

Über die Bildung von Bodentypen.

Von **Richard Lang** (Tübingen).

Literatur.

- 1—24. Siehe Literaturverzeichnis bei **STREMME**, Laterit und Terra rossa usw. Geol. Rundschau, 1914, S. 480—481. — Vgl. auch das Literaturverzeichnis bei **MEIGEN**, Laterit. Geol. Rundschau, 1911, S. 197—198.
- I. **M. BAUER**, Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. N. Jahrb. f. Min. usw., 1898. Bd. II, S. 163—219.
- II. **M. BAUER**, Über den Laterit der Seyschellen. Sitzungsber. d. Ges. z. Beförd. der ges. Naturw. zu Marburg. 1897 und 1902.
- III. **M. BAUER**, Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagaskar. N. Jahrb. f. Min. usw. 1907. Festband S. 33—90.
- IV. **E. BLANCK**, Bemerkungen zu den von **D. J. HISSINK** zu meiner Arbeit über die chemische und physikalische Beschaffenheit der Roterden gemachten Bemerkungen. Journal f. Landwirtschaft 1912, S. 397—400.
- V. **E. BLANCK**, Beiträge zur regionalen Verwitterung in der Vorzeit. Mitt. d. Landwirtsch. Institute Breslau 1913, S. 619—682.
- VI. **E. BLANCK** und **J. M. DOBRESCU**, Weitere Beiträge zur Beschaffenheit rotgefärbter Bodenarten. Die landwirtsch. Versuchs-Stationen. 1914, S. 427—445.
- VII. **R. GRADMANN**, Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. 2. Aufl., 1900, I. Teil, S. 254—401.
- VIII. **E. W. HILGARD**, Die Böden arider und humider Länder. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, 1912, S. 240.
- IX. **TH. H. HOLLAND**, On the Constitution, Origin and Dehydration of Laterite. Geol. Magazine, 1903, S. 59—69.
- X. **R. LANG**, Über eine Einteilung nichtmetamorpher Sedimente in Tiefenzonen nach der Ausbildung ihrer Fe- und Al-Mineralien. Zentralbl. f. Min. usw., 1910, S. 69—76.
- XI. **R. LANG**, Rezente Braunerde- und Humusbildung auf Java und der Malayischen Halbinsel, nebst Bemerkungen über klimatische Verwitterung. Zentralbl. f. Min., 1914, S. 513—518 und 545—551.
- XII. **R. LANG**, Rezente Bohnerzbildung auf Laterit. Entstehung fossiler Bohnerze. Ebendort, 1914, S. 641—653.
- XIII. **R. LANG**, Besteht die Möglichkeit gleichzeitiger lateritischer und nicht lateritischer Verwitterung in den Tropen? Ebendort, 1915, S. 148—160.
- XIV. **R. LANG**, Rohhumus- und Bleicherdebildung im Schwarzwald und in den Tropen. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, 1915, S. 115—123.
- XV. **R. LANG**, Die klimatischen Bildungsbedingungen des Laterits. Chemie der Erde, 1 Bd. 1915, S. 134—154.
- XVI. **B. MACK**, Chemische Untersuchungen über Roterden und Bohnerztone. Dissertation Freiburg 1908.
- XVII. **O. MANN**, Die Bodenarten der Tropen und ihr Nutzwert. Hamburg, 1914, 60 S.

- XVIII. H. MAYR, Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Berlin 1909, 551 S.
 XIX. W. MEIGEN, Laterit. Geol. Rundschau 1911, S. 197—207.
 XX. H. MEYER, Ostafrikanische Gletscherfahrten, 1890, S. 286.
 XXI. MEYERS Weltreiseführer, II. Aufl., 1912, 1. Teil, S. 179.
 XXII. J. MOHR, Over den Grond van Java. Batavia 1911, 126 S.
 XXIII. S. PASSARGE, Geologische Beobachtungen in den Tropen und Subtropen. Lehrbuch der praktischen Geologie von Keilhack. 2. Aufl. 1908 S. 236—249.
 XXIV. H. POTONIÉ, Die Tropen-Sumpfflachmoor-Natur der Moore des produktiven Carbons. Jahrb. d. Preuß. geol. Anstalt, 1909, I. S. 389—443.
 XXV. H. POTONIÉ, Die Entstehung der Steinkohle usw. Berlin, 5. Aufl. 1910.
 XXVI. K. SAPPER, Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika. Petermanns Mitt. Ergänzungsheft 127, 1899, 119 S.
 XXVII. K. SAPPER, Beiträge zur Landeskunde von Neu-Mecklenburg und seinen Nachbarinseln. Mitt. aus d. d. Schutzgebieten. Ergänzungsheft No. 3 1910.
 XXVIII. H. STREMME, Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. Geol. Rundschau 1914, S. 480—499.
 XXIX. A. TOBLER, Geographische und geologische Beschreibung der Petroleumgebiete bei Moeara Enim (Südsumatra). Tijdschr. v. h. K. Nederlandsch Aardrijkskundig Venootschap, 1906, S. 255.
 XXX. P. VAGELER, Physikalische und chemische Vorgänge bei der Bodenbildung in den Tropen. Frühlings Landw. Ztg. 1910, S. 878.
 XXXI. P. VAGELER, Ugogo I. Der Tropenpflanzer, Berlin 1912. Beiheft 13, Nr. 1 und 2.
 XXXII. P. VAGELER, Die Entstehung des Laterits und der sonstigen tropischen Böden. Mitt. d. d. Landw. Ges. 1913, S. 387.
 XXXIII. W. VOLZ, Nordsumatra, Bd. I.
 XXXIV. VRIENS und TIJMSTRA, Deliböden. Intern. Mitt. f. Bodenkunde 1912.
 XXXV. W. WANGERIN, Die gegenwärtigen pontischen Pflanzengemeinschaften Deutschlands. Aus der Heimat, 1914, S. 104—114.
 XXXVI. W. WANGERIN, Die Entwicklungsgeschichte der pontischen Pflanzengemeinschaften. Ebendort 1914, S. 114—118.
 XXXVII. F. WOHLTMANN, Handbuch der tropischen Agrikultur. Bd. I. 1892.
 XXXVIII. F. WOHLTMANN, Deutsch-Ostatrika, 1898, S. 3—4.

Im Laufe des vergangenen Jahres war als bedeutsame Erscheinung aus dem Gebiete der Bodenkunde das Werk GLINKAS (7) über »die Typen der Bodenbildung« zu verzeichnen. Dieses Buch vermittelt uns erstmals einen vollen Einblick in die reiche und wichtige russische bodenkundliche Literatur, die aus sprachlichen Gründen in Westeuropa nicht genügend bekannt war, und zugleich eine Zusammenstellung und Übersicht über die Anschauungsweise dieses bedeutenden russischen Forschers.

In seine Fußtapfen trat STREMME (XXVIII), indem er die für Rußland giltigen Gesetze der Bodenbildung auf die deutschen Verhältnisse übertrug und auch die Entstehung der Tropenböden im GLINKASchen Sinne erklärte. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß beide Forscher die Bildung dieser letzteren Böden in der Natur nicht selbst hatten verfolgen können. An der Hand der Mitteilungen STREMMES läßt sich zeigen, daß die von GLINKA angegebene Bodenklassifikation, allgemein genommen,

nicht richtig sein kann, obwohl sie für die russischen Gebiete Giltigkeit hat. Einerseits für den Laterit, andererseits für die Böden Mittel- und Südeuropas läßt sich dieser Satz aufstellen.

Betreffs dieser letzteren Böden sei darauf hingewiesen, daß sie besonders auch von deutscher Seite eingehend studiert sind. Vor allen ist es RAMANN (18), der die Ergebnisse der Forschungen über die deutschen Böden zusammengefaßt und lichtvoll in größeren Rahmen gestellt hat. Er machte »den ersten Versuch, die europäischen Bodenzonen auf bestimmte vorherrschend wirksame Faktoren des Klimas zurückzuführen und unter einheitliche Gesichtspunkte zu ordnen.« Die von RAMANN durchgeführte Einteilung der Böden nach Typen, die insbesondere für Mittel- und Südeuropa Giltigkeit hat, weicht durchaus von der GLINKAS ab.

Um die hier angedeuteten Gegensätze näher beleuchten zu können, sei auf die Systeme GLINKAS und RAMANNS eingegangen.

Beide haben zur Grundlage die Anschauung, daß das Klima der bedeutsamste Faktor für die Art der Bodenbildung ist. Die Richtigkeit dieses Satzes ist heute wohl nicht mehr bestritten. Im übrigen aber legen die beiden Forscher den verschiedenen Elementen des Klimas eine mehr oder weniger verschiedene Bedeutung für die Bodenbildung bei. An klimatischen Faktoren sind hauptsächlich zu nennen: die Temperatur, die Niederschläge und ihre Verteilung über das Jahr, die relative Luftfeuchtigkeit, der Wind, die örtliche Lage (Exposition). Neben diesen klimatischen Elementen wirken auch andere auf die Art der Bodenbildung ein, insbesondere die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens bzw. des Untergrundes.

