

# Die praktischen Probleme der tropischen Bodenkunde

Autor(en): **Schaufelberger, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Acta Tropica**

Band (Jahr): **9 (1952)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-310393>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Die praktischen Probleme der tropischen Bodenkunde.

Von P. SCHAUFELBERGER.

(Eingegangen am 21. September 1951.)

Über die praktischen Probleme der tropischen Bodenkunde etwas zu schreiben, ist nicht leicht, ja es ist sogar eine recht schwere Aufgabe, denn die Ansichten über die tropischen Böden weichen sehr voneinander ab, und trotz einer sehr umfangreichen Literatur weiß man eigentlich im Grunde genommen wenig Positives. Woher kommt das? R. PENDLETON (1949) führt das darauf zurück, daß 1. manche Autoren sich berufen fühlen, über diese Böden zu schreiben, ohne die Tropen aus persönlicher Erfahrung zu kennen, 2. die Forscher in den Tropen zu lange von ihrer Schule isoliert seien, und 3. eine einheitliche Terminologie fehle. Es ist nun eine alte Erfahrungstatsache, daß, wenn sich einmal ein Irrtum in ein Lehrbuch eingeschlichen hat, es sehr schwer hält, ihn zu berichtigen. In der gemäßigten Zone stellt man sich nämlich die Tropen so vor:

Klima:	trocken	wechselfeucht	immerfeucht
Vegetation:	Steppe	Savanne	Wald
Perkolation:	aufwärts	wechselnd	abwärts
Boden:	Rotlehm	Laterit	Roterde

In den Tropen stellt man sich dann langsam und unmerklich auf folgendes Schema um:

Klima:	w e c h s e l f e u c h t				
	arid	semiarid	semihumid	humid	perhumid
Vegetation:	Kakteen	Monsunwald	Laubwald	Übergangsw.	Palmenwald
flachgründig:	Steppe	Bambuswald	Busch	Busch	Sumpf
Perkolation:	K l i m a b o d e n t y p e n				
abwärts:					
wechselnd:	Alkaliboden	Alkaliboden	Naßboden	Naßboden	Sumpf
Regenfaktor:	unter 40	40—60	60—100	100—160	über 160

In den Tropen fehlen die Jahreszeiten im Sinne der gemäßigten Zone, es gibt nur Zeiten mit höheren oder geringeren Niederschlägen, die man in Lateinamerika «invierno» und «verano» nennt;

auch im immerfeuchten Klima werden die Monate mit geringeren Niederschlägen «verano» bezeichnet, der also durchaus nicht immer einer regenlosen Trockenzeit entspricht. VAGELER (1930) beschreibt folgende Vegetationen: Kaktus- und Dornbuschwald im trockenen oder ariden Klima, Monsunwald im wechselfeuchten Klima, dessen Bäume in der Trockenzeit meist das Laub abwerfen (man findet ihn in Kolumbien im semiariden mittleren Caucatal), Regenurwald im immerfeuchten Klima. Diese Beschreibung trifft auf den Laubwald des semihumiden Klimas zu. Auch in Costa Rica treffen wir ihn trotz einer ausgeprägten halbjährigen Trockenzeit. Bei höheren Niederschlägen gehen die Laubbäume zurück und die Palmen vermehren sich, aber diese Vegetation und ihre Böden sind in der Literatur so stiefmütterlich behandelt, daß man sie praktisch nicht kennt, aber deswegen existieren sie doch.

Die Savannen bilden sich nur in Ebenen mit flachgründigen Böden: im ariden Klima bildet sich die Grassteppe, im semiariden ein Bambuswald, im semihumiden und humiden der Busch, und im perhumiden ein Sumpf. Ist der Boden tiefgründig, so bildet sich irgendein Wald, aber da sich in Ebenen gerne Ortsteine bilden, weicht der Wald und macht der Savanne Platz. Im perhumiden Klima der Zentralkette in der Provinz Cauca finden wir in vulkanischen Lockermassen Wald, aber in den Hochebenen haben sich Humus- und Eisenortsteine gebildet, und man kann dort alle Phasen des absterbenden Waldes beobachten bis zum baumlosen, fertigen Sumpf.

In Mitteleuropa kennt man besser die Böden der feuchten Klimate, während aus den Tropen diejenigen der trockenen besser bekannt sind, so daß die Gefahr groß ist, daß man die Podsole mit irgendeinem Boden aus den trockenen Tropen vergleicht: das klassische Beispiel hierfür ist WARTH'S Vergleich eines englischen Podsoles mit einem indischen Lateriten über ähnlichem Muttergestein.

Gewiß gibt es im ariden Klima sehr fruchtbare exoperkolative Alkaliböden, die landwirtschaftlich sehr wertvoll sind; sie sind öfters untersucht und beschrieben worden und erwecken den Eindruck, als ob sie die einzigen Böden dieses Klimas seien. Nun beschreibt schon VAGELER (1930) aus Afrika mit Wald bestandene Sandböden, in denen das Wasser rasch in die Tiefe versinkt und nicht wieder aufsteigt. Nach MOHR (1934) kann das Grundwasser die Bodenbildung nur dann direkt beeinflussen, wenn sein Spiegel nicht tiefer als 2 bis 2½ m liegt. Weiter schreibt er: «Nach der Wasserbewegung kommen folgende Unterschiede in Frage. Die Wasserbewegung kann hauptsächlich nach unten gerichtet sein, wenn auf einen nassen Westmonsun ein deutlich trockener Ost-

monsun folgt, und wenn der Grundwasserspiegel niedrig ist, praktisch zum Stillstand kommen. Ist der Grundwasserspiegel hoch, daß er durch Aufsteigen während der Trockenzeit bis in die Verdampfungszone kommt, dann erhält man eine periodisch wechselnde Wasserbewegung. Der Fall, daß die Wasserbewegung nur nach oben gerichtet ist, kommt in Niederländisch Indien nicht vor.» Auch SIGMOND (1930) vertritt die Ansicht, daß zur Bildung der Alkaliböden neben einem trockenen Klima noch ein undurchlässiger Untergrund notwendig ist.

J. WALTHER (1925) weist auf einen weiteren wunden Punkt hin: «Obwohl der Ackerboden die Grundlage unseres wirtschaftlichen Lebens bildet, und die große Mehrzahl der Schulen in landwirtschaftlichen Gegenden liegt, so wurde doch bisher die Naturgeschichte der Böden im Lehrplan derselben nicht aufgenommen. Der praktische Landwirt interessiert sich nur für die Ertragsfähigkeit (Bonität) des Bodens — auf der andern Seite betrachten die meisten bodenkundlichen Lehrbücher die Eigenschaften des Bodens von einem so streng wissenschaftlichen Standpunkt, und die einfachsten Tatsachen werden darin in ein so gelehrtes Gewand gekleidet, daß ein großes Maß von physikalischen, chemischen, kolloidalchemischen und klimatologischen Kenntnissen dazu gehört, um sie zu verstehen.»

Natürlich gibt in Europa die Bonität des Bodens genügend Aufschluß über dessen Fruchtbarkeit, aber in dünn besiedelten Ländern wird vom Bodenkundler verlangt, daß er dem Landwirt rate, welche neuen Länder für gewisse Kulturen geeignet seien. Nun arbeitet er unter Umständen in einer Gegend mit nur einem Klima, er muß die verschiedenen Bodenvarietäten trennen und deren Eigenschaften studieren; er sucht das Trennende und betont nicht die gemeinsamen Züge. Bei dieser Arbeit leisten ihm das geologische Substrat und die Farben von Boden und Unterboden gute Dienste. Dazu bemerken H. PALLMANN, F. RICHARD und R. BACH (1948): «Bauern, Förster, Pflanzensoziologen usw. beurteilen die Böden gewöhnlich überhaupt nur nach den *Varietätsmerkmalen*, die sie besonders interessieren, wie Fruchtbarkeit, Bearbeitbarkeit, Festigkeit; die Merkmale der Bodenserien werden als gegeben und konstant vorausgesetzt. Man urteilt aber oft falsch, wenn man in das Gebiet einer andern Bodenserie kommt und die veränderten *wesentlichen* Merkmale nicht berücksichtigt.»

Genau dasselbe wiederholt sich in den Tropen, und da die Farbe sehr wertvolle Hilfe zum Unterscheiden der Bodenvarietäten leistet, finden wir Beschreibungen von Schwarz-, Braun-, Gelb- und Roterden aus allen Klimaten, die nichts miteinander gemeinsam haben als die Farbe. Ein roter Boden des semihumiden Klimas ist

noch guter Kulturboden, aber im ariden und perhumiden Klima ist er sehr basenarm und eignet sich nicht als Kulturland.

Mit STREMMER (1914), LANG (1915 a) u. a. nehmen wir an, daß die Bodenbildung in beiden Zonen ähnlich verlaufe und daß der Boden unter der Einwirkung des geologischen Substrates (Muttergestein, Relief, Hydrologie usw.), der Organismen (Flora, Fauna, Mensch), des Klimas (Niederschlag, Temperatur, Verdunstung usw.), der Zeit (Alter der Bodenbildung) und der Zone entstanden sei. Die Zone fügen wir bei, weil sich bei gleichen Regenfaktoren in den verschiedenen Zonen nicht genau dieselben Böden bilden: es gibt Abweichungen im Profil und wahrscheinlich auch in den Verwitterungsprodukten. Mit Recht sagt F. RAWITSCHER (1946), daß der *Kaolinit* das Tonmineral der Tropen sei.

Es liegt uns fern, hier die Bedeutung der einzelnen Faktoren beschreiben zu wollen; wir beschränken uns auf einige Klimaaangaben, um dann die wichtigsten Böden jedes Klimas kurz zu besprechen, und wiederholen noch einmal, daß grundsätzlich jeder Bodentyp, mit Ausnahme der exoperkolativen Alkaliböden, auf einem grauen, gelblichen, gelben, braunen oder roten Unterboden liegen kann, je nach Alter der Bodenbildung.

### Das Tropenklima.

An heißen, «tüppigen» und schwülen Julitagen spricht man in der Schweiz gerne von «tropischer Hitze», und man denkt sich dann wohl das Tropenjahr aus 365 solcher Julitage zusammenge-

TABELLE I.

*Temperaturmonatsmittel der Tropen.*

Meereshöhe	La Petrólea 200 m °C	Palmira 1000 m °C	Manizales 2143 m °C	Tunja 2820 m °C
Januar	26,3	24,1	15,3	13,3
Februar	25,6	23,2	14,0	13,5
März	26,4	23,7	14,6	14,4
April	28,1	23,9	15,6	14,5
Mai	27,6	23,0	14,6	14,4
Juni	27,8	23,1	16,1	14,6
Juli	27,8	23,4	16,4	13,5
August	27,5	23,1	14,9	13,5
September	27,9	23,7	16,4	13,3
Oktober	27,5	23,8	16,4	13,8
November	27,0	23,2	16,1	14,4
Dezember	27,3	24,2	17,0	14,4
Maximum	28,1	24,2	17,0	14,6
Minimum	25,6	23,0	14,0	13,3
Differenz	2,5	1,2	3,0	1,3

setzt. Das trifft nun schon deswegen nicht zu, weil in den Tropen immer mehr oder weniger Tag- und Nachtgleiche herrscht, so daß während der Nacht im freien Felde eine wesentliche Abkühlung stattfindet; die tägliche Temperaturschwankung beträgt in diesem Falle rund  $14^{\circ}$  C, im geschlossenen Urwald dagegen weniger als  $1^{\circ}$  C. Charakteristisch für das Tropenklima sind nicht die hohen Temperaturen, sondern die geringen Unterschiede der Monatsmittel.

Die Zahlen der Tabelle I zeigen deutlich, daß es in den Tropen keine Jahreszeiten im Sinne der gemäßigten Zone gibt und daß die Temperaturen mit der Höhe abnehmen, und zwar um rund  $0,6^{\circ}$  C je 100 Meter.

TABELLE II.

