

II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

Laterit.

Von **W. Meigen** (Freiburg i. Br.).

1. v. **RICHTHOFEN**, F., Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886. S. 464.
2. **WALTHER**, J., Bericht über die Resultate einer Reise nach Ostindien im Winter 1888/89. Verh. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin. 16, 318 (1889).
3. **SCHENCK**, A., Über den Laterit und seine Entstehung. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 42, 610 (1890).
4. v. **TILLO**, A., Die geographische Verteilung von Grund und Boden. **PETERMANN'S** Geogt. Mitteilungen 39, 17 (1893).
5. **PASSARGE**, S., Über Laterite und Roterden in Afrika und Indien. Bericht d. 6. internat. Geologen-Kongresses. London 1895.
6. **LIEBRICH**, A., Über die Bildung von Bauxit und verwandten Mineralien. Zeitschr. f. prakt. Geol. 5, 213 (1897).
7. **BAUER**, M., Beiträge zur Geologie der Seychellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1898, II, 163.
8. **SCHLOESING**, TH., Recherches sur l'état d'alumine dans des terres végétales. Compt. rend. 132, 1203 (1901).
9. **DU BOIS**, G. C., Beitrag zur Kenntnis der surinamitischen Laterit- und Schutzrindenbildung. **TSCHERMAK'S** mineral. u. petrogr. Mitt. 22,1 (1903).
10. **HOLLAND**, T. H., On the Constitution Origin and Dehydration of Laterite. Geol. Mag. (4) 10, 59 (1903).
11. **WARTH**, H., and **WARTH**, F. J., The Composition of Indian Laterite. Geol. Mag. (4) 10, 154 (1903) und Chemical News 87, 256 (1903).
12. **KAISER**, E., Beiträge zur Petrographie und Geologie der deutschen Südsee-Inseln. Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt 24, 91 (1903).
13. **VAN BEMMELEN**, J. M., Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, vulkanischen und Lateritböden. Zeitschr. f. anorg. Chemie 42, 265 (1904).
14. **BRUHNS**, W., und **BÜCKING**, H., Beitrag zur Kenntnis des Laterits. Zentralblatt f. Min., Geol. u. Pal. 1904, 467.
15. **KAISER**, E., Über bauxit- und lateritartige Zersetzungsprodukte. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 56, 17 (1904).
16. **KÖBRICH**, Magnetische Erscheinungen an Gesteinen des Vogelsberges, insbesondere an Bauxiten. Zeitschr. f. prakt. Geol. 13, 23 (1905).
17. **MEIGEN**, W., Essbare Erde von Deutsch-Neu-Guinea. Monatsber. d. Deutsch. Geol. Ges. 1905, 557.

