

VIERTELJAHRSSCHRIFT DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT IN ZÜRICH

Unter Mitwirkung von H. FISCHER und FR. STÜSSI

herausgegeben von

HANS STEINER

Grundlagen der Bodenlehre

Von

P. SCHAUFELBERGER

Preis Fr. 2.—

Die Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich erscheint vom 101. Jahrgang 1956 an in einer zwanglosen Reihenfolge selbständiger Abhandlungen und einem auf Ende des Jahres veröffentlichten Schlussheft, welches Mitteilungen enthält. Jährliches Abonnement Fr. 30.—. Jede Abhandlung kann einzeln bezogen werden. Preis je nach Umfang. Bestellungen, auch früher erschienener Publikationen der Naturforschenden Gesellschaft, nimmt der Verlag, Gebr. Fretz AG, Zürich 8, entgegen.

Druckfertige Manuskripte sowie alle Zusendungen, Bücher, sind an die Redaktion: Prof. Dr. H. Steiner, Zoologisches Institut der Universität, Künstlergasse 16, Zürich, zu richten. Die Verfasser erhalten auf Wunsch kostenlos 50 Sonderdrucke. Weitere Abzüge, eventuell mit Umschlag, zu Herstellungspreisen. Annahme und Bestellungen von Anzeigen durch den Verlag Gebr. Fretz AG, Zürich.

Schriftenaustausch. Institute und Gesellschaften des In- und Auslandes, welche mit der Vierteljahrsschrift im Austausch stehen, bitten wir, alle Sendungen nicht an die Adresse des Präsidenten oder der Redaktion zu richten, sondern direkt an die Tauschstelle der Zentralbibliothek in Zürich.

Die auf Rechnung der NGZ hergestellten Klischees können vom Autor innert einer Frist von 1 Jahr nach Vollendung des Druckes gratis übernommen werden. Nach Ablauf dieser Frist werden die Klischees zerstört.

Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

Unter Mitwirkung von H. FISCHER und FR. STÜSSI

herausgegeben von

HANS STEINER

Redaktion: Zoologisches Institut der Universität Zürich, Künstlergasse 16

Druck und Verlag: Gebr. Fretz AG, Zürich

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Quellenangabe gestattet

Jahrgang 104

Abhandlung 2

31. März 1959

Grundlagen der Bodenlehre

Von

P. SCHAUFELBERGER (Chinchiná)

1 Einleitung

Die Bodenkunde ist noch eine junge Wissenschaft und braucht Arbeitshypothesen, die sicherlich sehr wertvolle Dienste leisten. Aber sie sind Hypothesen und keine bewiesenen Tatsachen. Das Bekanntwerden neuer Tatsachen verlangt daher häufig die Revision oder Modifikationen dieser Hypothesen, was dem Verdienst des Begründers durchaus keinen Abbruch tut. Werden aber die überholten Hypothesen in den Lehrbüchern beibehalten und die neuen Tatsachen gemeldet, so sind Widersprüche unvermeidlich. Jeder Bodenkundler denkt dann in einem andern System, und man kann sich untereinander nicht verständigen. Keiner hält sich mehr an die offiziellen Definitionen und ändert sie nach seinen Erfahrungen.

Es soll daher versucht werden, einige bekannte Hypothesen der Bodenkunde an Hand der heute bekannten Tatsachen nachzuprüfen und notwendigenfalls zu revidieren.

2 Die Grundlagen der heutigen Bodenkunde

21 Hypothese von HILGARD

Zweifellos gebührt HILGARD das grosse Verdienst, den Einfluss des *Klimas* auf die Bodenbildung erkannt zu haben. Ebenso lenkte er die Aufmerksamkeit auf die chemischen Veränderungen, die durch die Bodenbildung in den verschiedenen Klimaten bedingt sind. E. RAMANN sagt dazu: «HILGARD machte zuerst auf den tiefgreifenden Einfluss der Auswaschung aufmerksam, seine Arbeiten wurden zwar bekannt, aber wohl kaum nach Gebühr gewürdigt; die DOKUTSCHAJEW's blieben in Westeuropa so gut wie unbekannt.»