GLINKA greift unter den klimatischen Faktoren der Bodenbildung als den hervorstechendsten die Befeuchtung heraus und stellt danach seine Klassifikation der Böden auf, indem er nach einer allgemeinen Trennung der Böden in eine ektodynamomorphe und endodynamomorphe Gruppe die ersteren Böden in 6 Klassen einteilt. Während bei der ersteren Gruppe von Böden deren Bau und Eigenschaften ziemlich unabhängig von dem Muttergestein sind, zeigt sich bei der endodynamomorphen Gruppe eine »durch die Muttergesteinsart hervorgerufene Beeinflussung des Bodenbildungsprozesses«. Die Bodenklassifikation GLINKAS sei hier kurz wiedergegeben:

I. Teil. Ektodynamomorphe Böden.

1. Klasse. Böden von optimaler Befeuchtung.
 - a) Laterite, b) Roterden, c) Gelberden.
2. Klasse. Böden von mittlerer Befeuchtung.
 - a) Podsolige Böden, b) Graue Waldböden, c) Degradierete Tschernoseme. [= Rohhumus- und Bleicherdeböden.]
3. Klasse. Böden von mäßiger Befeuchtung.
 - a) Tschernoseme (und Regur?). [= Schwarzerden.]

4. Klasse. Böden von ungenügender Befeuchtung.
- Gruppe A. a) Kastanienfarbige Böden,
 b) Braune Böden [a und b = Braunerden],
 c) Graue Böden,
 d) Rotfarbige Böden.
- Gruppe B. Die Wüstenkrusten.
 a) Die braune Schutzrinde,
 b) Die Kalkkruste,
 c) Die Gipskruste.
5. Klasse. Böden von übermäßiger Befeuchtung.
- Gruppe A. a) Moorböden (Torf- und Schlamm Böden).
- Gruppe B. a) Böden der Bergwiesen,
 b) Torfböden der trockenen Tundren und Berggipfel.
6. Klasse. Böden von zeitweise übermäßiger Befeuchtung.
- a) Strukturformige Salzböden (»Solonetz«),
 b) Strukturlose Salzböden (»Solontschak«),
 c) Solonetzartige Böden: Übergänge der Böden der Klassen 3 und 4 zu a,
 d) Solontschakartige Böden: Übergänge der Böden der Klassen 3 und 4 zu b.

II. Teil. Endodynamomorphe Böden.

- a) Rendzine, b) verschiedene Skelettböden.

Bei der Besprechung möchte ich die hier nicht weiter interessierenden endodynamomorphen Böden weglassen.

Von den ektodynamomorphen Böden haben GLINKA und die übrigen russischen Forscher im allgemeinen aus eigener Anschauung nur kennen gelernt: Klasse 2, 3, einen Teil der Klasse 4, Klasse 5 und 6. Es sei deshalb in erster Linie auf die diesen Forschern am besten bekannten

russischen Bodentypen

und insbesondere auf die Bildung der Rohhumus- und Bleicherdeböden eingegangen.

Aus der Darstellung GLINKAS geht hervor, und aus der dem Werk beigegebenen Übersichtskarte der Bodenzonen in Rußland ist es ohne weiteres zu ersehen, daß sich von Norden nach Süden aneinander schließen: Tundraböden, Rohhumus- und Bleicherdeböden, Schwarzerden, Braunerden. In der Nomenklatur GLINKAS ausgedrückt gehen die Böden von übermäßiger Befeuchtung gegen Süden über in Böden von mittlerer Befeuchtung, weiter in solche von mäßiger und dann in solche von ungenügender Befeuchtung. Diese Böden bilden, da sie gegenseitig aneinander grenzen, eine geschlossene klimatische Typenreihe, derart, daß die Böden der nördlichen Gebiete zumeist unter feuchterem und kälterem Klima entstanden als die südlicher auftretenden Schwarzerdeböden, und diese wieder unter höherer Feuchtigkeit und niedrigeren Temperaturen als die dann folgenden Braun-

erdeböden. Die Braunerden im Sinne RAMANNS entsprechen, wie ich nachwies (XIII), durchaus den »Braunen« und den »Kastanienfarbenen Böden« GLINKAS.

Ziemlich genau parallel mit dieser Einteilung geht diejenige der Vegetationszonen in Rußland: im Norden die Zone der Tundra-vegetation, daran nach Süden anschließend eine Waldzone, die an der Grenze zwischen Bleicherden und Schwarzerden in die Steppenzzone übergeht und weiter südlich z. T. Salzsteppe wird. Je weiter man in Rußland von Norden — etwa von der Ostsee ausgehend — nach Süden wandert, desto trockener wird das Klima, wie schon äußerlich an der Vegetation und exakt an den jährlichen Regenmengen, die die betreffenden Gebiete befeuchten, und die ziemlich gleichmäßig nach Südosten abnehmen, erkennbar ist. Es ist deshalb sehr wohl begreiflich, wenn GLINKA auf diesem Parallelismus sein klimatisches Bodensystem aufgebaut hat und deshalb die Beziehungen zwischen der Befeuchtung und der Art des Bodens besonders hervorhebt.

Wenn man berücksichtigt, daß in den Podsolgebieten Rußlands die Feuchtigkeit 750 m anscheinend nirgends erreicht und in der Schwarzerdezone um etwa 400—500 mm schwankt, so wird man auch die GLINKASche Bezeichnung: Böden von mittlerer Befeuchtung für die ersteren, Böden von mäßiger Befeuchtung für die letzteren als geeignet ansehen, besonders wenn man die Regenhöhen in Mitteleuropa zum Vergleich heranzieht, wo, z. B. in den deutschen Mittelgebirgen, fast durchweg Niederschlagsmengen von 1000 und mehr Millimetern beobachtet sind. Absolut genommen sind diese Bezeichnungen also jedenfalls richtig.

Und doch scheinen diese Bezeichnungen des Maßes der Befeuchtung durch GLINKA in bodenkundlicher Hinsicht nicht glücklich gewählt. Schon bei den Tundraböden läßt sich dies erkennen. Sie sind ihrem Wesen nach richtige »Böden von übermäßiger Befeuchtung«, obwohl sie im nördlichsten Rußland z. T. noch nicht 250 Millimeter jährliche Befeuchtung erhalten. Die Temperaturen sind eben hier so niedrig, daß auch die Verdunstung auf einem Minimum angelangt ist, so daß die zugeführten Feuchtigkeitmengen, obwohl sie absolut genommen niedrig sind, den Boden in dauernder starker Befeuchtung erhalten. Entsprechend den niederen Temperaturen werden Mineralstoffe nur in geringstem Maße gelöst und diese sind nicht imstande, den von der spärlichen Vegetation gebildeten Humus adsorptiv zu sättigen. Es bildet sich deshalb in diesen Tundrangebieten Rohhumus.

Auch die Podsolböden, die Rohhumus- und Bleicherdeböden der russischen Waldgebiete, müssen noch als »Böden von übermäßiger Befeuchtung« bezeichnet werden, sobald wir die diesen Boden erzeugende Feuchtigkeit mit den dort herrschenden Temperaturen in Beziehung setzen. Zur Erklärung sei deshalb weiter auf die Frage eingegangen, wie die Bildung von Rohhumus zustande kommt.

Diese erfolgt, wie schon erwähnt, wenn die gebildeten Humusmengen keine adsorptive Sättigung erhalten, d. h. wenn denselben nicht genügende Mengen gelöster Mineralsalze zur Verfügung stehen. Bei relativem Mangel an solchen tritt Rohhumusbildung bei Anwesenheit größerer Humusmengen dann am ehesten ein, wenn einerseits niedere Temperaturen die Zerstörung des Humus hemmen und die Lösungsfähigkeit des Wassers Mineralsubstanzen gegenüber vermindern und andererseits hohe Feuchtigkeit die Zerstörung des Humus verlangsamt und die Konzentration der gelösten Salze verringert. Niedere Temperaturen und hohe Feuchtigkeit wirken also beide in der Richtung auf eine Erhaltung und Anhäufung bzw., wenn die vorhandenen Mineralsalze zur adsorptiven Sättigung des Humus nicht mehr ausreichen, auf eine Degradation des Humus, d. h. auf Rohhumus- und in dessen Gefolge Bleicherdebildung.

