Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 30 (1950)

Heft: 2

Artikel: Wie verläuft die Gesteinsverwitterung und Bodenbildung in den Tropen, insbesondere in Kolumbien?

Autor: Schaufelberger, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24445

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wie verläuft die Gesteinsverwitterung und Bodenbildung in den Tropen, insbesondere in Kolumbien?

Von *P. Schaufelberger* (Chinchina, Columbia)

Wer Gelegenheit hat die Böden der Tropen zu studieren und die gesammelten Erfahrungen mit der Literatur vergleicht, stösst meist auf Widersprüche und eine Einteilung der Böden nach der Literatur ist kaum möglich. Hier nimmt der Laterit den ersten Platz ein und in den Tropen findet man ihn kaum. Zudem sollte er sich überall bilden, vor allem in jedem Klima: im ariden, semiariden, semihumiden und sehr feuchten oder im wechselfeuchten. In mehr als zwanzigjährigem Tropenaufenthalt habe ich nur zweimal Laterit angetroffen, nämlich in der Lagune von Aragon bei Turrialba (Costa Rica), wo ein weisser Ton unter Torf liegt. Hier handelt es sich um einen alten Krater und die Tonbildung dürfte auf hydrothermale Gesteinsbildung zurückzuführen sein, so dass der Laterit Muttergestein ist. Das andere Mal fand ich ihn in Manizales in 2100 m Meereshöhe, wo er sich unter vulkanischer Asche in ältern vulkanischen Tuffen gebildet hatte. Beidemale handelt es sich um geologische Vorgänge, die mit der eigentlichen Bodenbildung wenig zu tun haben.

Vom Oktober 1946 bis Februar 1947 hatte der Verfasser das Vergnügen Herrn Prof. Dr. Hans Jenny von der Universität von Californien auf einer Studienreise in Kolumbien begleiten zu dürfen. Vom Oktober 1948 bis August 1949 untersuchte ich die Tone verschiedener kolumbianischer Böden röntgenologisch im Mineralogisch-Petrographischen Institut der E.T.H. in Zürich und hatte auch hier Gelegenheit verschiedene Probleme mit den Herren Professoren P. Niggli, H. Pallmann, E. Brandenberger, C. Burri, J. Jakob und F. de Quervain zu diskutieren und ich

möchte auch an dieser Stelle allen genannten Herren meinen aufrichtigsten Dank aussprechen für die von ihnen empfangenen Ratschläge und Anregungen.

Während meines Zürcheraufenthaltes habe ich mich natürlich auch in der Bibliothek umgesehen und äußerst interessante Arbeiten gefunden. Es seien hier folgende Publikationen genannt, die als Grundlage einer tropischen Bodenkunde wertvolle Dienste leisten.

ATTERBERG, ALBERT: Analysen dreier Laterite aus Brasilien. N. Jahrb. f. Min. 1909.
BAUER, MAX: Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterites. N. Jahrb. f. Min. 1898.
— Beitrag zur Kenntnis des Laterites, insbesondere dessen von Madagaskar. N. Jahrb. f. Min. Festband 1907.
BRUHNS, W. und BÜCKING, H.: Beitrag zur Kenntnis des Laterites. Centralbl. f. Min. 1904.
LANG, R.: Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Inst. Mitt. f. Bodenkunde 1915.
— Die klimatischen Bildungsbedingungen des Laterites. Chemie der Erde 1915.
— Über die Bildung von Bodentypen. Geol. Rundschau 1915.
— Besteht die Möglichkeit gleichzeitiger lateritischer und nicht lateritischer Verwitterung in den Tropen? Centralbl. f. Min. 1915.
— Rohhumus- und Bleicherdebildung im Schwarzwald und in den Tropen. Jahresheft d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1915.
— Die Verwitterung. Fortschritte der Min. etc., 1922.
MEIGEN, W. Laterit. Geol. Rundschau 1911.
NIGGLI, P.: Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Schw. Min. und Petr. Mitt. 1925.
STREMME, H.: Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. Geol. Rundschau 1914.
— Profile tropischer Böden. Geol. Rundschau 1917.
Chemie der Erde.

WARTH verglich im Jahre 1905 die Lateritbildung von Indien mit der Podsolbildung in England über ähnlichen Gesteinen und ähnlichen Regenmengen. Daraus wurde nun der Schluss gezogen, dass in den Tropen bei der Verwitterung Laterit und im gemässigten Klima Tone sich bilden. MEIGEN erklärt die Lateritbildung beim Fehlen von Humus, anerkennt aber, dass es noch andere Verwitterungsprodukte gäbe, die denen der gemässigten Zone ähnlich seien. STREMME ist ebenfalls der Ansicht, dass die Verwitterung in den Tropen gleich verlaufe und erklärt den Laterit als illuvialen Horizont der Waldböden. Ein Jahr später publizierte LANG nach einer Reise in Indien seinen Regenfaktor und fünf Klimabodentypen. Im Jahre 1926 schrieb NIGGLI: „Genaue Pauschalanalysen zersetzter Gesteine oder Böden werden leider selten ausgeführt,

noch seltener sind derartige Untersuchungen in Verbindung mit chemisch-analytischer Erforschung des Ursprungsmateriales. Und doch müssen sie die Grundlage für weitere Untersuchungen darstellen. Es ist beispielsweise kaum angängig, eine Theorie der Verwitterung aufzustellen unter fast ausschliesslicher Benützung von Untersuchungen über die Salzsäure- und Schwefelsäureauszüge fertiger Böden, wie das GANSSEN getan hat. In der Tat scheint es, als ob die nachfolgenden Darlegungen den Anstoss zu einer teilweisen Revision unserer Begriffe über die verschiedenen Bodenbildungsprozesse geben sollten. Naturgemäss gestatten diese ersten orientierenden Versuche kein abschliessendes Urteil. Sie können nur Anregungen geben."

