,62	0,46	0,13	0,04

Daß es sich um organische Substanz von geringem Zersetzungsgrad handelt, ungeachtet des sehr engen Verhältnisses von C : N, wird auch noch durch ihr überaus geringes Färbevermögen deutlich. Sogar die Krume von Profil II mit 7% Humus ist kaum etwas grauschwärzlich angefärbt, während die von Profil III mit 5,5% genau so fleischfarben aussieht wie die Böden der fast humusfreien Horizonte. Bei der infolge hohen Gehaltes an löslicher Kieselsäure kaum zur Geltung kommenden Eisenfärbung wäre jedoch dem Humus um so eher Gelegenheit gegeben, färbend in die Erscheinung zu treten. Erst beim Erhitzen färben sich die Böden schwarz infolge Verkohlung der organischen Substanz. Also auch im Hinblick auf den Humus und sein Verhalten ist eine deutliche Auswirkung des extrem ariden Klimas zu beobachten.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß infolge des verhältnismäßig hohen Eisen- und geringen Phosphorsäuregehaltes den Pflanzen wahrscheinlich nicht genügend leichtlösliche Phosphorsäure zur Verfügung steht. Leider reichte das vorhandene Material nicht aus, um auch der Frage der Kali- und Phosphorsäureversorgung durch chemische Untersuchung nachzugehen.

III. Ergebnis der Untersuchungen.

1. Die untersuchten Böden sind zunächst das Produkt einer mehr oder weniger tiefgreifenden Verwitterung eines stark ariden Klimas. Diese äußert sich vorzugsweise im mikroskopischen Bilde in der Frische eines Teiles des Mineralbestandes, auch der feinsten Bruchstücke, an Bruch- und Spaltflächen. Sie ist chemisch nachweisbar durch Feststellung der Hydratation und Karbonisierung, während eine merkliche Tonbildung nicht stattgefunden hat. Häufig hat der Nachschub frischen oder weniger verwitterten Gesteins von höher gelegenen Punkten her den Anteil an unverwitterten Mineralien im Boden nachträglich erhöht.

2. In den Profilen II—IV hat eine Vergrößerung des Kornes durch eine Verkittung seiner Bestandteile zu einer Verstärkung der Sandfraktion geführt. Als verkittendes Medium haben Eisen- und Kieselsäureabscheidungen gedient.

3. Infolge des stark ariden Klimas befinden sich der Austauschkomplex, der die Nährstoffbasen zu liefern hat, und die Humussubstanz in einem ungünstigen Zustand. Die Karbonate der Erdalkalien konnten infolge unzureichender Befeuchtung nicht genügend einwirken, so daß der erforderliche Kalkeintausch unterblieb. Ausgiebige künstliche Bewässerung, unterstützt durch gute Bodenbearbeitung, ist daher im Interesse einer gesunden Pflanzenernährung und eines einwandfreien Bodenzustandes geboten.

4. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, tragen die Böden deutlich aride Züge. Diese werden aber durch die Bewässerung stark gemildert, ohne daß die Bewässerung die Herausbildung eines humiden Profils zur Folge hätte. Eine nennenswerte Abwanderung der gelösten Stoffe aus dem Boden findet nicht statt, sondern nur Umlagerungen bei Eisen, Erdalkalien und Alkalien. Vor allem verhindert aber die Bewässerung eine Verkrustung der Oberkrume, die sonst bei den gegebenen klimatischen Bedingungen eintreten müßte. Auf diese Gefahr weisen auch die recht hohen pH-Werte hin.

Schrifttum.

- Gagel, Fr.: Die mittelatlantischen Vulkaninseln. Handb. d. regionalen Geologie, Bd. VII, 1910.
- Ganssen, R.: Die klimatischen Bodenbildungen der Tonerdesilikatgesteine. Mitt. Lab. d. Preuß. Geol. L.-A. 4, 1912.
- Ganssen, R. u. Mitarbeiter: Die Bestimmung des Muttergesteins und der früheren Verwitterungsart der Böden vermittle der Zusammensetzung der kaolinischen Silikate. Mitt. Lab. d. Preuß. Geol. L.-A. 10, 1930.
- Lewis, A. H. u. Neave, O.: Removal of plant nutrients by irrigation from soils in the Canary Isles. Transact. of the III. Intern. Congr. of Soil Science, Bd. 1. Oxford 1935.
- Pfeffer, P. u. Utescher, K.: Der Nachweis lateritischer Verwitterung und die Bestimmung freier Tonerde im Boden. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkde., Berlin, Bd. 33, 1934.
- Utescher, K.: Die Abhängigkeit der Bodenfarbe vom Eisen- und Humusgehalt. Zeitschrift f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkde., Berlin, Bd. 26, A, 1932. [17]

Mechanische, mineralogische und chemische Untersuchung eines Savannenbodens aus Kamerun.

Von

J. H. Hellmers und R. Köhler,

Reichsamt für Bodenforschung, Berlin.

Eingegangen: 26. Oktober 1943.

Im Anschluß an andere Arbeiten über tropische Böden, die wir bereits in den letzten Jahren veröffentlichten, soll in der vorliegenden untersucht werden, welche Schlüsse aus den mineralogischen und chemischen Untersuchungsergebnissen eines stark zersetzten tropischen Bodens auf seine Zusammensetzung und seine Entstehung gezogen werden können. Es handelt sich bei diesem Boden um einen Savannenboden, einen roten Lehm von Njuma aus Mittelkamerun.

Um die Korngrößenverteilung des Bodens kennenzulernen, zerlegten wir diesen durch die Sedimentationsanalyse in einzelne Korngrößengruppen, die wir anschließend noch auf ihren Mineralbestand mikroskopisch untersuchten. Weiterhin analysierten wir den Gesamtboden und bestimmten seinen Gehalt an leichter löslichen Pflanzennährstoffen im Salzsäureauszug. Zum Schluß ergänzten wir die Ergebnisse der chemischen und mineralogischen Untersuchungen, indem wir sie in Beziehung zueinander setzten und noch durch einige weitere chemische Untersuchungen vervollständigten.

I. Kornverteilung.

Die mechanische Analyse führten wir in der üblichen Weise nach der Pipettmethode von Köhn durch. Das Ergebnis ist in der Tabelle 1 unter Nr. 1 verzeichnet. Auffällig ist zunächst, daß hier unterhalb 20 μ praktisch keine Teilchen vorgefunden wurden und daß sich fast zwei Drittel der Gemengteile in der Fraktion 20—50 μ finden, die nach unseren in Deutschland gewonnenen Anschauungen für Lößböden charakteristisch ist. Es sei aber schon hier darauf hingewiesen, daß auf keinen Fall ein Löß vorliegen kann, worauf unten noch mehr eingegangen wird. Wir versuchten nun eine feinere Aufteilung des Bodens zu erzwingen, da wir bereits unter dem Mikroskop feststellen konnten, daß diese Bevorzugung der Fraktion 20—50 μ nicht den tatsächlichen Verhältnissen entspräche.

Tabelle 1.
Kornverteilung.

	Über 2 mm in % der Gesamt- probe	In % des Bodens unter 2 mm										Bez. Nr.	} der Korn- klasse
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.		
		2 bis 1 mm	1 bis 0,5 mm	0,5 bis 0,2 mm	0,2 bis 0,1 mm	100 bis 50 μ	50 bis 20 μ	20 bis 10 μ	10 bis 5 μ	5 bis 2 μ	< 2 μ		
1	0,2	5,3	7,5	4,6	8,9	11,0	61,7	1,0	Spuren		100,0		
2	0,2	5,0	7,0	6,0	6,2	9,9	15,0	11,9	8,1	5,0	25,9	100,0	

Die Sedimentation wurde daher unter Zusatz von Lithiumkarbonat (0,1 g Li_2CO_3 auf 1000 ccm der Suspension) wiederholt. Das Ergebnis dieser mechanischen Analyse geht ebenfalls aus der Tabelle 1 unter Nr. 2 hervor. Die größeren Fraktionen bis zu etwa 50 μ herab sind praktisch die gleichen geblieben, dagegen ist die Fraktion von 20—50 μ sehr erheblich zugunsten der feineren Fraktionen verringert. Besonders auffällig ist, daß die Tonfraktion (Anteile unter 2 μ) mit rund 26% jetzt so stark hervortritt. Auf die Gründe dieser Erscheinung werden wir nach der mineralogischen Untersuchung noch zu sprechen kommen. Aus der bei normaler Sedimentierung erhaltenen Tonmenge Ton II (Anteile unter 2 μ) und der unter Zusatz von Lithiumkarbonat als Peptisationsmittel erhaltenen Tonmenge Ton I (Anteile unter 2 μ) errechnet sich nach der bekannten Formel $\frac{\text{Ton I} - \text{Ton II}}{\text{Ton I}} \times 100$ ein Strukturfaktor von praktisch 100. Nach unseren Anschauungen befindet sich dieser Boden somit in denkbar bestem Krümelungszustand.

Mineralogische Untersuchung.

Alle einzelnen Fraktionen der mechanischen Analyse und der nach der Behandlung des Bodens mit Salzsäure verbliebene Rückstand wurden auf ihre mineralogische Zusammensetzung untersucht. Die Fraktion mit einer Korngröße von mehr als 2 mm besteht in den beiden Fällen der mechanischen Analyse überwiegend aus Quarz. Neben ihm tritt Oligoklas ganz zurück. Die Mineralien zeigen eine ursprünglich splittrige Form, die dann stark abgerundet wurde. Ihre Oberfläche ist häufig angeätzt und mit wasserhaltigen Eisenverbindungen überzogen.

Der Oligoklas ist meist noch ziemlich frisch. Es finden sich aber auch solche, die vollständig in eine Anhäufung doppelbrechender Schüppchen zersetzt sind.

Die beiden Fraktionen der Korngröße 2—1 mm zeigen denselben Mineralbestand und auch denselben Erhaltungszustand der Mineralien. Als neues Mineral kommt hier noch etwas Orthoklas hinzu, der im Durchschnitt stärker als der Oligoklas zersetzt ist.

Die beiden Fraktionen der Korngröße von 1—0,5 mm bestehen noch überwiegend aus Quarz und Oligoklas von derselben Ausbildung wie die oben beschriebenen. Orthoklas findet sich aber in diesen Fraktionen erheblich mehr als oben. Außerdem tritt neu wasserhaltiges Eisenerz in Kügelchen und rundlichen Anhäufungen auf. Nach der Auszählung ist es in der ersten Fraktion mit 11,2, in der zweiten, mit Lithiumkarbonat behandelten, mit 12,4 % vertreten. Häufig umschließen diese Eisenerze einen Mineralsplitter so, daß er nur noch an gelegentlichen Bruchstücken der Konkretion erkannt werden kann.

Die beiden Fraktionen der Korngröße von 0,5—0,2 mm zeigen ein weiteres Zurücktreten des Quarzes. Dagegen treten Orthoklas und Oligoklas in beträchtlich größerer Menge auf. Der Quarz hat gelegentlich Einschlüsse von Apatit. Das Eisenerz ist mengenmäßig in diesen beiden Fraktionen stark angewachsen; die Auszählung ergab bei der ersten Fraktion 24,3, bei der mit Lithiumkarbonat behandelten 22,6 % Eisenerz. Die Ausbildung der Mineralien hat sich gegen die in den oben beschriebenen Fraktionen nicht geändert.

Die beiden Fraktionen der Korngröße von 200—100 μ zeigen ein weiteres Anwachsen der Menge des Oligoklases und hauptsächlich des Orthoklases und ein weiteres Zurücktreten des Quarzes. Der Orthoklas besonders ist hier aber erheblich stärker zersetzt als in den größeren Fraktionen. Auch die Menge des Eisenerzes ist weiter angewachsen. Um einen Überblick über die Menge der diese Fraktion zusammensetzenden Mineralien zu bekommen, wurden sie in der nicht mit Lithiumkarbonat behandelten Fraktion ausgezählt. Dabei wurden gefunden: 13,3 % Quarz, 12,1 % Oligoklas, 10,2 % Orthoklas, 55,3 % Eisenerz und 9,1 % Unbestimmbares. In der mit Lithiumkarbonat behandelten Fraktion wurden 53,5 % Eisenerz bestimmt. In dieser Fraktion und in den beiden vorhergehenden wurden Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd außerdem zur Nachprüfung dieser Ergebnisse chemisch bestimmt. Hierauf wird weiter unten noch näher eingegangen.

Die beiden Fraktionen der Korngröße von 100—50 μ werden als Differenzbestimmungen berechnet. Daher liegt von ihnen kein Material für die mineralogische Untersuchung vor.

Die beiden Fraktionen der Korngröße von 50—20 μ unterscheiden sich mengenmäßig nach dem Ergebnis der mechanischen Analyse stark, in ihrem Mineralbestand aber sehr wenig. Sie enthalten beide nur wenig Mineralteilchen, die noch als Quarz, Oligoklas und Orthoklas zu bestimmen sind. Ganz überwiegend bestehen sie aus Eisenerkonkretionen und aus stark eisenhaltigen Gelen.

In den Fraktionen mit Korngrößen $< 20 \mu$ nehmen diese Gele mengenmäßig immer mehr zu und die noch bestimmbar Mineralien treten bis zum völligen Verschwinden in der feinsten Fraktion immer mehr zurück. Da nun bei den nicht mit Lithiumkarbonat behandelten Proben die Korngrößen, die kleiner als 20 μ sind, kaum noch weiter aufgeteilt worden sind, sondern sich bei den Gruppen von 50—20 und von 20—10 μ finden, ist diese Gruppe so erheblich viel größer als die entsprechende der Reihe der mit Lithiumkarbonat behandelten Proben. Da sich aber die mineralogische

Zusammensetzung aller Korngrößengruppen mit Korngrößen $< 50 \mu$ nicht mehr erheblich ändert, wie es ja die Untersuchung dieser Gruppen in der Lithiumkarbonatreihe gezeigt hat, so müssen auch die beiden Korngrößengruppen von $50-20 \mu$ annähernd mineralogische Zusammensetzung haben.

Außer diesen Proben der mechanischen Analyse wurde noch der Rückstand des Salzsäureauszuges untersucht. In ihm wurden 59,2% Quarz, 11,8% Orthoklas, 3,5% Oligoklas, 1,7% Eisenerz und 23,8% Unbestimmbares gefunden. Das „Unbestimmbare“ bestand in der Hauptmenge aus einem feinen Mineralmehl, das wegen seiner Feinheit unbestimmbar war. Außerdem gehören Gele hierher, die vielleicht schon vor der Behandlung des Bodens mit Salzsäure vorhanden waren, aber ebensogut von durch die Salzsäure zersetzten Mineralien her stammen können. Das Ergebnis dieser mineralogischen Bestimmung des Rückstandes wird weiter unten noch mit dem Ergebnis der chemischen Analyse und mit dem aus ihr berechneten Mineralbestand verglichen werden.

Bei dem untersuchten Boden war eine nähere Bestimmung der Art der Bodengele, besonders in Hinsicht auf ihren Gehalt an Kieselsäure- und Tonerdegel, wie wir sie bei früheren Bodenuntersuchungen ausgeführt hatten, nicht möglich. Denn da der Boden sehr viel Eisengehalt enthielt, waren die Gele stark braun gefärbt und hatten einen sehr hohen Brechungsexponenten erhalten, so daß aus seiner Höhe keine Schlüsse mehr über das Verhältnis von Kieselsäure- zu Tonerdegel gezogen werden konnten.

III. Chemische Untersuchungen und Berechnungen des Mineralgehalts.

Für unsere späteren Erwägungen war es von Wichtigkeit zu wissen, wie der Boden insgesamt chemisch zusammengesetzt ist. Wir fertigten daher von dem bis unter 0,2 mm zerkleinerten Boden eine Gesamtanalyse an, deren Ergebnis aus Tabelle 2 (Spalte 1) hervorgeht. Wir sehen, daß sich die Mengen von Kieselsäure und Tonerde ungefähr so verhalten wie auch bei deutschen tonigen Böden. Während Kalk und Magnesia sehr stark ausgelaugt sind, ist der Boden reich an Kali, aber merkwürdigerweise ziemlich arm an Natron und Phosphorsäure; Titansäure und besonders Eisen sind dagegen reichlich vorhanden.

Zur Festlegung der leichter löslichen Bodenbestandteile führten wir in der üblichen Weise den Auszug mit Salzsäure durch (Nährstoffanalyse). Das Ergebnis findet sich ebenfalls in Tabelle 2 unter Spalte 2. Es zeigt sich, daß die Tonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd und Phosphorsäure fast vollständig oder wenigstens ganz überwiegend in Lösung ge-

Tabelle 2.
Chemische Analysen des Bodens.

	1. Gesamtanalyse des Feinbodens %	2. Analyse des Salzsäureauszuges %	3. Rückstand (Spalte 1—2) %
Al ₂ O ₃	25,93	23,46	2,47
Fe ₂ O ₃	9,83	9,19	0,64
MnO	0,68	0,68	—
CaO	0,06	Spur	0,06
MgO	Spur	Spur	—
K ₂ O	1,51	0,10	1,41
Na ₂ O	0,31	0,10	0,21
SiO ₂	44,35	11,24	33,11
TiO ₂	1,38	—	1,38
SO ₃	Spur	Spur	—
CO ₂	—	—	—
P ₂ O ₅	0,20	0,19	0,01
H ₂ O (über 110°) . .	14,94	—	—
H ₂ O (unter 110°) . .	1,54	—	—
Summe	100,73	44,96	39,29 + 16,48 % H ₂ O

gangen sind. Von der Kieselsäure ist nur etwa $\frac{1}{4}$ in Salzsäure gelöst worden; das Natron und besonders das Kali sind zum größten Teile in Lösung gegangen, wie aus Tabelle 2 Spalte 3 hervorgeht.

Aus dem Vergleich dieser beiden Analysen wird ersichtlich, daß der größte Teil der Kieselsäure als Quarz vorhanden ist, da nur $\frac{1}{4}$ der Gesamtkieselsäure in Salzsäure löslich ist und nur ein kleiner Teil der ungelösten Kieselsäure wegen der geringen Mengen an Kali, Natron und Kalk im Feldspat festgelegt sein kann.

Entsprechend den mikroskopisch bestimmten Mineralien wurde nun der Rückstand des Salzsäureauszuges (vgl. Tabelle 2 Spalte 3) auf diese Mineralien umgerechnet. Zunächst wurden Kali, Tonerde und Kieselsäure auf Orthoklas verrechnet. Man erhält so 8,34% Orthoklas. In derselben Weise wurden Natron und Kalk mit Tonerde und Kieselsäure zu Albit bzw. Anorthit gebunden. Für den ersteren erhalten wir 1,77%, für den letzteren 0,30%. Es verbleibt nunmehr ein Rest von 0,24% Tonerde, der vermutlich mit Wasser und Kieselsäure als Kaolin gebunden ist (Kaolin = 0,56%). Die geringe Menge in Salzsäure unlöslichen Eisens wurde mit Titan zu Titan-eisen (0,96%) vereinigt. Der Überschuß an Titan wurde als Rutil angenommen. Nach Abrechnung der an diese Mineralien gebundenen

Kieselsäure bleibt noch ein Rest an Kieselsäure von 26,33% für Quarz übrig. Zum Schluß ist noch zu bemerken, daß Albit und Anorthit nicht als reine Mineralien, sondern als das ihrem Mengenverhältnis entsprechende Mineral der Plagioklasreihe, also vorzugsweise als Oligoklas auftreten wird (siehe Tabelle 3). Bei Umrechnung dieser Zahlen auf Hundert ergeben sich die Werte der Tabelle 3, Spalte 2, für die einzelnen Mineralien. Beim Vergleich dieser Werte mit denen der bei der mineralogischen Untersuchung des Rückstandes des Salzsäureauszuges erhaltenen Mineralwerte zeigt es sich, daß das dort Unbestimmbare zum größten Teil aus Orthoklas, dann aus Oligoklas und zu einem kleineren Teil aus Quarz bestehen muß (s. Tab. 3 Spalte 4).

Tabelle 3.
Mineralbestand des Rückstandes des Salzsäureauszuges.

	1. Direkt bestimmt in %	2. Aus Tab. 2, Sp. 3 berechnet	3. Berechnet Mineral- bestände in %	4. Zusammen- setzung der „Unbestimmten“ (Spalte 3—1)
Quarz	59,2	26,33	66,84	7,64
Orthoklas	11,8	8,34	21,36	9,56
Oligoklas	3,5	2,07	5,30	1,80
Kaolin	—	0,56	1,33	1,33
Eisenerz oder Titaneisen	1,7	0,96	2,46	0,76
Rutil oder seltene Mine- ralien	n. best.	1,06	2,71	2,71
„Unbestimmtes“	23,8	—	—	—
	100,0	39,32	100,00	23,80

Über die Zusammensetzung der Gelsubstanzen des Bodens läßt sich an Hand des Salzsäureauszuges sagen, daß sie aus einem Gemisch von Tonerde-, Kieselsäure- und Eisenoxydgelen bestehen, in denen die Tonerde vorherrscht. Da aber auch der Eisenwert recht hoch ist, erscheinen sie sehr stark braun gefärbt.

IV. Schlußfolgerungen.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen zunächst, daß weder die mechanische, noch die mineralogische, noch die chemische Untersuchung allein viel über die Art und über die Entstehung des Bodens sagen. So hätte man aus der Sedimentierung des Bodens in reinem Wasser z. B. auf einen reinen sandigen Löß schließen müssen. Die durch die mineralogische Untersuchung angeregte weitere Zerlegung des Bodens in feinere

Korngrößen durch Verwendung von peptisierend wirkendem Lithiumkarbonat zeigt erst, daß tatsächlich ein Lehm mit ziemlich hohem Tonanteil vorliegt. Eine derartige Vergrößerung des Bodens unter dem Einfluß des reichlich vorhandenen Eisens, die soweit geht, daß praktisch alle feineren Bestandteile unter 20μ verschwinden, läßt typisch die bei tropischen Böden so häufige Pseudosandbildung erkennen. Diese enorme Krümelung kommt selbstverständlich in dem sehr hohen Strukturfaktor zum Ausdruck.

Die mineralogische Analyse, bei der die Kornanteile bis zu 10μ herunter untersucht wurden, konnte zwar einen Teil der Mineralien bestimmen, aber rund $\frac{1}{4}$ des Mineralbestandes blieb unbestimmbar, da diese Mineralien durch Eisenhydroxyd dick überzogen oder verkittet waren. Auch über die Natur der Gele konnte, wie schon oben gesagt wurde, infolge ihres hohen Eisengehalts nur wenig ausgesagt werden. Durch die Berechnung aus der chemischen Analyse konnte die Natur des „Unbestimmbaren“ geklärt werden, und es konnten weiterhin Anhaltspunkte für die Zusammensetzung der Gele gefunden werden. Die chemische Analyse gab allerdings nur Aufschluß über die Zusammensetzung des Gesamtbodens, nicht aber über die Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen. Um aber auch hier einen gewissen Einblick zu erhalten und eine Kontrolle der mineralogischen Untersuchungen auszuüben, ermittelten wir in einigen Fraktionen noch die Gesamtkieselsäure, die Tonerde und das Eisenoxyd (siehe Tabelle 4). Zunächst ist

Tabelle 4.
SiO₂-, Al₂O₃- und Fe₂O₃-Gehalt der gröberen Fraktionen.

Fraktion	1,0—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm
% SiO ₂ (Gesamt-Kieselsäure) .	88,00	76,00	57,76
% Al ₂ O ₃ (Tonerde)	7,28	13,79	18,80
% Fe ₂ O ₃ (Eisenoxyd)	1,16	3,45	9,84

der Abfall der Kieselsäure von den gröberen zu den feineren Fraktionen hin bemerkenswert. Parallel damit geht ein Ansteigen der Tonerde und des Eisenoxydes. Es treten also Quarz in den feineren Fraktionen immer mehr zurück, die Tonerdemineralien dagegen immer mehr in den Vordergrund. Nach der mineralogischen Untersuchung bestand die Fraktion 1,0—0,5 mm hauptsächlich aus Quarz und Oligoklas, Eisenerz tritt hier zunächst nur wenig auf. In der nächsten Fraktion 0,5—0,2 mm zeigte sich ein Zurücktreten des Quarzes unter gleichzeitigem stärkeren Auftreten von Oligoklas, von Orthoklas und außerdem von Eisenerz. Bei

der Fraktion 0,2—0,1 mm hielt die Tendenz des Rückganges des Quarzgehaltes und der Zunahme der Feldspäte und besonders des Eisenerzes weiter an. Da die nächste Fraktion 0,1—0,05 mm als Differenzbestimmung berechnet war, lag kein Material für eine mineralogische oder chemische Untersuchung vor. Die noch feineren Fraktionen wurden hier nicht weiter berücksichtigt, da sie nach der mineralogischen Untersuchung nur noch wenig bestimmbare Mineralteilchen enthielten.

Das Ergebnis der mineralogischen Analyse wird hier durch die chemische Analyse der einzelnen Fraktionen voll bestätigt. Rechnet man den Tonerdegehalt der Fraktionen 1—0,5 mm auf die sauersten Feldspäte (Orthoklas oder Albit) um, so würde rd. 25,7% der Kieselsäure an Feldspat gebunden. Da nach dem Ergebnis der mineralogischen Untersuchung aber hier hauptsächlich Oligoklas vorliegt, wäre nur mit einer geringeren Bindung, also etwa mit 20% Kieselsäure, an die Feldspäte zu rechnen. Es würden dann noch etwa 68% der Mineralmenge für Quarz zur Verfügung bleiben, was dem mineralogischen Bild durchaus entspricht. Bei der nächst feineren Fraktion würde dieselbe Verrechnung der Tonerde 48,7% der Kieselsäure an Feldspat gebunden ergeben, das würde etwa 40% im Oligoklas festgelegter Kieselsäure oder einen noch etwas höheren Wert ergeben, da wir hier nach den Ergebnissen der mineralogischen Untersuchung auch mit Orthoklas rechnen müssen. Es würden sich hier somit etwa 35% Quarz ergeben. Bei der feinsten der untersuchten Fraktionen (0,2—0,1 mm) würde die vollständige Bindung der Kieselsäure an die sauersten Feldspäte 66,4% an SiO_2 erfordern, mehr Kieselsäure also, als überhaupt vorhanden ist. Aber auch eine Bindung der gesamten Kieselsäure im Oligoklas, die hier nicht berechtigt ist, da bei der mineralogischen Untersuchung auch Orthoklas in größerer Menge vorgefunden wurde, würde schon fast die gesamte vorhandene Kieselsäuremenge erfordern. Da hier aber bei der mineralogischen Untersuchung noch Quarz in wenigstens nennenswerter Menge gefunden wurde, muß ein erheblicherer Teil der analytisch ermittelten Tonerde in dem in größerer Menge vorhandenen Eisenhydroxydgel bereits versteckt enthalten sein. Der Boden enthält also Bauxit.

Die vorliegende Arbeit erhebt natürlich, hervorgerufen durch die Verhältnisse, keinen Anspruch auf Vollständigkeit der Untersuchungen. Sie zeigt aber wieder, daß man gerade bei bodenkundlichem Neuland aus einer Untersuchungsart allein keine eindeutigen Ergebnisse erwarten und sogar zu Fehlschlüssen verleitet werden kann. Erst die gegenseitige Ergänzung der mechanischen, mineralogischen und chemischen Untersuchung kann hier zum Ziele führen. [18]

Die Böden des südlichen Tschadgebietes.

Von

J. H. Hellmers,

Reichsamt für Bodenforschung, Berlin.

Eingegangen: 26. Oktober 1943.

Die Böden des südlichen Tschadgebietes, des Flußgebietes des Logone und des Schari, und zwar besonders der „Firki“-Böden, sind schon wiederholt der Gegenstand bodenkundlicher Untersuchungen gewesen. Noch vor nicht langer Zeit erschien über die Böden des gesamten Tschadgebietes eine sehr interessante Arbeit von Vageler¹⁾, die besonders auf die Nutzungsmöglichkeiten dieser Böden für den Anbau von Baumwolle hinweist und die Ansicht vertritt und begründet, daß hier nach Regelung der Bewässerung ein zweites Ägypten entstehen könnte. Demgegenüber werden in der vorliegenden Arbeit nur einige Böden, allerdings besonders typische, des von Vageler behandelten Gebietes untersucht. Auch beschränkte ich mich darauf, die Böden nach verschiedenen Methoden zu analysieren und aus den Ergebnissen Schlüsse auf ihre Entstehung zu ziehen, ohne auf die wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit näher einzugehen, was mir auch, da aus dem großen Gebiet nur einige wenige Bodenproben aus der Kolonialsammlung des Reichsamts für Bodenforschung zur Verfügung standen, nur unvollkommen möglich gewesen wäre. Ebenfalls war es für mich von Nachteil, daß ich Nordkamerun nicht aus eigener Anschauung kenne. Ich hatte aber die Möglichkeit, alle Ortskenntnis verlangenden Fragen mit Dr. Lange, der als Regierungsgeologe in Nordkamerun tätig war, zu besprechen, da Dr. Lange in der Zeit, in der ich die Bodenproben untersuchte, am Reichsamt arbeitete. Er stellte mir auch dankenswerterweise die folgende Beschreibung des Gebietes und seiner Böden zur Verfügung:

„Etwa durch die Mitte des Tschad verläuft von O nach W die Grenze zwischen den nördlichen vorwiegend durch äolische Kräfte be-

¹⁾ Die Böden Westafrikas. Mitteil. d. Gruppe Kolonialw. Untersuchungen, Bd. 2 u. 3. 1940/41.

einflußten Saharaböden und den südlichen vorwiegend durch die Gewässer regelmäßiger Regenzeiten umgelagerten Böden der Sahel. In der Sahel treten neben sandigen Böden in den Niederungen schwarze Böden, die sogenannten Firkiböden, auf. Sie sind infolge der hydrologischen Bedingungen, die eine zwei- bis dreimonatliche Überschwemmung im Sommer und eine neunmonatliche vollständige Ausdörrung in der Trockenzeit hervorrufen, sehr unfruchtbar und nur hier und da vereinzelt mit etwas Gras oder einigen Gummiakazien bestanden. An den Stellen, an denen die Firkiböden von den Eingeborenen mit einer besonderen Hirseart als Winterfrucht bestellt werden, erweisen sie sich als fruchtbar. Dikoa, von wo in den folgenden Zeilen ein Schwarzbodenprofil besprochen wird, liegt mitten in einem solchen seit Jahrhunderten bebauten Firkigebiet, dessen reiche Ernten im ganzen Sudan bekannt sind.

Südlich von Dikoa und südlich des Zusammenflusses von Schari und Logone gehen die schwarzen Niederungsböden allmählich in braune Marschböden über, die bei günstigem Grundwasserstand mit üppiger Grasvegetation und vereinzelt Büschen und Bäumen bestanden sind. Sie bieten eine ausgezeichnete Weide für Groß- und Kleinvieh. Die untersuchten Proben, die zwischen Mobu und Dabna gesammelt wurden, entstammen solchen braunen Marschböden.

Die geringen Erhöhungen (bis zu etwa $1-1\frac{1}{2}$ m) zwischen den einzelnen Marschniederungen werden von sandigen Böden gebildet. Über den Fundpunkt Gaia schreibt v. Seefried in seiner Fundortliste: ‚Gaia liegt auf einem der für die Gegend zwischen Logone und Schari charakteristischen Sandstreifen‘. Diese Sandstreifen können jungalluvial sein. In diesem Fall würden sie den rezenten Sedimenten, die die erhöhten Uferränder des Schari und des Logone bilden und die vorwiegend aus sandigen Lehmen und lehmigen Sanden bestehen, zuzurechnen sein. Es ist aber auch möglich, daß es sich bei jenen Sandstreifen um ältere Durchragungen diluvialer bis jungtertiärer Schichtenkomplexe handelt. Über diese herrscht bisher keine Klarheit. Es ist daher auch davon Abstand genommen worden, an der auf der Skizze (Abb. 1) dargestellten Niehoffschen Grenzziehung²⁾ etwas zu ändern. Doch ist zu bedenken, daß im wesentlichen die punktierte Linie die Grenze zwischen dem im Süden und Südwesten zu Tage gehenden kristallinen Sockel und den im Norden und Nordosten ihn anlagernden jungen Sedimenten des Jungtertiärs, des Diluviums und der Jetztzeit wiedergibt.

²⁾ Kurt Niehoff: Oberflächengestaltung, Niederschlag und Abfluß des Niger und seiner Nachbargebiete. Diss. Berlin 1917.



Abb. 1. Skizze des Tschadgebietes. 1:7 500 000.
 = Südgrenze der Alluvialebene der Quartär- und Neuzeit nach Niehoff.

Dabei kann als Regel gelten, daß im allgemeinen die präalluvialen Sedimente nur in der Nähe der eingetragenen Grenzlinie auftreten, während in Richtung auf den Tschad und die Logonemündung zu die jünglichen Alluvionen die gesamte Ebene völlig beherrschen.

Der Boden von Sora Laka besteht aus den Zerfallprodukten der jüngsten Ablagerungen der dort anstehenden Mbina-Sandsteine. Es sind mürbe, leicht zerfallende, hier und da durch Eisenkrusten und rezente Einkieselung verhärtete grobe Arkosen-Sandsteine mit tonigem Bindemittel. Wahrscheinlich sind sie jungtertiären Alters. Sie befinden sich im Erosionsstadium, so daß sich über ihnen eluviale Böden bilden. Andererseits akkumulieren die Überschwemmungswasser des Mbina und die Schichtfluten der Regenzeit den zerfallenden Grus der groben Arkosen, so daß weite sandig-kiesige, mehr oder weniger lehmige Auf-

schüttungsflächen entstehen. Die untersuchte Bodenprobe von Sora Laka dürfte wahrscheinlich einem noch relativ wenig umgelagerten Eluvialboden entstammen. Diese Böden sind trotz ihres oft groben Kornes relativ fruchtbar. Die Eingeborenen bauen auf ihnen vor allem Sommerhirse an.“

Die obigen Ausführungen Langes ergeben, daß die überwiegende Menge der Böden des Tschadgebietes drei verschiedenen Bodengruppen zugewiesen werden kann. Es sind dies 1. die Gruppe der schwarzen Marschböden, der sogenannten „Firki“-Böden, 2. die Gruppe der braunen Marschböden und 3. die Gruppe der Sandböden. Für die mineralogische, mechanische und chemische Bodenuntersuchung stand von der ersten Gruppe ein Profil mit drei einzelnen Bodenproben zur Verfügung. Dies Profil war westlich von Dikoa durch v. Duisberg entnommen und durch die Versuchsanstalt für Landeskultur in Viktoria an die Preußische Geologische Landesanstalt im Jahre 1911 eingesandt worden. Von der zweiten Gruppe wurde eine Probe untersucht, die von der Expedition v. Seefrieds im Jahre 1906 zwischen den Orten Mobu und Dabna entnommen worden war. Ebenfalls sind die 4 Proben von Sandböden, die ich untersuchen konnte, von der Expedition v. Seefrieds gesammelt. Drei von diesen Proben stammen aus einem Profil, das bei dem Orte Gaia entnommen wurde. Die vierte endlich wurde bei Sora Laka in 30 cm Tiefe genommen.

Zunächst wurden alle acht Bodenproben der mechanischen Analyse unterworfen. Das Ergebnis gibt Tabelle 1. Die so erhaltenen einzelnen Fraktionen wurden eingehend auf ihre mineralogische Zusammensetzung untersucht. Diese Untersuchungen wurden dann noch in gewissem Umfange durch chemische Analysen, wo es angebracht erschien, ergänzt.

Die schwarzen Marschböden, die Firkiböden, treten besonders im Süden des Tschad-Sees in großer Verbreitung auf. Sie bilden fast völlig ebene Flächen, in die die Entwässerungsrinnen nur sehr schwach eingesenkt sind. Während der Regenzeit stehen sie unter Wasser, während sie in der Trockenzeit völlig austrocknen und durch tiefgehende Trockenrisse zerrissen werden. Diese Trockenrisse treten besonders in den der Oberfläche näheren Teilen des Profils auf, während der tiefe Untergrund weniger zur Ribbildung neigt. Die Art des Auftretens der Risse ist gut auf Abb. 2 zu erkennen, die die drei untersuchten Bodenproben nebeneinander nach dem Trocknen zeigt. Die Oberkrume, oben, ist von vielen engverzweigten Rissen durchsetzt. Der höhere Untergrund, Mitte der Abbildung, zeigt noch einzelne starke Risse, aber die feineren Verzweigungen, die der Oberkrume eine Art Krümelstruktur geben, fallen weg.

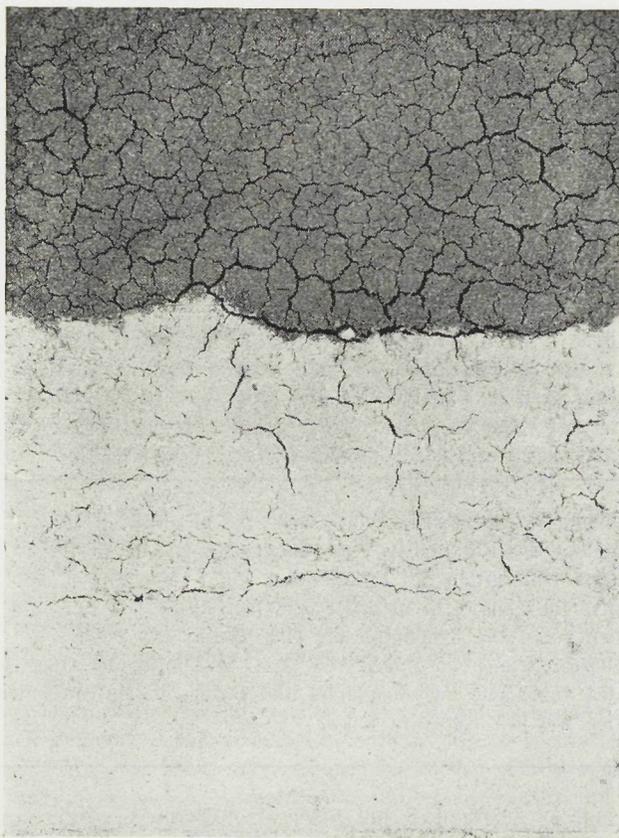


Abb. 2.

Der tiefere Untergrund, unten, zeigt nur noch sehr vereinzelt feine, unbedeutende Risse.

Diese starke Reißbildung in den höheren Schichten des Profils muß mit der Zusammensetzung der Böden im Zusammenhang stehen. Hierauf kann aber erst im Anschluß an die Untersuchungen näher eingegangen werden.