Eine chemisch-physikalisch wesentlich anders geartete Bodenart als Rohhumus- und Bleicherdeboden ist selbst von Gebieten mit niedersten Temperaturen und höchsten Regenmengen, also mit bodenkundlich ungünstigsten Verhältnissen, nicht bekannt, vielmehr überzeugen uns leicht die z. B. von GLINKA und RAMANN entworfenen bodenkundlichen Karten, daß im ganzen Norden innerhalb der Tundra- wie auch der podsoligen Waldgebiete und ebenso sich wiederholend in den in die Nähe der Schneegrenze aufsteigenden Hochgebirgen nur Rohhumusbildungen auftreten. In diesen Gebieten mit Rohhumus- und Bleicherdeboden herrscht eine im Verhältnis zur Befeuchtung zu geringe Temperatur oder, was dasselbe ist, eine im Verhältnis zur Temperatur zu hohe Befeuchtung. Dies gilt nicht nur für die Tundra-, sondern auch für die podsoligen Waldgebiete Rußlands, obwohl in beiden, absolut genommen, nur mittlere bis niedere Befeuchtung beobachtet wird.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergibt sich, daß die Rohhumus- und Bleicherdeböden ein Endglied einer klimatischen Bodenreihe darstellen. Ich fasse also als Endglied die Klassen 2 und 5 von GLINKA, also seine Böden von »übermäßiger« und von »mittlerer« Befeuchtung, zusammen und rücke sie im Gegensatz zu GLINKA an erste Stelle. Sie seien als Böden von relativ (d. h. im Verhältnis zur Temperatur) übermäßiger Befeuchtung bezeichnet.

In zweiter Linie seien die

Böden der Tropen

besprochen und dabei die Humusbildung im tropischen Regenwald und die Entstehung humusfreier Böden behandelt.

GLINKA führt als Vertreter seiner ersten Bodenklasse Laterit, Roterden und Gelberden auf, und nennt sie Böden von optimaler (besser: starker) Befeuchtung. Es ist von vornherein ausgeschlossen, daß diese Böden sich unter höherer relativer Befeuchtung gebildet haben als die Rohhumusböden, die GLINKA in seiner Klassi-

fikation an zweite Stelle setzt, da diese letzteren, wie wir gesehen haben, bei höchster relativer Befeuchtung entstehen.

Aber auch die Möglichkeit gleicher relativer Befeuchtung des Laterits, der Roterden und Gelberden einerseits und des Rohhumus andererseits erscheint als zum mindesten fraglich, da die ersteren Bodenarten humusarm bis humusfrei sind. Zwar wird angegeben, daß in den wärmeren Klimagebieten, in denen diese Böden sich bilden, aller entstehende Humus infolge der hohen Temperaturen sofort verwese. Diese Angabe ist aber, wie man jetzt sagen kann, nicht genügend begründet gewesen. Vielmehr konnte nachgewiesen werden, daß auch in den wärmeren Gebieten der Erde und sogar in den Tropen Böden mit reichlichem Humusgehalt, ja selbst reine Humusböden nicht fehlen, daß also auch in den Tropen, wie in der gemäßigten und kalten Zone bei relativ (d. h. im Verhältnis zur Temperatur) gleichartiger Befeuchtung auch gleichartige Böden sich bilden. Natürlich sind aber entsprechend den höheren Temperaturen in den Tropen auch viel höhere Feuchtigkeitsmengen erforderlich, um einen dem gemäßigten Klima entsprechenden Boden zu erzeugen.

Was die Humusbildung in den Tropen anbelangt, so hat als erster wohl POTONIE an der Hand einer ihm zugekommenen Beschreibung eines Tropen-Sumpfflachmoores in Sumatra (XXIV, XXV) darauf aufmerksam gemacht, daß auch in den Tropen eine Anreicherung von Humus möglich sei. Aus der Beschreibung geht hervor, daß das diesem Moorgebiet entfließende Wasser dunkel gefärbt war. Daraus ergibt sich, daß es sich um ein Rohhumusgebiet handelt. Auch RAMANN (18) hat darauf hingewiesen, daß in den Urwaldgebieten Südamerikas und Zentralafrikas Gewässer vorkommen, die gelösten Humus mit sich führen, sogenannte Schwarzwässer, die typische Anzeichen der Rohhumusbildung in diesen Gegenden sind. Bei meinen Reisen in Sumatra, Java und Malakka (XI, XIV) habe ich gleichfalls an zahlreichen Stellen Schwarzwässer und Rohhumusbildung beobachtet. Ich habe das Auftreten humoser Böden und speziell des Rohhumus in diesen Tropengebieten mit den im Verhältnis zu anderen tropischen Ländern außerordentlich hohen Regenmengen in Verbindung gebracht, die die Zerstörung des Humus verhindern (11, XV). Tatsächlich betragen die Regenmengen der von mir bereisten indischen Gebiete fast überall über 2000 mm im Jahr.

Da also auch in den Tropen, wiederum unter relativ übermäßiger Befeuchtung, Rohhumusböden vorkommen, so dürfte damit bewiesen sein, daß der Laterit als humusfreier Boden kein Produkt besonders hoher Befeuchtung sein kann, und daß somit seine Stellung in der Bodenklassifikation GLINKAS unrichtig ist.

Ganz entsprechend kann darauf geschlossen werden, daß auch die Roterden und Gelberden als humusarme bis humusfreie Böden nicht unter »optimaler« Befeuchtung gebildet sein

können. Auch die Verbreitung dieser Böden in Gebieten mit noch nicht 750 mm Niederschlag bei jährlichen Durchschnittstemperaturen von über 10° C. z. B. an den Küsten des Mittelmeeres, beweist dies (18, XV).

Nachdem das Vorkommen tropischer Rohhumusgebiete festgestellt ist, erscheint das Auftreten humusführender Böden in andern Gebieten der Tropen nicht als verwunderlich. Eine Anzahl genauer Angaben beweisen uns deren Existenz. SAPPER (XXVI, XXVII) hat von Humus dunkel gefärbte Böden sowohl in Zentralamerika, wie auch auf den deutschen Südseeinseln beobachtet. MOHR (XXII) beschrieb von Java humusreiche Böden. Ähnliches geht aus den Bodenanalysen von VRIENS und TIJMSTRA (XXIV) für das Gebiet von Deli in Sumatra hervor. TOBLER (XXIX) und VOLZ (XXXIII), die beiden ausgezeichneten Kenner Sumatras, haben dort nirgends rezente Laterit gefunden. In dem von mir besuchten Südostsumatra, in Java und Malakka habe ich nur mehr oder weniger humusführende Böden als rezente Ablagerungen beobachtet. Daraus konnte ich darauf schließen, daß in diesen Gebieten mit 2000 mm und mehr jährlichen Niederschlägen Laterit nicht gebildet wird und daß er somit eine Bildung trockeneren Tropenklimas sein muß.

Doch konnte ich zeigen, daß die Braunerdebildung an günstigen Stellen der Gebiete in Indien, in denen die Niederschlagsmengen nur etwa 2000 mm betragen, nur noch gering ist. Daraus schloß ich, daß die Grenze zur Lateritbildung bei gleichen Temperaturen unter einer wenig niedrigeren Befeuchtung einsetzen würde.

Auffälligerweise liegt die Grenze zwischen dem tropischen Regenwald und den lichten Monsunwäldern und den Savannen bei etwa 1800 mm Regenhöhe. Ich nahm daher an, daß die humushaltigen Böden im Bereich des tropischen Regenwaldes sich bilden und daß die Lateritbildung in den Tropen ungefähr bei Niederschlägen von 1800 mm beginnen dürfte, da bei der niedrigeren Feuchtigkeit und der geringeren Bewachsung aller durch den Pflanzenwuchs gebildete Humus zerstört werden muß.

Die zweite Grenze der Lateritbildung ist an der Grenze zwischen Savannen und Steppen bei etwa 1100—900 mm Niederschlägen zu suchen, d. h. an der Grenze zwischen humidem und aridem Klima. Sinken die Regenmengen unter diese Zahl, so werden den gebildeten Böden die Alkali- und Erdalkaliverbindungen nicht mehr oder nur noch zu einem gewissen Teil ausgewaschen, vielmehr reichern sie sich an und es kann sich deshalb kein Laterit, kein im Grenzfall nur die Oxyde bzw. Hydroxyde der 3wertigen Elemente Aluminium, Eisen und Mangan enthaltender Boden mehr bilden (XV).