18. MÜNSTER, H., Die Brauneisenerzlagerstätten des Seen- und Ohmtals am Nordrand des Vogelsgebirges. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 13, 242 (1905).
19. WARTH, H., Weathered Dolerite of Rowley Regis (South Staffordshire) compared with the Laterite of the Western Ghâts near Bombay. *Geol. Mag.* (5) 2, 21 (1905).
20. MACLAREN MALCOLM, On the origin of certain Laterites. *Geol. Mag.* (5) 3, 536. 1906.
21. BAUER, M., Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagaskar. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.* Festband 1907, 33.
22. GRAF ZU LEININGEN, W., Reiseskizzen aus dem Süden. *Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft* 5 (1907).
23. FACH, BR., Chemische Untersuchungen über Roterden und Bohnerzton. *Inaug.-Dissertation.* Freiburg i. Br. 1908.
24. KILROE, J. R., On the Occurrence and Origin of Laterite and Bauxite in the Vogelsberg. *Geol. Mag.* (5) 5, 534 (1908).
25. LEMOINE, P., et CHAUTARD, J., Sur la Phénomène de Latérisation. *Bull. Soc. Géol. de France* (4) 8, 35 (1908)
26. — — Sur la genèse de certains minerais d'alumine et de fer. *Décomposition latéritique.* *Compt. rend.* 146, 239 (1908).
27. LENZ, R., Chemische Untersuchungen über Laterit. *Inaug.-Dissertation.* Freiburg i. Br. 1908.
28. LOTTI, B., Ostungarische und italienische Bauxite. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 16, 501 (1908).
29. ATTERBERG, A., Analysen dreier Laterite aus Brasilien. *Zentralblatt f. Min., Geol. u. Pal.* 1909, 361.
30. VAN BEMMELEN, J. M., Die Verwitterung der Tonböden. *Zeitschr. f. anorg. Chemie* 62, 221 (1909).
31. ARSANDAUX, H., Sur la composition de la bauxite. *Compt. rend.* 148, 936 u. 1115 (1909).
32. — Contribution à l'étude des latérites. *Compt. rend.* 149, 682 u. 1082 (1909).
33. — Nouvelle contribution à l'étude des latérites. *Compt. rend.* 150, 1698 (1910).
34. VAN BEMMELEN, J. M., Die verschiedenen Arten der Verwitterung der Silikatgesteine in der Erdrinde. *Zeitschr. f. anorg. Chemie* 66, 322 (1910).
35. MOHR, E. C. J., Vorläufige Notiz über die Bildung des Laterits. *Bull. Départ. de l'Agric. aux Indes Néerland.* 17 (1909). *Ref. Chem. Zentralblatt* 1910, I, 294.
36. — Über gelben Laterit und sein Muttergestein. *Bull. Départ. de l'Agric. aux Indes Néerland.* 28 (1909). *Ref. Chem. Zentralblatt* 1910, I, 760.
37. — Over de samenstelling van gelen lateriet, ontstaan uit basalt. *Gedenboek aangeboden aan J. M. van BEMMELEN.* S. 226. (1910).
38. SCHWARZ, R., Chemische Untersuchungen über Bohnerzton und afrikanische Erden. *Inaug.-Dissertation.* Freiburg i. Br. 1910.
39. VAGELE, P., Physikalische und chemische Vorgänge bei der Bodenbildung in den Tropen. Vortrag gehalten auf der 82. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte in Königsberg i. Pr. 1910. *FÜHLING'S Landw. Zeitung* 59, 873 (1910).
40. GRAF ZU LEININGEN, W., Beiträge zur Oberflächengeologie und Bodenkunde Istriens. *Naturwiss. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft* 9, 1 (1911).

Unter Laterit versteht man die in Tropen vorkommenden, infolge ihres hohen Gehaltes an Eisenoxyd meist tiefrot gefärbten Verwitterungsprodukte sehr verschiedenartiger Gesteine. Der Eisengehalt ist zuweilen so erheblich, dass es zur Bildung zelliger oder

schlackenartiger Konkretionen von Braun- oder Roteisenerz kommt, die manchmal eine recht beträchtliche Grösse erreichen. Die Lateritierung reicht oft bis in sehr grosse Tiefen. Es kommt dies daher, dass die zersetzten Gesteine durchlässig werden und dadurch das immer tiefere Eindringen der atmosphärischen Sickerwässer ermöglichen.

Man unterscheidet primären oder eluvialen Laterit (*high-level laterite* der indischen Geologen), der sich noch am Ort seiner Entstehung befindet, und sekundären oder alluvialen Laterit (*low-level laterite*), der bereits durch Wassertransport verändert und umgelagert worden ist. Alle Versuche, Natur und Entstehungsweise der Laterite aufzuklären, haben es naturgemäss nur mit dem primären Laterit zu tun; der sekundäre kann durch Beimengungen der verschiedensten Art wesentlich verändert worden sein.

Der Name Laterit (von *later* = Ziegelstein) ist vor etwa hundert Jahren von BUCHANAN in die Geologie eingeführt worden, der damit alle als Bausteine geeigneten roten Lehme und Tone Indiens bezeichnete. Seine Verwendung beruht darauf, dass das im frischen Zustand weiche und leicht bearbeitbare Gestein an der Luft erhärtet.

Der Name fand bald allgemeinen Anklang, so dass es seitdem kaum eine Schilderung tropischer Gegenden gibt, in der nicht von Laterit die Rede ist. So kam man auch zu der Ansicht, dass der Laterit zu den verbreitetsten Bodenarten gehöre. „Was der Gehängelehm für die feuchten Gebirgsgegenden der gemässigten Zone und der Löss für die halbtrocknen Steppenländer gemässigter und tropischer Gebiete, das ist, hinsichtlich der Bestimmung des Bodencharakters über weite Regionen, der Laterit für die regenreichen tropischen Erdräume.“ (1.) Nach einer Schätzung von TILLO (4) bedeckt der Laterit in Afrika 49%, in Asien 16% und in Südamerika 43% des Bodens.