Aus der Bestimmung der Korngrößenverteilung der Böden (s. Tab. 1) geht hervor, daß die Oberkrume keine Teilchen mit einer Korngröße von über 2 mm enthält, also steinfrei ist. Im Untergrund zwischen 0,8 bis 1,15 m Tiefe finden sich aber derartige Teilchen in nennenswerter Menge. Es handelt sich auch hier nicht um steinig oder kiesig Material, sondern um Quarze und andere Mineralien feinerer Korngrößenfraktionen, die nur ziemlich fest verkittet sind. Schwächer verkittete, aber leicht zerreibliche Partien treten außerdem in diesem Horizont häufig auf.

Tabelle 1.
Korngrößen der Böden des Tschadseegebietes.
In % des Bodens unter 2 mm.

Probe	Über 2 mm in % der Gesamt- probe	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
		2 bis 1 mm	1 bis 0,5 mm	0,5 bis 0,2 mm	0,2 bis 0,1 mm	100 bis 50 μ	50 bis 20 μ	20 bis 10 μ	unter 10 μ
I.	—	0,04	0,32	3,00	23,80	14,20	10,20	2,24	46,20
II.	13,46	2,00	1,88	2,20	34,00	16,80	7,20	10,00	25,92
III.	1,31	0,24	0,40	2,00	54,60	23,40	2,40	1,60	15,36
IV.	3,01	10,70	25,50	27,40	21,04	6,44	3,02	1,10	4,80
V.	2,16	14,84	20,32	12,20	10,28	5,28	4,12	1,08	31,88
VI.	34,69	10,92	19,20	15,40	13,44	6,40	6,00	3,60	25,04
VII.	1,52	3,20	4,88	4,40	8,20	11,60	15,40	11,80	40,52
VIII.	21,57	25,42	40,92	15,50	7,80	5,84	1,98	0,30	2,24

- I. Firkiboden dicht westlich von Dikoa, 0,8 m mächtig.
 II. Unterlage des Firkibodens von Dikoa, 0,8—1,15 m tief.
 III. Tieferer Untergrund des Firkibodens, von 1,15 m ab.
 IV. Boden von Gaia, 1,15 m unter der Oberfläche.
 V. Boden von Gaia, 3 m unter der Oberfläche.
 VI. Verhärtete Zonen im Boden von Gaia, 3 m unter der Oberfläche.
 VII. Boden vom Lager zwischen Mobu und Dabna, 0,3 m unter der Oberfläche.
 VIII. Boden westlich von Sora Laka.

Die Tabelle 1 zeigt, daß bei allen drei Proben, abgesehen von der feinsten Fraktion mit Korngrößen unter 10 μ , die Korngrößen 0,2 bis 0,1 mm und danach 100 bis 50 μ vorherrschen. Größere Korngrößen sind nur untergeordnet vorhanden, und zwar in fast allen Fraktionen bei der Probe II mehr als bei I und III. Hier machen sich offenbar noch Kornvergrößerungen durch Verkittung bemerkbar. Bei den feineren Fraktionen nimmt die Probe II im allgemeinen eine Mittelstellung zwischen dem oberen Horizont und dem tieferen Untergrund ein. Aus der Verteilung der Korngröße geht der einheitliche Aufbau des Profils hervor; in der Oberkrume herrschen die feinsten Korngrößen, während den Untergrund hauptsächlich die Korngrößen zwischen 2 mm und 50 μ zusammensetzen. Inwieweit die Schlüsse über den einheitlichen Bau des Profils zu Recht bestehen, soll die nun folgende mineralogische Untersuchung zeigen.

Wie oben schon gesagt, wurden sämtliche Fraktionen einzeln auf ihren Mineralbestand untersucht. Die einzelnen Mineralien wurden dabei durch die Einbettungsmethode bestimmt. Ihre Menge wurde angenähert durch Ausmessen der durch sie bedeckten Fläche im Netzmikrometer

festgestellt. Durch andere Verfahren wäre natürlich, allerdings mit einem erheblich größeren Aufwand an Zeit, eine größere Genauigkeit zu erreichen. Für den hier verfolgten Zweck genügte aber die beschriebene Bestimmungsmethode, besonders, da die vorliegenden Präparate natürlich nur Mineralien von annähernd gleicher Korngröße enthielten. Tabelle 2 zeigt das Ergebnis dieser Untersuchungen. Die Zahlen geben Prozente an; die Pluszeichen zeigen, daß die betreffenden Mineralien zwar vorhanden sind, mengenmäßig aber erheblich unter 1% liegen. Mineralien, die nur ganz ausnahmsweise einmal auftreten, sind nicht berücksichtigt. Von der achten Fraktion wurden nur die Teilchen mit Korngrößen über 5μ bestimmt. Die übrigen wurden nicht berücksichtigt.

Die größte Fraktion der Oberkrume (2,0—1,0 mm) besteht aus abgerollten Quarzen, aus *einigen* Feldspäten mit frischen Bruchflächen und aus toniger Substanz mit einem reichlichen Serizitgehalt, die durch Eisenverbindungen verkittet war. Bemerkenswert ist, daß hier bereits basischer Plagioklas auftritt. In der zweiten Fraktion treten die Eisenerzkongregationen mit den Einschlüssen besonders toniger Substanz mehr zurück. Die übrigen Mineralien waren vorwiegend Quarz und seltener saurer Plagioklas. *Untergeordnet findet sich auch, wie in Fraktion 1, ein noch basischerer Plagioklas, der ungefähr zwischen Andesin und Labrador in seiner Zusammensetzung in der Mitte steht.* Die dritte Fraktion hat dieselbe Zusammensetzung in ihrem Mineralbestand, nur treten hier die Eisenerzkongregationen noch weiter zurück. Bei der vierten Fraktion ändert sich das Verhältnis zwischen den Eisenerzkongregationen und den übrigen Mineralien nicht nennenswert. *An Feldspäten tritt zu den Plagioklasen noch Orthoklas und Mikroklin in etwas größerer Menge hinzu. Humose Substanz tritt in größeren schwarzbraunen Krümeln, ebenfalls feinere Mineralteilchen verkittend, in dieser Fraktion zum ersten Male in nennenswerter Menge auf. Ganz untergeordnet findet sich auch etwas Kalkspat.* In der fünften Fraktion treten die Eisenerzkongregationen stark zurück und werden durch Krümel ersetzt, *die durch humose Substanz verkittet sind.* Der übrige Mineralbestand bleibt annähernd derselbe; die Ausbildung der einzelnen Mineralkörnchen wird aber mehr kantig als abgerundet. Die sechste und siebente Fraktion besteht zum größeren Teil aus durch Humus verkittete feine Mineralsubstanz. Alle übrigen Mineralien sind splitterig ausgebildet. Quarz herrscht unter ihnen nur noch schwach vor, saure und basischere Plagioklase, *bis zum Labrador, finden sich reichlich.* Auch Orthoklas konnte in größerer Menge gefunden werden. In der achten Fraktion herrschen verkittete Tonmineralien stark vor.

Bei der aus dem Untergrunde in einer Tiefe von 0,80—1,15 m entnommenen Bodenprobe bestehen die Anteile der Gesamtprobe, die eine Korngröße über 2 mm haben, aus den Mineralien der feineren Proben, die fest durch ein schwer bestimmbares Bindemittel, das vermutlich aus einem Gemisch von viel Eisenhydroxyd, weniger Kalkspat und etwas Kieselsäure zusammengesetzt ist.

Die erste Fraktion besteht zu etwa der Hälfte aus durch Kalkspat verkittete feinste Tonsubstanz, die kugelige Kongregationen bildet. Vereinzelt sind in diese Kügelchen auch größere Mineralien eingeschlossen. Die Kügelchen sind durch Eisenverbindungen braun gefärbt. Die andere Hälfte der Fraktion besteht überwiegend aus abgerundeten Quarzkörnchen und außerdem aus meist sauren Plagioklasen, die noch Bruchflächen zeigen und nicht so stark abgerundet sind wie der Quarz. Außer diesen Mineralien findet sich noch ziemlich großer und frischer Orthoklas. In der zweiten und dritten Fraktion treten

die Kalkspatkonkretionen allmählich mehr zurück. Die Zusammensetzung des übrigen Mineralbestandes bleibt annähernd dieselbe. Die Quarze sind auch hier meist ausgezeichnet gerundet, die Feldspäte weniger. In der vierten Fraktion verschwinden die Kalkkonkretionen und überhaupt der Kalkspat fast völlig. Der übrige Mineralbestand setzt sich etwa zur Hälfte aus Quarz und zur anderen Hälfte aus Feldspäten zusammen. Die Feldspäte sind in ihrer Hauptmenge saure Plagioklase, und zwar Oligoklase, außerdem finden sich reichlich Orthoklase. Basische Feldspäte, wie Andesine und Labradore, sind vorhanden, aber verhältnismäßig selten. Ganz vereinzelt fanden sich einige runde Eisenerzkongkretionen. In der fünften Fraktion ist wieder eine Zunahme des Kalkgehalts festzustellen. Der Kalk tritt aber kaum noch in einzelnen Körnern, sondern meist als dünner Überzug auf anderen Mineralien auf; die Zunahme konnte daher in der Tabelle nicht zur Geltung kommen. Unter den übrigen Mineralien geht der Quarz mengenmäßig zurück, wogegen die Menge an Orthoklas anwächst. Neu kann das Auftreten von etwas Hornblende und Augit und außerdem von seltenen Mineralien, wie Rutil und Zirkon, festgestellt werden. Auch Magneteisen findet sich ganz vereinzelt. Ebenfalls sind sehr selten Kügelchen von Eisenerzkongkretionen vorhanden. Die sechste Fraktion enthält noch mehr Kalk als die fünfte. Er tritt hier in Überzügen über die einzelnen Mineralien, häufig durch Eisenhydroxyd braun gefärbt, und in Form von Konkretionen und von Kristallen auf. Die übrigen Mineralien sind mehr splitterig als abgerundet. Es finden sich wieder Quarz, saure und basische Plagioklase und Orthoklas. Letzterer tritt zugunsten der basischen Plagioklase mehr zurück. Der Augit ist ganz verschwunden; die Hornblende tritt nur noch ganz vereinzelt auf. Die seltenen Mineralien sind noch dieselben wie in der fünften Fraktion. Neu finden sich untergeordnet splitterige und durch Risse zersprungene Teilchen von Kieselsäuregel. Die siebente Fraktion besteht hauptsächlich aus stark angewitterten Mineralien, die meist durch von Eisenhydroxyd braungefärbten Kalk verkittet oder von ihm überzogen sind. Die Mineralien selbst können meist als saure Plagioklase bestimmt werden. Quarz ist erheblich seltener als in den übrigen Fraktionen; Orthoklas und Labrador finden sich nur untergeordnet. Dagegen ist Kieselsäuregel häufiger als in der sechsten Fraktion vorhanden. Neu konnten ganz vereinzelt Gipskriställchen bestimmt werden. Die achte Fraktion beherrschen wieder Tonmineralien in verkitteten Anhäufungen.

Über die Anteile des tieferen Untergrundes, die einen größeren Korndurchmesser als 2 mm haben, gilt das von dieser Fraktion bei Probe II Gesagte. Die erste Fraktion besteht überwiegend aus durch Eisenhydroxyd braungefärbte Kalkkarbonatkügelchen, die reichlich Tonsubstanz und auch größere Mineralien eingeschlossen haben. Der Rest der Fraktion besteht aus stark abgerollten Quarzen und einigen Feldspäten. Die Zusammensetzung der zweiten Fraktion ist dieselbe; die Mineralien sind weniger abgerollt als in den höheren Bodenhorizonten. In der dritten Fraktion treten die Kalkkonkretionen stark zurück. Die übrigen Mineralien sind wieder überwiegend stark abgerollter Quarz, ziemlich wenig saurer Plagioklas, und zwar Oligoklas, und ganz untergeordnet Orthoklas. In der vierten Fraktion sind die Kalkkonkretionen noch weiter zurückgetreten. Die Hauptmenge der Mineralien besteht aus Quarzen. Daneben finden sich reichlich Oligoklase und Orthoklase, während Labrador nur selten auftritt. Untergeordnet finden sich auch abgerundete Magnetitkörnchen und ganz vereinzelt Augite. Die Quarze und Feldspäte sind weniger abgerundet als in den größeren Fraktionen. Auch die fünfte Fraktion enthält nur verhältnismäßig wenig Kalkspatkonkretionen. Wieder besteht sie in der Hauptsache aus kantengerundetem Quarz und aus saurem Plagioklas. Außerdem ist Orthoklas zahlreich in zum Teil splitterigen Kristallen vorhanden. In untergeordneter Menge finden sich Magnetit, Augit und Hornblende. An seltenen Mineralien sind Rutil

und Zirkon vorhanden; auch wurde etwas Kieselsäuregel bestimmt. Die sechste Fraktion enthält wieder reichlicher Kalkspat, der hier sowohl als Konkretion als auch als Überzug über andere Mineralien auftritt. Der Quarz tritt gegenüber den Feldspäten zurück. Neben sauren Plagioklasen finden sich in größerer Menge auch basische. Orthoklas ist noch reichlich vorhanden. Neben diesen hauptsächlichsten Mineralien finden sich wieder Magnetit, Augit, Hornblende, Zirkon, Rutil und ganz selten Spinell. Neu kommt Kieselsäuregel in größerer Menge hinzu, das von Rissen durchzogen ist und in splitterige Teilchen zerfällt. Die siebente Fraktion enthält noch mehr Kalk als Konkretion und als Überzug über die Mineralien als die sechste. Vielfach ist der Kalk durch Eisenhydroxyd braun-gefärbt. Die Mineralien sind meist scharfkantig. Feldspäte herrschen vor, und zwar besonders saure Plagioklase. Aber auch der Orthoklas ist häufig. Labrador findet sich nur selten. Magnetit, Augit, Hornblende und die seltenen Mineralien mit Ausnahme des Rutil sind nur ganz selten nachzuweisen; der letztere ist etwas häufiger. Kolloidale Kieselsäure findet sich auch hier, aber etwas seltener als in der sechsten Fraktion. Die achte Fraktion besteht wieder hauptsächlich aus verkitteten Tonmineralien. Unter den Silikaten herrscht der saure Plagioklas vor; auch Kalkspat ist nicht selten.

Welche Schlüsse lassen sich nun aus dem Auftreten und der Art der Verteilung der verschiedenen Mineralien ziehen? Der Quarz zunächst ist im allgemeinen als gegen die Verwitterung widerstandsfähiges Mineral in der Oberkrume der Böden angereichert. Das ist auch bei den Böden von Dikoa der Fall. In sämtlichen feinen und feinsten Fraktionen tritt er stark zurück. Dieses Zurücktreten ist einmal, und zwar in der Hauptsache auf das ja selbstverständliche starke Auftreten von Tonmineralien in diesen Fraktionen zurückzuführen. Zu einem kleinen Teil wird es aber auch, wie das Auftreten von Kieselsäuregel in diesen feinen Fraktionen beweist, durch die schon nennenswerte Löslichkeit besonders feinsten Quarzes in den Bodenlösungen bewirkt. An Kalifeldspäten findet sich hier besonders Orthoklas, aber auch Mikroklin. Beide treten in verhältnismäßig großer Menge, besonders im Untergrund auf, ein Zeichen dafür, daß der Boden noch nicht stark verwittert ist. Dasselbe zeigen auch die einen wesentlichen Teil des Mineralbestandes des Bodens ausmachenden sauren Plagioklase, die Oligoklase, und besonders die verhältnismäßig leicht verwitternden basischen Plagioklase. Letztere gehören meist einem basischen Andesin bis sauren Labrador an. Leicht zersetzen sich auch Augite und Hornblenden. Sie sind daher in der Oberkrume verschwunden, finden sich aber noch in den feinen Fraktionen des höheren und besonders des tieferen Untergrundes.

Die Verteilung von größeren Kalkspatkristallen in den einzelnen Fraktionen ist wenig charakteristisch. Ihr Auftreten zeigt nur, daß der Boden nicht oder nur wenig ausgelaugt ist. Dagegen lassen Auftreten und Verteilung der Kalkkonkretionen weitergehende Schlüsse zu. Schon ihre Entstehung, besonders in den Mengen, wie sie in einigen Fraktionen vorliegen, weist auf weitgehende Umlagerungen und Auflösungen im

Tabelle
Mineralzusammensetzung

Probe	Fraktion	Quarz	Ortho- klas	s. Plagio- klas	b. Plagio- klas	Augit, Horn- blende	Kalkspat	Kalk- konkre- tionen
I.	1	79	1	4	1	—	—	—
	2	85	+	5	1	—	—	—
	3	87	+	5	1	—	—	—
	4	85	1	5	1	—	+	—
	5	85	1	5	1	—	+	—
	6	28	3	13	3	—	+	—
	7	24	4	12	5	—	+	—
	8	7	2	7	2	—	+	—
II.	1	35	3	14	1	—	+	46
	2	40	4	18	2	—	+	35
	3	46	5	21	4	—	+	23
	4	51	7	36	2	—	+	1
	5	42	11	38	2	1	+	1
	6	40	7	36	5	+	1	2
	7	12	1	31	1	+	—	11
	8	5	1	12	1	—	—	+
III.	1	31	1	5	1	—	—	61
	2	37	2	6	1	—	—	53
	3	61	1	8	—	—	—	29
	4	32	5	43	1	+	—	17
	5	63	9	19	2	1	—	4
	6	38	12	26	4	2	+	6
	7	32	11	31	1	+	2	5
	8	7	3	17	+	+	5	—

Probe I: Entnahmetiefe

Probe II: Entnahmetiefe

Probe III: Entnahmetiefe

Bodenprofil hin. Dabei ist aus der Oberkrume fast ihr gesamter Gehalt an Karbonaten in den Untergrund gewaschen worden. Nur einige vereinzelte Kalkspatkristalle sind hier zurückgeblieben. Diese Kalklösungen haben sich dann im höheren und besonders im tieferen Untergrund angereichert und hier ihren Kalkgehalt in Form von Konkretionen zur Abscheidung gebracht. Infolge der Art ihrer Entstehung bevorzugen

2.
des B

Gips

0,00—0

0,80—1

unter 1

di

K

A

ki

de

an

2.

des Bodens von Dikoa.

Gips	Erz	Eisen- konkre- tionen	Seltene Mine- ralien	Kiesel- säure- gel	Teilchen wechselnder Zusammen- setzung mit Über- zügen usw.	Organische Substanz	Ton- mineralien und Mineralien unter 2 μ
—	—	14	—	—	—	—	—
—	—	8	—	—	—	—	—
—	—	6	—	—	—	—	—
—	—	5	—	—	—	2	+
—	—	3	—	—	—	4	+
—	—	—	—	—	—	49	3
—	—	—	+	—	—	48	6
—	—	—	+	—	—	7	74
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	2	—	+	—	—	—	—
—	—	—	+	—	4	—	+
—	—	2	+	+	6	—	+
+	—	1	+	1	41	—	+
+	—	+	+	2	21	—	57
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	1	—	—	—	—	—	—
—	1	—	+	+	—	—	+
—	1	+	+	3	6	—	1
—	+	+	+	2	14	—	1
—	+	+	+	2	23	—	32

0,00—0,80 m

0,80—1,15 m

unter 1,15 m

die Konkretionen besonders die größeren Fraktionen. Außerdem ist der Kalk auch in Form von dünnen Überzügen auf anderen Mineralien zum Absatz gelangt oder verkittet feinste Mineralien. Da derartige Verkittungen aber auch durch Eisen- und Kieselsäurelösungen bewirkt werden, entstehen dann häufig unbestimmbare Mineralteilchen und Mineralanhäufungen, die in der Tabelle in einer besonderen Spalte zusammen-

Tabelle 3.
Nährstoffanalyse der Bodenproben von Dikoa.

	I.	II.	III.
Al ₂ O ₃	6,24	3,88	2,67
Fe ₂ O ₃	3,97	1,86	1,34
CaO	0,53	2,94	0,52
MgO	0,58	0,39	0,24
K ₂ O	0,42	0,16	0,10
Na ₂ O	0,37	0,37	0,24
SiO ₂	12,46	8,13	5,55
SO ₃	Sp.	Sp.	Sp.
P ₂ O ₅	0,07	0,02	0,02
CO ₂	Sp.	1,46	Sp.
Humus	0,96	Sp.	Sp.
N	0,05	Sp.	Sp.

gefaßt wurden. Von besonderem Interesse ist das Auftreten von Gips in den beiden feinsten Fraktionen des höheren Untergrundes, das für aride Böden charakteristisch ist.

Während der Kalk des Bodenprofils nach unten gewaschen wurde, wurde das Eisen besonders in der Oberkrume angereichert. Diese neu gebildeten Eisenkonkretionen bevorzugen natürlich wieder die gröberen Fraktionen. Die Gruppe der seltenen Mineralien ist in dem vorliegenden Bodenprofil besonders durch Rutil und Zirkon vertreten, die sich in geringer Menge auf die feineren Fraktionen beschränken. Organische Substanz ist nur in der Oberkrume, hier aber in erheblichen Mengen, in den feineren Fraktionen vorhanden. Sie tritt meist als Verkittungssubstanz für feinere Mineralien, in Überzügen über Mineralien und in gestaltlosen kleinen Häufchen auf. Über die Tonmineralien der letzten Spalte schließlich ist wenig zu sagen. Daß sie nicht nur, wie es verlangt werden müßte, in der feinsten Fraktion zu finden sind, liegt daran, daß sie zu größeren Teilchen verkittet sein können und so beim Schlämmen in eine gröbere Fraktion gelangen.

Von einer chemischen Analyse der Bodenproben konnte abgesehen werden, da bereits eine Nährstoffanalyse von allen drei Proben aus dem chemischen Laboratorium der Preuß. Geologischen Landesanstalt vorliegt. Sie ist im Deutschen Kolonialblatt von 1914, S. 182—183, veröffentlicht und ergab die Werte der Tabelle 3. Im ganzen stimmen ihre Werte recht gut mit den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung überein. So sind in der Oberkrume erheblich größere Mengen an Eisenoxyd, entsprechend dem hier auch höchsten Wert an Eisenkonkretionen,

in Lösung gegangen als im höheren und tieferen Untergrund. In diesem Zusammenhang sei auch auf den hohen Tonerdewert der Oberkrume gegen den Untergrund aufmerksam gemacht, der auf eine Wanderung der Tonerde parallel mit der des Eisens hinweisen könnte. Der hohe Kaligehalt der Analysen steht im engen Zusammenhang mit dem Nachweis von nennenswerten Mengen an Orthoklas und Mikroklin bei der mikroskopischen Untersuchung. Daß bei den Analysen die Oberkrume erheblich mehr Kali aufweist als der Untergrund, hängt mit der stärkeren Zersetzung der Kalifeldspäte in der Oberkrume zusammen. Dasselbe gilt für das Natron und die Plagioklase. Auffällig hoch ist der Gehalt der Nährstoffauszüge an löslicher Kieselsäure, was eine starke Wanderung der Kieselsäure im Profil beweist. Der scheinbare Gegensatz, daß sich in der Analyse die meiste lösliche Kieselsäure in der Oberkrume befindet und bei der mikroskopischen Untersuchung im Untergrund, erklärt sich dadurch, daß ein Teil dieser Kieselsäure in den Konkretionen, besonders den Eisenkonkretionen steckt, und daß ein anderer Teil aus den in der Oberkrume stärker zersetzten Feldspäten herausgelöst wurde. Auch die übrigen Werte der Nährstoffanalyse entsprechen dem mikroskopisch gefundenen Bild. Nur der Wert für die Kohlensäure und entsprechend der für den Kalk stimmt für den tieferen Untergrund nicht mit dem mikroskopischen Bild überein, nach dem man für beide mindestens die gleichen Werte wie die des höheren Untergrundes hätte erwarten sollen. Vielleicht ist diese Differenz aber mit einer sehr ungleichmäßigen Verteilung der Karbonate im Boden zu erklären. Daß sonst für die starke Beteiligung der Karbonatkonkretionen im mikroskopischen Bild das analytisch gefundene Karbonat nicht so in den Vordergrund tritt, erklärt sich daraus, daß die Konkretionen ja nicht aus reinem Kalkkarbonat bestehen, sondern reichlich fremdes silikatisches Material einschließen.

Als Ergebnis der mineralogischen und chemischen Untersuchungen kann festgestellt werden, daß der Boden von Dikoa ein einheitliches Profil darstellt, dessen Mineralbestand bis in eine Tiefe von mehr als 2 m zunächst derselbe war. Die Veränderungen des Mineralbestandes, wie sie aus der mineralogischen Untersuchung zu ersehen sind, sind erst nachträglich durch die Verwitterung entstanden. Hierbei wurden Eisen- und auch Aluminiumverbindungen in der Oberkrume angereichert, während die Karbonate besonders im Untergrund abgeschieden wurden.

Infolge seines Reichtums an Orthoklas und an Kalkkonkretionen ist der Boden mit Kali und Kalk ausreichend versorgt. Schlecht ist dagegen seine Versorgung mit Phosphorsäure, wie auch aus der völligen Abwesenheit von Apatit zu erwarten war. Auch die Stickstoffversorgung

Tabelle
Mineralzusammensetzung der Böden

Probe	Fraktion	Quarz	Orthoklas	s. Plagioklas	b. Plagioklas	Kalkspat
I.	1	83 ¹⁾	—	9	—	—
	2	84 ¹⁾	—	10	—	—
	3	81	2	10	—	—
	4	76	3	12	—	+
	5	33	9	17	—	+
	6	21	3	11	1	+
	7	13	5	8	1	+
	8	6	3	5	+	+
II.	1	44	37	19	—	—
	2	27	42	27	—	—
	3	13	55	25	—	—
	4	6	51	33	—	—
	5	5	40	39	—	+
	6	5	57	18	1	1
	7	4	46	25	+	1
	8.	4	27	19	+	+

1) Vielfach mit dünnen Eisenhydroxydüberzügen.

2) Meist stark zersetzter Orthoklas mit dicken Eisenkrusten.

ist trotz seines hohen Humusgehaltes nur gering. Besonders aus der Untersuchung des Mineralbestandes des Bodens geht hervor, daß er reich an Kolloiden ist, die seine Nährstoffe recht festlegen werden. Hierauf weist besonders sein Gehalt an Kieselsäure hin, wie ja auch die chemische Untersuchung recht hohe Mengen löslicher Kieselsäure angibt. Der Boden wird also erhebliche Mengen von Pflanzennährstoffen so festlegen können, daß sie für die Pflanzen nur schwer verwertbar sind. Bei reichlicher Düngung wird er dagegen einen fruchtbaren Boden abgeben.

Bei der landwirtschaftlichen Verwendung des Bodens wird allerdings seine starke Neigung zur Rißbildung, die mit seinem hohen Kolloidgehalt zusammenhängt, von Nachteil sein. Dieser Neigung kann durch sorgfältige Regelung des Wasserhaushaltes des Bodens und durch entsprechende Maßnahmen bei seiner Bearbeitung entgegengetreten werden.

Von der Gruppe der braunen Marschböden des Logone-Schari-Gebietes stand nur eine zwischen Mobu und Dabna entnommene Probe

4.
von Mobu-Dabna (I.) und Sora Laka (II.).

Erz	Eisen- konkretionen	Seltene Mineralien	Kieselsäure- gel	Teilchen wechselnder Zusammensetzung	Tonmineralien und Teilchen unter 2 μ
—	8	—	—	—	—
—	6	—	—	—	—
—	7	—	—	—	—
—	5	—	—	4	—
—	2	1	—	38	—
—	2	1	+	60	—
—	—	1	4	58	9
—	—	+	7	46	32
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	+ 4 ²⁾	—
—	—	—	—	7 ²⁾	—
—	2	—	—	8 ²⁾	—
—	2	—	—	14 ²⁾ 3)	—
1	—	+	+	16 ²⁾ 3)	—
2	—	+	1	17 ³⁾ 4)	—
1	—	—	2	29 ³⁾ 4)	17 ³⁾

3) Zum Teil stark kaolinisierte Feldspäte.

4) Zum Teil auch serizitisierte Feldspäte.

zur Verfügung. Die Bestimmung der Korngröße (Tabelle 1, VII.) ergab, daß bei diesem Boden die feineren Kornklassen unter 50 μ stark vorherrschen, wie es ja auch für einen Marschboden nicht anders zu erwarten ist. Korngrößen über 2 mm sind nur untergeordnet vorhanden. Hier muß schon vorweggenommen werden, daß die einzelnen Körner dieser Fraktion, die einen nur wenig größeren Durchmesser als 2 mm hatten, nach der mikroskopischen Untersuchung aus Quarz mit dünnen Überzügen von Eisenhydroxyd bestanden. Außerdem enthält der Boden aber noch wesentlich gröbere Konkretionen mit einem Durchmesser bis 2 cm, über deren Mengenverhältnis nichts gesagt werden kann, da sie getrennt von der Bodenprobe vorlagen.

Die mineralogische Untersuchung, die hier ebenso wie bei den Böden von Dikoa durchgeführt wurde, ergab die Werte der Tabelle 4. Die erste Fraktion setzt sich aus abgerolltem Quarz mit dünnen Eisenhydroxydüberzügen und mengenmäßig stark zurücktretendem saurem Plagioklas (Oligoklas) zusammen. Außerdem finden sich Eisenerzkongkretionen. In der zweiten Fraktion ändert sich die Zusammensetzung nicht wesentlich. Auch in der dritten Fraktion ändert sich die Zusammensetzung nicht sehr; nur

tritt hier Orthoklas neu hinzu. Die vierte Fraktion enthält weniger Quarz, aber etwas mehr Orthoklas und sauren Plagioklas. Ganz vereinzelt treten feine Kalkspäte auf. Die Eisenerzkongregationen treten mengenmäßig mehr zurück, dafür finden sich hier aber zuerst durch Eisenhydroxyd und Kalk verkittete feinere Mineralteilchen unter „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“. In der fünften Fraktion geht der Quarz mengenmäßig stark zurück. Die Menge der Feldspäte wächst an, besonders aber die Menge der „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“, die wieder aus hauptsächlich durch Eisenhydroxyd verkitteten feineren Mineralteilchen bestehen. In ihr treten auch zuerst seltene Mineralien, und zwar fast nur Rutil und Zirkon, auf. Sämtliche Mineralteilchen sind hier mehr splitterig als abgerundet, wie in den größeren Fraktionen. In der sechsten und siebenten Fraktion treten Quarz und die Feldspäte weiter stark zurück. Neu tritt basischer Plagioklas, ein an der Grenze zum Labrador stehender Andesin, auf. Die Eisenkongregationen verschwinden; dafür finden sich aber unbestimmbare verkittete Mineralteilchen in großer Menge. Auch Tonmineralien treten in größeren Anhäufungen auf. Besonders hingewiesen werden muß auf das Kieselsäuregel, das sich als isotropes Glas, zum Teil von splitterigem Bruch, in diesen feinen Fraktionen in nennenswerter Menge findet. In der achten Fraktion sind nur noch wenig bestimmbare Mineralien zu finden. Verkittete Teilchen und Anhäufungen von Tonteilchen herrschen vor.

Von dieser Bodenprobe wurde ebenfalls eine Nährstoffanalyse in derselben Weise angefertigt, wie schon 1914 für die Bodenproben von Dikoa. Das Ergebnis dieser Untersuchung gibt die Tabelle 5. Da aus dem ganzen Bodenprofil nur leider diese eine Probe zur Verfügung stand, lassen sich aus dieser Analyse leider keine Schlüsse auf den Aufbau des Gesamtprofils ziehen. Im Vergleich mit den Ergebnissen der mineralogischen Untersuchung entspricht der hohe Wert an Fe_2O_3 dem reichlichen Vorkommen von Eisenkongregationen im mikroskopischen Präparat. Bemerkenswert ist auch die hohe Prozentzahl für Al_2O_3 . CaO ist nur in geringer Menge an CO_2 gebunden, wie der niedrige Wert für CO_2 in der Analyse und das nur spurenweise Auftreten von Kalkspat in den mikroskopisch untersuchten Fraktionen zeigt. CaO entstammt also überwiegend den Plagioklasen, ebenso wie das Na_2O . MgO weist auf Augite hin. Sie wurden allerdings mikroskopisch nur so vereinzelt aufgefunden, daß sie in der Tabelle der Mineralzusammensetzung nicht aufgeführt wurden. Ihre Menge entspricht jedenfalls keinesfalls der Menge an MgO ; vermutlich sind sie bereits durch die Verwitterung zerstört worden. Der Wert für K_2O ist recht hoch; das Kali entstammt den ja in größerer Menge nachgewiesenen Orthoklasen und Mikroklinen. Auffallend hoch ist der Gehalt des Bodens an löslicher Kieselsäure. Kieselsäuregel wurde entsprechend auch in nennenswerter Menge in den feineren Fraktionen des Bodens mikroskopisch nachgewiesen. Außerdem tritt sie sicher als Verkittungssubstanz, ebenso wie Fe- und Al-Gele, von feinsten Mineralteilchen auf und bildet so die nicht weiter bestimmbaren „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“ der Tabelle der Mineral-

Tabelle 5.
Nährstoffanalyse des Bodens von Mobu-Dabna.

	VII.
Al ₂ O ₃	6,98
Fe ₂ O ₃	5,12
CaO	2,91
MgO	1,46
K ₂ O	0,54
Na ₂ O	0,39
SiO ₂	8,04
SO ₃	Spur
P ₂ O ₅	0,19
CO ₂	0,21
Humus	0,23
N	0,09

zusammensetzung. Über die übrigen Werte der Tabelle der Nährstoffanalyse läßt sich kaum noch etwas sagen.

Die in der eben besprochenen Bodenprobe enthaltenen Kalkkonkretionen wurden für sich analysiert, vor allem deshalb, um das Verhältnis von Kalk zu Magnesiumkarbonat kennenzulernen. Die Analyse ist in Tabelle 6 angegeben. Trotzdem die Konkretionen äußerlich einen ziemlich reinen Eindruck machen, enthalten sie doch eine beträchtliche Menge von in HCl unlöslichen Bestandteilen. Auch der hohe Gehalt an Al₂O₃ ist auffällig. Er rührt offenbar von bei der Kristallisation mit eingeschlossenem freien Al₂O₃ des Bodens her. Außerdem bestehen die Konkretionen fast nur aus reinem Kalkkarbonat, wie die Umrechnung der Analysenwerte in Tabelle 6 zeigt. Ihr Gehalt an Magnesiumkarbonat ist nur sehr gering. Aber auch nach dessen Berechnung bleibt noch ein Überschuß an CO₂, der an Eisen als Eisenkarbonat gebunden sein muß. Die Konkretionen enthalten also die mehrfache Menge des Magnesiumkarbonats an Eisenkarbonat.

Als Ergebnis der mineralogischen und chemischen Untersuchung des braunen Marschbodens ist festzustellen, daß er infolge seines Reichums an Kalifeldspat mit Kali ausreichend versorgt ist, da die Kalifeldspäte zu einem großen Teil stark zersetzt sind. Auf die schon fortgeschrittene Verwitterung der Silikate weist ja auch die große Menge an löslicher Kieselsäure im Boden hin. Die Versorgung des Bodens mit Phosphorsäure und Stickstoff ist dagegen nur mäßig, um so mehr, wenn man bedenkt, daß der Boden reich an Kolloiden ist, die die Nährstoffe festlegen. Der Gehalt des Bodens an Kalk ist dagegen infolge seines

Tabelle 6.
Kalkkonkretion aus dem Boden
der Schari-Logone-Niederung
zwischen Mobu und Dabna (30 cm Tiefe).

	%
In HCl unlöslich	19,92
Al ₂ O ₃	0,84
Fe ₂ O ₃	4,12
MnO	0,51
MgO	0,41
CaO	39,72
CO ₂	33,41
Auf Karbonate umgerechnet ergibt sich:	
	%
CaCO ₃	70,90
FeCO ₃	4,70
MgCO ₃	0,86

Gehalts an Kalkkonkretionen genügend. Bei einer ausreichenden Düngung an Kali und einer starken an Phosphorsäure und Stickstoff wird der Boden, soweit sich das aus einer Bodenprobe beurteilen läßt, bei günstigen anderen Umständen einen sehr fruchtbaren Boden abgeben.

Von den Sandböden des Logone-Schari-Gebietes konnte eine Probe, die westlich von Sora Laka entnommen war, und mehrere Proben von Gaia untersucht werden. Bei dem Boden von Sora Laka gehört etwa $\frac{1}{4}$ der Gesamtmenge Korngrößen von über 2 mm an. Unter 2 mm überwiegen die größeren Korngrößen sehr stark, so daß wir es bei dem Boden mit einem ziemlich groben Sand zu tun haben.

Die mineralogische Untersuchung der einzelnen Korngrößenfraktionen hatte folgendes Ergebnis: Bereits die erste Fraktion enthält fast ebensoviel Orthoklas wie Quarz. Außerdem ist noch saurer Plagioklas (Oligoklas) reichlich vertreten. In der zweiten Fraktion ist schon erheblich mehr Orthoklas als Quarz enthalten. Die Plagioklasmenge ist weiter angestiegen. Die Feldspäte sind meist stark angewittert und zum Teil mit so dicken Eisenkrusten überzogen, daß sie nicht mehr zu erkennen sind. In der dritten und vierten Fraktion steigt der Gehalt an Feldspäten weiter an, und der Quarz verschwindet immer mehr. Von diesen Fraktionen gehört mehr als die Hälfte allein dem Orthoklas an. In der fünften Fraktion gehen auch die Feldspäte an Menge etwas zurück. Dies liegt daran, daß sie zum Teil infolge ihrer Zersetzung unbestimmbar werden und dann in der Gruppe der „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“ mitgezählt

werden. Die Feldspäte sind nicht nur mit Eisenkrusten überzogen und zum Teil durch sie verkittet, sondern auch stark kaolinisiert. In dieser Fraktion finden sich auch, wie schon in der vierten, vereinzelt reine Eisenerzkonkretionen. Außerdem tritt hier etwas Kalkspat auf. In der sechsten Fraktion steigt der Gehalt an Orthoklas wieder und der an Plagioklas geht zurück. Neben dem sauren Plagioklas tritt aber ganz untergeordnet ein basischer auf, der nach der Höhe seines Brechungsexponenten an der Grenze zwischen Andesin und Labrador steht. Kalkspat findet sich etwas reichlicher neben neu auftretendem Eisenerz. Auch seltene Mineralien treten vereinzelt auf. Sie sind besonders durch Zirkon und Rutil vertreten. Interessant ist wieder das Auftreten von Kieselsäuregel in dieser und den feineren Fraktionen. Neben den stark kaolinisierten Feldspäten finden sich jetzt auch serizitisierte. In der siebenten und achten Fraktion treten der Orthoklas und der Plagioklas weiter zurück. Die Menge der unbestimmbaren „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“ wie die Menge der zu Häufchen verbackenen Tonmineralien steigt an. Auch die Menge der nicht verbackenen Tonmineralien steigt an. Ebenfalls wächst die Menge der kolloidalen Kieselsäure in diesen Fraktionen noch etwas.