Vor bald einem Vierteljahrhundert war also die Grundlage für die tropische Bodenkunde recht günstig; denn LANG wies auf die Klimabodentypen hin und man brauchte nur Böden mit verschiedener Befeuchtung zu suchen und NIGGLI machte darauf aufmerksam, dass zur Erklärung der Verwitterungsvorgänge die Pauschalanalyse von Boden und Muttergestein notwendig sei. Das BLANK'sche Handbuch der Bodenlehre befasst sich ausführlich mit den tropischen Böden, leider ohne die Ratschläge LANGS und NIGGLIS zu befolgen. Es knüpft bei WARTH an, ohne nachzuprüfen, ob in Indien und England die gleichen Regenfaktoren die Bodenbildung beeinflussen. Salzsäureauszüge werden den Pauschalanalysen vorgezogen und eine Bodenanalyse genügt; denn mit dem Kieselsäure-Aluminium-Verhältnis kann man den Bodentyp leicht erkennen. Wohl wurden viele rote Böden so analysiert, aber es lässt sich manchmal schwer entscheiden, ob es sich um Böden oder Unterböden handle. Die aus den Unterböden abgeleiteten Bodenbildungsvorgänge können natürlich nicht den Tatsachen entsprechen. STREMME hat gezeigt, dass die Sesquioxyde sich im Unterboden der Wälder anreichern, was tatsächlich der Fall ist. Vergleicht man den Unterboden mit dem Muttergestein, so wird man feststellen, dass jener reicher an Sesquioxyden ist als dieses und ist nun gezwungen die Anreicherung durch Zufuhr von unten zu erklären, während in der Natur die Anreicherung von oben erfolgt.

Kolumbien hat an seiner Westküste Regenmengen von 8-10 Metern im Jahre, im oberen Magdalenental sinkt der Niederschlag auf 60 cm jährlich. Es ist also hier möglich, Böden aller Regenfaktoren zu finden. Verschiedene Böden und Muttergesteine sind auf meine Veranlassung im hiesigen chemischen Laboratorium untersucht worden und die Mitarbeit sei den Herren P. Alarcón, A. Orozco, J. Parra, und A. Uribe bestens verdankt.

a) Verwitterung in der Wüste

Hier hatte man lange Zeit geglaubt, dass nur mechanische Verwitterung herrsche, nun haben aber BLANCK und PASSARGE gezeigt, dass in der ägyptischen Wüste auch tiefgreifende chemische Umsetzungen stattfinden, bei der der Tau wohl grösseren Anteil hat, als Wasser von gelegentlichen Regenfällen. Die von BLANCK und PASSARGE ausgeführten Analysen des Verwitterungsproduktes und des Muttergesteins sind in NIGGLI-werte umgerechnet, dann werden diejenigen des Bodens durch die entsprechenden des Gesteins dividiert und die so erhaltenen Quotienten seien im folgenden als Auswaschungsfaktoren bezeichnet.

	1. Sandstein I		2. Sandstein II		3. Grauwacke		4. Granit		5. Gneis		6. Pegmatit	
	verw.	frisch	verw.	frisch	verw.	frisch	verw.	frisch	verw.	frisch	verw.	frisch
si	399	2230	178	748	259	403	274	295	151	336	222	474
al	28	3	30,5	21	48,5	14,5	38	36,5	31	45	33	49
fm	29	56	20,5	30	45,5	72,5	27	24	35	19	28,5	10
c	27	14	32	28,5	3,5	8	13	13	24	9,5	24,5	6
alk	16	27	17	20,5	2,5	5	22	26,5	10	26,5	14	35
qsi	0,18		0,24		0,64		0,93		0,45		0,47	
qal	9,33		1,45		3,45		1,04		0,69		0,67	
qfm	0,52		0,68		0,64		1,13		1,84		2,85	
qc	1,93		1,72		0,44		1,00		2,52		4,09	
qalk	0,62		0,83		p,40		0,83		0,38		0,40	

In allen Fällen sind qsi und qalk kleiner als 1, sie scheinen also abtransportiert worden zu sein. Auffallend ist die Entfernung von Aluminium in Gneis und Pegmatiten, sollten sich hier Aluminate gebildet haben? In den übrigen Böden finden wir eine Anreicherung, was normal erscheint. Kalzium ist nur bei der Grauwacke in grösserer Menge entfernt worden und bei vier Böden hat es relativ zugenommen. Nun ist Kalziumkarbonat in reinem Wasser wenig löslich (3 franz. Härtegrade), so dass bei wenig Wasser Kalzium nur langsam entfernt werden kann. Auch ist es durchaus möglich, dass Kalziumsalze der äussersten Verwitterungsschicht zugeführt werden können.

b) Lateritbildung

Da Laterit sich bei Abwesenheit von Humus bildet, so sei er hier behandelt und über die chemischen Reaktionen unterrichten nachstehende Analysen:

	7. Indien		8. Französisch Guinea				10. Insel Kassa		Zum Vergleich 11. D.C. (USA)		12. La Grange	
	Laterit	Dolerit	alt.	Diabas	9. Lat.	Diabas	Lat.	Syenit	Boden	Granit	erdig	Gabbro
si	1	137	31	124	2	109	5	191	293	303	61	94
al	60,5	36	51	19,5	59,5	15,5	66,5	45	40	37	50	21,5
fm	39,5	34	46	45,5	40	56,5	33,5	11,5	33	29	45	32,5
c	0	24,5	2	28,5	0,5	24,5	0	4,5	12,5	15	2	39
alk	0	5,5	1	6,5	0	3,5	0	39	14,5	19	2	7
qsi	0,07		0,25		0,02		0,03		0,95		0,41	
qal	1,68		2,61		3,82		1,47		1,08		2,32	
qfm	1,16		1,01		0,71		2,93		1,14		1,39	
qc	0		0,07		0,02		0		0,83		0,05	
qalk	0		0,15		0		0		0,76		0,43	
Lit.	MEIGEN		REIFENBERG		BLANCK		BLANCK		NIGGLI		NIGGLI	

