

Werk

Titel: Das Lateritproblem

Autor: Stremme, H.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log166

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

6. April 1917.

Heft 14.

Das Lateritproblem.

Von Prof. Dr. H. Stremme, Danzig-Langfuhr.

Zu den am meisten umstrittenen Problemen der Bodenkunde gehörte in den letzten Jahrzehnten das der Entstehung des Laterites. Eine Fülle einander entgegenstehender Ansichten wurde hierüber geäußert, und noch immer tauchen neue auf, welche versuchen, sich an Stelle der bisherigen zu setzen. Allein die Definition des Begriffes Laterit hat im Laufe der Zeit erhebliche Wandlungen durchgemacht.

1. Definition des Begriffes Laterit.

Nach J. Walther¹⁾ beschrieb 1807 A. Buchanan die ziegelroten und zur Herstellung von Luftziegeln verwendeten Verwitterungsmassen der Malabarküste als „Laterit“ (von later, der Ziegelstein). Die geognostische Kartierung Indiens änderte aber die Bedeutung des Wortes. Es wurde jetzt in erster Linie für die braunrote harte Verwitterungskruste im Hangenden der weichen Tone angewandt. J. Walther selbst bezeichnet neuerdings wieder, wie bereits in seiner „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft“, 1893/4, allgemein die rotgefärbten Verwitterungsprodukte der Tropen als Laterit. Diese Ansicht würde alle andersgefärbten (gelben, braungelben, rotbraunen, schwarzbraunen) Verwitterungsprodukte nicht als Laterite anerkennen, und konsequenterweise haben auch bereits Anhänger dieser Ansicht gegen die Bezeichnung „gelber Laterit“ Einspruch erhoben. Aber es gehörte zu dieser Definition eine genaue Festlegung der Bezeichnung rot. Denn in der Natur geht die „rote“ Farbe des Laterits vielfach in gelb, braun und schwarz über. Wann kann man ein Verwitterungsprodukt noch als Laterit bezeichnen und wann nicht mehr?

Etwas anders hat S. Passarge²⁾ als Laterit jedes Verwitterungsprodukt bezeichnet, in welchem es zu einer Eisenanreicherung gekommen ist. Später unterschied S. Passarge die von Eisenkonkretionen freien Roterden von den eigentlichen, durch zellige Konkretionen ausgezeichneten Lateriten.

Die Mineralogen und Chemiker haben eine wesentlich abweichende Definition des Begriffes Laterit für nötig gehalten, welche auf die Unter-

suchungen M. Bauers zurückgeht. Nach W. Meigen³⁾ sollte man „nur dann von echtem Laterit sprechen, wenn das Vorhandensein eines erheblichen Gehaltes an freier Tonerde nachgewiesen ist.“ Die Farbe und das Eisenoxyd sind hierin nicht mehr erwähnt, sondern lediglich die in den früheren Definitionen ungenannte Tonerde. Das Verhalten des Eisenoxyses erklärt M. Bauer ausdrücklich nur als Begleiterscheinung.

Zwischen den voneinander abweichenden Ansichten vermittelt W. Koert⁴⁾, welcher Autor den Laterit im Sinne M. Bauers anerkennt und von diesem den Rotlehm Passarges abtrennt. Zu einem selbständigen Gebilde erhebt W. Koert die Eisenkonkretionen unter der Bezeichnung „Krusteneisensteine“. Nur der Ansicht J. Walthers verschließt sich W. Koert.

2. Die Entstehung des Laterites.

Noch verschiedener wie die Definitionen sind die Ansichten über die Entstehung des Laterites. Zwei Richtungen sind hierbei zu unterscheiden, die geographisch-geologische und die chemische. Jene sucht Ort, Zeit und klimatische Bedingungen der Entstehung festzuhalten, diese sucht den chemischen Vorgang.

a) Die geographisch-geologische Richtung.

F. v. Richthofen⁵⁾ teilt im „Führer für Forschungsreisende“ mit, daß man den Laterit irrtümlich für ein Meeresgebilde, für ein Ablagerungsprodukt des Süßwassers oder für ein solches der vulkanischen Auswurf Tätigkeit gehalten habe, und begründet als seine eigene Ansicht, daß der Laterit aus der Zersetzung anstehenden Gesteines in den regenreichen Tropen hervorgehen kann, und zwar unter denselben Bedingungen, welche in kühlerem Klima zur Entstehung des Gehängelehms Veranlassung geben. „Aber auch alluviale und äolische Bildungen sind einer lateritischen Metamorphose fähig. Was in die dichte Vegetation hineingeschwemmt wird und sich zwischen ihr ablagert, erleidet Umänderungen in Erden, welche häufig die wesentlichen Merkmale des Laterites besitzen. Als eine dritte Entstehungsart läßt sich die Vereinigung zusammengeschwemmter Lateritbestandteile zu kompaktem Laterit bezeichnen.“ F. v. Richthofen unterschied wie die indischen Geologen den Hochflächen-

¹⁾ J. Walther, Das geologische Alter und die Bildung des Laterits. Peterm. Mitt. 1910, S. 1.

²⁾ Zitiert nach W. Koert, Ergebnisse der neuen geologischen Forschung in den deutschen Schutzgebieten. Beiträge zur geol. Erforsch. d. Deutschen Schutzgebiete, Heft 1, Berlin 1913, S. 73.

³⁾ W. Meigen, Laterit. Geolog. Rundschau II (1911), S. 200.

⁴⁾ W. Koert, Der Krusteneisenstein in den deutsch-afrikanischen Schutzgebieten. Beitr. z. geol. Erforsch. deutsch. Schutzgeb., Heft 13, Berlin 1916.