Auf Grund von Hunderten von Analysen kommt HILGARD zum Schluss, dass im humiden Klima die Basen ausgewaschen und im ariden im Oberboden angereichert werden. Seine Analysen (Tabelle 1) werden in der bodenkundlichen Literatur sehr häufig angetroffen.

Tabelle 1 Chemische Zusammensetzung von Böden arider und humider Gebiete

	Aride Böden %	Humide Böden %
Löslich in HCl	30,84	15,83
SiO ₂ , löslich	6,71	4,04
Al ₂ O ₃	7,21	3,66
Fe ₂ O ₃	5,47	3,88
CaO	1,43	0,13
MgO	1,27	0,29
Na ₂ O	0,35	0,14
K ₂ O	0,67	0,21
Anzahl der Analysen	573	696

22 Hypothesen RAMANN'S

RAMANN vermutete folgende Beziehungen:

a) «Im allgemeinen sind die humiden Böden absorptiv ungesättigt; die ariden absorptiv gesättigt.»

b) «Die Böden der humiden Zonen sind verschieden nach dem herrschenden Klima; sie schliessen sich im ganzen den grossen Zonen an. In den Tropen Laterit und Roterden, im gemässigten Gebiet die Braunerden, im kühlen gemässigten und kalten Gebiet die Podsolböden (Bleicherden zum Teil).»

23 Hypothese von MEIGEN

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

24 Regenfaktoren LANG'S

«Unter Voraussetzung optimaler Bodenbildungsverhältnisse habe ich für die Grenze zwischen humiden und ariden Gebieten den Regenfaktor 40 und im einzelnen für die Grenzen

Rohhumusböden-Schwarzerden den Regenfaktor	160
Schwarzerden-Braunerden den Regenfaktor	100
Braunerden-Gelberden bzw.	
Roterden bzw. Laterit den Regenfaktor	60
Gelberden bzw. Roterden bzw.	
Lateritböden des ariden Klimas den Regenfaktor	40

als angenäherte Werte angenommen.»

25 Hypothese WIEGNER's

WIEGNER unterstreicht die Bedeutung der Wasserbewegung im Boden für die Verfrachtung der Basen nach unten oder oben. Er erklärt dies folgendermassen: «Der Übergang von arid zu humid gibt sich an den veränderten Bodenprofilen zu erkennen. Im ariden Gebiet verdunsten die Niederschläge grösstenteils nach oben wieder weg, im humiden fliesst ein grosser Teil derselben nach unten ab. Im ariden Gebiet wird also die Wasserbewegung einen Transport der Verwitterungsstoffe von unten nach oben bewirken, wir haben einen unteren Auspülungshorizont, einen Eluvialhorizont, und einen oberen Anreicherungshorizont, einen Illuvialhorizont, was sich häufig infolge Eisenanreicherung in einer Farbvertiefung von unten nach oben bemerkbar macht. Im humiden Gebiet ist es umgekehrt, der obere Horizont wird ausgewaschen und ist eluvial, der untere bekommt die mobilen Stoffe zugespült, ist also illuvial.

<i>Arides Profil</i>	<i>Humides Profil</i>
Illuvialhorizont	Eluvialhorizont
Eluvialhorizont	Illuvialhorizont»

26 Hypothese von MARBUT

MARBUT unterscheidet Pedalfers und Pedocals. JENNY (1929) beschreibt sie folgendermassen: «Die amerikanischen Böden werden von C. F. MARBUT in zwei grosse Gruppen geteilt, Pedocals (ungefähr den ariden Böden entsprechend) und Pedalfers (ungefähr den humiden Böden entsprechend), die durch die sogenannte Hauptbodengrenze geschieden werden.» Übereinstimmend lauten die Beschreibungen MÜCKENHAUSEN's (1953): «Die zonalen grossen Boden Gruppen der USA werden durch eine nordsüdliche, ungefähr in der Mitte der Staaten verlaufende Linie in zwei Zonen geteilt; im Osten die Pedalfers (Böden mit absteigendem Wasserstrom und infolgedessen Auswaschung) und im Westen Pedocals (Böden mit aufsteigendem Wasserstrom oder wenigstens keine nennenswerte Versickerung und daher Anreicherung).»