Auch von den Sandböden wurden Nährstoffanalysen angefertigt. Ihr Ergebnis bringt die Tabelle 7. Für den Boden von Sora Laka (VIII) geht daraus hervor, daß er nicht so arm an salzsäurelöslichen Pflanzennährstoffen ist, wie man nach seiner Ausbildung zunächst vermuten sollte. Das hängt natürlich mit dem starken Verwitterungsgrad seiner Mineralien zusammen. Besonders der hohe Kaliwert läßt sich so bei dem hohen Gehalt des Bodens an mikroskopisch bestimmtem Orthoklas leicht verstehen. Der Gehalt der Analyse an Natron ist natürlich bei dem erheblich geringeren Gehalt des Bodens an Plagioklasen, ebenso wie der Gehalt an Kalk, erheblich kleiner. Die Werte für Al_2O_3 und SiO_2 stehen ebenfalls mit den Feldspäten in engem Zusammenhang. Der Kalk ist größtenteils an Kohlensäure gebunden, wie es ja auch dem Nachweis von Kalkspat bei der mineralogischen Untersuchung entspricht. Der Humusgehalt des Bodens ist größer, als es der äußere Anschein zunächst erwarten läßt; der Gehalt an Stickstoff ist sehr gering.

Wie aus der Nährstoffanalyse hervorgeht, ist die Versorgung des Bodens mit Pflanzennährstoffen nicht ungünstig. Besonders mit Kali ist er sehr gut versorgt. Auch ist sein Gehalt an Kalk ausreichend. Die Versorgung mit Phosphorsäure ist dagegen schlecht; die mit Stickstoff ganz ungenügend. Auch ist der Boden wieder, wie besonders aus dem Auftreten von kolloidaler Kieselsäure bei der mineralogischen Untersuchung hervorgeht, reich an Kolloiden, die die Nährstoffe stark adsorbieren. Die physikalischen Verhältnisse des Bodens sind dagegen nicht günstig.

Zu den Sandböden des Logone-Schari-Gebietes gehören ebenfalls die drei Bodenproben des Profils von Gaia (IV—VI). Die Probe IV wurde 1,15 m, die Probe V 3 m unter der Oberfläche entnommen. Die Korngrößentabelle (1) zeigt bei dem oberen Boden ein Vorherrschen der

Tabelle 7.
Nährstoffanalyse des Bodens von Sora Laka (VIII)
und der Böden von Gaia (IV—VI).

	VIII	IV	V	VI
Al ₂ O ₃	3,29	1,98	2,09	2,91
Fe ₂ O ₃	2,96	1,77	2,04	4,10
CaO	1,12	0,87	0,84	0,76
MgO	0,35	0,38	0,41	0,39
K ₂ O	0,67	0,28	0,46	0,42
Na ₂ O	0,13	0,15	0,21	0,21
SiO ₂	9,21	7,21	8,09	12,46
SO ₃	Spur	Spur	0,10	0,23
P ₂ O ₅	0,09	0,04	0,07	Spur
CO ₂	0,76	0,36	0,17	0,09
Humus	0,88	0,77	0,12	Spur
N	0,07	0,05	0,04	—

größeren Kornklassen von 1—0,1 mm und bei dem unteren Boden ein starkes Überwiegen der feinsten Fraktion. Es macht durchaus den Eindruck, als ob aus den höheren Horizonten die feinsten Bodenbestandteile entfernt und in tieferen Schichten wieder angereichert worden sind. Die verhärteten Zonen in dem tieferen Horizont (VI) zeigen natürlich ein starkes Überwiegen der Bestandteile mit Korngrößen über 2 mm. Sonst entspricht seine Körnung aber einigermaßen der der unverhärteten Bodenpartien.

Die Tabelle der Mineralzusammensetzung der Böden von Gaia (Tabelle 8) erlaubt eine bessere Auswertung ihrer Ergebnisse, da von einem Bodenprofil wieder mehrere Proben zur Verfügung stehen. Die erste Fraktion des oberen Bodens besteht überwiegend aus Quarz. Neben ihm findet sich saurer Plagioklas (Oligoklas) in geringer Menge. Außerdem treten rundliche Eisenerzkongregationen auf. Eisenerz überzieht auch andere Mineralien und verkittet sie zum Teil zu unbestimmbaren „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“. In der zweiten Fraktion nehmen Quarz und Oligoklas noch etwas zu, und Orthoklas kommt neu hinzu. Die Kongregationen und die Mineralverkittungen sind nicht mehr ganz so zahlreich wie in der ersten Fraktion. Die dritte Fraktion zeigt gegen die zweite kaum eine Änderung. In der vierten Fraktion nehmen die Feldspäte auf Kosten des Quarzes stark zu. Kalkspat tritt neben Kieselsäuregel, das schon in der dritten Fraktion vereinzelt nachgewiesen wurde, neu auf. In der fünften Fraktion geht der Quarz weiter stark zurück. Der Orthoklasgehalt steigt noch, während der Oligoklas ebenfalls zurückgeht. Neu findet sich basischer Plagioklas; er wurde als ein an der Grenze zum Labrador stehender Andesin bestimmt. Die Menge der Eisenerzkongregationen wächst stark und parallel mit ihr die Menge der verkitteten kleineren Mineralteilchen. Auch Kieselsäuregel in derselben Ausbildung, wie in den schon früher beschriebenen Fraktionen ist in nennenswerter Menge zu finden. In der sechsten Fraktion fällt die Menge an Quarz und an Feldspäten mit Ausnahme der basischen erheblich ab.

Die Menge Kalkspat steigt und seltene Mineralien, besonders Rutil und Zirkon, werden neu gefunden. Die Menge der unbestimmbaren „Teilchen wechselnder Zusammensetzung“ ist stark angestiegen. In der siebenten und achten Fraktion fällt die Menge fast aller Mineralien weiter, nur die der kolloidalen Kieselsäure steigt an. Außerdem wächst die Menge unbestimmbarer zusammengekitteter Mineralien stark an, und ebenfalls finden sich in beiden Fraktionen größere Häufchen von Tonteilchen.

Der tiefer gelegene Bodenhorizont (Probe V) hat in der ersten Fraktion fast dieselbe Zusammensetzung wie die erste des höher gelegenen. Nur ist die Anzahl der Eisenkonkretionen etwas größer. Auch in den folgenden Fraktionen bis zur vierten einschließlich ist eine weitgehende Übereinstimmung in der Zusammensetzung der sich entsprechenden Fraktionen festzustellen, abgesehen davon, daß bei dem tiefer liegenden Boden die Feldspatmenge etwas größer ist. Von der fünften aber stellen sich im tieferen Boden neue Mineralien, hier z. B. Augit, ein und die Menge der seltenen Mineralien, auch hier vertreten durch Rutil und Zirkon, ist größer. In der fünften Fraktion gehen die Feldspäte und der Quarz, wie auch in den vorigen und nächsten Fraktionen, weiter zurück. Als neues Mineral tritt zum Augit noch der Biotit hinzu, während Kalkspat in diesem Bodenhorizont seltener ist als im oberen. Seltene Mineralien sind verhältnismäßig zahlreich. Auffällig ist, daß bereits in dieser Fraktion einige Häufchen von Tonteilchen auftreten. In der siebenten Fraktion steigt die Menge der Tonhäufchen und die der kolloidalen Kieselsäure stark. Dies setzt sich in der achten Fraktion fort, in der die Menge der kolloidalen Kieselsäure einen recht beachtlichen Wert erreicht.

Die mineralogische Zusammensetzung der Fraktionen der verhärteten Partien des tieferen Bodenhorizontes (Probe VI) ist dieselbe wie die der unverhärteten, wenn man von den hier natürlich in größeren Mengen auftretenden verkitteten unbestimmbaren Teilchen und den Tonmineralienhäufchen absieht. Besonders auffällig ist dies an dem Auftreten der Augite und Biotite, die in dem höheren Boden fehlen, zu erkennen. Von Interesse war bei der Untersuchung dieser Probe besonders, ob die mikroskopische Untersuchung erlauben würde, etwas über die Natur des Bindemittels auszusagen, das diese Partien verhärtete. Nach der Untersuchung scheidet hier der Kalkspat als Verkittungsmittel aus. Da die Menge der besonders durch Eisenhydroxyd verkitteten unbestimmbaren Teilchen und die Menge der kolloidalen Kieselsäure hier gegenüber der Probe V angestiegen ist, handelt es sich bei dieser Substanz vermutlich um Eisen-Kieselsäure-Mischungen. Inwieweit auch kolloidale Tonerde beteiligt ist, konnte leider nicht festgestellt werden, da der Brechungsexponent der Eisen-Kieselsäure-Gele schon in zu weiten Grenzen schwanken kann.

Von den drei Bodenproben von Gaia wurde, ebenso wie von den früher untersuchten Böden, eine Nährstoffuntersuchung angefertigt. Ihr Ergebnis bringt die Tabelle 7. Da alle Mineralien erheblich viel frischer sind als die des Bodens von Sora Laka, hat der Salzsäureauszug auch nur erheblich kleinere Mengen aus dem Boden herausgelöst. Interessant ist hier wieder der Vergleich der einzelnen Proben. Von allen Substanzen ist aus dem tiefer gelegenen Boden mehr in Lösung gegangen, außer von CaO und CO₂, wenn man von Humus und Stickstoff absieht. Es hat also in höheren Horizonten eine Anreicherung von Kalkspat stattgefunden, wie es auch schon aus der mikroskopischen Untersuchung zu ersehen war. An Kali ist für einen Sandboden recht viel salzsäurelöslich. Erklärlich wird dies, wenn man bedenkt, daß der Boden, trotzdem er

Tabelle
Mineralzusammensetzung

Probe	Fraktion	Quarz	Ortho- klas	s. Plagio- klas	b. Plagio- klas	Augit	Biotit	Kalkspat
IV.	1	77	—	5	—	—	—	—
	2	80	3	9	—	—	—	—
	3	81	3	11	—	—	—	—
	4	62	9	23	—	—	—	+
	5	38	14	19	1	—	—	+
	6	28	9	13	2	—	—	1
	7	26	8	11	1	—	—	1
	8	21	4	6	+	—	—	+
V.	1	74	—	6	—	—	—	—
	2	76	5	11	—	—	—	—
	3	80	4	10	—	—	—	—
	4	59	10	21	—	—	—	—
	5	33	13	20	2	+	—	+
	6	24	8	16	2	+	+	+
	7	22	6	13	1	+	+	+
	8	19	4	7	+	+	+	+
VI.	1	69	—	4	—	—	—	—
	2	76	4	9	—	—	—	—
	3	76	4	9	—	—	—	—
	4	58	10	19	—	—	—	—
	5	30	10	16	1	+	—	+
	6	23	7	11	1	+	+	+
	7	20	5	10	+	+	+	1
	8	17	4	5	+	+	+	+

ein Sandboden ist, reich an kolloidaler Substanz ist. Dies geht aus dem hohen Wert für lösliche Kieselsäure im Salzsäureauszug hervor und wird ebenfalls durch die große Menge verkitteter Mineralteilchen, die bei der mikroskopischen Untersuchung gefunden wurden, bewiesen. Diese kolloidale Substanz hat offenbar Kali, das in langen Zeiträumen aus den Orthoklasen durch den Verwitterungsprozeß frei geworden ist, festgehalten. An Phosphorsäure und Stickstoff ist der Boden arm. Der Gehalt an Kalk ist nicht hoch, aber zunächst ausreichend. Die verhältnismäßig große Menge Fe_2O_3 entspricht den bei der mikroskopischen Untersuchung zahlreich gefundenen Eisenkonkretionen, soweit sie nicht Verkittungssubstanz anderer Mineralien ist.

8.
des Bodens von Gaia.

Erz	Eisen- konkre- tionen	Seltene Mineralien	Kieselsäure- gel	Teilchen wechselnder Zusammen- setzung	Organische Substanz	Tonmineralien und Mineralien unter 5
—	6	—	—	12	—	—
—	3	—	—	5	—	—
—	2	—	+	2	—	—
—	2	—	+	3	+	—
+	8	—	2	17	+	—
+	9	+	1	36	+	—
3	5	+	2	41	+	1
1	3	+	4	45	+	15
—	10	—	—	10	—	—
—	3	—	—	5	—	—
—	1	—	+	4	—	—
—	3	+	+	6	—	—
1	9	1	2	19	—	—
2	4	2	2	37	+	2
2	3	1	5	31	+	15
+	2	+	7	28	+	32
—	13	—	—	14	—	—
—	3	—	—	8	—	—
—	5	—	+	6	—	—
—	5	+	1	7	—	—
+	10	1	3	28	—	—
1	5	1	5	41	—	4
1	4	1	4	32	+	21
+	2	+	8	27	+	36

In der Probe der verkitteten Substanz ist die Menge an löslichem Al_2O_3 und Fe_2O_3 angestiegen. CaO , MgO , K_2O und Na_2O sind nur wenig geändert. Angestiegen sind auch die lösliche SiO_2 und das SO_3 . Die Verkittung eines Teils des Bodens ist also wohl auf eine Wanderung und stellenweise Anreicherung von SiO_2 - und Fe_2O_3 -Gelen und wahrscheinlich auch von Al_2O_3 -Gelen und deren Austrocknung zurückzuführen. Daß diese Austrocknung vielfach aber noch nicht sehr weitgehend gewesen ist, zeigt sich darin, daß verhärtete Bodenpartien, die nur kurze Zeit in Wasser liegen, aufweichen und vollkommen in Einzelkörner zerfallen. Die Ergebnisse der chemischen Bestimmung des Verkittungsmittels stehen mit denen der mineralogischen Untersuchung in Übereinstimmung.

Vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus läßt sich also sagen, daß die drei Bodenproben mit Kali zunächst ausreichend versorgt sind. Dasselbe gilt für den Kalk. Die Versorgung mit Phosphorsäure und noch mehr mit Stickstoff ist schlecht. Trotzdem der Boden ein Sandboden ist, wird noch ein Teil der Pflanzennährstoffe durch die Kolloide ziemlich festgehalten werden. Der physikalische Zustand des Bodens ist natürlich ungünstig, besonders auch durch seine Neigung, stellenweise zu verhärten.

Zum Schluß sollen nun die Ergebnisse der Untersuchungen an Böden des Tschadgebietes verglichen werden, soweit es nach dem ja immerhin spärlichen Untersuchungsmaterial möglich ist. In der Korngröße unterscheiden sich die schwarzen und braunen Marschböden von den Sandböden natürlich erheblich, wie übersichtlich aus der Abb. 3 hervorgeht. In dieser Dreiecksprojektion bilden Sand (2—0,2 mm) und Mehlsand (200—20 μ) zwei Eckpunkte, während der dritte Schluff und Ton zusammen, also die Korngrößen unter 20 μ , darstellt.

Die Dreiecksprojektion zeigt, daß die durchschnittliche Korngröße des schwarzen Marschbodens, des Firkibodens (I—III), nach oben hin durch die Abnahme des Mehlsandes und eine entsprechende Zunahme des Schluff- und Tongehalts immer feiner wird, wobei die an sich geringe Menge des Sandanteils annähernd dieselbe bleibt. Diese Tatsache der zunehmenden Verfeinerung der Korngröße nach oben hin macht es wahrscheinlich, daß der Boden aus der Verwitterung ein und desselben Gesteins, nämlich der durch Schichtfluten und Wind entstandenen oder beeinflussten Sedimente, von oben her entstanden ist, daß also das Profil einheitlich ist. Der braune Marschboden (VII) unterscheidet sich von dem schwarzen in seiner Kornverteilung deutlich durch ein Zurücktreten des Mehlsandes und eine Zunahme des Sandanteils und des Anteils an Ton und Schluff. Ob er sich auch mineralogisch von ihnen unterscheidet, wird erst der Vergleich der Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung zeigen. Die Sandböden (IV—VI u. VIII) bestehen in ihrer Korngröße natürlich überwiegend aus der Sandkomponente. Hier ist bei den Böden von Gaia (IV—VI) die Korngröße des der Oberfläche näher liegenden Bodens (IV), wie die Projektionspunkte der Abb. 3 zeigen, erheblich gröber als die des tiefer liegenden. Wahrscheinlich ist an der Oberfläche das feinere Material ausgeweht. Letzterer (V) dagegen hat fast dieselbe Korngröße wie die in ihm liegenden verkitteten Partien (VI). Wie die beiden Projektionspunkte V und VI durch die geringe Verschiebung des letzteren in Richtung der Seite Sand—Mehlsand zeigen, macht sich in den Korngrößen unter 2 mm die Verkittung nur in einer kleinen Vergrößerung der Einzelkörper geltend, während (siehe Tabelle 1) ungefähr ein Drittel des Bodens durch die Verkittung über die 2-mm-

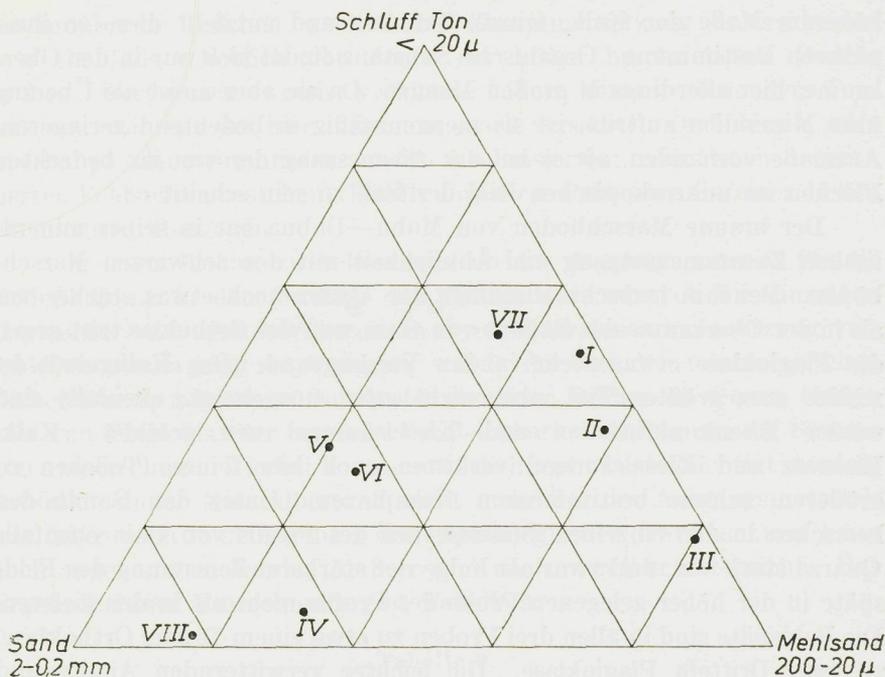


Abb. 3. Die Korngrößen der Böden des Tschadgebietes.

Grenze in die Kieskorngröße gelangt. Der Boden von Sora Laka stellt den Typ eines reinen Sandbodens dar, der kaum noch feinere Bestandteile und nur noch wenig Mehlsand enthält.

Einen tieferen Einblick in die Art der Böden und die Vorgänge bei ihrer Entstehung gibt die Bestimmung ihres Mineralbestandes. In der Oberkrume des schwarzen Marschbodens finden wir besonders Quarz angereichert, da hier die Feldspäte, im Gegensatz zum höheren und tieferen Untergrund, bereits im Laufe der Verwitterung zersetzt wurden. Auch die leichter verwitternden Augite und Hornblendens finden sich dementsprechend nur noch im Untergrund. Besonders ist aber der leicht lösliche Kalk fast vollständig aus der Oberkrume herausgelöst und im Untergrund stark angereichert. In geringen Mengen enthält aber die Oberkrume doch noch etwas Kalkspat, was, wie auch das Auftreten von Gips im höheren Untergrund, auf die schon ariden Verwitterungsbedingungen des Gebietes hinweist. Eisenkonkretionen sind in der Oberkrume, ebenfalls entsprechend den Verwitterungsbedingungen, stark angereichert, während sie im Untergrund völlig zurücktreten. Besonders muß auf die Auswaschung von Kieselsäuregel bis in den tieferen Untergrund hingewiesen werden. Dieses Gel verkittet hier, wie noch in

höherem Maße der Kalk, feinste Teilchen und entzieht diese so ihrer näheren Bestimmung. Organische Substanz findet sich nur in der Oberkrume, hier allerdings in großen Mengen. Da sie aber meist als Überzug über Mineralien auftritt, ist sie mengenmäßig in bedeutend geringerem Ausmaße vorhanden, als es bei der Ausmessung der von ihr bedeckten Flächen im mikroskopischen Bild der Fall zu sein scheint.

Der braune Marschboden von Mobu—Dabna hat in seiner mineralischen Zusammensetzung viel Ähnlichkeit mit den schwarzen Marschböden. Bei ihm herrscht allerdings der Quarz noch etwas stärker vor als in der Oberkrume des Bodens von Gaia, und der Orthoklas tritt gegen die Plagioklase etwas mehr in den Vordergrund. Der Kalkgehalt ist wieder zum größten Teil, aber nicht ganz, ausgelaugt; ebenfalls sind wieder Eisenkonkretionen und Kieselsäuregel neu gebildet. Kalk, Eisenerz und Kieselsäuregel verkitten auch hier feinere Teilchen zu größeren, schwer bestimmbareren Komplexen. Unter den Sandböden herrschen in den einzelnen Bodenproben des Profils von Gaia ebenfalls Quarze stark vor, und zwar als Folge der stärkeren Zersetzung der Feldspäte in der höher gelegenen Probe des Profils mehr als in den tieferen. Die Feldspäte sind in allen drei Proben zu etwa einem Drittel Orthoklase, zu zwei Dritteln Plagioklase. Die leichter verwitternden Augite und Biotite treten nur in den tiefer gelegenen Proben auf, während der Kalkspat und besonders auffällig auch die Eisenkonkretionen in allen drei Proben ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Dies steht im Gegensatz mit der Verteilung der Eisenkonkretionen im schwarzen⁵ Marschboden, wo sie in der Oberkrume angereichert waren und ist wahrscheinlich unter anderem auch besonders auf die leichtere Beweglichkeit des Wassers in den Sandböden zurückzuführen. Auch die nur in geringen Mengen auftretende organische Substanz ist bei diesen Sandböden vermutlich aus denselben Gründen ziemlich gleichmäßig über das ganze Profil verteilt. Kieselsäuregel findet sich in den Sandböden in größerer Menge als in den bisher untersuchten Bodenproben, und zwar auch schon in der höheren Probe. Man muß daher wohl schließen, daß der ursprünglich vorhanden gewesene Feldspatgehalt hier stärker zersetzt wurde als in den anderen Proben, was wohl ebenfalls mit der größeren Beweglichkeit des Wassers in ihnen zusammenhängt. In den tieferen Horizonten ist auch hier wieder die größere Menge Kieselsäuregel vorhanden.

Der Sandboden von Sora Laka unterscheidet sich von den Sanden von Gaia grundsätzlich durch seinen viel höheren Gehalt an Orthoklas. Auch sein Plagioklasgehalt übertrifft noch den an Quarz beträchtlich. Kalkspat ist wieder, wie auch Kieselsäuregel, in kleinen Mengen vorhanden; Eisenkonkretionen treten dagegen stark zurück. Die schwer

bestimmbaren Teilchen wechselnder Zusammensetzung unterscheiden sich ebenfalls erheblich von denen der bisher beschriebenen Bodenproben. Dort waren es meist verkittete feinere Mineral-, besonders Ton- teilchen, während sie hier meist aus stark zersetzten Orthoklasen oder überhaupt unbestimmbaren, meist kaolinisierten, aber auch seriziti- sierten Feldspäten bestehen. Häufig sind diese Feldspäte mit einer dicken Eisenkruste überzogen.

Um einen Anhalt zu bekommen, ob das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung in den Profilen das gleiche war, oder ob die einzelnen Horizonte schon von vornherein in ihrer Mineralzusammensetzung verschieden zusammengesetzt waren, wurde der bei der mineralogischen Untersuchung gefundene Gehalt der einzelnen Proben an Quarz, Ortho- klas und Plagioklas der besseren Vergleichbarkeit halber auf die Summe 100 umgerechnet. Hierbei konnte natürlich nicht berücksichtigt werden, daß auch dieser Mineralbestand nicht mehr der des Ausgangsmaterials war, aber nach dem Ergebnis der mineralogischen Untersuchung kann doch angenommen werden, daß er ihm noch ungefähr entspricht. Das Ergebnis dieser Umrechnung gibt Tabelle 9.

Tabelle 9.
Auf 100 berechneter Gehalt der Böden an Quarz,
Orthoklas und Plagioklas.

Probe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Quarz	90	51	49	77	80	80	71	27
Orthoklas	1	9	8	7	6	6	8	46
Plagioklas	9	40	43	16	14	14	21	27

Einen klaren Überblick über die Zusammenhänge der ungefähren Zusammensetzung des Ausgangsmaterials der Bodenbildung gibt die Dreiecksprojektion der Abb. 4. Als Eckpunkt des Dreiecks wurden die drei Mineralien Quarz, Orthoklas und Plagioklas genommen. Deutlich ist zu erkennen, daß die beiden Untergrundsproben der schwarzen Marschböden fast dieselbe Zusammensetzung haben. Die Oberkrume zeigt dagegen die starke Anreicherung von Quarz als Folge der Verwitterung der Feldspäte. Der Projektionspunkt des braunen Marschbodens zeigt das starke Vorherrschen des Quarzes vor Plagioklas und besonders gegenüber dem Orthoklas. Bei den Sandböden von Gaia zeigt der Projektionspunkt des höheren Bodenhorizontes (IV) einen größeren Feldspatgehalt an als der der tiefer gelegenen (V). Dies deutet auf Ungleichmäßigkeiten in der Ausgangssubstanz des Bodenprofils hin.

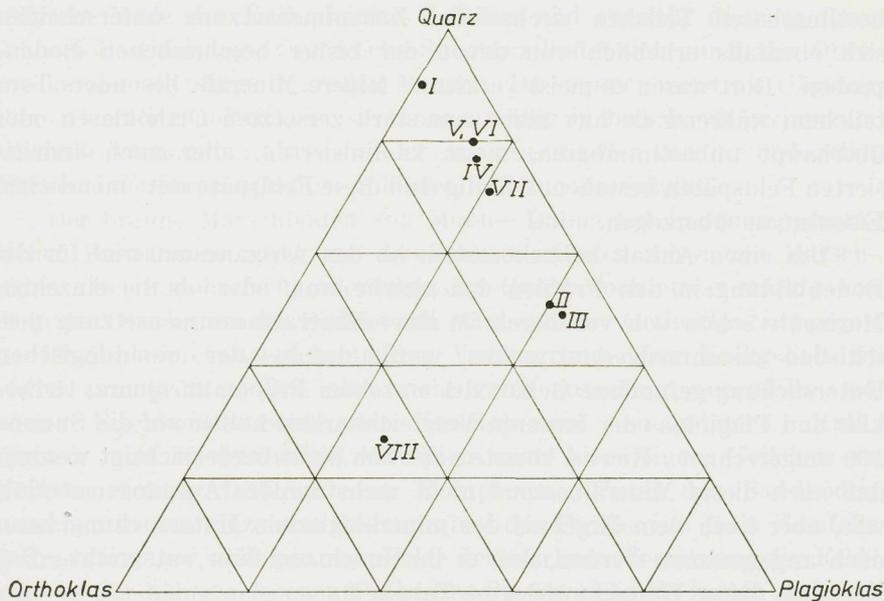


Abb. 4. Der Quarz-Feldspatgehalt der Böden des Tschadgebietes.

Die Projektionspunkte des tiefer gelegenen Horizontes fallen bei verkitteter und unverkitteter Substanz genau auf dieselbe Stelle. Die Sonderstellung des Sandes von Sora Laka ist durch das Heranrücken seines Projektionspunktes an die Feldspatlinie Orthoklas—Plagioklas gekennzeichnet.

Die chemische Analyse zeigt natürlich erhebliche Unterschiede zwischen den Marschböden und den Sandböden. So ist schon der Gehalt an löslichem Al_2O_3 bei den Marschböden ziemlich hoch, und zwar in der Oberkrume am höchsten, während er bei den Sandböden bedeutend niedriger ist und zwischen Untergrund und Oberkrume keine großen Unterschiede bestehen. Auch der Gehalt an Fe_2O_3 , CaO und MgO ist im allgemeinen bei den Marschböden höher als bei den Sanden. Bei K_2O und P_2O_5 sind die Unterschiede weniger auffällig, während bei der CO_2 anscheinend die Sande den größeren Gehalt haben. Letztere Tatsache kann aber bei der leichten Wanderungsfähigkeit der Karbonate ebensogut Zufall sein, da ja nur wenige Proben untersucht wurden. Außerdem ist die Karbonatführung, wie aus den chemischen Analysen der Bodenprofile von Dikoa und Gaia hervorgeht, stark von der Tiefe der Entnahmestelle der Bodenprobe im Profil abhängig. In ihrem Humusgehalt unterscheiden sich die Sandböden und die Marschböden kaum voneinander, was wohl ebenfalls auf Zufälligkeiten der Probenahme

zurückzuführen ist. Der Stickstoffgehalt aller Proben ist sehr gering. Besonders muß auf die sehr großen Mengen von löslicher Kieselsäure hingewiesen werden, die in allen Proben enthalten sind. Interessant ist, daß die Menge der löslichen Kieselsäure im Profil des Marschbodens von Dikoa von unten nach oben zunimmt, während sie im Sandboden von Gaia in derselben Richtung abnimmt. Möglicherweise hängt dies damit zusammen, daß die Marschböden Alluvial-, die Sandböden Eluvialböden sind.

Die vorliegende Arbeit hatte den Zweck, Anhaltspunkte für die Entstehung und im Anschluß daran für die Bewertung der verschiedenartigen Böden des Tschad-Gebietes zu geben, soweit das bei der geringen Anzahl der vorliegenden Proben und bei der Art ihrer Entnahme möglich war. Besonders wurde dabei die mineralogische Untersuchung der einzelnen Proben herangezogen, da sie im Verein mit der chemischen Analyse mir besonders geeignet schien, dieses Ziel zu erreichen. [19]

Polarographische Charakteristik der klimatogenen Bodentypen.

Von

A. Okáč und L. Smolík.

Publikation PS 228 der Bodenkundlichen Sektion
der landwirtschaftlichen Landesforschungsanstalten in Brünn.

Eingegangen: 28. März 1944.

Die von J. Heyrovský(1) entdeckte und durchgearbeitete Polarographie hat sich in ihrer 20jährigen Entwicklung auf verschiedensten Fachgebieten sehr gut bewährt. Die Objektivität und die Einfachheit der Methode erlauben neuartiges Lösen von vielen Problemen, die der chemischen Analyse nur schwierig zugänglich waren. Wenn wir dazu die höchste, nur mit Spektralanalyse vergleichbare Empfindlichkeit und die quantitative Genauigkeit zufügen können, ist die Bedeutung der Methode für verschiedene Spezialaufgaben der chemischen Analyse gegeben.

Es ist uns klar, daß die Bodenkunde bedeutende Fortschritte beim Lösen von vielen wissenschaftlichen sowie praktischen Problemen, die mit der chemischen Analyse verbunden sind, auf der polarographischen Grundlage machen kann. Bisher haben M. TokuoKa und J. Růžička(2) die Hymatomelansäure in Torfen polarographisch bestimmt, während die Humussäure sich als polarographisch unwirksam zeigte. G. Hövker(3) versuchte, in seiner Dissertation geeignete Aziditätsbedingungen für die Eisen- und Aluminiumbestimmung in Tonen zu finden, H. G. Petering, F. Daniels(4) und S. Karsten(5) versuchten, polarographisch Sauerstoff in Böden auf Grund der Untersuchungen von V. Víték(6) zu bestimmen. L. Mainzhausen(7) bestimmte Alkalien und Kalzium in den Elektroultrafiltraten basenarmer Waldböden. Das alles sind polarographische Arbeiten, die man in der bodenkundlichen Literatur finden kann.

Die Polarographie könnte aber eine viel größere Bedeutung in der Pedogenetik haben. Schon die Tatsache, daß man auf einem und demselben Polarogramm einen bestimmten Bodenbestandteil in einzelnen genetischen Profilhorizonten bildlich und quantitativ verfolgen kann, stellt einen unzweifelhaften Vorzug der Methode dar. Besonders bei

latenten Bodentypen, bei denen eine direkte Klassifikation schwierig ist, kann man im Laboratorium mit Hilfe von Polarographen gute Resultate erhalten.

Betrachten wir zuerst ein einfaches Beispiel von Wasserextrakten verschiedener Horizonte eines Profils. Je nach der Löslichkeit der Bodenbestandteile in einzelnen Schichten wird die Leitfähigkeit solcher Lösungen verschieden sein. Bei der einfachen kathodischen Polarisation unter Luftzutritt können wir die Elektrolytmenge dieser Wasserextrakte abschätzen. Die Form und Höhe des Sauerstoffmaximums sowie die Lage im Polarogramm sind von der relativen Konzentration des Elektrolyten und von der Anwesenheit von negativen Kolloiden bzw. von oberflächlich aktiven Stoffen abhängig. In reiner Kaliumchloridlösung ist nach E. Varasova(8) das Sauerstoffmaximum am höchsten bei einer optimalen Kaliumchloridkonzentration, die einer 0,0026 nKCl-Lösung entspricht. In sehr verdünnten wässrigen Bodenextrakten erreichen wir regelmäßig nicht die optimalen Elektrolytkonzentrationen, so daß wir aus der Erniedrigung des Sauerstoffmaximums auf die Anwesenheit von negativen Kolloiden schließen können. Dies ist meistens der Fall in den obersten Profilhorizonten.

Nach mehreren Versuchen haben wir ein einheitliches Verfahren zur Vorbereitung von verdünnten Wasserextrakten der einzelnen Bodenschichten gewählt, das vergleichbare Ergebnisse bei verschiedenen Bodenprofilen ergab:

Zu 2,0 g genau abgewogener Feinerde (2 mm) wurde in einer Selterflasche 200 cm³ destilliertes Wasser zugefügt, das Gemisch kurz durchgeschüttelt und auf der Schüttelmaschine mit 120 Dreh/Min. mechanisch eine Stunde lang geschüttelt. Die Temperatur bei diesen Extraktionen wurde in den Grenzen 19—21° C gehalten. Nach einer Stunde Schütteln und 10 Minuten Stehenlassen wurde mit einer Pipette 10 cm³ des getrübbten Wasserextraktes aus der mittleren Flüssigkeitsschicht aufgenommen und 5 Minuten lang bei 3000 Dreh/Min. zentrifugiert. Die schwach opalisierende Lösung über dem Niederschlag wurde in ein elektrolytisches Gefäß übergossen und von 0—4 Volt mit einer ständigen Galvanometerempfindlichkeit 1 : 200 polarographiert.

Unter diesen Bedingungen konnten wir vergleichbare und gut reproduzierbare Polarogramme der einzelnen Bodenprofile erhalten.

Es ist nicht Voraussetzung, daß die angegebenen Arbeitsbedingungen nicht geändert werden könnten. Die Hauptsache aber ist, ständig unter denselben Bedingungen zu arbeiten. Das von uns verfolgte Verfahren hat sich für alle von uns studierten Profile gut bewährt. Dabei haben wir mit lufttrockenen Feinerden gearbeitet. Es versteht sich von selbst, daß

der natürliche physikalisch-chemische Zustand durch Austrocknen geändert wird und daß dies besonders die Bodenkolloide betrifft.

Die Abbildungen zeigen die Polarogramme der Wasserextrakte von Bodenprofilen, die so angeordnet sind, daß die oberste Kurve der obersten Bodenschicht entspricht. Dann folgen die unteren Bodenschichten nacheinander bis zu der tiefsten, die als unterste Kurve im Polarogramm angezeichnet ist.

Polarogramm No. 1 entspricht einer Schwarzerde vom Bezirke Ung. Ostra, Sonde 59, die im Diluvium in einem Lößgebiet entstanden ist.

Die Tiefe der Schichten:

- 10—20 cm A'
- 30—40 cm A''
- 50—60 cm A'''
- 70—80 cm A'''' — C'
- 90—100 cm C''
- 120—130 cm C'''
- 140—150 cm C''''.

Die Schichten dieses Profils in der Tiefe von 40 cm wiesen eine körnige Struktur auf. In chemischer Hinsicht (nach dem Auslaugen mit heißer 20% HCl) sind Fe_2O_3 und Al_2O_3 im Profil praktisch nicht in vertikale Bewegung gekommen. CaCO_3 bildet auf der Grenze zwischen C' und C'' einen ausgeprägten Karbonathorizont. Es handelt sich um einen jungfräulichen Boden.

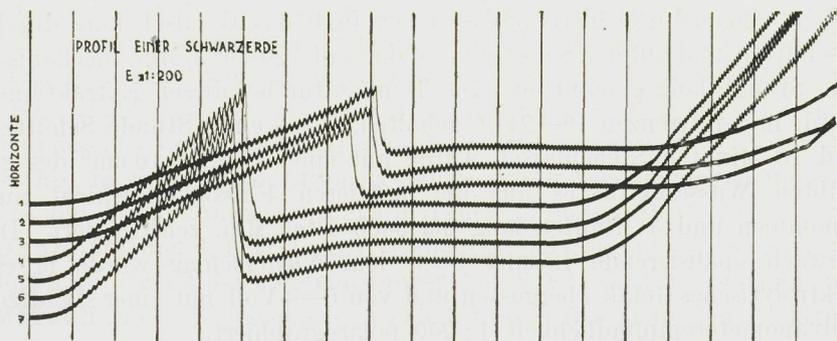


Abb. 1.

Das Polarogramm läßt deutlich erkennen, daß die oberen drei Schichten sehr ähnlich sind, und die Lage des Sauerstoffmaximums in der Nähe der achten Ordinate (á 0,2 V) kennzeichnet die ausgelaugte Elektrolytkonzentration. Die unteren untereinander ähnlichen Schichten unterscheiden sich auffallend von den oberen Schichten, und die Lage

der hohen Sauerstoffmaxima in der Nähe der fünften Ordinate deutet einen höheren Gehalt der wasserlöslichen Elektrolyte an. Ähnliche Abhängigkeiten lassen sich aus den aufsteigenden Kurvenendteilen erkennen.