Hier kommt deutlich das Auswaschen der ein- und zweiwertigen Metalle und der Kieselsäure zum Ausdruck. Auffallend ist das Anwachsen von Eisen im Laterit von Kassa, wo fm, trotz der Entfernung des Magnesiums grösser als al geworden ist, folglich muss Eisen zugeführt worden sein. Nun trifft man in der Literatur oft Angaben, dass Laterit sich unter Urwald bilde. Diese Böden haben ziemlich viel Humus und die Reaktion ist unter p_H 4,5. Unter diesen Bedingungen kann sich direkt kein Laterit bilden, aber das einsickernde saure Wasser wird bald den Humus im Boden und Unterboden lassen und Eisen lösen. Stösst nun diese Eisenlösung auf Feldspäte, so werden diese ihre Alkalien abgeben, die das Eisen ausfällen; in der nun alkalinen Reaktion ist die Kieselsäure beweglich, wir haben nun unterirdisch die Lateritbildung, aber dieser Laterit besteht aus den Sesquioxyden des Gesteins plus des von oben zugeführten und hier ausgefällten Eisens. Ist das Gestein gut durchlässig, so werden die geschilderten Reaktionen sich überall abspielen und das Gestein wird rot. Ist aber das untere feldspatführende Gestein weniger durchlässig, so wird über ihm sich Wasser ansammeln, das hier alles Eisen löst und die Bleichschicht bildet sich. Das nun langsam ins untere Gestein eindringende Wasser gibt auf kurzer Strecke sein Eisen ab und es entsteht ein Eisenpanzer. Da wo das Gestein durchlässiger ist, dringen die Eisenabscheidungen in grössere Tiefe vor und es entsteht eine Fleckzone. Mit der Zeit wird die ganze Schicht rot, und wenn die Alkalien einmal weg sind, wird das saure Wasser auch Eisen wegführen; unten, im Grundwasserstand, wird sich wiederum eine Bleichzone bilden, darüber die Fleckzone unter dem Eisenpanzer. Das Aussehen eines Laterites wird sehr von seinem Entwicklungszustande abhängen. Diejenigen, die die roten Unterböden der Tropen als Laterit bezeichnen, haben also auch

recht; denn sie bilden sich durch das Fällen des Eisens und der Lösung der Alkalien und der Kieselsäure, nur wird das Endprodukt, je nach dem Muttergestein, noch eine wechselnde Menge von Quarz enthalten.

Die Lateritbildung kann an der Oberfläche durch Entfernung der Alkalien und Erdalkalien und der Kieselsäure bei Abwesenheit von Humus erfolgen: im Verwitterungsrückstand werden Aluminium und Eisen in ähnlichen Verhältnissen vorhanden sein, wie im Gestein. Er kann sich aber auch unterirdisch bilden, nämlich wenn saures, humusfreies Wasser mit Feldspäten in Berührung kommt. Dieser Laterit wird eisenreicher, als das Muttergestein. Dieser Laterit unter Urwald ist aber nicht identisch mit Sesquioxydanreicherung im Unterboden des Podsols; denn im Lateritprofil von Manizales liegt die Bleichzone und der Eisenpanzer 5 Meter unter der Oberfläche, während der Illuvialhorizont bei 45 cm unter der Oberfläche beginnt.

c) Bodenbildung im ariden Klima

Die Böden dieses Klimas sollen sich bei Regenfaktoren unter 40 bilden, diese Bedingung dürfte für folgende Böden erfülllt sein:

	I La Union (Valle)		13. Siam		14. Madeira		Zum Vergleich 15. Chile	
	Boden	Diabas	Boden	Theralit	Laterit	Dolorit	Boden	Granit
si	178	118	201	96	79	95	210	252
al	33,5	19	49	23	46,5	Sp	53	41
fm	46	46	47	43	51	51	30	22
c	14,5	26	1	21	1,5	40	8,5	21
alk	6	9	3	13	1	9	8,5	16
qsi	1,51		2,09		0,83		0,83	
qal	1,76		2,19		∞		1,29	
qfm	1,00		1,09		1		1,36	
qc	0,55		0,05		0,04		0,40	
qalk	0,67		0,23		0,11		0,53	
Anal.	P. Alarcon, J. Parra		Blanck, Credner u. Oldershausen		Blanck		Blanck, Rieser u. Oldershausen	
RF:	40		35		arid		27—57	

Der Unionboden hat $p_H = 6{,}7$ und einen Humusgehalt von 1,14%. Hier beobachten wir wiederum starkes Auswaschen der Alkalien und Erdalkalien, wie bei der Lateritbildung, dagegen wird die Kieselsäure weniger beweglich, in den Böden von Madeira und Chile ist qsi 0,83, in den übrigen ist dieser Quotient sogar grösser als eins. Im Boden von

La Union ist qal 1,76, d.h. im Boden befinden sich 1,76 mal mehr Moleküle als im Gestein, wenn wir keine Zufuhr von unten her annehmen, so muss es sich um einen Rückstand der Verwitterung handeln, zur Bildung eines kg Mineralbodens (ohne Humus und Wasser) sind also mindestens 1,76 kg Muttergestein notwendig gewesen. In dieser Menge sind folgende Moleküle vorhanden:

1,76. Muttergestein	si = 217	al = 33,5	fm = 81	c = 46	alk = 16
Boden	178	33,5	46	14,5	6
Ausgewaschen	39	0	35	31,5	10

RUSSEL beschreibt die Solodbildung so, dass erst bei alkalischer Reaktion die Alkalien und die Kieselsäure emigrieren, nachher wird die Reaktion sauer und die Erdalkalien verlassen den Boden. Im ariden Magdalenental treffen wir sehr oft dunkelgraue Böden über hellgrauen verkieselten Unterböden. Die Bodenreaktion ist bald alkalisch, bald sauer; 8 basische Böden zeigen ein Mittel von 7,6 (Schwankung 7,0—8,5), ebenso viele saure haben im Mittel p_H 6,1 (5,8—6,9). Diese Kaktusböden entsprechen also den Solodböden und zeigen gewisse Ähnlichkeit mit der Lateritbildung, aber mit dem grossen Unterschied, dass die Kieselsäure weniger ausgespült wird. Beim Boden von Madeira und von Chile ist qsi 0,83, also bedeutend höher als bei den Lateriten, man wird daher den Kaktusboden nicht als Laterit bezeichnen können, da seine Bildung wesentlich anders verläuft.

d) Verwitterung im semiariden Klima

In der Literatur finden sich folgende Analysen:

	16. Kuba		17. Belg. Kongo		18. Palästina		Zum Vergleich 19. Chile	
	Boden	Kalk	Boden	Gestein	Boden	Basalt	Boden	Quarzit. Gestein
si	125	122	396	318	121	85	103	24
al	56	57	57	60	27,5	27	25	3,5
fm	40	36,5	38	34	46,5	46	73	94,5
c	2	1	1	1	23	23	1	0
alk	2	5,5	4	5	3	4	1	2
qsi	1,02		1,26		1,41		4,3	
qal	0,98		0,95		0,98		7,15	
qfm	1,09		1,12		1,01		0,77	
qc	2		1		1		∞	
qalk	0,36		0,80		0,75		0,50	
RF:	50		56		39			
Literatur:	BLANCK		STREMME		BLANCK, PASSARGE u. RIESER		BLANCK, RIESER u. OLDERSHAUSEN	