Mit dieser Auffassung stimmen eine Reihe wertvoller positiver Beobachtungen von Forschungsreisenden überein, so die WOHLTMANNs (XXXVII, XXXVIII), H. MEYERS (XX) und VAGELERS (XXXI, XXXII), die diese Forscher insbesondere in Ost-

afrika gewonnen haben. SAPPERS (XXVI, XXVII) Angaben weisen darauf hin, daß in Mittelamerika und auf den von ihm bereisten Deutschen Südseeinseln der Laterit an die Stellen mit fehlendem Tropenwald, also an die Savannengebiete gebunden ist. Von dem Savannengebiet Cambodjas wird angegeben, daß es von Laterit bedeckt ist (XXI), MANN (XVII) hat jüngst in einer ausgezeichneten Schrift, die besonders auf Erfahrungen in Togo zu beruhen scheint, die Bodenverhältnisse u. a. der Savannen eingehend behandelt. Aus den wertvollen, vielfach auf Grund eigener Anschauung gemachten Angaben läßt es sich ersehen, daß die Böden, die er als Roterden bezeichnet, im wesentlichen unserem Laterit entsprechen, während er seinen Begriff Laterit im Sinne BUCHANANS und WOHLTMANNs verwendet, wonach der Laterit ein auch von Brauneisenkonkretionen verkittetes, mehr oder weniger hartes ziegelartiges Verwitterungsprodukt bildet, das wenig fruchtbar ist. Er sagt: »Auf den Roterden und den Lateriten finden wir eine mehr oder weniger dichte Baumsavanne. Namentlich auf den lateritischen Böden stellt sich eine ausgesprochene Baumsteppe ein, während die Roterden noch hie und da unter besonders günstigen Umständen eine reine Grasflur aufweisen.«

Für den auch Brauneisenkonkretionen in schlackigzelliger Form oder in Gestalt von Bohnerz enthaltenden »Laterit« habe ich nachgewiesen, daß diese Konkretionen erst durch Braunerdeverwitterung des Laterits sich gebildet haben, so daß der betreffende Boden in der Gegenwart entweder immer oder wenigstens über die feuchte Zeit des Jahres der Braunerdeverwitterung untersteht (XII, XV).

Viel schwieriger als in Rußland war es, aus der Verteilung der

Bodenarten in Mitteleuropa

klimatische Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Im Gegensatz zu Rußland wechseln die Bodentypen oft, scheinbar ohne Regel, auf kurze Entfernungen: Zahlreiche Mittelgebirge sowie das Hochgebirge der Alpen, die die Tiefländer voneinander trennen, stören in erheblichem Maße die Übersicht, die eine Möglichkeit der Vergleichung der klimatischen Einflüsse auf die Bodenbildung gewähren könnte. Denn mit der Erhebung eines Berglandes aus umgebendem Flachland sinkt mit steigender Meereshöhe rasch die Jahrestemperatur, es vermehren sich die Niederschlagsmengen beträchtlich, nicht selten bis zu einem Vielfachen der im Flachland beobachteten, endlich macht sich an den steilen Hängen im Gegensatz zu flachliegendem Gebiet der Einfluß der Exposition in hohem Grade bemerkbar. Höhere Feuchtigkeit und niederere Temperaturen wirken aber, jeder Faktor für sich, in der Richtung auf einen humusreicheren Boden, bzw. wenn der Humus nicht mehr adsorptiv gesättigt werden kann, in der Richtung auf Rohhumusboden. Der Nordhang des Gebirges mit seiner geringeren Erwärmung infolge vermindelter Sonnenbestrahlung zeigt deshalb die Eigenschaften kälteren Klimas, während bei Exposition des Gebirgs-

abfalles nach Süden mit einem oft im Sommer fast senkrechten Auftreffen der Sonnenstrahlen auf den Boden dieser alle Eigenschaften relativ verminderter Feuchtigkeit aufweist, d. h. von höheren Temperaturen und dementsprechend höherer Verdunstung bei ziemlich gleichbleibenden Regenmengen. Dementsprechend treten im Gebirge in allen flachliegenden Teilen Bodenarten auf, die ein nördlicheres Gepräge tragen. Auf den warmen Südhängen, der »Sommerseite«, mit ihrer vollen Sonnenbestrahlung aber mag man Böden finden, die aus südlicheren Flachgebieten bekannt sind, während der kühlere, wenig bestrahlte Nordhang, die »Winterseite«, Böden zeitigt, die noch mehr als die Hochflächen von gleicher Erhebung über dem Meere nordischen Charakter zeigen. Der Wind und die relative Luftfeuchtigkeit mögen auf diese Verhältnisse noch weiter in einem gewissen Grade verändernd einwirken, und endlich die nichtklimatischen Bodenfaktoren, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen sei.

Da die Gebirge in Mitteleuropa einer allgemeinen Vergleichung der Böden und ihrer Einteilung in bestimmte Typen nach den klimatischen Verschiedenheiten hinderlich waren, so blieb als einzige Möglichkeit die Vergleichung der Böden der Tiefländer. Diese Gebiete weisen aber in Mitteleuropa nicht, wie in Rußland, eine charakteristische von Norden nach Süden stetig in gleicher Richtung sich verändernde Feuchtigkeitsverminderung auf, vielmehr bleiben die Durchschnittsregenmengen sich ziemlich gleich und schwanken im wesentlichen zwischen 400 und 600 mm. Da die Feuchtigkeit also ziemlich konstant ist, so bleibt als von Norden nach Süden wechselnder klimatischer Faktor nur die Zunahme der Durchschnittstemperaturen nach Süden übrig.

Es ist somit wohl begreiflich, wenn RAMANN (18), entgegen der Klassifikation GLINKAS, die nach dem Maß der Befeuchtung und der Beeinflussung der Bodenstruktur durch das Muttergestein aufgestellt ist, seine klimatische Bodeneinteilung insbesondere auf dem Wechsel der Temperaturen in den verschiedenen Breiten aufbaut neben einer allgemeinen Scheidung der Böden in solche des ariden und des humiden Klimas, d. h. in solche, die unter einem Klima gebildet sind, in dem die Verdunstung die Niederschläge überwiegt, und in solche, die unter umgekehrten Verhältnissen entstanden sind.

RAMANN fand, daß die Böden in den humiden Gebieten Mittel- und Südeuropas mit zunehmender Durchschnittstemperatur von Rohhumus- und Bleicherdeböden übergehen zu Braunerden, Gelberden und Roterden, und in den Tropen findet sich als entsprechende Bildung der Laterit. Während die Rohhumus- und die Bleicherdeböden im Tiefland in den nördlicheren Gebieten Europas ihre Hauptverbreitung besitzen, treten die Braunerden hauptsächlich in Mitteleuropä auf. Die Gelberden und die Roterden dagegen sind im wesentlichen auf die südlicheren Teile Europas, insbesondere auf die Küsten des Mittelmeeres beschränkt.

Bei RAMANN fehlen im Gegensatz zu GLINKA die Schwarzerden als Zwischenglied zwischen den Rohhumusböden und den Braunerden. Offenbar ist der Grund hierfür die Darstellungen russischer Forscher, die die Schwarzerde als Boden von Steppengebieten bezeichneten. Dementsprechend hat RAMANN die Schwarzerde unter die Böden des ariden Klimas eingereiht. Es zeigt sich aber, wie auch RAMANN angibt, daß auch in Mitteleuropa Schwarzerden auftreten, die sowohl unter absolut höherer Feuchtigkeit als auch unter höheren Durchschnittstemperaturen gebildet sind als die russischen Schwarzerden, so daß das Verhältnis zwischen Feuchtigkeit und Temperatur dem russischen in Schwarzerdegebieten vorhandenen ungefähr entspricht. Tatsächlich übertrifft in den Schwarzerdegebieten die Befeuchtung die Verdunstung, wie uns auch ein Blick auf die russische Karte überzeugt, wo zahlreiche Flüsse den dortigen Schwarzerde- und auch Braunerdegebieten entspringen. Es sind also die Schwarzerdeböden Produkte humiden Klimas und sie sind deshalb zwischen den Rohhumusböden und den Braunerden einzuschalten.

Es folgen demnach von Norden nach Süden

1. Rohhumus- und Bleicherdeböden,
2. Schwarzerden,
3. Braunerden,

nach GLINKA bei abnehmender Befeuchtung, nach RAMANN bei zunehmender Temperatur. Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß beide Faktoren, und zwar jeder für sich, in entgegengesetztem Sinne die Bodenbildung in bestimmter Richtung beeinflussen.

Die Braunerden RAMANNs sind, wie schon oben erwähnt, identisch mit GLINKAs »Braunen« und »Kastanienfarbenen Böden«. Es sind Böden mit geringerem Gehalt an adsorptiv gesättigtem Humus als die Schwarzerden. Entsprechend ihrem geringeren Humusgehalt tritt in den Braunerden die Eigenfarbe der anorganogenen Komponente des Bodens mehr hervor als in den Schwarzerden, und es wechselt demnach ihre Farbe von Schwarz nach Braun. Es ist aber unrichtig, wenn die Braunerden, in Deutschland wohl die am meisten untersuchten Böden, von GLINKA den podsoligen Böden zugerechnet werden. Auch STREMME (21, XXVIII) berücksichtigt die Eigenart der Braunerdeböden nicht; nirgends in seinen Untersuchungen und Besprechungen der deutschen Böden tritt der Begriff der Braunerdeböden in die Erscheinung, obwohl sie insbesondere in Süddeutschland weite Strecken einnehmen und wohl dessen hauptsächliche Bodenart darstellen.