Trotzdem es sich um einen Boden von der Bedeutung der Schwarzerde handelt, zeigt das Polarogramm, daß A'—A''' im Laufe seiner Genese lösliche Salze eingebüßt hat, so daß es sich um elluviale Schichten handelt. Der Horizont A'''' ist im Übergang zu C, der reicher an denselben Salzen ist. Die obersten ausdrückvollen A'—A''' unterscheiden sich offensichtlich von C—C'''. Auch A' unterscheidet sich von anderen nahen A' und A''' dadurch, daß sie auf der ersten Stelle ist.

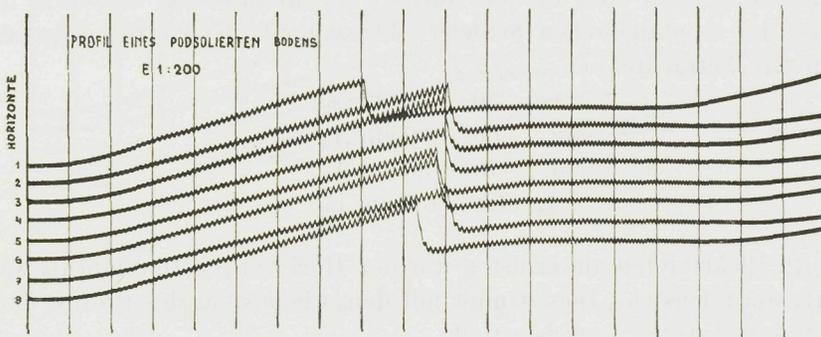


Abb. 2.

Einen wesentlichen Unterschied beobachtet man bei podsolierten Böden. Polarogramm Nr. 2 zeigt die Kurven der Schichten eines podsolierten Bodens, und zwar von Hohenstadt, der am Diluvium im Gebiet des grauen Gneißes entstanden ist. Im Terrain wurde das Profil als ein latenter Podsolboden klassifiziert. Die Bodenproben wurden aus folgenden Tiefen entnommen:

1. 10—20 cm A₁
2. 30—40 cm A₂
3. 50—60 cm B₁
4. 70—80 cm B₂
5. 90—100 cm B₃
6. 110—120 cm B₄
7. 130—140 cm B₄ — C₁
8. 150—160 cm C₂

In Bezug darauf, daß es sich um ein Kulturgrundstück handelte, kann der Horizont A₁, der an Elektrolyten am reichsten ist, nicht ernster angesehen werden. Interessant ist zu bemerken, daß sein Gehalt an

kolloiden Stoffen groß ist, was nicht ganz mit dem vertikalen Dynamismus dieses Bodentypus übereinstimmt.

Die anderen Kurven, diejenige ausgenommen, die die genannte Gebirgsart darstellt, drücken gut die Latenz des Profils aus. Die illuvialen Schichten (Kurven 3, 4, 5, 6) zeigen, wenn auch nicht deutlich, das Verschieben des O-Maximums nach links, was im Einklang mit der Genesis dieser Schichten steht.

Eine ähnliche nur in Details der Schichten verschiedene Charakteristik finden wir in Abb. 3 (die einem anderen podsolierten Boden gehört).

Das Polarogramm zeigt das im Terrain nach den äußeren Merkmalen (Struktur und Farbe) klassifizierte Profil als schwach podsoliert (der Entwicklung nach älter als das obere). Es entstand am Diluvium im Gebiet der amphibolischen Schiefer (Jägerndorf). Es wurden folgende Horizonte betrachtet:

1. 30—40 cm A_2'
2. 50—60 cm A_2
3. 70—80 cm A_3
4. 120—130 cm B_2

An Elektrolyten am ärmsten war der Horizont A_3 , Illuvium B_2 war relativ am reichsten. Dies stimmt mit dem Chemismus des Profils, dem zeolithischen Anteil nach beurteilt.

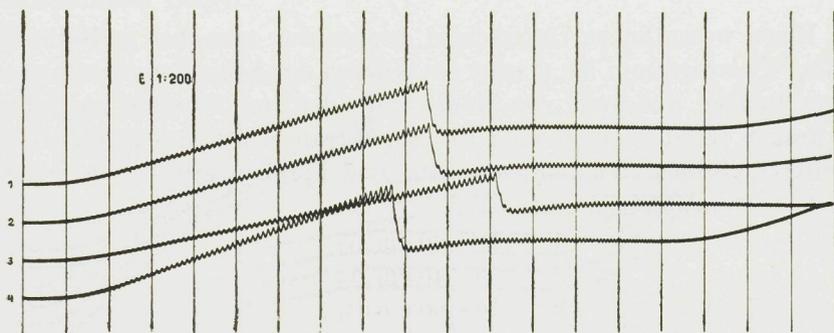


Abb. 3.

Die Polarogramme werden höchstwahrscheinlich unter diesen Bedingungen zur Untergruppierung der podsolierten Böden führen.

Auf dem Polarogramm Nr. 4 sehen wir wieder die Charakteristik eines anderen Podsolbodens, und zwar von Teschen. Dieser Podsol entstand am Diluvium im Teschener Gebiet (Schiefer).

Die Tiefen der einzelnen Schichten:

1. 0— 10 cm A_1
2. 20— 30 cm $A_1 - A_2'$
3. 40— 50 cm A_2
4. 60— 70 cm A_3
5. 100—120 cm B_2

Das Polarogramm No. 4 zeigt das fortgeschrittene Stadium der Podsolisation. Besonders gut ist der Horizont B_2 dargestellt.

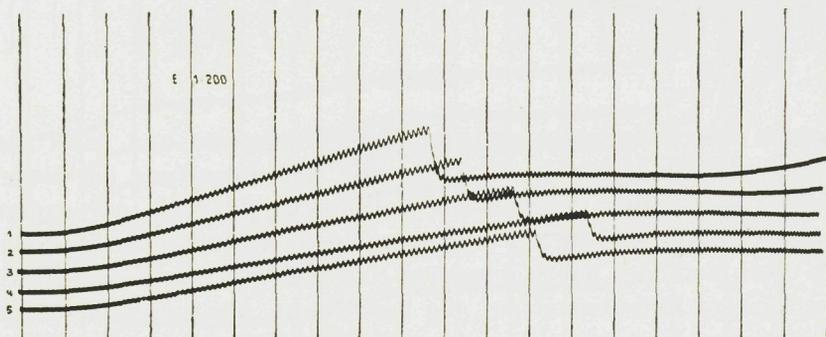


Abb. 4.

Der Podsolboden in der Abb. 5 stellt einen der elektrolytärmsten von uns untersuchten Profile dar.

Dieser Podsol ist bei Freudenthal im feuchten Klima, und zwar am Diluvium im Gebiet der Kulmschiefer und Grauwacke entstanden (Grauwacke des Kulm).

Die Tiefe der Schichten:

1. 10— 20 cm A_1
2. 30— 40 cm A_1'
3. 50— 60 cm A_2'
4. 70— 80 cm A_2
5. 110—115 cm B_2

Eine sehr charakteristische Kurve ist die Kurve Nr. 4 — ein ausgeprägtes großes und außerordentlich tiefes (für unsere Verhältnisse) Elluvium A_2 .

Diese Schicht im Terrain war ganz ausgebleicht, mit Kieselsäurestaub bedeckt. Praktisch wurde durch Wasser aus dieser Schicht nichts ausgelaugt. Das Bild zeigt, welcher Grad der Podsolisation erreicht werden kann.

Bevor wir die Einzelheiten berühren, müssen wir die Hauptbedeutung dieser polarographischen Studien hervorheben. Wir be-

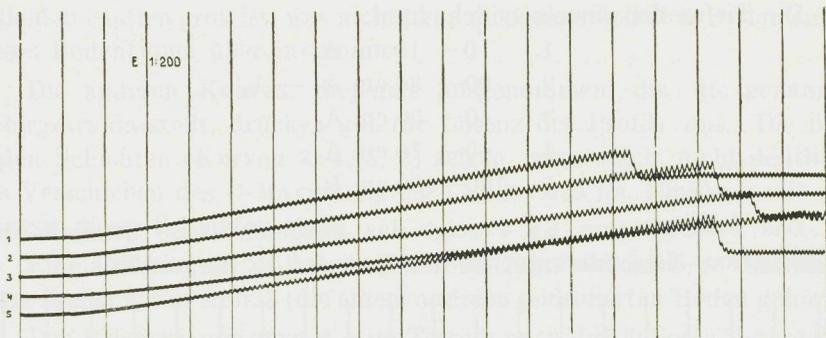


Abb. 5.

trachten dieses Verfahren als eine einfache, elegante und dabei ganz objektive Methode für die Charakteristik und Bewertung der Bodenprofile. Es ist zwar möglich, eine solche Charakteristik auf anderen Voraussetzungen und auch in polarographischer Ausführung aufzustellen. Alle diese Methoden haben folgenden Nachteil. Sie weisen eine größere oder kleinere Einseitigkeit auf, die bestrebt ist, alle natürlichen Übergänge in irgendeine künstlich aufgestellte Übersicht einzureihen. Unsere Methode hat den Vorzug, daß sie bildlich und anschaulich die Unterschiede einzelner pedogenetischer Schichten der ganzen Profile darstellt.

Die Konzentrationen der wässerigen in den Polarogrammen Nr. 1—5 eingezeichneten Bodenauszüge sind sehr gering und in ihren Unterschieden nur mit Empfindlichkeit der Polarographie erfaßbar. Durch Vergleichsversuche mit sehr verdünnten KCl-Lösungen wurde festgestellt, daß die Elektrolytkonzentration auf dem Polarogramm Nr. 1 einer 10^{-3} und 10^{-4} norm. KCl-Lösung entspricht. Auf dem Polarogramm Nr. 3 handelt es sich um Konzentrationen des Ordens 10^{-5} norm., auf dem Polarogramm Nr. 5 sind die Elektrolytkonzentrationen so klein, daß die Lösungen sich nur wenig vom verwendeten destillierten Wasser unterscheiden.

Zum Vergleich müssen wir erwähnen, daß unser dest. Wasser am häufigsten ein kleines Sauerstoffmaximum zwischen der 17. und 18. Abszisse aufweist. Redestilliertes Wasser, das einige Monate im Glasgefäß stand, hatte eine Elektrolytkonzentration von 10^{-4} norm. Dieses ist durch Glasauslaugen und Kohlensäurewirkung begreiflich, und es ist bei unseren Versuchen erforderlich, das verwendete destillierte Wasser immer auf den Elektrolytgehalt polarographisch zu prüfen. Daraus folgt, daß sich die alten, schon ausgelaugten Glasgefäße mit ihren winzigen Elektrolytkonzentrationen für diese Arbeiten besser eignen.

Zum Zwecke der Bodencharakteristik ist den verdünnten Wasserauszügen vor den konzentrierten der Vorzug zu geben, denn die ersten Lösungen nähern sich mehr den natürlichen Wasserzuständen im Boden. Polarogramm Nr. 6 zeigt uns gesättigtere Wasserauszüge von 6 Schichten der oben angeführten Schwarzerde, die durch Schütteln von 20 g Fein-erde mit 40 cm³ Wasser bereitet wurden.

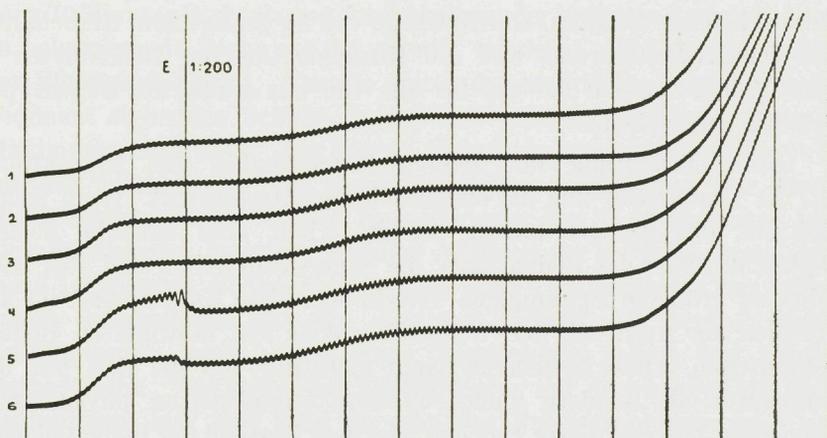


Abb. 6.

Auf dem Polarogramm Nr. 7 sind die in ähnlicher Weise vorbereiteten Wasserauszüge eines podsolierten Bodens angegeben.

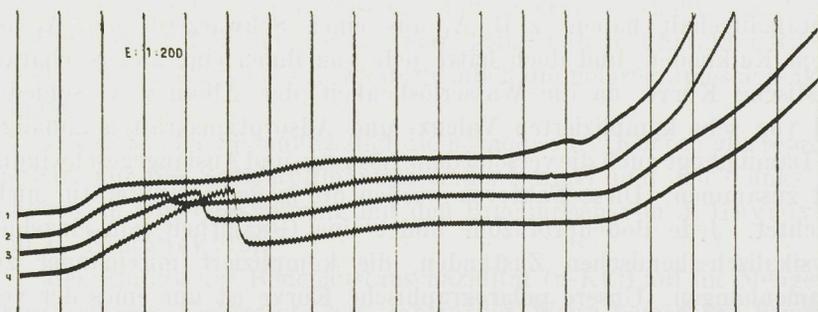


Abb. 7.

Durch Vergleich der entsprechenden Polarogramme ersehen wir, daß in gesättigten Lösungen der Gehalt der kolloidalen und oberflächlich aktiven Stoffe eine sehr wichtige Rolle spielt, und nur die Reihenfolgen der Sauerstoffmaxima prinzipiell unverändert bleiben.

Während die verdünnten Bodenauszüge die Unterschiede einer großen Anzahl der Bodentypen zu erfassen erlauben und die Untergruppen zu erkennen ermöglichen, sind die gesättigten Wasserauszüge selbständig für jeden Bodentyp zu studieren. Aus diesem Grunde haben wir verdünnte Lösungen beim Verhältnis des Bodens zum Wasser 5 : 200 gewählt. Man kann auch andere Verhältnisse in Anspruch nehmen, und unter strengem Einhalten von sonstigen Versuchsbedingungen reproduzierbare Kurven erhalten. Die Einwaage von 5g genügt zum Einbehalten einer Durchschnittsprobe, und die Konzentration des Elektrolyten in einem Volum von 200 cm³ war für alle von uns studierten Bodentypen vorläufig ausreichend.

Große Bedeutung für diese Arbeiten haben die Extraktionszeit, die Temperatur und die einheitliche Schüttelungsart. Beim Handschütteln, das weniger kräftig erfolgt, erhält man ähnliche polarographische Bilder der Bodentypen, die Sauerstoffmaxima sind aber nach rechts zu größeren Spannungen verschoben. Die Kurven sind im allgemeinen ein Ausdruck der Wasserlöslichkeit von bestimmten Bodenbestandteilen. Diese Löslichkeit hängt nicht nur von der Zeit und der Temperatur ab, sondern auch von dem komplizierten physikalisch-chemischen Zustand dieser Teilchen, von dem Zustand der Bodenteilchen. Die Kurven der einzelnen Schichten entsprechen also nicht nur dem gesamten Gehalt der löslichen Elektrolyte, sondern stellen auch einen Ausdruck der statistisch dynamischen Bodenfähigkeit, die Elektrolyte freizugeben, dar.

Wir können zwei ähnliche Bodenschichten mit demselben Gesamtalkaligehalt haben, z. B. A₁ aus einer Schwarzerde und A₁ aus einem Kalkboden, und doch hätte jede von ihnen eine andere charakteristische Kurve, da die Wasserlöslichkeit der Alkalien verschieden und von sehr komplizierten Valenz- und Adsorptionskräften abhängig ist. Damit hängt auch die verschiedene Lösungs- und Auslaugeschwindigkeit zusammen. Diese Faktoren werden oft in der Fachliteratur nicht beachtet. Jede Bodenprofilzone bildet eine Gesamtheit von einzelnen physikalisch-chemischen Zuständen, die kompliziert miteinander zusammenhängen. Unsere polarographische Kurve ist nur eines der verschiedenen charakteristischen Kennzeichen dieser Gesamtheit. Ein ähnliches Kennzeichen ist z. B. der neue von V. Ulehla und T. Martinec(9) eingeführte Begriff „Dämpfungsvermögen“. Dieser Begriff ist beim Lösen von verschiedenen Bodenbestandteilen in Säuren und beim zeitlichen Verfolgen der Neutralisationstitrations solcher komplizierten Systeme gut verständlich.

Die Abhängigkeit unserer Kurven von dem zeitlichen Auslaugungsverlauf läßt sich beweisen. Wenn man nach 10 Tagen Stehenlassen die verdünnten Lösungen des ganzen Systems wieder aufnimmt und polarographiert, sind die Sauerstoffmaxima je nach der Schichtenbeschaffenheit mehr oder weniger nach links in der Richtung der kleineren Spannungen verschoben. Kleine vernachlässigte Unterschiede in der Lage der Sauerstoffmaxima erhält man nur, wenn man nach dem Durchschütteln und nach 10 Minuten Stehenlassen (zum Absitzen der größeren Bestandteile) die zu polarisierende Probe aus der oberen, mittleren oder unteren Schicht der Flüssigkeit nimmt. Nur die Kurve der niedrigsten, dicht über dem Sediment stehenden Schicht zeigte eine sehr kleine Verschiebung des Maximums nach links. Aus diesem Grunde haben wir immer die Probe aus der mittleren Schicht unter konstanter Versenkung der Pipette abgenommen. Dabei ist das Zentrifugieren der Wasserextrakte keine Grundbedingung, da man nach dem Absitzen der größeren Bestandteile (nach 10 Minuten, Sedimentationshöhe etwa 5 cm) auch mit den trüben, feinen Suspensionen aus der mittleren Schicht gut reproduzierbare Polarogramme erhält. Die feinen Dispersionen stören den Kurvenverlauf nicht. Wir haben das Zentrifugieren nur darum gewählt, da die Zentrifugate klar sind, und da man das Polarographieren auch nach mehreren Stunden Stehenlassen der Extrakte auf der Quecksilberoberfläche einwandfrei wiederholen kann.

Es bleibt uns nur die Frage übrig, was das in Lösung übergehende Elektrolyt vorstellt. Unserer Vermutung nach handelt es sich hauptsächlich um die Salze der Alkalien (bzw. NH_4 -Salze) und um die Salze alkalischer Erden. Bei anodischen und anodisch-kathodischen Polarisierungen dieser Lösungen erhält man keine nähere Charakteristik der Elektrolyte. Es handelt sich wahrscheinlich um polarographisch inaktive Anione.

Bei sinkender Spannung sind die kathodischen Kurven gut reproduzierbar, nur die Sauerstoffmaxima sind niedriger und nach links verschoben, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von J. Heyrovský und R. Šimůnek (10).

Der Einfluß der Bodenaustauschazidität ($n\text{-KCl}$) auf die Menge der extrahierbaren Elektrolyte hat sich in der Weise bemerkbar gemacht, daß mit steigender Azidität die Extrakte im allgemeinen ärmer und die Sauerstoffmaxima zur größeren Spannung verschoben wurden, was für die Bewertung des Entwicklungsstadiums der klimatogenen Typen sehr wichtig ist. Die kalkhaltigen Bodenproben unterschieden sich von den kalkarmen durch einen erhöhten Elektrolytgehalt. Bei den kalkhaltigen Proben mit 1—6% CaCO_3 wurde aber kein Unterschied gefunden.

Wir haben sehr oft bei der Prüfung von Ackerkrumen und oberen Profilschichten beobachtet, daß die Höhe der Sauerstoffmaxima ihrer Lage nicht entsprach. Regelmäßig waren diese Maxima niedriger. Das hängt, wie wir schon früher erwähnt haben, mit dem Gehalt der negativen Kolloide und oberflächlich aktiven, meistens hochmolekularen Stoffen zusammen. Bei konzentrierten Extrakten ist dieser Einfluß ein überwiegender. Da die Kolloide einen sehr wichtigen Bodenbestandteil vorstellen, haben wir uns auch bemüht auf dieser Tatsache die Bodencharakteristik aufzustellen. Wir haben aber keine verwendbaren Resultate erhalten, da das Problem der Bodenkolloide zu kompliziert ist. Wenn wir zu einer n/500-KCl-Lösung immer größere Mengen der wässrigen Bodenextrakte zugefügt haben, haben wir eine fortschreitende Maximumerniedrigung beobachtet. Diese Erniedrigung war größer bei oberen Profilschichten als bei den tieferen, auch größer bei der Schwarzerde als bei den podsoliierten Böden. Wir waren aber nicht imstande, die Gesetzmäßigkeiten dieser Erscheinung in einfacher, für unsere Zwecke verwendbarer Form zu erfassen.

Herr Prof. Dr. V. Morávek hat uns seinen Polarographen und sein Laboratorium im Krankenhaus freundlichst zur Verfügung gestellt. Es ist unsere angenehme Pflicht, ihm unseren herzlichsten Dank an dieser Stelle auszusprechen.

Schrifttum.

1. Die neueste zusammenfassende Abhandlung im Buche von J. Heyrovský, Polarographie, Springer 1941.
2. Tokuoka, M., und J. Růžička: Polarographische Untersuchung über die Humus-säure, Hymatomelansäure und Torf mittels der tropfenden Quecksilberkathode. Z. f. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkd., Abt. A, Berlin; **35**, 79, 1934.
3. Hövker, G. Dissertation, Hamburg 1938.
4. Petering, H. G., und F. Daniels. I. Amer. chem. Soc. **60**, 2796 (1938).
5. Karsten, S. Am. I. Bot. **25**, 14 (1938).
6. Víték, V. Collection of Czech. Chem. Communic. **7**, 537 (1935).
7. Mainzhausen, L.: Die polarographische Bestimmung der Alkalien und des Kalziums in den Elektroultrafiltraten basenarmer Waldböden. Bodenkunde u. Pflanzenernähr., Berlin, **14**, 290 (1939).
8. Varasova, E. Collection of Czech. Chem. Communic. **2**, 8 (1930).
9. Ulehla, V. und T. Martinec. Sborník č. Akademie zeměděl. **12**, 100, 156, 173 (1937); T. Martinec, Planta **27**, 334 (1937).
10. Heyrovský, J. und R. Šimůnek.) Philos. Mag. I. Sci. **7**, 951 (1929).

[20]

Neuere Richtlinien der sachgemäßen Bodenbearbeitung.

Von

L. von Kreybig,

Leiter der Bodenkundlichen Abteilung der kgl. ung. Geologischen Anstalt,
Budapest.

Eingegangen: 27. April 1944.

Im nachstehenden möchte ich die Aufmerksamkeit der landwirtschaftlichen Wissenschaft und Praxis auf einige neuere Wahrnehmungen lenken, die dazu geeignet erscheinen, bezüglich der Bestimmung der den gegebenen Naturverhältnissen (Witterung und Boden) am besten entsprechenden Bodenbearbeitungsarten sachgemäße Grundlagen zu geben.

Der Zweck jedweder Bodenbearbeitungsart und besonders der Behackung ist die Erfüllung aller jener Bedingungen, welche die möglichst rasche und vollkommene Entwicklung der biologischen Bodengare sichern, da das beste und gesündeste Gedeihen der Pflanzen — und ganz besonders der Hackfrüchte — im Freilande hauptsächlich durch einen biologisch garen Boden gesichert wird.

Die Faktoren der gesicherten und richtigen Entstehung der biologischen Bodengare sind außer den hierfür entsprechenden chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften bestentsprechender Feuchtigkeits- und Luftgehalt des Bodens, sowie die Bereitstellung der für die Ernährung der Bodenlebewesen notwendigen organischen und anorganischen Nährstoffe und die Wärme.

Die Bodeneigenschaften können wir durch entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahmen, die Feuchtigkeits-, Wärme- und Luftverhältnisse durch sachgemäße Bodenbearbeitung und die notwendigen organischen und anorganischen Nährstoffe durch Zufuhr der organischen und anorganischen Düngemittel entsprechender Qualität sichern.

Bei der Auswahl der bestentsprechendsten Bodenbearbeitungsart spielen folgende Faktoren eine Rolle:

1. die Wasserwirtschaftseigenschaften des Bodens,
2. die Witterungsverhältnisse,
3. die Verunkrautungszustände,
4. die physiologischen Eigenschaften und Bedürfnisse der angebauten oder anzubauenden Pflanze.

Meistens ist es am wichtigsten, daß durch die Bodenbearbeitung die Wasserwirtschaftseigenschaften des Bodens im Zusammenhange mit den anderen wirkenden Faktoren im Sinne der bestehenden Naturgesetze geregelt werden.

Um diesem Erfordernis entsprechen zu können, müssen wir natürlich vor allem jene Wasserwirtschafts-Naturgesetzmäßigkeiten kennen, welche im Boden und im Pflanzenbau physiologisch zur Wirkung kommen. Da die Wasserwirtschaftseigenschaften der verschiedenen Böden sehr verschieden sind, müssen wir natürlich auch diese und außerdem auch die Wärmewirtschaftseigenschaften des gegebenen Bodens kennen und berücksichtigen.

Die oft sehr großen Verschiedenheiten in den Wasser- und Wärmewirtschaftseigenschaften der Böden, welche wir durch die Bodenbearbeitung zu beeinflussen trachten, machen es ohne weiteres verständlich, daß es Bodenbearbeitungsrezepte, wie solche bisher oft angewendet oder gegeben wurden und noch gegeben werden, nicht gibt. Verschärft wird diese Tatsache noch dadurch, daß die verschiedenen Witterungsverhältnisse selbstredend ebenfalls die anzuwendende Bearbeitungsart beeinflussen, aus welchem Grunde es fernerhin sehr wichtig ist, jene Einflüsse genau zu kennen, welche die Niederschlags- und Wärmeverhältnisse auf den Boden selbst ausüben. Es können natürlich oft Fälle eintreten, bei welchen auf demselben Boden einmal das Tiefpflügen ungünstigere Resultate ergibt als das seichte, das andere Mal durch Tiefhacken Schaden entstand oder daß die Frühjahrsfurche besser entsprochen hat als die Herbstfurche usw., weil die große Zahl der wirkenden Boden- und Witterungsgegebenheiten und andere Faktoren eben die verschiedensten Ergebnisse zeitigen können.

Als einer der wichtigsten Gründe der Bodenbehackungsarbeiten wurde bisher die Hintanhaltung der Austrocknung des Bodens aus dem Grunde angeführt, weil durch das Behacken angeblich der kapillare Aufstieg des Wassers aus den tieferen Bodenschichten unterbunden werden soll und auf diese Weise der Wassergehalt der tieferen Bodenschichten den Pflanzen erhalten bleibt.

Diese Ansicht beweist sich aber bei genauerer Betrachtung der Gesetzmäßigkeiten der Wasserwirtschaft der Böden als unrichtig.

Es würde zu weit führen, wenn ich hier alle diese nunmehr größtenteils eindeutig festgestellten Gesetzmäßigkeiten wiederholen würde, und so will ich daher nur diejenigen kurz behandeln, welche zum allgemeinen Verständnis der sachgemäßen Bodenbearbeitung vom Standpunkte des Praktikers aus notwendig sind. Diese sind:

1. Das Wasser bewegt sich im Boden in allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit, wenn kein hydrostatischer Druck auf dasselbe wirkt.
2. Die Weiterbewegung des Wassers im Boden findet erst dann statt, wenn sich die einzelnen Bodenteilchen mit so viel Wasser gesättigt

haben, als es ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften entspricht. Diese Wassermenge nennen wir die minimale Wasserkapazität des Bodens, und diese ist eine für jede Bodenart zwar verschiedene, aber charakteristische Größe, welche wir mit entsprechender Genauigkeit messen können. (Für die Pflanzen nutzbar ist nur ein Teil dieser Wasserkapazität.)

3. Die kapillaren Hubkräfte kommen nur knapp über dem Grundwasserstand und nur bis zu einer solchen Höhe zur Wirkung, welche durch die Bodeneigenschaften bedingt sind.

4. Der wichtigste Grund der Wasserverluste durch Verdunstung, welche wir durch die Bodenbearbeitung hintanhalten wollen, ist die Erwärmung des Bodens sowie jene Luftbewegungen und Strömungen, welche den Feuchtigkeitsgehalts- und Wärmeausgleich in den Berührungsschichten des Bodens und der Luft herzustellen bestrebt sind.

Von der Richtigkeit derjenigen Gesetzmäßigkeiten, die ich im 1. und 2. Punkte angeführt habe, kann sich jedermann durch einen einfachen Versuch überzeugen. Wenn wir nämlich langsam aus geringer Fallhöhe Wassertropfen auf einen trockenen Boden bringen, so können wir sehen, daß diese sich in demselben ähnlich ausbreiten wie im Fließpapier von größerer Dicke.

Die kapillaren Hubkräfte des Bodens können versuchsweise entweder in mit trockenem Bodenpulver gefüllten und in einen Wasserbehälter gestellten Glasröhren oder aber in solchen größeren Bodestücken beobachtet werden, die wir auf mit Wasser weit übersättigten Sand legen. Aus den sich in 5, 20 oder aber in 100 Stunden ergebenden Steighöhen des Wassers im trockenen Boden können dann nach Vageler und Alten die endgültigen, überhaupt möglichen Steighöhen errechnet werden. Diese sind auf Grund von einer sehr großen Anzahl solcher Messungen und Rechnungen, die wir in der Kgl. Ungarischen Geologischen Anstalt vorgenommen haben, höchstens 1000 mm und bewegen sich zwischen 0 und 1000 mm. Böden mit den praktisch besten Wasserbewegungseigenschaften heben das Wasser in 5 Stunden um ungefähr 200, und endgültig um ungefähr 600 mm.

Das Maß des kapillaren Wasserhubes können wir im Freilande sowohl durch Wassergehaltsbestimmungen als auch auf subjektive Weise bestimmen. Wenn wir nämlich den Wassergehalt der ständig feuchten Bodenschicht nach der Tiefe zu fortschreitend bestimmen, so sehen wir, daß sich derselbe bis zur oberen Grenze der kapillaren Hubschicht über dem Grundwasser nur wenig ändert, um dann in der genannten Schicht

plötzlich stark anzusteigen. Dies kann auch subjektiv beurteilt werden, indem wir eine Bohrung bis zum Grundwasserstande durchführen und den Wassergehalt des Bodens durch Befühlen der entnommenen Bohrproben schätzen. Es zeigt sich in diesem Falle eindeutig, daß der Wassergehalt des Bodens in dem Kapillarsaum plötzlich sehr stark ansteigt, und daß nach der Durchdringung der dem betreffenden Boden charakteristischen kapillaren Hubschicht (also nach je 0—1000 mm) das Grundwasser erreicht wird. Die Mächtigkeit der im Freilande gefundenen Hubschicht stimmt praktisch sehr gut mit der im Laboratorium bestimmten und errechneten überein.

Die Böden speichern — auf das ich schon hingewiesen habe — eine durch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften bedingte Wassermenge, welche also der Schwerkraft widerstehend teilweise den Pflanzen zur Verfügung stehen. Im Boden kann sich also nur jene Wassermenge frei bewegen, welche größer ist als die der Wasserkapazität entsprechenden, während die der minimalen Wasserkapazität entsprechende Wassermenge nur durch die Pflanzen verbraucht, oder aber durch Erwärmung und Luftbewegung in Dampfform verlorengehen kann.

Daß sich die der minimalen Wasserkapazität entsprechende Wassermenge im Boden nicht bewegt, kann jedermann selbst beobachten, wenn er in eine Glasröhre trockenen Boden füllt, in diese nur soviel Wasser gießt als es notwendig ist, den Boden einige Zentimeter tief bis zur minimalen Wasserkapazität zu sättigen und sodann auf diese wassergesättigte Schicht denselben trockenen Boden aufschüttet. Die durch das Wasser bis zur minimalen Wasserkapazität angefeuchtete dunklere Bodenschicht bleibt durch Jahre hindurch auf derselben Stelle. Nachdem es ohne weiteres verständlich ist, daß im Freilande die die minimale Wasserkapazität überschreitenden Wassermengen nur seltener, und nur in sehr regenreichen Perioden, ferner nur kürzere Zeit im Boden vorhanden sein werden, da sie der Schwerkraft folgend in tiefere Schichten sickern oder aber verdunsten, braucht es keiner weiteren Beweise, daß die Verdunstung aus dem Boden infolge des kapillaren Wasserhubes nur an solchen Stellen stattfinden kann, auf welchen der Grundwasserstand so nahe der Oberfläche ist, als die endgültige kapillare Hubkraft des Bodens beträgt. Wenn der Grundwasserstand entsprechend tiefer liegt, aber so, daß die Pflanzenwurzeln die obere Schicht desselben noch erreichen können, so bestehen die günstigsten Verhältnisse (natürlich wenn der Grundwasserstand konstant in derselben Tiefe bleibt), da dann das Grundwasser ähnlich wie eine Untergrundbewässerungsanlage zur Wirkung kommen kann. Falls

aber der Grundwasserstand sich tiefer senkt, so hört natürlich auch die Verdunstungsmöglichkeit auf. Ich fand in Ungarn bereits einige Stellen, an welchen das Grundwasser als natürliche Untergrundbewässerung wirkt. Diese Stellen besitzen meistens auch eine sehr große natürliche Fruchtbarkeit, die sich ganz besonders dann segensreich auswirkt, wenn der Grundwasserstrom entsprechende Mengen an Nährsalzen mitführt.

In der Austrocknung des Bodens durch Verdampfung spielt daher die kapillare Wasserführung des Bodens nur ganz ausnahmsweise eine Rolle.

Der Hauptgrund der Austrocknung der obersten Bodenschichten besteht also demnach unzweifelhaft in der Erwärmung des Bodens und jener Luftbewegungen und Strömungen, welche den Feuchtigkeitsgehalts- und Wärmeausgleich in den Berührungsschichten des Bodens und der Luft herzustellen bestrebt sind.

Den wissenschaftlichen Beweis können wir durch fortgesetzte Messung der Temperaturveränderungen, des Feuchtigkeitsgehaltes, der Kohlensäure- und Salpeterbildung sowie sonstiger biologischer und bakteriologischer Veränderungen bei verschiedenen bearbeiteten Böden erbringen.

Die Messungen dieser Veränderungen — ausgenommen der Temperaturveränderungen, die A. v. Endrédy mit einem besonders hierfür konstruierten Apparat vornimmt — besorgt seit Jahren D. Fehér und A. G. Manninger.

Über die Unrichtigkeit der Ansicht, daß die Austrocknung der oberen Bodenschichten durch den kapillaren Wasseraufstieg erfolgt, kann man sich z. B. am besten zur Erntezeit des Weizens überzeugen, wenn man an dem Eckpunkte einer Weizen- und Maissaat eine Grube gräbt, welche teilweise auch über den Feldweg neben diesen Saaten hinübergreift. Die Stelle muß so ausgesucht werden, daß auf dem Feldwege kein Pflanzenbestand vorhanden ist, welcher die Feuchtigkeit des Bodens aus den tieferen Schichten unter dem Wege entzogen hat. Es kann sich jedermann schon durch einfache Besichtigung überzeugen, daß die Grube unter dem Weizenbestand bis zu jener Tiefe, bis zu der die Wurzeln eingedrungen waren, vollkommen trocken ist, während unter dem Maisbestande die Feuchtigkeit noch fast unberührt vorhanden ist. Dies ist auch selbstverständlich, da ja der Mais zur Erntezeit des Weizens nur wenig Wasser verbraucht. Am feuchtesten ist hingegen der Untergrund unter dem Feldwege, wo kein Pflanzenbestand vorhanden war, trotzdem eben auf dem Wege die Kapillarität nicht nur nicht durch Behacken wie beim Mais gestört, sondern im Gegenteil sehr stark durch das Befahren und Begehen gewalzt, also direkt begünstigt wurde.

Die Veränderungen der Temperaturverhältnisse in den verschiedenen bearbeiteten Böden und bei verschiedenen Bodenarten beobachte ich schon seit langer Zeit. Meine schon mit einfachen Mitteln durchgeführten diesbezüglichen Messungen zeigen, daß das Maß der Temperaturveränderungen sehr stark von der Bearbeitungsart abhängig ist. Ganz besonders deutlich zeigte es sich, daß in allen jenen Fällen, in welchen der Boden in einer dünnen (nur 3—4 cm starken) Schicht seiner Oberfläche zu einem Zeitpunkte, in welchem er noch nicht stärker ausgetrocknet war, gut gekrümelt bearbeitet wurde, in der darauffolgenden warmen Trockenzeit in seiner obersten gekrümelten Schicht sich sehr rasch und sehr hoch erwärmte und stark austrocknete, hingegen die knapp darunter befindliche nicht behackte oder anderweitig gekrümelte Bodenschicht bedeutend kühler blieb. So zeigten z. B. schon genaue Messungen Endrédys, daß die obere etwa 5 cm stark gekrümelte Bodenschicht im Monat August 1943 bei sehr warmer trockener Witterung in der Mittagszeit 40—43° C, während knapp darunter in 8 cm Tiefe die nicht bearbeitete Schicht eine Temperatur von 27—30° C aufwies. Die Stelle war vorher mit Erbsen bebaut und wurde sofort nach der Ernte mit der Scheibenegge bearbeitet und nachher gewalzt. Vereinzelt wurden aber Temperaturunterschiede unter ähnlichen Verhältnissen selbst bis zu 20° C gemessen. Hingegen war der unbearbeitete Boden selbst in 20 cm Tiefe 35—38° C warm und trocken.

Die Messungsergebnisse weisen deutlich darauf hin, daß in dem Falle, wenn die Oberfläche des Bodens selbst in einer dünnen nur 3—4 cm starken Schicht gut gekrümelt ist, die Temperaturänderungen der Luft in den tieferen Bodenschichten bedeutend schwächer auftreten, als wenn der Boden im zusammenhängenden Gefüge ist. Diese Wahrnehmung im Zusammenhange mit der Tatsache, daß die Wasserverluste durch Verdunstung eine Folge der Erwärmung sind, berechtigt uns sagen zu können, daß die Bodenbearbeitung nicht die Wasserwirtschaft direkt beeinflußt, sondern vielmehr auf den Wärmehaushalt des Bodens wirkt und auf diesem Wege den Wasserhaushalt indirekt regelt.

