

Vol. (Bd.) VI

1939

No 4/5

Soil Research

Bodenkundliche Forschungen

Recherches sur le Sol

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

With Supplements — mit Beiheft — avec Suppléments:

Official Communications
Offizielle Mitteilungen
Communications Officielles

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

Manuscripts, books etc. and all reports concerning the editorship and the publication are to be addressed to Prof. Dr. F. Schucht, Berlin-Wilmersdorf, Güntzelstr. 59

Manuskripte, Bücher usw. und alle die Redaktion und den Verlag betreffenden Mitteilungen sind zu richten an Prof. Dr. F. Schucht, Berlin-Wilmersdorf, Güntzelstr. 59

Manuscrits, livres etc. et tous les communications concernant la rédaction et la publication sont à adresser au Prof. Dr. F. Schucht, Berlin-Wilmersdorf, Güntzelstr. 59

ERIC LIBRARY

02 1928.02

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

Contents — Inhalt — Contenu

	pp. S.
del Villar, H., A new contribution to a universal objective classification of soils. — (Nouvelle contribution à la classification universelle objective des sols. — Neue Beiträge zur allgemeinen objektiven Bodenklassifikation)	221
Baradananda Chatterjee and Basanta Kumar Das, Sodium Ferrocyanide as Dispersing Agent in Mechanical Analysis of Soils. — (Ferrocyannatrium als Dispersionsmittel in der mechanischen Bodenanalyse. — Le ferrocyanure de sodium comme agent de dispersion dans l'analyse mécanique des sols)	227
Kohnke H. and Dreibelbis, F. R., Methods of Measuring Soil Erosion. — (Méthodes pour mesurer l'érosion du sol. — Methoden zur Bestimmung der Bodenerosion)	232
→ Nevros, K. u. Zvorykin, I., Zur Kenntnis der Böden der Insel Kreta (Griechenland). — (The soils of the Isle of Crete. — Les sols de la Crète)	242
General review — Revue générale — Literaturübersicht Saidel, T., Bodenkundliche Arbeiten aus Rumänien in den Jahren 1934—1938. — Travaux concernant la Science du Sol effectués en Roumanie au cours des années 1934—1938. — Soil publications in Roumania in the years 1934—1938.)	309
Notices of books and periodicals. — Revue des livres et des périodiques. — Bücher- und Zeitschriftenschau	319

Soil Research — Bodenkundliche Forschungen Recherches sur le Sol

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

Vol./Bd. VI

1939

No 4/5

A new contribution to a universal objective classification of soils

(Nouvelle contribution à la classification universelle objective des sols. — Neue Beiträge zur allgemeinen objektiven Bodenklassifikation)

by

Emile H. del Villar

The comparison of soils as well as the work of systematical synthesis and mapping are often obstructed by the fact that descriptions made according to a single criterion and system, do not show all the necessary characters for the soil to be placed in another classification. There may be several good classifications: i. e. in accordance with the truth; and this plurality and variety may even be advantageous for Science, like every increase of views. But, for a classification to be good, it must be clear, and clearness requires that all its terms can be translated into those of any other system.

This aim can easily be reached if, besides having agreements about analysis methods, as in Chemistry and Botany about nomenclature, pedologists agree on a minimum of features to be reported in soil descriptions and classifications. I would suggest that this minimum be as follows:

Stage and phase, and, consequently, present and originale vegetation and intermediate changes, as far as they are traceable.

Aeropedic or hydropedic condition: i. e. if the soil was formed under free aerobiotic metabolism or by flooding or waterlogging.

Humus nature: acid or mild (an essential character lacking with deplorable frequency in soil descriptions); accumulated, fugitive or more or less absent.

Profile horizons (and for each one the following data).

Atterberg's fractions, or, at least, percentage of the fraction $< 2 \mu$ on the 2 mm. sample.

Soluble salts: i. e. very soluble, excluding gypsum which has a different significance; and when they are present in quantity great enough to injure the regional climatic vegetation.

Presence, distribution and metabolism of carbonates; (and of gypsum, or of MgO in the hydrochloric extract, when dealing with soil varieties characterized by these features).

Absorbing complex: exchange capacity and saturation degree being of general interest, and the percentage of Na ion being necessary when a soil ought to be classed as alkaline. (On the contrary, for non-alkaline soils with low exchange capacity and low saturation degree, the quantitative expression can be mitted).

Distribution and metabolism of SiO_2 and of Al_2O_3 and Fe_2O_3 (at least for the sialferic-cycle soils); and, if quantitatively expressed, as percentages in the hydrochloric extract according to the international method.

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratios in the clay fraction (or in the hydrochloric extract if a parallellism can be established between the two series of values). Both the ratios $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ are desirable, since opinion differs as regards their significance.

Provided that these soil characters are recorded, the plurality of classifications, and consequently of nomenclatures, does not damage either the truth or clearness.

My own view of the position has led me to the objective universal classification already exposed in the Transactions of the II International Congress of Soil Science (1930), and successfully employed in my last work on the Lusitano-Iberian Peninsula (1937) and now in my soil survey of North Africa. Since I have recently introduced therinto some amendments, chiefly regarding nomenclature, I believe useful to resume it here in its new form, inasmuch as this explanation, being to be made in utilizing this minimum of features proposed for a international agreement, will be still a justification of this suggestion:

In soil metabolism there are distinguished:

A. Concerning ist nature: 3 Cycles, subdivided into Sectors:

Sodic cycle	{	Saline Sector
	{	Alkaline Sector
Calcareous cycle	{	Calcareous Sector
	{	Acid-humic Sector
Sialferic cycle	{	Siallitic Sector
	{	Allitic Sector.

B. Concerning its medium: 3 theoretically possible Conditions: anhydropedic, aero-hydropedic and hydropedic.

The Sodic Cycle is characterized by a high proportion of sodium: either as soluble salt, often accompanied by others (Saline Sector); or as absorbed cation in the colloidal complex (Alkaline Sector).

The Calcareous Cycle (approximately the "pedocals" of American nomenclature) is characterized by the presence, in the edaphic horizons, of calcium carbonate (sometimes joined with magnesium carbonate or with gypsum); tending to be leached downwards and to accumulate in the deeper layers. Its reaction is generally basic. It includes a large number of types and varieties; but without process differences great enough to require a distinction of sectors.

In the Sialferic (or sesquioxidic) Cycle ("pedalfers" of American nomenclature), the principal part in metabolism is played by silica, alumina and iron sesquioxides; the edaphic horizons are free of carbonates; and the pH values are generally (although with exceptions) < 7 . — In the Acid-humic Sector the humus accumulates: it is unsaturated and soluble; the profile (when developed enough) shows a marked leaching of sesquioxides (and often also of the organic matter); and the sialferic nucleus appears silicoid ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio high). — In the Siallitic Sector the humus also accumulates; but it is mild: more or less saturated, and therefore not soluble; the leaching less intensive; and the sialferic nucleus silico-allitoid ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio about 2). — In the Allitic Sector the humus appears to be of a fugitive condition; leaching falls chiefly on the silica; and, therefore, it results in a high sesquioxides accumulation, and a sialferic nucleus allitoid ($\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratio low).

Under an absolutely Anhydropedic Condition, no soil formation would be possible. But, if one agrees to call Sub-anhydropedic a condition such as that of the desert climates with minimal or only occasional rainfall, the soil metabolism can still depend there on the lithic water, the atmospheric moisture and, most of all, on the ground water. Thus the Sub-anhydropedic Condition becomes better a particular case of the following one.

The Aero-hydropedic Condition is that of most soil types. Their metabolism proceeds in an aerobiotic medium, and water, brought chiefly by rainfall, shares with air the soil interstices.

Under the Hydropedic Condition all the soil interstices are filled with water, the medium thus becoming anaerobiotic: either the whole profile is permanently submerged (marsh, lake and river grounds)

or waterlogged (bog peat soils); or its aerobiotic metabolism is only disturbed by intermittent flooding (alluvial soils); or only a more or less deep part of the profile (or of the substratum, but involving the profile) is more or less waterlogged (gley). In my book on the Lusitano-Iberian Peninsula the hydropedic soils are dealt with as a cycle (and in my earlier works as a series). I find it more correct to consider this complex group as a subdivision of the condition of the medium.

If a system of ordinates according to the conditions of the medium and abscissee according to the cycles and sectors, is drawn, all the pure soil types of the world will find its place in the intersections of the system. Thus, the bog peat soil will be found in the intersection of a subdivision of the hydropedic condition with the acid-humic sector; the alluvial calcareous soil in the intersection of another subdivision of the hydropedic condition with the calcareous sector; the solonetz in the intersection of the aero-hydropedic condition with the alkaline sector; and so on. To these pure types the mixed types are to be added; and, under each type, its subtypes, varieties, etc. Finally, under the types, stages and phases are to be considered, as explained in my book on the Lusitano-Iberian Peninsula. A type must not be confused with a stage or phase. Consequently, all disturbed or undeveloped soils ought to be related to the original or mature type. Similarly the human race does not change although individual bodies be destroyed by accident or before reaching their full development.

For the divisions which are here called Sectors, I formerly employed (and still in my book on the Spanish Peninsula) the word "series". But, since many of the English-speaking authors employ this last term for unities of local character, I have introduced this change for the sake of clearness.

Cycles, medium conditions and their divisions have here a dynamical meaning, which accords with the nature of the realities concerned. Thus the classification, by relating not to static characters, but to the special metabolism of each group, is both objective and genetic; since a truly genetic classification is based on the soil genesis of itself, and not on the genesis factors (climate, vegetation, etc.); as is often assumed.

Abrégé

C'est un besoin pour la typologie et pour la géographie des sols, que les descriptions de leurs différentes modalités soient comparables entre elles, de sorte que chaque type d'un système puisse être classé dans le cadre d'un autre quelconque.

Ce but serait facilement atteint, si l'on adoptait universellement un minimum de caractères à citer dans les descriptions et à utiliser dans la classification.

Je proposerais le minimum ci dessous :

Stade et phase, et à propos de la phase, la végétation, actuelle et originaire.

Condition aéropédique ou hydropédique.

Caractère de l'humus: acide ou doux; accumulé, fugace ou presque nul.

Horizons du profil, et, pour chacun, les données suivantes (d'après le cas).

Fractions d'Atterberg (au moins la fraction < 2) par rapport à l'échantillon tamisé à 2 mm.

Sels solubles.

Carbonates (et éventuellement magnésie et gypse).

Complexe absorbant. (Le taux de l'ion sodium étant surtout indispensable pour qualifier un sol d'alcalin).

Distribution et métabolisme de SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 .

Rapports $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ et $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$. (Donnée toujours intéressante, mais indispensable quand il s'agit de qualifier un sol d'allitique).

C'est sur ces données que je fonde ma classification universelle objective, déjà exposée dans les C. r. du II Congr. Internal. de la Sc. du S. (1930), et utilisée par moi, avec succès, dans mon ouvrage sur la Péninsule Luso-Ibérique et dans mon étude actuel de l'Afrique du Nord. Mais cette classification ayant été remaniée dans sa forme après la publication de mon livre et carte sur la Péninsule Hispanique, j'en expose ici la forme actuelle dans ses traits généraux.

Dans le métabolisme des sols on peut distinguer:

A. Par sa nature: 3 Cycles, subdivisés en Secteurs:

Cycle Sodique	{	Secteur Salin
		Secteur Alcalin
Cycle Calcaire	{	Secteur Calcaire
		Secteur Oxy-humique
Cycle Sialférique	{	Secteur Siallitique
		Secteur Allitique.

B. Par son milieu: 3 Régimes théoriquement possibles: anhydropédique, aéro-hydropédique et hydropédique.

Seulement, avec un régime absolument anhydropédique il n'y aurait pas de sol possible. Sous les climats désertiques, à part les précipi-

tations, très rares ou purement accidentelles, le métabolisme pédogénique compte encore : sur l'eau lithique, sur l'humidité atmosphérique et sur l'hydrologie souterraine. Ce cas serait donc plutôt une subdivision du régime aéro-hydropédique.

Dans les formes antérieures de ma classification les Secteurs sont appelés „Séries“. J'ai fait ce changement en vue de la clarté, puisque les pédologues de langue anglaise emploient le mot „série“ pour des subdivisions d'ordre local. La Série Hydropédique de mes travaux antérieurs, devient maintenant un Régime, ce qui me semble plus correcte.

En menant une série d'ordonnées d'après les Régimes et d'abscisses d'après les Cycles et Secteurs, on a un système dans les intersections duquel tous les types purs trouveront leur place et leur expression systématique générale. Aux types purs il faudra ajouter les mixtes ou de passage; sous chaque type distinguer des sous-types, variétés, etc.; et dans le développement et vicissitudes de chaque unité pédotypologique, reconnaître des stades et phases, comme il est exposé dans les descriptions antérieures de mon système.

Celui-ci, justement parce qu'il est objectif et envisage le dynamisme du sol, résulte, en même temps, génétique; car la classification digne de ce nom doit être celle fondée sur la pédogenèse elle-même, non sur ses facteurs (climat, végétation, etc.) comme on l'a prétendu à tort.

Sodium Ferrocyanide as Dispersing Agent in Mechanical Analysis of Soils

(Ferrocyanatnatrium als Dispersionsmittel in der mechanischen Bodenanalyse — Le ferrocyanure de sodium comme agent de dispersion dans l'analyse mécanique des sols)

by

Baradananda Chatterjee et Basanta Kumar Das

(Physical Chemistry Laboratory, University College of Science and Technology, Calcutta)

The usual methods (1, 2, 3, 4) of mechanical analysis of soils agree in so far as they deal with a sodium saturated soil. They differ as regards the pretreatments for removing organic matter, exchangeable bases and the final pH of the resulting soil suspension. These differences arise out of the necessity to meet differences in the soils to be analysed.

The final dispersion is usually made in a highly alkaline medium. This high alkalinity is undesirable. Moreover the use of 0.2 N hydrochloric acid in the International method is also considered to be undesirable (2, 5). A procedure in which the treatment of the soil with acid and dispersion at a fairly high pH can be obviated is, therefore, to be very much desired. The following procedure has been found to be suitable for a number of soils and it is intended to test its suitability if necessary with modifications for a comprehensive number of soils.

The soil is treated with 6% H_2O_2 for removing the organic matter. The treatment with H_2O_2 is included to make the procedure applicable in cases of soils containing fair amounts of organic matter. The soil is then leached with N—NaCl which would remove the greater part of gypsum, if present. It is next washed twice with 100 c.c. of 0.01 N — NaCl and finally with distilled water. The final dispersion of the soil is made in a dilute (0.002 M) $Na_4Fe(CN)_6$ by shaking and then subjected to pipette sampling.

Use of sodium ferrocyanide has a theoretical basis. The efficient dispersion of clay by sodium ferrocyanide is to be excepted from a consideration of the valency of these anions and their adsorption by the negatively charged soil colloids.

Demolon and coworkers (5) have recently carried out interesting investigations on the adsorption of anions by soil colloids in relation to their flocculation. Their main conclusions are as follows:

- a) The resistance to flocculation of a clay suspension caused by the addition of an alkali increases with the concentration of the hydroxyl ion to a maximum varying according to the cation.

- b) The presence of two cations increases the zone of maximum resistance to flocculation. A good dispersion of a clay colloid can be obtained and maintained by using a Na—K combination (the latter in small amounts) at a pH between 7.0 to 9.0 in presence of sodium citrate.
- c) The adsorption of active anions by the clay colloid increases the negative charge of the clay particles. Amongst the anions studied the phosphate, silicate, citrate, humate and oxalate were found to be active, whereas the inactive anions included chloride, sulphate, nitrate and acetate.

Further it appears from the investigation of Reifenberg and Brisk (6) that at the same concentrations sodium hydroxide is more effective on account of its greater dissociation than ammonium hydroxide in causing dispersion of soil colloids. They conclude that the dispersion of soil colloids by caustic soda or ammonia results from the adsorption of OH ions.

Mittra (7) working in this laboratory has shown that sodium ferrocyanide stabilises hydrogen clays against flocculation by salts and that the negative charge of the colloidal particles increases on the addition of the ferrocyanide.

The expectation of an efficient dispersion of soil colloids by sodium ferrocyanide is therefore considerably strengthened.

Experimental

As in the International method (1) 10 g. of soil are placed in a 600 c.c. beaker, 50 c.c. of 6% H_2O_2 are added, contents of the beaker are stirred and then gently heated, care being taken to avoid frothing over. After the reaction has lost its briskness the contents of the beaker are evaporated until the volume is reduced to about half of the original volume. If the soil contains much organic matter a second addition of H_2O_2 is made and the above process is repeated. The treatment with H_2O_2 is continued till the whole of the organic matter is oxidised. The contents of the beaker are cooled and transferred to a Buchner funnel fitted with a Whatman filter paper. The soil is next leached with about 500 c.c. N—NaCl solution, then twice with 0.01 N—NaCl solution in 100 c.c. portions and finally thrice with distilled water in 25 c.c. portions. The soil is then transferred to a 500 c.c. bottle with about 400 c.c. distilled water and 1 c.c. of molar $Na_4Fe(CN)_6$ solution is added. The bottle with its contents are shaken for about 2 hours in a mechanical shaker. The soil suspension is then transferred to a 500 c.c. measuring cylinder, filled up to the mark and subjected to

pipette sampling. A Cambridge Valve pH meter in conjunction with a Morton type glass electrode has been used for measuring the pH values of the suspensions.

Results

The present procedure suggested above has been compared with the International-A method. The results are expressed as percentages of the air dry soil. The results obtained with three Indian soils are given in table 1.

Table 1

Soil	International method			Sodium ferrocyanide method		
	p. c. of clay*	p. c. of silt*	pH	p. c. of clay*	p. c. of silt*	pH
Bengal laterite	22.5	27.2	11.3	21.76	28.26	6.47
Nadiad.	12.45	5.0	11.46	11.36	5.85	7.53
Black cotton (Akola). . .	49.2	20.65	10.77	49.66	20.1	9.50

An examination of the above results shows that the agreement between the two is very satisfactory. Dispersion by sodium ferrocyanide is as efficient as in the International method. In addition the former has the advantage that the final dispersion is effected at a much lower pH value. The results also show that even laterites can be efficiently dispersed by sodium ferrocyanide at a pH as low as 6.47. Sen and Chakraborty (8) state that the laterites are difficult of full dispersion unless the pH of the suspension is raised to 10.5. Obviously the pH is not the only factor in determining the dispersion of soil colloids.

The soil has been leached both with N—CH₃COONa and N—NaCl. The pH of the acetate solution used for this purpose was adjusted to 7.0. The results are shown in table 2.

Table 2

Soil	NaCl			CH ₃ COONa		
	p. c. clay	p. c. silt.	pH	p. c. clay	p. c. silt.	pH
Bengal laterite	21.76	28.26	6.47	21.26	27.3	6.94
Black cotton	49.66	20.1	9.54	49.56	21.45	9.45

It will be seen that leaching the soil with sodium chloride is as good as that with the acetate.

*) In the calculation of the percentages of clay and silt the weight of the dispersing agent in 20 c.c. has been subtracted from the weight of dry residue in 20 c.c. of the suspension.

Experiments were next carried out with the addition of increasing amounts of NaOH to the soil suspension containing $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Strengths of both $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ and NaOH have been varied. The results are given in table 3.

Table 3

Peptising agent	Bengal laterite		Nadiad		Black cotton	
	p. c. of clay	pH	p. c. of clay	pH	p. c. of clay	pH
$\frac{\text{M}}{500} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	21.76	6.47	11.36	7.53	49.66	9.54
$\frac{\text{M}}{500} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{1000} \text{NaOH}$. .	20.46	8.10	11.01	9.53	—	—
$\frac{\text{M}}{500} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{500} \text{NaOH}$. .	21.71	9.23	11.06	10.07	49.66	10.14
$\frac{\text{M}}{500} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{125} \text{NaOH}$. .	23.21	11.14	12.31	11.48	—	—
$\frac{\text{N}}{1000} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	—	—	11.23	7.05	49.7	9.5
$\frac{\text{N}}{1000} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{1000} \text{NaOH}$.	21.13	8.50	11.18	9.86	—	—
$\frac{\text{N}}{1000} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{500} \text{NaOH}$. .	21.96	9.9	10.63	10.33	49.63	10.14
$\frac{\text{N}}{1000} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{125} \text{NaOH}$. .	22.58	11.14	12.28	11.48	—	—
$\frac{\text{N}}{5000} \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \frac{\text{N}}{125} \text{NaOH}$. .	22.68	11.20	13.35	11.48	50.4	10.82
$\frac{\text{N}}{125} \text{NaOH}$ (International-A meth.)	22.55	11.3	12.45	11.46	49.2	10.8

Table 3 indicates that the addition of increasing amounts of NaOH to the ferrocyanide does not materially increase its dispersing action on the clay. Sodium ferrocyanide in such a low concentration as 0.001 M has a marked peptising action. It appears that the addition of 0.0002 M $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ to the soil suspension containing 0.008 N NaOH tends to give a slightly higher value of clay than that obtained by the International method.

The results presented in the paper show that 0.002 M $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ is a suitable reagent for use as a dispersing agent in the mechanical analysis of soils. On the addition of $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ to the soil suspension, the negative charge of the colloidal particles increases and a good dispersion is obtained.

It is intended to study further the interaction between sodium ferrocyanide and ferricyanide and soil colloids specially in relation to the part played by the free sesquioxides.

We take this opportunity to offer our sincere thanks to Prof. J. N. Mukherjee, D. Sc., for his suggestions and interest. Our thanks are also due to the University of Calcutta for affording facilities to work in the University Science College Laboratories and to the Imperial Council of Agricultural Research, India, under which the senior author (B. Chatterjee) is employed.

References

1. Robinson, G. W., Imp. Bur. Soil Sci., Tech. Comm., **26**, 1933.
2. Puri, A. N., Mem. Dept. Agri. India, Chem. Ser., **10**, p. 209—220, 1929.
3. Troell, E., J. Agri. Sci., 1931, **21**, p. 476—483, 1931.
4. Chakraborty, J. N., Indian J. Agric. Sci., **5**, p. 41—50, 1935.
5. Demolon, A. and Bastisse, E., Ann. Agron. (N. S.), **4**, p. 53—76, 1934.
Ibid, **5**, p. 1—15, 1935; Compt. rend., **199**, p. 675—677, 1934; Trans.
Third Internat. Congr. Soil Sci., Oxford, **1**, p. 33—34, 1935.
6. Reifenberg, A. and Brisk, L., Soil Research, **5**, p. 239, 1937.
7. Mittra, R., Proc. 25th. Indian Sci. Congr., Part III, p. 223, 1938.
8. Chakraborty, J. N. and Sen, A. T., Indian J. Agric. Sci., **5**, p. 39—40, 1935.

Methods of Measuring Soil Erosion

(Méthodes pour mesurer l'érosion du sol — Methoden zur Bestimmung der Bodenerosion)

by

Helmut Kohnke and F.R. Dreibelbis

Soil Conservation Service Coshocton, Ohio, U.S.A.

During recent years the study of erosion has assumed a prominent position among the branches of soil science. This discussion is prepared in an attempt to review the present methods of measuring soil erosion and to point out additional methods that may be used advantageously for the same purpose.

Conservation Survey Method

In the conservation surveys made by the Soil Conservation Service the degree of erosion is generally determined by a comparison of the depths of the horizons of the original soil profile, as they presumably appeared prior to interference through man's activities, with those of the soil in its present state.

In many cases such reconstruction of the soil profile meets with great difficulties or even becomes impossible. In the older agricultural sections of this country most land that could be used for the production of crops has been cleared and farmed for a considerable number of years. The land that was spared is either too steep and stony or too poorly drained to be well adapted to the raising of crops. For this reason, generally only small patches of virgin land remain which represent those soil types best suited for agriculture upon which the most serious erosion has occurred. (The term "soil type" is used here in a narrow sense, and is restricted especially to its occurrence on land of the same slope range, since the depth of the soil profile normally decreases with the increase of slope.) An additional difficulty in the determination of the amount of erosion appears in those soils with indistinct horizons within the profiles such as are frequently found in hill land, especially in coarse textured soils. It is sometimes utterly impossible to determine with accuracy which one of the original horizons forms the present surface.

Determination of the Total Amount of Soil Passing through the Outlet of a Plot or of a Watershed

Erosion is frequently measured as the total amount of soil passing through the drainage way of a plot or a watershed. A combination of

flume, "silt box" and run-off sample collector is used. While different types of construction are employed the principle of measurement is the same. The flume determines the amount of water leaving the watershed and the silt box acts as a stilling basin in which the coarser soil particles settle out. The run-off water leaving the silt box passes through a divisor that conducts a small aliquot into a collector tank, while the bulk of the water continues its flow into the valley. Generally this method gives reliable results. However, the construction and operation of the necessary apparatus are rather costly. This is especially true of the emptying of the silt box after each runoff producing rain.

Determination of Available Plant Nutrients in Run-off

From the point of view of the farmer and agronomist, the most serious immediate effect of soil erosion is the loss of available plant nutrients. While the removal of gravel, sand, and silt may greatly reduce the very substance of the soil over a period of years, it is the washing away of organic and inorganic colloidal matter, and of plant nutrients in solution that rapidly decreases soil fertility. These substances can be determined, of course, in the soil samples collected according to the aforementioned method. They can, however, be obtained by means of much less expensive equipment. Besides a flume that records the amount of water passing the drainage way, a divisor is needed that will conduct a small part of the run-off into a collector tank. The instrumentation should be so arranged that the coarse particles are swept downhill and that only run-off water with soil particles of small diameter (silt and clay) is retained.

Methods for the determination of available plant nutrients in run-off waters by chemical analysis have not yet been worked out; moreover, the term "available plant nutrients" as used in this paper has the usual indefinite meaning. The analysis should include at least the plant nutrients ordinarily supplied by fertilizers. The determination of total nitrogen and of total calcium carbonate suffices to give an idea of the fertility loss of these two nutrients. A modification of the present methods for determining available potassium and phosphorus in the soil could be made to permit their use in determining these nutrients in run-off waters. It is obvious that this technique gives no information concerning the total amount of soil lost from an area of land, but it supplies knowledge that is of more practical use.

The same amount of total soil loss in two storms does not necessarily coincide with the same amount of fertility loss. Where erosion originates from a gullied field, subsoil and stones make up the bulk of

the eroded material. On the other hand, sheet erosion from a productive, well-fertilized field may carry away an enormous amount of valuable plant nutrients. This difference is not always clearly pointed out in erosion studies.

Erosion Determined from Sedimentation

However useful it is to determine the amount of fertilizing elements contained in the run-off, this method does not give a picture of the removal of the body of the soil. This can be obtained by the use of the Conservation Survey Method. As previously pointed out, this method that compares the present soil remnants with the assumed original profile is not always founded on very definite knowledge. A check of the data obtained therefore appears desirable. In many localities such a check is possible through the determination of the eroded soil that has been deposited at the foot of a watershed. This method is feasible only where the largest amount of the eroded material is deposited not far from its origin as a result of some obstruction to flow. A fence may form such a barrier; also a pronounced decrease in the grade of slope or any other feature which reduces the rate of runoff may cause such deposition. While this method of determining erosion does not measure all of the eroded material, a very good picture can be obtained of the bulk of soil that has washed off. It is generally only part of the clay and finer silt that passes such barriers. The coarser soil fractions settle out and these frequently make up the greater part of the soil mass. As the sediment represents the erosion of a great many years the data are not influenced by "unusual weather" as they are when erosion is determined in run-off. If the time of clearing of the land and the type of farming throughout the period of land use is known, a fairly accurate calculation of the average soil loss per rotation can be carried out. Even an average soil loss per crop can be assessed if a knowledge of the relative effect of the different crops on erosion is available.

A Comparison of the Conservation Survey Method and the Sediment Survey Method of Measuring Erosion

On the land operated by the Division of Research, Soil Conservation Service, at the North Appalachian Experimental Watershed, near Coshocton, Ohio, a detailed study has been carried out to compare the conservation survey method and the sediment survey method of measuring erosion. One field lying between the crest of the hills and a road contains a watershed of 5.43 acres, which at present drains through the culvert under this road (see map, pag. 240).

According to the best information available, this field has been farmed for slightly over 100 years. Except for possibly the first decade, the rotation followed was corn, oats, wheat, and about 3, 4, or 5 years of meadow and pasture. As soon as the field was pastured for the first time, a fence was put around it. During the following 100 years the land use has probably been distributed about as follows:

Corn	20 years
Oats	15 years
Wheat	15 years
Meadow and Pasture	50 years

The fence between the field and the road and the weeds growing along it have acted as impediments to run-off, and have caused much soil to be deposited by slowing down the water. As time went on, a small flat developed near the fence in the lowest part of the field. This almost level area assisted in decreasing the velocity of run-off waters and in making the eroded soil settle out. The attached map shows the areal extent of the sediment as it appears today. It can be noted that soil has settled out not only in the lowest part of the field, but also all along the drainage way up to the saddle at the east side of the field. The corn rows have followed the two straight fences, that is, they have run north and south. The run-off, therefore, has been largely in those directions. As a result, the water issuing from north and from south met in the drainage way — which is not very steep — and its velocity was greatly reduced. Soil has, therefore, been deposited from the saddle that forms the watershed boundary to the culvert. This deposition has resulted in a widening of the drainage way, and this in turn has been responsible for a decreased rate of run-off and further deposition.

In order to determine the amount of soil deposited, numerous pits were dug and auger borings made. Eight cross-sections through the sediment were thus obtained and the total volume was calculated to be 57500 cubic feet.

A very detailed conservation survey of the watershed was carried out. Soil type, slope group, and degree of erosion were determined. The soil are residual from sandstone and shale. The data are shown on the map.

The eroded land on this drainage area is situated on slopes ranging from 5 to 20 per cent, and it is assumed from observations in neighboring woodlands that the A horizon of all these soil types within this slope range was approximately 8 inches deep. For the reasons already stated, this assumption was not very firmly founded. As no great

difference appears to exist between the depth of the A horizon of the various soil types within the rather narrow slope range occurring in this field, soil types as well as slope groups can be eliminated from the calculation of erosion and sedimentation.

All areas of different degrees of erosion have been planimetered and the amount of soil loss has been calculated. The data are given in Table 1.

Table 1. Amount of Erosion Field 31

Erosion Symbol	Average depth of eroded soil in inches	Eroded area in square feet	Soil lost in cubic feet
1	1	15 650	1 304
2	3	89 720	22 430
3	5	104 650	43 604
4	7	27 370	15 966
		Total	83 304 or
		or 5.43 acres	15 341 cu. ft. per acre

A comparison of the data shows that the soil in the sediment represents 70 per cent of the soil estimated to have been eroded according to the conservation survey method.

If we assume that the data obtained with the conservation survey method is correct, it appears that approximately 30 per cent of the estimated eroded soil must have left the field. This is not at all unlikely as the fence at the road certainly was unable to keep back all the soil, especially the clay and the finer silt. As a matter of fact, the drainage way below the road has been filled in with several feet of soil, although it is impossible to determine how much of it came from this field and how much from the land below the road. Some of the soil has been carried down into the stream and no calculation as to its amount is possible. Taking these facts into consideration, it appears that the assumption that the original soil profiles had 8 inches of A horizon is reasonable. As the sediment survey method does not show the total amount of soil eroded from a watershed the depth of the original soil cannot be ascertained. However, results obtained by this method may well be considered as the minimum amount of erosion that has taken place from such an area.

The data from these detailed surveys afford an excellent opportunity to estimate the amount of erosion occurring in connection with the various crops. According to the conservation survey method 83 304 cubic

feet of soil have left an area of 5.43 acres. This corresponds to 15 341 cubic feet of soil per acre, or to about 600 tons per acre per 100 years.

It is known that land erodes much more when it is in corn than when it is in wheat or oats, and that erosion from meadows and pastures is generally negligible. Basing the calculation on such relative erodibility, the erosion may have been distributed somewhat as follows:

Table 2.

Crop	Years	Assumed Erosion in Tons per Acre per Year	Total Erosion Within 100 Years in Tons per Acre
Corn	20	20	400
Oats	15	6	90
Wheat	15	6	90
Meadow & Pasture	50	0.4	20
			Total 600

While the relative distribution of erosion over the different crops is merely an estimate, the data conform well with erosion as measured from plots; however, they may appear somewhat low. Eroded soil may be carried a short distance down the slope within a field and be deposited there, only to be eroded again in another storm. Although the soil is eroding twice, it is lost to the field only once. In plots with short slopes the eroded soil is not replaced by soil from locations higher up the slope as it is in the field under natural conditions; therefore, in a plot experiment each soil movement is registered as erosion and the data obtained appear higher than would be expected in the field.

Discussion

Soil erosion is a phenomenon of such great economic importance that all feasible means for its measurement should be examined and the usefulness of each method determined. It is apparent that no single method will be suited for every case. Each of the four types of measuring erosion discussed above has its merits and its shortcomings.

Both the conservation survey method and the sediment survey method measure the accumulated erosion of the period since the land has first been disturbed by man, while the two other methods measure the erosion of each individual storm. Neither the conservation survey method nor the sediment survey method are based on absolute knowledge.

The more mature the profile of the soil, the more reliable is the conservation survey method. The coarser the soil particles, the more reliable will be the sediment survey method.

In most cases it would appear that a comparison of both methods will be the safest scheme for an accurate determination of areal distribution of erosion. While the conservation survey method can be employed wherever the original soil profile is known, the sediment survey method is limited to cases where, due to physiography or artificial obstructions to run-off, the eroded soil has settled out near its origin. Frequently, it is difficult to establish whether a sediment contains the largest part of the soil washed down from the watershed above it or whether much of that soil has been carried down the stream.

Of the two methods of measuring current erosion, the one which determines total soil loss appears to give more complete information than that which determines only the fertility losses. One of the major objections against the former method is that in many watersheds some of the eroded soil settles out before it reaches the flume. The attached map of the field at the North Appalachian Experimental Watershed shows that there is no location where all eroded soil could be caught, as soil has been deposited all along the drainage way to the very watershed boundary. The larger the watershed the more frequent will be the interference through deposition of soil. With increasing size of the watersheds two other factors make this method of determining erosion meaningless: road erosion and stream bank erosion.

The run-off of large watersheds (100 acres or more) contains frequently more soil material from roads and stream banks than from fields; in any case the separation of the erosion from these three sources in the stream water is difficult, if not impossible. This fact, together with the settling out of soil before it reaches the gaging stations of such rather large watersheds, restricts the usefulness of the determination of total soil loss to plots and to watersheds that do not contain roads or definite stream channels.

Another drawback of measuring total soil loss at the outlet of a watershed is the great expense it involves for construction and operation of the measuring equipment.

The method of determining merely the plant nutrients in the run-off has a number of advantages over the preceding method. Sedimentation of soil above the flume does not interfere greatly as the greater portion of the available plant nutrients are contained in the soil particles that stay in suspension the longest and, therefore, are not so subject to deposition. The greatest advantage of this method,

however, is an economic one. The installation of a flume, a divisor and a collector tank is relatively inexpensive and the servicing of the apparatus simple, requiring very little labor, as compared with the sampling and emptying of the silt box used in the preceding method. The information obtained is immediately useful as plant nutrient loss can be easily expressed in terms of dollars and cents and has, therefore, greater meaning to the farmer than tons of soil lost per acre. The expression of nutrient losses in terms of fertilizer replacement costs, however, tends to exaggerate economic loss and such statements must be interpreted with caution. Due to the small cost involved in its installation and operation, erosion measuring flumes of this type could be installed at many stations where the determination of total soil loss would not be feasible.

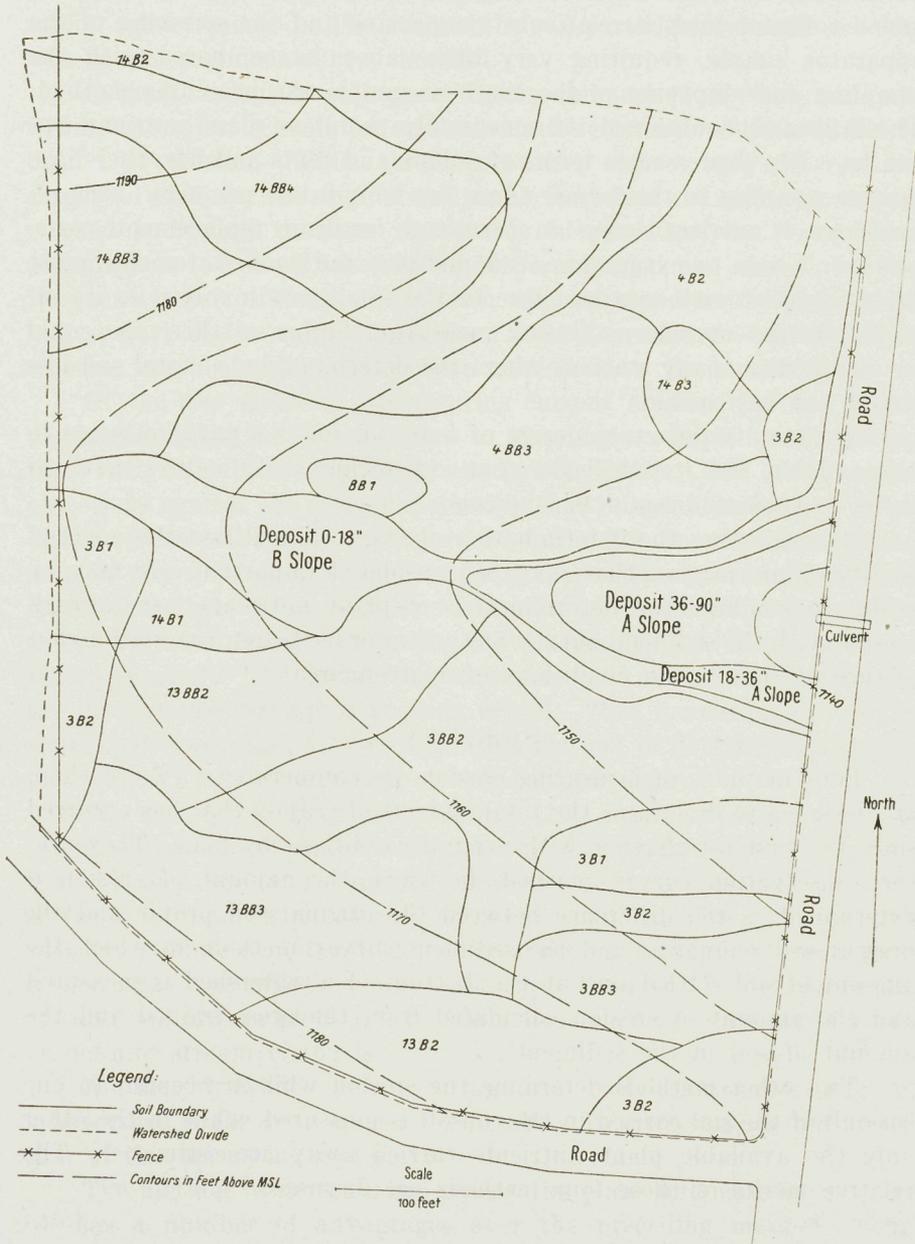
So far no satisfactory design of a divisor for this purpose seems to be available, but it is believed that any technical difficulties involved in its construction could be overcome.