Die Böden des mittleren Caucatales, die diesem Klima entsprechen im Mittel (18) $p_H = 6{,}69$ (6,4—7); Humusgehalt 2,34 (1,28—2,95%); Tiefe 20—35 cm. Diese Böden sind also leicht sauer bis neutral, so dass die Kieselsäure wenig beweglich ist. Die Alkalien werden ausgewaschen während Ca gleich bleibt oder angereichert wird. Interessant ist die Angabe von COOLHAAS, dass in Java für den Tabakanbau die jüngsten vulkanischen Aschen sich sehr gut eignen, während die etwas älteren Aschen Kalidüngung benötigen, so dass wir annehmen dürfen, dass auch dort die Alkalien ausgespült werden. Die Anreicherung von Ca wird kaum durch aufsteigendes Wasser erfolgen, sondern eher durch faulende organische Substanz, deren Ca im Boden, vor allem durch den Humus, zurückgehalten wird.

Beim Kongoboden ist qsi 1,26, so dass wir annehmen dürfen, dass mindestens dieselbe Menge Muttergestein zur Bodenbildung notwendig sei.

1,26.	Muttergestein:	si = 396	al = 75,5	fm = 43	c = 1,26	alk = 39,5
	Boden	396	57	38	1	4
	Verlust	0	18,5	5	0,26	35,5

Wie beim Gneis und Granit der Wüstenbildung emigrieren hier die Alkalien und das Aluminium. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Palästinaboden, während in Chile Al angereichert wurde.

Nun finden wir aber in diesem Klima auch folgende Bodenbildung:

	20. Cypern I		21. Siam		Zum Vergleich 22. Nebraska		23. Cypern II	
RF:	31		unter 60		42		21	
	Boden	Gabbro	Boden	Kalk	Boden	Löss	Boden	Kalk
si	125	105	222	5	454	389	94	16
al	32,5	21	53	0	40	35	16,5	1
fm	49,5	44,5	34	14,5	24	26	32,5	15,5
c	15	33,5	2,5	85	12	24	45,5	82
alk	3	1	10,5	0,5	24	15	25,5	1,5
qsi	1,19		44		1,17		5,88	
qal	1,55		∞		1,14		16,5	
qfm	1,11		2,37		0,92		2,12	
qc	0,45		0,02		0,50		0,57	
qalk	3		20,2		1,60		3,66	
	REIFENBERG		BLANCK, CREDNER u. OLDERSHAUSEN		BROWN, RICE u. BYERS		REIFENBERG	

Die Bodenreaktion der Böden ist Cypern I 7,1, Cypern II 7,2 und von Nebraska 7,4, also alkalisch, während sie bei den Bambusböden leicht sauer ist. Hier werden Kieselsäure und Alkalien angereichert, während Ca in grösseren Mengen weggeführt wird. Es dürfte sich um den Einfluss des Ca-reichen Gesteins handeln, das die Bildung des Chestnutbodens verursacht. Mit Ausnahme des Lösses sind es alkalienarme Gesteine, die Anreicherung dieser Metalle im Boden dürfte auch hier durch Adsorption des Humus bewirkt sein, der die aus dem Laubfall zugeführten Basen zurückhält.

Über den Basenverlust soll uns der Gabbroboden von Cypern unterrichten, dessen qal 1,55 beträgt.

1,55.	Muttergestein:	si = 162	al = 32,5	fm = 69	c = 52	alk = 1,5
	Boden	125	32,5	49,5	12	. 3
	Verlust	37	0	19,5	40	—1,5

Die Erdalkalien werden am stärksten verlagert, aber auch etwas Kieselsäure ging verloren, während die Alkalien schwach angereichert worden sind.

e) Verwitterung im semihumiden Klima

Die Humusböden der Tropen, sowie die Prärienböden und Tschernozeme der gemässigten Zone bilden sich bei Regenfaktoren zwischen 60 und 100.

Analysen von Chinchináböden. RF = 117

	II. Nr. 1	III. Nr. 6	IV. Nr. 12	V. Nr. 13	VI. Nr. 30	VII. Nr. 136	Andesitasche
si	194	245	197	201	246	208	205
al	39	26	33	39	24,5	32	32
fm	26,5	26	29	18	35	27	35
c	14,5	20	15,5	14,5	18,5	20,5	13
alk	20	28	22,5	28,5	22	20,5	20
qusi	0,94	1,29	0,96	0,98	1,20	1,08	
qal	1,22	0,83	1,03	1,22	0,77	1,00	
qfm	0,75	0,80	0,83	0,51	1,00	0,77	
qc	1,11	1,25	1,20	1,11	1,42	1,02	
qalk	1,00	1,46	1,12	1,42	1,10	1,02	

Analytiker: A. OROZCO

Zum Vergleich

	24. Cypern		25. N. Carolina		26. Prärienboden Carrington		27. Steppenschwarzerde Ungarn	
RF	86		81		100			
	Boden	Serpentin	Boden	Gestein	Boden	Gestein	Boden	Gestein
si	101	66	885	389	557	459	364	376
al	9,5	2,5	35	55	47	47	48	48,5
fm	76	97	33	29	25,5	31	35,5	38,5
c	13,5	0	6,5	0	9,5	5	6,5	4
alk	1	0,5	25,5	16	18	16	10	9
qsi	1,53		2,27		1,21		0,97	
qal	3,8		0,63		1,88		0,99	
qfm	0,78		1,14		0,82		0,92	
qc	∞		∞		1,9		1,63	
qalk	2		1,59		1,12		1,11	
Lit.:	Reifenberg		Jenny (1929)		Blanck		Blanck	

Bei 85 kolumbianischen Humusböden finden wir folgende Mittel und Schwankungen: p_H 5,88 (5,5—6,4), Humus 3,82 (3,0—4m, 96%) Kappenextrakt 11,06 (0,26—27,24) MAe/100 g, Bodenmächtigkeit 35—60 cm.