⁵⁾ F. v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, 1901, S. 455—459.

laterit als eine besondere fossile Erscheinung, welche auf flach ausbreiteten Höhen, jetzt durch tiefe Täler getrennt, als ursprünglich zusammenhängende harte Decke von Eisenschlacke mit heute spärlichem, verkümmertem Pflanzenwuchs doch ehemals unter der gleichen dichten Waldvegetation entstanden sei, wie sie in der Gegenwart zur Lateritbildung notwendig ist. Diese Ansicht *F. v. Richthofens* blieb lange Zeit die herrschende.

Erst neuerdings hat *J. Walther*^{a)} wie vor ihm *R. Lang* zu begründen versucht, daß primärer Laterit, also seine roten Verwitterungsmassen, in der Gegenwart nirgends entstehe, auch nicht in dem Gebiet der heißen regenreichen Äquatorialzone. Das Klima dieser Gegend bringe heute „Braunerde“ (eine humose Oberkrume) hervor, unter der erst der Laterit als fossile Bodenart auftrete. Alle Laterite auf erster Lagerstätte (in Afrika, Indien, Australien und Südamerika) seien durch einen gleichzeitigen klimatischen Vorgang der Diluvialzeit entstanden. Die Laterisierung sei das tropische Äquivalent der ariden Lössbildung und der polaren Geschiebelehne und fluvio-glazialen Ablagerungen. Als Klima käme in Betracht etwa das des Nordterritoriums von Westaustralien: 1500 mm jährliche Regenmenge bei einer mittleren Jahrestemperatur von 27°; diese Regenmenge fällt nur im Dezember und Januar, „dann folgt eine solche Trockenheit, daß das Grundwasser in den Brunnen um nahezu 10 m sinkt“. Kennzeichnend wäre also periodische starke Durchfeuchtung bei überwiegend hoher Trockenheit.

Die Krusteneisensteine, welche z. T. dem Hochflächenlaterit *F. v. Richthofens* entsprechen, hat *W. Koert*^{b)} vor kurzem als bezeichnende Oberflächenbildung der Savanne angesehen, entstanden infolge der periodischen Versumpfung und Eisenumlagerung im Boden nach dem Roden oder Abbrennen der ursprünglich vorhandenen Wälder.

b) Die chemische Richtung.

Über die zahlreichen Ansichten des Chemismus der Lateritbildung gibt *W. Meigen*^{c)} eine ausführliche Übersicht, welcher ich nachstehend in der Hauptsache folge.

S. Passarge führt den Unterschied zwischen dem Laterit und dem Verwitterungslehm unserer Breiten auf das verschiedene Verhalten der Eisenverbindungen zurück. Die „gelben“ Eisenverbindungen unserer Lehme seien Oxydhydrate, welche durch Oxydation von Eisenoxydulverbindungen an der Luft entstanden seien. Daneben gäbe es noch rote Eisenoxydhydrate, durch Ausfällung der Ferrisalze mittels alkalischer Lösungen entstanden. Die roten Hydrate der Tropen entstünden durch die Auflösung der Eisenverbindungen der Tropen mittels der Salpetersäure, welche bei den häufigen

Gewitterregen gebildet sei. Kohlensäure Alkalien sollen aus der so entstandenen Lösung von Eisennitrat das rote Hydrat fällen.

M. Bauer nimmt eine Zersetzung der Silikate durch alkalische Lösungen an.

T. H. Holland führt die Entstehung auf die Tätigkeit von hypothetischen Bakterien zurück, welche zu ihrem Gedeihen einer tropischen Temperatur bedürften. Die bei der Zersetzung der Silikate freiwerdende Kieselsäure würde durch alkalische Lösungen fortgeführt.

G. C. du Bois faßt die Lateritbildung als eine Gesteinszersetzung durch Schwefelsäure auf, welche ihrerseits aus dem überall reichlich vorhandenen Schwefelkies durch Oxydation entstanden sein soll.

M. Maclaren sieht eine reiche Vegetation und die durch lebhaftes Humuszersetzung vermehrte Kohlensäure als Ursache der Lateritbildung an. Die Zersetzungs Vorgänge sollen in größerer Tiefe erfolgen, die dabei gebildeten löslichen Produkte erst nachträglich durch Kapillarkwirkung an die Oberfläche gelangen und infolge Verdunstung zum Absatz kommen.

J. Mohr hält eine bei regenreichem Klima nach unten gerichtete Wasserbewegung im Boden für die Lateritbildung für 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, welche daher leichter in die Tiefe geschlämmt werden.

Nach *H. Arsandaux* besteht die Lateritbildung in einer Abspaltung eines Teiles der Tonerde der Feldspate unter Wasseraufnahme, wodurch z. T. Kaolin, z. T. freies Tonerdehydrat gebildet würde.

P. Vageler und *W. Meigen* sehen in der Laterisierung der Silikate eine durch reines Wasser hervorgerufene hydrolytische Spaltung, deren Wirkung durch höhere Temperatur verstärkt werde. Durch Hydrolyse zerfalle Feldspat in Tonerdehydrat einerseits, Alkalisilikat andererseits, welches dann weiter in Alkalihydroxyd und freie Kieselsäure gespalten würde. Alle Spaltungsprodukte sollen zunächst kolloidale Lösungen bilden. „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.... Im gleichen 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 Erwärmung der Lösung abgeschieden werden.“

^{a)} *J. Walther*, a. a. O. S. 52/3.

^{b)} *W. Koert*, Der Krusteneisenstein usw., S. 61.