By neglecting the determination of the total soil loss this method sacrifices information that may be considered important. It may be useful to combine the determination of plant nutrients lost through erosion with the sediment survey method in order to get a more rounded picture of the erosion conditions of a given area.

Summary

Four methods of measuring erosion are enumerated. Two of them are designed to determine the total amount of erosion that has occurred since the first interference with natural conditions by man. They are: the conservation survey method, in which the amount of erosion is determined as the difference between the original soil profile and the present soil remnants, and the sediment survey method, in which the amount of soil settled out at the bottom of a watershed is measured and the amount of erosion calculated from the area drained and the amount of soil in the sediment.

Two other methods determine the erosion while it occurs. In one case all of the soil carried in the run-off is measured, while in the other only the available plant nutrients carried away are estimated. The relative merits of these four methods are discussed.



Field 31
(Legend of Symbols see p. 241)

Erosion Field 31 (see p. 240)

Legend:
Soil types

Symbol	Name	Assumed original depth of A horizon
3	Coshocton silt loam	8"
4	Coshocton loam	8"
8	Lickdale loam	8"
13	Muskingum silt loam	8"
14	Muskingum loam	8"

Slope groups

Symbol	Per Cent Slope
A	0—5
B	5—12
BB	12—20

Erosion

Symbol	Per Cent of A Horizon Lost
1	0—25
2	25—50
3	50—75
4	75—100

Zur Kenntnis der Böden der Insel Kreta (Griechenland)

(The soils of the Isle of Crete. — Les sols de la Crète)

von

K. Nevros u. I. Zvorykin, Athen
(Übersetzung: H. Kuron, Berlin)

Im Sommer des Jahres 1935 leiteten wir die Untersuchungen über die Bodenarten der Insel Kreta ein. Zu diesem Zweck bereisten wir die Insel auf verschiedenen Wegen, deren Richtung von dem Relief und dem geologischen Bau der Insel abhängig war. Als Ergebnis der Feldarbeiten und der Bearbeitung des gesammelten Materials im Laboratorium wurde eine geologische Übersichtskarte im Maßstab von 1:300 000 zusammengestellt (Fig. 1). Die verkleinerte Wiedergabe dieser Karte ist der nachstehenden Beschreibung der Lagerung der Bodenschichten und ihrer chemischen Eigenschaften beigelegt.

Geographische Lage der Insel

Die im Mittelmeer gelegene Insel Kreta ist der südlichste Teil Europas und, mit Ausnahme von Sardinien, die am weitesten vom Festlande entfernte große Insel in diesem Meere. Unter Benutzung der von Raulin gegebenen Grundlagen, auf denen auch die unserer Bodenkarte zugrunde gelegte topographische Karte von Vikaki fußt, kommen wir zu folgenden Koordinaten für Kreta:

Länge: 23° 30'—26° 20' (östl. Greenwich)

Breite: 34° 54' 40"—35° 41' 34".

Die Insel erstreckt sich von Westen nach Osten und ist 245 km lang (zwischen der Insel Elafonissi und dem Kap Plako); ihre größte Breite beträgt 52 km, ihre geringste 12 km. Ihre Oberfläche beträgt 8620 qkm oder 862 000 ha. Kreta ist also die kleinste von den fünf großen Inseln des Mittelmeeres.

Die Orographie

In orographischer Beziehung stellt Kreta ein kleines Bergsystem dar. Es läßt sich in fünf Massive einteilen, die auf einer Linie liegen, die die größte Länge der Insel darstellt. Den Mittelpunkt bildet das Psiloritimassiv, das von den anderen im Osten durch die Fastebene bei Megalo-Kastron (Iraklion) (s. Taf. 5, Abb. 10) und im Westen durch die Fastebene bei Retimon getrennt wird. Auf der erwähnten Linie liegen auch die folgenden höchsten Punkte der Insel. Von Westen nach Osten: Apopigari = 1,388 m, Theodori = 2,375 m, Krioneriti = 1,027 m, Psiloriti (Ida) = 2,498 m, Kofinos = 1,250 m, A. Christi = 2,155 m,

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΝ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΑΣ "ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ"

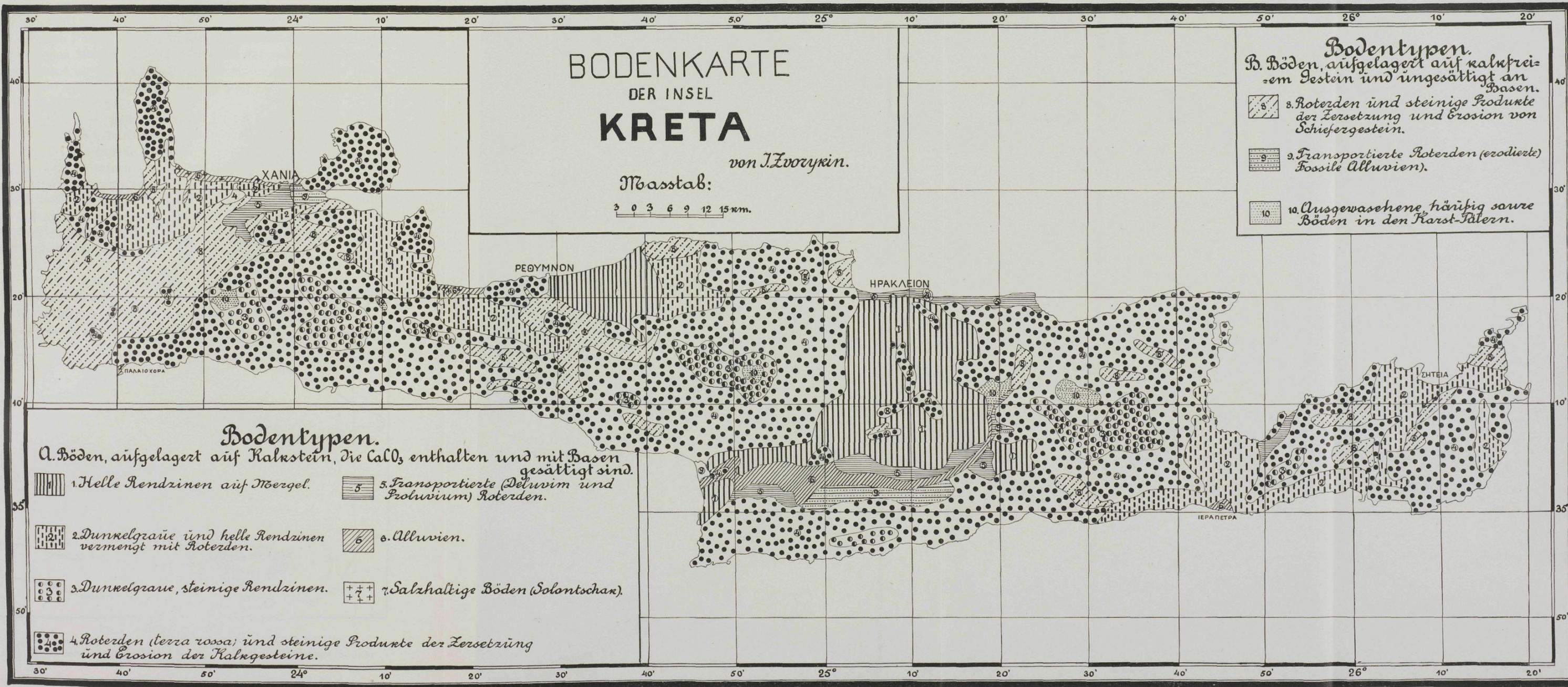


Fig. 1

eta

(Crète)

chungen über
bereisten wir
n dem Relief
Ergebnis der
ls im Labora-
von 1:300000
dieser Karte
odenschichten

idlichste Teil
eitesten vom
enutzung der
surer Boden-
ußt, kommen

245 km lang
größte Breite
igt 8620 qkm
großen Inseln

Bergsystem
Linie liegen,
kt bildet das
ie Festebene
Westen durch
ähnten Linie
Westen nach
i = 1,027 m,
t = 2,155 m,

A. Kawussi = 1,472 m. Der höchste Punkt der Insel ist der Gipfel des Berges Psiloriti (Ida).

Die höchsten Punkte der Insel liegen der Südküste näher; deshalb ist der Abfall zum Meeresspiegel im Süden jäh und steil. Nach Norden zu fällt das Relief viel weniger steil ab; dort befinden sich kleine Bergketten, zuweilen auch Hochebenen, die gegenwärtig meist den Charakter einer Fastebene haben.

Diese Hochebenen sind: Kissamos, Chania (teils alluvial), Kandanos, Retimon, Megalo-Kastro (Iraklion), Hierapetra und Siteia. Südlich von der Hochebene Megalo-Kastro (Iraklion) liegt das Tal von Messara, das in seinen oberen und südlichen Teilen von altem, und im mittleren und niedrigeren Teil von jungem Alluvium angefüllt ist.

In den Teilen der Insel, die aus hartem Kalkstein bestehen, trifft man überall auf Karst-Dolinen von verschiedenen Ausmaßen und in verschiedener Höhenlage. Die bedeutendsten sind: Omalos (1120 m), Nida (1600 m), Kastelli (360 m) und Lassithi (682 m).

Das Klima

Die Angaben über das Klima haben wir dem von Mariolopoulos und Livathinos verfaßten Klimaatlas Griechenlands entnommen. (11.)

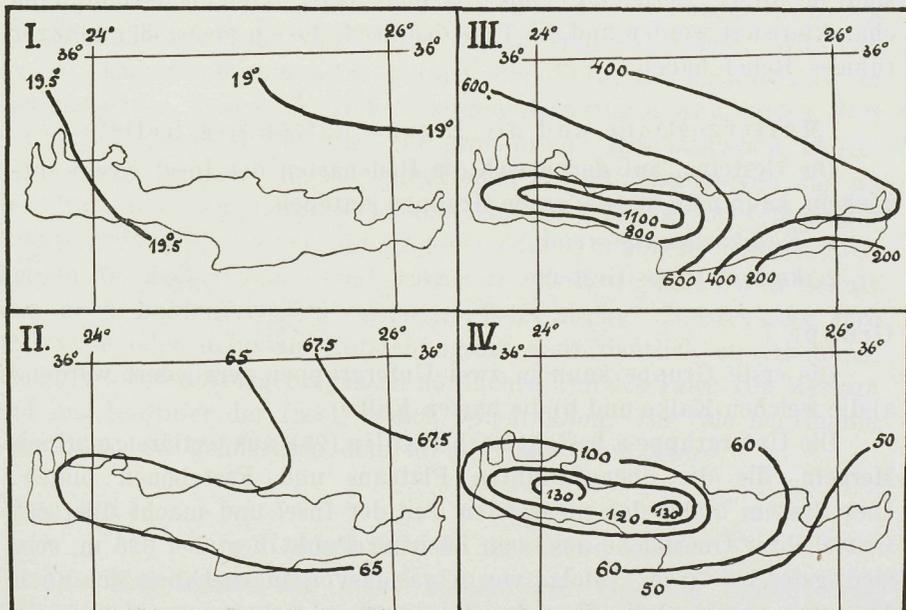


Fig. 2. Klimatische Angaben:

I. Mittlere Jahrestemperatur °C. — II. Mittlere jährliche relative Feuchtigkeit. — III. Mittlere jährliche Niederschläge (mm). — IV. Zahl der Regentage im Jahr

Aus der beigefügten Übersicht (Fig. 2) ersieht man, daß die Jahrestemperatur ziemlich hoch ist (19—19,5°). Die jährliche Niederschlagsmenge, die sich in Richtung von Westen nach Osten vermindert und von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängig ist, schwankt zwischen 1100 mm im mittleren Bergmassiv und 200 mm in dem südöstlichen Teil der Insel. Ebenso schwankt die Zahl der Tage mit Niederschlägen. Die Niederschläge fallen ausschließlich während der feuchten Winterperiode, so daß genau wie in Attika (Nevros und Zvorykin [13]) zwei Perioden im Jahr auftreten: die heiße und trockene Sommerperiode und die feuchte und mäßig warme Winterperiode. Dementsprechend ist der Boden abwechselnd einer starken Durchfeuchtung (während der nassen Jahreszeit) und einer starken Dürre (während der trockenen und heißen Jahreszeit unterworfen). Aus der Fig. 2 ersieht man, daß der Teil der Insel, in dem die Niederschläge 400 mm und weniger betragen, nur ein unbedeutender im Osten der Insel ist, während der größte Teil 600 mm und mehr erhält. So sehen wir, daß die Bodenoberfläche eine bedeutende Wassermenge während der feuchten Jahreszeit erhält; jedoch ist das Relief der Insel an den meisten Stellen dermaßen zertalt, daß dieses Wasser eher die Denudationsprozesse fördert als die Ausbildung typischer Bodenprofile ermöglicht. Ausnahmen sind in dieser Beziehung einige Gebiete, die durch Karstbildungen charakterisiert werden und die Teile der Insel, die ein mehr oder weniger ruhiges Relief haben.

Muttergesteine und die Eigenschaften des Reliefs

Die Gesteine, auf denen sich die Bodenarten der Insel Kreta entwickeln, kann man in zwei große Gruppen einteilen:

1. Kalkkarbonatgesteine,
2. karbonatfreie Gesteine.

Gruppe I.

Die erste Gruppe kann in zwei Untergruppen zergliedert werden: a) die weichen Kalke und b) die harten Kalke.

Die Untergruppe a besteht nach Raulin (23), aus tertiären marinen Mergeln, die die obenerwähnten Plateaus und Fastebenen bilden. Dies System bildet den niedrigsten Teil der Insel und macht über ein Drittel ihrer Oberfläche aus; sein höchster Punkt liegt bei 625 m, sein niedrigster bei 70 m. Infolge von Abrasionsvorgängen haben sich auch Terrassen gebildet, die über den Meeresspiegel gehoben wurden.

Es herrscht hier ein verhältnismäßig ruhiges Relief, wie es für die Fastebene typisch ist. Mehr oder weniger breite Täler sind vor-

handen und es hat eine bedeutende Flächenerosion und eine geringere Grabenerosion stattgefunden (Taf. 5, Abb. 10; Taf. 7, Abb. 13).

Die Untergruppe b) — die der harten Kalke — ist durch graue und dunkelgraue eozäne Gesteine und auch durch graue und schwärzliche der Kreideformation vertreten; nach Raulin (23) ist in beiden Quarz enthalten. Auf seiner geologischen Karte trennt Raulin (23) diese beiden Systeme nicht, weil sie einen ähnlichen Mineralaufbau haben und Leitfossilien nur selten vorkommen.

Im Gegensatz zu den tertiären Mergeln bilden die erwähnten harten Kalke die Bergmassive und -ketten; zuweilen erscheinen sie auch auf den Fastebenen in Gestalt kleiner Bergketten und Inseln inmitten der Mergel; sie bilden auch die bedeutendsten Gipfel, wie z. B. den Psiloriti (2498 m). Das Gebiet, das von den harten Kalken beherrscht wird, zeigt eine starke Entwicklung des Karsts mit allen seinen Begleiterscheinungen, wie Trichter (Abb. 6), Dolinen (Abb. 7 und 8), Höhlen, Grotten und steile Schluchten (Taf. 1, Abb. 1). Die Erosion ist hier besonders entwickelt und die Verwitterungsprodukte können sich deshalb nur auf kleinen Plateaus oder Terrassen halten (Abb. 4). Wenn sie sich in situ absetzen, haben die Verwitterungsprodukte meistens eine rötlichgelbe Färbung. Im Denudationsprozeß aber erhalten sie graue und gelbbraune Färbungen. Nach Raulins (23) Untersuchungen enthalten sie immer Bruchstücke von Quarz und anderen Mineralien. Während dieses Denudationsvorganges werden die Verwitterungsprodukte in den negativen Teilen des Reliefs zusammengetragen und bilden dort Schuttfächer und -kegel, die sehr grobkörnige Beschaffenheit haben. In den Ablagerungen, die sich unmittelbar am Fuß von Bergen und an der Mündung von Bergtälern befinden, ist meistens scharfkantiger Schutt vorhanden. Aber mit zunehmender Abflachung des Gefälles werden die Ablagerungen feinkörniger und dem scharfkantigen Schutt sind auch kantengerundete Schotter beigemischt. Meistens ist ihre proluviale oder deluviale Entstehungsart ganz deutlich zu erkennen, wie z. B. bei den Ablagerungen im nördlichen Teil des Tales von Messara und am Nordufer der Insel, östlich von Iraklion. Im Tale bei Chania aber haben sie gemischten deluvial-alluvialen Charakter.

Gruppe II.

Karbonatfreie Gesteine

Die Hauptmasse der nicht kalkhaltigen Gesteine besteht aus Talkschiefern, die Raulin (23) für die oberste Schicht der primären Ablagerungen hält, die als Basis für die Sedimente dienen. Auf Kreta fehlt der Gneis ganz. In der Berggruppe von Selino-Kissamos haben

diese Schieferschichten eine bedeutende Ausdehnung und bestimmen den geologischen Charakter dieses Gebietes; sie bilden hier die bedeutenden Höhen, wie z. B. Apopigari (1388 m). In anderen Teilen der Insel ist der Anteil der Schiefer unbedeutend. Sie erscheinen nur in den niedrigsten Teilen des Reliefs und bilden ab und zu Erhebungen auf wenig erhöhten Plateaus. In der Gegend von Selino-Kissamos finden sich dagegen Talkschiefer, aus welchen ganze Berge gebildet sind, wie z. B. der Sklavopulo. Sie haben dort rote oder gelbe Farbe, die sie, nach Raulin (23) ohne Zweifel bei der Verwitterung angenommen haben. Diese rotgefärbten Verwitterungsprodukte bilden mächtige Schichten zwischen den grauen unverwitterten. Dasselbe finden wir öfters im Gebiet der Schiefer. Die roten Schichten sind fast immer stark geneigt und zuweilen sogar überkippt. Der Grundton ihrer Färbung ist gelb-rötlich mit leuchtendroten Adern, Streifen und Einschlüssen.

Die Struktur des Gesteins bleibt bei Verwitterung gewöhnlich erhalten. Die tief verwitterten Schiefer bilden auch mächtige Ablagerungen tonigen oder tonig-sandigen Charakters, die meistens rot oder gelbrot gefärbt sind*).

Abgesehen von den Gebieten, die von tertiären Mergeln beherrscht werden, haben die Schiefer das weichste Relief. Steile Formen sind selten (Abb. 15). Fast überall im Innern der Insel sind ihre Hänge mehr oder weniger abgerundet und weich. Auch die von ihnen gebildeten Meeresufer haben im Gegensatz zu denen aus Kalkgestein einen weichen, abgerundeten Charakter.

Die in ihnen gebildeten Täler sind ziemlich breit, haben manchmal sehr gut ausgebildete Terrassen, die in ihren untersten Teilen öfters gerundetes, steiniges Material enthalten. Auf den obersten Terrassen, die sich unmittelbar an den Fuß der Berge anlegen, finden wir große verwitterte, scharfkantige Gesteinsbruchstücke. Die Denudationsprozesse sind hier stark entwickelt und wir finden sowohl Flächen- wie Grabenerosion. Diese letztere Erosionsart entwickelt sich hauptsächlich auf kultivierten Abhängen, wo man zum Bau von Terrassen gezwungen ist (Taf. 8, Abb. 16). Auf den Abhängen, die von natürlicher Vegetation bedeckt sind (meistens Heidekraut), ist die Flächenerosion nicht entwickelt und die Grabenerosion macht sich hauptsächlich auf dem Boden der Täler bemerkbar, wo sich dank der Weichheit des Gesteins

*) Die große Zahl von neuen Wegen, die vor kurzer Zeit auf der Insel gebaut sind, gibt volle Möglichkeit diese Erscheinungen zu studieren.

und der Menge der Niederschläge, die während der Regenperiode hier fallen, tiefe Schluchten mit steilen Abhängen bilden.

Verwitterungsprodukte der Schiefer bilden z. B. das Plateau bei Kandanos, 427 m über dem Meeresspiegel. Dieses Plateau bildet den Boden eines Amphitheaters, das gegenwärtig durch das Tal von Vlithinas eine Öffnung zum Meer hin hat. Raulin (23) ist der Ansicht, daß dies Amphitheater während der Ablagerung des ausfüllenden Materials geschlossen war. Das ganze abgelagerte Material ist zweifellos aus den Schiefen hervorgegangen, die das Amphitheater umgeben.

Der südliche und niedrigste Teil des Amphitheaters besteht aus lehmigem Sand von gelblichroter Farbe, der horizontal geschichtet ist; diese Schichten enthalten an vielen Stellen Ablagerungen von gelbgrauen Talkschiefern, die öfters sehr hart und eisenschüssig sind. Der obere, nördliche Teil, enthält Lager und unregelmäßige Adern von Talkschiefer und eisenschüssigem, braungelbem Sand. Die Ablagerungen im obersten Teil des Vlithinastales haben bis 60 m Mächtigkeit; hier sind auch die nicht verwitterten Schiefer sichtbar, die die Unterlage bilden. Ein frisches Profil sieht ziemlich bunt aus. Es zeigt auf gelbrottem Grund deutliche rote Adern und Striche, oft auch weißgraue kleine Adern. Raulin (23) identifiziert dieses Amphitheater mit Karstdolinen von Kreta, wie z. B. Omalos oder Lassithi. Bei dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft ist es natürlich klar, daß ihre Entstehung verschieden ist. Karstbildungen kommen im Gebiet der Schiefer nicht vor und die Senke bei Kandanos ist eher eine tektonische Bildung, wie es Martonne (12) für einige Täler von Mazedonien nachweist, die außerhalb der Karstgegenden liegen. In einer späteren Zusammenstellung betrachtet Ökonomidis (17) die Schiefergegenden von Mazedonien und Kreta als Erscheinungen derselben Art, was die Richtigkeit der geäußerten Vermutung unterstreicht. Anscheinend stellte das Amphitheater bei Kandanos, ehe das Vlithinastal entstanden war, ein gleichmäßiges Plateau dar, und erst nach der Entstehung dieses Tales begann seine Abtragung. Als Ergebnis entstanden die terrassenartigen Überreste, die auf dem Bilde deutlich zu erkennen sind (Taf. 7, Abb. 14). Es gibt nur ein Terrassenstockwerk, was beweist, daß die Abtragung des Plateaus erst bei Bestehen der heutigen Erosionsbasis stattfand. Die Anhäufung der Verwitterungsprodukte der Schiefer muß also vor der Entstehung des Vlithinastales stattgefunden haben.

Die aufgezählten Grundgesteine bedingen folgende Ablagerungen:

1. Alluviale Ablagerungen (mit und ohne Karbonate);
2. Ablagerungen ohne Karbonate in den geschlossenen Niederungen des Karstreliefs.

Alluviale Ablagerungen

Je nach der Zusammensetzung der Gesteine, die das hydrographische Bassin des Geländes bilden, lassen sich die alluvialen Ablagerungen in karbonathaltige und karbonatfreie einteilen. Die ersteren schließen sich gewöhnlich dem Kalkgebiet an und sind in bezug auf Menge und Größe des in ihnen enthaltenen Schuttes sehr verschieden, je nach der Härte des vom Wasser umgelagerten Gesteins. Die letzteren finden sich im Bereich der Schiefer und ihr Skelett hat dieselbe petrographische Zusammensetzung wie diese. Die karbonathaltigen sowohl wie die karbonatfreien alluvialen Ablagerungen enthalten außer gerundeten Schottern auch nichtgerundetes Steinmaterial, was darauf hinweist, daß an ihrer Bildung kräftige, Proluvium ablagernde Strömungen beteiligt waren.

Es sei auch auf das Vorkommen von altem rotem und rotbraunem Alluvium hingewiesen. Dieses Alluvium liegt immer höher als das gegenwärtige Tal, und seine Schichten sind häufig stark geneigt. Dies weist darauf hin, daß nach der Ablagerung Dislokationen stattgefunden haben (Taf. 9, Abb. 17). Die alluvial-proluvialen Ablagerungen bilden manchmal schmale Landstreifen am Strande, besonders auf der Nordseite der Insel. Sie sind aber meist so klein, daß sie bei dem Maßstabe unserer Karte nicht alle eingezeichnet werden konnten.

Karbonatfreie Ablagerungen in den geschlossenen Senken des Karstreliefs

Wir haben schon darauf hingewiesen, daß Karstbildungen in den Kalkgebirgen, die den größten Teil der Insel Kreta bedecken, besonders ausgeprägt sind. In diesen Gegenden kann man alle Stadien ihrer Entwicklung verfolgen — von den Anfangsformen des Karstreliefs bis zu den Übergangsformen, die durch normale Erosion entstanden sind. Diese besonders ausgeprägte Entwicklung der Karstbildungen muß mit dem Klima Kretas in Zusammenhang gebracht werden. Dieses ist, wie schon gesagt, durch hohe Niederschlagsmengen, besonders im westlichen Teil des Kalkmassivs, ausgezeichnet. Martonne (12) sagt Folgendes über den Einfluß des Klimas: „Die große Niederschlagsmenge, die im Laufe eines ganzen Jahres oder einer Jahreszeit fällt, muß eine starke unterirdische Wasserzirkulation hervorrufen. Dies ist wahrscheinlich eine der Ursachen für die hervorragende Entwicklung des Karstes in den Dinarischen Alpen, dem niederschlagreichsten Gebiet Südeuropas.“ Diese Erwägung gilt auch für Kreta, wie wir bei der Beschreibung der Wasserverhältnisse sehen werden. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß wir in der Gegend des Bergmassivs Psiloriti

(höchstes Bergmassiv mit hoher Niederschlagsmenge, bis zu 1100 mm) überall auf Anfangsformen der „Karstdolinen“ (nach der international gewordenen Terminologie von Cvijić [5]) stoßen. Martonne (12) bezeichnet solche Anfangsformen als „Embryonaldolinen“ (Taf. 3, Abb. 6). Die „Embryonaldolinen“ werden in ihrer weiteren Entwicklung zu zirkulären oder elliptischen geschlossenen Senken mit ebenem Boden. Diese werden allmählich vom Rande her durch die abgespülten Verwitterungsprodukte des Kalkgesteines ausgefüllt. Außerdem finden sich auch breitere Dolinen, wie z. B. die von Omalos (1127 m), Nida (1600—1700 m) (Taf. 4, Abb. 8), Lassithi (668 m) mit drainierenden Trichterröhren oder Ponoren (die örtliche Bezeichnung ist Rhonos). Die Ablagerungen auf dem Boden dieser Dolinen sind schon periodisch der Erosion ausgesetzt, die manchmal richtiggehende kleine Terrassen entstehen läßt. Im letzten Stadium des Prozesses befindet sich die Doline von Kastelli, die im Südwestteil einen Ponor und im Süden einen Ausgang zum Tal von Messara hat. Dies letztere ist eine Fortsetzung der Kastellidoline und ist anscheinend ursprünglich auch eine Karstbildung gewesen. Wir beobachten in diesem Fall den Übergang von einem Karstrelief zu einem normalen Erosionsrelief (Taf. 5, Abb. 9.)

Die Doline Omalos hat als einzige in ihrem tiefsten Teil einen kleinen Sumpf, der im Sommer austrocknet und sich während der Regenperiode wieder füllt, wenn das überschüssige Wasser nur teilweise durch den von Steinen und Erde verschütteten Ponor abfließen kann. Auf dem Boden der genannten „Dolinen“ findet man immer Kalkfestschuttreste unter dem eingespülten Material, dessen Ablagerung heute noch andauert, je nach Verwitterung und Erosion des umliegenden Kalksteines. An Hand eines Fundes von Nilpferdüberresten in der Lassithidoline verlegt Raulin (23) die Bildung der Ablagerungen in diesen Senken in die Tertiärzeit und kommt zu dem Schluß, daß die „Dolinen“ früher Wasserbassins waren, die durch Denudationsvorgänge später verschüttet wurden. Dagegen spricht allerdings das Vorhandensein von Ponoren, die die Oberflächenwässer ableiten, eine Tatsache, die die Möglichkeit von ständigen Wasseransammlungen fraglich macht. Wenn Raulins (23) Ansicht richtig ist, muß man annehmen, daß die Bildung des Dolinenbodens schon unter der Wasserfläche stattgefunden hat und zur Trockenlegung führte. Auf alle Fälle beobachten wir gegenwärtig keine Seeablagerungen in diesen Dolinen. Die Anschwemmung, die den Boden bedeckt, hat Kreuzschichtung, welche deluviale Bildungen kennzeichnet oder Parallelschichtung, wie sie für Alluvium typisch ist. Die verschiedene mechanische Zusammensetzung der Schichten, die wir hier beobachten, führt zu der Vermutung, daß die

Anhäufung bei ungleicher Strömungsgeschwindigkeit des abgelagerten Wassers zustande kommt und unzweifelhaft einem periodischen Wechsel unterworfen ist. Sie tritt in der Regenzeit auf. Die Mächtigkeit der Ablagerungen in den Tälern ist sehr bedeutend, und Raulin (23) beschreibt eine 10 m tiefe Schlucht im Lassithial, deren aus gelblichem lehmigen Sand bestehende Ablagerungen sehr gleichmäßig sind. Infolge der periodischen Beeinflussung durch Wasser, das durch den Ponor bis zu einem gewissen Grade abfließt, sind diese Ablagerungen in ihrer ganzen Mächtigkeit entkalkt. Das beweist, welchen Einfluß das Karstrelief auf die Zusammensetzung der Verwitterungsprodukte des Kalkgesteins hat. Man muß überhaupt bei dem Studium der Böden des Mittelmeergebietes dem Einfluß des Karstreliefs viel Aufmerksamkeit schenken.

Hydrographie

Größere, ständig fließende Flüsse sind nicht auf Kreta vorhanden. Es gibt nur einige Bäche und Quellen, die das ganze Jahr über Wasser haben. Das am besten entwickelte hydrographische Gebiet mit fließenden Gewässern befindet sich im Gebiet der Schiefer. Im Gebiet der tertiären Ablagerungen ist ein solches kaum zu beobachten. Nur am Boden der Täler oder am Meeresufer findet man eine geringe Zahl von Quellen, deren Wasserabgabe jedoch während der trockenen Jahreszeit ganz minimal ist. Im Karstgebiet gibt es dagegen kein hydrographisches Netz. Quellen bilden Ausnahmen und tragen den Charakter von sog. „Kefalovrissi“ (örtliche Bezeichnung), d. h. sie verschwinden nach dem Erscheinen an der Oberfläche sofort wieder in einem Ponor, um erst in niedrigen Höhenlagen wieder zum Vorschein zu kommen, meistens an der Meeresküste. Bisweilen aber speisen sie die Bodengewässer in großen Karstdolinen, wie Omalos, Nida und Lassithi. In solchen Dolinen gibt es zahlreiche Brunnen. Dies sind die einzigen wasserreichen Stellen in weiten Karstgebieten.

Täler, die zum Meer abfallen und auf ihrem Grund Schluchten mit steilen Wänden haben, bewirken ebenso wie die „Kañons“ des Karstgebietes, eine Ableitung der Oberflächengewässer während der feuchten Jahreszeit, in der die Niederschläge meist als Regengüsse fallen.

Zum Schluß der hydrographischen Beschreibung wollen wir noch den einzigen See, den mäßig großen Kournasee, erwähnen. Er liegt westlich der Stadt Retimon, nahe am Meer. Das Brunnenwasser am Strand ist oft salzig. Außerdem gibt es auch Salzquellen. Die wichtigste befindet sich bei Almiros (Gegend von Retimon); eine andere, schwächere — in der Nähe von Iraklion. Raulin (23) ist auf Grund

von Laboratoriums- und Felduntersuchungen der Ansicht, daß diese Quellen kontinentaler Herkunft sind. Seine Ansicht wird durch das Vorkommen von salzführenden Linsen und Schichten im tertiären Mergel bestätigt. Das Salz aus solchen Ablagerungen kann sich natürlich auch im Bodenwasser anreichern.

Denudationserscheinungen

Während der Regenperiode werden die Kañons des Karstes, die trockenen Flußläufe und Schluchten in dem weniger zerschnittenen Teile des Reliefs oft von trüben, reißenden Flüssen erfüllt. Dann setzt starke Erosion ein, und zwar sowohl Flächen- wie Grabenerosion. An den flachen Stellen findet dann eine teilweise Ablagerung von Bildungen deluvialen und proluvialen Charakters statt und in den Dolinen sammeln sich Sedimente. Wo das Gefälle stark ist, werden dagegen eluviale Bildungen bis zu völligentblößtem Grundgestein entstehen (Taf. 3, Abb. 5). Die Energie dieser Vorgänge hängt nicht nur von der Niederschlagsmenge und dem Relief ab, sondern auch vom Vorhandensein und Zustand der Vegetation. Die Vernichtung der Wälder auf der Insel begünstigt in hohem Maße die zerstörende Wirkung der Denudation. Die Regenzeit spielt die Hauptrolle bei der Umgestaltung der ursprünglichen Landoberfläche und bei der Entstehung der Karstbildungen. In dieser Zeit findet ein Ansteigen des Grundwassers bzw. das Auftreten von Oberflächenwasser statt, was sich in der Ausbildung mancher Böden zu erkennen gibt. Man kann wohl mit Sicherheit sagen, daß für die bodenbildenden Vorgänge auf Kreta Relief und Denudation, wenn auch nicht immer, so doch in vielen Fällen ausschlaggebend sind.

Einteilung und Beschreibung der Böden

Die Vielgestaltigkeit und reiche Gliederung des Inselreliefs, die Mannigfaltigkeit der Muttergesteine, der Einfluß der Denudation, die zuweilen katastrophale Ausmaße zeigt, die Karstbildungen und endlich das Alter des Bodens, das bei den einzelnen Böden nach geologischem Maßstab zu bemessen ist, bereiten ganz besondere Schwierigkeiten bei der Einteilung der Böden Kretas. Die wichtigsten Faktoren der Bodenbildung sind: das Muttergestein, das Relief, die mit ihm verbundene Denudation und das Bodentalter. Dieser letztere Faktor, der schon von Dokutschajew hervorgehoben wurde, ist erst heute wieder in den Arbeiten von Lacroix (9) und besonders in den hochinteressanten Werken von Polynov (20—21) in gebührender Weise gewürdigt worden. Er hat außerordentliche Bedeutung für die Bodenforschungen im Mittelmeergebiet.

Der Einfluß des kalkigen Muttergesteins kommt in den meisten Fällen sehr deutlich zum Ausdruck und spielt oft eine entscheidende Rolle. Wir haben deshalb der Einteilung der Böden das Schema von Gedroiz (6) zugrunde gelegt, das auch den Einfluß der anderen bodenbildenden Faktoren genügend berücksichtigt.

Die Grundeinteilung der Böden nach ihren Eigenschaften und teilweise auch nach ihrer wirtschaftlichen Bedeutung ist als Legende auf der beigegeführten Karte (Fig. 1) wiedergegeben. In der nachstehenden Beschreibung der Bodenarten haben wir die angegebene Einteilung in zwei Gruppen A und B im wesentlichen beibehalten. Dabei haben wir der Bequemlichkeit wegen die verwandten und genetisch verknüpften Bodentypen in Serien vereinigt, wie z. B. die Serie der Rendzinaböden, die der Roterden auf Kalksteinen usw.

A. Karbonathaltige, basengesättigte Böden auf Kalk.

I. Hierzu gehören:

- a) dunkle Rendzinaböden auf Mergeln (auf der Karte: 2);
- b) dunkle steinige Rendzinaböden auf hartem Kalk (auf der Karte: 3);
- c) Verwitterungs- und Erosionsprodukte auf harten Kalken (auf der Karte: 4);
- d) helle Rendzinaböden auf Mergeln (auf der Karte: 1).