Hier werden die Alkalien und Erdalkalien angereichert, teilweise sogar absolut, da in einigen Böden qsi etwas kleiner als 1 ist. Über den Basenhaushalt möge uns der Chinchinaboden No. 30 (VI) orientieren; qsi = 1,20.

1,20. Muttergestein:	si = 246	al = 38,5	fm = 42	c = 15,5	alk = 24,5
Boden	246	24,5	35	18,5	22
Verlust	0	14	7	–3	–2

Der Basenumsatz ist gering, etwas al und fm wurde entfernt, während c und alk etwas gewachsen sind. Diese Böden werden auch im Alter noch fruchtbar sein, sie stellen das Äquivalent der Prärienböden dar und unterscheiden sich von diesen durch eine scharfe Grenze der Humuskrume gegen den Unterboden. In Kolumbien fallen diese Böden mit der Kaffeeanbauzone zusammen.

Im semihumiden Klima finden wir in der gemässigten Zone auch den Tschernozem, dessen Bildung nach Russel einen heissen und trockenen Sommer, sowie einen kalten und feuchten Winter verlangt, Diese klimatischen Verhältnisse treffen wir in den Tropen nicht an. In Europa findet man den Tschernozem meist über Löss, also einem kalkreichen

Muttergestein, während in Nordamerika er auf Diluvium liegt, das wesentlich kalkärmer ist und zwischen beiden Tschernozemen sollen Unterschiede bestehen. BROWN, RICE und BYERS geben folgende Tschernozemanalysen aus Süd-Nebraska, die sich bei einem RF = 65 gebildet haben.

	28. Filmoreboden		29. Creteboden		30. Hastingboden	
	Boden	Löss	Boden	Löss	Boden	Löss
si	520	325	552	404	456	386
al	41,5	34	50	40,5	46	41
fm	26,5	27,5	17,5	33	23	29
c	10	24,5	10	9,5	11	11
alk	22	14	22,5	17	20	19
p_H	5,1	8,6	7,2	8,6	6,3	8,6
qsi	1,60		1,36		1,19	
qal	1,22		1,23		1,12	
qfm	0,96		0,53		0,79	
qc	0,41		1,05		1,00	
qalk	1,57		1,29		1,01	

Lit.: BROWN, RICE u. BYERS

Hier haben wir Anreicherungen von Kieselsäure und Alkalien im Boden, während das Kalzium wechselndes Verhalten zeigt, im kalkreichen Löss von Filmore wird es ausgewaschen, in den kalkärmeren wird es angereichert und die chemische Verwitterung stimmt mit derjenigen der Prärienböden überein.

Der Creteboden zeigt folgende Basenbilanz:

1,36. Muttergestein:	si = 552	al = 55	fm = 45	c = 13	alk = 23
Boden	552	50	17,5	10	22,5
Verlust	0	5	37,5	3	0,5

Wie beim Humusboden ist die Basenbewegung gering, mit Ausnahme von fm. Hier besteht natürlich auch die Möglichkeit, dass die Tschernozembildung Kalk verlangt und wenn dieser weggeführt ist, der Tschernozem in den Prärieboden, den Klimabodentyp, übergeht.

f) Verwitterung im humiden Klima

Bei Regenfaktoren von 100—160 entwickeln sich die Waldböden. Solche Böden zeigen nachstehende Zusammensetzung:

	Waldbödenanalysen:						Zum Vergleich	
	VIII. Dagua		IX. Ibagué		X. Yarumal		31. Roterde v. Georgia	
	Boden	Diabas	Boden	Monzonit	Boden	Diorit	Boden	Gestein
si	198	116	268	203	236	166	1293	604
al	52	23	30,5	34	47,5	21	63,5	69,5
fm	24	38,5	52	39,5	26	43	30	26
c	5,5	23	8,5	19,5	10,5	20	0	0
alk	18,5	15,5	9	7	16	16	6,5	4,5
p_H	5,5	5,0	5,0		5,5			
qsi	1,70		1,33		1,42		2,13	
qal	2,27		0,90		2,28		0,91	
qfm	0,61		1,33		0,55		1,15	
qc	0,24		0,43		0,52		1 ?	
qalk	1,20		1,28		1		1,45	
RF	ca. 120		110		123		115	
Anal.:	A. Uribe		A. Orozco		A. Orozco		Lit. Jenny (1929)	

Hier wird das Ca entfernt, wie bei den Chestnutböden, die aber eine basische Reaktion haben; die Waldböden zeigen folgende Mittelwerte von 58 Proben: p_H 5,07 (4,5—5,5), Humusgehalt 6,85 (5,0—10,52%) und Kappenextrakt 8,25 (0,54—38,16) MAe/100 g, Tiefe 35—45 cm.

g) Verwitterung im perhumiden Klima

Im sehr feuchten Klima bilden sich Podsole, wir nennen sie hier Urwaldböden. 6 solcher Böden zeigen folgende Mittel: p_H 4,04 (3,15—4,60), Humusgehalt 15,28 (12,00—17,94%) und Kappenextrakt 6,63 (0,54—18,75) MAe/100 g, Tiefe unter 20 cm. Die chemische Zusammensetzung ist folgende:

Analysen von Urwaldboden und Podsol

	XI. Urwaldboden von Cali-Dagua		Zum Vergleich 32. Podsol von England	
	Boden	Diabas	Boden	Dolorit
si	186	116	142	121
al	48	23	33	25
fm	39	38,5	56,5	39,5
c	6	23	5	23
alk	7	15,5	5,5	12,5
qsi	1,60		1,18	
qal	2,08		1,32	
qc	0,26		0,42	
qalk	0,45		0,42	
Analytiker:	A. Uribe		Lit. Meigen	

In beiden Böden wird Kieselsäure im Boden angereichert und die Alkalien und Erdalkalien werden ausgewaschen. Durch Laubfall werden sie immer wieder ergänzt. Werden diese Böden in Kultur genommen, so sinkt der Humusgehalt sehr rasch.