27 Die Tatsachen

Wir wollen nun diese Hypothesen an zwei Beispielen nachprüfen, das heisst die mitgeteilten Tatsachen der örtlichen Bodenuntersuchungen mit den eben erwähnten Annahmen vergleichen. Wir wählen dazu die von E. SCHERF (1930) beschriebenen Böden aus dem semihumiden Lössgebiet Schlesiens und die von VAN DER MERWE und HEYSTECK (1952, 1955) untersuchten Böden des subtropischen trockenen Gebietes der Südafrikanischen Union.

271 Die Böden Schlesiens

E. SCHERF beschreibt aus dem Breslauer Lössgebiet Tschernosem, Braunerden und Podsol; nebenbei erwähnt er auch das Vorkommen von anmoorigen Böden. Der Autor erklärt die Bildung dieser Bodentypen folgendermassen: «Also nicht das Luftklima allein ist bestimmend für die Tschernosembildung in diesen Gebieten, sondern (und in viel höherem Masse) das Bodenklima. Welchem unter

den verschiedenen, stets zusammen wirksamen bodenklimatischen Faktoren die Hauptrolle einzuräumen sei, ob es die Vegetation ist (HOHENSTEIN und SCHALOW) oder das Relief (ORTH) oder aber die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes und der Bodenkrume, zusammen mit deren Karbonatgehalt (JENTZSCH und SCHERF), müssen weitere Untersuchungen entscheiden, . . . »

Genetisch kämen nach diesen Ausführungen folgende Bodenbildungen in Frage:

<i>Bodenbildungsfaktoren</i>	<i>Boden SCHERF's</i>
Klima, Muttergestein und Hydrologie (abfliessendes Wasser)	Tschernosem
Klima, Muttergestein und Hydrologie (stagnierendes Wasser)	Anmoor
Klima und Muttergestein	Braunerde
Klima	Podsol

Welches ist nun der Klimaboden des semihumiden gemässigten Klimas? H. JENNY (1929) berichtet über die Bildung der Klimaböden in Europa und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Aus seinen mitgeteilten Profilanalysen lassen sich die Auswaschungsfaktoren Q (SCHAUFELBERGER, 1950) berechnen; die Böden des semihumiden Klimas, Regenfaktoren zwischen 60 und 100, zeigen folgenden Chemismus (Tabelle 2).

Tabelle 2 **Bodenbildung im semihumiden Klima der USA**

Regenfaktor	Boden	si	al	fm	c	alk
69	Tschernosem	675	51,5	20,5	7,5	20,5
	Gestein	571	50	27,5	6	16,5
	Q	1,18	1,03	0,75	1,25	1,24
81	Roterde	885	35	33	6,5	25,5
	Gestein	389	55	29	0	16
	Q	2,27	0,63	1,14	∞	1,59
100	Waldsteppenboden	626	45,5	24,5	9	21
	Gestein	501	45	27,5	7,5	20
	Q	1,25	1,01	0,88	1,20	1,05
82	Brauner Waldboden	662	48,5	27	5,5	19
	Gestein	143	15	24,5	53	7,5
	Q	4,64	3,24	1,10	0,13	1,20

Der Braune Waldboden hat ein Ca-reiches Muttergestein ($c = 53$), er ist also kein eigentlicher Klimaboden. Er dürfte zum selben Bodentyp wie SCHERF's Braunerde gehören. Sein Auswaschungsfaktor ist $(+ si - c + alk)$. Die übrigen Böden sind Klimaböden mit dem Auswaschungsfaktor $(+ si + c + alk)$, zu denen auch SCHERF's Podsol gehören dürfte. Damit können wir nun die Böden Schlesiens nach dem modifizierten System PALLMANN (SCHAUFELBERGER, 1955) klassieren.

<i>Anmoor</i>	<i>Tschernosem</i>	<i>Braunerde</i>	<i>Podsol</i>
peri-exoperkolativ	peri-endoperkolativ	endoperkolativ	endoperkolativ
humusreich	humusreich	humusreich	humusreich
basenreich	basenreich	basenreich	basenarm
$+ si - c + alk$	$+ si - c + alk$	$+ si - c + alk$	$+ si + c + alk$

Diese Klassifikation zeigt eindeutig, dass die von SCHERF beschriebenen Böden vier verschiedenen Bodentypen angehören.