Diese gewaltige Verbreitung konnte dem Laterit nur dadurch zugeschrieben werden, dass man diesen Namen wahllos auf alle einigermassen rot oder auch nur gelb aussehenden Böden übertrug, die im einzelnen ganz verschiedene Zusammensetzung und ganz andersartigen Ursprung haben konnten. Infolgedessen gehen auch die Angaben über die Eigenschaften des Laterits weit auseinander. Während er von manchen zu den fruchtbarsten Bodenarten gerechnet wird, ist er nach andern gänzlich unfruchtbar. Die einen sehen die rote Farbe oder das Vorkommen von Konkretionen oxydischer Eisenerze für besonders kennzeichnend an, während dies nach anderen nur von nebensächlicher Bedeutung ist. Eine gewisse Einigkeit bestand eigentlich nur darin, dass der Laterit ein den Tropen eigenartliches, in den gemässigten Zonen, wenigstens unter den heutigen Verhältnissen, nicht entstehendes Verwitterungsprodukt ist. Worin aber seine Eigenart besteht und wodurch er sich von den Verwitterungs-

lehmen der gemässigten Zone unterscheidet, darüber gingen und gehen zum Teil auch heute noch die Ansichten weit auseinander.

Eine Klärung ist hierin zuerst durch die Untersuchungen von M. BAUER geschaffen.

BAUER (7) untersuchte Lateritproben von den Seychellen, die aus Granit und Diorit hervorgegangen und sich noch an ihrer ursprünglichen Lagerstätte befanden. Es zeigte sich dabei, dass der Gehalt an Kieselsäure ausschliesslich auf beigemengten Quarz zurückzuführen war. Lässt man diesen ganz unberücksichtigt und berechnet das vorhandene Eisenoxyd als Brauneisenerz, so stimmt die Tonerde mit dem Rest des Wassers auf die Formel des Hydrargillits $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, dem vielleicht eine geringe Menge Diaspor $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ beigemengt ist. Der Hydrargillit liess sich auch unter dem Mikroskop mit Sicherheit erkennen.

Spätere Untersuchungen (8, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 23, 25, 34, 35, 36, 37) haben das Vorkommen freier Tonerdehydrate in Lateriten durchaus bestätigt. Andererseits kommen aber auch in den Tropen zweifellos Verwitterungsprodukte vor, die mit den Lehmen der gemässigten Zonen grosse Ähnlichkeit zeigen oder sogar völlig damit übereinstimmen, (9, 11, 14, 17, 21, 23, 27, 29, 32, 33, 37, 38). Es mag dabei zunächst einmal dahingestellt bleiben, ob diese Lehme nur Zwischenprodukte der Lateritbildung oder ebenso wie bei uns Endprodukte der Verwitterung darstellen. Alle Widersprüche gegen die Auffassung BAUER's von der Natur des Laterits sind darauf zurückzuführen, dass man derartige Lehme untersucht hat. Es besteht eben noch eine ziemliche Unsicherheit, was man eigentlich als Laterit bezeichnen soll. Um aber der herrschenden Verwirrung ein Ende zu machen, muss man diesem Namen einen bestimmten Begriff unterlegen. Der wichtigste Unterschied zwischen typischem Laterit und dem gewöhnlichen Verwitterungslehm ist nun sicherlich das Vorhandensein oder Fehlen freier Tonerdehydrate. Der Gehalt an Eisenoxyd und damit die rote Farbe kommt erst in zweiter Linie in Betracht. Wenn auch in den Böden der gemässigten Zone eine geringe Menge freie Tonerde zuweilen vorhanden ist (8), so bestehen die gewöhnlichen Verwitterungslehme dieser Zone doch vorwiegend aus wasserhaltigen Tonerdesilikaten. Man sollte daher in Zukunft nur dann von echtem Laterit sprechen, wenn das Vorhandensein eines erheblichen Gehaltes an freier Tonerde nachgewiesen ist.