In allen Böden spielen sich nachstehende gemeinsame Vorgänge ab:

1. Da die Böden tief verwittert sind, sind sie durchlässig und das Wasser fliesst immer abwärts. Würde das nicht der Fall sein, so müssten sich im perhumiden Klima mehr Sümpfe bilden, aber diese sind in den feuchten Tropen so selten, dass man lange Zeit annahm, dass sie überhaupt nicht vorkommen. Natürlich gibt es im ariden Klima junge Böden, die vom Grundwasser beeinflusst werden, sie sind dann oft bis über einen Meter tief und haben höheren Humusgehalt und leicht saure bis basische Reaktion. Diese Böden entstehen unter dem Einfluss des geologischen Substrates und sind vom Luftklima wenig beeinflusst.

2. Massgebend für die Bodenbildung ist das Klima des Bodens und nicht der Atmosphäre. Sandige Böden haben bei gleichen Regenfaktoren ein trockeneres Klima als schwere Böden.

3. Das Wasser ist das Lösungsmittel, Alkalien sind immer löslich, dagegen die Erdalkalien nur in sehr geringer Menge, doch ihre Löslichkeit steigt bei Anwesenheit von Säuren (Kohlensäure); die Kieselsäure ist löslich bei alkalischer Reaktion, nach CORRENS ist ihre Löslichkeit folgende:

p_H-Werte	Millimol SiO_2 im Liter Wasser
0	1,65
3	0,65
5	1,81
6	3,63
11	6,3

Beim Eisen und wahrscheinlich auch beim Aluminium verhält es sich umgekehrt. Bekanntlich benützt COMBER die Eisenionen zur Bestimmung des p_H mittels Rhodankalium, aber diese Reaktion versagt, wenn p_H grösser als 6 ist. In Böden mit basischer Reaktion ist die Kieselsäure beweglich, dagegen Eisen und Aluminium sind festgelegt, bei saurer Reaktion ist es umgekehrt.

4. Zwischen Klima und Bodenbildung scheinen folgende Beziehungen zu bestehen, die uns über die Anreicherung oder Abnahme von si, c und alk unterrichten.

Klima	Tropischer Bodentyp	si	c	alk	p_H
Bei Abwesenheit von Humus	Laterit	–	–	–	
arid	Kaktusboden	±	–	–	erst alkalinisch, dann sauer
semiarid	Bambusboden	+	+	–	6,4 – 7
	Chestnutboden (Kalk)	+	–	+	basisch
semihumid	Humusboden	+	+	+	5,5 – 6,4
	Tschernozem	+	±	+	5,1 – 7,2 Unterboden basisch
humid	Waldboden	+	–	+	4,5 – 5,5
perhumid	Urwaldboden	+	–	–	unter 4,6

+ Anreicherung – Wegtransport.

Auffallend ist, dass Chestnutböden und Tschernozeme über kalkhaltigen oder basischen Gesteinen, den gleichen Verwitterungsveränderungen unterworfen sind, wie die Waldböden und z.T. sogar gleiches p_H zeigen.

g) Gesteinsverwitterung

Nach Niggli zeigen einige Tessiner Gesteine, bei Regenfaktoren von 140, folgende Veränderungen:

	33. San Vittore zersetzt	33. San Vittore frisch	34. Giubiasco Grus	34. Giubiasco Augengneis	35. Giubiasco Grus	35. Giubiasco Biotitgneis
si	342	340	292	258	206	192
al	41	41	43	40	37,5	38
fm	15,5	16	18,5	20,5	37	35
c	12,5	13	15,5	19,5	8,5	6,5
alk	30	29	23	20	17	20,5
qsi	1,01		1,13		1,07	
qal	1,00		1,07		0,98	
qfm	0,96		0,90		1,14	
qc	0,96		0,79		1,31	
qalk	1,03		1,15		0,85	

Derselbe Autor zitiert noch folgende Analysen aus den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika:

	36. Georgia Biotitgranit		37. District of Columbia Granit		38. Georgia Hornblendegabbro	
RF	88		88		88	
	zersetzt	frisch	Boden	frisch	zersetzt	frisch
si	210	323	293	303	61	94
al	71	44,5	40	37	50	21,5
fm	20	10	33	29	45	32,5
c	0,5	9	12,5	15	2	39
alk	8,5	36,5	14,5	19	3	7
qsi	0,65		0,96		0,65	
qal	1,59		1,08		2,33	
qfm	2,00		1,14		1,39	
qc	0,55		0,81		0,05	
qalk	0,23		0,81		0,43	

Diesen Analysen seien noch einige Andesit-Analysen beigefügt. BLANCK und OLDERSHAUSEN haben die Verwitterungskruste auf einem Andesit von Java studiert, bei JENNY (1941) finden wir eine Analyse eines 45 Jahre alten Andesitbodens von Long-Eiland (Krakatau), der Regenfaktor ist 96. Beigefügt seien noch zwei unreife Böden von Chinchina (Regenfaktor 117) über Andesitasche.

	39. Java		40. Long Eiland		Chinchiná		Andesit
					XII. Boden	XIII. Boden	
	zersetzt	frisch	Boden	Andesit	Nr. 3	Nr. 18	Andesit
si	170	270	237	304	179	235	205
al	56	29	39	40	50	34	32
fm	43	35	27	21	18,5	31	35
c	0	24	15	14	15,5	17	13
alk	1	11	19	25	16	18	20
qsi	0,63		0,78		0,87	1,15	
qal	1,93		0,97		1,57	1,10	
qfm	1,14		1,28		0,53	0,89	
qc	0		1,29		1,19	1,31	
qalk	0,09		0,79		0,80	0,90	

Lit. BLANCK u. OLDERSHAUSEN JENNY (1941) Analytiker: A. OROZCO

Bei den Böden aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika, 11 und 12, sowie desjenigen von Java sehen wir deutlich die Lateritbildung. Diese wird aber durch die Anwesenheit von Humus gestoppt, Kalzium und die Alkalien werden zurückgehalten, wie die Böden von Long Eiland und Chinchina zeigen, und zwar wächst c schneller an als alk, bei den reiferen Humusböden von Chinchina sind beide Basen-

auswaschungsquotienten grösser als 1. Bei den Tessinerböden scheint schon etwas Humus mitzuwirken; denn der Boden von San Vittore und der Augengneis weisen schon deutliche Hinweise zu Waldböden auf, während der Biotitgneisboden Ähnlichkeit mit dem Humusboden von Chinchina No. 18 (XIII) zeigt.