Aber wie bestimmt man nun die Perkolationsrichtung? Wie aus den Ausführungen SCHERF's hervorgeht, benützen HOHENSTEIN und SCHALOW die *Vegetation*. ORTH stützt sich auf die *äussere Drainage* und bezeichnet sie als *Relief*. JENTZSCH und SCHERF gebrauchen die *innere Drainage*, erklären sie *geologisch* durch die verschiedene Durchlässigkeit von Oberboden und Untergrund und nennen sie *Bodenklima*.

Vergleichen wir nun diese Tatsachen mit den vorgenannten Hypothesen!

Nach HILGARD müssten in diesen Böden des humiden Klimas die Basen ausgewaschen werden. Das trifft auf Anmoor, Tschernosem und Braunerde zu, nicht aber auf den Klimaboden, den SCHERF als Podsol bezeichnet, mit dem Auswaschungsfaktor (+ si + c + alk).

Nach RAMANN müsste man in diesem Klima Böden erwarten, die mit Basen nicht abgesättigt sind. Dies ist der Fall beim Klimaboden, nicht aber bei den übrigen Bodentypen, die reich an austauschbaren Basen sind.

Das Vorkommen von Tschernosem, Braunerde und Podsol im selben Klima Schlesiens wird gern als Beweis angeführt, dass die Regenfaktoren LANG's nicht stimmen können, weil die Bodenkunde annimmt, dass die genannten Bodentypen die Klimaböden semihumider, humider und perhumider Gebiete seien. Nun geht aber aus den Ausführungen SCHERF's deutlich hervor, dass Tschernosem und Anmoor Lithohydrosols sind und die Braunerde ein Lithosol ist. Diese drei Böden sind also keine echten Klimaböden, worauf schon zahlreiche Autoren hingewiesen haben. Es bleibt als Klimasol nur der SCHERF'sche Podsol übrig. Es ist natürlich nicht der Podsol des perhumiden Klimas, aber die Bodenkunde kennt auch heute den Klimasol des semihumiden Klimas nicht, trotzdem er beschrieben ist, wie aus JENNY's (1929) Arbeit hervorgeht. Jedenfalls zeigen diese Böden bei Regenfaktoren zwischen 60 und 100 denselben Auswaschungsfaktor (+ si + c + alk). Auf alle Fälle beweist das Vorkommen von Tschernosem und Braunerde neben dem Klimaboden nicht, dass die Regenfaktoren nicht stimmen, wohl aber bestätigt diese Tatsache die Auffassung, dass Tschernosem und Braunerde keine echten Klimabodentypen sind.

Nach SCHERF hängt die Bildung der verschiedenen Bodentypen zum Teil mit der Wasserbewegung im Boden zusammen. Wir haben also im semihumiden Klima Böden mit verschiedener Perkolationsrichtung, was die Hypothese WIEGNER's, der annimmt, dass diese durch das Klima bedingt sei, revisionsbedürftig macht.

Nach MARBUT sollten sich im humiden Klima Pedalfers bilden. Zu diesen gehört SCHERF's Podsol. Zu den Pedocals gehört sicher der Tschernosem, möglicherweise auch Anmoor und Braunerde. Das Vorkommen dieser Böden im humiden Klima widerlegt die Annahme, dass die Pedocals Böden des ariden Klimas seien. Offenbar sind die Pedocals nicht durch das Klima bestimmt, sondern durch das Muttergestein: sie sind Gesteinsböden oder Lithosols.

272 Die Böden Südafrikas

Aus dem ariden Klima Südafrikas beschreiben VAN DER MERWE und HEYSTECK verschiedene Böden und machen Angaben über den Gehalt an austauschbaren Basen (S), das Verhältnis von $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ und über die Tone (Tabelle 3).