Die von GLINKA selbst nicht beobachteten Gelberden und Roterden schließen sich nach RAMANN gegen Süden direkt an die Braunerden an, und zwar findet man die Roterden in den wärmeren und trockeneren Lagen als die Gelberden. Da beide Bodenarten humusarm bis humusfrei sind und beide chemisch-mineralogisch aneinander anschließen und auch die Roterden anscheinend bei höheren Temperaturen in den

Laterit übergehen, so ist die Annahme berechtigt, daß alle 3 Bodentypen bei gleicher relativer Befeuchtung entstanden sind und daß die Unterschiede in der Farbe nur in der Verschiedenheit der Bildungstemperaturen des gelben bzw. roten Eisenanteils liegen. Es ist anzunehmen, daß das Gelb des Brauneisens bei einer gewissen Temperatur unter Abspaltung vom Wasser in eine wasserärmere rote Eisenverbindung, in Roteisen, übergeht, so daß an Stelle von Gelberden Roterden entstehen. Nach den von RAMANN aus Südfrankreich berichteten Verhältnissen ist dies bei einer Durchschnittsbodentemperatur von schätzungsweise 14°C der Fall. Bei weiterer Temperaturzunahme wird offenbar die Kieselsäure unter sonst gleichen Bedingungen immer leichter löslich, so daß sie in den Tropen den rotfarbenen Verwitterungsschichten zuletzt ganz entzogen wird und kieselsäurefreier Laterit entsteht.

Schon bei Besprechung der Frage ob die Schwarzerden Böden des humiden oder des ariden Klimas seien, kam die Frage der Bewachsung zur Sprache. Es seien im folgenden die

Beziehungen zwischen Bodenart und Bewachsung

noch näher beleuchtet.

Tatsächlich bilden die Schwarzerden und die Braunerden in Rußland Steppenböden, während dieselben Böden in Mitteleuropa echte Waldböden sind. »Könnte man den Menschen wieder vertreiben, Wald würde in kurzer Zeit zurückkehren auf jene drei Viertel des Deutschen Reiches, auf denen er durch den Menschen beseitigt wurde« (XVIII). Trotz der verschiedenen Bewachsung sind also die Bodentypen dieselben, weil eben die relative Befeuchtung die gleiche geblieben ist: in Rußland bei niedrigerer Temperatur auch niedrige Feuchtigkeit, in Mitteleuropa höhere Temperatur, aber auch höhere Feuchtigkeit.

Ähnlich steht es mit der Bewaldung der Podsolböden. In Rußland sind die bewaldeten Podsolböden über ein Gebiet von weit über 10 Breitengraden ausgebreitet und ihre Südgrenze deckt sich fast genau mit der Waldgrenze. Bei uns liegen die Verhältnisse einigermaßen anders. Im Schwarzwald z. B. ist der bewaldete Podsolboden mit seinen Begleiterscheinungen Ortstein und Schwarzwässern auf eine Zone beschränkt, die vertikal nur wenige hundert Meter umfaßt¹⁾. Die höchsten Erhebungen im südlichen Schwarzwald sowohl wie im nördlichen liegen aber oberhalb der Baumgrenze, d. h. es herrschen die klimatischen Verhältnisse der Tundravegetation. Im Schwarzwald drängt sich also das Waldgebiet, das sich auf Podsolboden gründet, auf viel engerem Raume zusammen, als dies in Rußland der Fall ist.

Aus der verschiedenen Verteilung des Waldes über die klimatischen Bodentypen in Rußland einerseits und Deutsch-

¹⁾ Die Angabe STREMMES, daß wir »in West- und Süddeutschland überwiegend (jedoch keineswegs ausschließlich) Podsol- und podsolige Böden« haben, ist mindestens für Süddeutschland unrichtig, da dort nur in einigen gebirgigen Gegenden Rohhumusbildung häufiger auftritt.

land andererseits ergibt sich, daß man nicht etwa in den Fehler verfallen darf, anzunehmen, daß gleichen Bodentypen auch die gleiche Bewachsung, gleiche Vegetationsformen zukommen müssen. Die Bildung bestimmter klimatischer Bodentypen deckt sich vielmehr keineswegs mit der Verbreitung gewisser Florenbezirke.

Man kann ohne weiteres sagen, daß auf Rohhumusboden in den Tropen jedenfalls eine vollkommen andere Flora herrscht als etwa unter hohen Breiten, trotzdem die Böden physikalisch-chemisch gleichartig sind. Es genügt allein schon der Wechsel der Temperaturen, um das Pflanzenbild vollkommen zu ändern. Es ergibt sich somit, daß nicht wie beim Boden mindestens 2 klimatische Faktoren: Temperatur und Feuchtigkeit herangezogen werden müssen, um seine Bildungsrichtung erkennen zu können. Es genügt vielmehr für die Pflanzen schon die Änderung eines klimatischen Faktors, um in jedem Falle das Pflanzenkleid zu ändern.

Das zeigt sich auch, wenn man der Frage nachgeht, warum der Wald in Rußland und in Deutschland auf ganz verschiedene Bodenarten verteilt ist. MAYR (XVIII) zeigte, daß die beiden Faktoren Temperatur und Feuchtigkeit die Bildung von Wäldern in folgender Weise begrenzen.

Geschlossene Wälder hören bei einem gewissen Temperaturminimum auf zu existieren. Diese Temperatur ist jedoch keine Jahresdurchschnittstemperatur, vielmehr die Temperatur, die auf der nördlichen Halbkugel während der 4 Hauptvegetationsmonate: Mai, Juni, Juli, August herrscht. MAYR gibt an, daß die Kältengrenze des Waldwuchses da erreicht ist, wo die Lufttemperatur während der vier Hauptvegetationsmonate $+10^{\circ}\text{C}$. erreicht. Bleibt die Temperatur in dieser Zeit unter diesem Wert, so fehlt dem Boden das geschlossene Waldkleid. Diese Grenze ist offenbar auf den höchsten Erhebungen des Schwarzwaldes schon überschritten, während sie im Flachland des nördlichen Rußland weit nach Norden gerückt ist.

Eine zweite Grenze des Waldes ist da erreicht, wo die Feuchtigkeit ein gewisses Minimum innehält. Fällt in der Hauptvegetationszeit Mai bis August weniger als eine gewisse Durchschnittsmenge Regen, die nach MAYR je nach der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 50 und 100 mm schwankt (im wesentlichen nach nordamerikanischen Verhältnissen berechnet), so ist dort Waldansiedelung auf natürlichem Wege unmöglich, gleichgiltig welche Jahrestemperaturen dort herrschen mögen. Es entsteht also in diesem Falle eine Steppenlandschaft. Offenbar bleibt die Feuchtigkeit in den Schwarzerde- und Braunerdegebieten Rußlands, die schon ziemlich regenarm sind, unter dieser Grenze, während in den gleichartigen Bodengebieten Deutschlands infolge der hier herrschenden höheren Befeuchtung Wald zu existieren vermag.

Da man also, wie ich gezeigt zu haben glaube, aus dem Vorkommen gleicher Bodentypen in verschiedenen Ländern der Erde nicht darauf

schließen darf, daß auch die Vegetation in diesen verschiedenen Ländern dieselbe sei, so ist auch anzunehmen, daß der Versuch STREMMES (22), auf Grund des Vorkommens derselben Schwarzerdeböden in Rußland und Deutschland auf das parallele Vorkommen der pontischen Pflanzengemeinschaften in beiden Gebieten zu schließen, wohl nur für solche Formen gelungen sein dürfte, die sich unter klimatisch verschiedenen Verhältnissen zu halten vermögen. Denn der Schwarzerdeboden Rußlands ist, wie erwähnt, ein Steppenboden, gebildet unter viel niedererer Feuchtigkeit als der Schwarzerdeboden Deutschlands, der ein ausgesprochener Waldboden ist. Meines Erachtens werden die pontischen Pflanzengemeinschaften als Steppenpflanzen auf Böden mit relativ geringster Befeuchtung in Deutschland, den Braunerdeböden (und ev. auch Gelberdeböden) insbesondere Süddeutschlands, eher heimisch sein als auf den von STREMMER angenommenen Schwarzerdeböden. Des weiteren werden sie bei Südexposition an Hängen am ehesten sich finden, weil auch diese als relativ gering befeuchtete Strecken zu gelten haben. Aus einer pflanzengeographischen Abhandlung von WANGERIN XXXV, XXXVI geht dies auch deutlich hervor. Die steppenartigen Pflanzenvereine in Deutschland besiedeln nach ihm »in der Hauptsache die Abhänge von Hügeln, und zwar handelt es sich stets um Abhänge, deren Neigungsrichtung in die südliche Hälfte der Windrose fällt«. Des weiteren bevorzugen diese Pflanzen »sonnige Hügel (lichte Haine, Vorgehölze)«, wo »die Sonne den Boden sehr stark austrocknet«, »Kies- und »Sandboden«, welch letzterer infolge seiner Durchlässigkeit auch als relativ trocken zu bezeichnen ist. WANGERIN schreibt sogar von einer »fehlenden Humusbildung« in diesen Böden. Auch die felsigen Abhänge der Schwäbischen Alb, an denen das Wasser rasch abläuft und Wind und Sonnenbestrahlung die Feuchtigkeit rasch austrocknen, tragen die Steppenheidegenossenschaft, die GRADMANN (VII) beschreibt¹⁾. Ich halte es demnach nicht für richtig, wenn STREMMER schreibt: »Die gemeinsame Ursache des Auftretens von Schwarzerde und pontischer Flora dürfte danach in der geringen Befeuchtung des Bodens zu suchen sein, welche nicht imstande ist, den kohlsauren Kalk der Oberkrume ganz auszulaugen.« Es wird vielmehr in Deutschland nur unter besonders günstiger Exposition und starker Wasserdurchlässigkeit des Bodens auf Schwarzerde die pontische Flora sich ansiedeln, im übrigen aber wird sie den relativ trockenen Böden der Braun- und Gelberden den Vorzug geben, weil auf ihnen in Deutschland der Steppe mehr genäherte Verhältnisse vorliegen als auf den Schwarzerdeböden. Insbesondere aber wird der Boden gewisse chemische Qualitäten: einen gewissen Kalkgehalt aufweisen müssen, um die pontische Flora tragen zu können, wie dies GRADMANN und STREMMER betonen und wie dies für die Schwarz-