^{c)} *W. Meigen*, a. a. O. S. 203/7.

Unter diesen zahlreichen chemischen Hypothesen läßt sich die Mehrzahl leicht widerlegen. Säuren wie Schwefelsäure, Salpetersäure zersetzen die Gesteine auch in der Natur unter Abscheidung der Kieselsäure und Auflösung bzw. Umwandlung aller anderen Bestandteile in Salze. In den Sodaböden bewirkt die „alkalische Lösung“ infolge hochgradiger Peptisierung die völlige Verklumpung der Böden. Von einer Laterisierung ist keine Spur zu sehen. Der Zerfall der Feldspäte durch Hydrolyse in Tonerdehydrat und Alkalisilikat ist weder durch Experimente noch irgendwo in der Natur nachgewiesen. Wo reines heißes Wasser lange Zeit auf Gesteine einwirkt, z. B. in den Gasteiner Thermen⁹⁾, war von einer Zersetzung, geschweige der Laterisierung, nichts zu erkennen.

Dagegen scheint mir die Ansicht *Julius Mohr* zuzutreffen. *J. Mohr* hat als Agrikulturchemiker lange Jahre die Böden in Niederländisch-Indien genau studiert. Was dieser Autor für die tropischen Böden findet, erinnert durchaus an die Gesetzmäßigkeiten der Bodenbildung im gemäßigten Klima und legt einen Vergleich zwischen dem Laterit und den entsprechenden Erscheinungen des gemäßigten Klimas, z. B. dem Ortstein, nahe. Zuvor sei noch das Nötige über die mikroskopische Erscheinung des Laterites mitgeteilt, welches für die Auffassung seiner Natur wesentlich ist.

3. Das mikroskopische Bild des Laterites.

*M. Bauer*¹⁰⁾ untersuchte Granit-, Diorit- und Diabaslaterit der Seychellen. Die Quarzkörner des Granites waren klar und unangegriffen geblieben. Die Stelle des Feldspates hatte ein helles, feinschuppiges Aggregat winziger, ziemlich stark doppeltbrechender Tüfelchen und Plättchen unregelmäßiger Form und sehr schmaler Leisten eingenommen. In parallelen Streifen fand eine Infiltration von Eisenhydroxyd statt. An Stelle der Hornblende und des Glimmers waren ähnliche, aber eisenreichere Umwandlungsprodukte vorhanden. Außerdem wurden alle möglichen Übergänge von diesen zu den ursprünglichen Mineralien beobachtet. In dem durch die Feldspatzersetzung entstandenen feinschuppigen Aggregat bestanden zahlreiche, rundliche Hohlräume, welche vielfach ganz oder teilweise mit neugebildetem, rotbraunem bis gelbbraunem Eisenhydroxyd erfüllt sind. Dieses hatte oft eine rundliche Oberfläche und bestand aus einer Anzahl dünner Schalen wie beim Glaskopf, auch radialfaserige Struktur war nachweisbar. Ganz das entsprechende Bild zeigten die Hornblende und der Feldspat des Dioritlaterites, nur fehlte hier der Quarz. Gleiches gilt für den Diabas-

laterit, bei welchem nur der Ilmenit frisch erhalten war. Die chemische Untersuchung ergab, daß das feinschuppige Aggregat in der Hauptsache aus Hydrargillit bestand. „Man hätte also *Pseudomorphosen von Hydrargillit nach den ursprünglichen Mineralien* (Feldspat, Hornblende, Glimmer, Augit usw.), wobei die Stärke der Eisenbeimengung wie in anderen Fällen bis zum Überwiegen des Eisenhydroxyds und sogar bis zu der fast vollständigen Verdrängung der Tonerde führen kann, in der Hauptsache von der Natur des ursprünglichen Gesteins und dessen größerem oder geringerem Gehalt an eisenreichen Gemengteilen abhängt.“

*G. C. du Bois*¹¹⁾ unterscheidet zwischen Oberflächen- und Tiefenbildungen des Laterits. Der sehr eisenreiche Oberflächenlaterit eines Diabases zeigte u. d. M. außer undurchsichtigen oder nur durchscheinenden roten Eisenoxymassen Bruchstücke einer rötlich gefärbten amorphen Masse und stellenweise Kieselsäureskelette mit kleinen sparsamen sekundären Quarzkörnchen. Winzig kleine, schwarze, undurchsichtige Pünktchen deuteten auf Erz. Die ursprüngliche ophitische Struktur war nicht erhalten. Die Lateritkruste einer Diabasombe zeigte unter dem Mikroskop rote und gelbrote Körner, Schuppen und Leisten anisotroper Natur. Neben diesen mehr oder weniger undurchsichtigen Eisenoxyd- und Eisenhydroxydflecken waren sparsam stark verwitterte Hornblenden, Epidotleisten, Titaneisenerz und Titanit zu erkennen. Bei dem Tiefenlaterit war u. d. M. stellenweise die diabasisch-körnige Struktur noch gut erhalten. Die Augitreste waren meist blaßgefärbt und polarisierten stark; auf den Spalttrissen war oft sehr reichlicher Limonit ausgeschieden. Von den Plagioklasleisten war nur noch ein trübes Zersetzungsprodukt vorhanden, welches unter gekreuzten Nicols dunkel blieb und an gefärbten Ton und kaolinartige Masse erinnerte. Die Quarzkörner zeigten eine der magmatischen Korrosion ähnliche Verwitterungserscheinung. In und um sie herum traten rundliche limonitartige Körnchen mit konzentrisch-schaliger Bildung auf. Nach den chemischen Analysen beurteilte *du Bois* die u. d. M. festgestellte amorphe Substanz als in Umsetzung befindliche Primärsilikate und kieselsäurereiche Neubildungen mit Eisenhydroxyd.