Die Wasserwirtschaft der Böden darf also vom Bearbeitungsstandpunkte aus nicht auf Grund der klassischen Kapillaritätstheorie beurteilt werden, sondern vielmehr auf Grund der durch den Wärmeaustausch erfolgenden Luftbewegungen, welche, wie bekannt, sehr große Mengen von Feuchtigkeit dem Boden entziehen.

Es ist selbstverständlich, daß die oft sehr hohen Temperaturunterschiede an der Grenze der bearbeiteten und unbearbeiteten Boden-

schichten nur in dem Falle beobachtet werden können, wenn die Bearbeitung zu einer solchen Zeit vorgenommen wird, in welcher sich der Boden noch nicht tieferreichend erwärmt hat, also auch noch nicht stärker ausgetrocknet ist.

Die genannten großen Temperaturunterschiede nach einer zur richtigen Zeit erfolgten Bodenbearbeitung können selbst dem Gefühl nach durch Betasten bewiesen werden. Im Sommer zur Hitzezeit ist die unbearbeitete Bodenschicht unter der gekrümelten kühl, und für die biologische Tätigkeit am besten entsprechend, während im Herbste dieselbe, besonders nach kalten September-Oktober-Nächten, bedeutend wärmer ist. So konnte ich im kühlen Herbst der Jahre 1941 und 1942 einwandfrei feststellen, daß der Mais auf richtig behackten Böden früher und gut reifte als auf solchen, die Ende August — also noch in der Wärmeperiode — nicht behackt wurden, wobei meiner Ansicht nach der wärmere Untergrund der behackten Gebiete jedenfalls wirkte.

Die Luft sättigt sich in dem sich bei Tage stark erwärmenden Boden mit Wasserdampf und wird stets durch trockene warme Luft ausgetauscht. Diese durch den Wärmeaustausch hervorgerufene Verdunstung ist die Hauptursache der Feuchtigkeitsverluste der Oberschicht der Böden. Es ist selbstverständlich, daß die durch die Krümelung hervorgerufene starke Vergrößerung der Bodenkapillaren — des Bodenhohlraumes der bearbeiteten Bodenschicht — sich sehr stark auswirkt, da ja die Luftbewegung stets in der Richtung des kleinsten Widerstandes erfolgt. Die Folge ist, daß in der gekrümelten Bodenschicht die warme Luft den Boden rasch erwärmt, während die kalte denselben rasch abkühlt. Letzteres kann bei Reifbildung unter gewissen Bedingungen gut beobachtet werden, da die gekrümelten Bodenstellen stärker bereift sind als die dichteren, z. B. festgetretenen.

Selbst eine dünne gekrümelte Bodenschicht kann also als eine solche Bodendecke betrachtet werden, welche die tieferen Bodenschichten im Sommer vor der Erwärmung, im Winter hingegen vor dem Abkühlen bis zu einem praktisch sicher zur Wirkung kommenden Grade schützt.

Die Feuchtigkeitsgehalts-, Kohlensäurebildungs- und Salpetergehaltsmessungen, welche D. Fehér und M. Frank vorgenommen haben, weisen eindeutig darauf hin, daß die angeführten Messungsergebnisse dann praktisch am günstigsten waren, wenn bei der Stoppelbearbeitung mit der Scheibenegge oder dem Kultivator und nachfolgendem Scharfeggen noch die Walze sinngemäß angewendet wurde. Die Temperaturmessungen an gewalzten und nicht gewalzten Stellen ergaben, daß die bearbeitete Bodenschicht bei Anwendung der Walze schon in 2—3 cm

Tiefe kühler war als die nicht gewalzte. Es kann also angenommen werden, daß durch die Anwendung der Walze der Wärmeaustausch herabgesetzt wird.

Zusammenfassend können aus dem Gesagten für die praktische Bödenbearbeitung folgende Schlüsse gezogen werden:

1. In warmen Dürreperioden auf nicht zu stark bindigen und leichteren Böden soll die Frühjahrs- und Sommer-Bodenbearbeitung (Behackung, Scheibenegge, Kultivator, Stoppelsturz usw.) vor allem möglichst seicht und zu einer Zeit erfolgen, in welcher der Boden durch zu starke Erwärmung noch nicht tiefergehend ausgetrocknet ist, da durch eine tiefere Behackung oder Bearbeitung der Boden zu tief austrocknen und sich zu hoch erwärmen würde. Wir wissen nämlich, daß ein halbwegs normaler Boden je Zentimeter ungefähr $1\frac{1}{2}$ —2 mm nutzbares Wasser enthalten kann. Wenn wir also den Boden zu tief behacken, so geht nicht nur viel Wasser verloren, welches in Dürreperioden gerade in den obersten Schichten als Lösemittel der wichtigsten Nährstoffe P und K der Oberschicht unerläßlich notwendig ist, sondern es werden durch das zu tiefe Behacken jene Wurzeln beschädigt, welche die Ernährung der Pflanzen in der an Nährstoffen reichsten Oberschicht vermitteln. Die schädigende Wirkung der zu tiefen Behackung kann in Dürreperioden oft an den Rüben beobachtet werden. Es zeigt sich nämlich, daß nach einer in einer sehr warmen, trockenen Zeit vorgenommene Tiefbehackung der Rübe, der Rübenkörper selbst Zeichen der zu starken Wärmeeinwirkung aufweist, wohingegen der eventuell in der Nähe befindliche seicht behackte Rübenkörper gesund mit vielen Haarwurzeln versehen ist.

Es ist auch für den Praktiker wichtig zu wissen, daß die Mainiederschläge z. B. für Weizen, sowie die Juli-Niederschläge für die Hackfrüchte in allen Fällen, wenn der Boden durch die Herbst-Frühjahrsniederschlagsmengen genügend tief durchfeuchtet wurde, hauptsächlich darum von so großer Wirkung sind, weil sie die Oberschicht durchfeuchtend die Verwertung der Düngemittel sichern. Der durch die Praktiker so oft ersehnte Niederschlag in jenen Zeiträumen, in welchen die gedüngte Oberschicht des Bodens stark ausgetrocknet ist und die Pflanzen die größten Mengen an Nährstoffen benötigen, wirkt eben — im Falle natürlich, daß der tiefere Untergrund noch genügend Feuchtigkeit enthält — hauptsächlich als Vermittler der Verwertung der Düngemittel.

2. In regenreichen Zeiträumen auf Böden mit schlechter Wasserführung sowie schlechten Wärme- und Luftverhältnissen (stark bindige,

kalte, viel Humus enthaltende, moorige und ähnliche Böden) muß natürlich auch im Frühjahr und im Sommer die tiefergehende Bearbeitung in Betracht gezogen werden. Ganz besonders ist diese wichtig auf leicht verschlämmbaren Böden, die der Vergleyung zuneigen, um eben den schädlichen Reduktionsvorgängen vorzubeugen. Die Auswahl der Bearbeitungsart auf solchen Böden hängt natürlich unter Berücksichtigung der speziellen Bodeneigenschaften auch von der Pflanze ab, mit welcher der Boden bebaut ist oder bebaut werden soll. So habe ich z. B. auf einen sauren, mit Rotklee bebauten, sehr bindigen schwarzen Wiesen-tonboden durch eine oberflächliche seichte Krümelung mit der Scheiben-egge, die nach der Maht bis zur Weizensaat dreimal wiederholt wurde, 355 kg Mehrertrag an Weizen geerntet als auf demselben Boden durch das früher allgemein empfohlene dreimalige Pflügen. In diesem Falle war eben der Boden durch die vorherrschenden Verhältnisse nach der Maht des Klees in vorzüglich garem Zustande, während durch das Pflügen dieser Garezustand stark beeinträchtigt wurde.

3. Als praktisch am billigsten und mit bestem Erfolge hat sich bei uns in Ungarn die Stoppelbearbeitungsmethode von A. G. Manninger auf leichteren Böden mit gutem Lufthaushalt bewährt, natürlich wenn sie unter Berücksichtigung der Witterungs- und Bodengegebenheiten richtig durchgeführt wurde. Diese Bearbeitungsart besteht darin, daß der Boden sofort nach der Ernte entweder mit der Scheibenegge, oder bei stärkerer Verunkrautung mit dem Kultivator und der Egge in einer dünnen, einige Zentimeter starken Schicht stark gekrümelt und sofort nachher mit schwerer Walze gewalzt wird. Fehér, Frank und Manninger erbrachten eindeutige Beweise dafür, daß Böden mit den genannten Eigenschaften — auf diese Art bearbeitet — mit ganz vorzüglicher Wirkung bis zur Herbstsaat gar wurden, und größere Erträge ergaben als jede andere Bearbeitungsmethode.

4. Die herbstliche rauhe Furche unter die Frühjahrssaat soll natürlich allgemein und ganz besonders auf sehr schweren Böden möglichst krümelig gegeben werden, um hierdurch mehr Feuchtigkeit und ein besseres Durchfrieren im Winter zu sichern. Ich muß aber hierzu bemerken, daß dies auch nicht verallgemeinert werden kann, da ich z. B. die eindeutige Erfahrung selbst auf schweren Böden machte, daß nach Rüben, die vorzüglich bearbeitet waren und den Boden vollkommen unkrautfrei in vorzüglich garem Zustande zurückließen, eine einfache Bearbeitung mit der Scheibenegge — also ohne die übliche Winterfurche — im nachfolgenden Jahre höhere Erträge an Gerste ergaben.

Es würde zu weit führen, wenn ich hier auf verschiedene andere Möglichkeiten weiter eingehen würde. Dies ist auch nicht notwendig,

wenn wir die im obigen behandelten Wärmeverhältnisse verstehen. Wenn wir die Wasser- und Luftverhältnisse, sowie die physiologischen Ansprüche der Pflanzen gegenüber der Bearbeitung kennen und die herrschenden Witterungsverhältnisse samt ihrem Einfluß auf unseren Böden berücksichtigen, so werden wir stets den richtigen Moment und die beste Bodenbearbeitungsart bestimmen können.

Den größten Nutzen im Pflanzenbau wird derjenige Landwirt erzielen, der die für seine örtlichen Boden- und Klimaverhältnisse am besten geeigneten Pflanzensorten anbaut und die den gegebenen Naturverhältnissen sachgemäß am besten entsprechende Düngungs- und Bearbeitungsmethoden anwendet. [21]

Polarographische Eisenbestimmung in Bodenextrakten.

Von

A. Okáč.

Publikation PS 235 der Bodenkundlichen Sektion
der Landwirtschaftlichen Landesforschungsanstalten in Brünn.

Eingegangen: 17. Juni 1944.

Die polarographische Eisenbestimmung in Bodenextrakten ist eine der geeignetsten analytischen Methoden. Neben der Einfachheit einer Schnellmethode besitzt sie auch eine Genauigkeit, die durch andere Methoden kaum in einfacher Weise erreichbar ist. Die in den bodenkundlichen Anstalten meistens verwendeten kolorimetrischen Methoden sind im allgemeinen nicht so genau wie die Polarographie.

Auf einem und demselben Polarogramm kann man die Eisenverteilung im ganzen Profil verfolgen und das Polarogramm als ein anschauliches Eisenbild des Profils betrachten.

Das Prinzip unserer Methode verfolgt die Ausbildung und die Höhe der $\text{Fe}^{\text{III}}-\text{Fe}^{\text{II}}$ -Redoxstufe in Oxalatpuffer von $\text{pH} = 4,0$. Das Oxalatoferrikomplex übergeht dabei sehr leicht in Oxalatoferrokomplex



was man durch kathodische Reduktion polarographisch registrieren kann. Auf demselben Prinzip ist die polarographische Eisenbestimmung von J. V. A. Novák*) bei $\text{pH} = 7$ begründet. Die Azidität der salzsauren Lösungen wird dabei durch 0,5 mol. Natriumoxalatpuffer unter gleichzeitiger Komplexbildung auf $\text{pH} = 7$ abgestumpft und nach dem Sauerstoff austreiben durch Kohlendioxidstrom die Reduktion bei $-0,30$ Volt registriert.

Bei den Bodenextrakten, die durch einstündiges Kochen von 5 oder 10 g Feinerde mit 100 ccm HCl ($F = 1,10$) vorbereitet wurden, hat sich folgendes Verfahren am besten bewährt:

5 ccm des salzsauren Extraktes wird mit einigen Tropfen konz. Salpetersäure vermischt und die Probe in einer Porzellanschale auf dem

*) Nach J. Heyrovský, Polarographie S. 314 (Verlag J. Springer, Wien [1941]) und nach der Privatmitteilung von J. Heyrovský.

Luftbade ausgetrocknet. Der Rückstand löst sich dann glatt in 1 cem norm. Oxalsäure. Nach vollständigem Lösen fügt man 9 cem 0,5 norm. Ammoniumoxalatlösung zu und vermischt die Lösung durch Umschwenken, wobei sich meistens eine feine Trübung der Kalziumsalze ausscheidet. Diese Ausscheidungen habe ich bei den ersten Versuchen durch Zentrifugieren beseitigt, es hat sich aber gezeigt, daß diese Operation überflüssig ist. Auch dicht erscheinende Trübungen bei kalkreichen Bodenproben haben keinen merkbaren Einfluß auf den regelmäßigen Verlauf der polarographischen $\text{Fe}^{\text{III}}\text{-Fe}^{\text{II}}$ -Stufe. Die Lösung (samt Niederschlag) übergießt man in ein polarographisches Gefäß, und durch ein versenktes Glasröhrchen leitet man einen mäßigen Kohlendioxidstrom (Kipp-Apparat) ein bis zum Austreiben des gelösten Sauerstoffs. Dies dauert 1—2 Minuten lang, und die Lösung, nun durch eine Kohlendioxidschicht vor Luftzutritt geschützt, kann man direkt in den Grenzen 0—0,8 Volt mit einer Galvanometerempfindlichkeit 1 : 50 bis 1 : 200 polarographieren.

Bemerkung: Das Austreiben des gelösten Sauerstoffs ist keine Grundbedingung der Eisenbestimmung. Man kann gut die $\text{Fe}^{\text{III}}\text{-Fe}^{\text{II}}$ -Stufe auch bei Luftzutritt neben der ersten Sauerstoffstufe verfolgen oder die Höhe der Sauerstoff- und Eisenstufe zusammen messen, wenn man die Grundlösungen auch auf diese Weise registriert. Das Austreiben von Luftsauerstoff durch Kohlendioxid ist aber eine einfache und elegante Operation und liefert so einwandfreie polarographische Eisenkurven, daß ich diesem Verfahren den Vorzug geben mußte.

Es ist sehr wichtig, daß Aluminiumsalze diese Eisenbestimmung nicht stören. Winzige Kupferspuren in Bodenextrakten können nur in Ausnahmefällen in Betracht kommen. Im Vergleich mit relativ hohen Eisenmengen in Böden können sie bei gewöhnlicher Analyse ganz vernachlässigt werden.

Vergleich der polarographischen und kolorimetrischen Eisenbestimmungen in denselben Bodenextrakten:

Bodenprobe	Gefunden % Fe_2O_3	
	polarographisch	kolorimetrisch
Bc 5	1,18	1,16
6	1,33	1,15
7	0,99	0,78
8	1,78	1,69
17	1,31	1,38
18	1,44	1,35
19	1,79	2,00
21	1,52	1,67

Kolorimetrisch wurde das Eisen in diesen Proben unabhängig von J. Hrdina nach der Rhodanidmethode bestimmt. Nach dem Vergleich der beiden Resultate finden wir eine weitgehende Übereinstimmung, und wir können dabei der Polarographie eine höhere Genauigkeit (Relat. unter 1%) zuschreiben.

Indirekte Eisenbestimmung in Bodenextrakten ist in Abb. 1 angegeben. Nach dem Registrieren der eigentlichen Eisenkurven (a) in 10 ccm Oxalatlösung wurde 0,4 ccm Eisenlösung mit 1,43 mg Fe^{+++} /ccm zugegeben und die Erhöhung der Eisenstufe nochmals registriert (Kurven b).

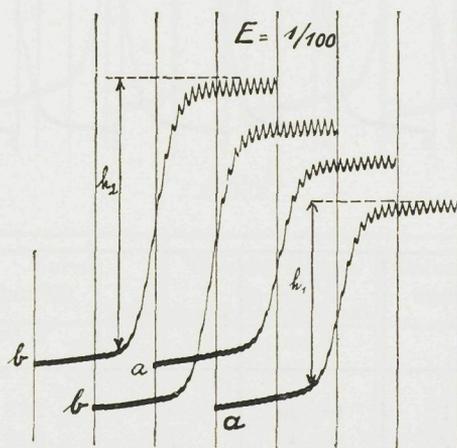


Abb. 1.

Aus der bekannten Formel

$$\% \text{ Fe} = \frac{100 \cdot h_1 \cdot b \cdot c}{n \left(h_2 \frac{a+b}{a} - h_1 \right)} \quad *)$$

ergibt sich in diesem Fall 2,84% Fe.

Die direkte Eisenbestimmung ist für Serienanalysen nach dem einmaligen Registrieren von bekannten Eisenlösungen vorteilhafter. Die Abhängigkeit der Stufenhöhe von der Eisen-III-Konzentration stellt eine vom Nullpunkt nur wenig verschobene Gerade vor. Man kann auch auf die Ordinate der Polarogramme % Fe oder % Fe_2O_3 auftragen, wenn

*) h_1, h_2 , Höhe der Eisenstufe vor und nach der Zugabe von b ccm Eisenlösung von der Konzentration c mg Fe^{+++} /ccm.

a = ursprüngliches Lösungsvolum in ccm.

n = angewandte Probemenge, in mg Substanz ausgedrückt.

man mit denselben Probemengen und unter denselben Bedingungen arbeitet.

Auf dem Polarogramm in Abb. 2 ist ein Bild der Eisenverteilung im Profil einer Schwarzerde von Ung. Ostra (Mähren) angegeben.

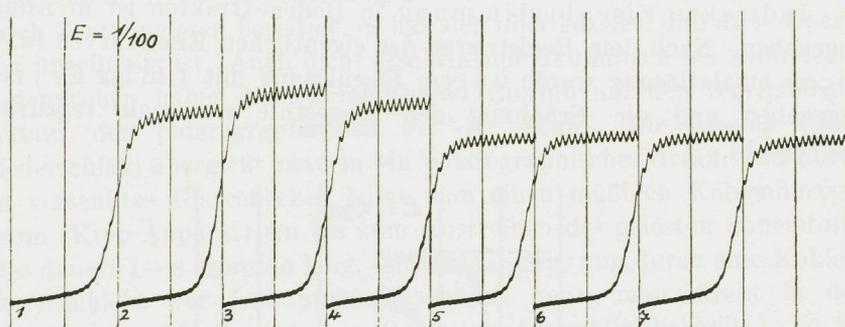


Abb. 2.

Kurve Nr.	Tiefe der Schicht in cm	Bezeichnung	Gefunden % Fe
1	10—20	A'	2,78
2	30—40	A''	3,18
3	50—60	A'''	2,96
4	70—80	A'''—C'	2,40
5	90—100	C''	2,44
6	120—130	C'''	2,44
7	140—150	C''''	2,40

Diese Schwarzerde, die im Diluvium auf dem Löß durch klimatogene Einflüsse entstanden war, zeigt eine regelmäßige Eisenverteilung in einzelnen Schichten. Doch sieht man schon eine schwache Degeneration in den obersten A'—A'''-Schichten, die eine mäßig erhöhte Menge von durch Säuren auslaugbarem Eisen aufweisen. Die unteren vier Schichten sind praktisch gleichwertig.

Die Abb. 3 zeigt eine andere Eisenverteilung in podsoliertem Boden von Bzk. Teschen, der auf dem Diluvium der Teschener Schiefer entstand.

Die Eisenverarmung und die Eisenverschiebungen in verschiedenen Schichten sind für solche podsolierten Böden und ihre Entwicklungsstadien sehr charakteristisch.

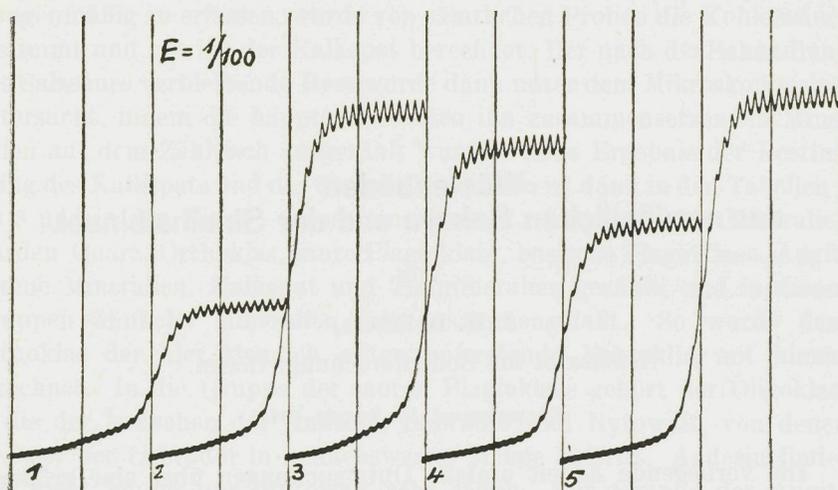


Abb. 3.

Kurve Nr.	Tiefe der Schicht in cm	Gefunden % Fe
1	0—10	1,44
2	20—30	3,92
3	40—50	3,52
4	60—70	2,48
5	110—120	4,08

Es ist mir angenehme Pflicht; Herrn Doz. Dr. L. Smolik und Herrn Prof. Dr. V. Moravěk meinen verbindlichsten Dank für die Ermöglichung dieser Arbeit auszusprechen. [22]

Wüstenböden der nordöstlichen Sahara und der Sinaihalbinsel.

Von

J. H. Hellmers,

Reichsamt für Bodenforschung, Berlin.

Eingegangen: 10. August 1944.

Die vorliegende Arbeit umfaßt Untersuchungen über eine größere Anzahl von Wüsten- und einzelne Wüstensteppenböden aus Libyen, Ägypten und der Halbinsel Sinai, die W. Kaltenbach auf einer längeren Reise gesammelt und mir dann zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt hat. Die Reise begann in Tripolis und führte zunächst, nach einem Abstecher in den Djebel Gharian südlich von Tripolis, längs der Mittelmeerküste in die Cyrenaika und von dort über Benghazi, Derna und Tobruk an die ägyptische Grenze bei Porto Bardia. In Ägypten führte die Fahrt zunächst entlang der Mittelmeerküste nach Alexandria und von dort nach Kairo. Besonders in der weiteren Umgebung Kairos wurden viele Proben genommen, so im Wadi Liblabe und im Wadi Ti. Außerdem stammen viele Proben von der Straße von Kairo nach Suez und aus dem Gebiet südlich von dieser Straße. Auf der Sinaihalbinsel führte die Reise von El Arisch nach Süden entlang der Grenze gegen Palästina nach Kossaima und Kuntilla und dann über den Djebel Nekhl nach Suez.

Die Untersuchung der Böden sollte Aufschluß über die mineralogische Zusammensetzung und den Erhaltungszustand der einzelnen Mineralien geben, besonders auch über den Anteil von Quarz und Kalkspat. Außerdem sollte festgestellt werden, inwieweit sich bei diesen Wüstenböden noch der Einfluß ihres tieferen Untergrundes bemerkbar machte, und endlich sollte die Arbeit ein Beitrag zu der Reihe von Untersuchungen verschiedener tropischer und subtropischer Bodentypen sein, die ich augenblicklich durchführe.

Zur mikroskopischen Untersuchung wurden die Proben zunächst mit verdünnter Salzsäure (1 HCl : 5 H₂O) behandelt, um den Kalkspat, der die Mineralien überzieht oder sie verkittet und so ihre Bestimmung unmöglich macht, zu zerstören. Um trotzdem den Kalkspat auch

mengenmäßig zu erfassen, wurde von sämtlichen Proben die Kohlensäure bestimmt und aus ihr der Kalkspat berechnet. Der nach der Behandlung mit Salzsäure verbleibende Rest wurde dann unter dem Mikroskop weiter untersucht, indem die hauptsächlichsten ihn zusammensetzenden Mineralien auf dem Zähltablett ausgezählt wurden. Das Ergebnis der Bestimmung des Kalkspats und der übrigen Mineralien ist dann in den Tabellen 1 bis 3 und in den Fig. 1—3 zusammengestellt. Als wichtigste Mineralien wurden Quarz, Orthoklas, saure Plagioklase, basische Plagioklase, Augit, seltene Mineralien, Kalkspat und Tonmineralien gezählt, und in diesen Gruppen ähnliche Mineralien mit zusammengefaßt. So wurde dem Orthoklas der hier ziemlich selten auftretende Mikroklin mit hinzugezählt. In die Gruppe der sauren Plagioklase gehört der Oligoklas, in die der basischen der Andesin, Labrador und Bytownit, von denen hier nur der Labrador in nennenswerter Menge auftritt. Andesin findet sich nicht häufig und Bytownit sehr selten. Zur Gruppe der Augite sind die nur selten sich findenden Hornblenden hinzugezählt. Als seltene Mineralien sind besonders der Rutil und der Zirkon in fast jeder Probe vorhanden, besonders der Zirkon. Spinell ist dagegen sehr selten. Der Kalkspat wurde, wie schon oben gesagt, durch Rechnung aus dem Kohlensäuregehalt der Probe berechnet. Als „Ton“ sind alle Tonmineralien, besonders der Kaolin, zusammengefaßt. Sie finden sich hauptsächlich in kleinen Anhäufungen. Außerdem sind noch in jeder Probe mengenmäßig stark zurücktretend Mineralien wie Eisenglanz, Magneteisen, Titaneisen und ähnliche vorhanden. Sie sind in der Differenz, die sich zwischen der Summe der bestimmten Mineralien und 100 ergibt, mit enthalten. Hier findet sich auch der Glimmer, der in fast allen Proben, aber immer nur in Mengen wesentlich unter 1%, enthalten ist. Ein größeres Anwachsen der Differenz zwischen 100 und der Summe der bestimmten Mineralien wird bei einigen Proben durch Brauneisenerz verursacht, das durch mehr oder weniger große Mengen von Kieselsäure verkieselt sein kann. Es finden sich hier alle Übergänge von nur schwach verkieseltem Brauneisenerz bis zu umkristallisierter Kieselsäure, die durch Brauneisen nur noch schwach gefärbt ist. Tritt dieses Brauneisenerz oder ein anderes nicht überall vorhandenes Mineral in einer Probe in bedeutenderer Menge auf, so wurde es ebenfalls ausgezählt, und bei der Besprechung der Probe wird darauf besonders hingewiesen werden.

Die ersten Proben stammen aus der Umgebung von Tripolis, und zwar wurde die Probe 1 9 km westlich von Tripolis an der Straße nach Zaouia in der Nähe von Zanzour entnommen. Es handelt sich bei ihr um einen rötlichen feinen Sand, in dem Quarz und Feldspäte stark vorherrschen. Der Tongehalt ist sehr gering. In der Probe 2 dagegen, die aus der Nähe stammt und südlich von Zanzour entnommen wurde, herrscht der Kalkspat vor, und auch die Menge der Tonmineralien ist erheblicher. Der Quarz-

Tabelle I.
Die mineralogische Zusammensetzung libyscher Wüstensande.

Nr.	Quarz	Ortho- klas	Oligo- klas	Labrador	Augit	Seltene Mine- ralien	Kalk- spat	Ton
1	51	10	28	—	—	—	9	—
2	19	7	20	4	—	—	43	5
3	47	7	35	3	1	2	4	—
4	21	5	26	3	1	2	38	1
5	39	3	25	2	—	—	27	2
6	57	1	31	5	—	—	4	1
7	34	5	48	3	1	—	7	—
8	19	9	19	3	—	1	43	5
9	21	8	16	6	1	1	40	4
10	19	8	18	5	—	1	43	5
11	32	7	15	4	—	1	35	2
12	21	6	18	4	1	1	41	5
13	25	8	23	4	—	—	33	5
14	20	7	21	5	—	1	41	5
15	31	5	12	2	—	—	46	3
16	26	3	14	—	—	—	53	3
17	37	6	17	4	—	1	34	—
18	34	6	27	—	1	2	29	—
19	7	4	29	2	1	2	16	37
20	20	5	22	3	1	2	12	31
21	25	4	23	1	1	2	41	—
22	6	4	9	—	—	1	78	1
23	17	5	13	—	1	—	57	6
24	20	4	12	2	1	1	52	3
25	59	2	19	—	—	—	17	1

1. Rötlich feiner Sand, 9 km vor Tripolis in Richtung Zaouia.
2. Rötlichgelber feiner Sand, südlich von Zanzour bei Tripolis.
3. Feiner rötlicher Sand, Souani ben Adem, 24 km südlich von Tripolis.
4. Rötlichgelber toniger feiner Sand, mit größeren Kalksteinbruchstücken, aus etwa 200 m Meereshöhe vom Fuße des Djebel Gharian bei Tripolis.
5. Rötlichgraugelber sandiger Lehm, unterhalb von Yefrene, südlich von Tripolis, auf etwa 650 m Meereshöhe.
6. Gelbroter feiner Sand aus der Fan-Sandwüste, etwa 2 km von el Azizia, südlich von Tripolis.
7. Rötlicher ziemlich feiner Sand westlich von Taouorga, südlich von Misurata.
8. Rötlicher feiner Sand von Sirte, 111 km in Richtung auf Nofilia entfernt.
9. Rötlicher feiner Sand von Nofilia.
10. Weißlichrötlicher feiner Kalksand von Agheila, 99 km in Richtung auf Sirte entfernt.
11. Feiner gelblichrötlicher Sand von Agheila.

12. Hellrötlichgelber feiner Sand, 53 km vor Agedabia von Agheila aus.
13. Sehr feiner rötlichgelber Sand, Bir el Megrün, 13 km vor Agedabia.
14. Feiner rötlichgelber Sand, 7 km vor Agedabia von Sirte aus.
15. Schwach rötlichgelber feiner Sand, 33 km vor Agedabia von Es Sahabi aus.
16. Feiner rötlichgelber Sand, 64 km vor Agedabia von Es Sahabi aus.
17. Gelber, schwach rötlicher Sand, 73 km vor Agedabia von Es Sahabi aus.
18. Gelber Sand mit großen Kiesgeröllen, 93 km vor Agedabia von Es Sahabi aus.
19. Roterde aus der Nekropole von Cirene.
20. Roter Ton, 19 km vor Derna von Cirene aus.
21. Ziemlich feiner rötlicher Sand, 86 km von Derna nach Tobruk zu entfernt.
22. Graugelber toniger Feinsand mit viel Kalksteinbruchstücken, 66 km vor Tobruk von Derna aus.
23. Rötlichgelber lehmiger Sand mit Kalksteinbruchstücken und Quarzgeröllen, 75 km südlich von Tobruk in Richtung auf Giarabub.
24. Feiner gelblichrötlicher Sand mit zahlreichen größeren Kalkbröckchen, 3 km von der libyschen Grenze nach Ägypten zu entfernt, zwischen Bir Gobi und Shefersen.
25. Bräunlichrötlicher Sand, 5 km nördlich von Fort Capuzzo in Richtung auf Porto Bardia.

gehalten ist hier besonders stark gefallen, während die Menge der Feldspäte fast dieselbe geblieben ist, besonders auch durch die 4 % des Labrador. Die Probe ist ein rötlichgelber feiner Sand. Die Probe 3, ein feiner rötlicher Sand, stammt von Souani ben Adem, weiter südlich von Zanzour. In ihr tritt wieder der Kalkspat stark zurück, Quarz und Feldspäte, hier auch Labrador, herrschen vor. Auch Augit und 1 % eines schwach rötlichen Granats wurden in ihr aufgefunden. Der Boden, dem die Probe entstammt, ist ein humusarmer sandiger Steppenboden. Die Probe 4 wurde am Fuße des Djebel Gharian südlich von Tripolis entnommen. Es handelt sich bei ihr um einen rötlichgelben tonigen feinen Sand, der zahlreiche größere Kalksteinbruchstücke enthält. Demgemäß ist in ihm von allen Mineralien der Kalkspat am meisten vertreten, aber auch die übrigen bestimmten Mineralien sind in nennenswerter Menge vorhanden. Nur Tonmineralien sollte man nach dem makroskopischen Aussehen der Probe in größerer Menge erwarten. Er tritt hier aber zurück, da er in der Probe feinverteilt und nicht in größeren Aggregaten zu finden ist und da er daher nicht mitbestimmt wurde. Dasselbe gilt für den Tongehalt der Probe 5, einen rötlichgelben sandigen Lehm, die unterhalb von Yefrene in einer Meereshöhe von 650 m entnommen wurde. Diese Probe ist durch Humus schwach grau gefärbt. Yefrene liegt 662 m hoch im Djebel Gharian, südlich von dem Fundpunkt der Probe 4. Die Probe 6 ist ein feiner gelbroter Sand aus der Fan-Sandwüste bei el Azizia, zwischen dem Djebel Gharian und Tripolis. In ihr herrschen Quarz und Oligoklas, ebenfalls Labrador ist noch in nennenswerter Menge vorhanden, während der Orthoklas auffällig stark zurücktritt. Auch der Kalkgehalt der Probe ist nicht hoch.

Die Proben 7—14 wurden alle an der Straße von Tripolis nach Agedabia entnommen. Die Probe 7 entstammt der Stelle, wo diese Straße südlich von Misurata westlich von Taouorga vorüberführt. Sie ist ein rötlicher, ziemlich feiner Quarz-Feldspatsand mit verhältnismäßig geringem Kalkspatgehalt. Die Probe 8 wurde zwischen Sirte und Nofilia, wenige Kilometer von letzterem entfernt, entnommen. Nach der Untersuchung handelt es sich bei ihr um einen rötlichen feinen Kalkfeldspatsand, der noch einen ziemlich hohen Gehalt an Quarz hat. Die Probe 9, die bei Nofilia in einer

typischen Steinwüste entnommen wurde, ist ebenfalls ein rötlicher feiner Kalkfeldspatsand fast derselben Zusammensetzung wie die Probe 8. Auch die Probe 10, ein weißlich-rötlicher Kalkfeldspatsand, der zwischen Nofilia und Agheila, ungefähr nach dem ersten Viertel des Weges nach el Agheila, entnommen wurde, hat fast dieselbe Zusammensetzung wie die Proben 8 und 9. Die Probe 11, ein feiner, gelblich-rötlicher Sand von Agheila, ist dagegen schon wieder als Kalkquarzsand zu bezeichnen. Er enthält allerdings nicht viel weniger Feldspat als Quarz. Ziemlich in der Mitte zwischen Agheila und Agedabia wurde die Probe 12, ein hellrötlichgelber feiner Kalkfeldspatsand mit hohem Quarzgehalt entnommen. Ihm sehr ähnlich ist die Probe 13, ein sehr feiner rötlichgelber Feldspatkalksand, ebenfalls mit hohem Quarzgehalt. Die Probe stammt von Bir el Megrun, das 13 km südwestlich von Agedabia liegt. Die Probe 14, die 7 km südwestlich von Agedabia entnommen wurde, entspricht durch erneute Zunahme des Kalkspat- und entsprechende Abnahme des Feldspatgehaltes wieder ganz der Probe 12 und ist daher als Kalkfeldspatsand zu bezeichnen.

Die Proben 15—18 wurden an der Straße von Agedabia nach es Sahabi entnommen. Die Probe 15 ist ein schwach rötlichgelber feiner Kalkquarzsand mit einem noch erheblichen Anteil an Feldspäten. Sie wurde nach Zurücklegung des ersten Drittels der Entfernung von Agedabia nach es Sahabi entnommen. Nach Zurücklegung des zweiten Drittels wurde dann die Probe 16, ein Kalkquarzsand mit vorherrschendem Kalkspat entnommen. Von dem restlichen Drittel bis es Sahabi stammen die Proben 17, ein gelber, schwach rötlicher Quarzkalksand, und 18, ein gelber Quarzfeldspatsand mit einem sehr hohen Kalkgehalt. Der Sand der Probe 17 entstammt einer Steinwüste mit viel Sand; die Probe 18 enthielt große Kiesgerölle.

Die Proben 19—25 stammen aus dem Gebiet zwischen Cirene und der libysch-ägyptischen Wüste. Probe 19 ist eine Roterde aus der Nekropole von Cirene. Sie enthält, wie auch aus der Tabelle 1 hervorgeht, in größerer Menge Tonminerale, die durch Eisenverbindungen und besonders durch Humus zu größeren Aggregaten verkittet sind und daher bei diesen Mineraluntersuchungen mitgemessen wurden. Sonst fällt in dem Boden besonders der hohe Gehalt an Oligoklas auf, während er arm an Quarz ist. Die Feldspäte sind hier immer stark angewittert. Der Kalkgehalt des Bodens ist beträchtlich. Der Fundpunkt der Probe 20, eines roten Tons, liegt westlich von Derna. Auch unter den Mineralien dieses Tons finden sich in großer Menge Aggregate von Tonmineralien, die hier besonders von Eisenverbindungen verkittet sind. Der Feldspatgehalt dieses Tons ist ebenfalls recht hoch, nur wenig niedriger als der der Roterde von Cirene. Dagegen ist der Quarzgehalt erheblich angestiegen und der Kalkspatgehalt etwas gefallen. Die Fundpunkte der Proben 21 und 22 liegen beide in der Nähe von es Shiagri, nur wenige Kilometer voneinander entfernt. Trotzdem unterscheidet sich ihre Mineralzusammensetzung beträchtlich. Probe 21 ist ein ziemlich feiner rötlicher Sand, in dem der Kalk schwach vorherrscht und Quarz und Feldspäte, bei leichtem Überwiegen der letzteren, ebenfalls in erheblichen Mengen vorhanden sind, also ein Kalkfeldspatsand mit hohem Quarzgehalt. In Probe 22 dagegen, einem graugelben, scheinbar tonigen Feinsand mit Kalksteinbruchstücken, herrscht der Kalk einwandfrei weit vor. Der makroskopisch tonige Charakter wird durch feinen Kalkstaub vorgetäuscht. Der Fundpunkt der Probe 23 liegt an der Straße von Tobruk nach Giarabub, noch südlich von el Gobi. Die Probe ist ein rötlichgelber feiner „lehmiger“ Sand mit Kalkkonkretionen und einigen großen, abgerollten Quarzen (etwa 1—2 mm). Auch hier herrscht der Kalkspat vor, aber nicht so stark wie in Probe 22, bei der wir es mit einem ausgesprochenen Kalksand zu tun hatten. Der lehmige Charakter der Probe ist hier teils echt, wie auch der Anteil von 6% verkitteter Tonminerale zeigt, teils wird er wieder durch feinen Kalkstaub vor-

getäuscht. Die Probe 24 ist ein feiner, gelblich-rötlicher Kalkquarzsand mit stark vorherrschendem Kalk und einer noch nennenswerten Menge Feldspäte; außerdem wurde in ihr noch 1% Muskowit bestimmt. Die Probe wurde etwas westlich von Shefersen an der libysch-ägyptischen Wüste entnommen. Die Probe 25 endlich ist ein Quarzfeldspatsand mit starkem Vorherrschen des Quarzes und einem erheblichen Kalkspatgehalt. Sie stammt von einem Punkte zwischen Capuzzo und Bardia.