1. Rendzinaserie

In unserer letzten Arbeit haben wir (Nevros and Zvorykin) darauf hingewiesen, daß sich unter natürlichen Bodenbildungsbedingungen auf den Mergeln und weichen Kalken Griechenlands meistens typische dunkle Rendzinaböden entwickeln, wie das auch durch die Arbeit von Liatsikas (10) bewiesen wird. Eine Störung der natürlichen Lagerungsbedingungen, die gewöhnlich vom Menschen verursacht ist, führt zu verstärkter Flächenerosion, zu einer Zerstörung des Humushorizontes und zur Freilegung des entblößten Muttergesteins. Hiervon ausgehend, beginnen wir bei der Beschreibung der Rendzinaserie mit den dunkeln, besonders typischen Rendzinen.

a) Dunkle Rendzinaböden (Auf der Karte: 2)

Charakteristisch für diese Böden ist Profil 43 (Taf. 6, Abb. 11) aus der Umgebung des Dorfes Hagios Nikolaos auf Mergeln und das Profil 42 aus der Umgebung des Dorfes Episkopi im Hierapetratal auf härteren, kreideähnlichen Kalken (Taf. 6, Abb. 12).

Der Aufschluß 43 wurde auf einem zum Meer abfallenden, von Gebüsch bestandenen Berghang angelegt. An dem tief in den Berg eingeschnittenen Wege kann man das Bodenprofil auf einer großen Strecke beobachten. Das Profil

ist durch große Gleichmäßigkeit und gute Ausbildung ausgezeichnet, wie aus der Photographie zu ersehen ist. In der einförmigen Mergelmasse treten härtere Ausläufer und Bruchstücke des kreideähnlichen Kalkgesteins hervor. Diese Bruchstücke sind in den Humushorizonten besonders zahlreich. Man kann diese Erscheinung dadurch erklären, daß aus dem kreideähnlichen Gestein Bruchstücke herunterrollen, die teilweise vom Gebüsch aufgefangen und in die Masse des Bodens einbezogen werden.

Beschreibung des Profils 43

Horizont A, 0—30 cm. Dunkelgrau an der Oberfläche, von Rasen bedeckt und stark durchwurzelt; hoher Gehalt an Kalkskelett und feste Krümelstruktur. Der feinkörnige Anteil schäumt mit HCl nur sehr schwach auf.

Horizont B, 30—45 cm. Etwas heller als der erste, von sehr guter, feinhasselnußartiger Struktur, stark rissig; zerfällt sehr leicht in feste Strukturteile. Stärkeres Aufschäumen mit HCl.

Horizont C, 45—60 cm. Hellgrau, von Humus schwach angefärbt, strukturlos und kompakt. Übergang zum weißen Mergel. Schäumt mit HCl kräftig auf.

Horizont C₁, > 60 cm. Weißer Mergel.

Aus der Beschreibung und den Photographien ersehen wir, daß dieses Profil nach Farbe und Horizontfolge, trotz seiner Lage am Hang, eine ganz typische Rendsina ist.

Profil 42 (Taf. 6, Abb. 2), das eine weniger vollständige Ausbildung hat, liegt auf einer kleinen Terrasse des Hierapetratales und stellt eine Rendzinabildung der Ebene auf einem kreideähnlichen, verwitternden Kalkgestein dar, die keiner ausgesprochenen Erosion ausgesetzt ist.

Beschreibung des Profils 42

Horizont A 1, 0—7 cm. Dunkelgrau mit bräunlicher Tönung, von guter Krümelstruktur. Der Boden zerfällt leicht in einzelne Körner und ist von Gebüschwurzeln durchwachsen. Aufschäumen mit HCl.

Horizont B, 7—20 cm. Dunkelgrau mit bräunlichroter Tönung. Grobe Nußstruktur. Enthält viel verwitternden Schutt. Schäumt mit HCl.

Horizont C, > 20 cm. Stark verwitterter, kreideähnlicher Kalkstein, in dessen Rissen man überall Taschen von Horizont B findet. Schäumt stark mit HCl. Dieses Profil hat eine nur geringe Mächtigkeit. Der Boden geht bald in das kalkige Muttergestein über.

Die beschriebenen Böden, die die Ausbildung der typischen Rendsinen haben, entwickeln sich in beliebiger Höhe über dem Meeresspiegel im Gebiet der weichen tertiären Kalke. In mittlerer Höhe, im Gebiet der harten Kalke des Eozäns und der Kreide, die den Karst bilden, findet man sie nicht. An ihrer Stelle findet man rote oder gelblichrote Böden, oder Denudations- und Verwitterungsprodukte der Kalkgesteine. Diese letzteren sind von grauer, graubrauner und gelbbrauner Farbe und nähern sich den Böden des Rendsinatypus. Sie befinden sich aber noch in einem embryonalen Zustand und stellen schuttartige, orolitogene Bildungen dar. Wir werden sie später beschreiben.

Zunächst aber sollen die Böden des Rendsinatyps, die in großer Höhe im Karstgebiet von Kreta zu finden sind, betrachtet werden.

b) Dunkle steinige Rendzinaböden (auf der Karte:3). Die waldige Hochgebirgszone Kretas (über 1000 m) hat eine in kleinen Inseln auftretende Vegetation, keine geschlossene Pflanzendecke. Nach Raulin (23) besteht sie aus *Cupressus horizontalis*, *Pinus Laricio*, *Berberis Cretica*, *Quercus Ilex* und *Acer cretica* (letzterer in den Tälern). Hier treten dunkelfarbige Böden in kleinen Flecken dort auf, wo sie durch die Pflanzen vor dem Abtrag bewahrt werden (Taf. 3, Abb. 5). Das Profil dieser Böden hat gewöhnlich keine große Mächtigkeit und die Ausdehnung der Flecken beträgt nur wenige Quadratmeter. Dasselbe gilt für die subalpine Zone (1500—2500 m), deren Vegetation hauptsächlich aus einzelnen Ansiedlungen von *Berberis Cretica* und *Juniperus Oxycedros*, und in dem höchsten Teil aus Kissen von *Astragalus hirsutus* und *Astragalus creticus* besteht, die den Boden mit Humus anreichern und ihn gleichzeitig gegen Erosion schützen. Diese Bodenbildungen sind wie Oasen in dem Steinmeer des erodierten Karstes. Sehr selten und nur auf Stufen oder Aufschüttungskegeln, die mit Wald und subalpinen Pflanzen bedeckt sind, können wir eine mehr oder weniger vollständige Entwicklung des Bodenprofils beobachten. Wir beschreiben ein solches Profil für die Umgebung der Nidadoline, in einer Höhe von etwa 1700 m (Taf. 4, Abb. 8).

Das Profil 37 wurde auf einem von subalpiner Vegetation bedeckten Aufschüttungskegel genommen, der in seiner Entwicklung gestört worden war; er wird von einer Schlucht durchschnitten, deren Talweg heute Denudationsprozessen stark ausgesetzt ist.

Beschreibung des Profils 37

Horizont A, 0—8 cm. Humus mit feinkörniger Erde und wenig zersetzten Pflanzenresten gemischt. Enthält auch viele Kalkbruchstücke. Die Entwicklung von CO₂ bei Einwirkung von HCl ist gering und hat ihre Ursache mehr in der Gegenwart kleiner Kalkbruchstücke, die im Horizont enthalten sind.

Horizont A₁, 8—23 cm. Dunkelgrau, schöne, grobkörnige Struktur, gut durchwurzelt, etwas feucht, zerfällt sehr leicht in einzelne Strukturelemente, die durch das Wurzelsystem zusammengehalten werden. Schäumt mit HCl.

Tabelle 1.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommenen			
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
43	Hagios Nikolaos	A ₁	0—30	7.37	12.23	0.35	52.73	20.54
		B	30—45	6.65	9.46	3.88	48.23	19.41
		C	45—60	4.00	6.04	23.91	22.91	8.94

Bausch
trockene

Fe₂O₃

4.66

4.54

2.48

Horizont C, 23—66 cm. Scharfer Kalkschutt.

Die Morphologie des Profils entspricht nach Färbung und Struktur ganz dem Rendzinatyp. Daraus folgt, daß sich unter den physikalisch-geographischen Bedingungen von Kreta Bodenschichten des Rendzinatyps in großen Höhen bilden können, unabhängig von der petrographischen Zusammensetzung und der Dichte des kalkigen Muttergesteins.

c) Verwitterungs- und Erosionsprodukte der Kalke (auf der Karte: 2). Als wir oben von den Kalcken der Kreide und des Eozäns sprachen, die die Karst-region von Kreta bilden, haben wir darauf hingewiesen, daß sie rötliche Verwitterungsprodukte geben, die eine Beimischung von Quarz enthalten und sich auf Stufen und kleinen Terrassen absetzen. Außerdem tragen öfters auch die Hänge, die zu den Dolinen abfallen und die heute der Flächenerosion ausgesetzt sind, graue, schuttähnliche Böden schon an der Oberfläche aufschäumen. Solche füllen die Flächen der von Stützwänden begrenzten künstlichen Terrassen aus und bedecken oft den Boden der Gebirgstäler. Gewöhnlich haben diese Böden kein Profil und bestehen aus grobem, schuttartigem Diluvium oder Gekriech, d.h. sie sind meist orolithogene Bildungen. Diese grauen, sehr wenig tiefen Böden haben wir fast ausschließlich auf den weichen, anscheinend leicht verwitternden Kreidekalcken mit Schichtung beobachtet. Wir müssen diese Bildungen wegen ihrer Farbe und ihrer Entstehung auf kalkigem Muttergestein zu den Böden des Rendzinatyps rechnen. Es ist unmöglich, auf einer Karte unseres Maßstabs die Verbreitung dieser Böden gesondert darzustellen, denn sie treten in mosaikartigem Wechsel mit roten Böden sowie mit Durchragungen kahler, harter Kalke, aus denen der Karst auf Kreta besteht, auf. Dazu muß noch bemerkt werden, daß die erwähnten Böden sich meistens im westlichen Teil der Insel finden und sich bis zum Bergmassiv Psiloriti ausdehnen. Im östlichen Teil herrschen rote Böden vor. Charakteristisch für die beschriebenen Böden ist das Profil 26.

Beschreibung des Profils 26

I. 0—25 cm. Grauer, sehr staubiger, feinkörniger Boden mit viel kalkigem Schutt, der nach den Schichtflächen leicht spaltet. Ferner sind viel härtere Kalkbruchstücke vorhanden. Starkes Aufbrausen mit HCl.

II. > 25 cm. Verwitternder Kalkschutt.

Der orolithogene primitive Charakter dieses Profils ist am Fehlen einer einigermaßen differenzierten Horizontbildung zu erkennen.

Chemische Charakteristik der Böden des Rendzinatypus

Die Ergebnisse der Bauschanalyse des Profils 43 auf Tab. I zeigen folgendes:

1. Bedeutender Gehalt an hygroskopischem Wasser, der mit der Abnahme des Glühverlustes und des Humusgehaltes abnimmt.

Bauschanalyse

	trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
20.54	4.66	4.66	3.48	60.32	23.49	5.33	4.98	3.98	4.3	3.8
19.41	4.54	10.31	3.20	55.55	22.40	5.24	11.98	3.72	4.2	3.6
8.94	2.48	33.81	1.92	32.79	14.10	2.58	48.29	2.74	3.9	3.5

2. Anreicherung von SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 in den obersten humusreichen Horizonten. Die Al_2O_3 -Menge ist sehr groß. Die Anhäufung dieser Verbindungen ist von Auflösung und Fortführung von CaCO_3 begleitet, was man an dem Ansteigen des CO_2 - und CaO -Gehalts mit der Tiefe deutlich erkennen kann.
3. Das Verhältnis $\frac{\text{Si}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ ändert sich nur wenig. In den untersten Horizonten ist es im allgemeinen ziemlich niedrig.
4. Vermehrung der MgO -Menge in den Humushorizonten im Vergleich zu den tiefer liegenden.

Aus den obigen Angaben geht hervor, daß die Bodenbildung bei den Rendzinen, unter Baum- oder Gebüschvegetation bezüglich des CaCO_3 ein eluvialer Bodenbildungsprozeß ist, bei dem eine Anreicherung von SiO_2 und R_2O_3 in den Humushorizonten auftritt, wie es Nevros und Zvorykin (13) für die karbonathaltigen Roterden Attikas angaben. Dasselbe Verhalten zeigen SiO_2 und R_2O_3 in der bei Liatsikas (10) angegebenen Analyse eines Rendzinaprofils aus Mazedonien. Dort wurde eine deutliche Anhäufung von Fe_2O_3 im obersten Horizont, in dem die Summe R_2O_3 am größten ist, festgestellt.

Die Untersuchung der Bodenbildung bei den Rendzinen des waldbedeckten Karstes in Mähren durch Zvorykin (24) zeigte, daß dort nicht nur eine Auswaschung von CaCO_3 , sondern auch von R_2O_3 stattfindet, auch in Gegenwart von CaCO_3 . Das Maximum an SiO_2 findet man unter gleichen Verhältnissen überall im zweiten Horizont A_2 .

Offenbar verläuft in Griechenland die Bildung der Rendzinen anders als in Mitteleuropa, sogar wenn die Vegetation dieselbe ist. Das Ergebnis des Auszugs mit 5proz. KOH, Tab. 2, beweist die große Beständigkeit von SiO_2 in allen Profilen.

Tabelle 2
Auszug mit 5 prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO_2 %	Al_2O_3 %	2SiO_2 $\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ %	Überschuß		$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
							SiO_2 %	Al_2O_3 %	
37	Nida (1700 m)	A_0	0—8	0.376	0.892	0.708	—	0.572	0.72
		A_1	8—23	0.316	0.976	0.584	—	0.707	0.54
		B	23—66	0.508	1.128	0.939	—	0.699	0.76
42	Episkopi	A_1	0—7	0.208	0.628	0.389	—	0.441	0.56
		B	7—20	0.472	0.764	0.872	—	0.569	0.94
43	Hagios Nikolaos	A_1	0—30	0.440	0.632	0.814	—	0.258	0.94
		B	30—45	0.448	0.600	0.828	—	0.219	1.26
		C	45—60	0.408	0.428	0.754	—	0.061	1.62
26	Rodovani	I	0—25	0.144	0.188	0.272	—	0.062	1.32

Nur im B-Horizont der Profile 37 und 42 wird die SiO₂-Menge etwas größer. Dasselbe gilt von Al₂O₃. Die absolute Menge dieser Verbindungen im Bodenauszug ist überhaupt gering und zeigt ein Minimum im Profil 26. Dies kann man der wenig entwickelten Bodenbildung in diesem primitiven orogenen Boden zuschreiben. Das Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ist mit wenigen Ausnahmen etwa gleich 1. Bei Vereinigung von SiO₂ und Al₂O₃ zu 2 SiO₂·Al₂O₃ ist Al₂O₃ überall im Überschuß, besonders im Profil 37. Diese Angaben berechtigen zu der Annahme, daß Bodenbildung bei Anhäufung von freiem Al₂O₃ stattfindet und vor allem bei den Hochgebirgs-Rendzinen (Profil 37) zur Geltung kommt. Tabelle 3, die die Ergebnisse

Tabelle 3
Adsorbierte Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	H	Summe	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
37	Nida (1700 m)	A ₀	0—8	39.00	3.63	0.22	—	42.85	0.17	4.65	0.74
		A ₁	8—23	33.62	1.82	0.17	—	35.61	0.79	2.42	0.59
		B	23—66	24.60	4.36	0.22	—	29.18	0.79	1.53	0.25
42	Episkopi	A ₁	0—7	56.70	7.41	2.21	—	66.32	1.54	2.92	0.57
		B	7—20	44.70	6.50	2.43	—	55.63	3.79	2.23	0.28
43	Hagios Nikolaos	A ₁	0—30	33.12	4.45	1.69	—	39.26	0.35	2.13	0.22
		B	30—45	40.67	4.18	1.45	—	46.30	3.88	1.60	0.15
		C	45—60	n.b.	3.82	1.39	—	—	23.91	1.53	0.12
26	Rodovani	I	0—25	n.b.	3.91	Spuren	—	—	11.36	1.14	0.12

der Bestimmung von austauschbaren Basen, Humus und Stickstoff enthält, zeigt folgendes: 1. ein für das Mittelmeergebiet hoher Gehalt an austauschbaren Basen, meist Ca; verhältnismäßig wenig Mg. Die höheren Werte für die Profile 42 und 43 erklären sich im allgemeinen durch den Mg-Reichtum der tertiären Kalke (s. Bauschanalyse Tab. 4). In den Horizonten mit sehr hohem CO₂-Gehalt wurde das austauschbare Ca nicht bestimmt, da dies kaum Sinn haben oder zu richtigen Resultaten führen würde. Die Na-Menge ist sehr gering, besonders im Verhältnis zum Gehalt an zweiwertigen Kationen und hat gar keinen Einfluß auf die Bodenstruktur. Die CO₂-Menge wird proportional der Höhe über dem Meeresspiegel kleiner; Humus- und Stickstoffgehalt verhalten sich umgekehrt. Die Höhenlage der Böden hat nur einen geringen Einfluß auf die Menge der zweiwertigen Kationen, einen sehr großen aber auf den Gehalt an Na. Das letztere fehlt beinahe gänzlich in den wenig entwickelten Böden (Profil 26). Alle beschriebenen Böden haben neutrale Reaktion. Daraus folgt, daß auf Kreta im Gebiet der tertiären Kalke in geringen Höhen unter Gebüschvegetation oder bei Mangel an Bearbeitung und Erosion Humuskarbonatböden entstehen. Auf großen Höhen dagegen (über 1000 m) und unter Wald- oder subalpiner Vegetation, bilden alle Kalke ohne Ausnahme Rendzinen in Form von Flecken im steinigem Karst. Die Bil-

Tabelle 4

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen				Fe ₂ O ₃
					Glüh- verlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
47	Gefirakis	I	0—15	2.74	4.95	17.32	39.17	7.47	2.37
		II	15—40	3.02	4.18	18.13	35.05	10.37	2.75
		III	40—100	3.02	4.23	16.63	36.61	11.23	2.87

dung von Rendzinen ist überall von Eluvialerscheinungen in bezug auf CaCO₃ begleitet, die mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel immer deutlicher hervortreten.

d) Helle Rendzinen auf Mergeln (auf der Karte: 1, 2)

Diese Böden decken große Landstriche auf den tertiären Mergeln, die die Fastebene bei Iraklion, Retimon, Kastelli, Kissamos, Hierapetra und Siteia bilden. Bei Iraklion und Retimon liegen sie meistens in ununterbrochener Schicht, während sie in den anderen Gebieten ein Mosaik mit dunkeln Rendzinen und karbonathaltigen Roterden bilden. In diesem Mosaik überwiegen oft die hellen Rendzinen gegenüber den zwei anderen Bodentypen, die meistens in der Form einzelner Flecken auftreten. Die Rendzinen im Gebiet der Fastebene wurden lange vor unserer Zeit zum Entwicklungsgebiet der wirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen. Sie wurden früher als alle anderen Bodenarten von ihm genutzt und hier wurden auch bedeutende Städte, wie Knosos und Festos, gegründet. So wurden diese Böden ganze Jahrtausende hindurch mehr oder weniger intensiv bearbeitet und gehören möglicherweise zu den ältesten kultivierten Böden der Welt. Heute gibt es dort keinen einzigen unbearbeiteten Bodenfleck; sie dienen dem Anbau der wertvollsten, zum Export bestimmten Traubensorten. Die Photographie auf Taf. 5, Abb. 10 zeigt die Intensivität der Nutzung und den Charakter des Reliefs der Gegend. Schon auf der Aufnahme sieht man, daß die Farbe ihrer Oberfläche je nach dem Relief entweder weiß oder hellgrau ist. Dies ist leicht zu erklären: die landwirtschaftliche Entwicklung eines Landes ist fast immer mit der Vernichtung der natürlichen Vegetation, der Zerstörung der Rasenfläche, der Entblößung der Oberfläche auf kürzere oder längere Zeit und ihrer Preisgabe an Verwitterung und Denudation verbunden. Je einheitlicher und intensiver die Kultur, desto stärker ist die Wirkung der erwähnten Faktoren. Man muß auch nicht vergessen, daß z. B. der Weinbau ein tiefes Pflanzen fordert, Tabak- und Getreidekultur den Boden für längere Zeit kahl läßt und die wenigen Olivenpflanzungen nicht als Schutz betrachtet

Tabelle 4 Bauschanalyse

vollkommen		trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO		
7	7.47	2.37	17.14	9.13	51.57	8.66	3.05	22.05	11.74	10.13	6.56
5	10.37	2.73	16.35	11.58	45.44	13.45	3.54	21.20	15.03	5.74	4.91
1	11.23	2.87	16.30	9.71	46.41	14.25	3.64	20.69	12.18	5.54	4.78

werden können. Um so mehr als der Boden, auf dem sie wachsen, auch für den Anbau verschiedener einjähriger Pflanzen gebraucht wird. Also gibt die Tätigkeit des Menschen, in Verbindung mit dem Relief der Fastebene, der Graben- und besonders der Flächenerosion freie Hand. Diese ändern den ursprünglichen Charakter des Bodens. Sie machen tiefere Horizonte zur Oberfläche und bedecken die abschüssigen Hänge und den Boden der breiten Täler mit Bodeneluvium (Taf. 5, Abb. 10).

Deshalb finden wir auch auf Kreta große, zusammenhängende Flächen heller, mergelhaltiger Böden an Stelle der ursprünglichen typischen nun durch Erosion und den Menschen vernichteten Rendzinen. Entsprechend der Art ihrer Lagerung an verschiedenen Stellen des Reliefs kann man die erwähnten Bildungen in alluviale und deluviale einteilen, je nachdem, ob sie Produkte der Akkumulation oder der Erosion sind. In Anbetracht der Bedeutung dieser Böden für die Landwirtschaft haben wir an verschiedenen Stellen des Reliefs Proben entnommen, um eine möglichst vollständige Charakteristik dieses Gebietes zu bekommen.

Das Profil 47 wurde auf der Fastebene bei Iraklion, unweit des Dorfes Gefirakis, auf dem schmalen Kamm einer in nördlicher Richtung zum Meer abfallenden Terrasse angelegt. Westlich und östlich vom Kamm gehen sanfte Hänge in breite Täler über. Der verhältnismäßig schmale und steile Kamm ist eluvialer Herkunft. Der Boden ist mit Weinstöcken bepflanzt, die sich in gutem Zustand befinden.

Beschreibung des Profils 47.

Hor. I. 10—15 cm. Bearbeitet, hell-grau bis schmutzig-weiß, porös, von sehr flachschichtiger Struktur. Schäumt stark mit HCl.

Hor. II. 15—40 cm. Gelblich-weiß, deutlich geschichtet, zerbricht in grobe Klumpen, die leicht in kleine Schichten zerfallen. Enthält nur wenige weiße, kalkige Konkretionen. Viele feine rostfarbene Adern in Wurzelgängen. Schäumt stark mit HCl.

Hor. III. 40—100 cm. Mergel mit deutlicher Schichtstruktur, hell-gelb, mit rostfarbenen Punkten, feinen Adern und rostfarbenen Hüllen an den feinen, vertikalen Rissen. Zahlreiche weiße Kalkkonkretionen. Schäumt stark mit HCl.

In der Natur unterscheiden sich die Horizonte sehr wenig voneinander, und nur das Vorhandensein von sekundären Bildungen in Gestalt von Konkretionen verrät bodenbildende Vorgänge. Wenig deutlich sind Anzeichen für die Anhäufung von organischen Stoffen im obersten Horizont. Wahrscheinlich ist dies durch Bearbeitung und Erosion verursacht. Wenn man vom Kamm der Terrasse hinab ins Tal steigt, beobachtet man, daß die Bodenoberfläche merklich dunkler wird und graue Färbung annimmt.

Dem Boden dieses Tales wurde das Profil 46 entnommen.

Beschreibung des Profils 46

Hor. I. 0—15 cm. Hell-grau, bearbeitet, dunkler als der entsprechende Horizont des Profils 47. Er ist schwach geschichtet und zerfällt in größere Klumpen, die man mit den Fingern leicht zerdrücken kann. Schäumt stark mit HCl.

Hor. II. 15—45 cm. Hell-grau und porös, kompakt, von feinen vertikalen Rissen in größere Struktureinheiten zerteilt und von den Gängen der abgestorbenen Wurzeln durchdrungen. Schäumt stark mit HCl.

Hor. III. 45—90 cm. Hell-grau mit gelblicher Tönung, porös, kompakt. Man findet darin kleine Muscheln und kleine, weiße Kalkpunkte — anscheinend Reste der zerfallenen Muscheln. Es kommen auch, aber nur selten, feine weiße Kalkadern vor. Schäumt stark mit HCl.

Hor. IV. 90—125 cm. Hell-gelb, porös, leicht feucht, zerbröckelt leicht. Durchweg von kalkigem, weißem Pseudomyzel durchdrungen. Schäumt stark mit HCl.

Im Vergleich zu dem letzten Profil zeigt dieses eine größere Anhäufung von organischer Substanz, eine Verschlechterung der Struktur und auch eine größere Dichte in einigen Horizonten. Diese Erscheinungen sind gewöhnlich mit Anhäufung der verspülten Verwitterungsprodukte in den negativen Stellen des Reliefs verbunden. Der Humus sammelt sich aber auch an solchen Stellen nicht in so großer Menge wie bei den wahren Rendzinen, da er bei dem Transport durch die Oberflächenwässer der Zerstörung und der Auflösung ausgesetzt ist. Wir führen hier nicht die Beschreibung aller Aufschlüsse an, die wir in der Gegend, in der die beschriebenen Böden vorkommen, gemacht haben. Ebenso werden nicht alle Analysenergebnisse angeführt, da sie den vorliegenden Angaben ähnlich sind.

Chemische Charakteristik

Von dem Profil 47 wurde eine Bauschanalyse ausgeführt, deren Ergebnisse in Tab. 4 dargestellt sind. Aus den angeführten Werten ergibt sich:

1. Im obersten Horizont findet eine Ansammlung von SiO_2 und eine Verminderung der Al_2O_3 -Menge im Vergleich zu den darunterliegenden Horizonten statt. Die Fe_2O_3 -Menge bleibt beinahe die gleiche. Dies wirkt sich deutlich in den $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ - und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ -Verhältnissen aus, die in den unteren Horizonten bedeutend kleiner werden.

2. Der CO_2 - und CaO -Gehalt ist im ganzen Profil unverändert.

3. Der MgO -Gehalt ist groß.

Bemerkenswert ist, daß man bei voller Unbeweglichkeit der Kalziumverbindungen eine Erhöhung der SiO_2 -Menge beobachten kann. Wir werden versuchen, diese Tatsache bei der Prüfung späterer Analysen zu erklären. Der verhältnis-

mäßig große Reichtum des Bodens an MgO-Verbindungen erklärt sich aus der maritimen Herkunft der tertiären Mergel.

Tabelle 5. Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
47	Gefirakis	I	0—15	n.b.	4.33	1.32	17.32	1.14	0.13
		II	15—40	„	4.91	1.32	18.13	0.57	0.08
		III	40—100	„	2.91	0.87	16.63	0.27	0.05
46	Gefirakis	I	0—15	„	5.25	1.48	18.25	1.57	0.15
		II	15—45	„	4.91	1.21	16.05	1.06	0.13
		III	45—90	„	5.41	1.60	18.36	0.44	0.06
		IV	90—125	„	3.50	2.12	18.25	0.44	0.06

In Tab. 5 sind die Werte für die austauschbaren Basen, CO₂, Humus und N angeführt. Wegen des ungewöhnlich großen CaCO₃-Gehalts haben wir das austauschbare Ca nicht bestimmt, sondern beschränkten uns auf die Bestimmung von Mg und Na + K. Die Alkalien wurden als Na berechnet, da austauschbares K gewöhnlich im Boden nur in Spuren vorhanden ist.

Aus der Tabelle ergibt sich folgendes:

1. Der Boden enthält eine bedeutende Menge an austauschbarem Mg.
2. Austauschbares Na ist in bedeutenden Mengen vorhanden, besonders im unteren Teil des Profils 46.
3. Humus ist nicht sehr reichlich vorhanden. Der Gehalt im Profil 46 ist größer als in 47; dasselbe gilt für den Stickstoff.

Die bedeutende Menge an austauschbarem Mg ist erklärlich, wenn man den hohen Mg-Gehalt der Mergel berücksichtigt. Der höhere Humusgehalt des Profils ist als Folge der oben beschriebenen Akkumulationsprozesse verständlich.

Tabelle 6. Auszug mit 5-prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂	Überschuß		SiO ₂
				Al ₂ O ₃	· Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
				%	%	%	%	%	%
47	Gefirakis	I	0—15	0.480	0.136	0.290	0.221	—	2.4
		II	15—40	0.360	0.088	0.191	0.256	—	3.4
		III	40—100	0.480	0.084	0.182	0.381	—	4.8
46	Gefirakis	I	0—15	0.340	0.080	0.174	0.245	—	3.61
		II	15—45	0.460	0.120	0.261	0.381	—	3.25
		III	45—90	0.852	0.060	0.131	0.781	—	12.07
		IV	90—125	0.952	0.080	0.858	0.858	—	10.11

Betrachten wir die Ergebnisse des Auszuges mit 5 proz. KOH (Tab. 6), dann ist festzustellen, daß in allen Horizonten unserer Profile die SiO_2 -Menge bedeutend größer als die Al_2O_3 -Menge ist, und daß nach ihrer Vereinigung zu

Kaolin, immer ein Rest SiO_2 übrigbleibt. Das Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ist immer höher

als 2 und steigt bis auf 12 im Profil 46, was gewöhnlich eine Folge der Wirkung des adsorbierten Na ist. Wenn wir berücksichtigen, daß diese Ablagerungen maritimer Herkunft sind, und allmählich ihren Salzgehalt verlieren, und daß sich in ihnen zuweilen Linsen mit höherem Gehalt an leicht löslichen Salzen finden, wird das Vorhandensein des austauschbaren Na und die Verdichtung begrifflich, die hier in den Profilen der Talböden zu bemerken ist (die etwas feuchte Horizonte in einer Tiefe von 1 m haben). Zuweilen werden diese Vorgänge bei der Kultur des Weins unangenehm empfunden, indem bei diesem die Blätter welken, oder die Wurzeln absterben, als Folge der Verdichtung der Böden durch die noch vorhandene Versalzung.

Im südlichen Teil der Fastebene bei Iraklion, in Richtung des Messaratales, findet die Verdichtung in noch höherem Maße statt und statt Wein wird hier Getreide, und in der Umgebung von Iraklion zuweilen Tabak gebaut (Taf. 5, Abb. 10). Wir sind aber nicht der Ansicht, daß die Verschlechterung der physikalischen Bodenbeschaffenheit nur dem absorbierten Na zuzuschreiben ist, denn auf den eluvialen Bodenbildungen ist sie nicht ausgesprochen entwickelt (siehe Prof. 47), vielmehr ausschließlich auf den deluvialen (Prof. 46). Dies wurde an einer ganzen Reihe von Beispielen bestätigt, besonders in der Gegend des Messaratales, im südlichen Teil der Fastebene. In einigen Fällen muß man die Verdichtung und den Mangel an Struktur den Akkumulationsprozessen, die an den negativen Stellen des Reliefs stattfinden, zuschreiben. Wir behalten uns vor, diese Vermutung durch mechanische Analysen von an verschiedenen Stellen des Reliefs genommenen Proben zu prüfen. Zum Schluß sei bemerkt, daß die Erosionsprozesse, wie Vilensky (26) richtig bemerkt, eine Rückkehr des Bodens zu früheren Stadien — bis zum anfänglichen mineralischen Stadium — zur Folge haben. Das Vorhandensein des absorbierten Na in unseren Böden und die ausgesprochene Anreicherung von amorphem SiO_2 in einigen Horizonten beweist, daß die von Vilensky beobachtete Erscheinung auch in unserem Falle vor sich geht, wenn unter der Wirkung der Erosion, das Muttergestein, das noch nicht restlos das austausch-

bare Na verloren hat, an die Oberfläche tritt. Das Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ in Tab. 6,

besonders im Profil 46, deutet darauf hin, daß trotz des Vorhandenseins einer großen Menge CaCO_3 im Boden ein Solodierungsvorgang vor sich geht. Diese Tatsache wurde von uns schon früher für Mazedonien erwähnt und ist in der letzten Zeit von Akimtzeff (2) bestätigt worden. Die angeführten Angaben erklären auch die Änderungen der SiO_2 - und R_2O_3 -Mengen in den verschiedenen Horizonten des Profils 47 (s. Tab. 4) während die Ca-Verbindungen unbeweglich bleiben, was den Angaben von Liatsikas (10) und den unserigen für die normalen Rendzinen Griechenlands widerspricht.

Als Ergebnis der Untersuchung der Rendzinaserie ergibt sich folgendes: Bei den gegenwärtig entstehenden Verwitterungsprodukten der weichen Kalke in geringeren Höhenlagen der Insel Kreta geht der

Entwicklungsprozeß unter Anreicherung von SiO_2 und R_2O_3 und Fortführung von Ca-Verbindungen vor sich, falls kein austauschbares Na vorhanden ist und keine Erosion stattfindet. Diese zwei Faktoren verursachen Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Bodenbildung.

2. Serie der Roterden auf Kalken

a) In situ gebildete Roterden (auf der Karte:4).

b) Umgelagerte Roterden (auf der Karte:5).

Diese Serie von Böden wird fast ausschließlich im Gebiet der harten Kalke gebildet, die die Karstregion auf Kreta bilden. Dabei sei darauf hingewiesen, daß die Roterden, die „in situ“ entstehen, nirgends bedeutende zusammenhängende Flächenräume bedecken. Sie sind fleckenweise im Karstchaos verteilt, wenn die Erosion nicht bedeutend ist. Sie finden sich gewöhnlich auf Stufen und kleinen Plateaus, die meist Überreste von alten Terrassen sind. Alle diese Böden sind steinig, haben oft kein Profil und gehen schon in geringer Tiefe in das harte kalkige Muttergestein über. Die roten Verwitterungsprodukte dringen in die Risse und Zwischenräume dieses Gesteins in Gestalt von Zungen und Taschen ein. Die beigefügte Aufnahme (Taf. 1, Abb. 2) gibt einen Begriff vom Charakter eines Reliefs, wie es sich gewöhnlich bei der Entstehung dieser Böden maßgeblich ist.

Die umgelagerten Roterden bilden zuweilen geschlossene Flächen, in den negativen Stellen des Reliefs. Sie häufen sich meist am nördlichen Ufer der Insel sowie in der Gegend des Messaratal, wo sie bedeutend höher als das heutige Tal liegen (Taf. 9, Abb. 17). Dieselben roten Böden füllen die flachen, geschlossenen, wie auch offenen Karstdolinen aus. Allgemein stellen sie also Akkumulationsprodukte, d. h. Deluvium oder Proluvium dar, die meistens jährlich erneuert werden (Taf. 3, Abb. 5 und Taf. 4, Abb. 7). Da die Böden an mehr oder weniger ebenen Stellen des Reliefs abgelagert sind, werden sie fast immer als Acker genutzt und gehören deshalb nun in die Gruppe der kultivierten Böden.

Die roten Verwitterungsprodukte wechseln bei Vorhandensein von weicheren Kalken im Karst und bei Auftreten von Flächenerosion mit den früher beschriebenen grauen Böden ab. Zuweilen haben diese letzteren sogar das Übergewicht, soweit es überhaupt möglich ist, mit einiger Wahrscheinlichkeit das Vorherrschen irgendeiner Bodenart im Karst zu beurteilen. Dort herrscht im Grunde Steinmaterial, Geröll, Felsen, felsige Steilhänge usw. vor. In dieser Region kann man nur von einer Tendenz der Bodenbildung, aber nicht von der Entwicklung einer dichten Bodendecke reden.

a) In situ gebildete Roterden (auf der Karte:4)

Ein typisches Beispiel für die in situ entstandenen Roterden bildet Profil 33, das bei Retimon, auf einer hohen, aus hartem Kalk bestehenden Abrasionsterrasse genommen wurde. Auf dem Abhang der Terrasse sind zahlreiche Risse und Löcher zu sehen, die mit roten Verwitterungsprodukten des Kalks gefüllt sind. Die Kalkschichten sind stark geneigt. Der oberste Teil der Terrasse stellt ein Plateau dar, auf dessen Oberfläche überall der Kalkstein oder sein Schutt zum Vorschein kommt (Taf. 1, Abb. 2). Beide sind stark verwittert und haben dunkelrote Farbe. Auf dem Plateau befinden sich überall kleine Dolinen von geringer Tiefe (Avens), die eine Größe von einigen Quadratmetern haben. Auf der Abbildung (Taf. 1, Abb. 2) sieht man die Entstehung einer Karstkluft von embryonalem Charakter. Der Boden erfüllt die Zwischenräume zwischen dem Gestein und bildet die Teile eines Mosaiks, das aus nacktem Gestein und Flecken roten Bodens besteht. Die Oberfläche des Plateaus hat keine bedeutende Neigung und ist durch Gebüschvegetation gegen Erosion geschützt.

Beschreibung des Profils 33

Hor. I. (A₁) 0—7 cm. Rotbraun. Mit ziemlich kompakter, feinkörniger Struktur, durchwurzelt. Kalkskelett fehlt. Es sind nur kleine Bruchstücke von scharfkantigem Quarz vorhanden, die zuweilen rot gefärbt sind. Aufschäumen mit HCl kaum wahrnehmbar.