*Regenmengen und Regenverteilung in den Tropen.*

	Puebloviejo	Cereté	Cali	Medellín	San José	Limón	Chocó
	Kol.	Kol.	Kol.	Kol.	Costa Rica	C. R.	Kol.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Januar	0	7	88	68	5	370	750
Februar	0	10	78	89	3	164	567
März	2	25	113	83	10	179	704
April	3	45	136	168	47	295	760
Mai	61	211	160	196	223	216	722
Juni	80	158	85	140	258	158	761
Juli	8	153	24	103	207	428	866
August	75	165	40	117	244	311	728
September	88	162	89	158	349	144	610
Oktober	102	111	132	175	342	127	559
November	134	88	118	131	151	301	738
Dezember	21	36	150	63	31	423	802
Total:	574	1171	1213	1493	1931	3116	8567
Temperatur	29	28	23	21	21	27	27 <sup>0</sup> C
Regenfaktor	19	42	53	71	92	116	319

Mit LANG (1915 a), VILENSKY (1925) und ALBAREDA (1948) nehmen wir fünf Klimate und ebenso viele Klimabodentypen an, die man in der gemäßigten Zone gefunden hat. WIEGNER (1929) macht Angaben über die absoluten Regenmengen der gemäßigten Zone für die Bildung der verschiedenen Typen, denen wir die Regenmengen der Tropen beifügen.

TABELLE III.

*Klima und Boden.*

Regenfaktor	Klima	Regenmengen in cm	
		gemäßigte Zone	Tropen
über 160	perhumid		über 400
100—160	humid	50—60	250—400
60—100	semihumid	40—50	125—250
40—60	semiarid	20—40	70—125
unter 40	arid	unter 20	unter 70

Es ist nun auffallend, daß gerade zwei Kenner der Tropenböden, VAGELER und MOHR, die Regenfaktoren ablehnen. VAGELER (1930) kennt speziell die trockenen Tropen, und in diesem Klima findet man auch in Kolumbien zahlreiche Lokalböden, intrazonale wie azonale. Diese Böden kann man im ariden Klima erwarten, hingegen bestimmt das geologische Substrat, welche von diesen Böden sich ausbilden. MOHR (1934) lehnt die Regenfaktoren deswegen ab, weil er in Java Rot- und Gelberden bei Regenfaktoren zwischen 35—400 (LANG 40—60) und Schwarzerden bei solchen zwischen 30—60 (LANG 100—160) gefunden hat. Unglücklicherweise hat LANG einige Bodentypen nach Farben benannt; diese eignen sich, wie schon gesagt, zum Unterscheiden von Bodenvarietäten, aber nicht zum Bestimmen der Klimabodentypen, denn in Kolumbien sind 50—80% der Böden jedes Klimas braun gefärbt. Rote und gelbe Unterböden findet man ebenfalls in allen Klimaten und über allen Gesteinen. Der Verfasser hat daher vorgeschlagen, die Namen der tropischen Klimabodentypen zu ändern, denen dann die Farbe der Unterböden beigefügt werden kann.

Schlußendlich lehnen auch die Meteorologen die Regenfaktoren ab, weil sie offenbar die feuchten Tropen nicht kennen. VAGELERS ausgezeichnete Beschreibung des «immerfeuchten Regenurwaldes» trifft für das semihumide Klima von Medellín und Costa Rica zu, das erstere kann zur Not als immerfeucht bezeichnet werden, letzteres weist eine halbjährige Trockenperiode auf, ist also deutlich wechselfeucht. An beiden Orten wird sehr viel Kaffee gepflanzt. Offenbar ist es für Boden und Vegetation viel wichtiger, wieviel Regen fällt, als wie er verteilt ist; denn wenn sich der Boden in der Regenzeit sättigen kann, so reicht sein Wasservorrat für eine Trockenzeit von 5—6 Monaten. Im semiariden Klima reichen die Niederschläge in der Regenzeit zur Entwicklung einer üppigen Vegetation, aber wesentliche Vorräte können nicht angelegt werden, so daß in der Trockenzeit die Gräser welken und die Bäume ihr Laub abwerfen, sofern ihnen nicht Grundwasser zur Verfügung steht. Hier haben wir VAGELERS Monsunwald.

### Die Böden der verschiedenen Klimate.

Nach LANG sollte sich in jedem Klima *ein* Boden bilden. Nun ist aber dieses nicht der einzige bodenbildende Faktor; auch das geologische Substrat macht sich bemerkbar. So finden wir über Ca-reichen Muttergesteinen in der Regel humusreichere und fruchtbarere Böden; sie sind intrazonal und degenerieren mit der Zeit

zum Klimabodentyp. Durch Grundwassereinfluß entwickeln sich azonale Alkali-, Naß- und Sumpfböden. Wir werden diese Bodenformen bei den einzelnen Klimaten besprechen, denn gerade in den trockenen sind diese Lokalböden landwirtschaftlich viel wichtiger.

### A. Die Böden des perhumiden Klimas.

#### 1. Die Urwaldböden.

Die Urwälder des wirklich immerfeuchten Klimas sind reich an Palmenarten, die Laubbäume fehlen zwar nicht ganz, aber sie treten stark zurück; sie entwickeln sich bei Regenfaktoren über 160. Bei diesen Urwaldböden fällt die geringe Mächtigkeit der Oberkrume von höchstens 20 cm auf: der Humusgehalt liegt zwischen 10—20% und die Bodenreaktion ist kleiner als pH 4,5. Hier werden, wie beim Podsol der gemäßigten Zone, die Basen stark ausgewaschen, die Kieselsäure wird im Boden angereichert und die Sesquioxide werden in den Unterboden verlagert. Die Waldstreu bedeckt nur teilweise den Boden, so daß stellenweise Gras wächst. Die Zersetzung ist offenbar schneller als der Laubfall; dieser führt dem Boden, wie aus den Untersuchungen von H. JENNY (1949) hervorgeht, jährlich 850 g organische Trockensubstanz pro m<sup>2</sup> zu.

Es ist weiter überraschend, daß bei Regenmengen von 800 bis 1000 cm im Jahre die Böden nicht versumpfen. Aber bei den Urwaldböden ist die Tonfraktion auffallend niedrig, selbst wenn sie nur aus Kaolinit, Goethit und Quarz bestehen. Entweder bilden sich in den Tropen größere Kristalle oder die Teilchen werden durch Goethit oder Humus zu größeren Krümeln vereinigt. Dadurch werden die Poren größer und die physikalischen Eigenschaften verbessert, so daß das Wasser leicht in die Tiefe versickern kann. Die große Durchlässigkeit dieser Urwaldböden an der Westküste Kolumbiens erkennt man leicht am raschen Anwachsen der Bäche zu Flüssen, weil überall aus den Poren der Ufer Wasser austritt, ohne daß sich eigentliche Quellen bilden.

Nur ganz junge alluviale Böden sind gelegentlich reich an Tonen, weil auf dem Transport die Tonteilchen zerrieben werden, aber im Laufe der Zeit findet auch hier eine Krümelung statt, so daß der Boden durchlässiger wird. Diese Böden sind mit üppigem Urwald bestanden, der sich auf alten Böden in der Hauptsache von den eigenen Abfällen erhält; teilweise reichen die Wurzeln in Tiefen, in denen noch Mineralreserven vorhanden sind. Kultiviert werden nur ganz junge Böden mit Zuckerrohr, Bananen und Ananas, denen aber jedes Aroma fehlt. Bei Regenmengen unter 500 cm im Jahre können auch Reis und Mais angebaut werden; Weiden sind mit Wasser übersättigt.



## 2. Quipile - Böden.

Auf Ca-reichen Muttergesteinen sollte man einen etwas fruchtbareren Boden erwarten, aber offenbar degenerieren die Böden sehr schnell zu Urwaldböden, denn über basenreichem Diabas findet man den typischen Urwaldboden.

## 3. Moore.

Moore des perhumiden Klimas kenne ich nur aus der kalten Hochebene der kolumbianischen Zentralketten in über 3000 m Meereshöhe. In den lockeren vulkanischen Massen des Puracé-vulkanes haben sich Humus- und Eisenortsteine gebildet; die abfließenden Wasser sind durch den gelösten Humus braun bis dunkelbraun gefärbt, und überall bilden sich in den Bächen Eisenkonkretionen. Dieses Moor ist entschieden waldfeindlich und die Sumpfvegetation verdrängt den Wald. Das von VAGELER gegebene Profil könnte aber auch einem Urwaldprofil entsprechen. R. LANG spricht von Waldmooren von Java: «Diese Moore sind, wie schon ihr Name besagt, von üppigem Wald bedeckt, dessen Bäume ein sich völlig ineinander verschlingendes engmaschiges Wurzelnetz auf dem Boden ausgebreitet haben. Höchstens da und dort sieht man, wenigstens während der trockenen Zeit des Jahres, noch kleine offene Stellen, welche von etwas Wasser überdeckt sind. Fast immer findet der Fuß des Reisenden bei der mühsamen Wanderung in dem Wurzelwerk Halt, und nur dann und wann sinkt er in den feuchten Untergrund tiefer ein. Anfangs ahnt man deshalb kaum, daß man sich gleichsam auf einer Wurzelbrücke befindet, und erst eine Untersuchung des Bodens mit einem spitzen Stock belehrt uns, daß sich der Untergrund aus einer schlammigen flüssigen Humusmasse zusammensetzt, die man mit dem Stock mühelos durchsticht. Der Humus ist als Moder ausgebildet. Eine Probe davon war nach Auspressen des Wassers und Aufbewahrung im Trockenen selbst noch nach Wochen schwammig feucht. Diesen Waldmooren entströmen von gelöstem Humus mehr oder weniger dunkel gefärbte Bäche und Flüsse.»

### *B. Die Böden des humiden Klimas.*

#### 1. Der tropische Waldboden.

Diese Waldböden entwickeln sich bei Regenfaktoren zwischen 100 und 160, sie sind tiefer als die Urwaldböden und 30—45 cm mächtig; der Humusgehalt liegt zwischen 5—10% und die Bodenreaktion schwankt zwischen pH 4,5 bis 5,5. Das Eisen ist auch hier noch löslich und fixiert die Phosphorsäure als praktisch unlösliches Phosphat. Verlagert wird in der Hauptsache das Calcium,

wie bei der Braunerde RAMANNS der gemäßigten Zone. Auch bei diesen Böden ist die Drainage gut, da der Anteil der Tonfraktion ebenfalls gering ist. Meist sind sie mit Wald bedeckt oder dienen als Weideland. Bei jährlichen Niederschlägen unter 300 cm im Jahre können Kaffee, Kakao und Zuckerrohr angebaut werden.

## 2. Q u i p i l e - B ö d e n .

In der Ostkette finden wir über den Villetakalken humusreichere und fruchtbarere Böden; sie brausen mit Salzsäure oder Zitronensaft auf und dürften den Rendzinas der gemäßigten Zone entsprechen. Diese bilden sich nach der Definition nur über Kalkstein, während diese Einschränkung für die Quipile-Böden nicht gemacht wird. Sie reagieren basisch bis stark sauer und haben einen höheren Gehalt an austauschbaren Basen. Wie bei den Waldböden wird das Calcium ausgewaschen.

Ähnliche fruchtbare rote Böden finden wir in den Diabasen der Zentral- und West-Anden; sie sind durch ihre Fruchtbarkeit schon lange bekannt, und Maniok, Zuckerrohr, Kaffee und Bananen gedeihen ausgezeichnet auf diesen Böden. Wald- und Quipile-Böden liegen oft nahe beisammen und sind einander sehr ähnlich, aber im Zweifelsfalle gibt eine chemische Analyse der Bodenreaktion und der austauschbaren Basen sicheren Aufschluß, welcher Boden vorliegt. Sie sind den Waldböden entschieden vorzuziehen, denn auch in den Tropen kompensiert der Ca-Gehalt das feuchte Klima.

## 3. O r t s t e i n b ö d e n .

Im mittleren Magdalenen-Tal und der Llanos Orientales, bei mittleren jährlichen Niederschlägen von 400 cm, findet man oft in einer Tiefe von rund 80—90 cm einen verhärteten Horizont. Offenbar gelangen Tone unter der Schutzwirkung von Humus und Eisen in den Poren zur Abscheidung, und es bildet sich ein harter Ortstein. Im Profil hebt er sich manchmal dem Auge kaum sichtbar ab, aber beim Graben spürt man leicht den stärkern Widerstand. Dadurch wird der Unterboden schwerer durchlässig, der Boden bleibt feuchter und ist zeitweise mit Wasser übersättigt. Ist das bei einem Kaffeefeld länger als 5 Tage der Fall, so fangen die Kaffeebäume an, abzusterben. Offenbar ist dies auch bei den übrigen Bäumen der Fall, da sie ja einen tiefgründigen, lockeren Boden vorziehen. Der Ortsteinboden ist baumfeindlich und an Stelle des Waldes tritt die Savanne. Diese Böden eignen sich für Weiden, eventuell auch für Reis, aber nicht für Kaffee. In der Westkordillere wurden in einer solchen fruchtbaren Ebene 60 ha Kaffee angepflanzt. Die Pflanzung mußte aber aufgegeben werden, weil

die Bäume eingingen. Natürlich sind nicht alle Savannen durch Ortstein bedingt. Oft liegen in den Tiefebenen wenig mächtige alluviale Sande über älteren Tonen oder Lehmen, so daß das Resultat dasselbe ist: ein nasser Boden, in dem die Bäume sich nur kümmerlich zu Buschwald entwickeln und bei einer gewissen Höhe leicht vom Winde ausgerissen werden können, da ihre Verankerung nur oberflächlich ist. Aber immer ist ein Savanneboden flachgründig; ist er tiefgründig, so entwickelt sich auch in der Ebene ein Wald.