Die Ergebnisse der mineralogischen Untersuchung der Böden Libyens sind in der Fig. 1 zusammengefaßt dargestellt. Es zeigt sich dort, daß der Quarz durchaus nicht im Durchschnitt der Böden das vorherrschende Mineral ist. Dies könnte man fast mit mehr Berechtigung vom Kalkspat behaupten, der häufig sogar noch die Summe von Quarz und den übrigen Silikaten übertrifft. Auffällig ist, daß auch die Feldspäte sich an Menge durchaus mit dem Quarz messen können. Augit und seltene Mineralien treten dagegen stark zurück. Auch die Tonmineralien finden sich bis auf zwei Ausnahmen, bei denen andersartige Böden vorliegen, nur untergeordnet. Bei fast allen Böden Libyens ist also die chemische Verwitterung nur in geringerem Umfange beteiligt gewesen, wie ihr geringer Gehalt an Tonmineralien zeigt. Außerdem weist hierauf ihr hoher Gehalt an Kalkspat und an Silikaten neben dem schwer verwitternden Quarz hin. Besonders unterstrichen wird der verhältnismäßig geringe Einfluß der chemischen Verwitterung durch den ziemlich erheblichen Gehalt zahlreicher Böden an dem am leichtesten von den häufigeren Feldspäten verwitternden Labrador, und durch den Gehalt vieler Böden an dem ebenfalls ziemlich leicht verwitternden Augit.

In Ägypten wurden die ersten 8 Proben zwischen der ägyptisch-libyschen Grenze und Alexandria entnommen. Die Probe 1 ist ein graugelber, ziemlich grobkörniger Sand, der offenbar nicht weit transportiert wurde. Hierfür spricht auch sein ungewöhnlich hoher Gehalt an Feldspäten und besonders an Augit. Sein Fundpunkt liegt 20 km östlich von Sidi Barani. Probe 2 ist ein rötlichgelber, feiner Kalkfeldspatsand, der wieder in größerer Menge Aggregate von durch Eisenverbindungen verkitteten Tonmineralien enthält. Er stammt von Matan Mohammed, 35 km östlich von Sidi Barrani. Probe 3, ein schwach rötlichgelber sandiger Lehm, wurde 24 km westlich von Mersa Matruh entnommen. Quarz, Feldspäte und Kalkspat setzen ihn in fast gleicher Menge zusammen. Außerdem ist, wie die Tabelle 2 zeigt, in die zur mikroskopischen Untersuchung bestimmte Fraktion durch Verkittung der einzelnen Tonmineralien durch Eisenverbindungen wieder eine größere Menge Ton gekommen. Von besonderem Interesse ist die Probe 4. Sie besteht aus einem fruchtbaren, rötlichen, feinen, schwach lehmigen Sand. Der Boden enthält gegenüber den meisten anderen Proben nur verhältnismäßig wenig Kalk; dagegen wurden wieder durch Eisenverbindungen verkittete Tonaggregate gefunden. Auffällig ist aber, daß gerade bei diesem fruchtbaren Boden die Nährstoffreserve wegen des hohen Quarzgehaltes geringer ist als bei vielen der Wüstenböden. Seine Fruchtbarkeit ist also offenbar lediglich auf die bessere Wasserversorgung zurückzuführen. Die Proben 5 und 6 stammen aus der Gegend von el Alamein. Beide sind Quarzfeldspatsande, wobei es auffällig ist, daß in 5 Orthoklas vollständig fehlt. Probe 5 ist ein gelber Feinsand, Probe 6

ein dunkelgraugelber, ziemlich grober Sand. 10 km weiter östlich wurde die Probe 7, ein rötlichgelber mittelkörniger Quarzfeldspatsand mit einem höheren Kalkspatgehalt als die beiden vorigen Proben entnommen. Von einer 4 km weiter östlich gelegenen Stelle stammt Probe 8, ein graugelber mittelkörniger Kalkfeldspatsand von völlig anderer mineralischer Zusammensetzung als die Probe 7. Besonders auffällig ist das starke Zurücktreten des Quarzes. Bei der nächsten Probe 9, einem grauen, feinen, lehmigen Sand mit einzelnen Steinchen tritt neben dem Quarz nun auch der Feldspat, bei Anwesen des Labradorgehalts, stark zurück, und der Kalkspat stellt über die Hälfte der gesamten Mineralmenge. Dieser Boden, der aus der Nähe des Mariutsees stammt, ist offenbar kein Wüstenboden mehr. Die Probe enthält außer dem Mineralbestand der Tabelle 2 noch 2% kieseliges Brauneisenerz. Auch die Probe 10, ein mittel- bis grobkörniger Quarzfeldspatsand, stammt noch aus der Umgebung Alexandrias. Die Proben 11 bis 14 sind an der Straße von Alexandria nach Kairo entnommen. Sehr merkwürdig war die Ausbildung der Probe 11. Sie bestand aus weißen rundlichen Kalkkonkretionen, die in geringen Mengen eines sehr feinen graugelben, lehmigen Sandes eingebettet waren. Die mineralogische Untersuchung ergab auffälligerweise, daß diese Konkretionen hauptsächlich aus Quarz und Feldspat bestanden, die nur durch nicht allzuviel Kalkspat verkittet waren. Als Verkittungsmaterial trat auch Ton, aber nur ganz untergeordnet Eisenverbindungen auf. Weiter in Richtung auf Kairo wurden die Proben 12 und 13 entnommen, rötlichgelbe und gelbe Sande, an deren Zusammensetzung Quarz, Feldspäte und Kalk mit erheblichen Mengen beteiligt sind. Die Probe 13 entstammt schon der Kieswüste. Auch die Probe 14, ein Quarzfeldspatsand mit nur geringem Kalkgehalt, stammt aus der Kieswüste, und zwar liegt ihr Fundpunkt oberhalb und nördlich des Natrontals. Sie besteht aus einem feinen bis mittelkörnigen, gelben Sand.

Die beiden nächsten Proben 15 und 16 stammen vom Massiv des Abu Roasch, in der Nähe von Kairo. Die Probe 15 ist ein feiner, graugelber Sand mit einzelnen Steinchen. An der Zusammensetzung des Sandes sind Quarz, Feldspat und Kalk in nicht allzu verschiedener Menge beteiligt. Die Probe 16 ist ein mittelkörniger Quarzsand, der noch eine erhebliche Menge Feldspat führt, aber verhältnismäßig arm an Kalkspat ist. Die große Menge von Kalkspat in der Probe 15 rührt offenbar davon her, daß hier der Untergrund aus Kalksteinen des Senons besteht.

Die Fundpunkte der Proben 17 bis 21 liegen im oder in der Nähe des Tals des Wadi Liblabe in der Nähe von Kairo. Probe 17 ist ein graugelber, feiner, schwach lehmiger Quarzfeldspatsand, der auf einem Kalkuntergrund lagert. Ein Teil der Tonmineralien ist zu größeren Aggregaten verkittet. Außer den Mineralien der Tabelle 2 enthält der Boden 3% Gips. Die Probe 18 ist ein feiner, rötlichgrauer Feldspatsand mit einem hohen Quarz- und Kalkgehalt. Probe 19, ein rötlichgrauer feiner Sand, hat eine ähnliche Zusammensetzung; nur ist hier Quarz in etwas größerer Menge als Feldspat vorhanden. Der Boden lagert auf Kalkstein. Probe 20 ist ein sehr feiner, graugelblicher Feldspat-kalksand mit einzelnen kleinen Kalkkonkretionen. Außer den üblichen Mineralien hat er einen nennenswerten Gehalt an Augit und einen recht hohen Gehalt an seltenen Mineralien. Die Probe 21 ist ein feiner graugelber Quarzfeldspatsand mit einzelnen größeren Quarzen mit einem Durchmesser bis zu 1,5 mm. Der Kalkspatgehalt dieser Probe ist recht hoch. Außer den in der Tabelle aufgeführten Mineralien enthält die Probe 6% verkieseltes Brauneisenerz.

(Fortsetzung Seite 243 unten)

Die mineralogische Zusammensetzung
libyscher Wüstensande

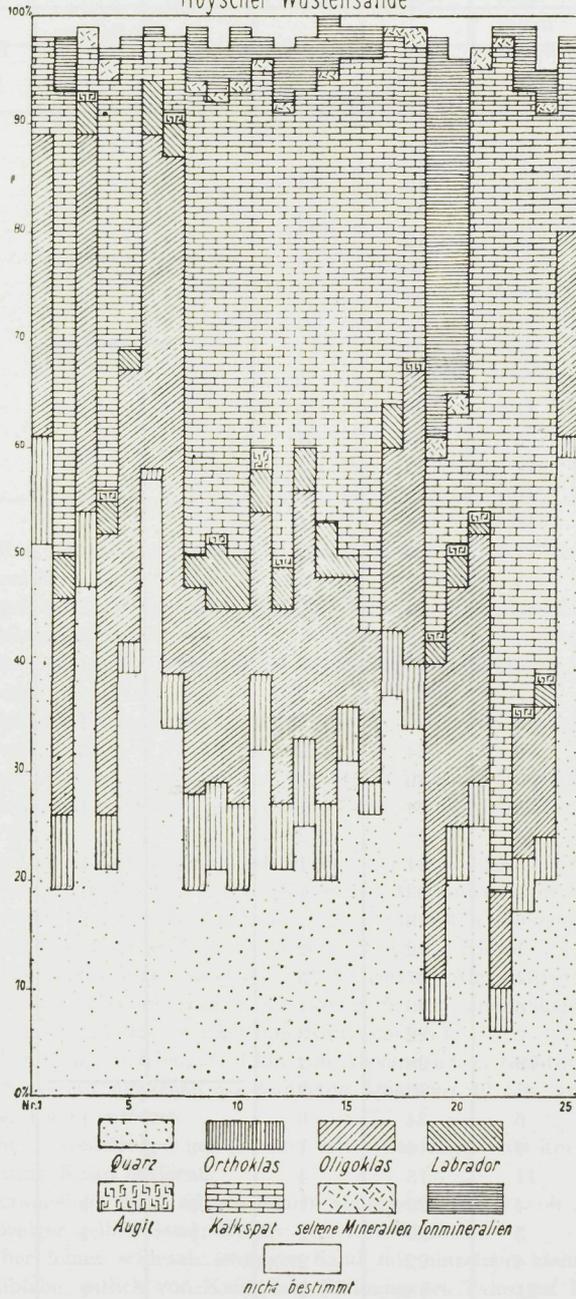


Fig. 1.

Tabelle 2.
Die mineralogische Zusammensetzung ägyptischer Wüstensande.

Nr.	Quarz	Ortho- klas	Oligo- klas	Labrador	Augit	Seltene Mine- ralien	Kalk- spat	Ton
1	24	16	20	7	21	1	8	1
2	21	12	19	1	—	1	39	5
3	25	5	21	2	—	—	26	19
4	61	11	12	2	—	—	8	5
5	56	—	30	3	—	—	6	2
6	52	6	28	3	—	—	7	2
7	44	16	21	—	—	1	16	—
8	19	12	24	1	—	—	39	3
9	14	6	9	3	1	1	57	5
10	47	15	20	6	1	1	9	—
11	44	5	15	1	—	—	13	21
12	38	11	23	4	1	—	21	—
13	36	10	14	3	1	2	31	—
14	36	16	28	9	—	—	7	1
15	30	7	26	3	1	—	29	2
16	70	4	13	1	—	1	9	—
17	40	13	25	2	—	1	10	4
18	28	4	32	—	1	3	28	1
19	31	7	19	—	1	1	27	11
20	17	5	32	2	4	4	27	4
21	37	4	25	1	—	1	23	1
22	14	8	24	2	—	3	47	—
23	39	5	39	3	—	—	13	—
24	17	6	24	1	1	1	46	2
25	12	4	18	2	1	1	58	3
26	43	8	31	1	—	1	14	—
27	40	9	33	1	—	1	15	—
28	34	6	13	—	—	2	42	1
29	26	1	12	2	—	—	38	1
30	61	4	17	5	—	—	12	—
31	52	8	26	1	—	—	12	—
32	38	2	22	3	—	—	26	1
33	32	19	29	2	—	—	15	1
34	34	—	20	2	—	—	28	13
35	31	6	34	6	—	1	18	2
36	43	4	14	1	—	—	13	23
37	17	11	15	4	—	—	48	3
38	34	4	29	1	1	1	29	—
39	31	3	29	2	1	1	31	1
40	18	4	22	2	—	—	48	3
41	29	21	18	2	—	1	26	1
42	7	4	7	—	—	—	42	38

Nr.	Quarz	Ortho- klas	Oligo- klas	Labrador	Augit	Seltene Mine- ralien	Kalk- spat	Ton
43	49	4	29	8	1	—	8	—
44	14	4	5	2	—	1	61	12
45	29	4	8	6	—	—	46	5
46	54	9	25	4	—	—	6	—
47	41	11	33	2	—	1	9	—
48	13	4	29	14	—	1	34	2
49	52	9	25	3	—	1	8	—
50	48	8	28	5	—	1	6	1
51	42	12	28	5	1	—	11	—
52	6	2	2,5	0,5	—	—	88	—
53	34	6	27	8	1	2	18	—
54	26	7	19	4	1	1	38	2
55	28	8	22	3	—	1	35	1
56	19	16	31	—	—	1	23	9
57	22	4	12	1	—	—	51	8

1. Graugelber, ziemlich grobkörniger Sand; 20 km von Sidi Barani in Richtung auf Mersa Matruh entfernt.
2. Rötlichgelber tonhaltiger Feinsand; 35 km von Sidi Barani in Richtung auf Mersa Matruh entfernt.
3. Schwach rötlichgelber feinsandiger Lehm; 24 km vor Mersa Matruh, von Sidi Barani aus.
4. Sehr feiner rötlicher schwach lehmiger Sand; 8 km vor Mersa Matruh, von Sidi Barani aus.
5. Feiner gelber Sand; etwa 100 km vor Alexandria, von Mersa Matruh aus.
6. Ziemlich grober, dunkelgraugelber Sand; etwa 100 km vor Alexandria, von Mersa Matruh aus.
7. Rötlichgelber mittelkörniger Sand; 90 km vor Alexandria, von Mersa Matruh aus.
8. Graugelber mittelkörniger Sand; 86 km vor Alexandria, von Mersa Matruh aus.
9. Grauer feiner lehmiger Sand mit einzelnen Steinchen; zwischen den beiden Armen des Mariutsees, kurz nach Alexandria in Richtung Kairo.
10. Mittel- bis grobkörniger Sand aus der Umgebung Alexandrias.
11. Weiße runde Kalkkonkretionen mit wenig feinem graugelben, lehmigen Sand; 40 km von Alexandria in Richtung Kairo entfernt.
12. Schwach rötlichgelber Sand; 43 km von Alexandrien in Richtung Kairo entfernt.
13. Gelber Sand mit einzelnen abgerundeten Quarzen; 50 km von Alexandria in Richtung Kairo entfernt.
14. Feiner bis mittelkörniger gelber Sand mit etwas Kies. 108 km von Alexandria in Richtung Kairo entfernt.
15. Feiner graugelber Sand mit einzelnen Steinchen; Massiv von Abu Roasch.
16. Mittelkörniger gelber Sand; Massiv von Abu Roasch.
17. Graugelber feiner schwach lehmiger Sand mit einzelnen kleinen Gipsrosetten; Wadi Liblabe, östlich von Kairo, am Südhang des Tales auf Kalkstein.
18. Feiner rötlichgrauer Sand; Wadi Liblabe, Djebel Achmar.

19. Rötlichgrauer feiner Sand auf Kalkstein; Wadi Liblabe.
20. Sehr feiner graugelblicher Sand mit vereinzelt kleinen Kalkkonkretionen; Wadi Liblabe, 500 m westlich vom Aufstieg zum kleinen versteinerten Wald. Kalkuntergrund.
21. Feiner graugelber Sand mit einzelnen größeren Quarzen. Seitentälchen vom Wadi Liblabe, rechts vom Aufstieg zum kleinen versteinerten Wald.
22. Feiner graugelblicher Sand mit zahlreichen Kalkkonkretionen und einzelnen größeren Kalksteinchen; Weg zum Wadi Dugla bald nach der Abzweigung vom Wadi Ti.
23. Gelber mittelkörniger Sand mit etwas Kies; kleines Seitental nördlich vom Wadi Dugla, südöstlich des großen versteinerten Waldes.
24. Feiner graugelber Sand, schwach durch Kalk verkittet; Wadi Ti, 8 km östlich von Maadi.
25. Hellgraugelber feiner Sand. Wadi Ti, 8 km östlich von Maadi, im südlichen Seitental.
26. Ziemlich grober gelber Sand mit Kies; kleiner versteinerter Wald, 12 km östlich von Maadi.
27. Gelber mittel- bis grobkörniger Sand; großer versteinerter Wald, unmittelbar nördlich vom Wadi Ti, 22 km von Maadi entfernt.
28. Teils grober, teils feiner schmutziggelber Sand; etwa 2 km nördlich von km 22 im Wadi Ti von Maadi aus. Großer versteinerter Wald.
29. Gelber feiner bis mittelfeiner Sand mit einzelnen Steinchen; 23 km östlich von Maadi auf den Höhen südlich vom großen versteinerten Wald.
30. Graugelber mittelkörniger Sand mit einzelnen großen abgerundeten Quarzen und vereinzelt plattigen Kalksteinbruchstücken; 23 km von Maadi aus im Wadi Ti am großen versteinerten Wald.
31. Mittel- bis grobkörniger gelber Sand mit etwas Kies; Wadi Ti, 23 km östlich von Maadi, bei der Arche Noah.
32. Schwach bräunlichgelber feiner Sand mit größeren Beimischungen; 24 km östlich von Maadi im großen versteinerten Wald, nördlich vom Wadi Ti.
33. Feiner gelber Sand aus dem Wadi Ti, 24 km östlich von Maadi.
34. Feinsandiger bis schwach lehmiger graugelber Boden mit einer Beimischung von groben Quarzen; Wadi Ti, 27 km östlich von Maadi im nördlichen Seitental.
35. Sehr feiner hellgelber Sand mit Kalkkonkretionen; 30 km von Maadi in Richtung auf den Bir Gindali entfernt.
36. Feiner gelber Sand mit groben Quarzen und Tongallen; etwa 30 km östlich von Maadi in Richtung auf den Bir Gindali, im südlichen Seitental.
37. Schmutziggelber feiner Sand mit Kalkkonkretionen; 37 km östlich von Maadi, in Richtung auf den Bir Gindali.
38. Rötlicher feiner Sand mit größeren Quarzen; 38 km von Maadi in Richtung zum Bir Gindali entfernt.
39. Rötlicher feiner Sand mit Beimischungen von feinerem und größerem Kies; 42 km von Maadi in Richtung zum Bir Gindali entfernt.
40. Graugelber feiner Sand mit Kalkkonkretionen; 42 km von Maadi in Richtung zum Bir Gindali entfernt.
41. Graugelber mittelkörniger Sand; 42 km von Maadi in Richtung zum Bir Gindali entfernt.
42. Graugelber feiner Sand mit Tongallen; größeres Tal, vom Wadi Ti 10 km nach Nordosten entfernt.

43. Graugelber mittelkörniger Sand; 25 km von Kairo in Richtung Suez entfernt.
44. Sehr stark kalkhaltiger gelber feiner Sand mit einzelnen Muschelschalen (Meeressand aus dem Miozän); 100 km von Kairo in Richtung Suez entfernt im rechten Seitental am rechten Berghang.
45. Feiner gelber Sand mit Kalkkonkretionen und Stückchen von Kalkkrusten; 100 km von Kairo in Richtung Suez entfernt.
46. Graugelber Sand; zwischen Bir Gindali und der Straße von Kairo nach Suez, etwa beim Djebel Jamum.
47. Gelber, mittel- bis grobkörniger Sand; 24 km nordwestlich vom Bir Gindali in Richtung zur Straße Kairo—Suez.
48. Graugelber, feiner bis grober Sand und Kies; 15 km nordwestlich vom Bir Gindali in Richtung zur Straße Kairo—Suez.
49. Graugelber Sand; 12 km nordwestlich vom Bir Gindali in Richtung zur Straße Kairo—Suez.
50. Feiner bis grober gelblicher Sand; 9 km nordwestlich von Bir Gindali in Richtung zur Straße Kairo—Suez.
51. Mittelkörniger bis grober graugelber Sand; 4 km nordwestlich vom Bir Gindali in Richtung zur Straße Kairo—Suez.
52. Weiße runde Kalkkonkretionen mit einer geringen Beimischung von gelbem Sand; Bir Faluwe, etwa 10 km südöstlich vom Wadi Ti.
53. Mittelkörniger graugelber Sand mit vereinzelt größeren Quarzen; 10 km westlich vom Bir Gindali.
54. Sehr feiner graugelber, zum Teil durch Kalk leicht verkitteter Sand; etwa 5 km östlich vom Bir Gindali.
55. Gelber Sand; 50 km vom Golf von Suez in Richtung zum Bir Gindali entfernt.
56. Gelber feiner, schwach lehmiger Sand; etwa 50 km westlich vom Golf von Suez, auf der Ebene oberhalb vom Wadi Ramlieh in Richtung zum Bir Gindali.
57. Feiner graugelber Sand mit Tongallen; 39 km von der Militärstation am Golf von Suez in Richtung zum Bir Gindali entfernt.

Die Proben 22 bis 34 stammen aus dem Wadi Ti und aus seiner Umgebung. Maadi von dem aus die Entfernungen der Entnahmepunkte der Proben gemessen wurden liegt 9 km südlich von Kairo. Die Probe 22 ist ein feiner, graugelber Kalkfeldspatsand mit Kalkkonkretionen und einzelnen größeren Kalksteinchen. In Probe 23, einem gelben mittelkörnigen Feldspatquarzsand mit einzelnen Kiesgeröllen, tritt der Kalk wieder stark zurück. Probe 24 ähnelt in ihrer Mineralzusammensetzung wieder stark der Probe 22, sie ist ein feiner, graugelber Kalkfeldspatsand. In Probe 25 hat der Kalkgehalt noch weiter zugenommen, in dem feinen Kalkfeldspatsand ist die Farbe durch den höheren Kalkgehalt hellgraugelb geworden. Die Proben 26 und 27 sind sich ziemlich ähnlich. Beide sind Quarzfeldspatsande mit einem hohen Kalkgehalt. Probe 26 ist ein ziemlich grober gelber Sand mit einem Kiesgehalt, und Probe 27 ist ein ebenfalls gelber, mittel- bis grobkörniger Sand. In Probe 28 mischt sich eine ziemlich grobe Quarzfeldspatkomponente mit einer feinen Kalkkomponente. Die Probe ist als schmutziggelber Kalkquarzsand zu bezeichnen. Auch der gelbe feine bis mittelfeine Sand der Probe 29 ist als Kalkquarzsand anzusprechen. Bemerkenswert an ihm ist, daß er 19% verkieseltes Brauneisenerz enthält. Auch ein Teil der in ihm auftretenden Steinchen bestehen aus verkieseltem Brauneisenerz. Die Probe 30 ist ein graugelber, mittelkörniger

Quarzfeldspatsand, dessen Gehalt an Labrador verhältnismäßig hoch ist. Er enthält einzelne große abgerollte Quarze bis zu 2,5 mm Größe und vereinzelt Kalksteinbruchstücke beigemischt. Die Zusammensetzung der Probe 31, eines mittel- bis grobkörnigen Quarzfeldspatsandes mit einzelnen Kiesgeröllen, ist ähnlich, außer daß bei ihm der Labradorgehalt, der bei Probe 30 auf lokale Umstände zurückgeführt werden muß, wieder kleiner geworden ist. Probe 32, ein schwach bräunlichgelber feiner Sand mit größeren Beimischungen, setzt sich aus annähernd gleichen Mengen Quarz, Feldspat und Kalkspat bei Vorherrschen des Quarzes zusammen. Die größeren Beimischungen sind meist verkieseltes Brauneisenerz, von dem die Probe 6% enthält. Probe 33 besteht aus einem feinen gelben Feldspatquarzsand mit einem hohen Gehalt an Orthoklas. Probe 34, aus einem Nebental des Wadi Ti, hat eine ganz andere Zusammensetzung. Sie ist ein Quarzkalksand von sehr feiner Korngröße und einem erheblichen Gehalt an Ton. Die Tonminerale sind wieder häufig zu größeren Aggregaten verkittet. Orthoklas fehlt völlig in der Probe.

Die Proben 35 bis 41 wurden zwischen Maadi und Bir Gindali entnommen. Bir Gindali liegt 42 km in der Luftlinie östlich von Maadi. Die Probe 35 ist ein sehr feiner hellgelber Quarzfeldspatsand mit einem ziemlich hohen Kalkgehalt. Der Kalkspat ist zum Teil in Form von größeren Konkretionen vorhanden. Der Labradorgehalt der Probe ist ungewöhnlich hoch. Ganz in der Nähe wurde auch die Probe 36 entnommen. Sie besteht ebenfalls aus einem feinen gelben Quarzfeldspatsand mit erheblichem Kalkgehalt, enthält aber zum Unterschied gegen die Probe 35 nur wenig Labrador. Dagegen finden sich in ihr grobe Quarze mit Korngrößen bis über 2 mm und Tongallen. Diese Tongallen machen sich auch in dem Mineralbestand der Tabelle 2 in dem hohen Wert der „Tonminerale“ geltend. Diese „Tonminerale“ sind wieder Aggregate aus verkitteten einzelnen Tonmineralien. Die Probe 37 ist ein schmutziggelber feiner Kalkfeldspatsand, der Kalkkonkretionen enthält. Die Probe 38, deren Fundpunkt 1 km weiter in der Richtung auf Gindali liegt, ist ein rötlicher, feiner Sand, an dessen Zusammensetzung Quarz, Feldspat und Kalkspat in annähernd der gleichen Menge beteiligt sind. Die Fundpunkte der Proben 39, 40 und 41 liegen alle dicht beisammen in der Nähe von Gindali. Bei allen drei Proben sind Quarz, Feldspat und Kalkspat in erheblichen Mengen an der Zusammensetzung beteiligt; trotzdem unterscheiden sich die drei Proben deutlich mikroskopisch, zum Teil auch schon makroskopisch. Probe 39 ist ein rötlicher feiner Sand, der feineren und größeren Kies beigemischt enthält und bei dem die Feldspatkomponente schwach vorherrscht. Probe 40 ist ein graugelber, feiner Kalkfeldspatsand mit einer erheblichen Quarzkomponente. Die Probe enthält wieder Kalkkonkretionen. Die Probe 41 ist ein graugelber, mittelkörniger Feldspatquarzsand mit nicht viel weniger Kalkspat als Quarz.

Ganz aus der Reihe der eben beschriebenen Proben fällt die Probe 42. Sie besteht aus einem graugelben, feinen Kalksand, in dem Tongallen eingelagert sind. Daher sind in der mikroskopisch untersuchten Fraktion Aggregate von Tonmineralien in großer Anzahl vorhanden. Der Fundpunkt liegt 10 km nordöstlich vom Wadi Ti, zwischen Bir Gindali und Kairo.

Die Proben 43 bis 45 sind an der Straße von Kairo nach Suez entnommen. Die Entfernung von Kairo bis Suez beträgt 130 km. Die Probe 43 ist ein graugelber, mittelkörniger Quarzfeldspatsand mit nur verhältnismäßig wenig Kalkspat. Sein Labradorgehalt ist recht hoch. Ganz anders ist die Zusammensetzung der Proben 44 und 45, deren Fundpunkte nahe beieinander liegen. Probe 44 ist ein feiner, gelber Kalksand mit einem beträchtlichen Anteil durch Eisenverbindungen verkitteter Tonminerale. Nach der Beschreibung von W. Kaltenbach ist es ein miozäner Meeressand mit einzelnen

Muschelschalen. Die Probe 45 ist ein feiner, gelber Kalkquarzsand mit einem verhältnismäßig hohen Gehalt an Labrador.

Die Proben 46 bis 51 sind zwischen der Straße Kairo—Suez und dem Bir Gindali entnommen. Bei allen diesen Proben, bis auf die Probe 48, herrschen der Quarz und Feldspat gegenüber dem Kalkspat stark vor. Probe 46 ist ein graugelber Quarzsand mit einem hohen Feldspatgehalt. Bei Probe 47 ist der Feldspatgehalt auf Kosten des Quarzes noch weiter angestiegen, so daß man sie als Feldspatquarzsand ansprechen muß. Die Körnung dieser Probe ist mittel- bis grobkörnig. Probe 48 ist die einzige dieser Proben, die eine erhebliche Menge Kalkspat enthält. Sie ist als ein feiner bis grober, graugelber Feldspatkalksand zu bezeichnen. Der Boden ist mit Kies und mit Quarzitbrocken, die der ehemaligen Verkieselungsdecke entstammen, bedeckt. Es ist noch auf den ungewöhnlich hohen Gehalt der Probe an Labrador (s. Tabelle 2) hinzuweisen. Die Probe 49 ist ein graugelber Quarzsand mit einem hohen Gehalt an Feldspat. Die Probe wurde, ebenso wie die Probe 50, in einer Kieswüste entnommen. Mineralogisch hat die letztere fast dieselbe Zusammensetzung wie die Probe 50, nur ist der Gehalt an Feldspat etwas angestiegen. Die Probe ist als Quarzfeldspatsand von feiner bis grober Körnung und gelblicher Farbe zu bezeichnen. Bei Probe 51 ist der Quarzgehalt weiter gefallen und der Feldspatgehalt gestiegen. Sie besteht aus einem mittelkörnigen bis groben, graugelben Feldspatquarzsand.

Die Probe 52 hat äußerlich eine große Ähnlichkeit mit der Probe 11. Sie besteht ebenfalls aus weißen Kalkkonkretionen, die aber hier aus fast reinem Kalkspat ohne Beimischung von Tonmineralien bestehen. Eingebettet sind diese Konkretionen in gelben Sand.

Die jetzt folgenden Proben 53 und 54 liegen noch in der weiteren Umgebung von Bir Gindali, die Proben 55 bis 57 zwischen Bir Gindali und Suez. Suez ist von Bir Gindali in der Luftlinie 83 km entfernt. Probe 53 ist ein graugelber, mittelkörniger Feldspatquarzsand mit einem beträchtlichen Kalkspatanteil und viel Labrador. Probe 54 ist ein sehr feiner, graugelber Kalkfeldspatsand mit fast ebensoviel Quarz wie Feldspat. Der Sand ist durch Kalkspat leicht verkittet. Probe 55 ist ein gelber Kalkfeldspatsand von fast derselben Zusammensetzung, aber mit einem etwas kleineren Kalkspatanteil. In Probe 56 herrscht der Feldspat vor, aber auch der Gehalt an Kalkspat und Quarz ist beträchtlich; außerdem sind in der Probe noch Aggregate von Tonmineralien in nennenswerter Menge enthalten. Die Probe ist als schwach lehmiger Feldspatkalksand mit hohem Quarzgehalt anzusprechen. Aggregate von Tonmineralien finden sich ebenfalls in der Probe 57. Hier sind sie aber nicht gleichmäßig durch den ganzen Sand verteilt, sondern treten in größeren Tongallen auf. Unter den übrigen Mineralien herrscht Kalkspat vor, aber auch Quarz ist noch in beträchtlicher Menge vorhanden. Der Sand ist als feiner, graugelber Kalksand zu bezeichnen.

Die Fig. 2, die die mineralogische Zusammensetzung ägyptischer Böden zeigt, macht einen etwas weniger einheitlichen Eindruck als die der libyschen. Dies hängt mit der vielseitigeren Herkunft der Proben hier zusammen. Besonders fällt auf, daß die Figur verschiedene Böden mit einem erheblichen Reichtum an Tonmineralien und einen mit einem auffällig hohen Augitgehalt aufweist. Im Durchschnitt sieht man aber wieder, daß der Quarz, häufig sogar mit den Silikaten zusammen, durchaus nicht die beherrschende Rolle spielt. Fast alle Böden enthalten neben Quarz erhebliche Mengen an Silikaten, auch wieder an Labrador

Die mineralogische Zusammensetzung ägyptischer Wüstensande

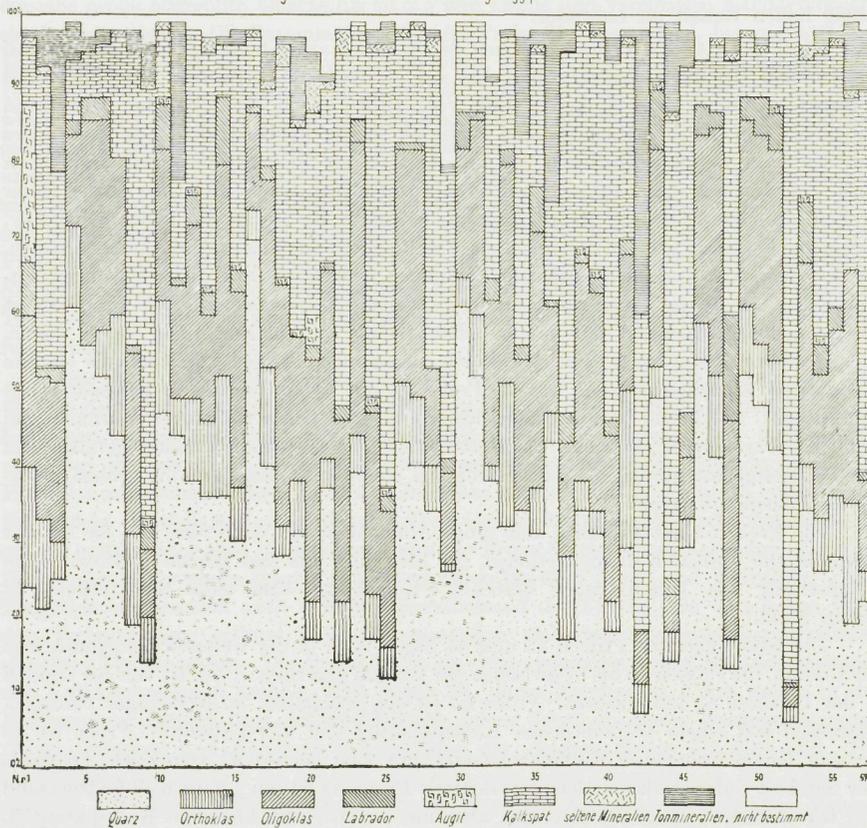


Fig. 2.

und Augit. Der Gehalt an Kalkspat wechselt hier auch bei benachbarten Böden sehr stark.

Auf der Sinaihalbinsel wurden die Proben 1 bis 6 südlich von el Arisch an der Straße von el Arisch nach Bir Hassaua, das 76 km südlich von el Arisch liegt, entnommen. Der Entnahmepunkt der Probe 1 liegt am Beginn eines größeren Dünengebietes. Sie besteht aus einem feinen, weißgelblichen Sand, in dem der Kalkspat vor den übrigen Mineralien stark vorherrscht und der einen nennenswerten Gehalt an Tonaggregaten führt. Der Gehalt an Feldspäten ist nur unbedeutend geringer als der an Quarz. Der Entnahmepunkt der Probe 2 liegt in dem oben erwähnten Dünengebiet. Die Probe ist ein gelber, feiner bis mittelkörniger Quarzfeldspatsand mit einem hohen Gehalt an Kalkspat. Außerdem ist der Sand reich an Orthoklas. Auch die Probe 3 stammt noch aus dem Dünengebiet. Trotzdem hat sie eine ganz andere mineralogische Zusammensetzung als die Probe 2. Der Gehalt an Kalkspat ist stark zurückgegangen, und dafür ist der Quarzwert erheblich angewachsen. Auch die Zusammensetzung des Bestandes an Feldspat ist eine andere. Der Orthoklas ist besonders zurückgegangen; dafür findet sich aber in dieser Probe Labrador in nicht geringer Menge. Der Sand ist

als rötlichgelber Quarzsand zu bezeichnen. Die Probe 4 ist ein feiner gelber Feldspatquarzsand mit einem wieder hohen Gehalt an Kalkspat. Einen großen Teil des Feldspats stellt der Labrador. Der Entnahmeort der Probe liegt schon südlich des Dünengebiets. In Probe 5 ist der Kalk- und der Quarzgehalt weiter auf Kosten des Gehaltes an Feldspat angestiegen. Die Probe ist daher als ein Kalkquarzsand von fast bräunlichgelber Farbe anzusprechen. Probe 6 ist ein feiner, gelber Kalkfeldspatsand mit einem hohen Gehalt an Quarz. Probe 7 ist ein feiner, gelber Quarzfeldspatsand mit einem hohen Kalkgehalt und mit großen, gut abgerundeten Quarzen mit einem Durchmesser bis zu 3 mm.

Die Proben 8—11 stammen alle aus der Nähe des Djebel Hellal, der nördlich des Weges von Bir Hassaua nach el Kossaima liegt. Mit Ausnahme der Probe 8 sind alle diese Proben reich an Kalkspat. Die Probe 8 ist ein fast von feinem Kalkspat freier Sand, in dem Quarz stark vorherrscht. Der Sand hat eine feine Korngröße und ist von weißgelber Farbe. Er enthält Kalkkonkretionen und Kalksteinbruchstücke, von denen auch die 9% Kalkgehalt in den Fraktionen mit Korngrößen unter 2 mm herrühren. Die Probe 9, ein gelber mittelkörniger Sand, enthält immer noch Quarz in herrschender Menge, obgleich der Quarzgehalt stark zurückgegangen ist. Dafür ist der Gehalt an Kalkspat, und zwar als feinsten Kalkstaub, erheblich angewachsen. Der Sand ist also als Quarzkalksand zu bezeichnen. Die Feldspatmenge ist annähernd dieselbe wie in Probe 8 geblieben, trotzdem sich die Orthoklasmenge verdoppelt hat. Die Probe 10 entstammt einer Steinwüste. Sie besteht aus einem graugelben feinen Sand, von dessen Mineralien der Kalkspat die größte Menge stellt. Nach ihm folgt der Feldspat und schließlich der Quarz, der aber ebenfalls noch in erheblicher Menge auftritt. Der Sand ist ein Kalkfeldspatsand. In Probe 11, einem feinen, hellgelben Feldspatquarzsand, ist gegen den vorigen die Menge an Kalkspat etwas zurückgegangen und die an Quarz entsprechend angewachsen, so daß diese Mineralien in nicht allzu sehr verschiedener Menge vorhanden sind. Der Sand war durch Kalkspat leicht verkittet.