*A. Lacroix*¹²⁾ studierte zahlreiche Lateritprofile in Französisch-Guinea und unterschied zwischen einer oberen Konkretionszone und einer tieferen Zersetzungszone. In der erstgenannten war wie bei *du Bois* fast immer die ursprüngliche Struktur völlig verschwunden, nur selten erkannte *A. Lacroix* Feldspatsilhouetten, welche von Eisenmassen ausgefüllt waren. Dagegen fand *A. Lacroix*

⁹⁾ *H. Stremme*, Die Chemie des Kaolins. Fortschr. Min. 2, 1912, S. 115.

¹⁰⁾ *M. Bauer*, Beiträge zur Geologie der Seychellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits. N. Jahrb. Min. 1898, II, S. 196—205.

¹¹⁾ *G. C. du Bois*, Beitrag zur Kenntnis der surinamischen Laterit- und Schutzrindenbildungen. Tscherm. Min. u. Petr. Mitt. 22, 1903, S. 1—61. Hierin ausführliche Literatur mit Inhaltsangaben.

¹²⁾ *A. Lacroix*, Les Latérites de la Guinée. Nouv. Arch. du Muséum, 5, V, 1913, Paris 1914, S. 255—356.

in der Tiefenzone oft die Hydrargillit-Pseudomorphosen nach Feldspat, welche *M. Bauer* beschrieb. Außerdem aber wurden auch Tone in den Mineralumrissen z. B. des Nephelins gefunden. Pyroxen und Olivin fand *A. Lacroix* in Gemenge von kolloider Tonerde und Eisenoxyd umgewandelt.

Diese Übersicht zeigt, daß eine Umwandlung von Feldspat, Glimmer, Hornblende, Augit und anderen Mineralien in Hydrargillit und Limonit neben einer tonigen Zersetzung dieser Mineralien festzustellen ist. Bei der kaolinartigen Zersetzung — auch *A. Lacroix* nennt oft wie *du Bois* Kaolin und weist ihn chemisch nach — findet eine Abgabe von Tonerde nicht statt. Die Umwandlung der genannten Mineralien in Hydrargillit verlangt jedoch eine starke Zufuhr an Tonerde. Im Kalifeldspat bildet die Tonerde weniger als den fünften Teil der Masse, bei Hydrargillit mehr als zwei Drittel. Das spezifische Gewicht beträgt für jenen 2,65, für diesen 2,35. Noch stärker muß die Tonerdezufuhr bei einer Umwandlung von Hornblende oder Augit in Hydrargillit sein. Entsprechendes gilt z. B. für das Eisenoxyd der Eisenkrusten der Granitlaterite, wie sie vielfach beschrieben sind. Diese Zufuhr von Tonerde und Eisenoxyd kann nicht aus der Tiefe kommen, da dort das unzersetzte Gestein ansteht, sondern lediglich aus oberen Horizonten, welche allerdings dort, wo die Laterite nackt zutage treten, fehlen. Diese Überlegung trifft also mit der *J. Mohrs* zusammen. Daß eine solche Infiltration im feuchten Klima vorhanden ist, zeigt eine Betrachtung der mittel- und nordeuropäischen Waldböden.

4. Die Umlagerung der Sesquioxide in den mittel- und nordeuropäischen Waldböden.

Die Literatur über dieses Phänomen ist sehr ausgedehnt. Ich verweise hierüber insbesondere auf die nachstehenden Zusammenfassungen¹²⁾. Eine Analyse, welche das Verhalten der Sesquioxide deutlich kennzeichnet, ist die nachstehende *M. Helbig's*, eines Schwarzwälder Waldbodens.

Diese Analysen, insbesondere die Molekularzahlen zeigen eine starke Auslaugung der Sesquioxide, des Kalkes und der Phosphorsäure und eine mittlere der Magnesia und der Alkalien aus der Oberkrume (Bleisand) und den Niederschlag der ausgelaugten Sesquioxide und der Phosphorsäure im mittleren Horizont, dem Ortstein. Diese Umlagerung findet gesetzmäßig in allen Waldböden der gemäßigten Zone statt. Stets ist die Oberkrume ausgelaugt und arm an salzsäurelöslichen Stoffen, an den sogen. Bodenzeolithen, unter denen vielfach bei der Analyse alle salzsäurelöslichen Tonerdesilikate mitgefaßt werden. Diese stellen nach *M. Müntz* den Hauptanteil der Materialien, an

	A. Bleisand		B. Ortstein		C. Granit	
	Gew.- Proz.	Mol.- Verh.	Gew.- Proz.	Mol.- Verh.	Gew.- Proz.	Mol.- Verh.
SiO ₂	81,4562	100	62,8255	100	69,6140	100
Al ₂ O ₃	10,2232	7,41	18,5572	17,38	15,2354	12,86
Fe ₂ O ₃	1,3781	0,51	4,7998	2,87	2,3316	1,26
MnO	0,1065	0,11	4,1361	5,53	1,1242	1,36
CaO	0,1742	0,23	0,7796	1,32	0,9700	1,49
MgO	0,5682	1,04	0,6273	1,50	0,6888	1,48
K ₂ O	3,9016	3,07	4,4778	4,54	5,1967	4,77
Na ₂ O	3,6354	4,33	4,6283	7,11	5,4671	7,60
P ₂ O ₅	0,2856	0,15	0,8903	0,60	0,5809	0,35
Summe	101,7290		101,7219		101,2087	