Über den Einfluß des Ortsteines auf die Vegetationen in Deutschland schreibt H. STREMMER (1926): «Die Ortsteinbildung ist in ihren schwächeren Stadien für die Entwicklung der Waldbäume nicht ungünstig. J. HAZARD fand, daß im Tafellande beiderseits des Elbtales die Ortsteinsohle einen günstigen Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens ausübt. Sie verlangsamt den Abfluß des nicht sehr ergiebigen Niederschlages in die Tiefe beträchtlich. Die Entwicklung der Pflanzenwurzeln wird nicht gehemmt. Infolgedessen kommen als mittelgut zu bezeichnende Fichtenbestände zum Vorschein, während ortsteinfreier Sandboden unter sonst gleichen Verhältnissen nur Kiefern ernähren kann. Dahingegen hat der höhere Niederschlag in den sandigen Böden des Erzgebirges eine stärkere, undurchlässige Ortsteinbildung hervorgerufen, welche nachteilig auf die Forstbestände einwirkt, in denen sowohl die Kiefern wie die Fichten kümmerlich aussehen. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens sagen nur noch flachwurzelnenden Beer- und Heidesträuchern zu. Im westhannöverschen Ortsteingebiet, bei Lingen und Mengen an der Ems, hat J. HAZARD auf günstigen Stellen Eichen von seltener Üppigkeit, wie auch in der eigentlichen Heide als Überreste einstmaligen Urwaldes kleine, knorrige Exemplare neben verkümmerten anderen Laubhölzern, namentlich Stechpalme, angetroffen. Hier wären bei gleichem Klima vermutlich Bodenunterschiede für die verschiedene Entwicklung maßgebend.»

Die Heide ist die Parallele zur Savannenbildung im feuchten Klima; infolge der Ortsteinbildung verkümmern die Bäume und werden zum Busch. Diese Böden eignen sich zum Anbau von Flachwurzeln wie Zuckerrohr und Reis oder als Weiden.

### *C. Die Böden des semihumiden Klimas.*

#### 1. Die Humusböden.

Bei Regenfaktoren zwischen 60—100 bilden sich im immerfeuchten wie im wechselfeuchten Klima die Humusböden, die eine Tiefe bis zu 60 cm erreichen. Der Humusgehalt liegt zwischen

3—4% und die Bodenreaktion schwankt zwischen pH 5,5—6,5. Bei diesen Böden halten Humus und Tone die Nährstoffe durch Adsorption zurück, so daß Calcium und die Alkalien oft im Boden in größerer Menge vorhanden sind als im Muttergestein. Im Wald ist der Boden vollständig mit Waldstreu bedeckt, so daß Graswuchs fehlt. H. JENNY bestimmte den Anfall an organischer Trockensubstanz pro Quadratmeter und Jahr zu 1000 und 1200 g. Nimmt man nur einen Aschengehalt von 3% an, so erhält jeder Quadratmeter im Jahr 30—36 g Mineralsubstanz, die das Regenwasser ihm zuführt und die er durch Adsorption festhält. Der Humusboden ist ein Illuvialhorizont in bezug auf die Waldstreu, aber eluvial in bezug auf das Muttergestein, denn wir finden in ihm meist mehr Kieselsäure als in diesem, was andeutet, daß Basen absolut entfernt worden sind, trotz ihrer relativen Anreicherung.

Der Humusboden ist das Äquivalent der Prärienböden der gemäßigten Zone; in Kolumbien ist er meist mit Kaffee bebaut, aber er eignet sich auch für Kakao, Zuckerrohr, Weiden, Schnittgräser, Obstbäume, Bananen usw. Auch alte, rote Humusböden geben noch gute Erträge, bei jährlichen Kulturen oder Gemüsebau brauchen sie organische Dünger.

Diese Böden findet man in der Literatur oft zutreffend beschrieben als die fruchtbaren Urwaldböden der «immerfeuchten Klimata». Meist handelt es sich um Regenfaktoren zwischen 80 und 100, so daß deutlich hervorgeht, daß es sich um das semihumide Klima handelt.

## 2. Die Quindío-Böden.

Die Quindío-Gegend in der Provinz Caldas ist seit langem bekannt wegen der Fruchtbarkeit ihrer Böden; sie sind fast ausschließlich mit Kaffee bebaut, und ihr Ertrag ist rund 50% höher als derjenige der Humusböden. Sie liegen in jungvulkanischen Aschen wie viele Humusböden. Sie unterscheiden sich von diesen durch einen höheren Humusgehalt von 4—8%, sie sind dunkler bis schwarz und manchmal auch tiefer, bis zu 1,5 m. Die Bodenreaktion ist ähnlich, pH 5,5 bis 6,5. In Kolumbien finden wir sie auf andesitischer Asche, Kalken, Diabasen und ihren Tuffen, also auf Ca-reichen Muttergesteinen. Auch P. VAGELER kennt diese Böden aus dem Gebiet seines Regenwaldes, also desselben semihumiden Klimas, und schildert sie folgendermaßen: «Hält man sich vor Augen, daß diese Böden einen Gehalt an Rohstoff von oft mehr als 20% haben und bei leicht saurer Reaktion (pH 5,6—6,5) in ihren Sorptionskomplexen zu rund 80% gesättigt sind, so leuchtet ohne weiteres ein, daß sie in der Tat den unerschöpflich reichen Tropenboden vorstellen, der der Traum der landwirtschaftlichen Pioniere

ist. Leider sind derartige Vorkommen, zu denen die Weltrekordböden für Tee des niederländisch-indischen Kolonialreiches gehören, alles andere als weit verbreitet. Sie sind in der Hauptsache auf die Tuff- und Aschengebiete von Vulkanen mit basenreichem Magma beschränkt und dürften sich, wo sie in wirtschaftlich günstiger Verkehrslage sind, schon alle in festen Händen befinden.»

Der Quindío-Boden ist intrazonal im semihumiden Klima auf Ca-reichen Muttergesteinen. Nach den Untersuchungen von H. WILHELMY (1950) bildet sich unter diesen Voraussetzungen im gemäßigten Klima der Tschernosem. Die russische Schule beschreibt ihn als Klimabodentyp, während die amerikanische Klassifikation den Prärieboden als solchen auffaßt. Aber schon RUSSELL (1934) bemerkte, daß das europäische Tschernosemgebiet mit Löß zusammenfalle, während die amerikanischen Tschernoseme teilweise auf Glazialgeschiebe liegen und zwischen beiden Bodenformen Unterschiede bestehen. Der Tschernosem wird als tiefer, humusreicher, alkalisch reagierender, fruchtbarer Boden beschrieben, der sich sehr gut für den Anbau von Zerealien eignet: seine natürliche Vegetation ist die Steppe. Er ist ein A-C-Boden (der Unterboden fehlt) mit Kalkkonkretionen in der Tiefe. Der Quindío-Boden ist ebenfalls tiefer, humusreicher, fruchtbarer Boden und von zahlreichen Insekten, namentlich Ameisen, bewohnt, aber es bestehen auch wesentliche Unterschiede: er besitzt ein voll entwickeltes Profil, die Kalkkonkretionen fehlen und er reagiert leicht sauer. Ferner ist er durchaus nicht baumfeindlich, denn Kaffee und Schattenbäume gedeihen ausgezeichnet. Aus beiden Böden wird Ca entfernt. Der Quindío-Boden hat also ein wesentlich anderes Profil, wohl infolge der höheren Niederschläge, aber vielleicht darf man diesen Rekordboden für Kaffee und Tee doch als Äquivalent des Tschernosems deuten.

### 3. Ortsteinböden.

Auch in diesem Klima bilden sich in Ebenen gerne Ortsteine, oft Humusortsteine; sie sind dann feuchter und eignen sich nur für Flachwurzler und dienen meist als Weide. Die natürliche Vegetation ist die Buschsteppe.

### 4. Naßböden.

In der Hochebene von Popayán findet man junge Asche über älteren, roten, vulkanischen Tuffen. Im Süden ist die Aschendecke mehrere Meter mächtig und es haben sich Humusböden entwickelt, die sich gut für Kaffee eignen und dort oft auch damit angepflanzt sind. Nördlich von Popayán beträgt ihre Mächtigkeit weniger als

1 m. und es haben sich Naßböden entwickelt, die sehr sauer (pH 4,5) reagieren. Oft findet man auch schon in 50 cm Tiefe Grundwasser. Sie sind baumfeindlich und dienen lediglich als Weideland.

#### *D. Die Böden des semiariden Klimas.*

##### 1. Die Bambusböden.

Bei Regenfaktoren zwischen 40 und 60 entwickeln sich die Bambusböden. Sie werden höchstens 40 cm tief, sind also wieder flacher als die Humusböden; der Humusgehalt ist auf rund 2% gesunken und die Bodenreaktion ist höher als pH 6. Chemisch sind sie dadurch charakterisiert, daß namentlich die Alkalien entfernt werden; Ca bleibt konstant oder wird angereichert. Sie sind in bezug auf das Muttergestein Eluvialhorizonte, aber von oben werden ihnen vom Regenwasser Mineralien aus der faulenden organischen Substanz zugeführt. Sie eignen sich besonders für kalkliebende Pflanzen wie Reben und Bohnen, aber auch Mais entwickelt sich sehr gut. Bei Tabakanbau brauchen sie meistens Kalihandelsdünger. Ihre natürliche Vegetation ist ein leichter, mehr- und dünnstämmiger Laubwald, der in der Trockenzeit die Blätter abwirft, so daß sich ein natürlicher Molch bildet, der die direkte Verdunstung reduziert. In der nächsten Regenzeit verfaulen die Blätter rasch, dienen als organische Düngung, und der Boden ist wieder mit Gras bewachsen.

Der Anbau muß sich nach der Regenzeit richten. Da im Weideland wenig Wasserreserven angelegt werden können, muß man pro Kopf Großvieh mit einer Weidefläche von 2 ha rechnen. Oft behilft man sich damit, daß man in der Regenzeit Futtermais anbaut und diesen siliert, so daß dann in der Trockenzeit teilweise Stallfütterung erfolgt. Diese rentiert aber nur bei Kühen mit höherer Milchleistung.

Die Bambusböden entsprechen den braunen Steppenböden der gemäßigten Zone.

##### 2. Die Cali-Böden.

Die Cali-Böden bilden sich über Ca-reichen Muttergesteinen und gleichen im Profil den Bambusböden, haben aber eine basische Reaktion und sind manchmal etwas humusreicher oder tiefer. Chemisch unterscheiden sie sich von den Bambusböden, daß Ca verlagert wird wie bei den Quipile- und Quindío-Böden. Sie eignen sich für dieselben Kulturen wie die Bambusböden. Sie entsprechen den kastanienbraunen Steppenböden, aber in den Tropen fehlen in der Regel Kalkkonkretionen im Unterboden.

### 3. Die Ortsteinböden.

In der Ebene des mittleren semiariden Caucatales findet man oft in Tiefen zwischen 50 und 70 cm Kaolinortsteine, wodurch das Absickern des Wassers wesentlich verzögert wird. Diese Böden sind dann feuchter, humusreicher und fruchtbarer; sie eignen sich für Weiden und Zuckerrohr. Ist der Ortstein jung und wenig mächtig, so entwickeln sich Obstbäume sehr gut. Ist er stark entwickelt, so ist die natürliche Vegetation der Bambuswald, und Bäume haben dann schweren Stand.

In der atlantischen Küstenebene liegen alluviale Sande von etwa  $\frac{1}{2}$  m Mächtigkeit auf älteren, wenig durchlässigen Lehmen und Tonen, so daß sich auch hier die Savanne entwickelt und hauptsächlich als Weideland dient. An Hängen und günstigeren Standorten entwickeln sich Bäume und ganze Wälder.