¹⁾ STREMMER nennt sie »diese süddeutschen, nicht typischen [von mir gesperrt] Vorkommen«.

erden, Braunerden und Gelberden Voraussetzung ist. Endlich kommen für die Besiedelung mit dieser Flora auch historische Momente in Frage: der Einfluß früherer Klimaperioden, aus denen gewisse Formen bis zur Jetztzeit erhalten geblieben sind, und weiter die Einwirkung von Verbreitungsschranken, derart, daß eine zwischen zwei kalkführenden Gebieten liegende kalkarme Zone das Übergreifen vom einen Standort zum andern zu hindern vermag (GRADMANN). Der Einfluß der in der letztvergangenen Vorzeit in Süddeutschland weit verbreiteten Steppenlandschaft mit ihren Lößablagerungen und Steppenpflanzen wird von GRADMANN als geradezu ausschlaggebend für die heutige Verbreitung der pontischen Steppenheidegenossenschaften angesehen, die »in ihrer heutigen Ausbreitung als Überreste aus jener Periode aufzufassen sind und deren Vegetationsverhältnisse noch in der Gegenwart widerspiegeln.« »Die Gegenden, die wir als alte Steppenbezirke kennen gelernt haben, sind durchweg heute von den südeuropäischen und pontischen Steppenheidegenossenschaften bewohnt; dieselben Genossenschaften fehlen durchaus in den eigentlichen Waldgebieten im strengsten Sinne dieses Worts.« »Wie der Wald auch in den einstigen Steppengebieten überhandnahm, drängte er unsere Steppenheidepflanzen mehr und mehr auf die bodenarmen Felshäupter und trockenen Steilhalden zurück, die sich einer dichten Bewaldung dauernd widersetzen«, oder an andere »Standorte, die an die urheimatliche Steppe wenigstens in einiger Hinsicht erinnern.« Von einem bestimmten Bodentypus, den die pontischen Pflanzengemeinschaften heute in Süddeutschland einnehmen, ist also bei GRADMANN, dem ausgezeichneten Kenner der einschlägigen Verhältnisse, nicht die Rede, vielmehr nur von relativ trockenen, warmen, den Steppen möglichst ähnlichen Standorten. Aus alledem ergibt sich, daß klimatische Pflanzengemeinschaften durchaus nicht an bestimmte Bodenarten gebunden sind und umgekehrt.

Endlich möchte ich noch auf eine, in dieser Zeitschrift veröffentlichte Arbeit STREMMES (XXVIII) eingehen, in der er den Laterit der Tropen mit den Rohhumus- und Bleicherden (Podsol) der gemäßigten und kalten Regionen und die Roterden (Terra rossa) der mediterranen Länder mit den Schwarzerde- und Humuskalkböden unserer einheimischen Gebiete vergleicht. Diese

angeblichen Beziehungen zwischen Laterit und Bleicherden, Roterden und Humuskalkböden

vermag ich nicht zu erkennen. STREMMES versucht es dabei, »den Bodentypus im Profil zu erkennen«, d. h. die Böden »in struktureller, farbiger und chemischer Hinsicht« gegenseitig zu vergleichen.

Genau im Sinne GLINKAS nimmt STREMMES an, daß die Rohhumus- und Bleicherden »Böden von mittlerer Befeuchtung« seien. Ebenso sind auch die Lateritböden nach ihm »Böden mit optimaler Befeuchtung«. Daraus schließt STREMMES, daß sie unter ziemlich gleich-

artigen Bedingungen entstanden sind. Für seine Annahme nimmt er die Beobachtung zu Hilfe, daß beide Bodenarten unter Wald gebildet seien und beide das gleiche Bodenprofil zeigen. STREMMER gibt zur Erklärung an, daß der Laterit von humosem Waldboden überlagert sein könne. Der obere Horizont entspreche dem Bleicherde- bzw. Rohhumushorizont, während der Laterit mit dem Ortstein, der vielfach unter Rohhumusbedeckung auftritt, in Parallele zu setzen sei. Auch durch Heranziehung chemischer Resultate sucht STREMMER seine Auffassung zu stützen.

Den chemischen Beweis vermag STREMMER nur unter Bezweiflung bzw. Verwischung der seit BAUERS (I, II, III) lichtvollen Darstellungen festgegründeten Anschauung zu liefern, daß aus dem Laterit die Kieselsäure mehr oder weniger vollständig ausgelaugt ist, einer Anschauung, die erst jüngst MEIGEN (XIX), die bisherigen Resultate zusammenfassend, aufs neue bestätigt hat. Die Auffassung STREMMERS, daß der Laterit eine Art Kaolin oder Bleichsand enthalte, die sich in den Worten ausdrückt: »Ja, das Vorkommen reinweißer Farben läßt sogar das Auftreten von Bleicherdehorizonten erwarten«, ist irrig. Denn es fehlt dem Laterit vor allem die Kieselsäure, die in den Bleicherdehorizonten und dessen Hauptprodukt, dem Kaolin, enthalten bleibt.

Wie der chemische Beweis nicht geeignet ist, den Vergleich zwischen Rohhumus und Laterit zu stützen, so ist es noch weniger die Deutung des Profils durch STREMMER, das er einer meiner Abhandlungen entnommen hat. An der Hand der von mir untersuchten Lateritvorkommen hatte ich nachgewiesen, daß aller Laterit, der unter humosen Waldböden liegt, gar keinen illuvialen Horizont bildet, vielmehr ein fossiles Produkt unter jetzt ihn überlagernden Braunerde- und Humusböden darstellt, und daß der Laterit unter trockenerem Klima entstanden ist als die heute gebildeten humushaltigen Böden. Daß man nicht, wie STREMMER möchte, Bleicherdehorizonte und somit Rohhumusverwitterung in Verbindung mit Laterit zu erwarten braucht, ergibt schon die Tatsache, daß der von mir beobachtete Laterit sehr häufig von Braunerde oder Schwarzerde überlagert war.

Zugunsten meiner Annahme der Fossilität des Laterits unter humushaltigen Böden spricht eine Reihe von Gründen, die ich hier nur kurz anführen möchte (die eingehenden Beweise hierzu habe ich schon an anderer Stelle veröffentlicht):

1. weist das Bodenprofil oben, über dem Laterit, humushaltigen Boden auf. Würde sich aus humosem Boden allmählich Laterit bilden, so müßten die Bodenarten eher in umgekehrter Reihenfolge unter einander folgen, da bei einheitlicher Verwitterung die zu oberst liegenden Bodenschichten die am längsten, die darunter liegenden die erst jünger gebildeten Verwitterungsprodukte sind.

2. läßt die Beobachtung, daß zwischen Laterit, soweit dieser wasserdurchlässig ist, also besonders auf Klufflächen und in porösen

Partien, rostige Lagen und Adern auftreten und daß manche Roteisenkonkretionen eine rostbraune Hülle tragen — während ich nirgends das Gegenteil: rotfarbige Adern auf Klüften oder undurchlässige gelbe tonige Partien in sandigem rotem Laterit oder rote Eisenkonkretionen mit braunem Kern gesehen habe —, nur den Schluß zu, daß die Braunfärbung eine Sekundärererscheinung und somit der Laterit älter als die überlagernde Braunerde ist.