welchen die Oberkrume verarmt. „Die Sesquioxide, welche aus den obersten Schichten aufgelöst und suspendiert werden, wandern mit verschiedenen anderen Stoffen, wie Humusstoffen. Kieselsäuresol, den Kationen Ca, Mg, K, Na und Anionen von Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure tiefer. In der B-Schicht fallen die Sesquioxide mehr oder weniger aus, und zwar so, daß die Tonerde zum größten Teil ausfällt, während das Eisenoxyd sich verschieden verhält. In den Eisenoxydböden, welche weniger Humusstoffe und reichlicher Elektrolyte enthalten, fällt das Eisenoxyd hauptsächlich aus, wohingegen es in den Humuspodsolböden, welche reich an Humusstoffen und arm an anorganischen Elektrolyten sind, zum größten Teil nicht ausfällt, sondern tiefer, sogar bis zum Grundwasser wandert“ (*B. Aarnio*)¹⁴⁾.

In großer Zahl liegen Profilaufnahmen solcher Waldböden vor. Ich gebe nachstehend zwei derartige wieder (1. vergl. *H. Stremme*, S. 31; 2. vgl. *K. Glinka*, S. 69).

1. Hinterer Heinzbergkopf im Schwarzwald (*K. Rau*).

- A₁ 10—20 cm schwarzer sandiger Humus.
- A₂ 20—45 cm grauer, leichtrötlicher humoser Sand.
- B₁ 20—50 cm steinharter, rostrotbrauner Ortstein.
- B₂ mindestens 40 cm rostiger, verfestigter, dazwischen etwas rostiger Sand.
- C mittlerer Hauptbuntsandstein.

2. Kreis Dorogobush, Gouv. Smolensk. (*Tumin*).

- A₁ 14 cm hellgrau, mit dunkler Nuance: teilt sich beim Zerbröckeln leicht horizontal. Runde, 1—2 cm im Durchmesser haltende Eisenkonkretionen in kleiner Menge.
- A₂ 11 cm weißlich, geschichteter, poröser Horizont, Eisenkonkretionen seltener.
- B 120 cm braun mit weißlichen Kalkflecken und Streifen; geschichtet; in 90 cm schwache Rostflecken; Eisenkonkretionen selten.
- (B oder) C brauner, lößartiger Lehm mit Rostflecken.

¹²⁾ *K. Glinka*, Die Typen der Bodenbildung, Berlin 1914, S. 66—101.

H. Stremme, Die Verbreitung der klimatischen Bodentypen in Deutschland, Branca-Festschrift, Berlin 1914, S. 27—53.

¹⁴⁾ *B. Aarnio*, Über die Ausfällung des Eisenoxydes und der Tonerde in finnländischen Sand- und Gauseböden, Helsingfors 1915, S. 73. Podsol ist die russische Bezeichnung für die Waldböden mit Bleichhorizont (Bleisand), dessen bleiche Farbe durch bleichen Humus hervorgerufen wird.

Waldböden haben in Deutschland unter der dunklen Oberkrume zumeist einen hellgrauen bis weißen Horizont, welcher durch einen helleren Humus gefärbt ist. Feldböden haben in der Regel einen grau- bis schwarz- bis lichtschokoladebraunen oder auch schwarzen Humushorizont. Der Bleichhorizont ist bei solchen nur in frisch gerodetem Gebiet vorhanden und verschwindet allmählich.

Der B-Horizont, in welchem der Niederschlag der Sesquioxyside stattfindet, hat in sandigen und grandigen Waldböden oft eine Verhärtung durch Konkretionen oder harte Schichten, den Ortstein, erfahren. Seltener ist eine solche in Lehm Böden, und in Tonböden findet man sie nur ausnahmsweise. Die bindigen Böden haben mehr Flecken oder Spaltenabsätze oder sind völlig rostig gefärbt. Es herrscht eine große Mannigfaltigkeit in der Ausbildung wie auch in der Farbe: gelbbrot, gelbbraun, braungelb, rotgelb, braunrot, rotbraun, türkisrot; kaffeebraun, schwarzbraun oder schwarz von Humus, schwarz von Mangan. Zumeist überwiegen die Farben des Eisenrostes. Ortsteinbänke finden sich in großer Verbreitung in sandigen Gebieten, so in Westfalen, Hannover, Schleswig, auch im Gebirge, wie im Schwarzwalde. Der Ortstein ist ein arger Forstschädling, der den Baumwuchs zum Kümern und Absterben bringt. Die typische Vegetation der Ortsteingebiete ist die Heidevegetation. Bei Feldböden sieht man im hügeligen Gelände an Abhängen häufig die rostfarbenen Untergrundsfarben neben den Humusfarben hervortreten. In Becken und Flußtälern findet man Niederschlag von Raseneisenerz, das auch in eisenärmeren Varietäten meist schichtig, bisweilen tonig-klumpig den Grundwasserspiegel als Gleichhorizont kennzeichnet. Wie *B. Aarnio* ausgeführt hat, kommt das Eisen bei Gegenwart von viel Humuslösung im Humusortstein bzw. dessen unverfestigten Stellvertretern nur teilweise zum Absatz, es wird hauptsächlich dem Grundwasser zugeführt. Daher die eisenreichen Grundwässer in Gegenden, welche die Umlagerung der Sesquioxyside im Boden zeigen.

Sowohl in bezug auf die Analysen wie in bezug auf die Profilverhältnisse, Ausscheidungen von Raseneisen und Grundwasserablagerungen herrscht eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Erscheinungen des gemäßigten Klimas und denen der Tropen, insbesondere der lateritführenden.