### 4. Alkaliböden.

In den alluvialen Ebenen findet man im semiariden Klima oft Böden, zu denen das Grundwasser aufsteigen kann, was aber, in Übereinstimmung mit MOHR, nur möglich ist, wenn der Grundwasserspiegel nicht tiefer als 2 bis  $2\frac{1}{2}$  m liegt. Aber das ist, wohlverstanden, die maximale Steighöhe; bei grobsandigen Unterböden steigt das Wasser oft nur wenige Dezimeter und erreicht dann die Wurzeln und den Oberboden nicht. In solchen Fällen welken dann die Gräser der Weiden, während Bananen und Kakao nicht leiden, weil sie mit ihren tieferen Wurzeln das Grundwasser heraufholen.

Solche Alkaliböden reagieren basisch, sind humusreicher oder tiefer als die Bambusböden, manchmal auch beides, aber die Profile wechseln auf kurze Distanz, wie Tabelle IV zeigt. Es handelt sich um die Böden einer Farm im mittleren Caucatal in der Nähe von Cali.

TABELLE IV.  
*Böden von Cerrito.*

	Tiefe cm	pH	Humus ‰	Aust.Basen MAe 100 g	Farbe
Boden 1060	40	7,0	2,28	15,34	braun
Unterboden	60	7,3	1,35	13,64	braun
Boden 1061	45	7,4	1,67	10,66	braun
Unterboden	55	8,3	0,02	5,62	braun
Boden 1062	100	8,7	0,99	4,98	braun
Boden 1063	55	8,7	2,02	35,20	schwarz
Unterboden	45	7,8	0,57	25,98	grau
Boden 1064	30	7,5	3,57	18,54	braun
Unterboden	70	7,0	1,15	13,70	grau
Boden 1065	52	7,5	3,03	19,41	schwarz
Unterboden	48	7,7	1,16	13,50	hellbraun

Der Boden Nr. 1065 liegt in einer flachen Mulde, und wenn in der Regenzeit der Grundwasserspiegel steigt, wird er gelegentlich überschwemmt. Trotzdem versauert er nicht, denn das Grundwasser löst auf seinem Wege Alkalien, so daß die Bodenkomplexe sich sättigen können. Die Bakterientätigkeit ruht natürlich zeitweise, und daher reichert sich der Humus an. Die übrigen Böden sind meist reich an austauschbaren Basen, was, wie die basische Bodenreaktion, auf einen illuvialen Horizont hindeutet. Diese Böden sind natürlich landwirtschaftlich viel wertvoller. So ernährt der Boden Nr. 1063 pro ha ständig 7—8 Kühe. Diese Alkaliböden sind azonale, denn wir werden sie auch im ariden Klima wieder finden.

### *E. Die Böden des ariden Klimas.*

#### 1. Die Kaktusböden.

Bei Regenfaktoren unter 40 bilden sich zahlreiche Lokalböden, und in der Literatur werden hier die Alkaliböden, Salzböden usw. erwähnt. Man ist dann nicht wenig überrascht, wenn man in diesem Klima neben basischen Böden auch solche mit stark saurer Reaktion findet. H. JENNY (1948 a) fand im obern Magdalenen-Tal Böden, deren pH zwischen 7,2 und 4,8 liegt; ihr Humusgehalt beträgt rund 1% und ihre Tiefe erreicht 35 cm, ist aber manchmal auch wesentlich geringer. Ob diese Böden sauer oder basisch reagieren, der Humusgehalt bleibt wenig veränderlich. Chemisch zeigen diese Böden einen starken Basenverlust, und der Gehalt an austauschbaren Basen ist in der Regel im Unterboden, der auch weniger sauer reagiert, höher als im Boden, ein Zeichen, daß es sich um einen endoperkolativen Boden handelt, der einem Eluvialhorizont entspricht. Dieser Boden dürfte sich in zwei Etappen bilden. In der ersten werden die Alkalien gelöst, die Reaktion wird basisch, so daß auch die Kieselsäure abwandert. Sind die Alkalien verbraucht, so wird die Reaktion sauer, und in dieser zweiten Etappe werden die Erdalkalien entfernt und die Kieselsäure bleibt im Boden.

SIGMOND (1930) schreibt über die Alkaliböden: «Es ist auch die Frage aufgeworfen worden, ob die Bezeichnung Alkaliböden nicht durch eine bessere ersetzt werden könne, da dieselbe große Ähnlichkeit mit dem Begriff der Alkalinität hat, und weil z. B. in Ungarn und in Rußland die Salzböden der trockenen Gebiete nicht selten einen pH-Wert unter 7 erkennen lassen, also unter Umständen ganz entschieden in das Gebiet der Böden von saurerer Reaktion fallen, aber trotzdem den typischen Charakter des Alkalibodens tragen, und es sicherlich eigenartig klingen dürfte, von sauren Alkaliböden zu sprechen.» Also hat auch der Kaktusboden seinen



sauren Vetter im gemäßigten Klima und steht nicht ohne Parallele.

Nur junge alluviale Kaktusböden mit basischer Reaktion werden kultiviert, sehr oft mit Baumwolle, während die alten, sauren und basenarmen den Kakteen und Dornbüschen überlassen werden.

## 2. Cali-Böden.

Auch im ariden Klima findet man über Ca-reichem Muttergestein den Cali-Boden des semiariden Klimas. Er ist etwas humusärmer und heller, aber chemisch verhalten sich beide Böden gleich, so daß wir sie vorläufig mit demselben Namen bezeichnen.

## 3. Ortsteinböden.

In den Ebenen bildet sich unter Kaktusböden gerne ein heller Kieselsäure-Ortstein im Unterboden. Wie wir gesehen haben, werden in der ersten Etappe die Alkalien gelöst und dadurch die Kieselsäure löslich, die dann im Unterboden ausgeschieden wird. Dadurch wird dieser weniger durchlässig, das Wasser bleibt im Boden und dieser wird dadurch fruchtbarer, und an Stelle von Kakteen und Dornbüschen bedeckt er sich mit Gras. Da solche Böden sehr flachgründig sind, so können sich Bäume nicht verankern und werden leicht vom Winde ausgerissen. Diese Böden werden in der Hauptsache als Weideland benützt.

## 4. Alkaliböden.

Auch im ariden Klima sind die exoperkolativen Alkaliböden die landwirtschaftlich wertvollsten Kulturböden. Im obern ariden Magdalenen-Tal zeigt eine Farm folgende Böden:

TABELLE V.

*Böden von Ortega.*

	Tiefe cm	pH	Humus ‰	Aust.Basen MAe 100 g	Farbe
Boden 901	38	5.9	1.47	1.54	braun
Unterboden	62	8.0	0.48	22.23	grau
Boden 902	56	6.7	5.90	23.50	schwarz
Unterboden	44	7.0	1.70	22.92	grau
Boden 900	100	7.6	3.20	21.52	schwarz
Boden 903	100	7.1	1.10	19.74	braun
Boden 904	100	8.5	1.42	29.06	schwarz
Boden 905	100	7.0	1.02	14.20	braun

Der Boden Nr. 901 ist zwar etwas tiefer und ein klein wenig humusreicher als der Kaktusboden, zeigt aber im übrigen noch sehr deutlich dessen Merkmale (pH, austauschbare Basen im Boden und Unterboden); er ist ein Eluvialhorizont. Der Boden Nr. 902

stellt den Übergang vom endoperkolativen Kaktusboden zum exoperkolativen Alkaliboden dar. Ob er regeneriert oder degeneriert, könnte die Wiederholung der Analyse in einigen Jahren zeigen. Die übrigen Böden reagieren basisch, wie die Böden von Cerrito, sie sind reich an austauschbaren Basen und zeigen deutlich den Charakter der Illuvialböden. Offenbar entsprechen sie MOHRs Schwarzerde, den indischen und afrikanischen «black cotton soils», aber trotz der schwarzen Farbe sind es keine «black alkali soils».

In Kolumbien sind die Gebirge regenreich und das Wasser fließt teilweise oberflächlich den Flüssen oder dem Grundwasser der Ebene zu, es ist daher verhältnismäßig basenarm und richtiges Süßwasser. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß das Grundwasser eine wesentlich andere Zusammensetzung hat und salzig ist, so daß sich recht verschiedene Alkaliböden bilden können. Man wird daher gut tun, diese vorläufig mit Lokalnamen zu bezeichnen und ihre Klassifikation später vorzunehmen.

Aus dem ariden Klima Indiens ist der sehr fruchtbare Regur bekannt. F. GIESECKE (1930) beschreibt ihn folgendermaßen: «Von den angegebenen Schwarzerdevorkommen ist man am besten über den Regurboden Indiens unterrichtet. Schon die Tatsache, daß der Regur mindestens 200 000 englische Quadratmeilen Fläche einnimmt, weist darauf hin, daß diesem Boden eine nicht zu unterschätzende Bedeutung im Rahmen der klimatischen Bodenzonen zukommt . . . Schon WOEJKOW glaubte an eine Verwandtschaft der Tschernoseme mit den Regurböden und zugleich an ihre gleichartige Entstehung, doch bestritt DOKUTSCHAJEFF die Identität. Einige Jahre später beschrieb RICHTHOFEN die Regurböden und stellte sich durchaus auf den gleichen Standpunkt wie WOEJKOW. Er gibt als Hauptargumente für die Verwandtschaft an: 1. daß die vom Regur eingenommenen Regionen mit hoher Grasvegetation bedeckt sind; 2. daß diese Gebiete keine Waldungen aufweisen; 3. daß die jährliche Feuchtigkeit kleiner als 1200 mm ist, und 4. daß ein scharfer Wechsel zwischen Trocken- und Regenzeit zu beobachten ist. Diese äußeren Bedingungen sind mithin die gleichen, die auch für die Entstehung der Tschernoseme die wesentlichsten Merkmale abgeben . . .»

Als Muttergesteine des indischen Regurbodens werden Löß und Basalt genannt, so daß er schon irgendwie mit dem Tschernosem verwandt sein muß. Nun gibt es in Kolumbien den endoperkolativen Caliboden, dessen Fruchtbarkeit aber weit geringer ist, so daß er nicht mit dem Regur verglichen werden kann. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß der Regur ein exoperkolativer Alkaliboden über basischem Muttergestein sein könnte, wie beispielsweise der sehr fruchtbare Cerritoboden Nr. 1063.

J. L. BURNOTTE (1949) gibt folgende Beschreibung einer afrikanischen Schwarzerde, die sich über Travertin gebildet hat. Dieser liegt am Rande einer Alluvialebene, also offenbar am Fuße von Hügeln oder Bergen, so daß ein Grundwasserstrom möglich wäre. Das Bodenprofil wird folgendermaßen beschrieben:

Horizont A<sub>1</sub>: Schwärzlicher sandiger Lehmboden mit körniger Struktur und zahlreichen Wurzeln. Es zeigen sich dem bloßen Auge wahrnehmbare Konkretionen und der Boden braust mit Salzsäure auf.

Horizont A<sub>2</sub>: Schwärzlicher sandiger Lehm, die Struktur ist ähnlich wie oben, aber grobkörniger, und zahlreiche Konkretionen zeigen sich im ganzen Horizont. Die Wurzeln reichen bis zum Horizont C.

Der Horizont A<sub>1</sub> ist 40 cm mächtig und der Travertin liegt in einer Tiefe von 100 bis 120 cm; die Bodenreaktion der beiden Horizonte A liegt zwischen pH 7,5 und 8,0.

Nach J. L. BURNOTTE gehören diese Schwarzerden zur Gruppe des Tschernosems, was aus dem Muttergestein leicht verständlich ist, aber der Tschernosem ist ein endoperkolativer Boden und der Regur offenbar ein exoperkolativer. Das beschriebene Profil könnte einem solchen entsprechen, und da die Wurzeln bis zum C-Horizont reichen, so dürften sie dort vermutlich Wasser finden, denn Basen sind in den A-Horizonten reichlich vorhanden.