3. Das von mir als rezente Bildung aus Sumatra und Malakka beschriebene Bohnerz tritt nur in Braunerde auf, während es dem darunter anstehenden Laterit völlig fehlt. Da schon dieses Bohnerz eine Konzentrationsbildung der Braunerde darstellt, ähnlich dem Ortstein der Bodengebiete mit Humussäurezersetzung, so kann nicht auch der Laterit ein Konzentrationsprodukt der Braunerde sein. Vielmehr ergibt sich aus den beobachteten Profilen einwandfrei, daß das Bohnerz ein sekundäres Verwitterungsprodukt des Laterits ist, dessen überschüssiger Roteisengehalt sich dabei in Bohnerz verwandelt. Daraus ergibt sich des weiteren, daß das Bohnerz in diesem Falle das Produkt zweier zeitlich aufeinander folgender verschiedener Verwitterungsarten ist: a) der lateritischen und b) der Braunerdeverwitterung.

4. In anderen Gebieten, in denen ich kein Bohnerz in der Braunerde beobachten konnte, liegen an der Grenze zwischen Braunerde und Laterit Lagen von harten braunfarbenen unregelmäßig geformten Platten und anderen löcherigen, schlackigen konkretionären eisenreichen Gebilden. Sie bilden gleichfalls nichts anderes als die Konzentrationszone der Braunerdeverwitterung, und es lassen sich auch aus diesen Gebilden genau die unter 3 angegebenen Schlüsse ziehen.

5. läßt sich auch an der Tatsache, daß da, wo der Grundwasserstand tief liegt, unter dem Laterit an der Grenze zum unzersetzten Gestein vielfach wieder eine Zone mit Rostfärbung erkennbar ist, beweisen, daß die Lateritbildung heute in der Tiefe nicht fortschreitet, d. h. daß sie überhaupt nicht rezent ist.

6. kann man endlich nach der auch von STREMME eingangs in seiner Schrift zitierten Arbeit von MEIGEN die gleichzeitige Bildung von Humus und von Laterit nicht verstehen. Die Annahme STREMMES, daß sich der Humus nur unter Wäldern unzersetzt erhalte, dagegen im freien Land zerstört werde, ist, wie ich eingehend darzulegen Gelegenheit hatte, für die von mir bereisten Gebiete irrig. Da nun in humosen Waldböden, die STREMME heranzieht, stets Humus vorhanden ist, so kann dort eben auch nach den chemischen Gesichtspunkten, die Meigen ins Feld führt, daß nämlich das Fehlen von Humus Voraussetzung für die Lateritverwitterung sei, dieselbe nicht eintreten.

Das »Lateritprofil«, das STREMME angibt, ist somit ganz anders zu deuten, als STREMME es tut. Es ist in zwei völlig verschiedenartige Teile zu trennen: in eine untere Partie mit lateritischem und eine obere Partie mit humushaltigem Boden, die in verschie-

denen Zeiten und unter verschiedenem Klima gebildet worden sind. Es deutet demnach ein solches Profil einen zwischen der Bildung der beiden Bodentypen eingetretenen Klimawechsel an (11). Laterit und humushaltiger Boden in den Tropen in einem Profil übereinander vereinigt verhalten sich daher genau so zueinander, wie die einstige Steppenbildung des Löß und darüber liegende humushaltige Erde der heutigen Waldgebiete in Mitteleuropa.

Aus all dem ergibt sich auch, daß es irrig ist, anzunehmen, daß der Laterit eine Bildung des feuchten Regenwaldes der Tropen sei. Vielmehr ist der Laterit, wie ich oben schon darlegen konnte, ein Produkt des mäßig humiden Klimas: der tropischen Monsunwälder und Savannen.

Auch der Vergleich zwischen den Roterden (der Terra rossa) und den Humuskalkböden (den Rendzinaböden) entbehrt der inneren Beziehungen, die STREMMER angibt. Die Schwarzerden unterscheiden sich nach GLINKA und STREMMER von den Humuskalkböden dadurch, daß die letzteren endodynamomorphe Böden darstellen, d. h. daß sie durch die im Muttergestein vorhandene Struktur beeinflusst sind. Die Humuskalkböden führen Kalkbrocken, während sie den Schwarzerdeböden fehlen. Im übrigen aber sind beide darin gleich, daß sie an Mineralstoffen gesättigten Humus enthalten und schwarze Farbe aufweisen. Es ist das Verdienst STREMMERS, das Interesse weiterer Kreise in bezug auf deutsche Vorkommen auf diese Böden gelenkt zu haben. Es steht außer Zweifel, daß man diesen Böden, was deutsche Vorkommen anbelangt, bisher zu wenig Beachtung geschenkt hatte. Allerdings hat STREMMER die Abgrenzung dieser Bodentypen nicht scharf genug umschrieben und besonders die in Mittel- und Süddeutschland vorkommenden Braunerden nicht berücksichtigt, sondern offenbar z. T. unter die Schwarzerden und Rendzinaböden, z. T. unter die Podsolböden eingereiht.

Zu seinem Vergleich zwischen Roterde und Rendzinaböden zieht STREMMER in erster Linie die chemische Zusammensetzung der beiden Bodenarten, in zweiter Linie das Bodenprofil heran.

Nach dem Bodenprofil scheint es STREMMER wahrscheinlich zu sein, daß die Terra rossa, wenigstens zum Teil, als illuvialer Horizont von Waldböden anzusehen sei: denn der obere Bodenhorizont sei, wenigstens zum Teil, humusführender bräunlicher Waldboden, während erst in einiger Tiefe sich die Roterde als zweiter unterer Bodenhorizont bilde. Demgegenüber möchte ich wiederum die Frage erheben, ob die Braunerde und die darunter liegende Roterde nicht gleich wie Laterit unter humosem Waldboden die Produkte zweier verschiedener zeitlich nacheinander folgender Klimate darstellen. Demnach wäre die Zweiteilung des Profils: humoser Boden-Roterde nicht durch gleichzeitige Bildung zu erklären, vielmehr müßte der rezenten Roterde jede Überlagerung von humushaltigem Boden fehlen. Meines Erachtens schließt die Bildung

von Braunerde die gleichzeitige Entstehung von Roterde aus und umgekehrt. Auch GLINKA weist auf diese Möglichkeit hin, wenn er sagt: »Bei der Besprechung der Terra rossa-Bildung darf man nicht außer acht lassen, daß die Roterde des südlichen Europa in vielen Fällen das Verwitterungsprodukt darstellt, welches in der Tertiärperiode gebildet wurde und in der Jetztzeit durch Ausschwemmen oder Degradation stellenweise zerstört wird.«

Was die von STREMME zitierten Humuskalkböden vom Strohgäu und von Ellwangen anbelangt, so sind diese tatsächlich, schon nach den Angaben WOLFFS (24) zu schließen, als Braunerdeböden anzusprechen. Denn die Rendzinaböden können, wie STREMME sehr richtig bemerkt, »tiefschwarz und kalkrein sein und ev. aus einem Bodenhorizont bestehen«. Meines Erachtens ist die tiefschwarze Farbe und das Bestehen nur eines Bodenhorizontes im Profil für die Rendzinaböden charakteristisch im Gegensatz zu den Braunerdeböden, welche allgemein zwei Bodenhorizonte zeigen. Es ist meines Erachtens schon deshalb der Vergleich der Roterden, die nach STREMME zwei Bodenhorizonte aufweisen sollen, mit den Schwarzerden, die, wie STREMME als möglich angibt und ich als charakteristisch betrachte, nur einen Horizont zeigen, in bezug auf das Bodenprofil unmöglich.

Auch die chemischen Darlegungen STREMMES überzeugen nicht, daß Roterden und Humuskalkböden miteinander vergleichbar sind.

Vor allem berücksichtigt STREMME nicht, daß die Roterden humusfreie, die Humuskalkböden humushaltige Böden sind, aus welchem Grunde allein schon eine Vergleichung der beiden Bodentypen mir unmöglich erscheint.