Hor. II. 7—41 cm. Dunkelrot mit einem Stich ins Bräunliche, sehr kompakt, porös. Zerfällt zwischen den Fingern in kleine, scharfkantige Klümpehen. Von feinen vertikalen Rissen durchzogen. Zuweilen kommen große verwitternde Kalkbruchstücke vor; die Erde, die an ihnen klebt, hat an der Berührungsstelle einen dünnen Kalkanflug. Kleine Quarzbruchstücke sind vorhanden, aber weniger zahlreich als in Hor. I (A₁). Schäumen mit HCl kaum wahrnehmbar.

Hor. III. 41—86 cm. Bräunlichrot, kompakt und fest, fein porös, zerfällt in den Händen in kantige Gebilde. Die Risse sind bedeutend schwächer. Große Kalkbruchstücke derselben Art wie die vorhin genannten. Auch hier sieht man einen Kalkanflug an den Berührungsstellen des Bodens mit dem Gestein. Ganz schwaches Aufschäumen mit HCl.

Hor. IV. (C) > 86 cm. Harter grauweißer Kalkstein mit Rissen und Löchern, die von Hor. III ausgefüllt sind.

Das Profil ist sehr schwach in Horizonte differenziert; an der Färbung ist der akkumulativ-eluviale oder Humushorizont I (A₁) mehr oder weniger deutlich zu erkennen. Die Horizonte II und III unterscheiden sich weniger durch ihre Farbe als durch ihre Struktur. Der Humushorizont ist wenig entwickelt und hat geringe Mächtigkeit. Bei Bearbeitung und Erosion verschwindet er gänzlich. Die beschriebene Morphologie ist für die in situ entstandenen Roterden sehr typisch und durch Aufschlüsse an anderen Stellen der Insel belegt worden.

Wir haben also einen rotbraunen, mediterranen Boden auf Kalkstein vor uns. Dabei sei bemerkt, daß die Farbtöne dieser Böden nicht überall die gleichen

sind, sondern von grellrot bis braunrot schwanken. Der angeführte Boden wird am besten gemäß der Nomenklatur von Prassoloff (22) zu der Serie der in der Karstregion gebildeten Waldgebirgs-Roterden gerechnet. Die mächtigen Roterden, die sich in der Gegend der Trockenwälder finden, unterscheiden sich stark von den eben beschriebenen, allein schon durch die Morphologie ihres Profils. Dies ist aus unserer letzten Arbeit (Nevros and Zvorykin [13]) zu ersehen. Nach einigen Angaben kann man vermuten, daß der Karst auf Kreta ziemlich stark bewaldet war. Denn Strabo schreibt: „Kreta ist von Wäldern bedeckt und von fruchtbaren Tälern durchschnitten“ (nach Raulin [23]). Raulin (23) selbst sagt in seiner Beschreibung des Nidatales, das er im Jahre 1845 besucht hat, daß es herrliche Weiden habe und seine Umgebung von Wäldern bedeckt sei, von denen heutzutage keine Spur geblieben ist.

Chemische Charakteristik

Um die Eigenschaften dieser Roterde festzustellen, wurde die Bauschanalyse des Feinbodens sowie der Fraktion $< 2 \mu$ ausgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tab. 7 und 8 zusammengefaßt.

Aus Tab. 7 ist ersichtlich:

1. Verminderung des SiO_2 -Gehaltes und Vergrößerung der R_2O_3 -Menge mit der Tiefe. Am deutlichsten kommt dies für Horizont I (A_1) zum Ausdruck. Für die Horizonte II und III sind diese Unterschiede gering.
2. Relative Anreicherung des Fe_2O_3 im Hor. I (A_1).
3. Geringe Erhöhung des CO_2 -Gehaltes in der obersten Schicht des Horizonts I (A_1), wo er in einer Menge von 0,04% festgestellt wurde, während in den anderen nur Spuren beobachtet werden konnten. Die MgO -Menge wächst ständig mit der Tiefe.
4. Die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ werden mit der Tiefe kleiner.

Die Ergebnisse weisen deutlich auf die Entwicklung eines Eluvialprozesses in diesem Boden hin, bei dem es zur Anhäufung von SiO_2 und Abwanderung von Al_2O_3 aus dem wenig mächtigen (0—7 cm) Horizont I (A) kam. Eine geringe Vermehrung von CO_2 und CaO in diesem Horizont ist den kleinen Kalkbruchstücken zuzuschreiben, die bei dem Zerfall der an die Oberfläche durchstoßenden Kalkvorsprünge dorthin gelangen. Wenn wir die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ in unserem Profil bei Retimon mit denen der degradierten Rendzina und des podsolierten Bodens aus dem mährischen Karst vergleichen (Tab. 9, Zvorykin) (27), so sehen wir, daß sie für den Horizont I (A_1) des Profils 33 sogar niedriger als für die Horizonte A_1 und A_2 der mitteleuropäischen Böden sind. Dies gilt besonders von dem Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$, was deutlich auf das Fehlen einer Anreicherung von Fe_2O_3 im Boden des mährischen Karstes hinweist. Dazu müssen wir noch bemerken, daß die Auslaugung in diesen Böden in eine viel bedeutendere Tiefe als in den Roterden von Kreta hinabreicht.

Ehe wir zur Betrachtung der Ergebnisse der Analyse der Fraktion $< 2 \mu$ übergehen, sei darauf hingewiesen, daß die mikroskopische Untersuchung des Bodens von Retimon das Vorhandensein einer bedeutenden Menge grober Quarzkörner anzeigt. Diese Körner sind scharfkantig, teils durchsichtig, teils

Tabelle 7.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommenen			
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
33	Retimon	I (A ₁)	0—7	4.40	7.48	0.04	70.30	12.36
		II	7—41	5.55	6.43	Spur	65.48	19.76
		III	41—81	6.39	7.31	„	62.83	21.61

Tabelle 8. Bauschanalyse

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommenen			
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
33	Retimon	I (A ₁)	0—7	6.63	23.45	—	38.47	27.98
		II	7—41	6.55	20.52	—	40.20	27.81
		III	41—81	8.08	13.35	—	41.85	32.41

rot gefärbt. Ihr Anteil wird in den untersten Horizonten des Profils geringer. Die Scharfkantigkeit dieser Körner beweist, daß unser Boden sich in situ gebildet hat und nicht durch Akkumulation entstanden ist, um so mehr als das Vorhandensein von Quarzkörnern in den Kalken selbst von Raulin (23) festgestellt wurde.

Folgendes läßt sich aus der Analyse der Fraktion < 2 μ (Tab. 8) ableiten:

1. Eine bedeutende Verminderung der Gesamt-SiO₂-Menge und eine Vergrößerung des R₂O₃-Gehaltes im ganzen Profil, im Vergleich zum gesamten Boden.
2. Die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ sind sehr niedrig und das Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ ist niemals größer als 2.

Tabelle 9
Böden des Mährischen Karst

	Hor.	cm	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
Degrad. Rendzina	A ₁	3—8	10.1	8.5
	A ₂	8—23	10.2	8.3
	B	23—52	5.9	4.1
Podsol	A ₁	1—5	10.5	9.7
	A ₂	5—34	9.7	8.2
	B	34—94	7.4	6.3
	C	34—150	7.7	6.5

Bauschanalyse

lle 7.
mmen

Fe ₂ O ₃	trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
2.36	6.88	1.56	0.72	76.00	13.36	7.43	1.68	0.79	9.6	7.2
9.76	4.71	0.95	0.92	70.13	21.12	4.96	1.02	0.98	5.6	4.9
1.61	5.13	0.92	1.12	67.79	23.30	5.53	0.99	1.21	4.9	4.2

lyse
mmen

der Teilchen < 2 μ

Fe ₂ O ₃	trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
9.8	7.16	1.77	1.37	50.23	36.56	9.36	2.32	1.79	2.3	1.8
8.1	6.92	1.88	1.55	50.58	34.99	8.70	2.36	1.95	2.4	2.0
4.1	7.73	2.00	1.70	48.29	37.38	8.92	2.31	1.96	2.1	1.9

3. Der CaO-Gehalt im Profil ist außerordentlich gleichmäßig; auch die MgO-Menge bleibt ziemlich die gleiche. Sie ist außerdem hier höher als im nicht geschlämmten Boden.
4. Es hat sichtlich eine Anreicherung von Fe₂O₃ im Horizont I (A₁) stattgefunden.

Die Verkleinerung der SiO₂-Menge und die Vergrößerung des Gehalts an anderen Elementen muß im Zusammenhang mit der Entfernung von Quarzkörnern aus dem Boden bei der Abschlammung gebracht werden. Übrigens kam Oloviaschnikov (16) zu demselben Schluß, als er die chemische Zusammensetzung der Fraktionen verschiedener mechanischer Zusammensetzung in Grauerden bestimmte. Mit der Entfernung von Quarz werden auch die Verhältnisse $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ und $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ kleiner. Dies weist darauf hin, daß der aktive Teil des Bodens einen allito-sialitischen Charakter annimmt, d. h. daß die Bodenbildung in Richtung der Laterisierung verläuft, wobei die Fe₂O₃-Menge im obersten Horizont größer wird.

Die Konstanz der chemischen Zusammensetzung der Fraktion < 2 μ, die wir schon (Nevros and Zvorykin [14]) bei der solonezartigen Roterde von Markopulo (Attika) feststellten, weist auf den schwachen Zerfall und die schwache Verlagerung des Silikatanteils unseres Bodens hin, wenn er erst eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht hat. Es ist möglich, daß der beschriebene Unterschied zwischen den Analysenergebnissen für die Fraktionen < 2 mm und < 2 μ mit einem verschiedenen Schlammgehalt in den verschiedenen Bodenhorizonten in Zusammenhang gebracht werden muß, wie dies durch die Analysen der solonezartigen Roterde von Markopulo erwiesen ist. Also beschränkt sich wahrscheinlich die oben erwähnte „Auslaugung“ unter den physiko-geographischen Bedingungen des von uns erforschten Gebietes hauptsächlich auf die Verlagerung von groben Suspen-

sionen im Bodenprofil. Wir sagen „hauptsächlich“, da die Ergebnisse des Auszuges mit 5-prozentiger KOH (Tab. 10) doch davon zeugen, daß die Stabilität von SiO_2 und Al_2O_3 im obersten Horizont unseres Profils größer als im untersten ist, woraus folgt, daß einige Änderungen auch im chemischen Aufbau des Silikatanteiles des Bodens stattfinden.

Tabelle 10
Auszug mit 5-prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO_2 %	Al_2O_3 %	2 SiO_2 $\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ %	Überschuß		SiO_2 Al_2O_3 %
							SiO_2 %	Al_2O_3 %	
33	Retimon	I (A ₁)	0—7	0.856	0.880	1.583	—	0.152	1.65
		II	7—41	1.104	1.322	2.041	—	0.383	1.42
		III	41—86	1.112	1.288	2.057	—	0.343	1.46

Tabelle 11, die die Bestimmungen der austauschbaren Basen, von CO_2 , Humus und Stickstoff enthält, zeigt:

- Die Humusmenge ist verhältnismäßig klein und ziemlich gleichmäßig über das Profil verteilt. Sie nimmt mit zunehmender Tiefe nur wenig ab. An Stickstoff ist der Boden verhältnismäßig reich. Dieser ist wie der Humus über das Profil verteilt.

Tabelle 11
Austauschbare Basen, CO_2 , Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na + K	Summe	CO_2	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
33	Retimon	I (A ₁)	0—7	21.36	4.02	0.16	26.54	0.04	1.65	0.16
		II	7—41	22.71	4.50	0.17	27.21	Spur	1.31	0.13
		III	41—86	25.80	2.40	0.17	28.37	„	1.15	0.12

- Der Gehalt an austauschbaren Kationen ist sehr groß, vor allem wurde ein bedeutender Gehalt an austauschbarem Mg festgestellt. Na + K sind in Spuren vertreten, und H fehlt. Es sind auch Spuren von CO_2 vorhanden.

Unser Boden ist also basengesättigt und enthält Spuren von CO_2 . Diese Sättigung macht sich noch besonders dadurch bemerkbar, daß alle Horizonte neutrale oder sogar schwach alkalische Reaktion haben; dies wurde an zahlreichen Proben festgestellt, die zu Untersuchungen nach der Neubauer-Methode genommen worden waren. Der Gehalt an Humus und Stickstoff nimmt ab, ohne scharfe Übergänge, wie sie bei der Podsolierung auftreten. Es ist interessant, daß die Summe der adsorbierten Basen im umgekehrten Verhältnis, wenn auch nicht streng, zum Humusgehalt im Profil steht. Das beweist, daß der Humus hier keine entscheidende Rolle spielt.

Wir sehen also, daß sich auf „terra rossa“ (die wir hier als Verwitterungsprodukt der Kalke, oder nach Polynov (21) als ein überkarbonatisches Paraeuvium auffassen) Gebirgs-Wald-Roterden entwickeln, die sich durch unbedeutende Mächtigkeit des Horizontes I (A_1), Stabilität des Silikatkomplexes, Sättigung mit Basen und einen geringen Humusgehalt auszeichnen. Sie haben ferner einen ausgesprocheneren allitischen Charakter als die Waldböden des mitteleuropäischen Karstgebietes (Mährischer Karst). Das Fehlen von Kalkkonkretionen und das Vorhandensein von Spuren von CO_2 weist darauf hin, daß die Karbonatauslaugung im ganzen Profil stattfindet und die Lagerung des Bodens „in situ“ unter den im Karstgebiet von Kreta vorhandenen Bedingungen das Eintreten des Endstadiums der Bodenbildung erheblich fördert. Dies macht sich besonders bei dem Vergleich mit den karbonathaltigen Roterden von Attika (Nevros and Zvorykin [13]) bemerkbar, die außerhalb der Karstregion in Tälern liegen und sich augenblicklich im Stadium normaler Erosion befinden. Daraus folgt, daß es bei Feststellung des Alters des Bodens oder bei Verwitterungsrinde unumgänglich nötig ist, die Art der Lagerung bei verschiedener Ausbildung des Reliefs zu berücksichtigen. Zu dem eben beschriebenen Bodentyp gehören auch die roten Lehme, die auf den Stufen und kleinen Plateaus der Karstregion liegen. Diese Böden haben immer Skelettcharakter, eine geringe Tiefe (25 oder 30 cm) und nähern sich dem morphologischen Charakter nach dem Horizont I (A) des Profils 33. Sie haben zuweilen rötlichere oder gelblichere Farbe. Die erwähnten Böden sind zuweilen mehr oder weniger stark der Flächenerosion ausgesetzt, oder sie werden vom Winde ausgeblasen, wie z. B. auf dem Gipfel des Psiloriti. Dort sammeln sich die rotgelben Verwitterungsprodukte nur in den Rissen des Kalkgesteines an. Wegen ihrer ebenen Lage wird der größte Teil dieser Böden, mit Ausnahme der im höheren Teil der subalpinen Zone gelegenen, kultiviert. Wir bringen hier die Beschreibung der von uns auf verschiedenen Höhen des Bergmassivs Psiloriti genommenen Proben.

Profil 34 wurde in 800 m Höhe auf einer Terrasse des Abhangs des Psiloriti genommen. Auf der Bodenoberfläche liegt Kalkschutt. Sie dient dem Weinbau. Der Charakter dieser Oberfläche ist aus der beigefügten Abbildung (Taf. 2, Abb. 3) sehr gut zu ersehen.

Beschreibung des Profils 34

Hor. I. Bearbeitete Schicht in einer Mächtigkeit von 25—30 cm. Grau-rot, von beständiger, feinkörniger Struktur; zerfällt leicht und enthält viel Kalkskelett. Die rote Färbung ist von Humus etwas verdeckt. Schäumt mit HCl.

Hor. II. Unterhalb 30 cm verwitterndes Gestein in Form von Bruchstücken oder Kalkaufragungen.

Das nächste Profil 36 wurde auf dem Gipfel des Psiloriti genommen. Dieser Gipfel stellt eine kleine Plattform dar, die teilweise von gelbrotem Lehm bedeckt ist, der in die Risse des Gesteins eindringt und unzweifelhaft ein Verwitterungsprodukt ist. Es gibt keinerlei Vegetation und die Verwitterungsprodukte sind der Deflation ausgesetzt.

Beschreibung des Profils 36

Hor. I. Rotgelb, leicht etwas porös, zerfällt leicht, Mächtigkeit 20—25 cm. Schäumt sehr stark.

Hor. II. Unterhalb 25 cm liegt das harte Kalkgestein.

Aus Tabelle 12, die die Werte für austauschbare Basen CO₂, Humus und Stickstoff enthält, ersieht man, daß das Profil 34 dem Gehalt an austauschbaren Basen nach dem Horizont I (A₁) des Profils 33 (Retimon) ganz ähnlich ist. Der Unterschied besteht in einem geringeren Gehalt an austauschbarem Mg und dem fast gänzlichen Fehlen von Na + K. Die CO₂-Menge ist aber hier viel größer, was auf einen schwächeren Eluvialprozeß hinweist. Der Gehalt an Humus und Stickstoff ist wieder größer als im ersten Horizont des Profils 33.

Tabelle 12. Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	Summe	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
34	Psiloriti (800 m)	I	0—30	23.89	0.91	Spur	24.80	4.40	1.79	0.27
36	Psiloriti (2498 m)	I	0—25	n.b.	2.35	„	—	23.32	0.61	0.09

Das Profil 36 unterscheidet sich besonders durch geringere Auslaugung des CaCO₂ (ausgedrückt in CO₂) und einen viel kleineren Gehalt an Humus und Stickstoff. Dies beweist, daß es von bodenbildenden Vorgängen weniger berührt wurde, was durch den vollständigen Mangel an Vegetation zu erklären ist. Humus und Stickstoff werden wahrscheinlich hier aus den Exkrementen der Tiere, besonders der Saumtiere, gebildet, da über das Psiloritimassiv der Weg in das Nidatal führt und in der Hütte auf seinem Gipfel einige Reisende absteigen und ihre Maulesel und Pferde auf der Plattform des Gipfels lassen.

Die Ergebnisse des Auszuges mit 5prozentiger KOH (Tab. 13) zeigen für das Profil 34 eine sehr geringe SiO₂-Menge, während der Gehalt an Al₂O₃ viel bedeutender ist.

Tabelle 13. Auszug mit 5-prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃	Überschuß		SiO ₂
				%	%	%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %
34	Psiloriti (800 m)	I	0—30	0.372	1.008	0.687	—	0.760	0.6
36	Psiloriti (2498 m)	I	0—25	0.712	0.660	1.317	—	0.055	1.8

Auf Grund dieser Angaben darf man die beschriebenen Böden zum Roterdetyp rechnen (vgl. Antipov-Karatajev und Prassolov [3]).

Das Profil 36 ergibt keine besonders großen und fast gleiche Mengen an SiO_2 und Al_2O_3 . Dies ist sehr typisch für Böden, die entweder eine große Menge adsorbierte Basen oder CaCO_3 enthalten. Also handelt es sich hier um den ersten Anfang der Bodenbildung auf hartem Kalkstein.

Unter anderem kann man auch feststellen, daß der CaCO_3 -Gehalt in den in situ entstandenen Roterden sehr verschieden ist. Diejenigen, die auf Schichten mit bedeutendem Gefälle und ausgeprägter Karstentwicklung liegen, enthalten fast kein CaCO_3 . Im Gegensatz dazu haben die auf horizontalen oder schwach geneigten Schichten gebildeten einen größeren Karbonatgehalt. Die Entkalkung der Verwitterungsprodukte ist also oft mit Karstbildung verknüpft, wie dies Del Villar (4) und Zvorykin (26) festgestellt haben.

Es ergibt sich also, daß der am wenigsten entwickelte Boden das Profil 36 ist, dann folgt Profil 34, während die Gebirgs-Wald-Roterde durch Profil 33 vertreten ist.

B. Die umgelagerten Roterden (auf der Karte: 5)

Das letzte Glied in der Gruppe der roten, aus den Verwitterungsprodukten der Kalke entstandenen Böden sind die umgelagerten Roterden. Es sind proluvial-deluviale, seltener alluviale Ablagerungen.

Die umgelagerten, karbonathaltigen Roterden haben meist Schichtlagerung und bestehen oft aus heterogenen Anschwemmungen. Deshalb ist die petrographische Zusammensetzung ihres Skeletts und ihr Gehalt an CaCO_3 sehr verschieden. Dies tritt besonders deutlich in der Gegend von Chania und Siteia hervor, während in den Tälern von Hierapetra, Messara und Retimon der Charakter einheitlicher karbonatisch ist. Mikroskopische Untersuchungen zeigten bei allen Proben einen bedeutenden Gehalt an kantengerundetem und scharfkantigem Quarz. Dabei wächst die Menge und Größe der Quarzkörner mit zunehmender Steilheit des Gefälles. Im allgemeinen steht die mechanische sowohl, wie die chemische Zusammensetzung dieser Böden in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Erosion in den Gegenden, in denen sie abgelagert wurden. Demnach sind diese Ablagerungen keine eigentlichen Böden, sondern Erzeugnisse der mechanischen und chemischen Wirkung der Oberflächengewässer. Da sie mehr oder weniger ebene Flächen einnehmen, die sich zur Bearbeitung eignen, sind sie außerdem ausnahmslos in verschiedener landwirtschaftlicher Nutzung, wodurch ihre Charakterzüge noch mehr verwischt werden. Wir geben hier die Analyse von zwei Aufschlüssen wieder, nur um die Verschiedenheit und Ungleichartigkeit dieser Bildungen zu zeigen.

Profil A ist bei dem Dorf Malia auf dem Schuttkegel vor einem breiten Tal genommen. Im Aufschluß kann man drei Schichten unterscheiden. Alle drei sind rötlich gefärbt. In allen ist scharfkantiger Kalkschutt vorhanden. Die oberste Schicht ist etwas heller als die darunterliegenden.

Tabelle 14.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen						
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO
A	Malia	I	0—20	2.79	3.29	0.15	80.94	6.43	3.87	0.46	2.55
		II	20—40	3.62	3.30	0.11	74.69	8.79	8.17	0.38	1.95
		III	40—60	4.49	2.89	0.11	75.21	8.31	7.43	0.42	1.54
B	Kawussi	I	0—30	2.72	3.28	0.04	78.39	8.22	5.19	0.49	1.54
		II	30—70	7.52	6.59	0.04	54.61	21.62	10.30	0.40	2.47

Profil B wurde bei dem Dorfe Kawussi in einem Tal genommen, das der Einwirkung von Denudationsprozessen ausgesetzt ist. Der Denudation entsprechend haben die Ablagerungen einen mehr oder weniger geschichteten Charakter und stellen ihrer Herkunft nach Deluvium oder Proluvium dar.

Profil B setzt sich aus zwei Schichten zusammen. Beide sind rot, aber die oberste von grellerer Farbe und größerer Dichte.

Die Verschiedenheit der ersten und zweiten Schicht des Aufschlusses kommt deutlich in Färbung und Struktur zum Ausdruck. Die scharf zwischen beiden zutage tretende Grenze gibt zur Vermutung Anlaß, daß sie nicht genetisch verknüpft, sondern Produkte der mechanischen Akkumulation sind.

Chemische Charakteristik

Die Ergebnisse der Bauschanalyse (Tab. 14) zeigen:

1. Höherer Gehalt an Kieselsäure in allen Schichten des Profils A sowie in Schicht I des Profils B, geringerer Gehalt an Al₂O₃ und teilweise auch an Fe₂O₃ im Vergleich zu Profil 33 bei Retimon und zu Horizont II des Profils B. Die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ bestätigen eindeutig das Dargelegte.
2. Der Gehalt an CaO im Profil A steigt in Richtung zur Bodenoberfläche ähnlich wie im Profil 33, während im Profil B das Gegenteil der Fall ist.
3. MgO und Alkalien sind stark ausgelaugt, Anreicherung macht sich nur in tieferen Horizonten bemerkbar.

Aus der Beschreibung der Ablagerungsbedingungen und den Ergebnissen der Bauschanalyse ersieht man, daß das ganze Material des Profils A umgelagert wurde, während dies bei Profil B nur mit der Schicht I der Fall war. Diese unterscheidet sich deutlich von der Schicht II und ist ihrer allgemeinen Zusammensetzung nach den Horizonten des Profils A verwandt.

Die Menge an austauschbaren Kationen (Tab. 15) bestätigt das Dargelegte. Es sei darauf hingewiesen, daß dieser Wert in Schicht II des Profils B 1½ mal größer ist als in Schicht I.

Bemerkenswert ist die große Menge an austauschbarem Mg, das zuweilen den Ca-Gehalt übertrifft trotz des Vorhandenseins von CaCO₃ und der absolut genommen geringeren MgO-Menge. Aus den Ergebnissen des Auszuges mit 5proz.

Bausch
trockene

MgO K

0.72 0.

0.72 0.

1.26 0.

0.62 0.

1.11 1.

K
M
k
s
S

I

I

elle 14. Bauschanalyse

CaO	trockenen Bodens				In Prozenten des mineral. Bodenanteils								SiO ₂	SiO ₂
	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Summe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
2.55	0.72	0.79	0.51	99.71	81.77	6.64	4.00	0.48	2.63	0.74	0.81	0.52	20.92	11.74
1.95	0.72	0.77	0.56	99.44	77.23	9.09	8.45	0.39	2.02	0.74	0.79	0.58	14.44	9.07
1.54	1.26	0.69	1.34	99.20	76.93	8.55	7.60	0.43	1.57	1.28	0.70	1.37	15.29	9.76
1.54	0.62	0.62	0.93	99.32	81.06	8.50	5.36	0.51	1.59	0.64	0.64	0.96	16.20	11.56
2.47	1.11	1.68	0.65	99.47	57.15	23.15	11.03	0.42	2.64	1.19	1.79	0.69	4.20	3.22

KOH (Tab. 16) ersieht man, daß trotz des Vorhandenseins einer bedeutenden Menge von austauschbarem Na in den Schichten von Profil B (s. Tab. 15), hier keine Anzeichen von Solonzierung oder Solodierung bemerkbar sind. Der Überschuß an Al₂O₃ zeigt, daß dem Typ der in situ entstandenen Roterden die zweite Schicht des Profils B am nächsten kommt.

Tabelle 15
Austauschbare Basen

Profil	Ort	Hor.	cm	Ca m.e.	Mg m.e.	Na+K m.e.	H m.e.	Summe m.e.
A	Malia	I	0—20	13.30	7.25	1.04	—	21.59
		II	20—40	13.40	8.58	0.73	—	22.71
		III	40—60	14.15	9.16	0.78	—	24.09
B	Kawussi	I	0—20	8.70	13.91	2.43	—	25.04
		II	20—50	22.15	12.66	1.39	—	36.20

Tabelle 16
Auszug mit 5 prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃	Überschuß		SiO ₂
				%	%	%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %
A	Malia	I	0—20	0.481	0.604	0.889	—	0.205	1.3
		II	20—40	0.954	0.975	1.764	—	0.166	1.6
		III	40—60	1.057	1.081	1.957	—	0.188	1.6
B	Kawussi	I	0—20	0.431	0.490	0.779	—	0.131	1.5
		II	20—50	0.865	1.028	1.599	—	0.394	1.4

Also sehen wir, daß im Vergleich zu den in situ entstandenen Roterden, die umgelagerten eine bedeutende Anreicherung von SiO_2 und Verminderung des R_2O_3 - und besonders des Al_2O_3 -Gehaltes aufweisen, was deutlich bei den ganz offensichtlich umgelagerten Schichten zum Ausdruck kommt. Die Anreicherung von SiO_2 steht in Zusammenhang mit der Ansammlung von grobkörnigem Quarz, der bei der Denudation liegen bleibt. Auf Grund des Gesagten darf man annehmen, daß die eben beschriebenen Böden Derivate der in situ auf Kalkstein entstandenen Roterden sind.

Die erwähnten Tatsachen weisen nochmals darauf hin, daß man bei Erforschung des Bodens von Kreta, wie überhaupt ganz Griechenlands, den Reliefbedingungen und den mit ihnen verbundenen Denudationsprozessen große Aufmerksamkeit schenken muß.

III. Alluviale Ablagerungen (auf der Karte: 6)

Die Böden auf den jungen alluvialen Ablagerungen sowie diese Ablagerungen selbst, sind auf Kreta nur sehr schwach vertreten. Dies läßt sich damit erklären, daß erstens die Flüsse nur während der feuchten Winterzeit fließen, zweitens, daß Kürze und Steilheit der Hänge die Entwicklung der bodenbildenden Prozesse verhindern. Deshalb wird in den Flußbetten, besonders in der Karstregion, meist Geröll abgelagert, während die Ablagerungen am Meeresstrand im nördlichen Teil der Insel eher Schuttkegel als Alluvium darstellen. Alluviale Ablagerungen als solche sind in unbedeutender Menge im Tal von Hierapetra und bei Chania vorhanden. Am stärksten sind sie im Tal von Messara vertreten, wo sich auf ihnen Böden mit mehr oder weniger entwickeltem Profil bilden (Taf. 5, Abb. 10). Aber auch hier ist das Alluvium seiner mechanischen Zusammensetzung nach nicht gleichartig. So ist der obere und engere Teil des Tals, wo die Erosion stärker entwickelt ist, von schwachdifferenzierter Geröllschüttung bedeckt. Ähnliche Anschwemmungen in Form von Vorschüttungskegeln dringen von den Erhebungen im Norden und Süden her in das Tal herein. Sie haben aber nur begrenzte Verbreitung. Der Zentralteil des Tales ist von angeschwemmten Schichten bedeckt, die in der Nähe der heutigen Talwege längs periodisch fließenden Flüssen und Bächen einen mehr oder weniger sandigen Charakter aufweisen*). Auf den Wasserscheiden zwischen diesen Talwegen befinden sich Ablagerungen von feinerer mechanischer Zusammensetzung.

Der untere Teil des Messaratals führt während des ganzen Jahres fließendes Wasser und bekommt in seinem engsten Teil Zufluß von

*) Bei Einengung des Tals werden natürlich die Ablagerungen steiniger.

Grundwasser. Charakteristisch für die Böden im zentralen Teil des Messaratales ist das Profil 41, das den meist verbreiteten Typen entspricht.

Profil 41 stammt aus einem absolut ebenen Gebiet, das nach Westen zu schwach abfällt. Hier gibt es keine Flächenerosion und die Grabenerosion beschränkt sich auf Fluß- und Strombetten. Die Ufer sind steil und der Boden ist mit kantengerundetem Kalkgeröll bedeckt. Das Flußbett ist in die alluvialen Ablagerungen tief eingeschnitten. Wir haben es hier also mit einem Typ Grabenerosion zu tun, der durch reißende Ströme verursacht wird, die schnell und plötzlich entstehen, aber ebenso schnell wieder vergehen. Sie mäandrieren nur wenig, so daß sie die schon gebildeten Ablagerungen kaum wieder wegspülen. Demzufolge kann die Bodenbildung hier einigermaßen deutlich in Erscheinung treten.

Beschreibung des Profils 41

Hor. I. 0—15 cm. Graubraun, ohne Struktur, leicht zerfallend. Schäumt mit HCl.

Hor. II. 15—42 cm. Braun und kompakt, porös, zerfällt in grobe Klumpen. Schäumt stark mit HCl.

Hor. III. 42—75 cm. Graubraun, sehr kompakt und porös, hat zahlreiche, dünne Kalkschichten und kleine Kalkkonkretionen. Schäumt stark mit HCl.

Hor. IV. 75—120 cm. Gelbgrau, ziemlich kompakt und porös, hat schwachentwickelte Schichten, mehr sandig als die vorgehenden, mit sehr feinen Kalkadern. Schäumt stark mit HCl.

Aus der Beschreibung des Profils ersieht man, daß der Boden eine Anschwemmung darstellt, die sich in genetische Horizonte zu differenzieren anfängt. Die Bodenbildung ist in bezug auf CaCO_3 eluvial und in den Horizonten II bis IV beginnt sich die Anreicherung von Kalk in Form von wenigen kleinen Adern und sehr kleinen Konkretionen bemerkbar zu machen. Die Differenzierung des Profils ist bei all dem sehr schwach und die Horizonte unterscheiden sich verhältnismäßig wenig voneinander.

Chemische Charakteristik

Tabelle 17 enthält Angaben über austauschbare Basen, CO_2 , Humus und Stickstoff, und Tab. 18 die Ergebnisse des Auszuges mit 5proz. KOH.

Aus diesen Tabellen folgt:

1. Von den austauschbaren Basen ist Ca am stärksten vertreten, an zweiter Stelle steht Mg und an letzter Na, das aber doch noch in bedeutender Menge vorhanden ist. Im Minimum ist dieses Kation im Hor. II, mit zunehmender Tiefe nimmt jedoch sein Anteil zu. Wegen des hohen CaCO_3 -Gehaltes schien uns die Bestimmung des austauschbaren Ca in den zwei letzten Horizonten unzuverlässig.
2. Die CO_2 -Menge ist überaus groß und wächst mit zunehmender Tiefe, so daß sie im Horizont IV ihr Maximum erreicht.
3. Der Humusgehalt ist unbedeutend, ein Maximum liegt in Horizont II. Aber auch hier ist er geringer als in den Rendzinen und in den Roterden auf Kalk.
4. An Stickstoff ist der Boden verhältnismäßig arm, ärmer als die früher beschriebenen Böden.

Tabelle 17
Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	Sum- me	CO ₂	Hu- mus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
41	Messara	I	0—15	15.60	3.66	3.69	22.95	1.32	0.87	0.09
		II	15—42	13.85	1.75	1.76	16.36	5.32	1.13	0.08
		III	42—75	n.b.	4.16	1.91	—	9.02	0.47	0.07
		IV	75—120	„	4.41	2.12	—	11.48	0.34	0.03

Tabelle 18
Auszug mit 5 prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃	Überschuß		SiO ₂ Al ₂ O ₃
				%	%	%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	%
							%	%	
41	Messara	I	0—15	0.412	0.344	0.748	0.007	—	2.0
		II	15—42	0.428	0.312	0.676	0.062	—	2.3
		III	42—75	0.372	0.184	0.299	0.155	—	2.3
		IV	75—120	0.347	0.244	0.521	0.061	—	2.4

5. Sowohl SiO₂ wie Al₂O₃ sind wenig löslich, wobei ihre Stabilität mit der Tiefe zunimmt. Das Verhältnis von $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ist klein, aber doch größer als 2, und wächst mit zunehmender Tiefe. Aus den Lagerungsbedingungen des Profils, seiner Morphologie und den Analysenergebnissen kann man nachstehende Folgerungen ziehen: gegenwärtig trägt der Vorgang der Bodenbildung eluvialen Charakter. Dies zeigt sich an der Auswaschung von CaCO₃ nach den unteren Horizonten, von denen II und III verdichtet sind. Die bedeutende Verengung des Tals in seinem untersten Teil läßt vermuten, daß es früher eine geschlossene Karstdoline bildete, vielleicht ohne einen die Gewässer abführenden Ponor. Infolge der Alterung des Karst und seiner Entwicklung im Zyklus der normalen Erosion hat es einen Ausgang zum Meer bekommen. Dies muß wahrscheinlich vor geologisch sehr langer Zeit geschehen sein, da im südlichen Teil der Doline alte Alluvialbildungen erhalten sind, die einen ganz anderen Charakter als die von uns beschriebenen haben. Überaus häufig sind die Böden der abflußlosen Karstdolinen einer, wenn auch geringen, Versalzung ausgesetzt, die bei Vorhandensein eines natürlichen oder künstlichen Abflusses verschwindet. Als Beispiel kann die Senke des Neseeroesees in Thessalien in über 1000 m Höhe dienen. Es besteht die Möglichkeit, daß das Messaratal Salz von der Nordseite her bekommt, wo es an tertiäre Mergel grenzt, so daß schwache Versalzung hier stattfinden könnte. Die Geringfügigkeit

dieses Prozesses ist noch dadurch bedingt, daß das Tal heute auf natürlichem Wege sehr gut dräniert ist. Also kann man den beschriebenen Boden als junge alluviale Anschwemmung mit geringen Spuren von Solonezcharakter bezeichnen.

Salzböden (auf der Karte: 7)

Diese Böden sind auf Kreta örtlich streng begrenzt und wenig verbreitet. Die Beschaffenheit des Inselreliefs und die damit zusammenhängende gute natürliche Entwässerung begünstigt nicht die Verbreitung der Salzböden. Sogar in Gegenden mit salzhaltigem Muttergestein macht sich die Versalzung nur in einer unbedeutenden Verdichtung einiger Bodenhorizonte bemerkbar. Diese Verdichtung kann jedoch bei weitem nicht immer der Wirkung des absorbierten Na zugeschrieben werden. Die geringe Entwicklung des Strandestandes ist für Bildung von Salzböden und Marschen nicht günstig. Infolgedessen findet man nur winzige Salzflecke auf dem schmalen Strand zwischen Rodopu und Chania und einen Fleck zwischen Iraklion und Chersonis. Ein einzelner Fall von Versalzung durch salzige Bodenwässer, die als Quelle austreten, ist bei Almiros zu beobachten. Eine mehr oder weniger bedeutende Ausdehnung haben Salzböden nur bei dem Ort Paläochorion am Südufer der Insel. Die Salzflecke nehmen hier den ganzen Westteil der Halbinsel Paläochorion ein. Sie breiten sich hier auf den Resten einer zerspülten alten Terrasse aus tertiären Mergeln aus. Gegenwärtig legt sich ein kleiner Rest dieser Terrasse an die Berge an und ist durch einen steilen Hang von der von den Solontschakböden eingenommenen Fläche getrennt. Wegen der starken Versalzung hat diese Fläche fast keine Vegetation. Diese ist nur durch spärliche Büsche von *Stative* sp. vertreten (Taf. 9, Abb. 18). Die Bewohner behaupten, daß der Grundwasserspiegel in 4 m Tiefe, also unter dem Meeresspiegel, läge. Wir konnten dies nicht prüfen, da die Brunnen, die gutes Trinkwasser geben, sich ausschließlich auf dem östlichen, sandigen Teil der Halbinsel befinden. Eine Versalzung der Sande macht sich also nicht geltend.