Anders liegen die Verhältnisse bei den *Wannen- oder Muldenböden*. In den flachen Mulden der ariden Ebene fließt das Wasser zusammen und lagert die durch Schichterrosion abgeschwemmten Teilchen ab. Mit der Zeit bildet sich ein sehr fruchtbarer Boden, da er außer dem direkten Regen noch seitliche Zufuhr erhält. Die mir bekannten Muldenböden zeigen noch deutlich den Charakter der Kaktusböden mit basischer Reaktion, aber bedeutend höherem Humusgehalt. Da das seitlich zufließende Wasser dem Boden Alkalien zuführt, müssen sich diese mit der Zeit im Grundwasser und Boden infolge der Wasserverdunstung anreichern und sich so die Sodakarbonatböden bilden. E. SCHERF (1935) beschreibt sie aus der ungarischen Tiefebene und führt ihre Bildung auf salziges Grundwasser zurück, das nicht oder nur schwer abfließen kann, was bei den Wannenböden der Fall ist. VAGELER schreibt über die Alkaliböden: «Solange die löslichen Salze keine Alkalikarbonate umfassen, die unter starker Erhöhung der Bodenreaktion auf pH-Werte von über 8,9 zum «schwarzen Salzboden» führen, sind bei bestehender Entwässerungsmöglichkeit und reichlich vorhandenem Irrigationswasser die Alkalisalze der «weißen Alkaliböden» relativ unbedenklich. Vorsicht erfordern aber bei Bestellung alle zur Versalzung neigenden Böden, besonders bei der Bewässerungs-

kultur. Ein gleiches gilt für die Alkalikarbonat enthaltenden «black alkali soils» oder schwarzen Alkaliböden, die zu den unangenehmsten Problemen der Bodenkunde im Trockenklima gehören. Kennzeichlich sind solche «schwarzen Alkaliböden», die sich zuweilen in großen Flächen entwickelt haben, an ihren dunklen Färbungen, die sich wesentlich aus ihrem infolge der Hygroskopizität der Salze höhern Feuchtigkeitsgehalt, teilweise aber auch aus der Anwesenheit dunkler organischer Verbindungen, erklärt.»

SIGMOND legt weniger Gewicht auf den Salzgehalt der Bodenlösung und betont, daß in den Bodenkomplexen Ca und Mg durch die Alkalien, namentlich Natrium, ersetzt seien. Die in der Trockenzeit ausgeschiedenen Salze werden in der Regenzeit rasch gelöst, aber infolge der Salzkonzentration bleiben die Alkalien in den Bodenkomplexen. Offenbar spielt bei diesen Sodaböden die Zusammensetzung des Grund- bzw. Irrigationswassers eine große Rolle. In Kolumbien steht Süßwasser zur Verfügung, und «schwarze Alkaliböden» sind bis jetzt nicht gefunden worden.

### *Zusammenfassung.*

Im tropischen Klima Kolumbiens sind folgende Klimabodentypen (great soil groups) gefunden worden, denen wir in Klammern die entsprechenden Böden der gemäßigten Zone beifügen:

TABELLE VI.

#### *Die Klimabodentypen Kolumbiens.*

Klima:	perhumid	humid	semihumid	semiarid	arid
zonal:	Urwaldboden (Podsol)	Waldboden (Braunerde)	Humusboden (Prärienboden)	Bambusboden (brauner Steppenb.)	Kaktusboden (saurer Alkalibod.)
intrazonal:	Quipileboden (Rendzina)	Quipileboden (Rendzina)	Quindíoboden (Tschernosem)	Caliboden (Kastanienboden)	Caliboden (Kastanienboden)
azonal:	Sumpf	Naßboden	Naßboden	Alkaliboden	Alkaliboden
Ca-reiches Muttergestein				Regur	Regur

### **Die Bodenwahl.**

Wer sich in den Tropen als Landwirt niederlassen will, muß sich zuerst entscheiden, ob er Bauer, d. h. Selbstversorger, oder Pflanzer, der ein Exportprodukt anbaut, werden will. Im ersteren Falle kann er im kalten Klima Kartoffeln, Mais und Getreide anpflanzen oder im warmen Mais, Maniok, Bananen, Zuckerrohr, Fruchtbäume usw. Der Pflanzer hat die Wahl zwischen Kaffee, Kakao, Zuckerrohr, Reis usw. Hat er die Wahl getroffen, so muß er nun das seinen Kulturen zusagende Klima aufsuchen. In Kolumbien werden folgende Kulturen bei nachstehenden Meereshöhen und Regenmengen angebaut, wobei aber zu berücksichtigen

ist, daß die Höhen je nach geographischer Breite sich etwas verschieben können.

Es gibt einige Pflanzen, die in bezug auf Regenmenge und Temperatur außerordentlich tolerant sind, aber in Wirklichkeit handelt es sich meist, wie beim Mais, um verschiedene Sorten, die sich angepaßt haben. In erster Linie muß sich der Pionier überzeugen, ob die aufgesuchte Gegend wirklich dem gesuchten Klima entspricht. Da Regenmessungen in den dünn besiedelten Gegenden selten zur Verfügung stehen, wird man die Vegetation zu Rate ziehen (ob Monsun-, Laub- oder vorwiegend Palmenwälder), oder welche Kulturpflanzen angebaut werden. Wird die gewünschte Kultur in der gewählten oder in Aussicht genommenen Gegend nicht angebaut, so ist das ein verdächtiges Zeichen, und man wird sich genau erkundigen, ob nicht schlimme Erfahrungen zwingen, diese Kultur aufzugeben.

TABELLE VII.

*Höhen und Regenmengen einiger Kulturpflanzen.*

Kulturpflanze:	Höhe in m	Regenmengen in cm
Anis	600—2000	70—125
Arracacha	1400—2400	200—300
Bananen	0—2000	100—800
Baumwolle	0—1500	100—250
Bohnen	0—3000	100—200
Getreide	2300—3000	70—100
Kaffee	1000—2000	125—300
Kakao	0—1300	125—300
Kartoffeln	2200—3500	70—200
Mais	0—3000	70—500
Maniok	0—1800	125—250
Reis	0—1200	100—500
Tabak	0—1800	70—125
Zuckerrohr	0—1800	100—800

Schließlich gibt auch das Bodenprofil über das Klima Aufschluß; denn die Klimabodentypen sollten nachstehende Profile aufweisen.

TABELLE VIII.

*Klimabodentypen.*

pH	Humus %	Bodentiefe cm	Regenfaktor	Tropen	Boden gem. Zone
Unter 4,5	10—20	3—20	über 160	Urwaldboden	Podsol
4,5—5,5	5—10	30—45	100—160	Waldboden	Braunerde
5,5—6,5	3—4	30—60	60—100	Humusboden	Prärienboden
über 6,0	ca. 2	25—40	40—60	Bambusboden	Br. Steppenboden
4,8—7,2	ca. 1	9—35	unter 40	Kaktusboden	?

Weichen die Böden wesentlich davon ab, so liegen irgendwelche Lokalböden vor. Ein hoher Humusgehalt kann durch ein Ca-reiches Muttergestein bedingt sein, und man muß dieses suchen; aber es ist daran zu denken, daß diese intrazonalen Böden zum Klimabodentyp degenerieren. Namentlich im humiden Gebiet ist Vorsicht geboten; nötigenfalls kann eine chemische Analyse entscheiden, ob es sich um einen Quipile- oder Waldboden handelt.

Bei alluvialen Auflagerungen und vulkanischen Aschen ist die Möglichkeit vorhanden, daß Grundwasser die Bodenbildung beeinflusst, was in den trockenen Klimaten vorteilhaft ist, in den feuchten aber den Boden versauert; es müssen verschiedene Profile untersucht werden, weil sie oft sehr rasch wechseln.

Bei Alluvialböden ist auf die Schichtung zu achten; denn oft liegt der Boden in verschiedenen Schichten, und die eigentlichen Bodenhorizonte haben sich noch nicht ausgebildet. Ist die untere Schicht sandiger, dann versickert das überflüssige Wasser leicht in die Tiefe, was in den feuchten Klimaten wertvoll, in den trockenen aber nachteilig ist. Ist dagegen die untere Schicht weniger durchlässig, dann wird das Wasser in der oberen aufgespeichert, und der Boden wird in den trockenen Klimaten fruchtbarer, in den feuchteren aber versauert er. Dieselbe Erscheinung beobachten wir auch bei einer Ortsteinbildung in der Ebene, so daß sich die Böden dann nur für Flachwurzler eignen. Für Baumkulturen sollte der Boden mindestens 1,5 bis 2 m tief und grundwasserfrei sein, in größerer Tiefe ist solches in trockenen Klimaten oder längeren Trockenzeiten natürlich erwünscht. Bei der Bodenbeurteilung ist in den verschiedenen Klimaten auf folgendes zu achten.

#### *A. Perhumides Klima.*

Wie bereits betont, wird der Kolonist in diesem Klima keinen geeigneten Boden für Ackerland finden; will aber ein unverbesserlicher Optimist trotzdem hin, dann suche er sich junge Böden mit grauen oder leicht gelblichen Unterböden aus, die sich in die Tiefe fortsetzen; denn gelegentlich bildet sich direkt unter der Humusschicht ein Bleichhorizont, dem dann meist ein gelber Unterboden folgt. Rote Unterböden zeigen einen alten, basenarmen Boden an, der sich als Kulturland nicht eignet, auch wenn er vom üppigsten Urwald bestanden ist.

#### *B. Humides Klima.*

Hier sind vor allem die über Ca-reichen Muttergesteine, wie Kalksteine, Diabase und ihre Tuffe, zu suchen; denn hier findet man selbst bei roten Unterböden noch sehr wertvolle Kulturböden,

aber man hüte sich vor roten, sehr Ca-armen Waldböden. Ist man im Zweifel, so lasse man die Bodenreaktion und den Gehalt an austauschbaren Basen und deren Sättigung bestimmen. In Europa würde man die Waldböden drainieren und kalken, aber in den Tropen sind die Transportkosten meistens zu hoch.

Tiefgründige, gut drainierte und daher etwas trockenere Böden findet man in Schutthalden; sie sind leicht an der ungeschichteten Materialbeschaffenheit und dem Gehalt an Steinen aller Größe mit Sand zu erkennen.

In den Ebenen ist auf Ortsteinbildung zu achten. Solche Böden eignen sich nicht für Baumkulturen; meist werden sie leicht an der Buschsavannenbildung schon äußerlich zu erkennen sein. Für Baumkulturen sollte der Boden mindestens 2 m tief und grundwasserfrei sein.

### *C. Semihumides Klima.*

Hier ist die Bodenwahl verhältnismäßig leicht, denn normalerweise bildet sich der fruchtbare Humus oder der sehr fruchtbare Quindío-Boden mit höherem Humusgehalt. Immerhin ist darauf zu achten, ob das Profil normal entwickelt ist, da sich bei Grundwassereinfluß auch saure Naßböden bilden können. In Ebenen ist außerdem auf die Ortsteinbildung zu achten. Schutthalden geben ebenfalls wertvolle Kulturböden, und der größte Teil der kolumbianischen Kaffeefelder steht in ihnen.

Natürlich sind auch weitere Lokalbodenbildungen möglich. So bilden sich in der Ostkordillere über den Schiefen der Guadalupe- und Villetaschichten flachgründige Böden, die sich für den Anbau von Zuckerrohr eignen, nicht aber für Kaffee. Bilden aber dieselben Schiefer Schutthalden, dann werden die Böden tiefgründig und durchlässig, und Kaffee entwickelt sich vortrefflich in ihnen. In der Westkette findet man rote und gelbe Tonschiefer, die für Kaffee nicht gerade empfehlenswert sind, aber gelegentlich sind sie durch vulkanische Vorgänge stärker metamorphosiert und bröcklig, sie sind dann besser durchlässig und für Kaffee geeignet.

### *D. Semiarides Klima.*

Hier ist die Bodenwahl schon schwieriger. Bambus- und Cali-Böden eignen sich nur für Kulturen, deren Vegetationszeit einigermaßen mit der Regenzeit oder den Regenzeiten zusammenfallen. Für Flachwurzler sind die Ortsteinböden entschieden vorzuziehen; sie eignen sich auch besser für Bewässerung, weil sie weniger Wasser benötigen als die endoperkolativen Böden, sie werden darum auch nicht vom Irigationswasser ausgewaschen. In diesem Falle werden sie meistens mit Zuckerrohr oder Reis bepflanzt.

In alluvialen Sanden findet man meistens Grundwasser. Kann dieses kapillar zum Boden aufsteigen, dann bilden sich die sehr fruchtbaren Alkaliböden, die leicht an der basischen Reaktion und am höhern Humusgehalt oder der mächtigeren Oberkrume zu erkennen sind. Welkt die Weide während der Trockenzeit und ist Grundwasser in größerer Tiefe vorhanden, dann können Baumkulturen es unter Umständen mit ihren tieferen Wurzeln erreichen. Ist der Boden mit Monsunwald bestanden, so besagt das nichts darüber, ob der Boden auch eine gute Weide gibt, sondern das hängt von der Tiefe des Grundwasserstandes ab. Perenne Kulturen wird man nur über Grundwasser anlegen können, weil sich der Boden des semiariden Klimas während der Regenzeit nicht mit Wasser sättigen kann.