Die Proben 12—14 wurden zwischen Kossaima und Kuntilla längs der ägyptisch-palästinensischen Grenze entnommen. Die Probe 12 ist ein weißgelber Kalksand, der durch Kalk verkittet ist und Feldspat und Quarz in fast gleicher Menge enthält. Neben dem Kalkspat ist die Verkittung zum Teil auch durch Kieselsäuregele bewirkt; die Menge dieser Kieselsäure wurde zu 3% ausgemessen. Außerdem enthält der Sand 1% verkieseltes Brauneisenerz. Probe 13 hat eine ähnliche Zusammensetzung wie Probe 12; nur ist der Gehalt an Quarz zurückgegangen und der an Labrador erheblich angestiegen. Da diese Probe außerdem im Gegensatz zu Probe 12 nennenswerte Mengen Augit enthält, ist ihr offenbar Material von basischen Eruptivgesteinen zugeführt worden. Außer diesen Mineralien enthält sie noch 1% verkieseltes Brauneisenerz. Die Probe liegt auf Kreidekalkhügeln auf, die eine Steinwüste bilden, und ist als ein graugelblicher, feiner Kalkfeldspatsand zu bezeichnen. Probe 14 ist ein hellgelber, feiner Sand, der Kalkspat, Feldspat und Quarz in nicht allzu verschiedenen Mengen enthält, in dem aber Kalkspat noch vorherrscht. Der Sand enthält wieder Ausscheidungen von Kalkkonkretionen und zeigt Verkieselungserscheinungen.

Die Proben 15—17 stammen vom Djebel Nekhl, der annähernd in der Mitte an der Straße von Kuntilla nach Suez liegt, von Kuntilla 108 und von Suez 124 km entfernt. Trotzdem die Fundpunkte der drei Proben nicht weit voneinander entfernt liegen, haben sie doch eine ganz verschiedene mineralogische Zusammensetzung. Die Probe 15 ist ein gelblichweißer Kalksand mit einem fast gleichgroßen Gehalt an Quarz und Feldspat. Der Untergrund der Probe besteht aus Kalk, der an der Erdoberfläche verkieselt ist. Dementsprechend enthält die Probe auch 3% umkristallisierte Kieselsäure und 1% verkieseltes Brauneisenerz. Die Probe 16 führt nur verhältnismäßig wenig Kalkspat.

Tabelle 3.
Die mineralogische Zusammensetzung der Wüstensande
der Halbinsel Sinai.

Nr.	Quarz	Ortho- klas	Oligo- klas	Labrador	Augit	Seltene Mine- ralien	Kalk- spat	Ton
1	23	4	16	—	1	1	48	5
2	26	16	29	1	1	1	24	1
3	54	9	20	6	1	1	7	—
4	24	17	21	9	1	—	26	1
5	34	6	17	1	2	—	37	2
6	22	11	26	4	1	1	31	2
7	34	14	17	—	1	2	29	2
8	70	4	13	1	—	1	9	—
9	58	8	11	1	—	—	21	—
10	25	5	22	4	2	1	36	2
11	32	7	22	5	1	1	29	2
12	20	4	16	2	—	—	53	2
13	12	4	15	9	2	1	51	3
14	28	4	23	3	1	1	35	4
15	17	5	9	2	1	1	52	11
16	45	6	31	4	1	1	9	2
17	10	3	8	2	1	1	61	12
18	31	4	13	1	—	—	47	2
19	16	4	14	2	1	1	58	3
20	33	5	28	2	1	1	27	1
21	28	5	32	4	1	1	25	2
22	28	7	22	5	1	1	31	2
23	13	8	10	2	—	—	63	2

1. Feiner weißgelblicher Sand; 26 km südlich von El Arisch in Richtung zum Bir Hassaua.
2. Gelber, feiner bis mittelkörniger Sand; 28 km südlich von El Arisch in Richtung zum Bir Hassaua.
3. Rötlichgelber Sand; 28 km südlich von El Arisch in Richtung zum Bir Hassaua.
4. Feiner gelber Sand; 36 km südlich von El Arisch in Richtung zum Bir Hassaua.
5. Schwach bräunlichgelber Sand; 48 km südlich von El Arisch in Richtung zum Bir Hassaua.
6. Feiner gelber Sand; 65 km von El Arisch entfernt, am Fuß des Djebel Dalfa.
7. Feiner rötlichgelber Sand mit großen abgerundeten Quarzen; Wadi um Nutla.
8. Weißgelber feiner Sand mit vereinzelt gröberen Quarzen, Kalkkonkretionen und Kalksteinbruchstücken; in der Nähe des Djebel Hellal.
9. Gelber mittelkörniger Sand; sandige Ebene vor dem Djebel Hellal.
10. Graugelber feiner Sand mit Kies; am Fuß und vor den Vorhügeln des Djebel Hellal.
11. Feiner hellgelber Sand, zum Teil durch Kalk schwach verkittet; am Fuß des Djebel Hellal.

12. Weißgelber, durch Kalk verkitteter Sand; zwischen Kossaima und Kuntilla.
13. Graugelblicher feiner Sand auf den Kreidekalkhügeln zwischen Kossaima und Kuntilla.
14. Hellgelber feiner Sand mit Kalk- und Kieselkonkretionen von den Vorhügeln des Djebel Aveifen—Naga zwischen Kossaima und Kuntilla.
15. Gelblichweißer feiner Sand, vielfach verkittet; Djebel Nekhl.
16. Weißgelber, fein- bis mittelkörniger Sand; Djebel Nekhl.
17. Gelblichweißer, zum Teil verkitteter Sand über Kalkstein; Djebel Nekhl.
18. Weißgelber Sand von Bir Hassaua.
19. Weißgelber, sehr feiner Sand mit einzelnen gröberen Kalkkonkretionen; 18 km von Bir Hassaua in Richtung auf Suez entfernt.
20. Graugelber feiner Sand mit einzelnen gröberen Quarzen; 36 km von Bir Hassaua in Richtung auf Suez entfernt.
21. Bräunlichgelber, zum Teil leicht verkitteter feiner Sand; 36 km von Bir Hassaua in Richtung auf Suez entfernt.
22. Graugelber, sehr feiner Sand mit einzelnen Steinchen; von Bir Hassaua aus 50 km vor Suez; noch im Gebirge.
23. Graugelber feiner Sand mit einzelnen Steinchen; von Bir Hassaua aus 50 km vor Suez.

In ihr herrscht Quarz vor; sie enthält aber nicht viel weniger Feldspat. Die Probe 17 ist ein gelblichweißer Kalksand, der zum Teil durch Kalk verkittet ist. Abgesehen von dem größeren Kalkspatgehalt hat die Zusammensetzung der Probe viel Ähnlichkeit mit der der Probe 15. Der Sand liegt auf Kalkstein auf.

Die Proben 18—23 sind zwischen Bir Hassaua und Suez entnommen. Die Entfernung zwischen beiden Orten beträgt 144 km. Mit der Probe 18, die aus Bir Hassaua stammt, ist der Anschluß an die Proben 6 und 7 gegeben. Sie ist ein weißgelber Kalkquarzsand, der sich durch seinen erheblich höheren Kalkgehalt und niedrigeren Gehalt an Feldspäten, besonders an Orthoklas, grundsätzlich von den Proben 6 und 7 unterscheidet. Außerdem enthalten die Proben 6 und 7 Augit, der bei Probe 18 fehlt. Die Probe 19 wurde noch im Tale des Wadi Hassaua entnommen. Sie ist ein sehr feiner, weißgelber Sand, in dem Kalk vorherrscht. Dementsprechend enthält der Sand auch kleinere und größere Kalkkonkretionen. Sein Untergrund besteht aus Kalkstein, der an vielen Stellen verkieselt ist. Die Proben 20 und 21 sind nicht weit voneinander entfernt entnommen, Probe 20 noch in der Kieswüste. Beide sind Feldspatquarzsande mit hohem Kalkgehalt. Auch die Zusammensetzung ihrer Feldspäte ist ähnlich, wobei allerdings Probe 21 etwas reicher an basischen Plagioklasen ist. Auch die Fundpunkte der Proben 22 und 23 liegen nicht weit voneinander entfernt. Die Probe 22 stammt noch aus dem Gebirge, die Probe 23 aus der Kieswüste. Diese beiden Proben unterscheiden sich in ihrer mineralischen Zusammensetzung aber erheblich. Die Probe 22 ist ein graugelber, sehr feiner Sand mit fast gleichen Mengen Feldspat, Kalkspat und Quarz. In Probe 23, einem ebenfalls graugelben feinen Sand, herrscht dagegen der Kalkspat einwandfrei vor. Außerdem fehlen ihm im Gegensatz zu Probe 22 Augit und seltene Mineralien.

Die in Fig. 3 gezeigte durchschnittliche Zusammensetzung der Böden der Sinaihalbinsel hat viel Ähnlichkeit mit der Fig. 1. Nur scheint hier der Kalkspat fast eine noch größere Rolle zu spielen. Neben Quarz treten wieder die Silikate, auch Labrador und Augit, in erheblichen

Tabelle 4.
Rötlichgelber, feiner bis mittelkörniger Sand;
20 km vor Agedabia von Es Sahabi aus.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	10
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	42	92	90	61	58	39	15	5	6
Orthoklas	28	2	3	4	6	5	5	5	2
Oligoklas	30	6	3	28	27	34	51	27	26
Labrador	—	—	—	4	6	8	6	9	2
Augit	—	—	—	2	2	3	4	6	2
Seltene Mineralien .	—	—	—	—	—	1	2	7	5
Ton und unbestimmt	—	—	4	1	1	10	17	41	57

Mengen auf. Verschiedene Böden besitzen auch einen nennenswerten Gehalt an Tonmineralien. Die Folgerungen, die aus dieser Mineralzusammensetzung der Böden gezogen werden können, sind dieselben wie bei den Böden Libyens (s. S. 237).

Im Anschluß an die oben beschriebene mineralische Zusammensetzung der gesamten Bodenprobe ist es nun wünschenswert, die Verteilung der einzelnen Mineralien auf die verschiedenen Korngrößengruppen kennenzulernen. Eine derartige Untersuchung sämtlicher Proben war natürlich unmöglich, daher wurden einige charakteristische Bodenproben aus den verschiedenen Gebieten ausgewählt. Zunächst wurde bei diesen Proben der Kalk durch verdünnte Salzsäure entfernt, um die Verkittungen der einzelnen Mineralkörner und ihre Kalküberzüge, die die optischen Bestimmungen stark hindern oder unmöglich machen, zu zerstören. Die Menge des herausgelösten Kalkspates ist in Tab. 11, S. 258, aufgeführt. Dann wurden die einzelnen Fraktionen durch die Schlämmanalyse getrennt und anschließend ihr Mineralbestand auf dem Zähltablett ausgezählt. Da der Anteil des Mineralbestandes der einzelnen Fraktionen natürlich von der Größe der Fraktionen abhängig ist, wurde die Tab. 10, S. 258, mit dem quantitativen Ergebnis der Schlämmanalysen der Arbeit noch beigegeben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bringen die Tabellen 4—9.

Der Fundort der Probe, deren Untersuchungsergebnis Tabelle 4 enthält, liegt nicht weit vom dem Fundpunkt der Probe 15 aus Libyen. Die größte Fraktion besteht nur aus Quarz und Feldspäten, und zwar Orthoklas und saurem Plagioklas. Die nächsten beiden Fraktionen ent-

Die mineralogische Zusammensetzung
von Wüstensanden der Halbinsel Sinai

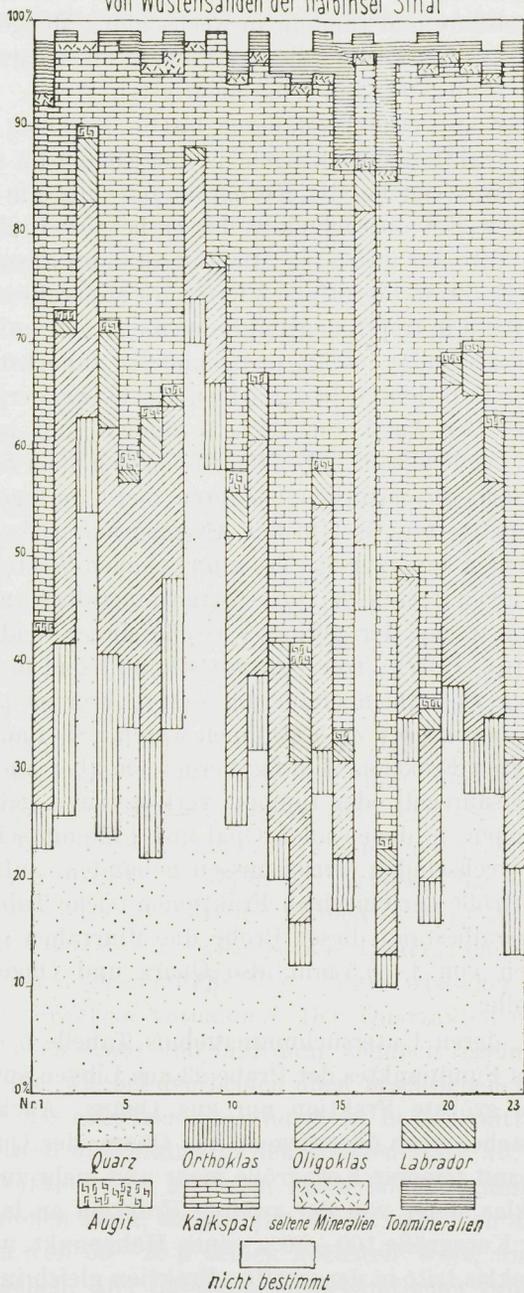


Fig. 3.

halten fast nur Quarz neben geringen Mengen an Feldspat. Die kleine Menge von 4% Unbestimmbarem besteht hier aus feinem Mineralstaub, der durch Kieselsäure und Limonit in wechselnden Mengen verkittet ist. In den nächsten Fraktionen fällt der Gehalt an Quarz dauernd und erreicht in den beiden feinsten seine niedrigsten Werte. Demgegenüber bleibt der Gehalt an Orthoklas dauernd fast in derselben Höhe, um erst in der feinsten Fraktion zurückzugehen. Der Gehalt an saurem Plagioklas, an Oligoklas, steigt bei der Korngröße 0,5—0,2 mm plötzlich stark an, steigt dann weiter unregelmäßig, bis er bei der Fraktion 50—20 μ mehr als die Hälfte des gesamten Mineralbestandes ausmacht und fällt in der feinsten Fraktion bis auf ein Viertel des Mineralbestandes. In der Fraktion 0,5—0,2 mm treten neu Labrador und Augit auf. Der basische Plagioklas, der Labrador, steigt mengenmäßig zunächst unregelmäßig an, bis er in der Fraktion 20—10 μ seinen Höchstwert erreicht und fällt dann stark ab. Der Augit verhält sich ähnlich; nur ist sein Anstieg regelmäßig. In der Fraktion 100—50 μ finden sich auch zum ersten Male seltene Mineralien, die natürlich bei ihren meist geringen Korngrößen schon im unverwitterten Gestein des Ausgangsmaterials der Böden die feineren Fraktionen bevorzugen. Trotz ihres hohen Wertes in den beiden feinsten Fraktionen treten sie im Gesamtmineralbestand des Bodens ziemlich zurück wegen der geringen Größe dieser beiden Fraktionen (siehe Tabelle 10). Unter „Ton und unbestimmt“ sind in den Tabellen 4 bis 9 Mineralien zusammengefaßt, die wegen ihrer zu geringen Korngrößen nicht näher optisch zu bestimmen waren. Sie finden sich einzeln nur in der feinsten Fraktion. Häufig werden sie aber auch durch Opalsubstanz (Kieselsäuregel) oder Limonit verkittet und gelangen dann in gröbere Fraktionen, in denen auch Opal und Limonit selbständig, oder aneinander in wechselnden Verhältnissen gebunden, auftreten können.

Nach der Größe der einzelnen Fraktionen (siehe Tabelle 10) spielen im Gesamtmineralbestand dieser Probe die Mineralien der Fraktionen mit Korngrößen von 1—0,5 mm, also Quarz und Oligoklas, die vorherrschende Rolle.

Die Probe, deren Untersuchungsergebnis Tabelle 5 enthält, wurde in der Nähe des Fundpunktes der Probe 23 aus Libyen entnommen. Bei ihr besteht die größte Fraktion nur aus Quarz. Auch die nächsten Fraktionen bestehen noch überwiegend aus Quarz; der Quarzgehalt geht aber auch hier mit feinerer Korngröße mehr und mehr zurück. Der Gehalt an Orthoklas steigt von der zweiten Fraktion an langsam an und erreicht bei der Korngröße 100—50 μ seinen Höhepunkt, um dann wieder zu fallen. Oligoklas tritt in der zweiten Fraktion gleich in beträchtlicher Menge auf, fällt aber dann stark ab, um langsam wieder anzusteigen, in

Tabelle 5.
Rötlichgelber, feiner Sand mit einzelnen großen Quarzen;
60 km südlich von Tobruk in Richtung auf Giarabub.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	10
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	100	59	62	54	35	31	23	15	5
Orthoklas	—	13	19	23	24	27	18	15	7
Oligoklas	—	18	9	11	15	21	33	27	26
Labrador	—	—	2	5	7	11	8	6	5
Augit	—	—	1	2	11	5	8	13	8
Seltene Mineralien .	—	—	—	—	1	4	6	10	9
Ton und unbestimmt	—	10	7	5	7	1	4	14	40

der Fraktion 50—20 μ seinen Höhepunkt zu erreichen und dann nur wenig zurückzugehen. Labrador und Augit sind in geringerer Menge vorhanden. Ihr Anteil an den Fraktionen nimmt unregelmäßig zu den mittelfeinen hin zu. Die seltenen Mineralien bevorzugen wieder die feinen Fraktionen. Die Menge feiner Mineralteilchen, die durch Verkittung in gröbere Fraktionen geraten, ist bei dieser Probe besonders gering. Bei der Berücksichtigung der Größe der einzelnen Fraktionen wird der Gesamtmineralbestand der Probe durch den Mineralbestand der Korngrößenfraktionen von 0,5—0,05 mm bestimmt. Die vorherrschenden Mineralien sind also Quarz, Orthoklas und Oligoklas. Aber auch Labrador und Augit finden sich in nennenswerter Menge.

Die Probe der Tabelle 6 stammt aus Ägypten; ihr Entnahmepunkt liegt in der Nähe der Fundpunkte der Proben 46—51. Die größte Fraktion dieser Probe besteht überwiegend aus Quarz, dem aber erhebliche Mengen an Feldspat beigemischt sind. Auch basischer Plagioklas ist bereits in dieser Fraktion vorhanden. Der Quarzanteil der Fraktionen steigt zunächst noch etwas und fällt dann ziemlich regelmäßig ab, aber nicht in dem Maße, wie bei den beiden oben beschriebenen Proben. Der Orthoklasgehalt der einzelnen Fraktionen ist in den mittelfeinen Fraktionen am höchsten und nimmt in den feinsten stark ab. Der Oligoklas stellt in der Fraktion von 2—1 mm einen hohen Anteil, fällt in den nächsten Fraktionen stark, steigt dann wieder erheblich an und erreicht in der Fraktion von 50—20 μ seinen höchsten Wert, um dann wieder stark zurückzugehen. Der Labradorgehalt sämtlicher Proben ist gering; mengenmäßig steigt und fällt er unregelmäßig. Augit tritt erst in der

Tabelle 6.
Graugelber, mittelkörniger bis grober Sand mit Kies
zwischen dem Bir Gindali und der Straße Kairo—Suez.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	10
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	56	61	58	59	42	39	19	11	14
Orthoklas	18	12	29	23	20	23	16	14	5
Oligoklas	22	26	8	9	19	13	39	26	6
Labrador	4	1	2	5	4	4	3	2	2
Augit	—	—	1	2	4	5	9	4	3
Seltene Mineralien .	—	—	—	—	2	6	7	11	6
Ton und unbestimmt	—	—	2	2	9	10	7	32	64

Fraktion 1—0,5 mm auf und erreicht bei regelmäßigem Ansteigen in der Fraktion von 50—20 μ seinen höchsten Wert. Seltene Mineralien sind ziemlich reichlich vorhanden, besonders in der Fraktion von 20—10 μ .

In dem Sand der Tabelle 6 herrschen die Korngrößen von 2—0,2 mm vor. Ein erheblicher Teil der Mineralien besitzt sogar Korngrößen von über 2 mm. Nach dem Mineralgehalt der Fraktionen herrscht also Quarz stark vor. Auch Orthoklas ist in größerer Menge vorhanden, während Oligoklas mehr zurücktritt. Letzterer steht erst in den feineren Fraktionen, die aber mengenmäßig weniger in Betracht kommen, mehr im Vordergrund.

Ebenfalls aus Ägypten stammt die Probe der Tabelle 7; in der Nähe ihres Fundpunktes wurden auch die schon oben untersuchten Proben 39 bis 41 entnommen. Bei dieser Probe, einem sehr feinen Sand, fehlen Korngrößen über 0,5 mm überhaupt ganz. In den drei nächsten Fraktionen steht Quarz mengenmäßig im Vordergrund und nimmt dann langsam an Menge ab. Orthoklas ist besonders reichlich in der Fraktion von 0,5—0,2 mm vertreten und nimmt dann unter Schwankungen ab. Oligoklas ist in allen Proben in größerer Menge enthalten und erreicht seinen größten Wert bei der Korngröße 50—20 μ . Labrador tritt in geringer Menge schon in der Fraktion 0,5—0,2 mm auf, nimmt dann unregelmäßig ab und ist in den Fraktionen unter 20 μ nicht mehr vorhanden. Der Augit nimmt zunächst regelmäßig zu und erreicht in den Fraktionen von 100—20 μ seinen Höchstwert, um dann wieder abzunehmen. Die seltenen Mineralien sind hier in ziemlich gleicher Menge über alle feineren Fraktionen verteilt.

Tabelle 7.
Sehr feiner, graugelber Sand; Bir Gindali.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	10
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	—	—	—	43	46	45	31	12	8
Orthoklas	—	—	—	26	19	11	8	12	3
Oligoklas	—	—	—	17	21	24	35	31	12
Labrador	—	—	—	5	3	4	2	—	—
Augit	—	—	—	4	7	11	12	8	3
Seltene Mineralien .	—	—	—	2	3	2	5	4	1
Ton und unbestimmt	—	—	—	3	1	3	7	33	73

Bei dieser Probe stehen die Korngrößen zwischen 100 und 20 μ mengenmäßig weit im Vordergrund. Bei Rücksicht hierauf herrschen also Quarz und Oligoklas weit vor. Aber auch Augit ist noch in erwähnenswerter Menge vorhanden, während der Orthoklas hier sogar erst hinter dem Augit folgt.

Tabelle 8.
Gelber feiner Sand; Djebel Hellal.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	10
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	—	—	76	57	46	30	16	6	4
Orthoklas	—	—	3	3	6	7	14	8	3
Oligoklas	—	—	11	29	32	32	34	25	21
Labrador	—	—	3	4	4	6	2	2	1
Augit	—	—	1	1	2	5	2	—	—
Seltene Mineralien .	—	—	—	—	—	2	2	3	—
Ton und unbestimmt	—	—	6	6	10	18	30	56	71

Der Fundpunkt der Probe der Tabelle 8 liegt in der Nähe der der Proben 8—11 auf der Sinaihalbinsel. Bei diesem feinen Sand fehlen die beiden größten Fractionen. Von der Fraction 1—0,5 mm stellt der Quarz drei Viertel des Mineralbestandes. Er nimmt dann langsam und regelmäßig ab, bis er in der feinsten Fraction nur noch 4% ausmacht. Orthoklas ist in allen Fractionen nur untergeordnet vorhanden;

Tabelle 9.
Schwach rötlichgelber, mittelkörniger Sand;
8 km von El Arisch entfernt.

Mineralien	Korngrößen-Fractionen								
	über	2	1	0,5	0,2	100	50	20	unter
	2	1	0,5	0,2	0,1	50	20	10	
	mm	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ	μ
Quarz	100	67	59	61	46	43	21	13	6
Orthoklas	—	14	31	25	20	26	17	14	4
Oligoklas	—	19	5	5	15	6	36	26	11
Labrador	—	—	2	4	5	5	3	3	2
Augit	—	—	1	1	2	4	7	8	7
Seltene Mineralien .	—	—	—	—	3	5	6	9	4
Ton und unbestimmt	—	—	2	4	9	11	10	27	66

er nimmt bis zur Fraktion 50—20 μ zu und dann wieder ab. Oligoklas ist in der Fraktion 1—0,5 mm in nicht besonders großer Menge vorhanden. In allen folgenden stellt er etwa ein Viertel des Mineralbestandes und erreicht in der Fraktion 50—20 μ seinen größten Wert. Labrador findet sich in allen Fraktionen in geringer Menge. Sie steigt regelmäßig bis zur Fraktion 100—50 μ auf 6% an und fällt dann stark ab. Ähnlich verhält sich Augit, dessen höchster Wert in derselben Fraktion liegt. Die seltenen Mineralien bevorzugen wieder die feinen Fraktionen, fehlen aber in der feinsten. Die Anzahl der durch Verkittung in gröbere Fraktionen gelangten Teilchen ist bei dieser Probe besonders groß.

Nach der Schlämmanalyse sind bei dieser Probe die Korngrößen von 0,5—0,05 mm besonders vertreten. Demgemäß herrschen Quarz und danach Oligoklas unter den Mineralien des Bodens stark vor.

Der Entnahmepunkt der Probe der Tabelle 9 liegt auf der Sinaihalbinsel zwischen El Arisch und dem Fundpunkt der Probe 1. Die Korngrößenfraktion über 2 mm ist durch Quarz vertreten. Andere Mineralien sind hier nicht vorhanden. Dann nimmt der Gehalt der einzelnen Fraktionen an Quarz ziemlich regelmäßig ab, bis in der feinsten nur noch 6% enthalten sind. Orthoklas und Oligoklas treten zuerst in der Fraktion 2—1 mm auf. Der Gehalt an Orthoklas erreicht schon in der nächsten Fraktion seinen höchsten Wert und fällt dann zunächst langsam und später schneller. Der Gehalt an Oligoklas fällt und steigt unregelmäßig und erreicht in der Fraktion 50—20 μ seinen höchsten Wert. Der Gehalt der Fraktionen an Labrador ist ziemlich unbedeutend; der an Augit in den feineren Fraktionen nennenswert.

Bei dem Vorherrschen der Korngrößen von 1—0,1 mm spielt in der Gesamtprobe auch hier der Quarz die erste Rolle. Außerdem ist Orthoklas in größerer Menge vorhanden, während der Oligoklas, trotzdem er in den feineren Proben sich in erheblicher Menge findet, in der Gesamtprobe zurücktritt.

Zusammenfassend läßt sich über die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Fraktionen in Hinsicht auf ihren Mineralbestand sagen, daß bei den meisten Quarz, abgesehen vom Kalkspat, der hier ja herausgelöst wurde, die führende Rolle spielt. Besonders in den gröberen Fraktionen herrscht er stets vor. Mit abnehmender Korngröße nimmt er meist regelmäßig ab und wird in den feinsten Fraktionen ziemlich bedeutungslos. Unter den Feldspäten verhalten sich Orthoklas und Oligoklas ähnlich. Sie sind aber meist in den mittelfeinen Fraktionen stärker vertreten und nehmen in den feinsten nicht so stark ab wie der Quarz. Bei einigen Proben sind sie auch in den groben Fraktionen zahlreich, nehmen dann zunächst ab und erreichen ihren Höchstwert in den feineren mittelfeinen Fraktionen. Labrador und Augit waren in den untersuchten Proben nie zahlreich. Ihre Höchstwerte lagen meist in den feineren der mittelfeinen Fraktionen. Die seltenen Mineralien bevorzugen die feineren Fraktionen. Die Tonmineralien sollten auf die feinste Fraktion beschränkt sein. Sie geraten aber durch die oben erwähnten Verkittungen durch Opalsubstanz, also Kieselsäuregel, bis in die Fraktion 1—0,5 mm und noch höher. Mineralverkittungen, besonders durch Opal, seltener durch Limonit, spielen bei allen untersuchten Proben überhaupt eine große Rolle, selbst bei dem ziemlich groben Sand der Tabelle 6.

Der Kalkspat, der bei allen diesen Proben in erheblicher Menge als selbständiges Mineral, als Überzug anderer Mineralien und als Verkittungssubstanz vorhanden ist, wurde bisher nicht berücksichtigt, denn die Proben wurden, wie schon oben erwähnt, mit verdünnter Salzsäure behandelt, um den die mineralogischen Untersuchungen störenden Kalkspat herauszulösen. Die Proben wurden dann filtriert und der unlösliche Mineralrückstand, wie oben beschrieben, untersucht. Im Filtrat wurde der Kalk bestimmt und auf Kalkspat umgerechnet. Das Ergebnis ist in der Tabelle 11 enthalten. Aus ihr ist zu ersehen, daß der Kohlenstoffgehalt der verschiedenen Proben außerordentlich stark wechselt, wie es ja nach den früheren optischen Untersuchungen auch nicht anders zu erwarten war.

Aus allgemeinem Interesse und um endlich noch sicher zu sein, daß die optischen Bestimmungen nicht durch irgendwelche wasserlöslichen Salze beeinflusst waren, wurden im Laboratorium meines Kollegen Prof. Heuseler einige Untersuchungen der wasserlöslichen Substanzen an

Tabelle 10.
Kornverteilung der Böden der Tabellen 4—9.

Tab. Nr.	Über 2 mm in % der Gesamt- probe	In % des Bodens unter 2 mm nach Herauslösung des Kalkes mit HCl								Summe
		2 bis 1 mm	1 bis 0,5 mm	0,5 bis 0,2 mm	0,2 bis 0,1 mm	100 bis 50 μ	50 bis 20 μ	20 bis 10 μ	unter 10 μ	
4	2,6	4,3	16,1	23,4	16,1	19,8	11,2	5,9	3,2	100,0
5	6,6	5,2	4,9	17,8	35,6	15,7	8,0	7,6	5,2	100,0
6	17,6	31,7	24,9	20,3	11,2	2,1	3,2	2,6	4,0	100,0
7	0,0	0,0	0,0	8,7	13,4	27,9	35,8	6,3	7,9	100,0
8	0,0	0,0	8,3	27,3	21,7	15,2	13,8	7,6	6,1	100,0
9	5,4	14,8	21,5	16,7	17,9	11,7	4,2	9,8	3,4	100,0

einigen ausgesuchten Proben ausgeführt. Die Proben wurden in einem Rückflußkühler mit kochendem Wasser 12 Stunden lang extrahiert. Dann wurden die gelösten Substanzen bestimmt. Die Tabelle 12 gibt das Ergebnis. Wir sehen bei Probe 1, daß hier nur unbedeutende Mengen in Lösung gegangen sind. Bei Probe 2 war schon bei der mikroskopischen Untersuchung der Verdacht entstanden, daß die Probe Gips enthielte. Dies bestätigte sich dann durch die chemische Untersuchung, da erhebliche Mengen CaO und SO₃ in Lösung gegangen sind. In Probe 3 scheint neben geringen Mengen anderer Substanzen etwas Natriumchlorid gelöst zu sein. Aus Probe 4 wurde von allen Proben am meisten gelöst, und zwar sicher Gips und Natriumchlorid und vielleicht auch etwas Kaliumchlorid. Besonders muß noch darauf hingewiesen werden, daß bei allen Proben, besonders aber bei 3 und 4, für die schwer lösliche SiO₂ erheb-

Tabelle 11.
Kalkspatgehalt der Böden der Tabellen 4—9.

Tabellen Nr.	In verdünnter HCl löslich	
	CaO	dementsprechend CaCO ₃
	%	%
4	23,47	41,89
5	39,58	70,65
6	6,92	12,35
7	16,09	28,72
8	14,17	25,29
9	26,20	46,77

Tabelle 12.
Wasserauszug einiger Bodenproben.

Probe	1 %	2 %	3 %	4 %
SO ₃	fehlt	1,433	fehlt	0,565
Cl	0,016	0,032	0,048	0,500
SiO ₂	0,083	0,082	0,140	0,156
CaO	0,054	0,968	0,181	0,381
MgO	0,004	0,007	0,010	0,036
Na ₂ O	0,043	0,066	0,067	0,526
K ₂ O	0,035	0,041	0,131	0,212

Probe 1: 8 km südlich von el Arisch (Sinaihalbinsel).

Probe 2: An der Suezstraße bei km 100 (Ägypten).

Probe 3: 19 km vor Derna von Cyrene aus (Libyen).

Probe 4: Aus der Kulturschicht der alluvialen Schnecken.

10 km vom Soranen-Durchstich bei Kairo (Ägypten).

liche Mengen gelöst worden sind. Im Zusammenhang damit wurde auch schon unter dem Mikroskop gefunden, daß die Böden in nicht kleinem Umfang Kieselsäureumlagerungen erkennen lassen.

Anschließend können wir jetzt der Frage nähertreten, ob sich noch ein Einfluß des Mineralbestandes des Untergrundes auf die mineralische Zusammensetzung der Böden nachweisen läßt oder ob durch den Einfluß von Windverwehungen jeder solche Einfluß verwischt ist. Zunächst wurde zu diesem Zwecke die Tabelle 13 zusammengestellt, die angibt, wie hoch in Libyen, Ägypten und der Sinaihalbinsel die prozentuale Durchschnittsmenge der einzelnen Mineralien war und innerhalb welcher Grenzen sie überhaupt schwanken konnte. Aus der Tabelle geht hervor, daß, besonders unter Berücksichtigung der sehr großen Intervalle zwischen den höchsten und niedrigsten Mineralwerten die Durchschnittswerte überall ziemlich gleich sind mit Ausnahme des erheblich höher liegenden Wertes für Kalkspat auf der Sinaihalbinsel. Diese starken Unterschiede in der möglichen Mineralzusammensetzung der Böden sprechen gegen die Annahme, daß es sich bei ihnen hauptsächlich um vom Wind verlagerte handelt, da man dann annehmen müßte, daß sämtliche Mineralien der verschiedenen Untergrundgesteine einer starken Durchmischung unterlegen hätten. Daß die Durchschnittswerte der Mineralien, besonders in Libyen und Ägypten, sich fast gleich sind, müßte dann daher kommen, daß in beiden Ländern gleichartige Gesteine das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung waren. Dies wird durch die geolo-

Tabelle 13.
Durchschnittswerte und höchste und tiefste Werte
der einzelnen Mineralien.

Mineralien	Libyen			Ägypten			Sinai		
	d	h	t*)	d	h	t	d	h	t
Quarz	28	59	6	33	70	6	30	70	10
Orthoklas	6	10	1	8	21	—	7	17	3
Oligoklas	22	48	9	22	39	2,5	19	32	8
Labrador	3	6	—	3	14	—	3	9	—
Augit	1	2	—	1	21	—	1	2	—
Seltene Mineralien .	1	2	—	1	3	—	1	2	—
Kalkspat	31	78	4	26	88	6	43	63	7

*) d = Durchschnittswert.
h = höchster Wert.
t = tiefster Wert.

gische Karte bestätigt. Es muß nun also versucht werden, statistisch festzustellen, ob die großen Schwankungen im Mineralbestand der Böden auf die Gesteine des Untergrundes zurückgeführt werden können. Zu diesem Zweck wurden in Tabelle 14 die Böden von Libyen und Ägypten den geologischen Formationen zugeordnet, die sie überlagern, und dann wurde ihre durchschnittliche Zusammensetzung berechnet. Da die Ge-

Tabelle 14.
Durchschnittliche Zusammensetzung der Böden
nach ihren Formationen.

Mineralien	Quartär		Oberes Tertiär		Unteres Tertiär		Untere Kreide
	L.*)	Ä.**)	L.	Ä.	L.	Ä.	L.
Quarz	31,3	35,1	25,5	34,9	13,5	26,4	30,0
Orthoklas	6,7	10,0	3,8	7,4	4,5	5,7	4,0
Oligoklas	22,8	20,9	13,2	21,2	25,5	27,1	25,5
Labrador	3,6	3,3	0,5	2,6	2,5	1,3	2,5
Augit	0,5	0,3	0,5	0,2	1,0	0,9	0,5
Seltene Mineralien .	0,6	0,5	0,3	0,5	2,0	1,7	1,0
Kalkspat	29,1	21,5	53,5	25,6	14,0	31,4	32,5
Ton und nicht bestimmtes .	5,4	8,4	2,7	7,6	37,0	5,5	4,0

*) Libyen.
**) Ägypten.

steine der einzelnen Formationen bekannt sind, müßten sich zwischen ihrer Zusammensetzung und der der Böden Zusammenhänge erkennen lassen. Die oben untersuchten Proben verteilen sich in folgender Weise auf die einzelnen geologischen Formationen: Dem Quartär gehören in Libyen die Proben 1, 2, 3, 7 und 10—15 an. 6 ist ein quartärer Dünen-sand. Bei 4 ist es fraglich, ob die Probe dem Quartär oder der Oberkreide, bei 9 und 16—18, ob sie dem Quartär oder Oberen Tertiär angehören. Zum Oberen Tertiär rechnen die Proben 22—25; bei 21 ist es fraglich, ob sie Oberes oder Unteres Tertiär ist. 19 und 20 sind Unteres Tertiär und 5 ist entweder Unterkreide oder Alluvium. In Ägypten gehören die Proben 1—3 und 5—14 dem Quartär an; Probe 4 kann auch Oberes Tertiär sein. Zum Oberen Tertiär sind 43—45, 55 und 56 zu stellen, während die Proben 15 und 16, 27—42, 46—51 und 57 entweder zum Oberen oder Unteren Tertiär gehören. Sicher sind die Proben 17—26 und 52—54 untertertiären Alters. Für diesen Vergleich wurden die Proben der Sinaihalbinsel nicht benutzt, da ihr geologisches Alter nicht mit genügender Sicherheit festgestellt werden konnte.