Die Versalzung wird allmählich geringer mit Entfernung vom Rande der zerstörten Terrasse zur Ortschaft Paläochorion, wo an Stelle der Mergel gröbere Sedimente treten. Wo die Versalzung sich am stärksten zeigt, wurde Profil 27 entnommen.

Beschreibung des Profils 27

Hor. I. 0—2,5 cm. Feuchte, hellgraue Kruste, feinschichtig, zerfällt leicht in kleine Platten, von weißen Salzaadern durchzogen. Keine Salzausblühungen an der Oberfläche. Schäumt stark mit HCl.

Hor. II. 2,5—8 cm. Etwas trockener als der erste Horizont. Heller, etwas kompakter, geschichtet, wobei die Schichten von verschiedener mechanischer

Tabelle 19.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Cl	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg
27	Paläochorion	I	0—2.5	181.32	0.55	11.03	18.15	69.37
		II	2.5—8	77.29	0.56	15.29	16.11	29.55
		III	8—23	18.89	0.46	8.46	8.43	9.12
		IV	23—51	11.91	0.62	7.17	3.39	4.34
		V	51—78	7.82	0.63	4.65	2.36	3.22
		VI	78—120	8.03	0.62	4.72	5.04	3.17

Zusammensetzung sind. Hierdurch bekommt der Horizont ein buntes Aussehen. Salzsichten sind bedeutend weniger zahlreich. Schäumt stark mit HCl.

Hor. III. 8—23 cm. Feucht, hellgrau mit einem Stich ins Grünliche, etwas verdichtet, sehr schwach geschichtet. An Stelle der Salzsichten treten im ganzen Horizont einzelne weiße Punkte auf. Schäumt stark mit HCl.

Hor. IV. 23—51 cm. Feucht, hellgrau, etwas dunkler, ohne Struktur, leicht zerfallend. Sehr wenige weiße Punkte. Schäumt stark mit HCl.

Hor. V. 51—78 cm. Feucht, von gleicher Farbe wie der vorige, aber noch lockerer und bröcklicher. Weiße Punkte sind nicht vorhanden. Strukturlos. Schäumt stark mit HCl.

Hor. VI. 78—120 cm. Dem vorigen ähnlich, hat aber zahlreiche kleine Flecken von kohlensaurem Kalk. Schäumt stark mit HCl.

Das Profil stellt einen sehr typischen Solontschakboden dar, vom Typ der nassen Solontschakböden. Dabei weisen die oberen Horizonte, in denen sich viel lösliche Salze angereichert haben, die größte Feuchtigkeit auf. Das Salz zieht die Feuchtigkeit aus der Luft mit solcher Kraft an, daß es unmöglich war, die Proben der ersten zwei Horizonte im Laboratorium in lufttrockenen Zustand zu bringen. Dank dieser Hygroskopizität bilden sich auf der Oberfläche des Bodens keine Salzausblühungen.

Chemische Charakteristik

Aus der Tabelle 19, die die Ergebnisse des H₂O-Auszuges enthält, und in der die Analysenwerte einerseits in Milligrammäquivalenten auf 100 g Boden, und andererseits in Prozenten der Summe der Kationen und Anionen ausgedrückt sind, ergibt sich folgendes:

1. Bei den Anionen steht, bezogen auf den Gesamtgehalt, ohne Ausnahme in allen Horizonten das Chlor an erster Stelle. An zweiter Stelle steht SO₄''. Die HCO₃'-Menge ist sehr unbedeutend.
2. Bei den Kationen steht Na an erster und Mg an zweiter Stelle. Beide sind in großer Menge vorhanden. Ca steht an dritter Stelle. Lösliche Ca-Salze sind besonders in den beiden ersten Horizonten enthalten.
3. Die absolute Menge an Kationen sowohl wie an Anionen nimmt mit der Tiefe stark ab. Dies zeigt sich besonders deutlich bei Cl', Na und Mg.
4. Die prozentuale Verteilung der Kationen und Anionen im Profil ist eine andere: Der Cl'-Prozentsatz wird von oben nach unten ständig kleiner,

Wässriger Auszug

e 19.

Mg

	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	pH des wässrigen Auszugs
0.37	101.18	4.20	47.00	0.14	2.86	4.71	17.98	26.12	1.08	7.2
0.55	46.82	0.66	41.50	0.29	8.21	8.62	15.82	25.11	0.45	7.2
0.12	9.95	0.31	33.96	0.83	15.21	15.14	16.40	17.89	0.57	7.1
1.34	11.45	0.52	30.23	1.57	18.20	8.60	11.02	29.06	1.32	7.2
3.22	6.97	0.55	29.85	2.40	17.75	9.01	12.29	26.61	2.09	7.1
3.17	4.69	0.47	30.00	2.32	17.68	18.85	11.86	17.53	1.76	7.3

während der an SO₄ und HCO₃ in derselben Richtung bedeutend zunimmt. Für HCO₃, dessen Menge im untersten Horizont fast 20 mal größer als im obersten ist, gilt dies in besonderem Maße. Dementsprechend wird das Verhältnis $\frac{Cl}{SO_4}$ von oben nach unten kleiner.

- Der Prozentgehalt an Ca wird im untersten Horizont bedeutend größer.
- Die Reaktion aller Horizonte ist neutral, soweit sie nicht alkalisch ist.

Die Verteilung von Anionen und Kationen im Profil entspricht am besten dem Schema des Salzprofils von Polynov (18), Fig. 3 u. 4. (Seite 280 u. 281.)

Aus den angeführten Werten folgt, daß wir einen Chlorid-Sulfat-Solontschak mit überwiegendem Gehalt an natrium- und magnesiumhaltigen löslichen Salzen vor uns haben, der auch eine bedeutende Menge löslicher Kalziumsalze enthält.

Das Verhältnis $\frac{Cl}{SO_4}$ in dem Profil zeigt, daß wir es mit einer primären Versalzung (Polynov [18]) des feuchten Solontschaks zu tun haben.

Die Tab. 20 (Gehalt an austauschbaren Basen, Humus und Stickstoff) zeigt folgendes:

Tabelle 20
Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	Summe	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
27	Paläochorion	I	0—2.5	20.95	26.58	Spur	47.53	5.55	0.51	0.11
		II	2.5—8	30.85	33.58	„	64.43	6.10	0.34	0.08
		III	8—23	24.55	Spur	„	24.55	6.76	0.68	0.08
		IV	23—51	3.18	5.41	„	8.59	7.59	0.64	0.08
		V	51—78	6.20	3.08	„	9.28	8.13	0.48	0.07
		VI	78—120	16.24	1.34	„	17.58	8.13	0.34	0.06

- Der Boden enthält fast ausschließlich zweiwertige Kationen (Ca, Mg). Die einwertigen sind nur in Spuren vertreten.

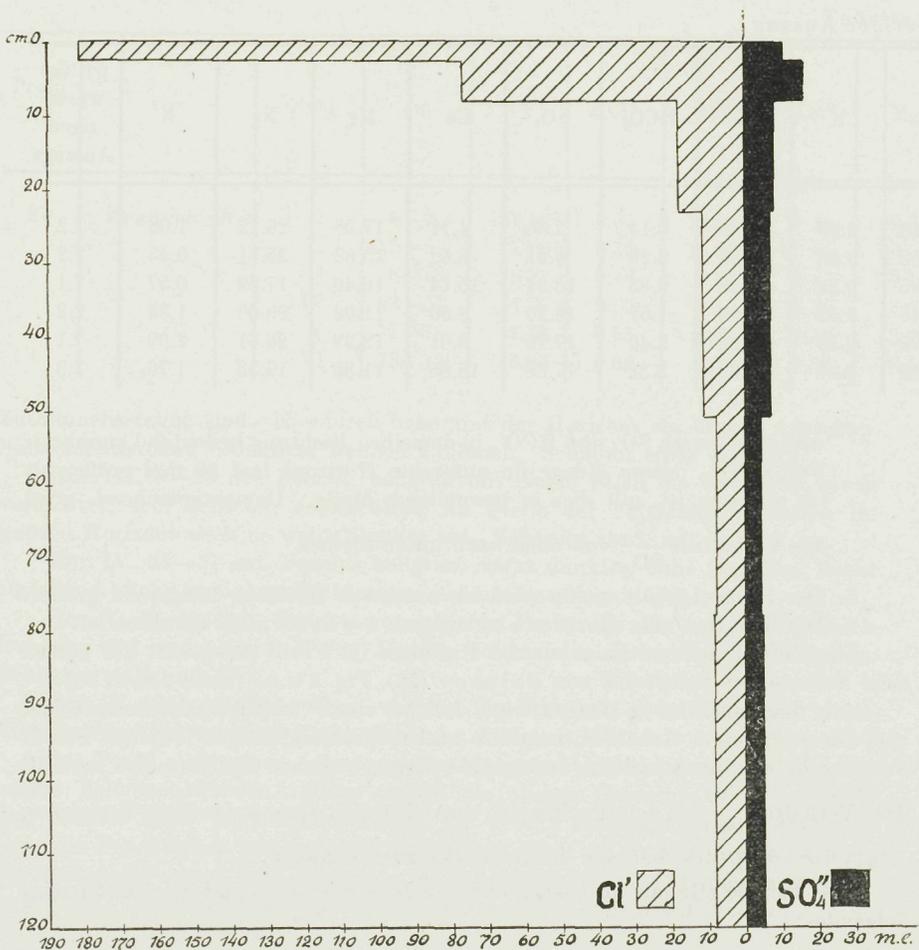


Fig. 3. Verteilung von Cl und SO₄ im Profil des nassen Solontschaks bei dem Dorf Paläochorion

2. Die drei ersten Horizonte enthalten eine bedeutende Menge austauschbarer Kationen, während in den tiefer liegenden die Austauschfähigkeit des Bodens plötzlich abnimmt.
3. Der CO₂-Gehalt wächst ständig mit der Tiefe.
4. Der Gehalt an Humus und Stickstoff ist sehr gering.

Das Vorherrschen der zweiwertigen austauschbaren Kationen ist ganz begründlich, denn erstens enthält der Boden eine große Menge CaCO₃, zweitens ist die Summe von Ca und Mg, die lösliche Salze geben, fast überall gleich der Summe von Na und K. Unter solchen Bedingungen sättigen die zweiwertigen Kationen mit ihrer größeren Adsorptionsenergie den Boden. Der geringe Humus- und Stickstoffgehalt ist durch den fast völligen Vegetationsmangel in dieser Gegend erklärbar.

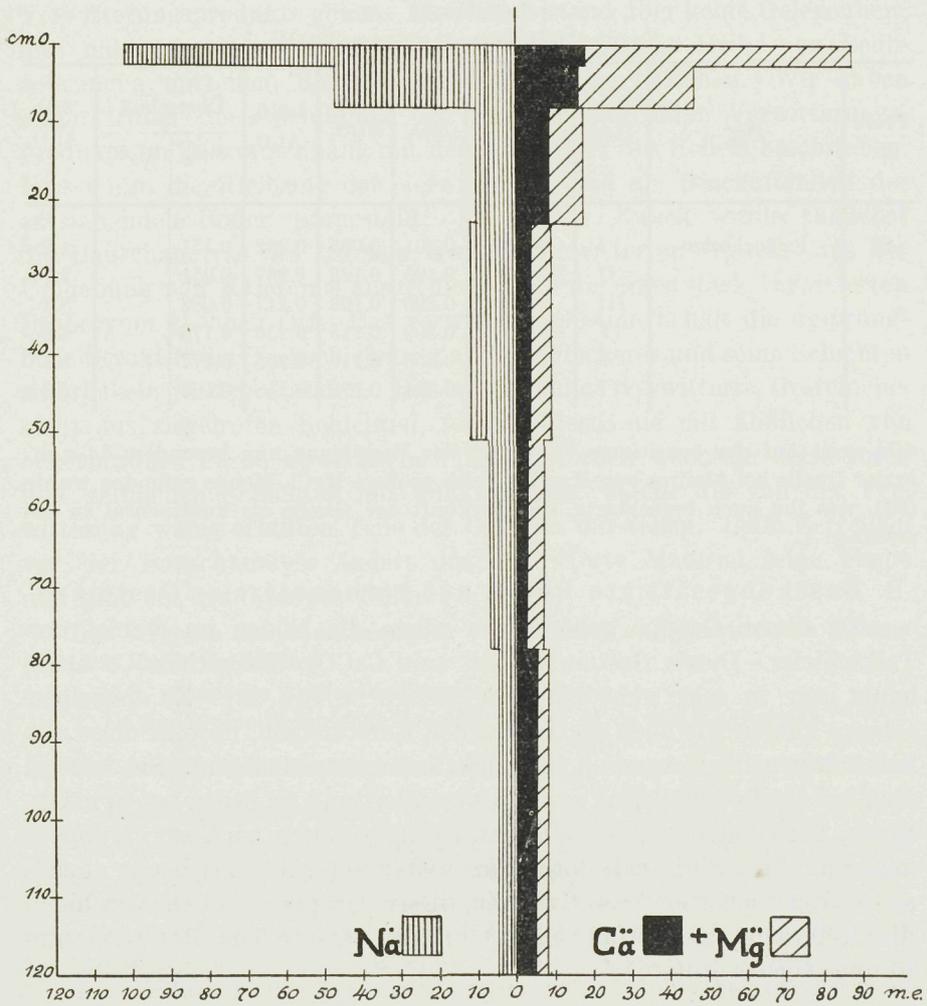


Fig. 4. Verteilung von Na, Ca und Mg im Profil des nassen Solontschaks bei dem Dorf Paläochorion

Die Zunahme der CO_2 -Menge mit der Tiefe und im Zusammenhang damit das Vorhandensein von Kalkkonkretionen ist bei Solontschakböden eine normale Erscheinung.

Tab. 21 zeigt, daß 5proz. KOH nur geringe Mengen SiO_2 sowie Al_2O_3 löst, wobei SiO_2 immer im Überschuß ist. Seine Stabilität wird mit der Tiefe geringer.

Das Verhältnis $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ist überall größer als 2. — Das Fehlen bedeutender SiO_2 -Mengen in dem Auszug mit 5proz. KOH ist eine Bestätigung für unsere Definition des Bodens als typischen Solontschak, in dem keine Entsalzung und Solodierung stattgefunden haben. Das Vorhandensein einer großen Menge von Magnesium-

Tabelle 21
Auszug mit 5-prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃ %	Überschuß		SiO ₂ Al ₂ O ₃ %
							SiO ₂	Al ₂ O ₃	
							%	%	
27	Paläochorion	I	0—25	0.261	0.093	0.202	0.151	—	4.7
		II	2.5—8	0.195	0.123	0.267	0.051	—	2.7
		III	8—23	0.200	0.100	0.217	0.082	—	3.4
		IV	23—51	0.309	0.115	0.250	0.173	—	4.6
		V	51—78	0.359	0.119	0.258	0.177	—	5.1
		VI	78—120	0.304	0.119	0.258	0.163	—	4.3

salz weist auf den maritimen Charakter der Versalzung hin, besonders da z. B. in der Quelle bei Almiros von Raulin keine größere MgCl₂-Menge gefunden wurde (23), was ihn auch berechtigte, die Herkunft der Quelle als kontinental zu bezeichnen.

B. Basenungesättigte Böden auf karbonatfreien Gesteinen

Zu dieser Gruppe gehören vor allem die Böden im Gebiet der Talkschiefer. Dieses Gestein enthält kein CaCO₃. Es enthält Ca überhaupt nur in sehr unbedeutender Menge (s. Tab. 22). Zu derselben Gruppe zählen wir auch die Böden der Karstdolinen, obwohl diese aus kalkhaltigem Muttergestein (Kreidekalke) entstanden sind. Sie wurden aber bei der Bodenbildung so stark verändert und sie liegen auf so mächtigem, karbonatfreiem Gestein, daß sie ihrer Natur nach zur Gruppe B gehören. Dies wird auch durch ihre weiter unten beschriebenen chemischen Eigenschaften bestätigt. Zu dieser Gruppe gehören vor allem die Roterden. Sie zerfällt in: a) in situ entstandene Roterden und b) umgelagerte Roterden.

a) In situ entstandene Roterden (auf der Karte:8)

Es wurde von uns schon früher festgestellt (Nevros and Zvorykin [13]), daß einige karbonatfreie Gesteine, besonders Schiefer, rötliche

Tabelle 22. Bauschanalyse.

Profil Nr.	Ort	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen trockenen				
			Glüh- verlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	Kandanos	0.19	0.94	—	83.92	7.12	1.80
2		0.73	5.58	—	55.17	29.28	6.22

1: Fr

Boder

CaC

0.5

0.6

Verwitterungsprodukte geben. Bis jetzt bestand aber keine Gelegenheit, dies näher zu untersuchen. Jetzt können wir eine Reihe von Beobachtungen mitteilen, die sich auf diese Frage beziehen. Wir haben schon früher die Ausbildung der Schiefer und ihrer Verwitterungsprodukte im Zusammenhang mit dem Charakter des Reliefs beschrieben. Es sei nun die Richtung der Verwitterung und die Beschaffenheit der entstehenden Böden dargestellt. Zu diesem Zweck wurde zunächst die Bauschanalyse des frischen, noch unverwitterten Gesteins aus der Umgebung von Kandanos ausgeführt, dann die einer stark verwitterten Probe vom gleichen Ort. Das verwitterte Gestein behält die ursprüngliche Struktur der Talkschiefer, ist aber viel lockerer und seine Schichten zerbröckeln in den Händen. Das oberflächlich verwitterte Gestein besteht aus ziegelroten Schichten, feinen Adern, die mit ähnlichen von ockerbrauner Farbe abwechseln. Im Querbruch wechseln diese roten und gelblichen Schichten mit dunkelgrauen, welche die von der Verwitterung wenig erfaßten Teile des Gesteins darstellen. Beim Zerreiben vor der Bauschanalyse ändert das verwitterte Material seine Farbe und gibt ein graubraunes Pulver.

Der Vergleich der Bauschanalysen von frischem und verwittertem Gestein (Tab. 22), ergibt folgendes:

1. SiO_2 nimmt im Laufe der Verwitterung stark ab.
2. Es findet eine bedeutende Anhäufung von Al_2O_3 und Fe_2O_3 statt.
3. Dementsprechend werden die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ im verwitterten Gestein erheblich kleiner.

Die Verwitterung von Talkschiefern in situ ergibt also ein Produkt, das einen stärker allitischen Charakter als das Ausgangsgestein hat. Ähnliches wurde von Polynov (19) für die Verwitterungsprodukte der Gesteine in der subtropischen Zone des Kaukasus, am Ufer des Schwarzen Meeres festgestellt. Die roten Verwitterungsprodukte füllen das tektonische Tal bei dem Orte Kandanos. Dort bilden sie ein Plateau, das gegenwärtig abgetragen wird (Taf. 7, Abb. 14). Sie bilden auch Terrassen in den durch normale Erosion entstandenen Tälern der Schieferregion. Auf diesen Ablagerungen entwickeln sich eigenartige rote, karbonatfreie Böden, die von den roten Böden auf Kalk verschieden sind. Ein typisches Beispiel für die Bildung von roten Böden bildet das bei Kandanos genommene Profil 23.

1: Frisches Gestein; 2: Verwittertes Gestein

Bodens		In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO		
0.55	0.38	84.72	7.18	1.82	0.55	0.38	20.0	17.3
0.68	1.61	58.42	31.01	6.58	0.72	1.71	3.2	2.8

Tabelle 23.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen			
					Glühverlust	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
23	Kandanos	I (A)	0—14	2.33	6.79	65.79	18.42	5.24
		II (B)	14—29	4.63	7.26	54.51	27.83	6.71
		III (C)	29—59	3.48	5.88	61.48	23.76	6.99
		IV (C ₁)	59—100	3.05	5.93	61.30	23.72	5.32

Bausc.

trocken

CaO

1.96

1.32

0.21

0.72

Tabelle 24. Bauschanalyse

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen			
					Glühverlust	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
23	Kandanos	I (A)	0—14	4.08	17.27	36.65	33.55	8.34
		II (B)	14—29	4.77	12.85	38.62	34.81	9.45
		III (C)	29—59	3.43	12.01	41.79	35.44	7.15
		IV (C ₁)	59—100	3.28	11.04	44.06	35.58	6.94

der Fr

trocken

CaO

0.99

0.78

0.55

0.54

Es stammt aus einem ebenen Teil des Plateaus, der keiner merklichen Flächen-erosion ausgesetzt war.

Bemerkenswert ist, daß der der Erosion ausgesetzte Rand des Plateaus rot-gefärbt ist, am Hang nach unten zu allmählich grau-rot und dann grau-braun wird infolge der Anhäufung des vom Rande des Plateaus weggeschwemmten Bodens. Bei der Untersuchung der Blößen im Tal von Kandanos in der Nähe der umgebenden Berge findet man eine bedeutende Menge schwach verwitterten, scharfkantigen Schutt, oft große Stücke, die in der Grundmasse der bunten, rotgelben Verwitterungsrinde eingebettet sind. Derselbe Schutt, auch in bedeutender Menge, liegt verstreut auf der Oberfläche des Plateaus. Seiner petrographischen Zusammensetzung nach gehört dieser Schutt hauptsächlich zur Gruppe der Schiefer. Oft kommen aber auch große Bruchstücke von weißem oder rötlich gefärbtem Quarz vor. Diese letzteren stammen aus Quarzadern verschiedener Größe, die die Schiefer in allen Richtungen durchziehen und die nach der Verwitterung der Schiefer bloßgelegt wurden. Aus dem Vorhandensein dieser Adern läßt sich der bedeutende Gehalt an Quarzkörnern im Boden des Profils 23 erklären; sie sind bei mikroskopischer Untersuchung leicht zu erkennen.

Beschreibung des Profils 23

Hor. I (A₁). 0—14 cm. Hellrot mit einem Stich ins Graue, porös, leicht geschichtet, ziemlich kompakt. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. II. 14—29 cm. Ziegelrot mit gelblichen Adern und Bändern; ausgesprochen feinkörnige Struktur; ziemlich kompakt; enthält viel scharfkantigen, verwitternden Schutt. Schäumt nicht mit HCl.

lle 23.
ommen

Bauschanalyse

Fe₂O₃

trockenen Bodens		In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
1.96	0.66	70.57	19.76	5.62	2.10	0.71	6.07	5.37
1.32	1.38	58.76	30.00	7.23	1.45	1.48	3.32	2.98
0.21	1.12	65.33	25.24	7.42	0.22	1.19	4.40	3.70
0.72	0.78	64.74	25.22	5.65	0.77	0.82	4.35	3.80

alyse
ommen

der Fraktion < 2 μ

Fe₂O₃

trockenen Bodens		In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
0.99	1.07	44.31	40.31	10.08	1.20	1.29	1.8	1.61
0.78	0.64	44.32	39.95	10.84	0.89	0.74	1.8	1.61
0.55	0.80	47.49	40.28	8.12	0.63	0.91	2.0	1.77
0.54	0.76	49.55	39.99	7.80	0.60	0.85	2.1	1.87

Hor. III. 29—59 cm. Grundton ziegelrot. Von vielen hellgelben, zuweilen auch weißen Äderchen durchzogen, die dem Horizont ein buntes Aussehen geben. Sehr steinig und dicht. Gibt keine Reaktion mit HCl.

Hor. IV. 59—100 cm. Noch härter, bunt mit überwiegender roter Färbung, sehr steinig. Verwitterndes Gestein, das aber seine Struktur behalten hat. Schäumt nicht mit HCl. Darunter liegt ein verwitterndes Gestein, das mit gewöhnlichem Werkzeug nicht bearbeitet werden kann. Das Profil ist sehr schwach differenziert, einigermaßen unterschieden ist nur Hor. I (0—14 cm), den man A₁ nennen könnte. Hor. II (14—29 cm) erinnert etwas an einen illuvialen B-Horizont, ist aber morphologisch sehr schwach ausgeprägt. Er geht ganz allmählich in die tieferen Horizonte über, von denen er sich durch geringere Buntheit und stärkere Verwitterung unterscheidet.

Die folgenden zwei Horizonte kann man als C und C₁ auffassen. Sie unterscheiden sich nur durch den Grad der Verwitterung.

Da die Zusammensetzung dieses Bodens sehr interessant ist, wurde eine Bauschanalyse des Feinbodens sowie der Fraktion < 2 μ ausgeführt. Die Ergebnisse der ersteren sind auf Tab. 23, die der letzteren auf Tab. 24 dargestellt.

Aus der Tab. 23 ersehen wir:

1. Trockenverlust (105°) und Glühverlust sind im zweiten Horizont am größten.
2. Die Verteilung von SiO₂ und R₂O₃ ist derjenigen im Profil der Podsolböden ähnlich.
3. Die Ca- und besonders die Mg-Verbindungen sind nicht gesetzmäßig im Profil verteilt.
4. Der Boden enthält sehr viel R₂O₃, insbesondere Al₂O₃. Diese Anreicherung macht sich besonders deutlich in den unteren Horizonten geltend. Die

chemische Zusammensetzung des Bodens unterscheidet sich von der des verwitternden Gesteins (s. Tab. 22) hauptsächlich durch einen großen SiO₂-Gehalt. Eine Ausnahme macht nur Horizont II des Profils 23. Die Zunahme der SiO₂-Menge im Boden im Vergleich mit dem verwitterten Gestein muß dem Vorhandensein von Quarzkörnern als mechanischem Zusatz zugeschrieben werden, worauf schon früher hingewiesen wurde. Unser Boden unterscheidet sich von den Podsolböden der mittleren Breiten durch einen viel größeren Gehalt an R₂O₃ (besonders an Al₂O₃), besonders in den Horizonten II, III und IV. Es ergibt sich also, daß unsere roten Böden einen erheblich stärker allitischen Charakter haben als die Podsolböden.

Die Analyse der Fraktion < 2 μ führt zu etwas anderen Ergebnissen (s. Tab. 24 auf Seite 284, 285).

1. Der Trockenverlust (105°) ist für Horizont I (A) und II (B) am größten. Ähnlich steht es mit dem Glühverlust.
2. Diese selben Horizonte enthalten die kleinste SiO₂- und die größte R₂O₃-Menge. Dabei wird die SiO₂-Menge in den Horizonten III und IV ganz erheblich größer im Vergleich zu den Hor. I und II. Fe₂O₃ sammelt sich in den obersten Horizonten I (A₁) und II an, was in den Verhältnissen $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ deutlich zum Ausdruck kommt. CaO und MgO sind in größter Menge im Hor. I (A₁) enthalten, was möglicherweise eine Folge der biologischen Festlegung ist.

Nach dem Schlämmen, das mit der Entfernung der die Verwitterung ganz verschleiernden großen Quarzbruchstücken verbunden ist, ergibt sich, daß die

Tabelle 25
Auszug mit 5 prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃ %	Überschuß		SiO ₂ Al ₂ O ₃ %
							SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	
23	Kandanos	I(A ₁)	0—14	0.560	1.272	1.036	—	0.797	0.7
		II(B)	14—29	1.060	1.794	1.961	—	0.893	1.2
		III(C)	29—59	0.912	1.420	1.687	—	0.642	1.1
		IV(C ₁)	59—100	0.900	1.502	1.664	—	0.755	1.0
48	Periwoli	I	0—20	0.568	0.476	0.945	0.080	—	2.3
		II	20—36	1.260	1.344	2.342	—	0.264	1.6
		III	36—58	0.900	1.028	1.351	—	0.263	1.5
		IV	58—120	1.232	1.392	2.520	—	0.225	1.6
39	Kastelli	I	0—7	0.696	0.768	1.286	—	0.169	1.5
		II	7—21	0.892	1.072	1.650	—	0.342	1.4
		III	21—36	1.112	1.076	2.057	—	0.131	1.7
		IV	36—85	1.068	1.284	2.486	—	0.181	1.7

Bodenbildung unter Auswaschung von SiO_2 und Anreicherung von R_2O_3 im oberen Teil des Profils verläuft. Diese Anreicherung gilt hauptsächlich für Fe_2O_3 , während die Al_2O_3 -Menge sich im Profil kaum ändert. Dieser Vorgang verläuft also anders als in der Podsolzone von Mittel- und Nordeuropa. Die Analyse der Fraktion $< 2 \mu$ weist deutlich auf den Grad der Verwitterung in den einzelnen Horizonten hin, und wir sehen, daß die untersten, weniger verwitterten Teile des Profils sich ihrer Zusammensetzung nach (s. Tab. 24) mehr dem Muttergestein nähern. Die Analyse des Auszuges mit 5proz. KOH gibt sehr interessante Resultate (Tab. 25 auf Seite 286).

In kleinster Menge wird SiO_2 aus dem Hor. I (A) gelöst, während sie bei den Podsolböden der Tschechoslowakei (Zvorykin 26) gerade in diesem Horizont sehr stark löslich ist. In allen Horizonten des Profils 23 überwiegt bedeutend der Gehalt an Al_2O_3 den an SiO_2 . Dies weist auf dessen Anreicherung im freien Zustande und demzufolge auf das Zerfallen der Tonsubstanz hin. Tab. 26 zeigt

Tabelle 26
Austauschbare Basen, CO_2 , Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca m.e.	Mg m.e.	Na+K m.e.	H m.e.	Summe m.e.	CO_2 %	Humus %	N %
23	Kandanos	I(A ₁)	0—14	7.47	4.43	0.62	Spur	12.52	—	1.62	0.15
		II(B)	14—29	7.49	6.64	0.50	„	14.63	—	0.49	0.09
		III(C)	29—59	5.91	5.52	0.49	„	11.92	—	0.28	0.09
		IV(C ₁)	59—100	7.36	4.76	0.41	0.11	12.64	—	0.23	0.09
48	Periwoli	I	0—20	8.05	4.50	0.21	—	12.76	—	1.02	0.06
		II	20—29	8.45	5.66	0.21	—	14.32	—	0.17	0.04
		III	29—59	7.20	5.08	0.21	—	12.49	—	0.16	0.04
		IV	59—120	6.30	4.58	0.19	—	11.07	—	0.27	0.04
39	Kastelli	I	0—7	5.70	2.91	0.21	—	8.82	—	0.61	0.06
		II	7—21	5.00	4.50	0.31	—	9.81	—	0.29	0.02
		III	21—36	7.15	3.50	0.21	—	10.86	—	0.23	0.02
		IV	36—85	8.75	6.33	0.21	—	15.29	—	0.17	0.02

die geringe Menge an austauschbaren Basen in den verschiedenen Horizonten des Profils 23. Die Ca-Menge ist dabei kaum größer als die Mg-Menge. Dies ist ein Beweis für den weitgehenden Zerfall des Bodens, der von dem Freiwerden von Mg aus seinen Silikaten und Alumosilikaten begleitet wird. Natrium ist praktisch nur in Spuren vorhanden. Alle Horizonte enthalten Spuren von austauschbarem H und im Horizont IV ist er schon in merklicher Menge vertreten. Die Reaktion ist überall sauer: 6,7 im Hor. I (A) und 6,0 im Hor. IV. (Überhaupt ist der pH-Wert in all den zahlreichen Proben der beschriebenen Böden nicht höher als 6,8. Meist liegt er niedriger.) Das Profil hat also den niedrigsten pH-Wert in den unteren Horizonten; dem entspricht auch die Zunahme des Gehalts an austauschbarem Wasserstoff.

Die Humusmenge ist nicht groß und wird mit der Tiefe kleiner. Stickstoff ist in ziemlich großer Menge vorhanden und auch regelmäßiger verteilt. Bei der Untersuchung der Roterden des Kaukasus beobachtete Goletiani (8) eine Abnahme des pH-Wertes gleichzeitig mit Verkleinerung des Humusgehaltes nach der Tiefe zu. Dies steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von Glinka (7) für die nordrussischen Podsole, wo die Azidität in den humusreichen Horizonten größer wird. Nach Goletiani (8) wird die Azidität in den Humushorizonten der Roterden des Kaukasus geringer dank dem Vorhandensein eines Überschusses zu beweglichem R_2O_3 . Durch Koagulation von R_2O_3 mit Humus werden Humate gebildet, die mit dreiwertigen Kationen abgesättigt sind. Anscheinend haben wir auf Kreta eine ähnliche Erscheinung vor uns, nur bedeutend schwächer ausgeprägt, weil die Humusmenge in den hiesigen roten Böden viel geringer ist. Die dargelegten Tatsachen geben uns die Möglichkeit, nochmals den Unterschied zu unterstreichen, der zwischen den Podsolböden und den Böden der mittleren Breite einerseits und den Roterden des Mittelmeergebietes auf karbonatfreien Gesteinen andererseits besteht.

b) Umgelagerte Roterden (auf der Karte:9)

Den in situ gebildeten Roterden schließt sich unmittelbar die Gruppe der umgelagerten Roterden an, die proluvial-deluvialer, viel seltener alluvialer Herkunft sind. Je weiter weg von ihrem Entstehungsort diese Böden abgelagert wurden, desto mehr sind ihre Eigenschaften von denen des ursprünglichen Bodens verschieden. Zum Vergleich mit dem eben beschriebenen Profil 23 von Kandanos sei die Beschreibung von zwei anderen Profilen beigelegt, die zum Umlagerungstyp gehören. Dies sind: Profil 48, das beim Dorfe Perivoli in der Umgebung von Chania genommen wurde und von deluvialer Herkunft ist, und 39, ein alter Alluvialboden aus der Kastellidoline.

Profil 48 ist ein Kulturboden. Der oberste Horizont ist etwas heller, aber nicht grau, wie der Hor. I (A) des Profils 23. Der Boden ist eine homogene Anschwemmung mit Kreuzschichtung, welche für deluviale Ablagerungen charakteristisch ist. Er hat große Mächtigkeit und keine bunten Horizonte wie die roten in situ entstandenen Böden.

Die Horizonte unterscheiden sich fast nur in ihrer mechanischen Zusammensetzung und ihrer Dichte. Mehr oder weniger klar hebt sich nur die oberste, kultivierte Schicht ab. Tab. 26 zeigt, daß dieses Profil bezüglich des Gehalts an austauschbaren Kationen dem Profil 23 nahe kommt. Dies ist begreiflich, da es am Fuße des Berges oben auf der Höhe einer alten Terrasse liegt und das Material, aus dem es besteht, durch Erosion nur wenig verändert war. Bemerkenswert ist nur das Zurückbleiben der Humus- und Stickstoffmenge im Vergleich zu Profil 23. Tab. 25 mit den Ergebnissen des 5proz. KOH-Auszuges erinnert sehr an die Zahlen für Profil 23, nur ist im ersten Horizont die ausgezogene Al_2O_3 -Menge beinahe dreimal kleiner als im entsprechenden Horizont des Profils 23. Auch ist bei Vereinigung von SiO_2 und Al_2O_3 zu Kaolin der übrigbleibende Al_2O_3 -Rest bedeutend kleiner, wohl eine Folge der Erosion. Im allgemeinen aber sind diese beiden Profile ihren Eigenschaften nach sehr nahe verwandt.

Die stärker erodierten Böden zeigen auch viel größere Veränderungen, wie z. B. die durch das Profil 39 vertretenen Roterden in der Umgebung von Chania und in den Dolinen von Kastelli und Messara.

In den Dolinen von Kastelli und Messara liegen die alten alluvialen Schichten bedeutend höher als die trockenen durch Erosion noch im Entstehen begriffenen Flußbetten. Oft bilden diese Ablagerungen Akkumulationsterrassen, die über dem heutigen Tal liegen und von tiefen, steilen Schluchten durchschnitten sind, die in den Haupttalweg münden. An den Anschnitten in diesen Schluchten sieht man, daß die alluvialen Ablagerungen bedeutende Mächtigkeit haben, oft bis zu einigen Metern. Sie sind deutlich geschichtet. Oft sieht man Einlagerungen von kantengerundetem Geröll, das seiner petrographischen Zusammensetzung nach zu den Schiefen gehört. Meistens ist dieses Geröll rot gefärbt. Diese mosaikartig wechselnden Ablagerungen werden zuweilen von karbonathaltigen, umgelagerten Roterden unterbrochen. Dieser Komplex erscheint in den Orten, überall wo Kalkgesteine neben den Schiefen auftreten. Die Hauptmasse der alten alluvialen Ablagerungen ist rot und zeigt, besonders in Zapfen und Zungen in Spalten den Farbton von geronnenem Blut. Diese Farbtöne erinnern stark an die der Böden des Laterittypus, wie wir sie in der Sammlung Agafonoff sehen konnten. Es mag darauf hingewiesen werden, daß die Schichten dieser Ablagerungen zuweilen stark einfallen (Taf. 9, Abb. 17). Dies beweist, daß sie nach ihrer Entstehung verlagert worden sind. Diese Tatsachen sind nur eine weitere Bestätigung für das hohe Alter der alluvialen Ablagerungen, die gegenwärtig als Erosionsreste in den hochgelegenen Teilen der heutigen Dolinen vorhanden sind.

Solch einem Rest ist das Profil 39 entnommen. Die Fläche, auf der es genommen wurde, ist von Kultur nicht beeinflusst worden.