#### *E. Arides Klima.*

Hier ist die Bodenwahl am schwierigsten, und hier begreift man, warum P. VAGELER sagt, daß 75% der Fehlschläge tropischer Pflanzungen auf falsche Bodenwahl zurückzuführen seien. Der Klimabodentyp, der Kaktusböden, liefert nur dann Kulturland, wenn er jung ist und über Mineralreserven verfügt. Schon besser sind Sandböden auf weniger durchlässigen Schichten, weil dann das Wasser größtenteils im Boden bleibt. Für Weiden eignen sich auch die Kaktusböden mit Kieselsäure-Ortsteinböden. Ältere, saure Kaktusböden überläßt man besser den Kakteen und Dornbüschen. Die Wannböden eignen sich sehr gut zur Bewässerung und zum Anbau von Zuckerrohr und Reis. Am vorteilhaftesten sind natürlich exoperkolative Alkaliböden.

Bei der Bodenwahl oder der Wahl der Kultur eines gegebenen Bodens ist höchste Vorsicht am Platze. Die meisten Kulturen sind mehrjährig, so daß Erfolg oder Mißerfolg sich erst nach Jahren einstellen. Außerdem werden die wenigsten Produkte direkt auf den Markt gebracht, sondern müssen auf der Pflanzung aufgearbeitet werden und erfordern oft größere Anlagen, so daß eine Umstellung große Ansprüche an Kapital und Zeit stellt. Natürlich kann man theoretisch die tropischen Böden auch verbessern, aber Kalk und Dünger werden durch die Frachtkosten so belastet, daß ihre Anwendung praktisch meist unmöglich ist.

Zum Schluß noch ein paar Worte über die Ansiedelung im Urwald, dem Traum des Tropenpioniers. Als solcher kommt nur der Laubwald des semihumiden Klimas in Frage, dessen Humusboden an und für sich recht fruchtbar ist. Aber um Waldboden in Kulturboden zu verwandeln, braucht es Zeit. In Costa Rica heißt es, daß erst der Enkel ernte, was der Großvater gesät hat, oder daß erst der dritte Besitzer einer Farm ein wohlhabender Mann werde. Es



braucht die ausdauernde Arbeit vieler Jahre, um einen Waldboden zum Ackerboden zu verwandeln. Die Arbeit ist hart, und wenn nur eine verhältnismäßig kleine Fläche gerodet werden kann, werden Affen und Vögel bald merken, wo Bananen, Mais und Reis wachsen. Aber auch Insekten, vor allem Ameisen, und Mikroben aller Art werden die Kulturpflanzen schädigen. Deren Bekämpfung ist nicht leicht und recht kostspielig. Es ist viel zweckmäßiger, eine Farm zu kaufen als eine neue anzulegen.

### Bodenpflege.

#### A. Fruchtbarkeit der tropischen Böden.

Im allgemeinen wird die Fruchtbarkeit der tropischen Böden gerne überschätzt und man nimmt an, daß in den Tropen immer Riesenernten erzielt werden. Liegen aber Zahlenangaben vor, dann ist man leicht geneigt, die Fruchtbarkeit zu unterschätzen. Einmal hängt die natürliche Fruchtbarkeit vom Klima ab, so rechnet man in Kolumbien im semihumiden Klima  $\frac{2}{3}$  ha pro Stück Großvieh, im semiariden, bei Bambusböden, 2 ha und im ariden Klima bis 5 ha. Über die Hektarenerträge verschiedener Kulturen beider Zonen macht H. BOESCH (1947) interessante Angaben, denen die Ernteerträge Kolumbiens beigelegt sind.

TABELLE IX.

Mittlere Ernteerträge der gemäßigten Zone und der Tropen in q/ha.

	Weizen	Mais	Reis	Kartoffeln
Europa	13,4	13,8	48,1	127,5
Rußland	7,2	10,2	16,7	79,8
USA.	7,4	13,9	23,7	72,6
China	11,2	13,8	25,2	—
Japan	18,3	14,1	35,5	—
Britisch-Indien	7,2	9,0	14,3	—
Niederländ. Indien	—	9,6	15,7	—
Erde	10,5	13,8	15,5	106,0
Kolumbien	13,5	7,5	24,0	125,0

Die Weizen- und Kartoffelerträge Kolumbiens entsprechen denjenigen Europas, während der Reis nur die Hälfte abwirft, aber ungefähr den Ernten von USA. und China entspricht, wobei allerdings beigelegt werden muß, daß in Kolumbien leicht auf derselben Fläche im Jahre drei Ernten erreicht werden können. Die Maisernte ist sehr niedrig, aber sie stammt aus einem Klima, das wohl für Mais schon zu feucht ist; im semiariden Klima werden sicherlich höhere Ernten erzielt, aber es stehen keine zuverlässigen Angaben zur Verfügung.

Vergleicht man die Ernten innerhalb der Tropen selber, so findet man recht beträchtliche Unterschiede: China und Japan erzielen bedeutend höhere Ernten als Indien. Offenbar hat die dichte Bevölkerung der beiden ersten Länder die Landwirte gezwungen, den Boden besser auszunützen, zu pflegen, zu düngen und das Saatgut sorgfältig auszuwählen. Es ist also auch in den Tropen möglich, die Ernteerträge zu steigern. Bei einjährigen Kulturen können in kurzer Zeit schöne Erfolge erzielt werden, bei mehrjährigen Baumgewächsen dauert die Versuchszeit natürlich Jahrzehnte, um sichere Resultate zu erzielen.

### *B. Die Bodenpflege.*

#### 1. Die Bodendurchlüftung.

«Einmal gehackt, ist halb gedüngt», sagt eine alte Bauernregel; sie gilt auch für die Tropen, wo die heftigen Platzregen den Boden oberflächlich zu einer harten Kruste zusammenschlagen. Diese muß von Zeit zu Zeit gelockert werden, sei es beim Jäten, durch Hacke, Kultivator oder Pflug. In Zuckerfarmen von Costa Rica wird folgendes Verfahren zur Bodenlockerung verwendet, das zugleich den Vorteil einer Fruchtfolge hat. Nach vier Ernten müssen die Pflanzungen erneuert werden. Die Ernte erfolgt in der Trockenzeit und nun wird das Land gleich gepflügt, mit einsetzender Regenzeit wird Mais angebaut, nach der Ernte wird wieder gepflügt, und es werden Buschbohnen angepflanzt, die in der Trockenzeit reifen. Nun wird ein drittes Mal gepflügt, in der Regenzeit das Zuckerrohr in Reihen angebaut und zwischen denselben Buschbohnen gesteckt. Weiden haben dort eine Bodenreaktion von pH 5,5, die so behandelten Zuckerrohrfelder eine solche von pH 6,5, ohne daß die Felder gedüngt worden wären.

In Kolumbien beobachtete man vor etwa 20 Jahren einen starken Rückgang der Ernten in manchen Regionen, namentlich aber auch im Quindío mit seinen Rekordböden; es kamen so alarmierende Klagen über die «Bodenerschöpfung», daß der kolumbianische Kaffeebauern-Verband ein bodenkundliches Institut organisierte, um dieses Problem zu studieren und zu lösen. Das Jahr 1938 war sehr niederschlagsreich, so daß zahlreiche Kaffeesträucher von einer Pilzkrankheit befallen wurden. Nun war dieselbe Krankheit ein paar Jahre vorher in Costa Rica aufgetreten, und zwar gegen Ende der Regenzeit. Ein Kaffeepflanzer fragte den Verfasser um Rat, und der empfahl ihm, zwischen den Reihen Gräben zu ziehen, damit das überschüssige Wasser abfließen könne und der Boden besser durchlüftet werde. Die Arbeit wurde sogleich begonnen, die

Bäume erholten sich, und im folgenden Jahre wurde wieder die normale und hohe Ernte erreicht. Dasselbe Verfahren wurde dann 1939 im Quindío angewandt. Anfänglich waren die Bauern mißtrauisch und stellten nur zögernd alte Felder zur Verfügung, wo wirklich nichts verdorben werden konnte. Der Erfolg war um so verblüffender, als die alten, fast blätterlosen Bäume sich wieder erholten. Neben Costa Rica und Kolumbien wird dieses Verfahren heute auch in Venezuela und Brasilien angewandt.

Handelt es sich um ein regelmäßig bepflanztes ebenes Feld, so hebt man in jedem zweiten Zwischenraum, hier Gasse genannt, parallele Gräben von 30—40 cm Breite aus und macht sie etwa 10 bis 20 cm tiefer als der Oberboden. Die ausgehobene Erde verteilt man gleichmäßig auf die Oberfläche. In den Gräbenwänden bilden sich bald Risse, die die Bodendurchlüftung erleichtern. Bei Regenfaktoren über 80 werden beim Jäten die Unkräuter in die Gräben geworfen, wo sie verfaulen; auch kann man sie zum Düngen mit Kompost (Kaffeeschalen) und Mist verwenden. In 3—4 Jahren ist der Graben gefüllt, und nun hebt man ihn in den parallelen Gassen aus. Nach einer weitem Periode hebt man die Gräben in der Hälfte der senkrechten Gassen aus und schließlich zuletzt die andere Hälfte, so daß in einem Zeitraume von 12—16 Jahren die Erde rund um jeden Kaffeebaum gelockert und gedüngt ist und man wieder von vorn anfängt.

In geneigten Feldern zieht man die Gräben horizontal in jeder zweiten Gasse, das nächste Mal in den andern. Gräben in der Hangrichtung zu ziehen ist wegen der Erosionsgefahr nicht empfehlenswert. Man macht sie in den Reihen zwischen je zwei Bäumen (die etwa 1 bis 1,2 m langen Gräben werden hier *cajuelas* genannt). In der ersten Reihe hebt man sie in jeder zweiten Gasse aus. In der nächsten Reihe hebt man sie in den andern Gassen aus, in der dritten wie in der ersten usw. So hat man in jeder geneigten Gasse in jeder zweiten Reihe eine *cajuela*, die das abfließende Wasser aufnimmt und dem Boden zuführt. Später werden dann die *cajuelas* auf der andern Seite der Sträucher geöffnet.

Bei Regenfaktoren unter 80 ist auch die Wasserfrage wichtig. Das Wasser wird durch die Gräben dem Boden zugeführt; bei *cajuelas* errichtet man mit der ausgehobenen Erde seitliche, trichterförmige Dämme, die das abfließende Wasser der *cajuela* zuführen. Das Jäten erfolgt anfangs der Trockenzeit, und man läßt das Unkraut auf dem Boden als Molch liegen, so daß die direkte Verdunstung herabgesetzt wird. Die Gräben füllt man zweckmäßig mit organischen Düngern, damit durch den höheren Humusgehalt die Wasserkapazität erhöht wird.

Durch bessere Bodendurchlüftung und Ersatz der alten Bäume durch junge wurde in der Provinz Caldas innert 10 Jahren die Kaffee-Ernte um 50% gesteigert.

## 2. Die Humuspfl ege.

In den trockenen Tropen ist der dunklere, humusreichere Boden der fruchtbarere, auch im semihumiden Klima ist der humusreichere Quindíoboden viel fruchtbarer als der Humusboden. Auf den sauren Humus der humiden und perhumiden Klimate trifft die Regel nicht zu: sie sind zwar humusreicher, aber dieser saure Humus hebt die Fruchtbarkeit der Böden nicht. Nun wird gerade die Humuspfl ege arg vernachlässigt, und fast überall ist in den Tropen das Brennen des Unkrautes oder des Waldes verbreitet. Wie schädlich dies ist, zeigt deutlich P. SAMUEL (1950) an einem Beispiel aus dem Belgischen Kongo. Nach den Regenfaktoren handelt es sich um Humusböden. Der Wald wird geschlagen und nach dem Brennen werden Reis, Bananen und Maniok angepflanzt. Nach 2½ Jahren ist der Boden erschöpft und humusarm, und es muß eine Brache von 17½ bis 20 Jahren eingeschaltet werden, bis dasselbe Feld wieder gebrannt und angebaut werden kann. SAMUEL vergleicht nun die Ernte des Belgischen Kongos mit einer 6jährigen Fruchtfolge in Mitteleuropa.

TABELLE X.

*Ernteerträge im Belgischen Kongo.*

Kultur	Ertrag in q/ha	Assimilierbare kg/Cal. je ha
Reis	8	1 639 000
Bananen	100	6 155 000
Maniok	150	14 364 000
Total in 2½ Jahren:		22 158 000

TABELLE XI.