Wie NIGGLI und REIFENBERG gezeigt haben, beginnt die Verwitterung mit Hydratation und Oxydation des Eisens. Dann setzt in den Tropen und vermutlich auch in der gemässigten Zone, die Lateritbildung ein, die so lange dauert, bis der Humus die Verwitterung umstellt. Infolge der nun meist sauren Reaktion, bleibt die Kieselsäure im Boden und je nach der Humusmenge und -Art werden verschiedene Mengen von Erdalkalien und Alkalien zurückgehalten und ein sicherlich nicht geringer Teil stammt von den Zersetzungsprodukten der organischen Substanz. Entsprechend den Regenfaktoren von LANG finden wir auch 5 verschiedene Bodenbildungsprozesse. Bei der Dreiteilung des Klimas wie trocken, wechselfeucht und immer feucht oder Steppen, Savannen und Wald, müssten sich im letzteren Klima die Humus-, Wald- und Urwaldböden bilden. Ausserdem finden wir auch im semiariden Klima noch Wald. Nur wenn sich in ebenen Böden Ortstein bildet, die Bäume sich nicht mehr tief verankern können und vom Winde ausgerissen werden, verdrängt der Busch oder die Savanne den alten Waldbestand.

Was nun die Verwitterungsprodukte anbetrifft, so habe ich Tone kolumbianischer Böden verschiedener Klimata im Min. und Petr. Institut der E.T.H. röntgenologisch untersucht und folgende Mineralien gefunden:

Klima und Ort	Goethit	Kaolinit	Muskovit	Quarz	Hydrargillit	Calcit
perhumid:						
Buenaventura	+	+	+	+	+	–
humid:						
Cali (Bosque)	+	+	–	+	+	–
semihumid:						
Chinchiná	+	+	?	+	+	–
semiarid:						
Cali	+	+	+	+	+	+
arid:						
Sahagún	+	+	+	+	+	+
Cartagena	+	+	+	+	+	+

Calcit und Glimmer stammen offensichtlich aus dem Gestein selber, wie auch der Quarz teilweise schon dort vorhanden gewesen sein dürfte. Dass Hydrargillit in allen Böden zu finden ist, ist weniger überraschend, denn er ist nach BAUER das erste Umwandlungsprodukt der Feldspäte,

schon auffallender ist die Anwesenheit von Kaolinit und vermutlich in grössern Mengen, da die Kaolinlinien meist viel stärker sind, als diejenigen des Hydrargillites. Offenbar begünstigt der Humus die Kaolinitbildung; denn bei seiner Abwesenheit bildet sich Laterit, so dass dieser also kein Produkt irgend einer Bodenbildung sein kann. Der Salzsäureauszug, mit dem sich das Kieselsäure-Aluminium-Ratio bilden lässt, kann daher nicht zur Bestimmung eines Bodentypes benützt werden; denn er zeigt nur an wie viel Hydrargillit noch in Kaolin übergeführt werden könnte und das hängt offenbar auch mit dem Alter eines Bodens zusammen. Mit der Kaolinitmenge wächst auch diejenige des Goethites der den Unterboden verfärbt, so dass dessen Farbe grau, gelblich, gelb, braun, rotbraun oder rot das Alter ohne chemische Analyse angibt. Dieses ki-Verhältnis entspricht dem Quotienten si : al und es ist bei jedem Klimabodentyp starken Schwankungen unterworfen. Eine Einteilung der tropischen Böden nach Allit und Siallit ist ebenso unmöglich wie für die gemässigte Zone. Ausserdem zeigen die Vergleichsanalysen aus diesem Klima deutlich, dass die Bodenbildung in beiden Zonen sehr ähnlich ist, abgesehen von den Endprodukten Kaolinit und Goethit, die in den gemässigten Zonen meist durch Montmorillonit und ein anderes Eisenmineral ersetzt sind.

Leider musste der Verfasser zur Überzeugung kommen, dass die bestehenden Klassifikationen der tropischen Böden nicht mit der Natur übereinstimmen und eine neue Einteilung versucht werden müsse. Diese wurde vorgenommen auf Grund rund 1400 Bodenprofilen, bei denen die Humuskrume gemessen wurde. Proben dieses Profiles und des Unterbodens, bis zu einer Gesamttiefe von einem Meter, wurden dann im Laboratorium untersucht und folgende Daten bestimmt: p_H, abschlämmbare Teilchen (unter 0,01 mm), Humusgehalt oder totaler N, Kappenextrakt, kapillarer Aufstieg, Wasserkapazität und Farbe (feucht und trocken). Auf Grund von Humusgehalt, p_H und Bodentiefe wurden dann die fünf Klimabodentypen LANG gebildet und mit zunehmender Befeuchtung Kaktus-, Bambus-, Humus-, Wald- und Urwaldböden genannt. Von diesen so klassifizierten Böden liess ich dann einige chemisch untersuchen und sie zeigten deutlich, dass verschiedene chemische Reaktionen verlaufen. Nun war es natürlich leicht aus der Literatur die Analysen zu verarbeiten und für jeden Typ zahlreiche Belege zu finden. Es gibt zahlreiche Analysen, die nicht in dieses System passen. Darunter sind viele Roterden und Rotlehme der Tropen, die oft Unterböden entsprechen dürften. Waldböden, teilweise Tschernozeme und Chestnut haben gleiches chemisches Verhalten, aber verschiedenes p_H. sind Klimaangaben oder

die Bodenreaktion vorhanden, so ist der Entscheid leicht, aber immerhin wäre es empfehlenswert, wenn bei solch chemischen Untersuchungen auch p_H und der Humusgehalt bestimmt würde. Bei manchen Böden entspricht der tiefste Horizont nicht dem Gestein, was auch zu Abweichungen führen muss. Weitere Unregelmässigkeiten zeigen junge Böden; denn ohne Humus bilden sich in den Tropen Laterite mit Abtransport von Kieselsäure, der Alkalien und Erdalkalien. Erst wenn Humus eingreift, werden diese ganz oder teilweise zurückgehalten und es braucht längere Zeit bis der Boden im Gleichgewicht mit Klima und Muttergestein ist. Aber immerhin dürften diese Untersuchungen dafür sprechen, dass es erfolgreicher ist nach LANGS Klimabodentypen zu suchen, als nach Laterit, Allit oder Siallit. Diese Ausdrücke sollten aus der tropischen Bodenkunde gestrischen werden, wo sie nur Konfusion angerichtet haben.