Beschreibung des Profils 39

Hor. I. 0—7 cm. Rotbraun, kompakt, geschichtet. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. II. 7—21 cm. Sehr fest, porös, rotbraun mit einzelnen dunkleren kleinen Flecken. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. III. 21—39 cm. Rotbraune Zwischenschicht, sehr fest, enthält kantengerundeten Schutt. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. IV. 39—85 cm. Zwischenschicht aus grobem, kantengerundetem Geröll, vermengt mit feiner Erde, von der Farbe geronnenen Blutes; diese Zwischenschicht ist sehr fest, einzelne Nester und Schichten von feiner Erde haben glänzenden Bruch. Schäumt nicht mit HCl.

Unter dem Horizont IV kommt eine Folge von Schichten groben und feineren Gerölles, vermengt mit der Feinerde des Horizontes IV. Aus der Beschreibung ist zu ersehen, daß dieser Boden aus mehreren angeschwemmten Schichten mit schwach entwickeltem Humushorizont an der Oberfläche besteht. Bei der mikroskopischen Analyse erkennt man eine bedeutende Menge grober, kantengerundeter vielfach roter Quarzbruchstücke.

Chemische Charakteristik

Tabelle 27, die die Ergebnisse der Bauschanalyse des Profils 39 enthält, zeigt folgendes:

1. Vorhandensein einer bedeutenden SiO_2 -Menge in allen Horizonten. Diese ist mehr oder weniger regelmäßig über die ersten drei Horizonte verteilt und nimmt im vierten plötzlich ab.

Tabelle 27.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen			
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
39	Kastelli	I	0—7	1.12	3.16	—	80.30	10.18
		II	7—21	1.85	3.75	—	75.84	13.75
		III	21—36	1.38	3.49	—	76.34	13.50
		IV	36—85	2.80	4.78	—	67.54	19.14

Bausch
trockene

Fe₂O₃

3.67
3.95
3.95
4.93

2. Tendenz zum Größerwerden der R₂O₃-Menge mit der Tiefe.
3. Keine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung von SiO₂ und R₂O₃ in den verschiedenen Horizonten, was durch das $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ - und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ -Verhältnis bestätigt wird.

Tabelle 25, die die Ergebnisse des Auszuges mit 5proz. KOH enthält, weist auf die uneinheitlichen Eigenschaften der Feinerde der drei angeführten Roterdeprofile hin. Wir sehen, daß in den erodierten Profilen die SiO₂-Menge größer als in den in ungestörter Lagerung entstandenen ist. Dies zeigt sich am $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ -Verhältnis (s. Tab. 25). Auf diese Tatsache weist auch der Vergleich der Ergebnisse der Bauschanalysen hin (s. Tab. 23 und 27). Im letzteren Fall muß die große SiO₂-Menge in den erodierten Böden dem Quarz zugeschrieben werden.

Tabelle 26 zeigt: Abnahme des Gehalts an austauschbaren Basen und des Humus- und Stickstoffgehalts im Profil 39 im Vergleich zu den ersten zwei Profilen.

Bei Erosion der aus karbonatfreien Gesteinen entstandenen Roterden vergrößert sich also die absolute SiO₂-Menge, hauptsächlich auf Kosten von Quarz und verringert sich die absolute R₂O₃-Menge, so daß der Boden sich seiner Zusammensetzung nach dem unverwitterten Muttergestein nähert. Es nimmt das Austauschvermögen ab und die Humusmenge wird kleiner.

Die nächste Serie ist die der graubraunen und rötlich-grauen, basenungesättigten Böden. Hierzu werden gerechnet: a) steinige Verwitterungs- und Erosionsprodukte der Schiefer und b) ausgelaugte Böden der Karstdolinen.

a) Steinige Verwitterungs- und Erosionsprodukte der Schiefer (auf der Karte:8)

Außer den Roterden gibt es im Gebiet der Schiefer auch fast immer steinige braune Böden. Während die Roterden in den Tälern auf Terrassen oder auf den oberen Teilen der flachen Hänge liegen, findet man die steinigen braunen Böden auf den Steilhängen. Sie füllen den Raum zwischen den Stützwänden der künstlichen Terrassen aus, die die Oberfläche gegen Erosion schützen. Im allgemeinen findet man sie

ü
n
E
fi
in
z
b
r
s
E
E
e
g
k

S
a
s

F
k

S

n
d
r
E
S
a

Bauschanalyse

elle 27.
kommen

Al ₂ O ₃	trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
10.18	3.67	0.58	0.92	82.90	10.51	3.79	0.59	0.95	13.40	10.15
13.75	3.95	0.48	1.11	78.79	14.29	4.10	0.49	1.15	9.37	7.15
13.50	3.95	0.44	1.03	79.11	13.93	4.09	0.45	1.07	9.65	8.13
19.14	4.93	0.37	0.61	70.94	20.10	5.17	0.38	0.64	5.99	5.15

überall, wo die Wirkung der Abspülung und die Schwerkraft sich geltend machen, die grobes Deluvium, Proluvium oder Aufschüttungen schaffen. Es wurde schon bei Beschreibung der Lagerungsbedingungen des Profils 23 festgestellt, daß der rötlich-braune oder rötlich-graue Horizont in den negativen Stellen des Reliefs brauner wird und an Mächtigkeit zunimmt, d. h. daß er ein Ablagerungsprodukt ist. Ablagerungsvorgänge begleiten auch die Bildung der braunen Böden. Sie verdecken oft die rötlichen oder roten alten Verwitterungsprodukte der Schiefer, die auf steilen Hängen noch erhalten blieben. Es ist uns nicht gelungen, solche Böden in ebenem Gelände zu finden, so daß wir sie nicht als „zonale“ Bodenbildung ansprechen können. Das beste unserer Profile wurde auf einem terrassenartigen steilen Hang bei dem Dorfe Amygdalokefali genommen, in dessen Umgebung außer künstlichen Terrassen auch kleine natürliche Stufenbildungen auftreten.

Auf einer von diesen Stufen wurde auch das Profil 29 genommen. Auf dieser Stufe hat sich der Boden aber nicht in situ gebildet, denn sie ist der Flächenerosion ausgesetzt, bei der nur mehr oder weniger grobkörniges Material, d. h. grobes, steiniges Deluvium, angehäuft wird.

Beschreibung des Profils 29

Hor. I. 0—15 cm. Braun, kompakt, strukturlos, mit scharfkantigem Schotter. Kein Aufschäumen mit HCl.

Hor. II. 15—60 cm. Hellbraun, sehr kompakt, geschichtet; enthält scharfkantigen Schotter. Kein Aufschäumen mit HCl.

Hor. III. 60—80 cm. Hellbraun, mit einem schwachen Stich ins Rötliche. Strukturlos. Größere Schottermenge. Kein Aufschäumen mit HCl.

Hor. IV. 80—150 cm. Hellrot, strukturlos, kompakt. Starke Schotterbeimischung. Kein Aufschäumen mit HCl.

Aus der Beschreibung des Profils ist zu ersehen, daß ein grobes, sehr schwach differenziertes Deluvium mit aufgeschüttetem Material vorliegt, das die alten roten Verwitterungsprodukte überdeckt. Dieselbe Tatsache ist von Antipov-Karatajev und Prassolov (3) für die Böden der Krim festgestellt worden. Sie sind der Ansicht, daß die rötliche unterste Schicht nicht als Illuvialhorizont angesehen werden kann (B). Die Bergwälder sind in der Gegend, in der das Profil

Tabelle 28.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105°	In Prozenten des vollkommen			
					Glüh- verlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
29	Amygdalo- kefali	I	0—15	1.02	4.80	—	77.56	12.11
		II	15—60	1.09	4.07	—	77.50	12.54
		III	60—80	0.94	3.37	—	78.12	13.00
		IV	80—150	1.85	5.65	—	68.74	18.78

genommen wurde, überall vernichtet, was eine starke Denudation der Verwitterungsprodukte im Augenblick ihrer Entstehung bedingt. Demnach stellen die beschriebenen braunen Böden eine der jüngsten Bildungen dar. Sie haben alle schwach-saure Reaktion.

Chemische Charakteristik

Die Ergebnisse der Bauschanalyse, die in der Tabelle 28 gegeben sind, zeigen folgendes:

1. Bedeutender SiO₂-Gehalt des Bodens. Die SiO₂-Menge ist für angeschwemmte Schichten auffallend gleichmäßig. Im älteren Horizont IV nimmt er sprunghaft ab. Die R₂O₃-Menge, wie sie sich aus dem Verhältnis Al₂O₃ und R₂O₃ ergibt, wird in den obersten angeschwemmten Horizonten kleiner.
2. Die CaO-Menge ist überall ziemlich gleich, aber der Gehalt an Mg wird im Horizont IV bedeutend größer.

Die Bauschanalyse unterstreicht also das Fehlen einer genetischen Verbindung zwischen den drei ersten und der vierten Schicht. Dasselbe beweisen die Ergebnisse des Auszuges mit 5proz. KOH (Tab. 29). SiO₂ und Al₂O₃ scheinen in diesem letzten Horizont viel beweglicher zu sein.

Tabelle 29
Auszug mit 5prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂		Überschuß		SiO ₂	
				Al ₂ O ₃	2 SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
				%	%	%	%	%	%
29	Amygdalo- kefali	I	0—15	0.096	0.308	0.177	—	0.149	0.26
		II	15—60	0.482	0.540	0.889	—	0.132	0.75
		III	60—80	0.532	0.472	0.997	—	0.022	0.95
		IV	80—150	1.412	1.548	2.613	—	0.346	0.77

Tabelle 30 weist auf den geringen Gehalt an austauschbaren Basen und auf das Fehlen von austauschbarem H hin. Die Humusmenge ändert sich wenig bis zu 60 cm Tiefe. Dann aber nimmt sie stark ab. Die Hauptstickstoffmenge

le 28.

Bauschanalyse

kommen Al ₂ O ₃	trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					SiO ₂	SiO ₂
	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃
2.11	3.28	0.28	0.67	81.47	12.72	3.44	0.29	0.70	10.9	9.3
2.54	3.22	0.35	0.68	80.78	13.07	3.36	0.36	0.71	10.5	9.0
3.00	2.85	0.34	0.88	80.85	13.45	2.95	0.35	0.91	10.2	9.0
8.78	4.78	0.30	1.05	72.88	19.91	5.06	0.31	1.11	6.2	5.3

konzentriert sich in der ersten Schicht. Die für die Böden des Mittelmeergebietes^s (mit Ausnahme der Rendzinaböden) ungewöhnliche Mächtigkeit der Humusschicht beweist auch das Fehlen einer genetischen Verbindung zwischen den einzelnen Schichten und bestätigt die mechanische Anreicherung der organischen Stoffe im Bodenprofil. Die Bauschanalyse und die des Auszuges mit 5proz. KOH zeigen die geringe Entwicklung des Verwitterungsprozesses. Die Produkte dieser Verwitterung nähern sich in ihrer chemischen Zusammensetzung der des ursprünglichen Muttergesteins.

Eine Ausnahme macht nur der Horizont IV, der älterer Herkunft ist.

Den beschriebenen ähnliche Anreicherungserscheinungen wurden vom Verfasser (Novák et Zvorykin [15]) in der Tschechoslowakei beobachtet. Auf den Steilhängen der Terrassen, die mit skelettartigen Eluvialbildungen bedeckt sind, hat sich dort ein mächtiger weißlicher Podsolhorizont gebildet, der unmittelbar ohne Illuvialschicht ins Muttergestein herübergeht.

Aus dem Dargelegten ist zu ersehen, daß die beschriebenen Bildungen orolithischen Charakter haben, und es sehr schwer ist, sie in Beziehung zu irgendeinem genetischen Bodentyp zu setzen, sei es auch nur mit dem Waldgebirgsboden, den Antipov-Karatajev und Prasolov (3) beschreiben. In bezug auf diese Böden kann man schon eher mit del Villar (4) z. B. mit seinen Ansichten über die Entstehung der Podsolböden in Spanien einverstanden sein, die er als orolithische Bildungen ansieht.

Tabelle 30
Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	H	Summe	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%
29	Amygdalokefali	I	0—15	7.70	3.08	0.52	—	11.30	—	1.59	0.12
		II	15—60	6.90	4.58	0.36	—	11.84	—	1.32	0.03
		III	60—80	5.35	4.33	0.43	—	10.11	—	0.54	0.02
		IV	80—150	4.60	5.66	0.42	—	11.68	—	0.41	0.02

e) Ausgelaugte Böden der Karstdolinen (auf der Karte:10)

Wir haben schon allgemein den Charakter der Ablagerungen, die die großen Karstdolinen der Insel Kreta bedecken, beschrieben. Es sei nun eine Beschreibung der dort auftretenden Böden gegeben und versucht, ihre Entstehung zu erklären.

Zu diesem Zweck wurden Profile aus den Dolinen Lassithi (682 m), Omalos (1120 m) und Nida (1600 m), also in verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel und bei verschiedenem Relief untersucht. In der Lassithidoline konnten wir leider nur Proben von kultiviertem Boden nehmen, für die Omalos- und Nidadolinen wurden aber Profile gefunden, die nicht von Kultur berührt worden sind.

Das Profil 45 aus der Lassithidoline ist in der Mitte der Doline in die Nähe des Ortes Hermianu genommen worden. Grabenerosion ist deutlich ausgebildet und hat zur Bildung von flachen (80 cm) und schmalen (1,5—2 m) Gräben mit steilen Rändern geführt. Auf diesem Boden werden Kartoffeln gebaut.

Beschreibung des Profils

Hor. I. 0—15 cm. Bearbeitete Schicht, graubraun, porös, geschichtet, leicht zerfallend. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. II. 15—60 cm. Kompakte, graubraune, stark poröse Schicht klumpige Struktur. Schäumt nicht mit HCl. Das Profil stellt eine ausgelaugte Zusammenschwemmung dar. Es enthält keine Spur von Kalk, obwohl es in einer Doline liegt, die auf allen Seiten von harten Kalken mit Flecken von Roterde umgeben ist. Die Reaktion beider Horizonte ist fast neutral.

Profil 32 aus der Omalosdoline

Es wurde im nördlichen oberen Teil der Doline genommen. Dieser wird von anlehmig-sandigen Vorschüttungskegeln gebildet, die der Flächenerosion ihre Entstehung verdanken und die Gestalt von breiten, flachen, zur Dolinenmitte gerichteten Rücken haben. Nach der Mitte hin nimmt der Schwemmboden eine mehr tonige Beschaffenheit an. Die tieferen Teile der Doline sind z. T. schwach sumpfig. Die Ausbildung der Ablagerungen in dem Teile, aus dem das Profil stammt, deutet darauf hin, daß wir es mit einer Eluvialbildung zu tun haben, die unter der Wirkung von Erosion an lehmigen Bestandteilen verarmt ist. Die mikroskopische Analyse bestätigt diese Annahmen und zeigt, daß der Schwemmboden hauptsächlich aus großen, scharfkantigen, farblosen oder rötlichen Quarzbruchstücken besteht.

Beschreibung des Profils 32

Hor. I. 0—13 cm. Gelbgrau, strukturlos. Zerfällt leicht, sandig. Infolge der Flächenerosion bedeckt der Rasen nicht ganz die Bodenoberfläche. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. II. 13—35 cm. Etwas gelber als der erste Horizont, noch weniger bindig, leicht, anlehmiger Sand. Vollkommen strukturlos. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. III. 35—80 cm. Gelblich, mit feinem Quarzkießbruchstücken, bedeutend bindiger als der vorige Horizont. Zerfällt in große, klumpige Bruchstücke, die an den Kanten dunkelbraune Häutchen haben. Schäumt nicht mit HCl.

In den in der Nähe vorhandenen Anschnitten erstreckt sich dieser (III.) Horizont in einheitlicher Zusammensetzung bis zu einer Tiefe von 150 cm. Das Profil ist auffallend wenig differenziert. Die einzelnen Horizonte unterscheiden sich sehr wenig voneinander. Mehr oder weniger zeichnet sich nur der dritte Horizont durch die Häutchen aus.

Also haben wir einen ausgewaschenen Boden vor uns, der kein CaCO_3 enthält und durch die stark entwickelte Flächenerosion einen bedeutenden Teil seines Tonanteils verloren hat.

Das Profil 38 wurde im Zentrum der Nidadoline, in ganz flachem, erosionsfreiem Relief genommen. Der Boden ist nicht bearbeitet und wird ausschließlich als Weide genutzt. Er ist dicht mit Rasen bewachsen, was ihm den Charakter eines Wiesenbodens gibt. Dabei ist zu bemerken, daß das Gras selbst bei weitem nicht den üppigen Stand hat, den man gewöhnlich mit dem Begriff der Bergwiesen in den Alpen oder im Kaukasus verbindet. Das stark ausgearbeitete Relief des Tales stellt heute das Ergebnis normaler Erosion dar. Die Oberflächengewässer werden von einem Ponor, d. h. von einem Karsttrichter abgeführt, so daß keine Wasserstauung oder Versumpfung auftritt.

Beschreibung des Profils 38

Hor. I. 0—5 cm. Kompakte, braungraue Wurzelschicht. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. II. 5—13 cm. Grauer Humushorizont mit einem Stich ins Bräunliche. Schwach entwickelte Schichtstruktur, locker und leicht. Stark durchwurzelt. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. III. 13—33 cm. Hellgrau, strukturlos, locker, bröcklig, mit feinem Kies. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. IV. 38—61 cm. Bräunlichgrau mit einem leichten Stich ins Ockerfarbene, porös, bröcklig, mit feinem Kies. Schäumt nicht mit HCl.

Hor. V. 61—85 cm. Grau mit einem Stich ins Ockerfarbene, etwas verdichtet, strukturlos, mit starker Beimischung von feinem Kies. Schäumt nicht mit HCl.

Der Boden hat Schichtstruktur, wie sie für deluvial-alluvialen Ablagerungen charakteristisch ist. Das Vorhandensein von Kies vervollständigt das Bild einer Ablagerung. Die einzelnen genetischen Horizonte sind sehr schwach differenziert, nur die durch Humus gefärbten ersten drei sind ziemlich deutlich zu erkennen, im allgemeinen aber ist das Profil sehr gleichförmig. Es unterscheidet sich von Profil 32, aus der Omalosdoline durch seinen eher akkumulativen als eluvialen (erodierten) Charakter. Es handelt sich hier um einen stark ausgelaugten Wiesenboden, der unter Karstbedingungen entstanden ist, die eine schnelle Auslaugung bedingen. Dadurch unterscheidet er sich von den in der Umgebung verbreiteten Rendzinaböden oder von den Roterden auf Kalk der Karstregion. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Böden der Lasithi- und Nidadoline ohne Beeinflussung durch periodische Stauung von Grundwasser gebildet wurden. Spuren solcher Stauung sind aber im Profil von Omalos, in den dunkelbraunen Häutchen des untersten Horizontes deutlich zu erkennen. Auf diese Möglichkeit weist auch der Stand des Grundwassers hin, das dicht (2—4 m) unter der Oberfläche liegt, und dessen einziger Sammelbehälter in diesem Gebiet die Omalosdoline ist. Das Versumpfen ihres tiefsten Teiles bestätigt diese Vermutung. Die Lasthfi- und Nidadoline sind auch reich an Grundwasser, zeigen aber keine Versumpfung.

Chemische Charakteristik

Alle Böden sind basenungesättigt und haben saure Reaktion (pH — 6,9 bei dem Profil aus Lasithi, und 6,7 bis 5,8 bei dem aus Omalos und Nida). Dabei wächst die Azidität mit der Tiefe, wie bei den karbonatfreien Roterden. Das Profil aus der Lasithidoline (Tab. 31), die am tiefsten liegt und infolgedessen am wenigsten

Tabelle 31
Austauschbare Basen, CO₂, Humus und N

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	Ca	Mg	Na+K	H	Summe	H in % d. Summe	CO ₂	Humus	N
				m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	m.e.	%	%	%	
45	Lasithi	I	0—15	12.85	5.91	0.22	—	18.98	—	—	0.91	0.09
		II	15—60	14.65	9.81	0.21	—	24.67	—	—	1.15	Spuren
32	Omalos	I	0—13	2.75	3.41	0.22	0.28	6.66	4.2	—	1.94	0.23
		II	13—35	3.40	3.33	0.17	0.22	6.95	2.4	—	1.54	0.15
		III	35—90	4.30	3.33	0.13	0.11	7.87	1.6	—	0.93	0.10
38	Nida	I	0—5	8.20	4.50	0.36	0.08	13.14	0.6	—	2.21	0.27
		II	5—13	6.60	4.41	0.17	0.14	11.32	1.2	—	1.97	0.25
		III	13—38	6.60	4.50	0.17	0.12	11.39	1.0	—	1.52	0.11
		IV	38—61	5.00	3.75	0.21	0.17	9.13	1.8	—	1.11	0.11
		V	61—85	4.30	3.16	0.21	0.06	7.73	0.8	—	1.34	0.13

Niederschläge bekommt, hat, wie zu erwarten war, den größten Gehalt an austauschbaren Basen. Unter den austauschbaren Basen dieses Profils nimmt Ca den ersten Platz ein, obwohl auch die Mg-Menge verhältnismäßig groß ist. Austauschbarer H fehlt. Interessant ist, daß in der zweiten Schicht des Bodens von Lasithi die Humusmenge und die der austauschbaren Basen größer ist als in der ersten. Das Profil 32 aus der Omalosdoline besitzt die kleinste Menge an austauschbaren Kationen und Profil 38 aus der Nidadoline steht zwischen beiden. Dies läßt sich dadurch erklären, daß es sich in der Nidadoline um eine Art Wiesensboden handelt, viel ausgesprochener als in der Omalosdoline, die keine zusammenhängende Rasendecke hat. Tjurin (24) stellt fest, daß die Wiesenvegetation die Austauschazidität des Bodens bedeutend vermindert und seinen Gehalt an austauschbaren Basen erhöht. Zwar haben wir hier keine so großen Unterschiede, wie sie Tjurin feststellte, als er Böden mit scharf differenzierten Vegetationsgruppen untersuchte, aber auch in unserem Fall macht sich der Unterschied genügend bemerkbar.

Die Profile 32 und 38 zeichnen sich durch das Vorhandensein von verhältnismäßig sehr großen Mengen an austauschbarem Mg aus, das ungefähr in derselben Menge wie Ca vorliegt. Dies ist ein Beweis für den tiefgehenden Zerfall der Alumosilikate des Bodens, wovon schon früher gesprochen wurde. Die größte Humusmenge ist in den oberen Horizonten enthalten. Sie nimmt nicht plötzlich und sprunghaft wie in den Podsolböden oder in den karbonatfreien Roterden der Gebirgswälder sondern sehr allmählich mit der Tiefe ab.

Tabelle 32, die die Ergebnisse des Auszuges mit 5proz. KOH enthält, beweist, daß sowohl SiO₂ wie Al₂O₃ die größte Stabilität im Profil 45 aus der Lassithidoline zeigen. Eine bedeutende Menge SiO₂ wird aus den Profilen 32 und 38 gelöst, wobei hervorgehoben werden muß, daß diese in allen Horizonten ziemlich gleich bleibt. Al₂O₃ wird in ziemlich großer Menge gelöst und es ist überall nach Vereinigung mit SiO₂ zu Kaolin im Überschuß vorhanden. Die Al₂O₃-Menge ist in dem Profil sehr gleichmäßig. Dies erweist die Gleichförmigkeit des mineralischen Aufbaues der verschiedenen Horizonte der Böden. Angesichts des hohen Interesses, das die Böden der Karstdolinen haben, wurde eine chemische Analyse der Profile 32 und 38 durchgeführt, wobei für das zweite auch die Fraktion < 2 μ analysiert worden ist. Die Ergebnisse sind für die Feinböden in Tab. 33 und für die Fraktion < 2 μ in Tab. 34 dargestellt. Die Betrachtung der Zahlen in Tab. 33 zeigt folgendes:

Tabelle 32. Auszug mit 5prozentigem KOH

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	2 SiO ₂ · Al ₂ O ₃	Überschuß		SiO ₂ Al ₂ O ₃
				%	%	%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	%
45	Lassithi	I	0—15	0.340	0.270	0.587	0.220	—	2.1
		II	15—60	0.534	0.596	1.010	—	0.130	1.5
32	Omalos	I	0—13	0.828	0.876	1.532	—	0.171	1.6
		II	13—35	0.828	1.116	1.532	—	0.412	1.26
		III	35—90	0.836	1.164	1.546	—	0.556	1.2
38	Nida	I	0—5	0.748	1.964	1.419	—	1.329	0.6
		II	5—13	0.736	1.244	1.351	—	0.612	0.9
		III	13—38	0.560	0.996	1.036	—	0.520	0.9
		IV	38—61	0.684	1.168	1.266	—	0.584	1.0
		V	61—85	0.708	1.072	1.309	—	0.471	1.1

1. Es herrscht eine außerordentliche Gleichförmigkeit der chemischen Zusammensetzung der beiden Profile in sämtlichen Horizonten. Unterschiede finden wir nur bei MgO und CaO, die sich meistens in den oberen Horizonten anreichern, möglicherweise durch biologische Vorgänge. Es ist auch eine Anreicherung von Fe₂O₃ im obersten Horizont des Profils 32 festzustellen. Dies wird möglicherweise durch die ständige Erosion der Ränder der Omalosdoline bedingt, die einen Saum von Roterde besitzt. Die spezifisch schweren Fe-reichen Teilchen werden von den Oberflächenwässern von hier nicht ganz weggespült, während die leichteren anderer Zusammensetzung nach den negativen Teilen des Reliefs gespült werden. Auf diese Erscheinung im Verbreitungsgebiet roter Böden wurde schon von Glinka (7) hingewiesen.
2. Bemerkenswert ist der große Unterschied in der SiO₂-Menge in den Profilen 32 und 38. Der viel größere SiO₂-Gehalt im ersteren läßt sich durch das Vorhandensein von großen Quarzbruchstücken erklären, die infolge ihrer Größe bei der Flächenerosion an Ort und Stelle bleiben.

Tabelle 33.

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen				Fe ₂ O ₃
					Glühverlust	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
32	Omalos	I	0—13	2.48	6.11	—	81.85	6.00	3.25
		II	13—35	2.13	3.59	—	85.29	6.29	2.09
		III	35—90	1.92	2.94	—	84.65	6.93	2.36
38	Nida	I	0—5	6.21	8.21	—	63.40	18.36	4.74
		II	5—13	3.79	8.58	—	62.42	19.02	4.62
		III	13—38	2.88	5.94	—	63.48	20.84	4.94
		IV	38—61	2.79	5.10	—	65.82	19.35	4.94
		V	61—85	2.90	6.00	—	64.70	19.66	4.94

Durch die Anreicherung des Quarzes in Profil 32 verkleinert sich die R₂O₃-Menge, was sich besonders beim Al₂O₃ zeigt. Dies ergibt sich aus den Verhältnissen $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$. Auch das Profil 38 enthält nach der mikroskopischen Analyse eine gewisse Menge Quarz, aber in stark zerkleinertem Zustand. Der Gehalt an großen Quarzstücken ist im Vergleich zu Profil 32 ganz unbedeutend. Dieser Unterschied ist eine Folge davon, daß Profil 38 in viel ruhigerem Relief gelegen ist, das die Anhäufung von feinerem Material begünstigen. Die Tatsachen veranschaulichen nochmals die Änderungen, die die Erosion nicht nur in den mechanischen, sondern auch in den chemischen Eigenschaften des Bodens hervorruft. Die Erosion fördert den Abtrag der aktiven Bodenteile und begünstigt die Anreicherung von passiven, vor allem von Quarzkörnern.

Tab. 34 zeigt folgendes:

1. Die Gleichförmigkeit der chemischen Zusammensetzung der Fraktion < 2 μ aus verschiedenen Horizonten beweist, daß der Bodenbildungsvorgang in der gesamten Mächtigkeit des Profils gleichmäßig verlaufen ist.
2. Es ist eine bedeutende Zunahme des Gehalts an MgO festzustellen, das hauptsächlich in der Fraktion < 2 μ angereichert ist.
3. Bemerkenswert ist, daß im Vergleich zum ganzen Boden der SiO₂-Gehalt der Fraktion < 2 μ in allen Horizonten ständig abnimmt, während der

Tabelle 34. Bauschanalyse

Profil Nr.	Ort	Hor.	cm	H ₂ O 105° %	In Prozenten des vollkommen				CaO
					Glühverlust	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
38	Nida	II	5—13	4.98	19.92	40.01	26.18	6.50	0.99
		III	13—38	4.93	15.55	42.92	28.40	6.35	0.87
		IV	38—61	4.17	12.93	43.31	29.21	6.66	0.60
		V	61—58	4.64	15.16	43.07	23.56	8.20	0.59

Bauschanalyse

trockenen Bodens			In Prozenten des mineralischen Bodenanteils					$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	
Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO			
3.00	3.25	0.66	0.98	87.58	6.39	3.46	0.71	1.05	23.3	15.4
3.29	2.09	0.47	0.67	88.39	6.52	2.17	0.49	0.69	22.5	18.6
3.93	2.36	0.85	0.64	87.22	7.13	2.43	0.87	0.66	20.7	17.1
3.36	4.74	0.71	3.26	69.05	20.01	5.16	0.77	3.55	5.8	5.0
0.02	4.62	0.78	3.40	68.28	20.81	5.05	0.85	3.71	5.6	4.8
0.84	4.94	0.41	1.51	67.47	22.15	5.25	0.43	1.61	5.2	4.5
0.35	4.94	0.51	3.16	69.34	20.39	5.20	0.54	3.33	5.8	4.9
0.66	4.94	0.55	1.25	68.85	20.90	5.25	0.58	1.33	5.6	4.8

R₂O₃-Gehalt steigt. Dies zeigt, daß der Boden bei Verwitterung immer mehr allitischen Charakter annimmt. Hier sind die Verhältnisse $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ und $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$ im Vergleich zu den in Tab. 33 angegebenen bedeutend kleiner.

Die Untersuchung der Böden in den hohen Karstdolinen lassen die Folgerung zu, daß diese zur Gruppe der Bergwiesenböden gehören, die basenungesättigt und in ihrem ganzen, schwach differenzierten Profil ausgelaugt sind. Dort, wo ein Einfluß von Erosion und Menschentätigkeit nicht festzustellen ist, ist der Typencharakter deutlich ausgeprägt. Die Ausbildung dieser Böden ist durch ihre Bildung im Gebiet der Karstdolinen bedingt, die im Winter bedeutende Schneemengen aufnehmen und überhaupt Wassersammelbehälter der Oberflächenwässer eines bedeutenden Gebietes darstellen. Es darf auch nicht vergessen werden, daß die jährliche Niederschlagsmenge das Gebiet der Omalos- und der Nidadoline 1000 mm übersteigt, so daß die Wassermengen, welche diesen Dolinen zufließen, sehr groß sind. Diese Gewässer

der Fraktion < 2 μ

trockenen Bodens		In Prozenten des mineralischen Bodenanteils						
CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
0.99	4.02	49.97	32.32	8.02	1.22	4.96	2.6	2.2
0.87	3.91	50.71	33.62	7.52	1.03	4.62	2.5	2.2
0.60	4.66	49.74	33.37	7.65	0.69	5.35	2.5	2.2
0.59	4.07	50.77	31.86	9.66	0.69	4.79	2.7	2.2

fließen teilweise in die Ponore ab, teils versickern sie durch den Boden, der von ziemlich leichter Beschaffenheit ist.

Wir sehen also, daß die Anschwemmung, die den Boden der Dolinen bedeckt, sich in einem riesigen Trichter befindet und periodisch von Wasser durchspült wird. Dies hat die Lösung und Fortführung der Basen sowie die Zerstörung des Alumosilikatanteils des Bodens zur Folge und führt zur Bildung von Verwitterungsprodukten, die auf der Grenze zu den allitischen Sialliten stehen. Es entstehen unter den gegebenen Bedingungen keine roten Böden, sondern solche von graugelber, brauner und braungelber Farbe (Omaios).

Allgemeine Folgerungen

Einer der wichtigsten Faktoren der Bodenbildung auf der Insel Kreta sind die orographischen Sonderheiten, die ein kurzes und sehr steiles Gefälle der von der Hauptachse der zentralen Bergkette zum Meer abfallenden Erosionskurve bedingen. Dies hat zur Folge, daß die Erosionserscheinungen fast überall die Akkumulationserscheinungen überwiegen. Nur unter günstigen Reliefbedingungen findet eine beschränkte Akkumulation statt und das auch nur für die größeren Verwitterungsprodukte. Sowohl die homogenen wie die heterogenen Anschwemmungen haben beinahe überall eine leichte lehmig-sandige bis sandig-lehmige Beschaffenheit.

Sogar die geschlossenen Karstdolinen haben leichte Böden, da die lehmigen Teile durch die Ponore weggeschwemmt werden.

Durch Erosionserscheinungen wird vor allem der Mosaikcharakter der Bodendecke erklärt, der besonders deutlich in den Gebirgsgebieten in Erscheinung tritt. Ältere Böden wechseln hier mit jungen Bildungen oder werden von ihnen überdeckt. Dies bedeutet große Schwierigkeiten für die Kartierung der Böden und die Erforschung ihres Werdens. Eine gründliche Untersuchung der Lagerungsbedingungen der Verwitterungsprodukte und eine Untersuchung ihrer Eigenschaften im Laboratorium gibt aber einige Hinweise für ihre Bildung. Zuerst mögen die Verwitterungsprodukte der Gesteine der ältesten geologischen Formationen betrachtet werden.

Die Region der Talkschiefer

Betrachten wir die Entstehungsgeschichte der roten Verwitterungsprodukte der Talkschiefer, so sind folgende Tatsachen festzustellen: Die roten verwitterten Schichten liegen fast überall zwischen grauen, die der heute wenig tiefgehenden Verwitterung ausgesetzt sind und dabei graue, graubraune und gelblichbraune Produkte bilden. Wir

sehen auch, daß die roten Schichten fast überall ein bedeutendes Gefälle haben. Wir halten sie für verlagerte Schichten, die sich früher an der Oberfläche befanden und der Verwitterung noch vor der Entstehung der gegenwärtigen stratigraphischen Bedingungen ausgesetzt waren. Diese Annahme wird auch durch die Tatsache bestätigt, daß die Akkumulationsformen der roten Verwitterungsprodukte, die man z. B. im Amphitheater bei Kandanos beobachten kann, noch vor der Zeit abgelagert wurden als der Durchbruch von Vlithinis entstand, das ihm einen Ausgang zum Meer öffnet. Davon wurde schon früher gesprochen. Nehmen wir den siallitisch-allitischen Charakter dieser roten Verwitterungsprodukte hinzu und berücksichtigen die Hinweise von Polynov (21), wonach das Stadium der allitischen Verwitterung als spätestes Stadium zu betrachten ist, so glauben wir sagen zu dürfen, daß die roten Verwitterungsprodukte der Schiefer die ältesten sind. Sie stellen nach der Terminologie von Polynov (21) ein Orthoeluvium dar. Dieses Orthoeluvium wurde von den Oberflächenwässern von neuem umgelagert und erzeugte verschiedene Akkumulationsablagerungen. Letztere erhalten mit Entfernung vom Entstehungsort einen mehr und mehr siallitischen Charakter.

Unter den Akkumulationen ist bei den alten alluvialen Ablagerungen der siallitische Charakter am stärksten ausgesprochen, die über dem heutigen Tal liegen, oft verlagert wurden und heute der Grabenerosion ausgesetzt sind. Ihre Lagerung und Zusammensetzung beweist, daß sie bei ihrer Entstehung, die vor der Bildung des Talweges des heutigen Tales stattfand, durch das Wasser umgelagert wurden und eine dem unverwitterten Urgestein ähnliche Zusammensetzung annehmen. Die Böden, die auf diesen Ablagerungen entstanden sind, enthalten wenig Humus, sind basenungesättigt und haben einen adsorbierenden Komplex mit unveränderlichen Eigenschaften. Diese Gleichmäßigkeit weist auf ihre gleichartige Herkunft hin, die von der Erosion nicht gänzlich verschleiert sein kann; diese führt nämlich nur zu einer Anreicherung an SiO_2 , die anscheinend hauptsächlich durch Anreicherung des Quarzes bedingt ist.

Auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse können wir die in situ gelagerten Formen dieser Böden als Analoga der von Polynov (19) für das Küstengebiet des Schwarzen Meeres beschriebenen kaukasischen Roterden betrachten und sie zum Typus der Gebirgswaldböden rechnen.

An die beschriebenen Formen schließt sich unmittelbar das graubraune Deluvium und Proluvium an, das im zerschnittenen Relief abgelagert ist und das Produkt der gegenwärtigen gemeinsamen Wir-

kung von Verwitterung und Erosion der Schiefer ist. Diese Produkte werden ausschließlich in einem in Entstehung begriffenen Relief abgelagert und stehen ihrer Zusammensetzung nach dem unverwitterten Gestein viel näher als die alten, nicht erodierten Bildungen. Auch diese Produkte sind basenungesättigt, haben aber keine bestimmten morphologischen Züge und stellen meistens Denudationsbildungen orolitogener Herkunft dar. Sie bedecken zuweilen die Produkte einer älteren Verwitterung und geben der Bodendecke in der Region der Talkschiefer ein mosaikartiges Aussehen. Man kann diese Bildungen mit einiger Wahrscheinlichkeit dem rudimentären Anfangsstadium der braunen Gebirgs-Waldböden, die basenungesättigt sind, zuschreiben.