Über den Verlauf der Umwandlung eines Gesteins in Laterit liegen einige sorgfältige Untersuchungen vor (7, 12, 21, 25). Der Übergang vom frischen Gestein zum fertigen Laterit ist vielfach sehr rasch und die Grenze zwischen dem ursprünglichen Gestein und der lateritischen Rinde ziemlich scharf. Häufig lässt er sich am gleichen Handstück, zuweilen sogar in einem einzigen Schliff verfolgen, indem die nur teilweise veränderte Zwischenschicht sehr dünn ist.

Die Struktur des Muttergesteins bleibt meist völlig erhalten. Die der Zersetzung fähigen Gesteinsgemengteile bilden ein feinschuppiges Aggregat von Hydrargillit, das an sich ganz farblos ist. Das Eisen ist, wo es ursprünglich vorhanden war, ausgeschieden und erfüllt als braunes bis braunrotes Hydroxyd alle Klüftchen und Spältchen und bewirkt dadurch eine mehr oder weniger starke Färbung. Diese ist bei eisenreichen Mineralien (Hornblende, Augit u. a.) natürlich am stärksten; man kann sie dadurch leicht von umgewandeltem Feldspat unterscheiden.

Vergleicht man die Zusammensetzung der Laterite mit der ihrer Ursprungsgesteine, so bemerkt man zunächst eine Abnahme der gebundenen Kieselsäure, die bis zum völligen Verschwinden geht. Gleichzeitig damit nehmen auch die Alkalien, schliesslich ebenfalls bis Null ab. Tonerde wird nicht oder doch nur in geringem Masse weggeführt und nimmt demgemäss zu; ebenso das Eisenoxyd, falls überhaupt eisenhaltige Mineralien vorhanden sind. Wenn dies nicht der Fall ist, so ist auch der Laterit ganz oder fast ganz eisenfrei. Dem wechselnden Gehalt an Eisenoxyd entsprechend schwankt die Farbe des Laterits von farblos bis dunkelbraun.

Ein Gehalt an löslicher Kieselsäure war nur dann nachzuweisen, wenn auch unter dem Mikroskop halbzersetzte Gemengteile beobachtet wurden. Sie stammt aus durch Salzsäure zersetzbaren Tonerdesilikaten, wie sie auch sonst schon in Verwitterungsprodukten beobachtet wurden. Während diese aber gewöhnlich amorph sind, zeigen sie in den Lateriten stets mehr oder weniger starke Doppelbrechung. Die Zusammensetzung wechselt anscheinend ziemlich stark und hängt von den jeweiligen besonderen Umständen, der Art der Ausgangsmineralien, dem Grad der Zersetzung usw. ab. Die Alkalien scheinen immer zuerst entfernt zu werden; sie sind schon fast ganz verschwunden, wenn noch beträchtliche Mengen löslicher Kieselsäure vorhanden sind. Ebenso findet auch die Ausscheidung des Eisens als Hydroxyd gleich zu Anfang statt. Das Verhältnis von Aluminium zu Eisen ist im Laterit annähernd dasselbe wie im Ursprungsgestein. Man darf hieraus wohl schliessen, dass bei der Lateritbildung Eisenoxyd und Tonerde weder zu- noch weggeführt werden.

Den Unterschied zwischen der Lateritbildung der Tropen und der sog. Kaolinverwitterung der gemässigten Zone erkennt man am besten durch eine Gegenüberstellung der Analysen der ursprünglichen Gesteine und ihrer Zersetzungsprodukte, wie sie z. B. von H. WARTH (19) für zwei Dolerite, einen englischen von Rowley-Regis, South-Staffordshire, und einen indischen von den West-Ghâts bei Bombay mitgeteilt ist.