Summary

Weathering in the tropics takes a similar course as in the temperate zone. The products of weathering are hydrargillite, goethite and quartz. In a dry climate calcite may sometimes be found in the clay fraction.

In the absence of humus weathering starts with lateritisation. However as soon as humus comes into play hydrargillite ceases to be stable and alters, in part at least, into kaolinite. Superficial lateritisation, therefore, only persists while not impeded by vegetation. Consequently laterite is not a soil but a rock.

In accordance with the rain factors proposed by LANG, five climatic soil types can be distinguished in addition to laterite. These may be deduced by comparing the NIGGLI-values of the soils with those of the corresponding mother-rock. Lime-rich or basic rocks develop chestnut soils in arid climates. Especially important are the factors showing to what degree washing out has affected si, c and alk. These values show a behaviour depending on the soil climate.

Climate	Rain factor	Soil type	si	c	alk	
perhumid	over 160	jungle soil	+	–	–	
humid	160—100	forest soil	+	–	+	
semihumid	100—60	humus soil	±	+	+	
semiarid	60—40	bamboo soil	+	+	–	
arid	under 40	cactus soil	∓	–	–	
	under 60	chestnut soil	+	–	+	basic reaction

The climatic soil types show a good degree of permeability, so that water drains off readily in them and does not rise during dry periods. Theories on the process of weathering must take this into consideration.

Exceptions to the above rules of course frequently occur and may be attributed to the following causes:

1. The soil is not yet in equilibrium, i.e. is immature.

2. The analyses do not correspond to the horizons A and C. (Some of the analyses given in the literature seem to be made on sub-soils.) This would explain the extensively held view that tropical soils are poor in humus. In other cases the deepest horizon does not correspond to the fresh mother-rock.

3. The soil climate is markedly different from the air climate.

Resumen

La meteorización química de la zona tropical es análoga a la de la zona templada, con la diferencia de que sus productos son hidrargilita, caolinita, goethita y cuarzo; ocasionalmente se halla en los climas áridos la calcita.

La meteorización se inicia, en ausencia de humus, con la lateritización; en el momento de la intervención del humus, la hidrargilita pierde su estabilidad y se transforma, por lo menos parcialmente, en caolinita. La formación superficial de la laterita se verifica sin intervención de la vegetación, por consiguiente, la laterita no es un suelo, sino una roca. Correspondiente a los factores de lluvia de LANG, podemos distinguir cinco tipos de suelos climatológicos con diferentes reacciones químicas, comporando los índices de NIGGLI del suelo con los de su roca madre. Adenś encontramos en los climas áridos, sobre rocas calcáreas o básicas, el suelo castaño. Son importantes los factores de deslave para si, c y alk, los cuales demuestran para cada clima diferente actitud:

Clima	Factor de lluvia	Suelo	si	c	alk	
superhúmedo	mayor de 160	selvático	+	−	−	
húmedo	160 a 100	forestal	+	−	+	
semihúmedo	100 a 60	humífero	±	+	+	
semiárido	60 a 40	guadual	+	+	−	
árido	inferior a 40	catáceo	∓	−	−	
	inferior a 60	castaño	+	−	+	reacción básica

Los suelos climatológicos tropicales tienen siempre buen drenage, así el agua se infiltra y no asciende durante la o las estaciones secas.

Si hay excepciones a esta regla, sus causas principales son las siguientes:

1. El suelo todavía no está maduro.

2. Los análisis no corresponden a los horizontes A y C. (Tengo la impresión de que existen análisis de suelos tropicales (arcillas rojas y amarillas) que corresponden en realidad a subsuelos — este hecho exlica también la idea de su pobreza en humus —; también el horizonte más profundo no es siempre la roca madre fresca.)

3. El clima del suelo es bastante diferente al de la atmósfera.

Weitere benützte Literatur

BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre, Bd. III. Berlin 1930.

BLANCK, E., CREDNER W. und OLDERSHAUSEN E.: Beiträge zur chemischen Verwitterung und Bodenbildung in Siam. Chemie der Erde. Bd. 9 (1934/1935).

BLANCK E. und OLDERSHAUSEN E.: Über die Verwitterung von Andesit auf Java. Chemie der Erde. Bd. 7 (1932).

BLANCK E., PASSARGE und RIESER A.: Über Krustenböden und Krustenbildung wie auch Roterden, insbesondere ein Beitrag zur Kenntnis der Bodenbildungen Palästinas. Chemie der Erde, Bd. II (1926).

BLANCK E., RIESER A. und OLDERSHAUSEN E.: Beiträge zur chemischen Verwitterung und Bodenbildung Chiles. Chemie der Erde, Bd. 8 (1933/34).

BROWN, IRVIN C., RICE T. D. und BYERS, HORACE G.: A study of claypan soils. U.S.A. Department of Agriculture. Technical Bull. No. 399 (1933).

COOLHAAS: Kalidüngungsprobleme im Tabakkulturgebiet der Vorstenlande. Die Ernährung der Pflanze, Bd. 32, Nr. 5 (1936).

CORRENS, CARL W.: Über die Löslichkeit von Kieselsäure in schwach sauren und alkalischen Lösungen. Chemie der Erde 1940.

JENNY, HANS: Klima und Klimabodentypen in Europa und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkundliche Forschungen Bd. 1, Nr. 3 (1929).

— Factors of soil formation. New York und London 1941.

REIFENBERG A. und EWBAK, ELINOR K.: Investigation of soil profiles from Cyprus. The Imp. Journal of Experimental Agriculture. Vol. I (1933).

RUSSELL, JOHN E.: Condiciones des suelo y crecimiento de las plantas. Madrid, Buenos Aires 1934.

SCHAUFELBERGER P.: Apuntes geológicos y pedológicos de la Zona cafetera de Colombia. Manizales 1944.

— Ensayo de la clasificación de los suelos de la zona tropical. Revista Colombiana de Quimica. Vol. II. No. 2 (1946).

— La formación y las series de suelos de la zona cafetera de Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Vol. I. No. 2 (1947).

— Resumen de las conferencias. Anales de Edafologia y Fisiologia Vegetal. Vol. VIII, No. 3. Madrid 1949.

STREMME HERMANN: Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin 1929.

Erhalten Juli 1950.