Die Region der harten, karstbildenden Kalke

Unsere Aufmerksamkeit wird hier in erster Linie auf die Verbreitung der roten Verwitterungsprodukte der Kalke gelenkt. Wir stimmen hier vollkommen mit Agafonoff (1) überein, der die Terra Rossa als Verwitterungsprodukt des Kalksteins betrachtet. Dies wird auch durch den Verwitterungsvorgang in historischer Zeit beim Marmor und beim harten, reinen Kalk bestätigt. So sieht man, daß die Marmorsäulen des Jupitertempels zu Athen ebenso wie der Hadriansbogen mit einer roten Patina bedeckt sind. Eine ähnliche rote Kruste findet man auf den Quadern von hartem, reinem Kalk der öffentlichen Gebäude, die lange Zeit von städtischen Abfällen und Abtragsprodukten begraben waren und jetzt bei Ausgrabungen wieder freigelegt werden. Interessant ist, daß unmittelbar daneben befindliche Bauten, die aus weicheren und weniger reinen Kalken gebaut sind, unter denselben Verwitterungsbedingungen keine roten, sondern andere, dunkelgraue und graubraune Verwitterungsprodukte zeigen. Letztere kann man besonders gut in Delphi beobachten. Leider liegen vorläufig noch keine genaueren Laboratoriumsuntersuchungen vor, nach denen wir uns ein klares Bild von diesen Vorgängen machen könnten. Auf Grund der erwähnten Tatsachen glauben wir aber, daß die Bildung der roten Verwitterungsprodukte bei einigen harten Kalksteinen auch gegenwärtig im Gange ist.

Wir bestreiten keinesfalls die Tatsache (Nevros and Zvorykin [13]), daß im Laufe der Zeit die Rendzinaböden mit Fortschreiten des Eluvialprozesses entsprechend im Mittelmeerklima rote und rötliche Färbungen bekommen (s. die Beschreibung des Profils 42), indem sie Humus, CaCO_3 und die absorbierten Basen verlieren und der Erosion verfallen. Wir müssen aber darauf hinweisen, daß die gegenwärtigen Verwitterungsprodukte der weicheren und wenig reinen Kalke und Mergel von Kreta keine ausgesprochen rote Färbung besitzen.

Das letztere wurde schon von Polynov (21) für die Kalke der Krim aus der Jurazeit festgestellt, wo nur die alten Verwitterungsprodukte rote Farbe haben.

Wir haben schon bemerkt, daß die typischen roten Verwitterungsprodukte der Kalke in situ nur in den Teilen des Reliefs vorhanden sind, die heute nicht merklich der Erosion ausgesetzt sind, also auf den Stufen und Plateaus des Karstes liegen. Gewöhnlich liegen diese viel höher als die jetzigen Talwege der Täler. Wahrscheinlich sind es Reste von Terrassen, die früher bei einer höheren Lage der Erosionsbasis entstanden sind.

Das Vorhandensein von alten alluvialen Ablagerungen, die höher als die heutigen Täler liegen, und das Vorhandensein einer denudierten Fastebene im Gebiet der tertiären Mergel sind Tatsachen, die diese Vermutung bestätigen. Leider ist es aus Mangel an guten hypsometrischen Karten von großem Maßstab unmöglich, die geomorphologischen Eigenheiten der Insel gründlich zu untersuchen und man muß sich auf persönliche Beobachtungen beschränken. Wegen der Lagerung des Bodens in situ im alten Relief können sich Verwitterung und Bodenbildung durch lange Zeit hindurch entwickeln. Deshalb können wir mit Polynov die rötlichen Verwitterungsprodukte der harten Kalke als Paraeluvium bezeichnen. Die Dauer, die für die Bildung einer endgültigen beständigen Form dieses Paraeluviums, das oft den allitischen Sialliten nahesteht, benötigt wird, ist verschieden. Die reifsten Formen befinden sich nach unseren Beobachtungen dort, wo der Karst am ausgesprochensten entwickelt ist, d. h. auf den Kalkschichten, die ein mehr oder weniger großes Einfallen zeigen, wodurch ein schnelles und vollkommenes Filtrieren des Niederschlagswassers zustande kommt. Dies führt zu einer vollständigen Durchspülung des Bodens. Und tatsächlich finden wir unter solchen Bedingungen Verwitterungsprodukte von ausgesprochen roter Farbe, die nur Spuren von CaCO_3 aufweisen. Diese Spuren im Boden entstehen oft aus feinen Bruchstücken nicht gänzlich verwitterten Kalkes; die Fraktion $< 2 \mu$ enthält keine solchen. Auf den Schichten, die einigermaßen horizontal liegen, sind die Verwitterungsprodukte reicher an CaCO_3 und rötlichbraun. Ähnliche Erscheinungen sind schon von Agafonoff (1) beschrieben worden. Es ergibt sich die scheinbar paradoxe Tatsache, daß die Karstgebiete, die als sehr trocken gelten, die am stärksten ausgelaugten Böden haben. Dies ist eine Folge der intensiven Auslaugung der Verwitterungsprodukte im Karst, die stärker ausgeprägt ist als in anderen Gebieten mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Dies wurde schon früher erörtert (Zvorykin [26]). Deshalb gibt das über Karbonatgestein lagernde Paraeluvium

im Karst schneller als anderswo Endstadien der Verwitterung. Die Böden unterscheiden sich von den Gebirgs-Waldroterden auf Schiefen durch einen viel größeren Gehalt an austauschbaren Kationen, völligen Mangel an austauschbarem H und neutrale, zuweilen sogar schwach alkalische Reaktion. Sie sind also basengesättigt.

Deshalb kann man sie, ihren Eigenschaften und ihrer Morphologie nach, zu den basengesättigten Gebirgs-Waldroterden rechnen.

Der Bildungsprozeß der Roterden im Karst erreicht heute dank der Wirkung des kalkigen Muttergesteins, nicht den Entwicklungsgrad, den wir auf Kreta in der Region der karbonatfreien Gesteine beobachten.

Die umgelagerten Roterden (Deluvium und Proluvium), die von den beschriebenen Verwitterungsprodukten herkommen, zeichnen sich durch die bedeutendere Menge des siallitischen Anteiles aus, wozu anscheinend wieder hauptsächlich ein größerer Quarzgehalt tritt.

Das letzte Glied in der Reihe der Böden, die sich ihrer Zusammensetzung nach den allitisch-siallitischen nähern, sind die Bildungen in den Karstdolinen, die der Auslaugung besonders stark ausgesetzt sind.

In der ganzen beschriebenen Reihe sind sie dem absoluten Alter nach die jüngsten, haben aber schon einen völligen Reifezustand erreicht und kommen den Endprodukten der Verwitterung nahe. Abarten, die einen mehr siallitischen Charakter haben, verdanken diesen, wie auch in den vorhergehenden Fällen, der Erosion. In den hochgelegenen Karstdolinen haben sie, wo sie keine Bearbeitung erfahren, den Charakter von Gebirgs-Wiesenböden, enthalten kein CaCO_3 und sind nicht mit Basen gesättigt.

Das nächste Glied in der Reihe der Böden, die sich in der Karstregion entwickeln, bilden die grauen, graubraunen und gelblichbraunen Verwitterungs- und Erosionsprodukte der Kalke. Ihre Verbreitung ist mit der Denudation des gegenwärtigen Reliefs eng verbunden und stellt das Rudimentärstadium der Bodenbildung dar. Sie entwickeln sich hauptsächlich auf weichen Kreidekalken und bestehen aus karbonatreichem, steinigem Deluvium und Proluvium. Dem Typus nach zählen sie zu den Rendzinaböden, die sich im embryonalen Anfangsstadium der Bodenbildung befinden.

Zu derselben Bodenkategorie gehören die unter den heutigen Reliefbedingungen entstehenden schuttartigen Hochgebirgs-Rendzinen. Ihr Alter und ihre Entstehung ist mit dem Alter der Wald- und Subalpinvegetation eng verbunden, da sie nur unter deren Schutz auftreten können. Wenn die Vegetation abstirbt oder durch den Menschen vernichtet wird, verfallen die Rendzinen sofort der Zerstörung

durch Erosionsprozesse und es bleibt nichts übrig als bloßgelegtes Kalkgestein. Diese Böden auf Kreta haben also nur eine vorübergehende Existenz.

Die Region der tertiären Kalke

Die reifsten Verwitterungsprodukte im Gebiet der tertiären Sedimente — hauptsächlich Mergel — sind die Humuskarbonatböden oder Rendzinen, die unter Bedingungen entstanden sind, die eine merkliche Flächenerosion ausschließen, sei es unter Vegetationsschutz (Profil von Hag. Nikolaos 43), oder bei vollkommen ebener Lagerung (Profil aus dem Hierapetratal 42). Im letzten Profil, besonders in seinem untersten Teil, haben wir rotbraune Färbung festgestellt.

Del Villar (4), Liatsikas (10) und Nevros u. Zvorykin (13) erwähnen das Vorhandensein von roten Rendzinen im Mittelmeergebiet und stellen damit die Entstehung der Roterden auch aus Rendzinen fest. Hier liegt ein Sonderfall der Verwitterung von Kalken verschiedener petrographischer Zusammensetzung vor. Den Anfang der Bildung von Roterden aus Rendzinen auf Kreta beobachten wir bei Profil 42. In Anbetracht der chemischen Eigenschaften der dunklen Rendzinen und der Art ihrer Verbreitung können wir sie als in Auslaugung befindliches, über Karbonatgestein lagerndes Neoelevium, im Übergang zum siallitischen Stadium definieren.

Es ergibt sich weiter, daß wir den durch Erosion bloßgelegten Mergel mit äußerst schwachen Anzeichen der Bodenentwicklung, wie es bei den hellen Rendzinen der Fall ist, als entsalztes Neoelevium betrachten können. Dieses ist durch die Anreicherung von austauschbarem Na in den negativen Stellen des Reliefs und in einigen jungen Alluvialablagerungen, die teilweise Erosionsprodukte der Mergel sind, gekennzeichnet.

Chlorid-Sulfat-Anreicherung tritt am Meeresstrand in sehr engen Grenzen auf.

Zum Schluß soll als Eigentümlichkeit bei den bodenbildenden Vorgängen in dem von uns erforschten Gebiet auf eine sehr geringe Anreicherung von Fe_2O_3 in den obersten Horizonten der in situ lagernden Böden hingewiesen werden.

Summary

In the introduction the authors give a general description of the geographical, geological, and climatic conditions of the isle.

The most important factor in soil formation on the Isle of Crete is the form of the surface. The steepness of slope of the central mountain

range causes a short abrupt erosion curve which ends nearly at the sea level. Therefore eroded and skeletal or truncated soils are widely spread over the whole area of the isle. The following regions of soil formation are to be distinguished:

The region of talc schists with siallitic unsaturated soils, frequently of red colour.

The region of hard limestones causing karst formation with terra rossa and transported soils in all stages of transformation.

The region of tertiary marls with light and dark, also red, rendzina.

The distribution of saline soils is limited to a narrow strip of coastal plains.

Literatur

1. Agafonoff, V., Les sols de France au point de vue pédologique. Avec la carte 1: 2500000, S. 154, Paris 1936.
2. Akimtzev, V. V., Soil solodization in eastern Transcaucasia. *Pedology*, H. I, S. 34—64, 1937.
3. Antipov-Karatajev, J. N. und Prasolov, L. J., Böden des staatlichen Hegewaldes der Krim und seiner Umgebung. Akad. d. Wissensch. USSR., Leningrad 1932.
4. Del-Villar, E. H., Soils of the Lusitano-Iberian Peninsula (Spain and Portugal). S. 416, Madrid 1937.
5. Cvijić, J., Das Karstphänomen. *Geol. Ab.*, V, S. 217—330, 1893.
6. Gedroiz, K. K., Der adsorbierende Bodenkomplex und die adsorbierten Bodenkatationen als Grundlage der genetischen Bodenklassifikation. Sonderausgabe zu den Kolloidchemischen Beiheften, Dresden u. Leipzig 1929.
7. Glinka, K. D., *Pedology*. Moscow-Leningrad 1932.
8. Goletiani, G. J., Über die Natur der Azidität und die Rolle der organischen Substanz in Roterden. *Pedology*, Nr. 7, S. 694—709, 1937.
9. Lacroix, A., *Minéralogie de Madagascar*. Vol. III, Paris.
10. Liatsikas, N., Die Verbreitung der Bodentypen in Griechenland. *Bodenk. Forsch.*, Bd. IV. Beih. zu den Mitt. Intern. Bodenk. Gesellsch., S. 413—441, 1935.
11. Mariolopoulos, E. G. et Livathinos, A. N., *Atlas climatique de la Grèce*. Athènes 1935.
12. Martonne, de E., *Traité de Géographie physique*. Vol. II, S. 500 bis 1057, Paris 1926.
13. Nevros, K. I. and Zvorykin, I. A., Investigation of red soils of Attica. Greece. *Soil Science*, Vol. 41, No. 6, S. 397—412, 1936.
14. Nevros, K. I. and Zvorykin, I. A., The variety of solonetz red soil in the vicinity of the village Marcopoulo. Attica. *Soil Science*, Vol. 43, S. 239—246, 1937.
15. Novák, V. a Zvorykin, I. A., Půdoznalecký prozkum lesního Velkostatku Adamova, Vysoké Školy Zemědělské v Brně. Sborník Vys. Školy Zemědělské v Brně. Sign. D. 6, 1927.

16. Oloviaşnikov, G. J., The distribution of CaCO_3 and MgCO_3 , silica and sesquioxides in the mechanical fraction of middle Asian serozems and certain peculiarities of soils carbonates. *Pedology*, No. 7, S. 710—720, 1937.
17. Oekonomides, G. Th., Die innerhellenischen Alpen. *Geologica Balkanica*, Jahrg. II, Heft III, S. 101—125, Sofia 1937.
18. Polynov, B. B., Processes of salting and salt washing away and the distribution of salts in soil profiles. *Ac. of Sc. USSR.*, S. 107—132, Leningrad 1933.
19. Polynov, B. B., Les sols des regions de l'USSR. au climat mediterranneen, humide subtropical. *Comptes rendus de la V Com. de l'Assoc. Intern. de la Sc. du Sol. Soviet Seet.*, Vol. A. 1, 1935.
20. Polynov, B. B., Sands of the Don Region, their soils and their landscapes. Leningrad and Moscow 1927.
21. Polynov, B. B., Croûtes d'efflorescence. *Ac. d. Sc. USSR.*, Vol. 1, S. 240, Leningrad 1934.
22. Prasolov, L. J., Zur Frage einer einheitlichen Nomenklatur und der Grundlagen einer genetischen Bodenklassifikation. *Pedology*, No. 6, S. 775—791, 1937.
23. Raulin, M. V., Description physique de l'île de Crète. Paris 1869.
24. Tjurin, J. V., On the influence of meadow vegetation on podzol soils. *Transact. of the 5th Comis. of the Intern. Soc. of Soil Sc. Soviet Sec.*, Vol. A I, S. 16—28, Moscow 1935.
25. Vilensky, D. G., Sur quelques régularités du développement du processus de formation des sols. *Pedology*, No. 6, S. 792—809, 1937.
26. Zvorykin, I. A., Contribution to the study of degradation of rendzina soil in the Moravian karst. *Bull. de l'Ecole d'Agronomie à Brne. Sign. D.* 17, S. 42, 1930.

Tafeln 1—9

- Abb. 1. Umgegend der Lassithi-Doline, Karst-Cañon. Reste alter Terrassen.
- Abb. 2. Bei Retimon. Gebiet mit Roterden in situ. Karstrelief.
- Abb. 3. Psiloriti-Massiv, 800 m ü. d. M. Unentwickelte karbonathaltige Roterden.
- Abb. 4. Südlicher Teil von Kreta. Relief des Kalkmassivs.
- Abb. 5. Umgegend der Omalos-Doline, 800—900 m ü. d. M.
- Abb. 6. Karsttrichter im Psiloriti-Massiv, 2000 m ü. d. M.
- Abb. 7. Umgebung der Omalos-Doline, 1000 m ü. d. M.
- Abb. 8. Teil der Nida-Doline, 1600—1700 m ü. d. M.
- Abb. 9. Messara-Tal. Alluviale Ablagerungen.
- Abb. 10. Bei Knossos. Fastebene im Bereich der tertiären Terrassen.
- Abb. 11. Bei Hagios Nikolaos. Dunkle Rendzina auf Mergel.
- Abb. 12. Dunkle Rendzina im Hierapetra-Tal.
- Abb. 13. Dunkle, schwach erodierte Rendzina im Hierapetra-Tal.
- Abb. 14. Teil des Amphitheaters bei Kandalos.
- Abb. 15. Am Wege von Chania zur Omalos-Doline.
- Abb. 16. Bei Kandalos. Terrassierte Hänge auf der Grenze der Schiefer und der Kalksteine.
- Abb. 17. Tal von Kastelli-Messara. Dislozierte alluviale Bildungen.
- Abb. 18. Oberfläche des Solontschaks bei Paläochorion.

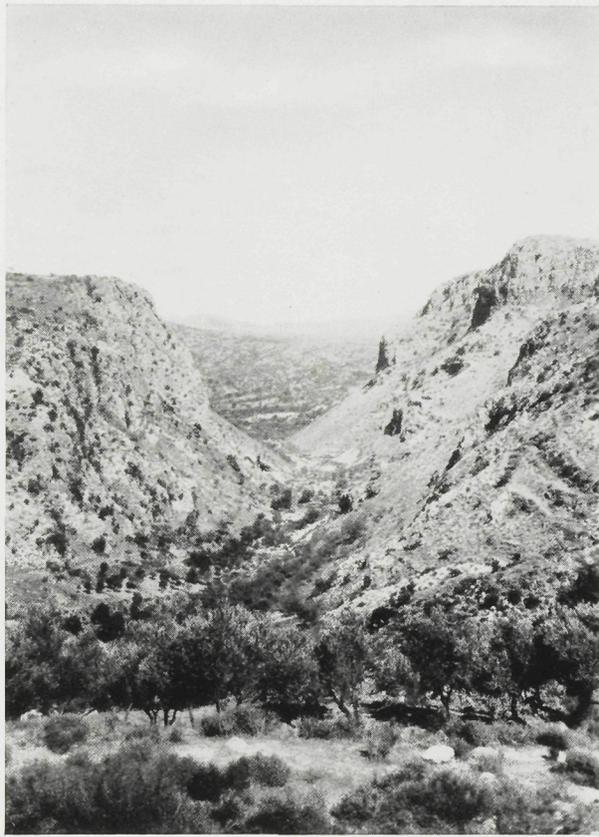


Abb. 1. Umgegend der Lassithi-Doline, Karst-Cañon.
Rechts am oberen Hang Reste alter Terrassen.



Abb. 2. Bei Retimon. Gebiet mit Roterden in situ. Karstrelief.



Abb. 3. Psiloriti-Massiv, 800 m ü. d. M.
Blick auf die Oberfläche der unentwickelten karbonathaltigen Roterden.



Abb. 4. Südl. Teil von Kreta. Relief des Kalkmassivs. Rechts im Hintergrund
in den flacheren Teilen grau-braune orolithogene Bildungen.



Abb. 5. Umgegend der Omalos-Doline, 800—900 m ü. d. M.

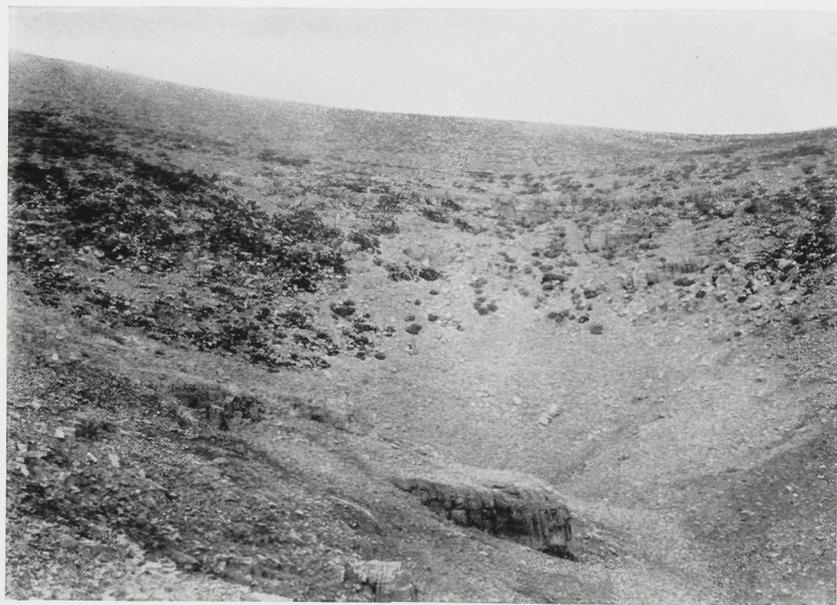


Abb. 6. Karsttrichter im Psiloriti-Massiv, 2000 m ü. d. M.



Abb. 7. Umgebung der Omalos-Doline, 1000 m ü. d. M.
Der Boden der Doline ist mit rötlichem, karbonathaltigem Diluvium bedeckt.



Abb. 8. Teil der Nida-Doline, 1600—1700 m ü. d. M.
Auf den Steinhängen vorn unter der subalpinen Vegetation Rendzinaflecken.



Abb. 9. Messara-Tal, Alluviale Ablagerungen.



Abb. 10. Bei Knossos. Fastebene im Bereich der tertiären Terrassen.
Vorn hellgraue karbonathaltige Ablagerungen.



Abb. 11. Bei Hagios Nikolaos. Dunkle Rendzina auf Mergel.



Abb. 12. Dunkle Rendzina im Hierapetra-Tal.



Abb. 13. Dunkle, schwach erodierte Rendzina im Hierapetra-Tal.



Abb. 14. Teil des Amphitheaters bei Kandanos.



Abb. 15. Am Wege von Chania zur Omalos-Doline.
Für das Talkschiefergebiet typische Reliefverhältnisse.



Abb. 16. Bei Kandanos. Terrassierte Hänge auf der Grenze der Schiefer und
der Kalksteine. Gebiet stärkster Verbreitung graubrauner karbonathaltiger
und karbonatfreier orolithogener Bildungen.



Abb. 17. Tal von Kastelli-Messara. Dislozierte alluviale Bildungen.

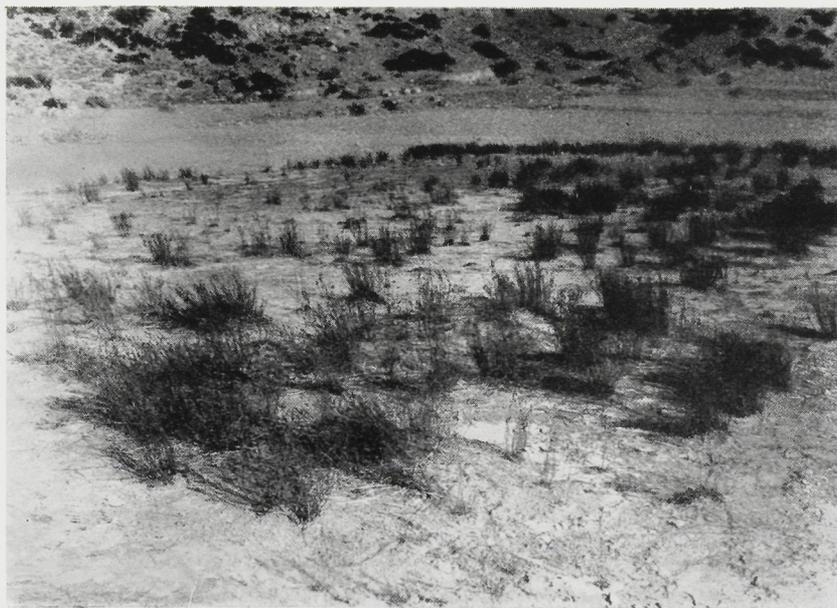


Abb. 18. Oberfläche des Solontschaks bei Paläochorion.

General review — Revue générale — Literaturübersicht

Bodenkundliche Arbeiten aus Rumänien in den Jahren 1934—1938

(Travaux concernant la Science du Sol effectués en Roumanie au cours des années 1934—1938 — Soil publications in Rômania in the years 1934—1938)

von

Teodor Saidel, București

Die in Rumänien im Zeitabschnitt 1934—1938 ausgeführten bodenkundlichen Arbeiten lassen sich zweckmäßig nach folgenden Gruppen referieren.

Bodenkartierung

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ihrer im Laufe der letzten Jahre in der Neu-Dobrogea verfolgten Bodenaufnahmen gaben P. Enculescu und C. V. Oprea in einer 1938 erschienenen Publikation (16). Die Verfasser führen alle Ursachen an, die die große Mannigfaltigkeit der Bodenvorkommnisse jener Gegend bedingen und geben eine eingehende morphologische Beschreibung aller dort angetroffenen Bodentypen. (Hellbrauner Boden der trockenen Steppe, normaler und durch Regradierung gebildeter schokoladefarbener Tschernoziom, normaler und durch Regradierung gebildeter kastanienbrauner Tschernoziom, degradiertes Tschernoziom, rotbrauner Waldboden und podzolierter Waldboden). Erwähnt wird ferner das Vorkommen von Terra rossa auf Kalk, von Podzol in Depressionen, von Rendzinen, Moorböden, marinen Salz- und Sandböden und von rezenten Alluvionen.

Aus Anlaß des XVII. Internationalen Landw. Kongresses in Haag gab T. Saidel (42) eine kurze Zusammenfassung seiner langjährigen Aufnahmen der Salzböden des Călmățuiu-Tales (Distrikte Brăila und Buzău). Der an Hand einer Skizze (nach der im Maßstabe 1 : 50 000 entworfenen Bodenkarte) gezeigten Verteilung der Salzböden folgen die Ergebnisse der chemischen Analyse der Grundwässer, des Salzgehaltes und der Bodenzusammensetzung. Diese Mitteilung enthält einen kurzen Aufsatz von P. Enculescu über die Vegetation dieser Salzböden, auf welchen weiter unten zurückzukommen sein wird.

Klima und Bodenbildung

In seiner Arbeit: „Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie“ (1) kommt N. Cernescu zu dem Schluß, daß die Ariditäts-Indices von

De Martonne ($\frac{P}{T+10}$) die geeignetsten Klimafaktoren zur Charakterisierung der Bodenzonen sind. Der Verfasser gibt eine Übersichtsskizze für die Feuchtigkeitszonen (nach De Martonne) und eine andere für die klimatischen Provinzen (nach Köppen), die zusammen mit den Tabellen und Diagrammen des Verfassers geeignet sind, die klimatischen Bedingungen zu kennzeichnen, unter welchen die Bodentypen von Rumänien gebildet worden sind. Der Verfasser definiert die Bodenzonen als die geographische Fläche eines bestimmten genetischen Prozesses und gibt auf Grund dieser Definition eine modifizierte Bodenkarte von Rumänien (1 : 2500000). Die verschiedenen Typen des Tschernozioms erscheinen dann als Glieder derselben genetischen Reihe, deren Fläche die Zone des südlichen Tschernozioms bildet. Andererseits erscheinen in gleicher Weise in der Gegend des feuchten Klimas von Rumänien zwei deutlich verschiedene genetische Prozesse der Podzolierung, die vom Verfasser als primäre bzw. sekundäre Podzolierung genannt werden und für welche die entsprechenden Flächen in der Skizze gegeben werden.

In einer anderen Arbeit (2) versucht N. Cernescu eine Charakterisierung der genetischen Prozesse in den Bodenzonen des halbfeuchten und feuchten Klimas, d. h. der rotbraunen Böden, des Podzols der Depressionen, des primären und des sekundären Podzols zu geben. Der Typus, der sich unter den obwaltenden phytoklimatischen Bedingungen im Gleichgewicht befindet, ist der rotbraune Waldboden, der eine Degradierung nur in den zeitweise wassertragenden Depressionen erleidet. In der zweiten Zone werden die rotbraunen Böden Ramanns leicht entbast und erfahren durch die Wanderung des Tones eine Degradierung, die zum sekundären Podzol führt, d. h. zum Klimaxtypus dieser Zone. In diesen beiden Zonen ist das Profil nicht gerade reich an Humus (2—3% im oberen Horizont, worauf starke Abnahme folgt). In der Zone des primären Podzols (mittlere Jahrestemperatur unter 5°) wird Humus an der Oberfläche als Rohhumus, im Profil als Niederschlag angehäuft und hat eine destruktive Wirkung auf den Komplex. Es erscheinen dort auch braune Böden eigenen Charakters (stark sauer und humusreich) und alle Übergangsstadien bis zum primären Podzol mit Humus- und Sesquioxid-Anhäufungen im B-Horizont.

Eine umfangreiche Arbeit über die Degradierung der Steppenböden hat M. Popovätz als Ergebnis seiner Untersuchungen im Felde und im Laboratorium veröffentlicht (30). Die Degradierung bewirkt neben den bekannten Erscheinungen die Verschlemmung des Tones, der im B-Horizont abgelagert wird. Die Zusammensetzung des Tones bleibt

bei den Tschernoziomen und den rotbraunen Waldböden unverändert. Nur bei den Podzoböden schwankt die Zusammensetzung des Tones innerhalb eines und desselben Profils. Die Degradierung wird als ein Prozeß der allmählichen Umwandlung der Silikate in andere Silikate, die kolloid dispergiert werden, aufgefaßt.

Physikalische Eigenschaften und mechanische Bodenanalyse

M. Popovätz (29) weist auf die Bedeutung der mechanischen Bodenanalyse für die Bodenforschung hin, unter der Voraussetzung, daß vollständige Dispergierung erreicht wird, und daß das ganze Bodenprofil zur Untersuchung gelangt. So findet der Verfasser z. B., daß die Zusammensetzung des Tones bei den Tschernoziomen und dem rotbraunen Waldboden in der Tiefe unverändert bleibt und sich im Profil um so stärker anhäuft, je stärker der Degradierungsprozeß ist.

In drei anderen Arbeiten beschäftigt sich Popovätz mit den Fragen der Textur und Mikrostruktur des Bodens und des Lösses. In einer dieser Arbeiten (28) wird die Bildung der Bodenaggregate in Beziehung zur organischen Substanz, zum Ton und zum Kalziumkarbonat gebracht, wobei für jeden dieser Bestandteile ein besonderer Koeffizient ermittelt wird; in der zweiten Arbeit (31) werden zur Charakterisierung der nicht konsolidierten Sedimente zwei Textur-Indices vorgeschlagen (der durchschnittliche Durchmesser der Körner und der Homogenitätsgrad der Textur, welcher die Verteilung der Korngröße angibt); in der dritten Arbeit (32) werden nach Umrechnung der Resultate der mechanischen Analyse von Löß aus verschiedenen Ländern die erhaltenen Ergebnisse mit Hilfe der Textur-Indices verglichen und gedeutet. — Beiträge zur Frage der Hygroskopizität rumänischer Böden hat Am. Vasiliu (60) geliefert.

Bodenbildende Materialien

M. Popovätz (27) gibt die chemische Zusammensetzung einiger Mergel und bespricht die in situ geschehene Verwitterung eines Mergels; C. V. Oprea gibt die Ergebnisse seiner Mineralienbestimmungen im Löß und seiner mikroskopischen Untersuchungen an verschiedenen auf Löß gebildeten zonalen Böden (22, 21).

Boden und Pflanze. Wald und Boden

In der bereits zitierten Arbeit (17) der geobotanischen Untersuchung des Călmăţuiu-Tales beschreibt P. Enculescu die Pflanzenassoziationen, die für die dort vorkommenden Salzböden charakteristisch sind.

Über Waldprobleme in ihrem Zusammenhang mit Bodeneigenschaften hat C. D. Chirită, z. T. mit seinen Mitarbeitern, drei Ar-

beiten (4, 5, 6) veröffentlicht, denen vier andere, 1932 und 1933, vorausgegangen sind.

Chemie des Bodens

In einer umfassenden Arbeit (41) gibt T. Saidel in Fortsetzung seiner früheren, zum großen Teil mit Pavlovschi ausgeführten Arbeiten, die Ergebnisse neuerer Untersuchungen, die die Richtigkeit der bereits 1929 aufgestellten S-Beziehungen bestätigen. Ein Abschnitt der Arbeit behandelt den Sinn und den Gültigkeitsbereich der von Sauerlandt, Daikuhara, Wheeting u. a. vorgeschlagenen Formeln zur Beschreibung des unter Austausch geschehenen Lösungsprozesses der Bodenkationen, im Lichte der S-Beziehungen. In einem weiteren Kapitel werden die Anwendungen der S-Beziehungen zur Untersuchung der leichtlöslichen Salze in Salzböden und zur richtigen Bestimmung des S_H -Wertes gezeigt, ferner die Unhaltbarkeit des Begriffes der sogenannten hydrolytischen Azidität und die mathematische Beziehung zwischen dem Werte p_H und dem Verhältnis $S_B : S_H$ dargelegt. Im dritten Abschnitt wird die Lösungsgesetzmäßigkeit der Boden-Phosphorsäure sowie das darauf begründete Verfahren zur Bestimmung der Phosphorsäure-Bedürftigkeit und weiter das auf die Anwendung der S-Beziehungen begründete Verfahren zur Untersuchung der Phosphorsäure-Festlegung behandelt. Im letzten Abschnitt wird ein Verfahren zur Ermittlung der Neubauerschen Zahlen für Kalium mittels wiederholter Auszüge beschrieben. In einem Nachtrag wird ein von I. Voicu (63) gegen die S-Beziehungen gerichteter Angriff abgewehrt.

Bei der Wiederholung des grundlegenden Versuches von Wiegner (Behandeln von einzelnen Permutitproben mit stetig anwachsenden Mengen von Ammonchlorid) kommt G. Pavlovschi (23) zum Ergebnis, daß die erhaltenen Werte nicht zu einer Kurve, wie bei Wiegner, sondern zu einem System von drei geradlinigen Abschnitten führen. Der erste Abschnitt bildet den kleinsten Winkel mit der Abszissenachse; die auf diesem Abschnitt liegenden a-Werte sind also den zugefügten s-Mengen Ammonchlorid direkt proportional. Diese Phase des Prozesses findet ihren Abschluß, wenn die zugesetzte Menge einen für das betreffende Adsorptionssystem bestimmten Wert D erreicht hat. Der zweite Abschnitt bildet einen größeren Winkel mit der Abszissenachse; diese zweite Phase findet ihren Abschluß, wenn die zugefügte Menge Ammon einen bestimmten Wert S erreicht, welcher erfahrungsmäßig gleich der Sättigungskapazität des Permutits erscheint. Der dritte Abschnitt bildet den größten Winkel (nahezu 45°). Ein Punkt auf dem ersten Abschnitt wird durch die Gleichung $a = s \cdot x_1$, auf dem zweiten Ab-

schnitt durch $a = D \cdot x_1 + s \cdot x_2$ und auf dem dritten Abschnitt durch $a = D \cdot x_1 + (S - D) \cdot x_2 + s \cdot x_3$ dargestellt, worin x_1 kleiner als x_2 , x_2 kleiner als x_3 und x_3 nahezu gleich eins ist. Auf Grund dieser Feststellungen schließt der Verfasser, daß alle Formeln, die auf der Annahme eines kontinuierlichen Verlaufes des Austauschprozesses begründet sind, nicht streng richtig sein können. Mit Bezug auf die Gesetzmäßigkeiten, die das Austauschgleichgewicht beherrschen, ist noch eine Arbeit von G. Pavlovschi (25) zu erwähnen, in welcher das Gleichgewicht von Donan als Grundlage zur Ableitung der S-Beziehungen benutzt wird. — Mit der Frage der Intensität des Austausches im Zusammenhang mit der Austauschkapazität beim Kationenaustausch beschäftigt sich N. Cernescu (3). Während die Kapazität mit dem Wert des Verhältnisses $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ zunimmt, nimmt die Intensität bei anwachsendem Wert des Verhältnisses ab. Die starke Hydratisierungstendenz des Aluminiumhydroxyds kann diese experimentellen Befunde zufriedenstellend erklären. — Mit der Frage der quantitativen Bestimmung von austauschbaren Bodenkationen beschäftigten sich M. V. Ionescu und P. Stancovici (18).

Laboratoriumsverfahren zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses

Auf Grund der Lösungsgesetzmäßigkeiten der Boden-Phosphorsäure und des austauschbaren Bodenkaliums haben Saidel und Pavlovschi Laboratoriumsverfahren zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses an diesen beiden Pflanzennährstoffen ausgearbeitet (43). In einer Reihe von Abhandlungen (36, 37, 38) gibt I. F. Radu die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Frage des Reaktionszustandes des Bodens im Zusammenhang mit dem Einfluß, den Düngemittel darauf haben. Zur Frage der Bestimmung des Phosphorsäurebedürfnisses sind noch zwei Arbeiten von I. Dobrescu anzuführen. In der einen (10) wird ein Verfahren vorgeschlagen, nach welchem die Bestimmungen im wässrigen Auszug des vergorenen Bodens vorgenommen werden, in der anderen (11) wird der Zusammenhang der Ergebnisse jenes Verfahrens und der Keimpflanzmethode dargelegt. — Zu erwähnen ist ferner die Publikation (23), in welcher G. Pavlovschi kritische Betrachtungen anstellt über die Laboratoriumsverfahren, die von der Mitscherlichschen Arbeitsgemeinschaft (1936/37) vergleichsweise geprüft worden sind.