5. Laterit-Analysen und -Profile.

Nachstehend gebe ich die summierten Zahlen eines Lateritprofils von Fatoya wieder, welches *A. Lacroix* in seiner oben zitierten Arbeit in Partialanalysen veröffentlicht hat.

Nach diesen Analysen unterscheidet sich die untere Zone vom Glimmerschiefer einerseits durch die Auslaugung der Alkalien und Erdalkalien, andererseits durch die Vermehrung der Sesquioxyside und des Wassers. Im Vergleich mit dem oben wiedergegebenen Profil des Schwarzwälder Waldbodens würde die untere Zone des Glimmer-

	Obere Zone harter, gebänderter Block		Untere Zone (ohne Quarz) (oberer Teil)		Glimmer- schiefer (ohne Quarz)	
	Gew.- Proz.	Mol.- Zahl	Gew.- Proz.	Mol.- Zahl	Gew.- Proz.	Mol.- Zahl
Lösl. SiO ₂ . .	1,22	100	39,3	100	44,5	100
Quarz . . .	13,33		—	—	—	—
Al ₂ O ₃ . . .	46,31	187,3	35,5	53,1	37,5	49,6
Fe ₂ O ₃ . . .	17,65	45,5	8,5	8,1	0,8	0,7
TiO ₂ . . .	0,19	1,0	1,3	2,5	1,0	1,7
CaO + MgO .	0,19	1,7	0,8	2,6	1,1	3,2
Na ₂ O . . .	—	—	0,35	0,9	0,9	2,0
K ₂ O . . .	—	—	1,3	2,1	6,9	9,9
H ₂ O . . .	21,40	490,3	11,0	93,3	7,6	56,9
Summe	100,00		98,05		100,3	

schiefers dem Ortsteinhorizont entsprechen, nur sind die charakteristischen Merkmale stärker ausgeprägt. Die obere Zone zeigt im Vergleich zum Glimmerschiefer eine wesentlich stärkere Auslaugung der Basen und eine ebenfalls wesentlich stärkere Vermehrung der Sesquioxyside und des Wassers. Die Ortsteinmerkmale sind hier also noch erheblich mehr ausgeprägt. Ein Horizont, der dem Bleisande, also der humosen Oberkrume entspräche, fehlt (infolge Denudation).

Das nachstehende Profil, das ich aus Analysen kombiniert habe¹⁵⁾, welche *F. Jentsch* bzw. *R. Schwarz* von einem Kameruner Waldboden auf Gneis und *O. Hintze* von einem Kameruner Biotitgneis veröffentlichten, zeigt dagegen nur Oberkrume und unzersetztes Gestein. Zwischen beiden

	60 % Feinerde des humusarmen Gneis- bodens (die übrigen 40 % hauptsächlich Quarz)		Biotitgneis	
	Gew.- Prozent	Mol.-Zahl	Gew.- Prozent	Mol.-Zahl
SiO ₂ . .	78,35	100	63,40	100
Al ₂ O ₃ . .	9,51	7,1	15,22	14,1
Fe ₂ O ₃ . .	2,97	1,4	1,64	6,5
FeO . .	—	—	4,18	
MnO . .	—	—	0,05	—
TiO ₂ . .	0,87	0,7	0,99	0,9
MgO . .	0,26	0,5	3,82	9,0
CaO . .	0,14	1,1	3,94	6,7
Na ₂ O . .	0,40	0,6	4,05	6,2
K ₂ O . .	2,65	2,2	1,58	1,6
H ₂ O . .	5,49	—	0,78	—
			(+ 0,42 P ₂ O ₅)	
			(+ 0,12 CO ₂)	
Summe	101,4		100,19	

¹⁵⁾ *H. Stremme*, Die Entstehung des Laterits. Ztschr. Ges. Erdk. Berlin 1916 (i. V.)

ist aber nach der Art der Zersetzung ein Horizont einzufügen, welcher die aus der Oberkrume ausgelaugten Sesquioxide enthält. Dieser entspricht dem Laterit.

Wir sehen also hier die starke Auslaugung der Sesquioxide und der Basen, nur noch wesentlich stärker, als sie bei dem Bleisand des Schwarzwaldes zu erkennen war. Eine Ausnahme macht scheinbar das Kali. Doch ist es möglich, daß der Gneisboden nicht aus einem Biotitgneis, welcher nach *O. Hintze* in Kamerun unter den Gneisen überwiegt, sondern aus einem der dort selteneren Muskovitgneise entstanden ist. In diesem Falle enthielte der Gneis erheblich mehr Kali als der auch für einen Biotitgneis recht kaliarme *Hintzes*.

Tatsächlich kommen in den Tropen unter der humosen Oberkrume überall die Horizonte vor, welche durch die Sesquioxide bunt, in den Tropen überwiegend rot gefärbt sind, wie die nachstehenden Profile beweisen. Die besten und sorgsamsten Aufnahmen hat *W. Koert*¹⁹⁾ mitgeteilt:

1. Tiefbohrung Assatnu in Togo.

A	von 0 — 0,5 m	humussandiger Mutterboden,
B	0,5—1,3 "	Krusteneisenstein,
B mit	1,3—3 "	roter Eluviallehm,
zu oberst	3 — 75,5 "	klüftiger, zu oberst noch stark
nach B,		verwitterter Hornblendegranatgneis,
darunter C		tiefer granatführender Biotitgneis.