STREMME zieht zu seinem chemischen Vergleich das Verhältnis Al_2O_3 : Basensumme heran. Gewiß zeigt dieses Verhältnis gewisse Eigentümlichkeiten, und zwar das Maß der Auslaugung der Basen im Verhältnis zu den mehr oder weniger unlöslichen Sesquioxyden an; dieses Maß der Auslaugung ist aber nicht so zu verstehen, daß durch die Verwitterung unter humiden klimatischen Bedingungen gewisse Verbindungen der ein- und zweiwertigen Basen nicht oder weniger, andere stark angegriffen würden. Bei der Verwitterung ist jede dieser letzteren Verbindungen löslich, und es setzen die ein- und zweiwertigen Metallelemente mit ihren leicht löslichen Verwitterungsverbindungen der chemischen Auswaschung kaum nennenswerten Widerstand entgegen. Das beweist z. B. der Vergleich eines Liaskalksteins und des zugehörigen Braunerdebodens von Ellwangen, die WOLFF analysierte (24), wonach bei der Verwitterung die Carbonate des Ca, Mg und Fe zerstört bzw. von 81,05 auf 3,03% reduziert wurden, während sich die Verbindungen K_2O , Na_2O , CaO , MgO von 0,23% auf relativ 2,41% hoben, darunter allein $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ von 0,21% auf 1,89%. Unter der Voraussetzung der Humuskalk- und der Roterdeverwitterung müßten in den Verwitterungsprodukten restlos die Verbindungen aller ein- und zweiwertigen Metall-

elemente fehlen, wenn nicht die zurückbleibenden Verwitterungsverbindungen der drei- und vierwertigen Metalle vielfach in der Form von Kolloiden vorhanden wären und weiterhin Humus beigemischt wäre. Von solchen Kolloiden ist insbesondere der Ton zu nennen, Eisenaluminiumkieselsäureverbindungen von noch nicht näher gekannter Zusammensetzung. Dazu kommt als wichtiges organogenes Kolloid der Humus. Das freie Aluminiumhydroxyd kommt deshalb weniger in Frage, weil es sich relativ rasch in seine kristallisierte Ausbildungsform, den Hydrargillit, umsetzt. Diese Kolloide vermögen die ein- und zweiwertigen Basen zu adsorbieren. Die Adsorption derselben wird also bei gleicher durchschnittlicher Befeuchtung in den Schwarzerden, Rendzinen, Braunerden und Roterden in umso stärkerem Maße erfolgt sein, je höher die kolloidale Beschaffenheit dieser Böden ist. Die Berechnung des Verhältnisses Al_2O_3 : Basensumme zeigt somit höchstens, in welchem Umfang die ein- und zweiwertigen Basen durch kolloidale Substanzen in dem betreffenden Boden gebunden sind.

Wichtiger ist es zweifellos, in den Endprodukten der Verwitterung das Verhältnis zwischen den Sesquioxiden oder dem Aluminiumoxyd allein und der Kieselsäure zu betrachten, da diese nur mehr oder weniger langsame Veränderungen ihres relativen prozentuellen Anteils in den Böden erleiden. Aus den von STREMMER nach Angaben von BLANCK (Vergl. IV, V, VI), TUCAN u. a. mitgeteilten Roterdeanalysen ergibt sich als Mittel das prozentuelle Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1,9 : 1$, während es bei dem Braunerdeboden von Ellwangen 67,18 : 8,98, bei zwei schwach podsoligen Böden von Lohra auf der Hainleite wie 63,57 : 9,83 und 60,61 : 11,05 oder durchschnittlich wie etwa 6,5 : 1 ist. Da wir weiter wissen, daß bei Laterit im Grenzfall das Verhältnis von $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 0 : 1$ wird, so ergibt sich eine Reihe derart, daß SiO_2 in Laterit am meisten ausgelaugt wird, in Roterde weniger, aber doch noch in einem Maße, daß man neben dem Vorkommen von Ton die Anwesenheit von freiem Aluminiumhydroxyd vermuten muß. In den humushaltigen Böden endlich dominiert prozentuell immer mehr die Kieselsäure. Ich erblicke hierin eine kontinuierliche Reihe und glaube deshalb keine klimatisch-bodenkundliche Parallele, sondern eine Reihenfolge in den Roterden und den Humuskalkböden erkennen zu müssen.

Endlich möchte ich noch kurz die Frage streifen, ob es sich, wie STREMMER annimmt, »zum mindesten bei einer Anzahl der Karstroterden um Illuvialhorizonte handeln kann«. Nach der Definition STREMMERS findet in den Illuvialhorizonten »außer einer Zersetzung der vorhandenen Mineralien eine Konzentration der aus der Oberkrume ausgelaugten Stoffe« statt. Es ist demnach ein Illuvialhorizont dasselbe, was ich als Konzentrationszone bezeichne (X). Meines Erachtens läßt sich aus einer Gesamtanalyse eines Bodens, dem eine solche des

Muttergesteins und möglichst auch der Oberkrume nicht beigefügt ist, überhaupt nicht darauf schließen, ob eine Konzentration aus der Oberkrume in die tieferen Bodenschichten stattgefunden hat oder nicht. Denn es ist kein Anhaltspunkt dafür vorhanden, ob bei einer prozentuellen Anreicherung eines Stoffes in einer Gesamtanalyse diese Anreicherung nicht allein dadurch zustande kam, daß andere Substanzen dem Boden entzogen worden waren, so daß die ganze Anreicherung nur eine scheinbare, nur eine rechnerische ist. Tatsächlich darf bei den von STREMMER angegebenen Roterdeanalysen gar nicht darauf geschlossen werden, daß ein Überschuß an Tonerde den Böden zugeführt wurde, als vielmehr, daß nur besonders der Kieselsäuregehalt infolge von Auslaugung erheblich abgenommen hat, d. h. daß die Verwitterung in ähnlichen Bahnen sich bewegte, wie dies für den Laterit — was die Kieselsäureauslaugung betrifft, bei diesem in noch verstärktem Maß — anzunehmen ist.

Anreicherung in einem Horizont ist nur nachweisbar, wenn das Ursprungsgestein und das zugeführte Material voneinander deutlich getrennt werden können. Dies kann, wie z. B. bei den Ortsteinbildungen, in der Weise erzielt werden, daß der Sandstein bzw. Sandanteil als unlösliche Substanz sowohl im ursprünglichen Gestein als auch im Ortstein und in der Bleicherde immer ungefähr derselbe ist, während im wesentlichen nur das Bindemittel nach Zusammensetzung und Menge wechselt. So griff z. B. MÜNSTER (15) den in Salzsäure aus derartigen Gesteinen bzw. Böden löslichen Anteil heraus und konnte an der Hand der Partialanalysen beweisen, daß im Ortsteinhorizont eine außerordentliche Anreicherung salzsäurelöslicher Mineralstoffe stattgefunden hatte. Noch auf einem zweiten Wege wird man eine Anreicherung in einem Bodenhorizont erkennen können, wenn nämlich vom übrigen Boden scharf unterscheidbare Neubildungen, Konzentrationen, in ihm sich finden, wie z. B. Bohnerzkörner oder die braunen Eisenschlacken und Eisenplatten, die auf der Grenze zwischen Braunerde und Laterit vorkommen können und die ich oben erwähnte. Man wird also nur dann von einem illuvialen Bodenhorizont sprechen können, wenn sich durch Partialanalyse oder durch makroskopisch oder mikroskopisch festgestellte Strukturänderung eine Mineralanreicherung ergeben hat. Sind Neubildungen, wie z. B. bei kolloidalem Ton, auf keinem Wege als solche erkennbar, so darf man auch nicht ohne weiteres von einem illuvialen Bodenhorizont sprechen.

Als alleiniger Vergleichspunkt zwischen den Roterden und den Humuskalkböden dürfte somit das kalkführende Muttergestein übrig bleiben. Andere Beziehungen haben diese beiden Böden nicht.

Als wichtigste Ergebnisse der vorstehenden Zusammenstellung über die Bildung von Bodentypen sind zu nennen:

Die humushaltigen Böden sind nicht auf die Gebiete außerhalb der Tropen beschränkt, sondern besitzen in den regenfeuchten Tropen eine bisher ungeahnt weite Verbreitung.

Selbst Rohhumus entsteht in den Tropen unter günstigen Verhältnissen als Produkt starker Befeuchtung.

Die humusarmen bis humusfreien Böden bilden sich unter gemäßigt humidem Klima, und zwar die Gelberden bei niederen Durchschnittstemperaturen, die Roterden in Ländern mit höheren Durchschnittswärmen und der Laterit insbesondere in den Savannengebieten der Tropen.

Nicht die Temperatur oder die Feuchtigkeit allein schafft im wesentlichen die Bodentypen, sondern erst das Zusammenwirken dieser beiden Klimafaktoren. Die Ausbildung bestimmter Bodentypen wird des weiteren beeinflusst durch das Gestein, die Exposition, die Bodenbewachsung, den Wind, die relative Luftfeuchtigkeit etc.

Die Böden des humiden Klimas bilden eine kontinuierliche Reihenfolge nach der relativen Befeuchtung, d. h. nach der Befeuchtung im Verhältnis zu der Durchschnittstemperatur, unter der die Bodentypen entstehen. Danach folgen nacheinander:

I. Bodentypen der humiden Klimate:

- | | |
|--|-----------------------|
| A. Adsorptiv ungesättigten Humus führende Böden: | Relative Befeuchtung: |
| 1. Podsolböden (Rohhumus- und Bleicherdeböden). | übermäßig. |
| B. Adsorptiv gesättigten Humus führende Böden: | |
| 2. Schwarzerden, Humuskalkböden | stark. |
| 3. Braunerden | mittel. |
| C. Humusarme bis humusfreie Böden: | |
| 4. a) Gelberden | } gering. |
| b) Roterden | |
| c) Laterit | |

II. Bodentypen der ariden Klimate:

(ungegliedert) ungenügend.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Richard

Artikel/Article: [Über die Bildung von Bodentypen 242-263](#)