Bodenfruchtbarkeit und Düngerbedürfnis

Seit der Errichtung des Kgl. Rumänischen Instituts für Landwirtschaftliche Forschungen (Institutul de Cerecări Agronomice al României)

bildet die Untersuchung der landwirtschaftlich wichtigen Eigenschaften der rumänischen Böden den Gegenstand einer systematischen, über das ganze Land sich erstreckenden Versuchstätigkeit. Unter der Führung von G. Şişeşti sind seit 1929 sehr zahlreiche Vegetationsversuche sowohl im Felde als auch in Gefäßen zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses ausgeführt worden. Aus den seitdem veröffentlichten Arbeiten ergibt sich, daß sämtliche Bodentypen des Landes stickstoff- und phosphor-bedürftig sind; kaliumbedürftige Böden sind selten. Die Podzole stellen die Böden geringster Fruchtbarkeit dar. Die rotbraunen Waldböden und die degradierten Tschernoziome sind im allgemeinen recht fruchtbar, dagegen sind die Tschernoziome trockeneren Klimas ausnahmslos stickstoff- und phosphorbedürftig, in manchen Fällen sogar in stark ausgesprochenem Maße. Neben diesen praktisch wichtigen Untersuchungen hat Şişeşti und seine Mitarbeiter zahlreiche und eingehende Vegetationsversuche angestellt, um an Hand des Wirkungsgesetzes von Mitscherlich, welches bei allen Vegetationsversuchen des Instituts stets höchste Beachtung gefunden hat, einige Eigentümlichkeiten in den Erscheinungen des Pflanzenwachstums zu ergründen (7, 8, 9, 49, 51, 52, 53, 54, 55). — Unabhängig vom Kgl. Rumänischen Institut für Landw. Forschungen sind Vegetationsversuche im Feld und in Gefäßen nach Mitscherlich, zur Ermittlung des Düngerbedürfnisses von Böden eng begrenzter Stellen, an den Hochschulinstituten des Landes ausgeführt worden (14, 15, 61, 62). Es mögen hier auch zwei Abhandlungen von I. F. Radu über die Aufnahme von Pflanzennährstoffen durch Luzerne und Mais und die Betrachtungen von I. Dobrescu über die Düngung des Bodens bei trockenem Klima erwähnt sein (39, 40, 12).

Bodenbearbeitung und Ertragsteigerung

Die in dieser Richtung unternommenen Arbeiten sind ausschließlich den Mitarbeitern des Kgl. Rumänischen Instituts für Landw. Forschungen zu verdanken. D. C. Săndoiu zeigt in einer Reihe von Mitteilungen (45, 46, 47, 48, 50) die Wirkung des Zeitpunktes und der Tiefe des Pflügens, die zweckmäßigste Anwendung des Dryfarming in der rumänischen Steppe und die Wirkung der Schwarzbrache beim Weizenbau. — I. D. Staicu zeigt in einer umfangreichen Arbeit den Einfluß des Pflügens auf die Anhäufung des Wassers und der Nitrate im Boden und auf die Menge und die Qualität des Winterweizens. Dieser letzten Arbeit von I. D. Staicu (59) gingen zwei andere (57, 58), die von ihm in gleicher Richtung unternommen worden waren, voran.

Lehrbücher. Geschichte der Bodenkunde

G. Pavlovschi und R. Mavrodineanu publizierten eine Anleitung zur chemischen Bodenuntersuchung (26), in welcher sie bekannte von ihnen geprüfte Arbeitsverfahren sowie auch die aus dem Kgl. Rumänischen Institut für Landw. Forschungen hervorgegangenen Untersuchungsmethoden beschreiben. — G. I. Şişeşti (56) zeigt den Anteil der einzelnen Forscher aus Rumänien an der Entwicklung des Wissens über den Rumänischen Boden im besonderen und über den Boden überhaupt.

Literaturverzeichnis

1. Cernescu, N.: Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie. Inst. Geol. al Rom. — Studii tehnice şi economice, Seria C, Nr. 2, 1935.
2. Cernescu, N.: Die Bodenzonen der Region des humiden Klimas Rumäniens. Bericht über die Tagung der V. Kommission in Wien 1937.
3. Cernescu, N.: Capacité maximum et intensité d'échange des aluminosilicates hydratés. Inst. Geol. al Rom. — Studii tehnice şi economice, Seria C, Nr. 4, 1938.
4. Chiritză Const. D., Bălănică, T. und Munteanu, R.: Beiträge zur Kenntnis der Standortsverhältnisse der braunen Kastanie in Rumänien. (Rumänisch) Bul. Inst. Cerc. şi Exp. Forestiere, 1934.
5. Chiritză, C. D.: Verbesserung der Standortsverhältnisse des Waldbodens durch oberflächliche Bodenauflockerung. (Rumänisch.) Revista Pădurilor, 1935.
6. Chiritză, C. D.: Die Sandbildungen von Hanul Conachi vom naturwissenschaftlichen und forstwissenschaftlichen Standpunkt. (Rumänisch.) Bul. Inst. Cerc. şi Exp. forestiere, 1937.
7. Coiculescu, Gr.: Der Fruchtbarkeitszustand der wichtigsten Bodentypen Rumäniens. (Rumänisch.) Congresul National Agricol. Bucureşti 1937.
8. Coiculescu, Gr.: Die Anforderungen des Maises an Boden und an Düngung. (Rumänisch.) Viaţa agricolă, Nr. 4, 1938.
9. Coiculescu, Gr.: La fertilisation phosphatée en Roumanie. Congrès intern. d'engrais chimiques, Rome 1938.
10. Dobrescu, I. und Russev, Th.: Die Bestimmung des Bedarfs des Bodens an Phosphatdünger und ihrer Wirkung. Bul. Acad. de Inalte Studii Agronomice din Cluj., vol. VI, 1936. (Auszug im Bul. Acad. Roum., XVIII Nr. 1—2, 1936.)
11. Dobrescu, I. und Russev, Th.: Untersuchungen über den Zusammenhang der Ergebnisse der Keimpflanzmethode und der Methode der wässerigen Extraktion des Bodens. Bodenkunde und Pflanzenernährung, 1938, Heft 5/6.
12. Dobrescu, I.: Die Düngung des Bodens bei trockenem Klima. Bodenkunde und Pflanzenernährung, 1935, Heft 1—3.
13. Drăgan, I. C.: Beiträge zum Studium und zur Bonitierung der Böden. (Rumänisch.) Tipografia Naţională Cluj, 1934.

14. Drăgan, I. C. und Vasiliu, Am.: Pflanzenphysiologische Untersuchung einiger Böden der Landw. Hochschule zu Cluj. (Rumänisch.) Bul. Acad. de Inalte Studii Agronomice din Cluj, 1934.
15. Drăgan, I. C. und Vasiliu, Am.: Pflanzenphysiologische Untersuchung einiger Böden des Staatsgestütetes Bontzida-Cluj. (Rumänisch.) Bul. Acad. de Inalte Studii Agronomice din Cluj, 1935.
16. Enculescu, P. und Oprea, V. C.: Allgemeine Übersicht der Böden im Cadriater (Neu-Dobrogea). (Rumänisch.) Mit einer Bodenkarte. — Festnummer der „Analele Dobrogei“, XIX. Cernăuți 1938.
17. Enculescu, P.: Les pâturages et les sols salés de la vallée du Călmățui. (Botanischer Teil der von T. Saidel dem XXVII. Intern. Kongreß für Landw. zum Haag 1937 vorgelegten Arbeit.)
18. Ionescu und Stancovici, P.: Contributions à l'étude de la détermination des bases déplaçables du sol. Bul. Soc. chimique de France, 1938.
19. Oprea, C. V.: Agrogeologische Studien im Distrikt Constanța. (Rumänisch.) Tipografia „Bucovina“, București 1937.
20. Oprea, C. V.: Agrogeologische Studien im Distrikt Ilfov. (Rumänisch.) Tipografia „Bucovina“, București 1937.
21. Oprea, C. V.: Mikroskopische Untersuchungen an verschiedenen Bodentypen auf Löß. (Rumänisch.) Tipografia „Bucovina“, București 1937.
22. Oprea, C. V.: Mineralogische Analysen einiger Lößproben. (Rumänisch.) Tipografia „Bucovina“, București 1937.
23. Pavlovski, G.: Kritische und experimentelle Untersuchung der von verschiedenen Autoren zur Beschreibung der Adsorptions- und Austauscherscheinungen vorgeschlagenen Formeln. (Rumänisch.) Mit einem französischen Auszug. Analele Inst. de Cerc. Agron., 1937.
24. Pavlovski, G.: Vergleichende Betrachtungen über die bei der Bestimmung der Phosphorsäure- und der Kaliumbedürftigkeit der Böden nach verschiedenen Methoden erhaltenen Ergebnisse. (Rumänisch.) Analele Inst. de Cerc. Agron. Metode, Nr. 42, 1938.
25. Pavlovski, G.: L'équilibre de Donan et le phénomène d'échange des bases. Bul. Acad. Roumaine, XIX, Nr. 8—10, 1938.
26. Pavlovski, G. und Mavrodineanu, R.: Chemische Methoden der Bodenuntersuchung. (Rumänisch.) Imprimeria Națională, București 1938.
27. Popovăț, M.: Composition chimique des marnes du crétacé supérieur de Valeapai. Bul. Soc. Rom. de Geologie, II, 1935.
28. Popovăț, M.: Texture et microstructure des sols. Bul. Soc. Rom. de Geologie, III, 1937.
29. Popovăț, M.: Analyse mécanique des sols; buts et procédés. Inst. Geol. Rom. Studii tehnice și economice, Seria C, Nr. 3.
30. Popovăț, M.: Dégradation des sols de steppe. Anuarul Inst. Geol. Rom., XVIII, 1937.
31. Popovăț, M.: Indices de texture des sédiments. Bul. Acad. Rom., XVIII, Nr. 6—7, 1936.
32. Popovăț, M.: La texture du loess. Bul. Soc. Rom. de Geol., III, 1937.
33. Popovăț, M.: Etude analytique d'un sol fossile. Bul. Labor. de Mineralogie. al Universității București, II, 1937.
34. Popovăț, M.: Die Charakterisierung der Bodentypen durch Texturindices. Bericht über die Tagung der V. Kommission in Wien, 1937.

35. Popovăț, M.: Sur une coupe dans le loess de la Dobrogea. C. R. des séances de l'Acad. des sciences de Roumanie, II, 1938.
36. Radu, I. F.: Über den Einfluß einiger Düngemittel auf den Reaktionszustand des Bodens. Landw. Vers. Stat., 123, 1935.
37. Radu, I. F.: Über den Sättigungszustand der Böden. Landw. Vers.-Stat., 123, 1935.
38. Radu, I. F.: Laboratoriumsversuche mit Kalziumhydroxyd zwecks Neutralisierung einiger Podzolböden. Landw. Vers.-Stat., 125, 1936.
39. Radu, I. F.: Der Verlauf der quantitativen Aufnahme von Stickstoff usw. durch die Luzerne. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 45, 1936.
40. Radu, I. F.: Der Verlauf der quantitativen Aufnahme von Stickstoff usw. durch verschiedene Maissorten. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 47, 1936.
41. Saidel, T.: Über die Lösungsgesetzmäßigkeiten von Bodenbestandteilen und über ihre Anwendung bei der chemischen Bodenuntersuchung. Anuarul Inst. Geol. al Rom. XVI. 1934.
42. Saidel, T.: Les pâturages et les sols salés de la vallée du Călmățuiu. Mit einer Bodenskizze. (Der botanische Teil von P. Enculescu.) XVII. Intern. Kongreß f. Landw., 1937. Sonderberichte, IV. Sektion, Nr. 1.
43. Saidel, T. und Pavlovschi, G.: Solubilisation et adsorption du Potassium et de l'acide phosphorique du sol. Analele Inst. de Cerc. Agron. Rom., vol. IX, 1937.
44. Săndoiu, D. C.: Sommerbrache bei Weizen. (Rumänisch.) Viața agricolă, Nr. 6, 1936.
45. Săndoiu, D. C.: Bekämpfung der Dürre durch Bodenbearbeitung. (Rumänisch.) Bul. Asoc. Gener. a Ing. Români, Nr. 10, 1936.
46. Săndoiu, D. C.: Zweck der Bodenbearbeitung bei der Mais-Ertragssteigerung. (Rumänisch.) Viața agricolă, Nr. 4, 1937.
47. Săndoiu, D. C.: Dryfarming-Bodenbearbeitung und Ertrag. (Rumänisch.) Analele Inst. de Cerc. Agron. al Rom., 1937.
48. Săndoiu, D. C.: Das Pflügen und der Maisertrag. (Rumänisch.) Viața agricolă, Nr. 4, 1938.
49. Săndoiu, D. C.: Le besoin d'engrais azotés des sols de Roumanie. Ier Congrès intern. des engrais chimiques, Rome 1938.
50. Săndoiu, D. C.: Beiträge zum Problem der Schwarzbrache. (Rumänisch.) Analele Inst. de Cerc. Agron. Rom., 1938.
51. Șișești, G. I.: Untersuchung der wichtigsten Bodentypen Rumäniens nach der pflanzenphysiologischen Methode. Die Versuche von 1931. (Rumänisch.) Analele Inst. de Cerc. Agron. Rom., VI, 1934.
52. Șișești, G. I. und Saidel, T.: La fertilisation des terrains en climats arides IIIe. Conférence intern. des engrais chimiques, Berne 1934.
53. Șișești, G. I. : Contributions à l'étude de la fertilité des tchernoziomes. Transactions of the third intern. Congress of soil-science, Oxford 1935.
54. Șișești, G. I. und Coiculescu, Gr.: Untersuchungen über den Fruchtbarkeitszustand der rumänischen Böden. Ergebnisse der Versuche mit künstlichen Düngemitteln. (Rumänisch.) Analele Inst. de Cerc. Agron., VII, 1935.

55. Şişeşti, G. I. und Valuţa, Ioana: Über einige Eigentümlichkeiten des Gesetzes der Wirksamkeit der Vegetationsfaktoren. Ergebnisse der Versuche aus den Jahren 1932—1935. (Rumänisch, mit einem Auszug in französischer Sprache.) *Analele Inst. de Cerc. Agron.*, VIII, 1936.
56. Şişeşti, G. I.: Développement de la science agricole en Roumanie. (Rumänisch.) *Imprimeria Naţională, Bucureşti* 1938.
57. Staicu, I. D.: Flecken mit siechen Pflanzen in Weizenfeldern. *Viaţa agricolă*, Nr. 8 u. 9, 1936.
58. Staicu, I. D.: Beiträge zum Problem der Wanderung des Wassers und der Nitrate im Boden. (Rumänisch.) *Imprimeria Naţională, Bucureşti* 1937.
59. Staicu, I. D.: Der Einfluß des Pflügens auf die Anhäufung des Wassers und der Nitrate im Boden und seine Wirkung auf die Menge und die Güte der Winterweizenernte. (Rumänisch.) *Imprimeria Naţională, Bucureşti* 1938.
60. Vasiliu, Am.: Beiträge zur Klassifikation und Bonitierung der Böden (Rumänisch.) *Bul. Acad. de Inalte Studii Agronomice din Cluj* 1936.
61. Vasiliu, Am.: Versuche mit Kunstdünger. (Rumänisch.) *Cluj* 1938.
62. Vasiliu, Am.: Pflanzenphysiologische Untersuchungen an Böden. (Rumänisch.) *Cluj* 1938.
63. Voicu, I.: I. Mathematische und experimentelle Studien an wiederholten Auszügen aus Adsorptionssystemen, die sich im Gleichgewicht befinden. *Kolloid-Zeitschrift*, Bd. 66, 1934. — II. (Fortsetzung ebendort, Bd. 67, 1934.)
64. Voicu, I.: Eine mathematische Formel zur Bestimmung der gesamten adsorbierten Substanz eines Adsorptionssystems mittels wiederholter Auszüge. *Kolloid-Zeitschrift*, Bd. 74, 1936.

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

Pedology, Editors Prof. Dr. W. Williams, Prof. Dr. D. Vilensky, Prof. Dr. A. Yarilov, 1938, Nr. 7/8, Moskau.

Contents: A. F. Tyulin, On the forms of the bond between humic substances and the mineral part of soil colloids and their significance for the understanding of the different properties of soil colloids. — Prof. N. A. Kechinsky, The Classification of soils by their mechanical composition. — A. A. Yarilov, and M. G. Pavlov, The „Russian Thaer“. — B. V. Prosvirov, To the methethodics of mechanical soil analyses. — V. G. Tkachuk, The physico-mechanical properties of the individual fractions of grounds and their classification. — A. V. Mukhlya, The soils of the desert Betpak-dala. — M. M. Filatov, The science of grounds, its present trend and the conditions necessary for its further development. — On the scientific and research work-accomplished by the chair of pedology of the Bryansk Forestry Institute during the period 1933—1938. — N. P. Remesov and M. K. Darasselya, The water conditions in red soils of tea plantations (Recension) A. Yarilov. — Prof. B. P. Serebryakov, Manuel of soil science (Recension) A. A. Lasarev a. o. — Bibliography.

Journal of the Science of Soil and Manure, Japan (Nippon Dozyô-Hiryô-Gaku Zassi) President K. Asô, Vice-President J. Kimura. c/o Imp. Agricult Exper. Station, Nisigaharamati, Takinogawa-Ku, Tôkyô, Japan. In japanischer Sprache.

Vol. XII, Nr. 1. Februar 1938.

Contents: S. Osugi and Y. Matsumura, On the Determination of the Equivalent Weight of So-called Clay Acid of Soil. — Z. Goto and Y. Kojima, On the Manurial Value of Compost, generally made by the Farmer in Yamanasi Prefecture, for Wheat and Barley Cultivation. — R. Kawashima, The Effect of Reaction and Lime Content of Soil on the Growth of Tea Plant XII. — Y. Hayashi and J. Kobayashi, Method of Rapid-Determinating Potash in Mixed Fertilizers by Perchlorate Method. — J. Kimura and H. Chiba, Influence of Nitrogenous Nutrition at various Stages on the Growth of Rice Plant in Solution-Culture. — H. Misu, On the Content of Total Nitrogen of Chosen Soils. II.

Vol. XII, Nr. 2. April 1938.

Contents: Original Papers. — M. Harada: Untersuchungen über den Sättigungszustand des Bodens. — S. Osugi, and S. Sugiura: On the Simple and Rapid Method of Analysis of Soil-Constituents. — A. Matsuura: Studies on the Leguminous Plants as Green Manure. II. — T. Sugawara: Comparative Studies on the Water Culture in Sweet Potatoes considering to the Concentration of Potash Salts. — S. Aramomi: The Effect of heating soil for the Soil-sickness of Mulberry Farm. — H. Misu: On the Content of Total Nitrogen of Chosen Soils. III. — M. Ikeda and K. Watanabe: Studies of Soils containing Alkali and Alkali Earth Salt in Manchouko.

Vol. XII, Nr. 3. Juni 1938.

Contents: Original Papers — H. Misu: On the Content of Total Nitrogen of Chosen Soils. IV — T. Hayasi: On the Correlation between Yield of Rice and its Growth. — R. Kawashima: The Effect of Reaktion and Lime Content

of Soil on the Yield of Crops. Part XIII. — S. Arakawa: On the Fertilizer of Hititoi (*Juncus effusus*). — K. Hirai and I. Kanno: Rarer Elements in Soils. II. — Abstracts of Papers read before the Meeting of the Society of Soil and Manure, Japan at the 9th Annual Meeting of the Japanese Society of Agricultural Science. Part 1. — Miscellaneous Notes. — Reports of Society.

Vol. XII, Nr. 4. Aug. 1938.

Contents: Original Papers. — A. Itano and Y. Tsuji: Studies on Nodule Bacteria. XII. — S. Tesima: On the Improvement of Manuring. — K. Konishi and A. Kawamura: On the Respiration of Nodule Bacteria. III. — S. Funabiki: Studies on the Rapid Permanganate Titration Method for the Determination of Humus. — K. Miyake and Y. Ishizuka: Studies on the Nutritional Physiology of Mint Plant. I. — R. Kawashima: The Effect of Reaktion and Lime Content of Soil on the Yield of Crops. XIV. — Abstracts of Papers read before the Meeting of the Society of Soil and Manure, Japan at the 9th Annual Meeting of the Japanese Society of Agricultural Science. Part 2. — Abstracts of Papers read before the Meeting of the Society of Soil and Manure, Japan at the Extraordinary Meeting of the Japanese Society of Agricultural Science. — Miscellaneous Notes. — Reports of Society.

Journal of the Royal Society of Western Australia. Vol. XXIV, 1937/38.

Contents: L. J. H. Teakle, A. Regional classification of the soils of Western Australia, p. 123—195. With a Sketch-Map of W.-A. showing soil zones, compiled by L. J. H. Teakle and C. A. Gardner.

Soil Science, Editor-in-Chief, Jacob G. Lipman, Associate Editor Hermine Broedel Kitchen. Published Monthly by The Williams und Wilkins Company MT. Royal and Guilford Avenues, Baltimore, Maryland, USA., Volume 47, April 1939, Number 4.

Contents: H. Jenny and R. Overstreet, Cation Interchange between Plant Roots and Soil Colloids. — B. N. Singh and K. M. Nair, Is Sunlight a Factor in Nitrogen Transformation in Soil? — O. E. Olson and A. L. Moxon, The Availability, to Crop Plants, of Different Forms of Selenium in the Soil. — Frank Heyward, Some Moisture Relationships of Soils from Burned and Unburned Logleaf Pine Forests. — Robert L. Starkey and P. K. De Edmund Cecil Shorey, 1865—1939: A New Species of *Azotobacter*.

Annales Agronomiques, Organe des Stations de Recherche Agronomique. Rédacteur en chef: A. Demolon. Administration: 92, Rue Bonaparte, Paris (VI^e).

Sommaire (quant à le sol), Nr. 5 (1938): Dr. D.-J. Hissink, Les sols jeunes du Zuiderzée. — G. Barbier, Compte rendu de la Conférence AISS. (Helsinki).

Sommaire (Nr. 1 1939): Winogradsky, Microbiologie oecologique. — G. Joret et H. Malterre, Les sols de la plaine maritime picarde. — P. Le Roy de Boisemarie, G. K. Kuhnoltz-Lordat et G. Mathieu, Chateaufort-du-Pape. — A. A. Kalouski, Sur la production des sulfates dans les terres noires. — Ch. Kilian, La biologie des sols orgueilleux des environs d'Alger et la question des plantes indications; Essais de Micropédologie. — H. Bagué, Le dosage chimique des poudres roténonées. — Sommaires et périodiques.

Sommaire (Nr. 2 1939): G. Bertrand et G. Brooks, Sur le pouvoir calorifique des bois et des tissus lignifiés. — G. Joret et H. Malterre, Les sols de la

plaine maritime picarde (Marquanterre et Bas-champs), suite et fin. — C. Kilian, La biologie des sols argileux des environs d'Alger et la question des plantes indicatrices. Essai de micropédologie (fin). — S. Hérin, L'influence des facteurs climatiques sur la stabilité structurale des sols de limon éte.

Bodenkunde und Pflanzenernährung. Herausgegeben von der Reichsarbeitsgemeinschaft „Landw. Chemie“ im Forschungsdienst. Wiss. Schriftwaltung: Prof. Dr. E. Giesecke, Berlin. Verlag u. Vertrieb: Verlag Chemie G.m.b.H., Berlin W 35, Corneliusstr. 3. 13. (58.) Bd., 1939, Heft 1/2. Inhalt (bodenkundlich): W. Süchting, Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. — A. Hock, Huminsäurebestimmung mittels Oxydimetrie; u. a.

Comptes Rendus de la Sixième Commission de l'Association Internationale de la Science du Sol. — Transactions of the Sixth Commission of the International Society of Soil Science. — Verhandlungen der Sechsten Kommission der Intern. Bodenkundl. Gesellschaft. Redigiert von Otto Fauser. Volume — Teil B. Zürich 1937 (1938), 604 S. Publiés par — edited by — herausgeg. von Association Intern. de la Science du Sol. — Intern. Society of Soil Science — Intern. Bodenkundl. Gesellschaft.

Abhandlungen — Rapports — Papers: I. Boden und Wasser; Le Sol et l'eau; Soil and Water. — II. Dränungsversuchswesen; Recherches concernant le drainage; Drainage research. — III. Feldberegnung; Abwasserverwertung; L'irrigation par aspersion, l'utilisation des eaux usées; Sprinkling irrigation sewage irrigation. — IV. Unterirdische Bewässerung; L'irrigation souterraine; Subterranean irrigation. — V. Einwirkung der kulturtechnischen Maßnahmen auf die Bewegung der Salze im Boden; L'influence des travaux d'amélioration du sol sur le mouvement des sels dans le sol. — Effect of land amelioration measures on the movement of salts in the soil. — VI. Einteilung der Moorböden; Classification des sols tourbeux; Classification of peat soils. — VII. Entwässerung und Sackung der Moorböden; L'assainissement et les affaissements des sols tourbeux; Drainage and sinking of peat soils. — VIII. Kalkung und Düngung der Moorböden; Le chaulage et l'engraissement des sols tourbeux; Liming and manuring of peat soils. — Verschiedenes; Sujets divers; Miscellaneous. — Tagung; Conference; Meeting. — Entschließungen, Révolutions; Resolutions. — Exkursionen; Excursions. — Rednerverzeichnis; Liste des orateurs. — List of speakers.

The Rape of the earth. A World Survey of Soil Erosion by G. V. Jacks, B.Sc., Deputy Director, Imperial Bureau of Soil Science and R.O. Whyte, Ph.D., Deputy Director, Imperial Bureau of Pastures and Forage Crops. Demy 8 vo. With numerous illustrations, 21s. net. Faber and Faber Limited, 24 Russell Square, London, W. C. 1.

Contents: Soil Erosion; Europe and the Mediterranean; North and South America; Africa; Australia and New Zealand; The Orient; The Influence of Soil on Erosion; Principles of Soil Conservation; The Development of a Conservation Agronomy; Reclamation of Gullies; Pastures, Range and Veld; Trees and Agricultural Conservation; Dust, Dunes and Deserts; Water Conservation and Flood Control; Road Construction and Soil Conservation; The Conservation of Wild Life Resources; Economic Causes and Consequences of Erosion; Political and

Social Consequences of Erosion. I. General Considerations; Political and Social Consequences. II. The Grassland Environment; Political and Social Consequences. III. Tropical Africa; Political and Social Consequences. IV. South Africa; Conclusion.

Os Solos do Estado de São Paulo. II. a) O solo na sua Concepção Moderna por Teodoreto de Camargo, Diretor-Superintendente do Instituto Agronômico de Campinas e Paulo Vageler, Chefe da Secção de Solos Instituto Agronômico de Estado, em Campinas. Boletim Técnico N. 49, 30 Seiten. 1938. Imprensa Oficial do Estado, São Paulo.

Rainfall and tree growth in the Great Basin. By Ernst Antevs, published by the Carnegie Institution of Washington and the American Geographical Society of New York, 1938. American Geographical Society, Special Publication No. 21, 97 pp., 6 maps, 1 graph in text, and 2 plates of graphs. Price \$ 3.00.

Contents: Rainfall fluctuations during the past hundred years in the Great Basin: I. Lake County, South-Central Oregon. II. The Great Basin Region of Northeastern California. III. Western Nevada. IV. Northern Nevada, and V. The Great Salt Lake Region, Utah. Comparison of these regions. Tree growth in relation to rainfall; Tree-ring studies at Susanville, Cal., and Lakeview, Ore. Analysis of tree growth in relation to water supply.

Soil-borne fungi and the control of root disease. By S. D. Garrett (Rothamsted Experimental Station). Imperial Bureau of soil Science, Technical Communication No. 38, Price, 2s. 6d. Published by the Imperial Bureau of Soil Science, Harpenden, England, 1939.

Contents: Introduction. — The rôle of fungi in the soil. — Plant sanitation. (Disposal of infected material. — Preventing dispersal of the fungus.) — Elimination of infectious material from the soil (Fungicides and heat treatment, Mechanical methods, Crop rotation, Biological control). — Adjustment of soil conditions to check activity of the parasite. — Augmentation of host resistance.

Grundriß der tropischen und subtropischen Bodenkunde. Für Pflanzler und Studierende. Von Dr. P. Vageler, Chefe da Secção de Solos, Instituto Agronomico do Estado de S. Paulo in Campinas, Brasilien. 252 Seiten, 28 einfarbige Bildtafeln u. 2 farbige Bodenprofile, 1938. Zweite, vermehrte Auflage. Preis des Leinenbandes RM. 12,75. Verlagsgesellschaft für Ackerbau m. b. H., Berlin SW. 11.

Inhalt: I. Theoretische und praktische Aufgaben der tropischen Bodenkunde. — II. Gesteine und Mineralien als Ausgangsmaterial der Bodenbildung und Faktoren der Bodenbewertung: a) einfache Untersuchungsmethoden; b) die wichtigsten Einzelmineralien. — 2. Die bodenkundlichsten wichtigsten Gesteine. — 3. Die sekundären Gesteinsbildungen. — III. Vegetationsformen der Tropen und Subtropen als Lieferanten organischer Reste. IV. Die Klimafaktoren als Bodenbildner in den Tropen und Subtropen und ihre Abhängigkeit von der Bodenoberflächengestalt und Vegetation. V. Die Entstehung der tropischen und subtropischen Böden. — 1. Die Verwitterung der Gesteine. 2. Die Umwandlung der organischen Reste des Bodens in Humus und sein Einfluß auf die chemische Verwitterung. 3. Die Umlagerung des Bodenmaterials. 4. Die Böden

der ständig feuchten Tropen und Subtropen. 5. Die Böden der wechselfeuchten Tropen und Subtropen. 6. Die Böden der tropischen und subtropischen Trockenklimate. VI. Die zweckmäßige Bodenwahl. VII. Physikalische Gesichtspunkte der Wahl der Kulturgewächse und der Bodenpflege. VIII. Chemische Gesichtspunkte der Wahl der Kulturgewächse und der Bodenpflege. — Schrifttum. — Verzeichnis der Tafeln und Abbildungen. — Sachregister.

Memoirs of the Faculty of Science and Agriculture. Taihoku Imperial University, Vol. XXV, Nr. 1. Soil and Fertilizers, Nr. 2, Jan. 1939.
Contents: Hideaki Saeki, Studies in Humus-Clay Complexes, 200 S.

Transactions of the fifth Commission and Alkali-Subkommission of the International Society of soil science. — *Comptes Rendus de la cinquième Commission et de la Sous-Commission pour les sols Alcalins de l'Association Internationale de la science du sol.* — *Verhandlungen der fünften Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft.* Helsinki 26.—30. VII. 1938. Volume, Teil B, 55 S. Edited — Redigés par — Redigiert von H. Stremme, Helsinki 1938. — Prof. Aarnio, Helsinki.

Transactions of the second Commission and Alkali-Subcommission of the International Society of soil Science. — *Comptes Rendus de la Deuxième Commission et de la Sous-Commission pour les sols alcalins de l'Association Internationale de la Science du sol.* — *Verhandlungen der Zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft.* — Helsinki 26.—30. VII. 1938, Vol., Teil B. Edited by — Redigés par — Redigiert von B. Aarnio, Helsinki 1938.

Literatursammlung aus dem Gesamtgebiet der Agrikulturchemie. Von Prof. H. Niklas, Dr. G. Vilsmeier und Dr. A. Hock. Band IV: Düngung und Düngemittel, bearbeitet von H. Niklas, F. Ader, F. Kiesel, F. Kohl und F. Czibulka. Band IV, gewidmet Prof. Dr. H. Neubauer. Helingsche Verlagsanstalt, Leipzig C 1, Salomonstr. 15. — 1938, über 1000 Seiten. Format gr. 8. Preis geb. 45,— RM.

Inhalt: Teil A: Allgemeines über Düngung und Düngemittel. — Teil B: Die Naturdünger. Die organische Substanz im Boden. Die Fäkaldünger. Die Gründüngung. Die Kompostdünger. Natürlicher und künstlicher Dünger, Jauche und Gülle. — Teil C: Die Handelsdünger. Kalidünger. Phosphorsäuredünger. Stickstoffdünger. Mischdünger. Reiz- und Stimulationsdünger. Aufbewahrung und Mischung. Düngemitteluntersuchung. Anwendung. — Teil D: Die Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen: Hackfrüchte—Getreide—Hülsenfrüchte—Ölfrüchte—Gespinstpflanzen—Wiesen und Weiden—sonstige Kulturpflanzen; Düngungsplan—Fruchtfolge—Forstbetrieb—Moor- und Heideböden—Düngung der Teiche—Düngung, Düngemittel und Pflanzenschutz.

Bibliography of Soil Series, by Charles F. Shaw, Head of Division of Soil Technology University of California, and Mark Baldwin Senior Soil Scientist Soil Survey Division United States Department of Agriculture, October 1938, 168 S.
Foreword (Ch. E. Kellog): Under the auspices of the American Soil Survey

Association (now the Soil Science Society of America), the senior author of this publication attempted to bring together a complete list of the soil series names used throughout the world, in order that duplication might be avoided.

Soils and Fertilizers. Imper. Bureau of Soil Science, vol. II, Nr. 2, 1939, Harpenden, England.

Contents: Social aspects of pedology. — Soil-Borne fungi and the control of root disease. — Book notices. — Summary of reports. — Abstract Section.

Soil structure. E. W. Russell. Imperial Bureau of Soil Science, Rothamsted, 1938. Technical Communication Nr. 37, p. 34.

Richtlinien für die Erforschung der Grundwasserverhältnisse. J. Denner und W. Koehne. Mit 23 Abb. u. 7 Anlagen. Landesamt f. Gewässerkunde und Hauptnivellements, Berlin 1938.

Inhalt: Grundwassermessverfahren und Meßgeräte. — Die Bearbeitung der Beobachtungsergebnisse. — Bestimmung der Filtergeschwindigkeit je Gefällseinheit. — Hydrologische Kartierung usw.

Die Eiszeit in Norddeutschland. Von K. Richter. Mit 63 Textabb. Deutscher Boden, Bd. IV. Berlin, Verlag Gebr. Borntraeger, 1937. Preis 4,80 RM. 139 S.

Inhalt: Aus der Geschichte der Eiszeitforschung — Eiszeitliche Dokumente und die Methoden ihrer Erforschung — Erdgeschichtliche Entwicklung Norddeutschlands im Eiszeitalter — Schrifttum.

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

Honorary members; Ehrenmitglieder; Members d'honneur

Prof. Dr. L. Cayeux, Paris; Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Königsberg; Sir
E. John Russell, Harpenden; Prof. Dr. A. A. J. von 'Sigmund, Budapest;
Prof. Dr. S. Winogradsky, Brie-Comte-Robert

Members of the General Committee; Mitglied des Generalkomitees;

Membres du Comité général

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

Presidents of the Commissions; Präsidenten der Kommissionen;

Présidents des Commissions

First Commission: Prof. Dr. G. W. Robinson, Bangor
Second „ Prof. J. Hendrick, Aberdeen
Third „ Dr. H. G. Thornton, Harpenden
Fourth „ Prof. Dr. E. A. Mitscherlich, Königsberg
Fifth „ Prof. D. Vilensky, Moscow
Subcommission for Europe: Prof. Dr. H. Stremme, Danzig
„ „ „ Mediterr. Region: Prof. E. H. del Villar, Madrid
„ „ „ North America: Prof. C. F. Shaw, Berkeley
„ „ „ South America: —
„ „ „ Asia: Prof. Dr. B. Polynov, Moscow
„ „ „ British Africa: C. G. T. Morison, Oxford
„ „ „ Australia: Prof. J. A. Prescott, Adelaide
„ „ „ Alkali soils: Prof. Dr. W. P. Kelley, Riverside
„ „ „ Forest soils: Prof. Dr. G. Krauss, München

Sixth Commission: Oberbaurat Otto Fauser, Stuttgart

Subcommission for peat soils: Prof. Dr. F. Brüne, Bremen

General Nomenclature Committee:

President: Dr. D. J. Hissink, Groningen

Secretary: G. V. Jacks, Harpenden

Representative of the National Sections; Vertreter der nationalen Sektionen;

Représentants des Sections Nationales

Argentina . . . Prof. Dr. J. Gollan, Santa Fé
Czechoslovakia . Prof. Dr. V. Novák, Brno
Denmark . . . Prof. Dr. S. Tovborg Jensen, København
Dutch East India Dr. J. Th. White, Buitenzorg
Egypt. Dr. W. T. H. Williamson, Orman
Great Britain . Prof. Dr. N. M. Comber, Leeds
British Empire. Dr. E. M. Crowther, Harpenden
Finland Prof. Dr. B. Aarnio, Helsinki
France Dr. A. Demolon, Versailles
Germany Prof. Dr. F. Schucht, Berlin
Hungary. Prof. Dr. R. Ballenegger, Budapest
India Prof. J. N. Mukherjee, Calcutta
Italy Prof. Dr. U. Buli, Ferrara
Japan Prof. Dr. K. Aso, Tokyo
Netherlands . . Prof. Dr. Ir. C. H. Edelman, Wageningen
Norway Prof. Dr. K. O. Björlykke, Aas
Poland Dr. Slaw Miklaszewski, Warszawa
Russia. Prof. Dr. A. A. Jarilov, Moscow
South Africa . . Prof. Dr. I. de V. Malherbe, Stellenbosch
Spain Prof. E. H. del Villar, Madrid
Sweden Dr. O. Tamm, Experimentalfältet
Switzerland . . Prof. Dr. H. Pallmann, Zürich
United States of America: Dr. A. G. Mc Call, Washington