	Rowley-Regis		West-Ghâts	
	frisch	verwittert	frisch	verwittert
SiO ₂	49,3	47,0	50,4	0,7
TiO ₂	0,4	1,8	0,9	0,4
Al ₂ O ₃	17,4	18,5	22,2	50,5
Fe ₂ O ₃	2,7	14,6	9,9	23,4
FeO	8,3	—	3,6	—
MgO	4,7	5,2	1,5	—
CaO	8,7	1,5	8,4	—
Na ₂ O	4,0	0,3	0,9	—
K ₂ O	1,8	2,5	1,8	—
P ₂ O ₅	0,2	0,7	—	—
H ₂ O	2,9	7,2	0,9	25,0
	<u>100,4</u>	<u>99,3</u>	<u>100,5</u>	<u>100,0</u>

Der unter gemässigtem Klima entstandene englische Verwitterungslehm unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung nur wenig von dem ursprünglichen Gestein, nur Kalk und Natron sind grösstenteils entfernt worden. Im übrigen besteht die Umwandlung im wesentlichen in einer Oxydation des Eisens und einer Aufnahme von Wasser unter Bildung von Ton, d. h. von Tonerdehydroxilikaten. Bei dem tropischen Laterit dagegen sind Alkalien und alkalische Erden vollständig, die Kieselsäure bis auf einen sehr geringen Rest weggeführt worden, so dass der Rückstand nur aus freien Oxyden oder Hydroxyden von Eisen und Aluminium besteht.

Das Eisen scheint in den Lateriten in der Regel als wasserarmes oder wasserfreies Oxyd vorzukommen. Es ist stets in Salzsäure leicht und vollständig löslich. Wie schon eingangs erwähnt, reichert es sich häufig in Form bohnerzförmiger oder schlackenartiger Konkretionen an. Unter günstigen Umständen führt dies zur Bildung ausbeutungsfähiger Lagerstätten (26). Die uralte Eisengewinnung der Neger in Afrika beruht ausschliesslich auf der Ausbeutung derartiger lateritischer Eisenerze.

Wenn auch bei der normalen Lateritbildung keine Tonerde gelöst wird, so muss dies unter gewissen Umständen doch möglich sein, da man Ansammlungen von Hydrargillit findet, die nur durch Absatz aus Wasser entstanden sein können (9, 13, 21). Vielleicht gehören auch manche Bauxitvorkommen hierher. Über die Bedingungen, unter denen diese Knollen entstanden sind, ist einstweilen noch nichts Sicheres bekannt.

Die bei der Lateritbildung freiwerdende Kieselsäure scheidet sich an anderen Stellen als Achat oder Chalcedon aus, die sehr häufig in Verbindung mit Laterit gefunden werden (7, 9, 14, 21). Ähnlichen Ursprung besitzen wohl auch die Hornsteinknollen, die sich im Bauxit des Vogelsberges finden.

Wenn auch das Endprodukt der Lateritbildung durch Eisenoxyd mehr oder weniger verunreinigte Tonerdehydrate sind und somit die Lateritverwitterung der Tropen in Gegensatz zu der sog. Kaolinverwitterung der gemässigten Zonen tritt, so ist damit doch keineswegs gesagt, dass diese Art der Verwitterung unter tropischen Verhältnissen die einzig mögliche sei. Viele Beobachtungen (9, 11, 14, 17, 21, 23, 27, 29, 32, 33, 38) sprechen vielmehr dafür, dass auch in den Tropen Produkte entstehen können, die mit den Verwitterungslehmen kühlerer Gegenden zum mindesten grosse Ähnlichkeit besitzen. Derartige Produkte zeigen meistens mehr oder minder grosse Plastizität, die echtem Laterit stets völlig abgeht. Zum Teil handelt es sich hierbei um Gesteine, bei denen die Lateritisierung noch nicht völlig beendigt ist. Vielfach sind es auch wohl sekundäre, umgelagerte Produkte, die natürlich durch die verschiedenartigsten Beimengungen verunreinigt sein können. Wenn man aber auch hiervon absieht, so bleiben doch noch immer einige unzweifelhaft kaolinische Lehme übrig. Die Unterscheidung zwischen den verschiedenartigen Verwitterungsprodukten dürfte wohl in den meisten Fällen durch die Feststellung der Löslichkeit von Kieselsäure und Tonerde in verschiedenen Lösungsmitteln (Natronlauge, Salzsäure, Schwefelsäure) möglich sein, doch ist hierauf bisher nur bei wenigen Analysen geachtet worden (13, 17, 23, 27, 34, 37).

Wie schon früher erwähnt, ist keineswegs alles, was als Laterit beschrieben wird, auch wirklich Laterit. Dieser ist vielmehr auch in den Tropen auf bestimmte Gegenden beschränkt, in denen die zu seiner Bildung notwendigen Bedingungen verwirklicht sind. Welches diese Bedingungen sind, darüber gehen die Ansichten noch weit auseinander.