Auch aus dieser Zusammenstellung fällt es noch schwer, weitgehende Schlüsse über den Einfluß der geologischen Formationen in Hinsicht auf die mineralogische Zusammensetzung der ihnen entsprechenden Böden zu ziehen. Es können zufällige Nebenumstände das Bild stark trüben. So ist durchaus nicht etwa das Untere Tertiär Libyens besonders reich an Tonen, sondern es standen nur zufällig aus Libyen zwei Proben von tonreichen Böden des Unteren Tertiärs zur Verfügung. Auch der Gehalt der Proben an Kalkspat beeinflußt bei seiner leichten Fähigkeit, zu wandern und woanders wieder abgeschieden zu werden, das Bild stark. Immerhin sind aber doch im Zusammenhang mit den vorherrschend im Tertiär und der Kreide auftretenden Kalksteinen die diese beiden Formationen überlagernden Böden besonders kalkreich.

Schaltet man nun aber den Tongehalt und den Kalkspat aus (siehe Tabelle 15), so lassen sich schon besser deutliche Zusammenhänge zwischen Boden und Untergrund erkennen. Das Quartär ist sowohl in Libyen als auch in Ägypten reich an Quarz und verhältnismäßig auch an Orthoklas, der in den übrigen Formationen mehr oder weniger zurücktritt. Der Gehalt an Oligoklas zeigt nichts Auffälliges, der an Labrador ist verhältnismäßig hoch. Augit und seltene Mineralien (Zirkon, Spinell u. a.) treten zurück. Das Obere Tertiär ist noch etwas reicher an Quarz, wogegen die Orthoklasmenge in geringem Ausmaße zurückgegangen ist, wie auch der Labrador. Die Werte für Oligoklas haben sich nicht nennenswert geändert. Die Augitmenge ist in Libyen etwas höher als im Quartär; sonst läßt sich über ihn und die seltenen Mineralien wenig sagen. Der

Tabelle 15.
Durchschnittliche Zusammensetzung der Böden
nach Ausschaltung von Kalkspat und Ton.

Mineralien	Quartär		Oberes Tertiär		Unteres Tertiär		Untere Kreise
	L.*)	Ä.**)	L.	Ä.	L.	Ä.	L.
Quarz	47,8	50,1	58,3	52,2	27,5	41,8	47,2
Orthoklas	10,2	14,3	8,7	11,1	9,2	9,0	6,3
Oligoklas	34,8	29,8	30,1	31,7	52,0	43,0	40,2
Labrador	5,5	4,7	1,1	3,9	5,1	2,1	3,9
Augit	0,8	0,4	1,1	0,3	2,1	1,4	0,8
Seltene Mineralien	0,9	0,7	0,7	0,8	4,1	2,7	1,6

*) Libyen.

**) Ägypten.

Untergrund dieser Böden des Oberen Tertiärs besteht hauptsächlich aus Kalksandsteinen und Sandkalken, an deren Zusammensetzung neben Kalkspat und Quarz Oligoklas in erheblicher Menge beteiligt ist, während die dunklen Gemengteile, wie Augit, stark zurücktreten. Sie entsprechen also der oben gefundenen Mineralzusammensetzung der Böden. In den Böden des Unteren Tertiärs tritt in Libyen der Quarz stark, in Ägypten weniger zurück. Dafür steigt die Menge des Orthoklases, in Libyen auch des Labradors, mehr an. Auch Augite und seltene Mineralien sind reichlicher vorhanden. Diese Verschiebungen im Mineralbestand der Böden stehen mit ihrem Untergrund im Zusammenhang; denn die Kalksandsteine und Mergel des Unteren Tertiärs sind reicher an Feldspäten und damit im Zusammenhang auch an dunklen Mineralien als die Gesteine des Oberen Tertiärs. Auch bei den Böden der Unterkreide spielen die Feldspäte zusammen immer noch die vorherrschende Rolle vor Quarz, allerdings nicht mehr so stark. Über die genauere Mineralzusammensetzung der Gesteine der Kreide ist mir nichts Näheres bekannt.

Während sich also in dieser Weise über große Gebiete hinweg immer noch ein gewisser Zusammenhang zwischen Boden und Untergrund statistisch nachweisen läßt, ist er an einzelnen Proben häufig noch sehr deutlich festzustellen. Im folgenden soll dies an einigen Proben gezeigt werden. So ist die Probe 4 in Libyen, die einen kalkreichen Untergrund besitzt, selbst auch sehr reich an Kalkspat. Die Probe 6, ein Dünensand, enthält dagegen entsprechend ihrem Untergrund reichlich Quarz. Der Untergrund der Proben 19 und 20 enthält erhebliche Mengen an Oligoklas,

der feinverteilt auch reichlich in der entsprechenden Bodenprobe auftritt. Bei dem Boden 22 lagert feinsten Kalkstaub über Kalkstein. Der abnorm hohe und lokal beschränkte Augitgehalt der Probe 1 in Ägypten ist sicher auf den Untergrund zurückzuführen; leider steht mir von ihm keine Probe zur Untersuchung zur Verfügung. Auch die mineralogische Zusammensetzung der Böden 13 und 14 entspricht, abgesehen von ihrem Kalkgehalt, der Zusammensetzung ihres Untergrundes. Der Gipsgehalt der Probe 17 ist auf die Gipseinlagerungen des Unteren Tertiärs zurückzuführen. Der hohe Kalkspatgehalt des Bodens 22 hängt sicher mit dem Kalkstein zusammen, der ihren Untergrund bildet; in dem benachbarten Boden 23 tritt der Kalkgehalt im Zusammenhang mit dem Kiesgehalt des tieferen Untergrundes sofort wieder zurück. Im Boden 30 findet sich lokal ein erheblicher Gehalt an Labrador, der auf die Labradorführung seines Untergrundgesteins zurückzuführen ist. Dasselbe gilt für den Boden 35. Wie stark die mineralische Zusammensetzung von Böden, die dicht nebeneinander liegen, verschieden sein kann, zeigen die Proben 39, 40 und 41, wenn auch der Nachweis, daß diese Verschiedenheiten hier auf verschiedene Untergrundgesteine zurückgehen, hier mangels Materials nicht zu erbringen war. Trotzdem hat diese Annahme hier die größte Wahrscheinlichkeit. Bei der Probe 44 ist das Ausgangsmaterial der Bodenbildung ein miozäner Meeressand mit einem sehr hohen Gehalt an Muschelschalen, der sich in dem hohen Kalkspatgehalt des Bodens auswirkt. Der Untergrund der Böden 49 und 50 besteht aus Kies, was ihren hohen Gehalt an Quarz und Oligoklas und ihren geringen an Kalkspat erklärt.

Ebenso häufig sind in diesen Ländern, in denen der Wind bei der Bodenbildung eine erhebliche Rolle spielt, natürlich auch Böden zu finden, bei denen zwischen der Oberkrume und dem Untergrund in ihrer Mineralzusammensetzung nur noch geringe oder gar keine Zusammenhänge zu finden sind. So lagern in Libyen die Böden 8 und 9, die wesentlich aus feinstem Kalkstaub bestehen, über ganz anders zusammengesetzten Gesteinen. In Ägypten überlagert der quarz- und feldspatreiche Boden 19 Kalksteine. In Probe 48 hängt der Gehalt des Bodens an Mineralien der Kieselsäure nicht mit einem Gehalt des Untergrundes an Quarz, sondern mit der ehemaligen, jetzt zerstörten Verkieselungsdecke des Bodens zusammen. Diese Verkieselungsdecke könnte aber in der Hinsicht wieder von dem Untergrund abhängen, als letzterer größere Mengen von dem leichter als die sauren Feldspäte verwittertem Labrador enthält, bei dessen Zersetzung Kieselsäure frei wird. Vielleicht ist die Verkieselung des Bodens auf ihm auf, auf diesem Wege aus dem Untergrund zugeführte Kieselsäure zurückzuführen.

Es lassen sich also von den untersuchten Bodenproben sowohl Beweise für als auch gegen Zusammenhänge des Mineralbestandes des Untergrundes und der ihn überlagernden Böden aufzählen. Aber wenn auch diese Zusammenhänge vielfach nicht einwandfrei nachzuweisen waren und nicht selten sogar das Gegenteil gezeigt wurde, so geht doch aus einer großen Anzahl von Untersuchungsergebnissen hervor, daß selbst in diesen Wüsten- und Steppengebieten mit ihren starken Bodenumlagerungen durch den Wind derartige Zusammenhänge bestehen.

[23]

Bücher- und Zeitschriftenschau — Revue de livres et des périodiques — Notices of books and periodicals.

(Eingesandte Schriften — Travaux communiqués —
Papers received).

Bearbeitet von Ch. Trossin.

A. Jakob und F. Alten. Arbeiten über Kalidüngung, dritte Reihe. Verlagsgesellschaft f. Ackerbau, Berlin 1942.

Das vorliegende Buch gibt in zusammenhängender, übersichtlicher und verständlicher Darstellungsweise einen umfassenden Bericht über die unter diesem Thema in den letzten 5 Jahren an der Versuchsstation Berlin-Lichterfelde durchgeführten Untersuchungen. Dabei ist der Begriff der Kalidüngung sehr weit gefaßt; denn auf dem Gebiet der Pflanzenernährung berühren sich so viele Forschungsgebiete, und eine eingehende wissenschaftliche Bearbeitung der Zusammenhänge zwischen Boden, Düngung, Wachstum, Ertrag und Qualität der Ernte zwingt zur Einbeziehung auch der benachbarten Wissenschaftszweige.

So sind im ersten Teil die umfangreichen Arbeiten zusammengestellt, die sich mit der analytischen Bestimmung des Kalis und aller anderen in Boden, Düngemittel und Pflanzenteilen vorkommenden wichtigen Elemente befassen. Es werden Arbeitsvorschriften und praktische Hinweise gegeben. Die weiteren Abschnitte enthalten pflanzenphysiologische Untersuchungen über Stoffaufnahme und Verwertung der Nährstoffe, insbesondere des Kalis, im Stoffwechsel der Pflanze, sowie landwirtschaftliche Arbeiten über lang- und kurzfristige Düngungsversuche hinsichtlich der zweckmäßigsten Art und Anwendungszeit der Düngung und ihrer Wirkung auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte. Im Mittelpunkt der bodenkundlichen Arbeiten stehen Untersuchungen über die mineralogische Zusammensetzung der Tonfraktion, die als Träger der Bodenfruchtbarkeit für jeden Boden von besonderer Bedeutung ist. Es werden chemische und physikalische Methoden, sowie Röntgenuntersuchungen und Prüfungen mit Hilfe des Elektronenmikroskops beschrieben, die durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht werden. Besonderer Raum ist der Frage nach dem Wasserhaushalt der Böden gewidmet, der sowohl in bodenkundlicher, düngetechnischer und pflanzenphysiologischer Hinsicht von Interesse ist. Schließlich sind in einem letzten Abschnitt die Arbeiten über tropische Kulturen und tropische Böden zusammengestellt worden, und es wird ihren Besonderheiten etwa bezüglich der Kalifestlegung nachgegangen, so daß der Leser auch auf diesem Spezialgebiet tropischer Düngungsfragen unterrichtet und angeregt wird.

G. Michael

Vageler, P. Der Einfluß der Bewässerung auf den Boden. Landwirtschaftlicher Wasserbau, Jahrg. 3, 1942, H. 3, S. 141—146. Verlag der Deutschen Technik G. m. b. H., München.

In der Einleitung gibt der Verf. einen kurzen Einblick in die in tropischen und subtropischen Gebieten durch Bewässerungsmaßnahmen erzielten Ernten. Die durch die Bewässerungsmaßnahmen hervorgerufenen Ernterückgänge führt er nicht auf die „Erschöpfung des Bodens“ ganz allgemein, sondern auf die durch die periodische Be-

wässerung mit Fluß- oder Seewasser hervorgerufenen physikalischen oder chemischen Veränderungen des Bodens zurück, die bei nicht rechtzeitigem Eingreifen eine Bodenverschlechterung bedingen können. Er erörtert die wichtigsten Punkte des Einflusses der Bewässerung auf den Boden.

Ausgehend von der Tatsache, daß diejenige Wassermenge mit einem Druckintervall zwischen 6,25 und 0,550 at. unter allen Umständen von einem Boden bei ausreichendem Porenvolumen und ausreichender Niederschlagsmenge aus einem Regen oder einer Wassergabe entgegen der Schwerkraft festgehalten wird, folgert er, daß die Summe von „totem“ und „nutzbarem osmotischen“ Wasser durch Dränung nicht entfernt werden kann. Erfahrung und Theorie lehren, daß nur die diesen Betrag übersteigende Wassermenge, nämlich das Gravitationswasser, zu entfernen ist, das in Böden nur dann vorhanden sein kann, wenn das Porenvolumen dieser Böden in natürlicher Lagerung größer ist als die Summe „toten“ plus „nutzbares osmotisches“ Wasser. Es kann daher bei allen Böden mit alleinigem oder stark überwiegendem Gehalt an osmotischem Wasser keine Dränung und mithin Auswaschung nach dem Untergrund praktisch erfolgen, höchstens bei Vorhandensein von Rissen und Spalten. Bei Bewässerung ist die Ausbildung von Illuvialhorizonten bei diesen Böden beschränkt, dagegen die Ausbildung von Illuvialhorizonten in Form von Salzhorizonten gegeben.

In Böden mit einem den Betrag von „totem“ plus „nutzbarem osmotischen“ Wasser übersteigenden Wasserinhalt sickert das Wasser infolge der Schwerkraft nach unten ab. Auf lehmigen Böden ist das Absinken des Wassers langsam. Auf leichteren Böden kommt es meistens zur Ausbildung von Illuvialhorizonten. Infolge des zum Teil zu schnellen Einsickerns des Wassers ist keine gleichmäßige Verteilung des Bewässerungswassers gegeben. Infolgedessen bürgert sich bei der Bewässerung leichter Böden immer mehr die Feldberegnung ein.

M. Koch

Vageler, P. Die Untersuchung tropischer Böden und ihre Auswertung für die Praxis. Mit 7 Abb. Verlag von Paul Parey, Berlin 1942. Preis 2 RM.

Die Untersuchungsverfahren und die Bewertung von Böden lassen sich nicht ohne weiteres von Böden der gemäßigten Zonen auf Böden in den Tropen übertragen. Während bei den Böden der gemäßigten Klimate das relative Bodenbewertungsverfahren im Vordergrund steht, hat sich bei der Untersuchung tropischer Böden das System der absoluten Bodenuntersuchung und -bewertung infolge der anders gestalteten Verhältnisse entwickelt. Die genaue chemische und physikalische Untersuchung der Böden setzt in allen Fällen eine sachgemäße Probenahme voraus. In den großen Arealen der Tropen können sich die Anlagen von Profilgruben und die Entnahmen von Bodenproben auf verhältnismäßig wenige Muster beschränken, wenn bei der Ausführung der von Milne stammende Grundgedanke der Catena-Methode zugrunde gelegt wird. Infolge der großen Schwankungen des Rauminhalts der Tropenböden an fester Substanz dürfen die chemischen Untersuchungsdaten nicht in Gewichtsprozenten der Bodentrockensubstanz ohne weiteres ausgewertet werden, sondern es muß der Wurzelraum, der der Pflanze während der Vegetationszeit zur Verfügung steht, bei der Beurteilung der Untersuchungsdaten mit herangezogen werden, d. h. also volumenmäßige Erfassung der Nährstoffe insgesamt und Nährstofflieferung. Das Hauptgewicht bei der physikalischen Bodenuntersuchung darf nicht allein auf der mechanischen Analyse liegen, da die Ungleichmäßigkeit der Zusammensetzung der Tonsubstanz der tropischen Böden deren Wert erheblich einschränkt, sondern für die Bewertung der physikalischen Bodeneigenschaften müssen vielmehr die Werte für die kapillare Steighöhe und der Hygroskopizität nach Mitscherlich mit herangezogen werden.

M. Koch

Vageler, P. Die Technik der modernen bodenkundlichen Aufnahme von Großbraumländern. Mit 8 Abb. Verlag von Paul Parey, Berlin 1942. Preis 2,20 RM.

Der Verf. gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Kartierung von Böden und macht auf Mängel der auf dem topographisch-planimetrischen Grundgedanken basierenden geologisch-agronomischen Kartierungen aufmerksam. Die Aufnahmetechnik ist zumal zu zeitraubend bei der Herstellung von Landesaufnahmen von Großbraumländern. In diesen trat an die Stelle der geologisch-agronomischen Kartierung die bodenkundlich-klimatische. Neuerdings bildet die Catena-Theorie die Grundlage der bodenkundlichen Landesaufnahmen von Großbraumländern. Die moderne technische Ausgangsmethode ist die Luftaufnahme. Die Luftbildkarte mit Höhenschichten und Vegetationsverteilung ermöglicht die rationelle Begehung des Gebietes auf der Erde. Vegetation, Bodenverhältnisse und Petrographie werden in nach Entfernungen und Höhen aufzunehmenden „Wegediagrammen“ festgelegt, die dem Luftplan eingepaßt werden.

M. Koch

Bodenkunde und Pflanzenernährung. Herausgegeben von der Reichsarbeitsgemeinschaft „Landwirtschaftliche Chemie“ im Forschungsdienst. Schriftwalter Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin-Dahlem. 29. Bd., 1943, H. 1—6. (Dresdner Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 30. 5. bis 3. 6. 1942.) Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin.

Inhalt: F. Giesecke, Vorwort (S. 1). — K. Meyer, Bodenkunde und Bodenpolitik (S. 2—13). — H. Fr. Wiepking-Jürgensmann, Welchen Beitrag kann die Landschaftsgestaltung zur Bodenbetreuung leisten? (S. 13—27). — R. Fabry, Bodenkunde im Schulunterricht (S. 28—34). — P. Vageler, Probleme der tropischen und subtropischen Bodenkunde in ihrer Bearbeitung im Laboratorium und auf dem Feld (S. 34—40). — L. A. Valente-Almeida, Bodenkundliche Forschungen in Portugal (S. 41—49). — A. Arany, Die Verbesserungsmöglichkeiten bei ungarischen Szikböden (S. 50—74). — A. Marx, Die südbessarabischen Böden im Hinblick auf ihre landwirtschaftliche Nutzung (S. 75—94). — A. Markus, Boden und Baumwolle (S. 94—100). — O. Siegel, Über den Sorptionskomplex landwirtschaftlich genutzter Böden Afrikas (S. 100—107). — W. Kubiena, Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Entwicklung und Systematik der Rendsinen (S. 108—119). — L. Meyer, Experimenteller Beitrag zu makrobiologischen Wirkungen auf Humus- und Bodenbildung (S. 119—140). — H. Pallmann, Dispersoidchemische Probleme in der Humusforschung (S. 140). — K. Maiwald, Die Weiterverrottung des Stalldüngers im Boden. (Teil VIII der Untersuchungen über Lagerung und Wirkung von Stalldünger) (S. 140—162). — G. Torstenson, Zur Nitrifikation schwedischer Ackerböden (S. 162—168). — F. Sekera und A. Brunner, Beiträge zur Methodik der Gareforschung (S. 169—212). — P. Schachtschabel, Die Bildung und Bestimmung der Tonminerale (S. 213—219). — A. Jacob, Untersuchungen über die Zusammensetzung der Tonfraktion des Bodens (S. 219—232). — T. Saidel, Deutungen experimenteller Ergebnisse bei Umtauschreaktionen (S. 232 bis 244). — L. Schmitt, Neuere Ergebnisse der Bodenuntersuchungs-Sonderaktion (S. 245—252). — R. Herrmann, Zusammenfassender Bericht über die Überprüfung der Schnellmethoden zur Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Kaliums und der Apparatur von Riehm-Lange, Berlin-Zehlendorf (S. 252—274). — H. Riehm, Untersuchungen über die zweckmäßigste Art der Probenahme für chemische Bodenkontrolle (S. 275—291). — F. Kertscher, Grenzen der Auswertung der Nährstoffuntersuchungen der Böden auf Grund der Erfahrungen mit der Keimpflanzenmethode (S. 291—300). — Gh. Pavlovschi, R. Mavrodineanu und I. Jonescu, Zur Methodik der Bestimmung des austauschbaren Kaliums (S. 300—309). — H. Niklas, Kolorimetrische Schnell-

methoden zur Bestimmung des Phosphorsäurehaushaltes der Böden (S. 310—322). — P. Köttgen, Über die Abhängigkeit des leichtlöslichen Teils der Nährstoffe von dem jeweiligen Wassergehalt des Bodens (S. 323—342). — F. Zunker, Bestimmung des nutzbaren Wasserhaltewertes des Bodens nach dem Absaugverfahren (S. 342—353). — W. Freckmann, Untergrundbewässerung oder Beregnung? (S. 353—361). — H. Kappen, Über die Möglichkeiten der Bodenverbesserung durch Braunkohle (S. 361 bis 369). — E. Pfeil und A. Tritt, Über den landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzwert von Müll (S. 370—382).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 30. Bd., 1943, H. 1.

Inhalt (bodenkundlich): K. Nehring, Die Bestimmung des austauschbaren Kaliums als Mittel zur Beurteilung der Kalibedürftigkeit der Böden (S. 36—51). — Th. Arnd und E. Leisen, Die Bestimmung des Gesamt-Kali- und Phosphorsäuregehaltes von Moorböden nach der flammenphotometrischen bzw. kolorimetrischen Methode (S. 51—62).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 30. Bd., 1943, H. 2/3.

Inhalt (bodenkundlich): Über die Beeinflussung der Aufnahme und Wirkung verschiedener Phosphatdünger durch eine Kalk-, Magnesiakalk- und Magnesiumsulfatdüngung (S. 137—156). — F. Nieschlag, Über die Magnesia-Düngebedürftigkeit leichter Sand- und Moorböden (S. 157—173). — E. Ernest, Wirkungsgrad des Kalkes bei verschiedener Düngung und Wirkung der Düngung ohne und mit Kalkung (S. 173—179). — W. v. Nitzsch, Möglichkeiten, Art und Wirkung der Anlagerung von Flüssigkeiten, Gasen und Ionen am Sorptionskomplex und Folgen für die ackerbaulichen Eigenschaften der Böden (S. 180—189).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 30. Bd., 1943, H. 6.

Inhalt (bodenkundlich): R. Herrmann, Normblätter für landwirtschaftliche Bodenuntersuchungen (S. 329—342). — F. Zunker, Ermittlung der Grundwasserergiebigkeit (S. 343—345). — K. Opitz, Über die Wechselwirkung der Nährstoffe Kali und Phosphorsäure im Boden und in der Pflanze (S. 345—360).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 31. Bd., 1943, H. 1/2.

Inhalt (bodenkundlich): F. Penningsfeld, Zur Darstellung des Verwitterungsvorganges und der Bodenprofilbildung (S. 1—10). — V. Valkanov, Untersuchungen über das Vorhandensein von aufnehmbarer Phosphorsäure auf Wiesenland in verschiedenen Bodenschichten nach Feld- und Gefäßversuchen und nach dem Keimpflanzenverfahren nach Neubauer (S. 11—55). — F. Alten und H. Loofmann, Erwiderung auf W. von Nitzsch: Möglichkeiten, Art und Wirkung der Anlagerung von Flüssigkeiten, Gasen und Ionen am Sorptionskomplex und Folgen für die ackerbaulichen Eigenschaften der Böden (S. 125—128).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 31. Bd., 1943, H. 5/6.

Inhalt (bodenkundlich): H. Riehm, Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens aus dem Kaligehalt des Laktatextraktes (S. 346—356).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 32. Bd., 1943, H. 1/2.

Inhalt (bodenkundlich): L. Smolik, Einfluß des Bodenaustrocknens auf die Menge der assimilierbaren Phosphorsäure (S. 126—128).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 32. Bd., 1943, H. 3.

Inhalt (bodenkundlich): U. Springer, Beitrag zur Fraktionierung der echten Humusstoffe (S. 129—146). — A. v. Nostitz, Über den Einfluß des elektrischen Stromes auf Pflanze und Boden (S. 146—154). — S. Gericke, Untersuchungen über die Umsetzungen zwischen Phosphorsäure und Kalk im Boden. II. Das Verhalten der Phosphorsäure in Böden mit verschiedenem Kalkzustand (S. 171—192).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 32. Bd., 1943, H. 4/5.

Inhalt (bodenkundlich): H. Süchting, Über Zersetzungs- und Humusbildungsvorgänge bei Waldstreu-, A₀-Humusarten und Vergleichs- und Modellstoffen (S. 243 bis 295). — R. Herrmann und P. Lederle, Ein abgeändertes Photo-Rex-Zinnchlorürverfahren zur Bestimmung der Phosphorsäure in Bodenauszügen mit Laktatlösungen nach H. Riehm (S. 306—315). — A. Okáč, Über die Extraktion der assimilierbaren Phosphorsäure in Böden nach der Egnér-Methode (S. 315—318). — E. H. Reinau, Über Volumenometer (S. 319—324).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 32. Bd., 1943, Heft 6.

Inhalt (bodenkundlich): E. Jung, Zur Kenntnis der Ton-Humusbindung (S. 325 bis 336). — H. Franz, Bildung von Humus aus pflanzlichem Bestandesabfall und Wirtschaftsdünger durch Kleintiere (S. 336—351). — L. Mados, Eine Schnellmethode zur serienweisen Bestimmung der Adsorptionsungesättigtheit von Böden (S. 351—358). — D. P. Mileff, Chemische Untersuchungen über einige Eigentümlichkeiten des Bodenhumus (S. 358—364). — H. Süchting, Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. IX. Einfluß der Reaktion und der Entsäuerung des Bodens durch Kalk bzw. Magnesia auf Wachstum und Nährstoffaufnahme der Lärche, Kiefer und Fichte (S. 365—375). — H. Kick, Die zeitliche Änderung des Reaktions- und Kalkzustandes des Bodens sowie der Laktatzahlen nach Egnér auf zwei Dauerkalkversuchen. (Untersuchungen über komplexgebundene Eigenschaften südwestdeutscher Böden. II.) (S. 375—390).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 33. Bd., 1943, H. 1/2.

Inhalt (bodenkundlich): G. Michael, Zur Kenntnis der Schwefelumsetzung im Ackerboden (S. 1—18).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 33. Bd., 1943, H. 3/4.

Inhalt (bodenkundlich): H. Riehm, Versuche über die Reproduzierbarkeit der Bodenprobenahme (S. 235—249).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 33. Bd., 1944, H. 5/6.

Inhalt (bodenkundlich): Zur Kenntnis der Umsetzung des Dizyandiamids im Boden und seiner Wirkung auf die Pflanze (S. 360—366). — C. Herrmann, Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an den Pflanzennährstoffen Kali (Natron), Kalk und Magnesia durch Bodenoxydation (S. 377—383).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 34. Bd., H. 1/2. Schriftwalter: Prof. Dr. F. Alten, Berlin-Lichterfelde.

Inhalt (bodenkundlich): Zusammengefaßte Arbeitsvorschrift zur Bestimmung der Phosphorsäure und des Kaliums in den nach H. Riehm erhaltenen Laktatbodenauszügen auf einem von uns ausgearbeiteten kolorimetrischen und geänderten flammenphotometrischen Wege (S. 1—20). — F. Heinrich, Zur Wirkung des Ätzkalks auf die Wasserführung des Sandbodens (S. 102—117).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 34. Bd., 1944, H. 3—6.

Inhalt (bodenkundlich): H. Neubauer und E. Neubauer, Veränderungen der Wurzellöslichkeit von Kalium und Phosphor im Boden durch das Erhitzen der Böden und durch deren Behandlung mit Humat (S. 142—153). — R. Jodl, Röntgenographische Untersuchungen über die Wasserbindungsverhältnisse der Humusbestandteile Lignin Huminsäure und Kalziumhumat (S. 170—174). — E. A. Mitscherlich, Über die Festlegung der Phosphorsäure im Boden (S. 209—213). — S. Gericke, Die Wirkung verschiedener Wachstumsfaktoren auf die Ertragsleistung deutscher Wiesen (S. 213—239). — P. Ehrenberg, Untersuchungen über das Vorhandensein von aufnehmbarer Phosphorsäure auf Wiesenland in verschiedenen Bodenschichten nach Feld- und Gefäßversuchen und nach dem Keimpflanzenverfahren von Neubauer (S. 240—253). — P. Rinckleben, Der Magnesiumgehalt in Böden des mittleren Ostens (S. 321—343). — R. Herrmann, A. Hofmann und P. Lederle, Messen der mit den Laktatverfahren erhaltenen Phosphorsäure-Molybdänblaufärbungen im Zeiß-Phosphorsäuremeßgerät (S. 344—346).

Bodenkunde und Pflanzenernährung. 35. Bd., 1944, H. 1—4. (Festschrift zum 70. Geburtstag von Eilh. Alfred Mitscherlich.)

Inhalt: W. Nicolaisen und W. Titzek, Untersuchungen über den Gehalt von Stoppelfrüchten an Phosphorsäure und Kali und den Entzug dieser Nährstoffe (S. 1—22). — W. Kubiena, Beiträge zur Bodenentwicklungslehre. Der Kalksteinbraunlehm (*Terra fusca*) als Glied der Entwicklungsserie der mitteleuropäischen Rendsina (S. 22 bis 45). — W. Sauerlandt, Fragen der Humuswirtschaft (S. 45—58). — K. Opitz, Über das Aneignungsvermögen und das Düngebedürfnis einiger Kulturpflanzen für Phosphorsäure (S. 58—71). — K. Scharrer und R. Schreiber, Gefäßversuche über die Wirkung verschiedener Phosphorsäuredünger auf alkalischen Böden (S. 71—86). — V. Neugebauer, Entstehung von Bodenkrankheiten unter Berücksichtigung bodenbildender Prozesse auf jungdiluvialen Hochflächen (S. 86—107). — Th. Arzt, Verdunstungsmessungen an Böden mit einem neuen Gerät (S. 107—170). — E. Rautenberg, Die Bestimmung der konstanten A, c und b in der Ertragsgleichung von Mitscherlich (S. 171—190). — A. Volk, Einfluß der Ernährung auf Wurzeldruck, Blutung und Guttation (S. 190—204).

Allgemeines — Généraliés — General.

Neubauer, H. unter Mitwirkung von **W. Bonewitz.** Zwanzig Jahre Keimpflanzenmethode. Eine Betrachtung über Bodenuntersuchung. 1944, 39 S. C. Heinrich, Dresden-N.

Winter, G. Der Einfluß partieller Sterilisation des Bodens auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis*. Habilitationsschrift. Phytopathologische Zeitschrift, 1942, Bd. XIV, H. 3. Verlag Paul Parey, Berlin.

De Leenheer, L. Mineralogisch Grondonderzoek. IV. De kleifraction in gronden en haar gehalte aan oxydische mineralen. Mededeelingen der Landbouwhoogeschool en der Opzoekingsstations van den Staat, te Gent. (Deel IX, Nr. 1, Maart 1941.) V. Watergehalte, ontwatering en wateropname als kenmerkende eigenschappen voor kleimineralen. (Deel IX, Nr. 2, Juni 1941.) VI. Mineralogisch onderzoek van kleifractionen uit gronden langs kolloidchemische, röntgenographische en electronenoptische weg. (Deel IX, Nr. 3, 4, September—December 1941.)

- Radomirow, P.** Die Verbesserung des bodenkundlichen Wachstumsfaktors Wasser und Dürrebekämpfung. Staatliche landw. Versuchsstation in Knescha (Bulgarien), 1934. Земедьлска опитна станция съ семепроизводство — Кнежа.
- Vasilii, D.** Cercetarea solului prin metode fizice. Tipografia Romanească Timisvara, 1944.
- v. Kreybig, L.** Die Methode der Bodenkartierung in der kgl. ung. geologischen Anstalt. Annales instituti regii hungarici geologici, Bd. XXXI, (Schluß-) Heft 2, Budapest 1937. Stadium sajtóvállalat részvényársaság.
- Mileff, D. P.** Chemische Untersuchungen an dem Verlauf des bodenbildenden Prozesses bei einigen Salzböden Bulgariens unter Berücksichtigung ihrer Melioration. Zeitschr. d. Landwirtschaftl. Versuchsinstitute in Bulgarien, Bd. VIII, H. 4, 1938, Sofia.
Einfluß der im Adsorptionskomplex adsorbierten Kationen auf einige Humuseigenschaften. Eine neue Methode zur vergleichenden Charakteristik der organischen Substanz des Bodens. Zeitschr. d. Landwirtschaftl. Versuchsinstitute in Bulgarien, Bd. X, H. 2, 1940, Sofia.
Chemische Untersuchungen über einige neue Eigentümlichkeiten des Bodenhumus und der Bodenfarbe. Zeitschr. d. Landwirtschaftl. Versuchsinstitute in Bulgarien, Bd. XII, H. 1, 1942, Sofia.
- Nicolaisen, W.** und **B. Leitzke.** Untersuchungen über verschiedene Kupferschlacken als Mittel zur Bekämpfung der Heidemoorkrankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) u. Pflanzenschutz, 54. Bd., 1944, H. 5/6. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Reinaw, E. H.** Humus: Problem und Praxis. Der Kulturtechniker, 46. Jahrg., 1943, S. 42—73. Verlag Walter Krieg, Berlin NW 40, Lüneburger Str. 21.

Forstliche Bodenkunde — Sols forestiers — Forest soils.

- Heinrich, F.** Untersuchungen über den Einfluß der Basalt- und Geschiebemergeldüngung auf den Wasserhaushalt und Bodenzustand sandiger diluvialer Waldböden Ostdeutschlands. Zeitschr. f. d. gesamte Forstwesen, 75./69. Jahrg., 1943, H. 7/9, S. 183—213. Springer-Verlag, Berlin.
- Hartmann, F.** Waldhumusformen. Zeitschr. f. d. gesamte Forstwesen, 76./70. Jahrg., 1944, H. 1—6, S. 39—70. Springer-Verlag, Berlin W 9.
- Wittich, W.** Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand. II. Forstarchiv, 19. Jahrg., 1943, H. 1/2. Verlag M. & H. Schaper, Hannover.
- Landwirtschaft, Pflanzenernährung und Düngung — Agriculture, nutrition des plantes et fertilisation — Agricultural, plant nutrition and fertilization.**
- Lokscha, J.** Landwirtschaftliche Landesforschungsanstalten in Brünn. Tätigkeitsbericht 1941.
- Könekamp, A.** Reichsforschungsanstalt für Landwirtschaft, Säusenstein (Niederdonau). Tätigkeitsbericht 1943. N.S. Gauverlag und Druckerei Oberdonau, G. m. b. H., Linz (Donau), Landstr. 41.

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

Handwritten mark or signature on the right edge of the page.

Handwritten mark or signature on the right edge of the page.

Handwritten mark or signature on the right edge of the page.

Das Generalkomitee der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft
Comité Général de l'Association Internationale de la Science du Sol
The General Committee of the International Society of Soil Science

Ehrenmitglieder; Members d'honneur; Honorary members

Prof. Dr. L. Cayeux, Paris; Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Kutschlau über Schwiebus; Sir E. John Russell, Harpenden; Prof. Dr. S. Winogradsky, Brie-Comte-Robert

Mitglieder des Generalkomitees; Membres du Comité général;
Members of the General Committee

Prof. Dr. K. Aso, Tokyo; Prof. K. A. Bondorff, Lyngby; Prof. D. H. Hesselman, Djursholm; Dr. A. G. McCall, Washington; Dr. Slaw Miklaszewski, Varsovie; C. G. T. Morison, Oxford; Prof. J. A. Prescott, Adelaide; Prof. N. M. Tulaikov, Saratov

Präsidenten der Kommissionen; Présidents des Commissions;
Presidents of the Commissions

Erste Kommission: Prof. Dr. G. W. Robinson, Bangor
Zweite „ Prof. J. Hendrick, Aberdeen
Dritte „ Dr. H. G. Thornton, Harpenden
Vierte „ Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Kutschlau über Schwiebus
Fünfte „ Prof. D. Vilensky, Moscow
Prof. Dr. H. Stremme, Danzig, Acting President

Unterkommission für Europa: Prof. Dr. H. Stremme, Danzig
„ „ Mittelmeerböden: Prof. E. H. del Villar, Madrid
„ „ Asien: Prof. Dr. B. Polynov, Moscow
„ „ Britishisch-Afrika: C. G. T. Morison, Oxford
„ „ Australien: Prof. J. A. Prescott, Adelaide
„ „ Alkaliböden: Prof. Dr. W. P. Kelley, Riverside
„ „ Waldböden: Prof. Dr. G. Krauss, München

Sechste Kommission: Baudirektor Otto Fauser, Stuttgart

Unterkommission für Moorböden: Prof. Dr. F. Brüne, Bremen

Generalkomitee für Nomenklatur:

Präsident: Dr. D. J. Hissink, Bussum

Sekretär: G. V. Jacks, Harpenden

Vertreter der nationalen Sektionen; Représentants des Sections Nationales;
Representative of the National Sections

Ägypten Dr. Mahfuz Rizk, Orman
Argentinien . . Prof. Dr. J. Gollan, Santa Fé
Bulgarien . . . Prof. Ivan T. Stranski, Sofia
Dänemark . . . Prof. Dr. S. Tovborg Jensen, København
Deutschland . . Prof. Dr. F. Giesecke, Berlin
Finnland . . . Prof. Dr. B. Aarnio, Helsinki
Frankreich . . . Prof. A. Oudin, Nancy
Groß-Britannien Prof. Dr. N. M. Comber, Leeds
Britisches Reich Dr. E. M. Crowther, Harpenden
Indien Prof. J. N. Mukherjee, Calcutta
Italien Prof. Dr. U. Buli, Ferrara
Japan Prof. Dr. K. Aso, Tokyo
Niederlande . . Prof. Dr. Ir. C. H. Edelman, Wageningen
Niederländisch-Ost-Indien: Dr. J. Th. White, Buitenzorg
Norwegen . . . Prof. Dr. K. O. Bjørlykke, Aas
Polen Dr. Slaw Miklaszewski, Warszawa
Protectorat Böhmen und Mähren: Prof. Dr. V. Novák, Brno
Rumänien . . . Dr. N. C. Cernescu, Bukarest
Rußland Prof. Dr. A. A. Jarilov, Moscow
Schweden . . . Dr. O. Tamm, Experimentalfältet
Schweiz Prof. Dr. H. Pallmann, Zürich
Spanien Prof. E. H. del Villar, Madrid
Süd-Afrika . . Prof. Dr. I. de V. Malherbe, Stellenbosch
Ungarn Prof. Dr. R. Ballenegger, Budapest
Vereinigte Staaten von Amerika: Dr. A. G. McCall, Washington