2. Tiefbohrung Glikope in Togo.

A	von 0 — 1 m	schwach humoser grober Sand,
B	1 — 1,5 "	graubrauner kalkfreier Lehm mit spärlichem Roherz,
B mit	1,5—19,5 "	grauer bis bräunlicher, glimmerreicher, bald mehr sandiger, bald mehr toniger Verwitterungsboden des Biotitgneises, zwischen 10,5 und 15 m kalkig, sonst kalkfrei,
Gleihorizonten	19,5—35 "	fester klüftiger Biotitgneis mit reichem Grundwasserzutritt, Spiegellage in 23,1 m unter Flur.

3. Brunnen in Gádja in Togo.

A	von 0 — 0,8 m	humussandiger Boden,
B	0,8—2 "	Quarzsand mit Krusteneisenknauern, darunter grauen grobsandigen bis kiesigen Lehm mit geringem Wasseraustritt in seinem oberen Teile. Der Lehm enthielt eckige Bruchstücke von Pegmatit, allem Anschein nach ein aus pegmatitführendem Gneis hervorgegangener Eluviallehm.
Gleihorizont		

4. Tiefbohrung am Yoto bei Nuatjä in Togo.

A	von 0 — 0,5 m	humoser Verwitterungsgrus,
B ₁	0,5—1 "	Krusteneisen in Knauerform,
B ₂	1 — 2,2 "	sandiger Verwitterungsgrus des Gneises,
B ₃	2,2—5,5 "	verwitterter Biotitgneis,
C	5,5—146 "	frischer Biotitgneis.

¹⁹⁾ *W. Koert*, Der Krusteneisenstein, a. a. O. S. 25—28.

5. Tiefbohrung Amakpavhé in Togo.

B	von 0 — 4 m	Krusteneisenstein,
B mit Glei?	4 — 6,5 "	glimmerreiche Verwitterungsletten, oben bräunlich, tiefer grau,
C	6,5—76 "	granatführender Zweiglimmergneis, Wasserspiegel in 24 m unter Flur.

Von diesen Profilen zeigen 1—4 die humose Oberkrume, 5 dagegen beginnt mit dem Krusteneisenstein. In den Profilen 2 und 3 sind dort, wo das Grundwasser steht, lehmige und tonige Beimengungen in den sonst mehr sandigen Böden angegeben. Ich habe diese mit „Glei“ bezeichnet. *K. Glinka*¹⁷⁾ hat in seinem Werk über die Bodentypen diese Bezeichnung angewandt. Ich selbst¹⁸⁾ konnte entsprechende Grundwasserablagerungen in Deutschland nachweisen, *B. Frosterus*¹⁹⁾ schrieb über solche Böden in Finnland. Also auch hierin besteht volle Übereinstimmung zwischen den tropischen Böden und den im mittel- und nordeuropäischen humiden Gebiet zu findenden.

Aus der Regentschaft Palembang auf Sumatra und von Malakka hat *R. Lang*²⁰⁾ zwei Profile mitgeteilt, welche Humusboden über Laterit zeigen.

6. Straßeneinschnitt durch einen Hügel bei Palembang.

Mächtigkeit		
A	25 cm	brauner, lockerer, von zahlreichen Wurzelresten durchsetzter Boden mit zahlreichen Bohnerykörnern,
	30—35 "	etwas hellerer brauner Lehm mit zahlreichen Bohnerykörnern und Wurzelresten,
	60—80 "	weiß und lilafarbener schmutziger Laterit mit vereinzelt Wurzelresten, oben z. T. lilafarbener, darunter violettrot und rein weiß gefärbter Laterit mit erkennbarer Schichtung.
B	20—30 "	ziegelrot gefärbte Schicht,
C	250 "	graublauer bis grauschwarzer, sandiger Ton.

7. Eisenbahneinschnitt bei Niyor, Sumatra.

A	1,5—2 m	braungelb verwitterter Boden mit Bohnerz,
B	2—4 "	Laterit,
C	bis 0,6 "	schwarzer, geschichteter Ton.

*J. Walther*²¹⁾ hat die nachfolgenden Bodenprofile tropischer Böden mitgeteilt, welche *F. Wohltmann* im Landwirtschaftlichen Institut zu Halle in Glaszylindern aufgestellt hat. Allerdings

¹⁷⁾ *K. Glinka*, Die Typen der Bodenbildung, a. a. O. S. 74.

¹⁸⁾ *H. Stremme*, Die Verbreitung der Bodentypen in Deutschland, a. a. O. S. 42.

¹⁹⁾ *B. Frosterus*, Versuch einer Einteilung der Böden des finnländischen Moränengebietes, Helsingfors 1914, S. 69.

²⁰⁾ *R. Lang*, Geologisch-mineralogische Beobachtungen in Indien, 3, Centralbl. Min. 1914, S. 141.

²¹⁾ *J. Walther*, a. a. O. S. 50.

reichen diese nicht bis zum unverwitterten Gestein, zeigen aber zumeist die Überlagerung des Laterites durch humose Oberkrumen.

8. Französisch - Senegambien (Pflanzung Colin): 25 cm grauer Boden mit scharfer Grenze, darunter hellroter Laterit,
- Togo: 9. Lome (Pflanzung Kpeme): 15 cm brauner Boden, darunter roter Laterit,
10. Misahöhe (Pflanzung Douglasshöhe): 30 cm bräunlicher Boden, darunter dunkelroter Laterit,
- Kamerun: 11. Bali (Pflanzung Baliberg): 27 cm brauner Boden, darunter roter Laterit,
12. Station Jaunde: 30 cm gelbroter Boden, darunter roter Laterit,
- Ostafrika: 13. Handei (Pflanzung Magrotto): 25 cm braunroter Boden, darunter hellroter Laterit,
14. Pangani (Pflanzung Kikogwe): 25 cm dunkelgrauer, 20 cm braunroter Boden, darunter roter Laterit,
15. Pangani (Pflanzung Hale): 25 cm braunroter Boden, darunter roter Laterit,
- Karolinen,
Ponape: 16. 30 cm Braunerde, darunter typische Roterde,
17. 35 cm Braunerde, darunter normaler Laterit,
- Brasilien: 18. Linha Sorocabana: 20 cm Braunerde, darunter dunkelroter Laterit mit Kieselkonkretionen.