Da der Laterit nur in den Tropen vorkommt und zwar nur in den regenreichen Gegenden, so müssen klimatische Einflüsse eine wichtige Rolle spielen. In erster Linie ist hier an die höhere Temperatur und die grössere Feuchtigkeit zu denken.

PASSARGE (5) führt im Anschluss an von J. WALTHER (2) und A. SCHENK (3) geäusserte Ansichten den Unterschied zwischen Laterit und dem Verwitterungslehm unserer Breiten auf das verschiedene Verhalten der Eisenverbindungen zurück. Die gelben Eisenverbindungen unserer Lehme sind Oxyhydrate, die durch Oxydation von Eisenoxydulverbindungen an der Luft gebildet sind. Daneben gibt es aber noch eine zweite Reihe von roten Eisenoxyhydraten, die durch Fällung von Eisenoxydsalzen durch alkalische Lösungen entstehen. Die roten Hydrate sind viel leichter löslich als die gelben und verlieren alles Wasser schon bei niedriger Temperatur, während die gelben es erst beim Glühen abgeben. Nach PASSARGE entstehen nun in den Tropen die roten Hydrate in folgender Weise. Bei den häufigen Gewitterregen wird viel Salpetersäure gebildet. Da im Boden kein oder nur wenig Humus vorhanden ist, wird diese Sal-

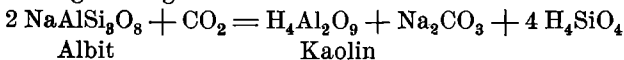
petersäure nicht reduziert, sondern wirkt lösend auf Eisenverbindungen. Aus der so entstehenden Lösung von Eisennitrat fallen dann kohlensaure Alkalien das rote Hydrat. In der gemässigten Zone wird die gebildete Salpetersäure durch Humusstoffe reduziert; auch wird die Fällung des roten Hydroxyds durch die Anwesenheit von nichtflüchtigen organischen Säuren verhindert.

M. BAUER (7, 21) nimmt eine Zersetzung der Silikate durch alkalische Lösungen an.

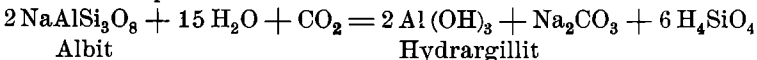
T. H. HOLLAND (10) glaubt die Entstehung des Laterits auf eine Zersetzung der Silikate durch Bakterien zurückführen zu müssen. Diese Bakterien bedürfen zu ihrem Gedeihen einer höheren Temperatur und kommen daher nur in den Tropen vor und auch hier nur dort, wo die Wintertemperatur nicht unter einen gewissen Grad sinkt. Auch nach ihm muss die freiwerdende Kieselsäure durch alkalische Lösungen weggeführt werden. Derartige Bakterien sind nun bisher noch niemals im Laterit beobachtet worden und auch die bei Gewitterregen gebildete Salpetersäure dürfte zu einer erheblicheren Zersetzung der Gesteine kaum ausreichen. Ferner sind auch die zur Lösung der Kieselsäure erforderlichen alkalischen Lösungen durchaus hypothetisch; man sieht nicht recht ein, woher sie im geeigneten Augenblick auftauchen. H. WARTH und F. WARTH (11, 19) schliessen sich der Ansicht von HOLLAND an, gestehen aber deren rein hypothetischen Charakter offen zu.

G. C. DU BOIS (9) fasst die Lateritbildung in Surinam als eine Gesteinszersetzung durch Schwefelsäure auf, die ihrerseits aus dem überall reichlich vorhandenen Schwefelkies durch Oxydation entstanden sein soll. Eine derartige Zersetzung führt aber sicher nicht zu echten Lateriten, sondern zu tonähnlichen Produkten.

M. MACLAREN (20) sieht eine reiche Vegetation und eine durch die lebhaftere Zersetzung der Humusstoffe vermehrte Menge Kohlensäure im Boden als notwendig für die Entstehung von Laterit an. Aus den von ihm aufgestellten Gleichungen für die Zersetzung der Feldspäte im gemässigten Klima



und in den Tropen



geht ein solcher Einfluss der Kohlensäure jedoch nicht hervor, sondern nur eine verstärkte Wirkung des Wassers.