*Ernteerträge in Mitteleuropa.*

Kultur	Ertrag q/ha	Assimilierbare kg/Cal. je ha
Weizen	29	9 662 800
Roggen	24	7 761 600
Kartoffeln	225	10 237 500
Weizen	29	9 662 800
Hafer	28	9 234 400
Rotklee	45	6 750 000
Total:		53 309 100

Die Summe der assimilierbaren Kalorien beträgt für Mitteleuropa 53 309 100, also rund 9 000 000 pro Jahr. Ähnliche Zahlen finden wir auch im Kongo für die Vegetationszeit von 2½ Jahren.

Schließt man aber die Brache mit ein, dann sinkt der Betrag auf ein Zehntel herunter. Nun darf aber nicht vergessen werden, daß die Ernten Mitteleuropas hoch über dem Durchschnitt stehen und daß die Schweiz innerhalb 70 Jahren die Ernten verdoppelt hat.

Im semihumiden Klima von Costa Rica und Kolumbien findet man hundertjährige Kaffeefelder und 40- bis 50jährige Zuckerrohrfelder (einer einheimischen Sorte, die aber geringere Erträge liefert) mit guten Ernten, weil hier die Humusfrage gelöst ist. Der Humusboden erhält im Wald pro Jahr und Quadratmeter rund 1 kg organische Trockensubstanz. In einem gut beschatteten Kaffeefeld deckt der Laubfall mit dem Unkraut leicht diesen Betrag. In den Zuckerrohrfeldern läßt man bei der Ernte die Blätter auf dem Felde zurück, wo sie in der Trockenzeit als Molch die direkte Wasserverdunstung reduzieren und in der Regenzeit verfaulen. «Der Mist, der ist des Bauern List» gilt auch für die Tropen. Schon aus diesem Grunde ist dem Bauern die Viehhaltung zu empfehlen. Meist läßt man aber die Tiere auf der Weide, und die Kühe werden nur zum Melken in den Hof getrieben. Pflanzte man Schnittfuttergräser an, so kann der Viehbestand erhöht werden, und die Tiere werden teilweise im Stall gehalten, so daß der Mist leicht eingesammelt werden kann. Aber die Milchleistung der einheimischen Rassen ist im allgemeinen so niedrig, daß sie die Kosten des Futterholens und Häckselns nicht deckt. Entweder muß man gute Milchkühe anschaffen oder durch Kreuzung selber heranziehen; da aber erst  $\frac{3}{4}$ -rassige Kühe gute Milchleistungen aufweisen, dauert es etwa 10 Jahre, bis eine leistungsfähige Herde herangezogen ist.

Bei Pflanzungen braucht man unter Umständen Tragtiere, deren Mist gesammelt werden kann. Sind aber diese durch Maschinen ersetzt, so kann man Kompost herstellen oder sich mit Gründüngung behelfen. Auf jeder Farm gibt es organische Abfälle, wie die Schalen von Kaffee und Kakao, die wertvollen Kompost geben: im trockenen Klima wird man Gruben verwenden, im feuchten sind Haufen zu empfehlen, die mit Erde abgedeckt werden. Kompost wird seit Jahren im Osten verwendet; neuerdings wird er auch in Salvador und Costa Rica hergestellt und hat sich sehr bewährt.

Als letztes Mittel bleibt die Gründüngung. Als solche dient das Unkraut selber, oder man kann zwischen den Kulturen Leguminosen anpflanzen und diese vor der Blüte abschneiden. In den feuchten Klimaten fehlt es ja nicht an Wasser; in den trockenen dagegen wird man dieses Verfahren nicht anwenden können, da muß man eine Gründüngung von Zeit zu Zeit einschalten und vor der Blüte unterpflügen.

In den feuchten Klimaten Kolumbiens wird ebenfalls gebrannt und dann nach 2 bis 3 Ernten eine Brache von 10 bis 20 Jahren

eingeschaltet. Im regenreichen Westen von Caldas wird folgendes Verfahren angewandt: man wirft im Mai den Mais ins Gebüsch (*rastrojo*) und schneidet dies mit dem Buschmesser um, so daß es dem Mais als Dünger dient. Die Wurzelstöcke schlagen aus, aber die Schosse kommen im Schatten des Mais nur langsam hoch. Nach drei Monaten wird der Mais geerntet, und nun läßt man die Stengel im Felde verfaulen, der nun den *rastrojo* düngt. Nach einer Brache von neun Monaten wird dann auf demselben Feld wieder Mais angebaut.

Ein originelles Verfahren zur Bodenverbesserung ist folgendes: man pflanzt Maniok, aber eine Sorte, deren Schale keine Blausäure enthält; haben sich die Wurzelknollen gebildet, so schneidet man die Stauden ab und läßt Schweine ins Feld, die die Knollen ausgraben, den Boden durchwühlen und zugleich misten.

In Costa Rica sind die Bananenfelder, sofern sie nicht periodisch von Flüssen überschwemmt und mit Erde und Sand gedüngt werden, in 5 bis 8 Jahren erschöpft. Dann überläßt man sie dem *rastrojo*, der nach einigen Jahren eingezäunt und nun als Füllweide benützt wird. Die herumspringenden Tiere brechen Zweige und Äste ab, es entstehen große Wunden, an denen sich leicht Mikroben ansetzen, so daß durch Infektion der Strauch abstirbt. Nun entwickeln sich sehr gern Farne, die man von Zeit zu Zeit mit einem Stocke etwa 20 cm über dem Boden abschlägt; auch hier tötet irgendeine Infektion die Farne ab. Nun hat man Weideland oder kann es, je nach der Höhe, mit Kaffee oder Kakao bebauen.

Wie man sieht, spielt auch bei den tropischen Böden der Humusgehalt eine sehr große Rolle, und Versuche mit organischen Düngern zeigen immer ein Ansteigen der Produktion.

### 3. Kalkungen.

Da die Böden über Ca-reichen Muttergesteinen fruchtbarer sind, so sollte man erwarten, daß Kalkungen ebenfalls vorteilhaft wären. In Costa Rica werden viele Kaffeefelder periodisch alle 3—5 Jahre mit je einer Tonne gebrannten Kalkes pro ha gedüngt. Gemahlener Kalkstein wäre vorzuziehen, aber das Brennen kommt billiger als das Mahlen, außerdem werden die Transportkosten herabgesetzt. Auf der Farm läßt man den Kalk in offenen Schuppen liegen, so daß er durch die Luftfeuchtigkeit gelöscht wird, dann wird er gemahlen und ins Feld gestreut. Neben dem Kalk werden auch organische Dünger und zwischen beiden Weltkriegen wurden auch Handelsdünger verwendet.

In Kolumbien wird im kalten Klima ebenfalls gekalkt. An verschiedenen Orten wird auch kalzioniertes Knochenmehl verwendet, aber das ist nur möglich in der Nähe größerer Städte, weil sonst die

Transportkosten zu hoch werden. Zweifelsohne könnten durch Kalkungen viele tropische Böden verbessert werden, aber vielfach sind heute die Transportkosten zu hoch.

Bei alten Böden ist Kalk mit Vorsicht zu gebrauchen, denn sie haben keine Mineralreserven mehr, und wenn nun das Ca in den Bodenkomplexen die K-Ionen ersetzt, so erhalten die Pflanzen eine Kalidüngung und reagieren entsprechend. Bald macht sich jedoch Kalimangel geltend, und es muß dann Handelsdünger verwendet werden. «Der Kalk macht den Vater reich, aber arm den Sohn.» Bei Verwendung von Handelsdünger muß in der Regel auch periodisch gekalkt werden.

#### 4. D e r W a s s e r h a u s h a l t.

Namentlich in den trockenen Klimaten ist dem Wasserhaushalt alle Aufmerksamkeit zu schenken, damit perenne Kulturen in der Trockenzeit nicht unter Wassermangel leiden. Durch Gräben, cajuelas, Terrassen oder Einzelterrassen muß man dem Boden alles Wasser zuführen. Es sind dieselben Maßnahmen, die auch die Erosion verhindern, welche in den Trockenklimaten viel gefährlicher ist als in den feuchten.

Die zweite Maßnahme ist die Verminderung der direkten Verdunstung in der Trockenzeit durch irgendeinen Molch. Jätet man in der Trockenzeit, so läßt man das Unkraut liegen; gleichzeitig werden auch die Bodenkapillaren zerstört, und das Wasser kann im gelockerten Boden nur schwer zur Oberfläche aufsteigen. In einzelnen Farmen deckt man die Böden mit Farnkräutern oder Schnittgräsern ab, oder man kann dazu auch Bananenblätter verwenden. Schließlich kann man Schattenbäume in Kaffee- und Kakaofeldern anpflanzen, deren Falllaub den Boden bedeckt. Man kann sich so das Jäten sparen, aber dies setzt genügend Wasser voraus. Diese Maßnahmen eignen sich jedoch nur für Gebiete mit Regenfaktoren unter 80; sie reichern das Wasser im Boden an und dienen zugleich als organische Düngung, da der Molch in der Regenzeit verfault.

Im ariden und semiariden Klima kann man vielfach die Ernten durch Bewässerung erhöhen, sofern Süßwasser zur Verfügung steht. Dazu sucht man sich zweckmäßig Muldenböden oder solche mit Ortsteinunterboden aus, weil man weniger Wasser braucht und der Boden nicht ausgewaschen ist. Manchmal findet man in alluvialen Ebenen Kiesbänke, die mit den Schuttkegeln der seitlichen Flüsse des Haupttals in Verbindung stehen und grundwasserführend sind. Sie sind leicht zu fassen und können für die Bewässerung verwendet werden. Manchmal muß aber das Wasser weit herge-

führt werden. Die Bewässerung alter, basenarmer Kaktusböden ist nicht empfehlenswert, weil Nährstoffe fehlen.

In den feuchten Klimaten mit Regenfaktoren über 80 liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier muß auf gute Durchlüftung geachtet und das überschüssige Wasser entfernt werden, was durch Gräben und cajuelas erreicht werden kann. Man kann auch den oberflächlichen Wasserabfluß fördern, indem man in der Richtung des Hanges pflanzt, wie dies in Kolumbien beim Zuckerrohr und Getreide im semihumiden Klima der Fall ist. (Im semiariden Klima wird das Getreide wie in Europa angebaut.) Die Erde wird angehäuelt wie bei Kartoffeln. Die Kämme liegen in der Richtung des Hanges, und in sie wird das Getreide gepflanzt. Das Regenwasser fließt teilweise oberflächlich in die Rinnen zwischen den Kämmen oder kann aus den lockeren Haufen leicht in jene gelangen, so daß sich ein trockeneres Bodenklima entwickelt. In der Provinz Caldas wird der Mais fast nur an Halden angebaut, offenbar aus Erfahrung, weil ein Teil des Wassers oberflächlich abfließt und der Boden dadurch trockener ist als im ebenen Gelände, das für die die Feuchtigkeit liebenden Weiden benützt wird. Diese Anbauart steht im Gegensatz zu den Regeln, die bei der Bekämpfung der Erosion anzuwenden sind; aber die Wirkung der Erosion ist in den trockenen Klimaten viel gefährlicher als in den feuchten, wo Feuchtigkeit und Ton die Bodenteilchen zusammenhalten und der Boden sich rasch mit Unkraut bedeckt, das ihn vor Erosion schützt. Beim Jäten ist freilich darauf zu achten, daß der Boden nicht heruntergerissen, sondern seitlich angehäuelt wird.

Jedes Klima hat in bezug auf den Wasserhaushalt seine eigenen Probleme. In den trockenen muß dem Boden alles Wasser zugeführt und die direkte Verdunstung reduziert werden. In den feuchten wird man das Abfließen erleichtern und für die gute Durchlüftung sorgen müssen. Maßnahmen, die sich im trockenen Klima bewährt haben, können sich im feuchten ungünstig auswirken, und umgekehrt.

### 5. Die Handelsdünger.

Die intensive Landwirtschaft Mitteleuropas ist undenkbar ohne den Gebrauch von Handelsdüngern in Verbindung mit Mist und Kalk. In Costa Rica hat man zwischen den beiden Weltkriegen viel Handelsdünger verwendet, und die gedüngten Kaffeefelder hatten teilweise die doppelten Erträge der ungedüngten. In einer heruntergewirtschafteten Farm düngte der neue Besitzer statt der Kaffeesträucher die als Schattenbäume dienenden Bananen. Wollten diese blühen, so wurden sie gefällt, zerhackt und in die nächsten cajuelas geworfen; innert drei Jahren stieg die Ernte von 6 auf 27 Ztr./ha.