Von diesen Profilen geben Nr. 12 und wohl auch 13 und 15 keine humose Oberkrume an, sondern, wie es ähnlich in Deutschland an den Abhängen überall zu sehen ist, die Untergrundfarben an der Oberfläche.

Über die Verteilung der Untergrundfarben an der Oberfläche in den Tropen hat sich *P. Vageler*²³⁾ für die Landschaft Ugogo in Deutsch-Ostafrika geäußert. Dort kommen die eluvialen Roterden nur an den steileren Berghängen vor, an dessen Fuße die umgelagerten Roterden in horizontaler Lagerung zu finden sind. Die Höhen und Plateaus werden von eluvialen Grauerden bedeckt, die Senken von alluvialen. Obwohl „man viel von einem roten Ugogo spricht“, und auch der Reisende beim Durchqueren auf der alten zentralen Karawanenstraße diesen Eindruck gewinnt, nehmen die eluvialen Roterden, die ganz vereinzelt auch in Laterit im Sinne *M. Bauers* übergehen, doch eine Flächenausdehnung von nur 0,1 % der Ugogoböden ein, während die Gesamtausdehnung der eluvialen und alluvialen Roterden sich auf rund 6 % der gesamten Bodenbildungen beläuft. Die übrigen 94 % verteilen sich auf die verschiedenen Arten der durchschnittlich humusreicheren Grauerde. Ugogo ist eine verhältnismäßig trockene Landschaft, die bei etwa 20 ° mittlerer Jahrestemperatur nur 750 mm Niederschlag

hat, der hauptsächlich in den Monaten Dezember bis März fällt. Die Vegetation Ugogos ist überwiegend die der Steppe, von der Grassteppe bis zur Buschsteppe. Auch dichter Laubbusch ist vertreten, in dessen Gebiet die Roterden hauptsächlich vorkommen.

In den Pflanzungen der Umgegend von Batavia hat *R. Lang*²³⁾ beobachtet, daß auf solchen Stellen, welche sich, wenn auch nur um wenige Meter, über das Flachland erheben, bei geringer oder fehlender Bewachsung die rote Untergrundfarbe durch die nur wenig mächtige Humuskrume durchschimmert. Die Bodenbearbeitung hat die rote Komponente des Untergrundes mit der braunen der Humuskrume vermischt. *R. Lang* erwähnt aus den Waldungen Javas, Sumatras und Malakkas Anhäufungen von Waldtang, Moder und Moostorf (welche er fälschlich als Rohhumus [= Trockentorf] bezeichnet). Auch Schwarzwässer und Eisenniederschläge in Bächen, „schillernde Eisenhäutchen auf der Oberfläche und ölig-schmierige Eisenhydroxydablagerungen“, hat *R. Lang* beobachtet. Aus diesen pflegt Raseneisenstein zu entstehen. *W. Bornhardt* und andere Autoren hatten solchen aus Afrika beschrieben. *W. Koert* hält aber diese Vorkommen zumeist für Krusteneisensteine, d. h. Teile der B-Horizonte bzw. spätere Verfestigung solcher, in Sümpfen, welche während der Regenzeit sich bilden. Doch fand *W. Koert* in den periodischen Wasserläufen der Tropen häufig Verkittungen von Sand und Schotter durch Brauneisenstein, also echte Raseneisenerze. Zahlreiche Autoren haben Eisenkrusten in Indien, Afrika und auch sonst in den Tropen als Oberfläche ebener von Flußläufen zerschnittener Plateaus kennen gelernt. *Arnold Schultze* hat Eisenkrusten auch unvermittelt mitten im Kameruner Urwald angetroffen, wo plötzlich fast völlig kahle Stellen auftreten. Auf solchen fast kahlen Krusten über Glimmerschiefer fand *A. Lacroix*²⁴⁾ bei Fatoya (Franz.-Guinea) zahlreiche verlassene Termitenhäufen, welche aus Quarzkörnern bestanden, die durch limonitische und beauxitische Bindemittel verkittet waren. Diese Termitenhäufen dürften Überreste der ehemaligen Oberkrume sein, welche sonst in allen Fällen, in denen die Lateritkrusten die Oberfläche bilden, wie bereits *F. v. Richthofen* ausführte, fortgewaschen ist.

6. Vergleich zwischen den Waldböden des gemäßigten Klimas und der Tropen.

Auf Grund der vorstehenden Zusammenstellung von Beobachtungen, Profilaufnahmen und Analysen ergibt sich, daß in den Tropen wie im gemäßigten Klima unter der Waldvegetation eine Umlagerung der Sesquioxide (insbesondere der Tonerde und des Eisenoxides) aus der Oberkrume in den darunter liegenden Bodenhorizont stattfindet, unter welchem das unzersetzte Gestein

²³⁾ *P. Vageler*, Ugogo I. Beiheft 1/2 zum Tropenpflanzer, XVI, 4 (1912), S. 37 ff.

²³⁾ *R. Lang*, Geologisch-mineralogische Beobachtungen in Indien, 2, Centralbl. Min. 1914, S. 514.

²⁴⁾ *A. Lacroix*, a. a. O. S. 310.