Während MACLAREN annimmt, dass diese Zersetzungs Vorgänge in grösserer Tiefe erfolgen und die dabei gebildeten löslichen Produkte erst nachträglich durch Kapillarwirkung an die Oberfläche gelangen und infolge Verdunstung zum Absatz kommen, ist nach J. MOHR (35, 36) gerade umgekehrt ein tiefer Grundwasserstand und eine bei regnerischem Klima nach unten gerichtete Wasserbewegung im Boden für

die Lateritbildung wesentlich. Infolgedessen verarmen die oberflächlichen Schichten an Salzen, was im Verein mit der in den Tropen schnell vor sich gehenden Zersetzung der Humusstoffe eine leichtere Beweglichkeit der Tonteilchen bedingt, die daher leichter in die Tiefe geschlämmt werden. Es bezieht sich dies jedoch wohl weniger auf die ursprüngliche Lateritbildung, als auf die nachträgliche Umwandlung des schon fertigen Laterits zu den schlackenartigen Ansammlungen von Eisenerzen.

Nach ARSANDAUX (32, 33) besteht die Lateritbildung in einer Wasseraufnahme des Feldspats (und anderer Silikate), zunächst unter Bildung glimmerähnlicher Verbindungen. Bei weiterer Zersetzung spaltet sich die Tonerde in zwei Teile, wovon der eine mit der Kieselsäure verbunden bleibt und schliesslich in Kaolin übergeht, während der andere freies Tonerdehydrat liefert. Das Endprodukt ist daher ein Gemisch von Kaolin und Hydrargillit, wobei die Möglichkeit offen gelassen wird, dass auch der Kaolin noch freie Tonerde zu geben vermag, wofür jedoch bisher kein Anhalt vorliegt. Demgegenüber ist zu bemerken, dass zwar sicher kaolinartige Tone mit Hydrargillit zusammen vorkommen (11, 15, 17, 21, 23, 29, 32, 33, 37), vielfach aber wahrscheinlich nur infolge nachträglicher Vermischung, dass andererseits aber eben so sicher unter Umständen reine Tonerdehydrate als einzige Zersetzungsprodukte gebildet werden (7, 10, 11, 13, 21, 25).

Am eingehendsten hat sich VAN BEMMELEN (34) mit den verschiedenen Arten der Verwitterung beschäftigt. Die gewöhnliche Verwitterung liefert nach ihm tonige Stoffe, die wenigstens anfangs überhaupt keine bestimmten chemischen Verbindungen darstellen, sondern kolloidaler Natur sind und erst im Verlauf wahrscheinlich sehr langer Zeiträume in kristallinische Bildungen übergehen. Im Gegensatz hierzu steht die lateritische Verwitterung, die zur Bildung freier Tonerdehydrate führt. Beide Vorgänge können unter Umständen nebeneinander hergehen. Nach Erörterung der bisher aufgestellten Theorien und Erwägung aller bekannten Tatsachen kommt VAN BEMMELEN zu dem Schluss: dass die Ursache der Lateritbildung noch ganz unerklärt ist.

Dies dürfte wohl aber doch etwas zu weit gegangen sein. Aus dem grossen Beobachtungsmaterial, das in den letzten Jahren zusammengetragen ist, lässt sich doch wohl schon die Richtung angeben, in der die Lösung des Problems zu suchen ist. Wenn es auch noch vielfacher Untersuchungen im Felde und im Laboratorium bedarf, ehe die Entstehung des Laterits bis in alle Einzelheiten aufgeklärt ist, so können wir in Übereinstimmung mit Ansichten, wie sie kürzlich auch von P. VAGELER ausgesprochen sind (39), uns auch jetzt schon etwa in folgender Weise davon eine Vorstellung machen.