In Kolumbien verwendet man Handelsdünger erfolgreich im kalten Klima beim Anbau von Getreide und Kartoffeln, dagegen haben Versuche in Kaffeefeldern zu keinen eindeutigen Resultaten geführt. Wohl zeigten die gedüngten Parzellen bald höhere Erträge, aber manchmal war das auch bei den ungedüngten der Fall. Schon P. VAGELER äußerte sich zu dieser Frage: «Es bedarf wohl keines besonderen Beweises, daß schlüssige Parzellenversuche, wenn man nicht gleich ganze Pflanzungsabteilungen einbeziehen und damit wahre Versuchspflanzungen ins Leben rufen will, praktisch kaum bei diesen Kulturen zu erzielen sind. Denn einmal ist es trotz Schutzstreifen keineswegs immer sicher zu sagen, welches Exemplar der Kulturpflanze nun wirklich die Düngung erhalten hat. Bei der Tiefe der Bewurzelung dauert es natürlich unter Umständen Jahre, ehe sich die Düngung im Boden völlig verbreitet hat, was die Notwendigkeit jahrelanger Wiederholungen eines Versuches einschließt, ohne die jedes Resultat in der Luft hängt. Und dann ist es wegen der Änderung der ganzen Kultur im Laufe der Zeit oft auch noch nicht zu entscheiden, wieviel eines eventuellen Erfolges auf das Konto der Düngung und wieviel auf die natürliche Entwicklung zu setzen ist. Daß namentlich in etwas ungleichmäßigem Gelände ungefähr jeder Baum auf seinem eigenen Boden steht, der mit dem des Nachbarn nicht ohne weiteres gleich zu sein braucht, versteht sich von selbst, von den bei der geringen Individuenzahl sehr erheblich ins Gewicht fallenden individuellen Unterschieden der einzelnen Pflanzenexemplare noch abgesehen, die unter Umständen das ganze Bild verfälschen können. Es ist kein Wunder, daß unter diesen Umständen die Ergebnisse in den Tropen mit Dauerkulturen auf kleinen Flächen angestellter Düngungsversuche nur selten und unter ganz besonders günstigen Umständen befriedigende sind und man in der Regel aus den Resultaten herauslesen kann, was man will, wenn überhaupt etwas herauszulesen ist.»

Für das unbefriedigende Ergebnis der Versuche mit Handelsdüngern in Kaffeefeldern gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten. Einmal können die Bodenkomplexe sehr basenarm sein, so daß sie die Dünger absorbieren. Der Erfolg wird dann erst mit den Wiederholungen eintreten. Es ist aber auch möglich, daß die Bodenkomplexe gesättigt sind, so daß die Dünger ausgewaschen werden. In diesem Falle wird man durch organische Dünger den Humusgehalt und das Adsorptionsvermögen des Bodens steigern müssen. Bei sauren Böden ist es auch möglich, daß Phosphor das limitierende Element ist. Dann muß der Boden gekalkt werden, damit das Eisen unlöslich wird.

Diese Fragen zu lösen ist die Aufgabe der landwirtschaftlichen

Versuchsstationen in den Tropen. Der Pflanze wird daher diese Resultate abwarten, bis ihm die Versuchsstationen ähnlichen Klimas sagen können, wie der Boden vorbereitet werden muß, wie und wann zu düngen ist. Aber auch dann noch wird es ihm in vielen Fällen nicht möglich sein, die Handelsdünger anzuwenden, weil die Transportkosten zu hoch sind.

### *Schlußbetrachtungen.*

Es gibt natürlich viele Möglichkeiten, die tropischen Böden zu klassifizieren und zu interpretieren; aber ein abschließendes Urteil kann heute kaum gefällt werden, es können höchstens Anregungen dazu gegeben werden.

Heute hat die Landwirtschaft das große Problem der Ernährung der Menschheit zu lösen und die Tropen werden mithelfen müssen. Zweifellos wird es möglich sein, die Erträge durch geeignete Auswahl des Klimas und Bodens, durch dessen Pflege und Düngung, wesentlich zu steigern, aber das erfordert Zeit und Arbeit. Doch ohne Fleiß gibt es auch in den Tropen keinen Preis.

### *Literatur.*

1. *Albareda, Herrero J. M.* (1948). Edafología. Madrid.
2. *Blanck, E.* (1930-1932). Handbuch der Bodenlehre. Berlin.
3. *Boesch, H.* (1947). Die Wirtschaftslandschaften der Erde. Zürich.
4. *Burnotte, J. L.* (1949). Introduction à l'étude des sols de la plaine de la Ruzizi. Bull. Agr. du Congo Belge. XL, Nr. 1. Bruxelles.
5. *Franco Uribe A.* (1946). Characteristics and relationships of soils from volcanic tuffaceous materials in Colombia, S.A. Soil Science Society of America. Proceedings, Vol. 11.
6. *Giesecke, F.* (1930). Subtropische Schwarzerden, in Band III.
7. *Jenny, H.* (1929). Klima und Klimabodentypen in Europa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkundliche Forschungen.
8. *Jenny, H.* (1948 a). Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, S.A. Soil Sc. 66, Nr. 1.
9. *Jenny, H.* (1948 b). Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. idem 69, Nr. 1.
10. *Jenny, H., Bingham, F. & Padilla Saravia, B.* (1948). Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, S.A. idem 66, Nr. 3.
11. *Jenny, H., Gessel, S. P. & Bingham, F. T.* (1949). Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. idem 68, Nr. 6.
12. *Lang, R.* (1915 a). Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. f. Bodenkunde.
13. *Lang, R.* (1915 b). Rohhumus und Bleicherdebildung im Schwarzwald und in den Tropen. Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg.
14. *Mohr, J. E. C.* (1934). Der Boden der Tropen im allgemeinen und von Niederländisch Indien im besondern. Ref. in D. Ern. d. Pfl.

- 14 a. *Pallmann, H., Richard, F. & Bach, R.* (1948). Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. «10<sup>e</sup> Congrès Zurich 1948» des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten.
15. *Pendleton, R.* (1949). The classification and mapping of tropical soils. Commonwealth Bureau of Soil Science. Techn. Communication Nr. 46.
16. *Rawitscher, F.* (1946). Die Erschöpfung der tropischen Böden infolge Entwaldung. *Acta Tropica* 3, Nr. 3.
17. *Russell, E. J.* (1934). Condiciones del suelo y crecimientos de las plantas. Madrid-Buenos Aires.
18. *Samuel, P.* (1950). Agriculture équatoriale Bantou et agriculture européenne. *Bull. Agr. d. Congo Belge* *XLI*, Nr. 3.
19. *Schaufelberger, P.* (1941 a). Pedología y Geología. *Rev. Cafetera* Nr. 107.
20. *Schaufelberger, P.* (1941 b). Suelos sobre ceniza volcánica en Quindío. *idem* Nr. 108.
21. *Schaufelberger, P.* (1944). Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia. Manizales.
22. *Schaufelberger, P.* (1946 a). Ensayo de la clasificación de los suelos en la zona tropical. *Rev. col. de Química*, *II*, Nr. 2.
23. *Schaufelberger, P.* (1946 b). Apuntes sobre geología y pedología del bajo Calima. En V. M. Patiño: Presentación del Calima. Cali.
24. *Schaufelberger, P.* (1947). La formación y series de suelos en la zona cafetera de Colombia. *Bol. Técnico* Nr. 2. Chinchiná.
25. *Schaufelberger, P.* (1949 a). Landwirtschaft in Kolumbien. *Hesperia* *I*, Nr. 3.
26. *Schaufelberger, P.* (1949 b). Informe sobre los suelos del Municipio de Inzá (Cauca). *Rev. Cafetera* Nr. 118/19.
27. *Schaufelberger, P.* (1949 c). Resumen de las conferencias. *An. d. Edafología y Fisiología Vegetal* *VII*, Nr. 3.
28. *Schaufelberger, P.* (1950). Wie verläuft die Gesteinsverwitterung und Bodenbildung in den Tropen, insbesondere in Kolumbien? *Schw. Min. u. Petr. Mitt.* 30/2.
29. *Schaufelberger, P.* (1951). La laterita y los suelos rojos y amarillos. *An. d. Edaf. y Fis. Vegetal*, *X*, Nr. 2.
30. *Schaufelberger, P. & Hubach, E.* (1944). Estudios sobre la geología agrícola del Valle del Cauca. Cali.
31. *Scherf, E.* (1935). Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der großen ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenentstehung. *Jahresb. d. kgl. ung. Geol. Anstalt über die Jahre 1925-1928*. Budapest.
32. *Sigmond, A. A. J.* (1930). Die Böden trockener Gebiete. In Nr. 2, Bd. III.
33. *Stremme, H.* (1914). Laterit und Terra rossa als illuviale Horizonte humoser Waldböden. *Geol. Rundschau*.
34. *Stremme, H.* (1926). Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin.
35. *Vageler, P.* (1930). Grundriß der tropischen und subtropischen Bodenkunde. Berlin.
36. *Vilensky, D.* Siehe Nr. 2 und 7.
37. *Walther, J.* (1925). Bau und Bildung der Erde. Leipzig.
- 37 a. *Warth, H.* (1905). *Geol. Mag.*, zitiert von *E. Blanck* (1930—1932).
38. *Wiegner, G.* (1929). Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. Dresden und Leipzig.
39. *Wilhelmy, H.* (1950). Das Alter der Schwarzerde und der Steppen Mittel- und Osteuropas. *Erdkunde* *IV*, Nr. 1/2.

*Résumé.*

Celui qui se propose de faire de l'agriculture sous les tropiques décidera avant tout ce qu'il désire cultiver. Il cherchera ensuite le climat qui convient à ces cultures, en se basant sur les facteurs pluviométriques. Pour le choix du sol il est indispensable d'examiner le profil du sol. Celui-ci doit correspondre au climat, car les déviations indiquent un sol « local ». Une teneur en humus élevée, à réaction neutre ou alcaline, indique un sol fertile, couvrant un sous-sol riche en chaux. Si, au contraire, un sol riche en humus montre une réaction acide, il s'agit d'un sol humide, peu fertile, qui convient aux pâturages mais non pas à l'agriculture ou à l'arboriculture. Dans les climats arides, le profil du sol doit être étudié avec le plus grand soin ; là aussi les sols riches en humus, à réaction alcaline, sont les plus fertiles, les sols acides par contre sont pauvres en éléments alcalins et ne se prêtent guère à l'agriculture.

Les sols tropicaux ont aussi besoin de soins. Dans les climats humides il faut chercher à les aérer le mieux possible et à emmener l'eau dans le sous-sol ; dans les climats arides par contre il faut avoir soin d'amener dans le sol un maximum d'eau, aussi faut-il réduire l'évaporation directe le plus possible (mulch) et lutter contre l'érosion. Les soins de l'humus méritent toute l'attention, car plus un sol est riche en humus, plus il est fertile. Le défrichage par le feu est à éviter. En outre toutes les matières organiques disponibles, telles que fumier, compost, etc., sont à ramener dans le sol. L'engrais vert rend aussi de très bons services. La chaux doit être employée partout où elle peut être obtenue sans trop de frais. Les engrais commerciaux sont très souvent peu économiques à cause des frais de transport très élevés. Cependant des soins appropriés peuvent rendre un sol tropical constamment fertile et en augmenter même le rendement.

*Summary.*

Those who propose farming or planting in the tropics have first to decide what they intend to grow. Then they must look for a suitable climate, guided by the rain factors. When choosing land they will have to find out whether the soil profile corresponds to the climate, for if it does not, then it is a "local" soil. A soil with a neutral or slightly alkaline reaction indicates a fertile soil overlying a subsoil rich in lime. On the other hand a high percentage of the topsoil giving an acid reaction indicates a wet soil only slightly fertile, suitable for grazing but unsuitable for crops or trees. In an arid climate the soil profile must be examined particularly carefully. Here, too, the topsoil with an alkaline reaction is fertile, an acid soil is poor in basic elements and is unsuitable for cultivating.

Tropical soils also require preparation. In wet climates good aeration is necessary and surplus water must be drained into the subsoil. In dry climates all the water must be conserved in the soil. Evaporation must be reduced as much as possible (mulch) and erosion prevented. Much attention must be paid to humus conservation. The richer the soil is in humus, the more fertile it is. Burning off must be avoided. All available organic matter (manure, compost) must be put into the soil. Green manuring is also very useful. Where it is economically possible lime should be applied periodically. Commercial fertilizers in many cases are uneconomic on account of the high cost of transport, but with suitable soil conservation it is possible to cultivate tropical soils continuously while maintaining and even increasing their yield.