Zweifellos richtig ist wohl der mehrfach vertretene Gedanke, dass der Mangel an Humus von Bedeutung ist. Nicht aber dadurch,

dass, wie PASSARGE meint, in den gemässigten Zonen die Salpetersäure durch den Humus reduziert wird und dadurch nicht zur Wirkung kommt, sondern umgekehrt bedingt das Vorhandensein von Humus eine saure Reaktion im Boden. Diese ist aber die Ursache der sog. Kaolinverwitterung, d. h. der Bildung von wasserhaltigen Tonerdesilikaten. In den Tropen fehlt die Humusdecke und damit die saure Reaktion. Wir haben es hier daher ausschliesslich mit einer durch das reine Wasser veranlassten hydrolytischen Spaltung der Silikate zu tun, deren Wirkung durch die höhere Temperatur noch verstärkt wird. Durch Hydrolyse zerfällt aber Feldspat z. B. in Tonerdehydrat einerseits, Alkalisilikat andererseits, das dann weiter in Alkalihydroxyd und freie Kieselsäure gespalten werden kann. Alle Spaltungsprodukte bilden wohl zunächst kolloidale Lösungen. Während die Beständigkeit kolloidaler Kieselsäurelösungen durch die Gegenwart geringer Alkalimengen sehr begünstigt wird, werden kolloidale Tonerdelösungen und ebenso auch Eisenlösungen dadurch gerade ausgeflockt. Da dies sofort im Augenblick des Entstehens geschieht, lagert sich das gebildete Tonerdehydrat an der Stelle des ursprünglichen Minerals ab, so dass die Struktur des Gesteins erhalten bleiben kann. Ob die Umwandlung in den kristallinen Hydrargillit gleichzeitig stattfindet oder erst nachträglich, geht aus den vorliegenden Beobachtungen noch nicht mit völliger Sicherheit hervor. Nach den Untersuchungen von VAN BEMMELEN (13, 30) scheidet sich bei der Einwirkung von Kohlensäure auf eine alkalische Tonerdelösung kristallinischer Hydrargillit aus. Für die Wichtigkeit der Alkalien bei der Lateritbildung spricht auch die von BAUER (21) beobachtete Tatsache, dass Feldspat viel leichter lateritisiert wird als Augit und Hornblende. Letztere sind in den Gesteinen noch frisch, wenn der Feldspat schon ganz umgewandelt ist. In gleichem Sinne wie durch Alkalien werden diese Vorgänge durch höhere Temperatur begünstigt. Die kolloidalen Lösungen der Kieselsäure sind in der Wärme beständiger als in der Kälte, während Tonerde und Eisenoxyd gerade umgekehrt durch Erwärmen der Lösung abgeschieden werden.

Damit echter Laterit entsteht, müssen wohl beide Ursachen, wie dies in den Tropen der Fall ist, zusammenwirken. In den südlicheren Gegenden der gemässigten Zone kann die fehlende Wärme bis zu einem gewissen Grade durch alkalische Reaktion des Bodens ersetzt werden. Wir finden daher z. B. in Südeuropa Roterden, die man vielleicht als eine Vorstufe des Laterits ansehen darf, nur auf Kalkböden (22, 38, 40).

Eine dem Laterit völlig entsprechende oder doch sehr nahe-stehende Bildung ist der Bauxit (7, 9, 10, 11, 15, 21, 25, 26, 31, 32). Da er an vielen Stellen vorkommt, wo er sich unter den heutigen klimatischen Verhältnissen nicht bilden kann, muss man annehmen,

dass zur Zeit seiner Entstehung dort ein wärmeres tropisches Klima geherrscht hat (7, 8, 10).

Die Übereinstimmung der Entstehung von Bauxit und Laterit wird jedoch von manchen bestritten und für den Bauxit eine Zufuhr von tonerdehaltigen Lösungen, vielleicht im Zusammenhang mit postvulkanischen Vorgängen angenommen (6, 16, 18, 24, 28).

Fassen wir zum Schluss das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen noch einmal kurz zusammen. so können wir sagen: Laterit besteht im wesentlichen aus Tonerdehydraten, namentlich aus Hydrargillit, meist gemischt mit Eisenoxyd oder Brauneisenerz. Seine Entstehung ist darauf zurückzuführen, dass in den Tropen wegen der geringen Menge von Humusstoffen im Boden die hydrolytische Wirkung des Wassers auf die Silikate rein zur Geltung kommt, während die Verwitterung im gemässigten Klima in erster Linie unter Mitwirkung von Kohlensäure erfolgt.