Tabelle 3 Bodenbildung im ariden Klima von Südafrika

Ort	Gestein	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\frac{S}{\text{mval}/100 \text{ g}}$	Tonmineral
a) Johannesburg	Granit	1,89	3,2	Kaolinit
b) Letaba Station	Granit	2,09	3,0	Kaolinit
c) Klikop	Granit	2,43	7,6	Kaolinit
d) Ventersdorp	Dolomit	2,18	4,1	Kaolinit
e) Pyramid	Sandstein	2,40	1,3	Kaolinit
f) Sphinx	Norit	2,34	21,8	Kaolinit
g) Middelwite	Dolomit	3,00	18,4	Kaolinit
h) Marikana I	Diabas	2,06	13,8	Kaolinit
i) Komgha	Dolerit	2,34	20,4	Kaolinit
k) Settlers	Basalt	3,21	24,6	Kaolinit
l) Marikana II	Diabas	5,99	52,2	Montmorillonit
m) Marico	Norit	11,66	51,5	Montmorillonit
n) Pilandsberg	Norit	5,12	62,5	Montmorillonit
o) Barkly East	Basalt	4,18	49,4	Montmorillonit
p) Satara	Dolerit	4,18	32,5	Montmorillonit
q) Hartebeestpoort	Norit	3,73	66,3	Montmorillonit
r) Marikana III	Norit	3,51	53,5	Montmorillonit
s) Bath Avon	Basalt	4,91	53,8	Montmorillonit
t) Bethal	Dolerit	4,66	65,2	Montmorillonit

Genetisch dürfte es sich um folgende Bodentypen handeln:

Bodenbildungsfaktoren	Böden	Bodentyp
Klima, Muttergestein und Hydrologie (stagnierendes Wasser)	l bis t	Salzsol
Klima und Muttergestein	f bis k	Calisol
Klima	a bis e	Kaktussol

Wie in Schlesien, finden wir auch in Südafrika Klima-, Litho- und Hydrosols nebeneinander. Glücklicherweise finden wir in der Literatur auch Analysen, die uns den Chemismus der Bodenbildung im ariden Klima vor Augen führen (Tabelle 4).

Tabelle 4 Auswaschungsfaktoren (Q) von Böden des ariden Klimas

	si	al	fm	c	alk	
a) Solontschak	240	41,5	29,5	18	11	Russland
Gestein	172	58,5	21	13	7,5	GLINKA
Q	1,40	0,71	1,49	1,34	1,47	
b) Salzboden	326	43,5	32,5	8	16	Ungarn
Gestein	172	29	27	34	10	STREMMÉ, 1926
Q	1,9	1,5	1,2	0,24	1,60	
c) Boden	125	32,5	49,5	15	3	Zypern
Gabbro	105	21	44,5	33,5	1	REIFENBERG und
Q	1,19	1,55	1,11	0,45	3	EWBANCK
d) Boden	179	60	29	0	11	Bolivien
Tonschiefer	163	53	30	1	16	BLANCK, 1949
Q	1,09	1,08	0,97	0	0,69	

Bei exoperkolativen Salzböden besagt der Auswaschungsfaktor (+si + c + alk), dass durch die Wasserverdunstung die Basen im Oberboden angereichert werden (Salzsol). Es ist aber auch möglich, dass sich in der Bodenkrume die Alkalien, im Unterboden Kalzium anreichern; wir haben dann den Auswaschungsfaktor (+si - c + alk), zum Beispiel Wannenregur. Kommt es zur Bildung von Kalkkonkretionen im Untergrund, dann werden die Böden manchmal als Tschernosem bezeichnet.

Bei endoperkolativen Böden finden wir im ariden wie im humiden Klima auf basenreichen Muttergesteinen den Auswaschungsfaktor (+si - c + alk), während aus den Klimaböden die Basen ausgelaugt werden (+si - c - alk). Diese oft sauren Böden sind aus den ariden Tropen oft beschrieben. Namen wie Laterit, lateritisch, nicht lateritisch, podsolig usw. weisen auf die Lixiviation der Basen.

Nach HILGARD müssten in diesen Böden die Basen angereichert werden, was wohl auf die Salzsols zutrifft, nicht aber für die basenarmen Klimasols, die Kaktussols.

Nach RAMANN sollten diese Böden mit Basen abgesättigt sein. Das ist der Fall bei den Salz- und Calisols, nicht aber bei den Kaktussols.

Nach MEIGEN müsste sich in diesem subtropischen Klima Laterit bilden. Aber wie die Tonanalysen zeigen, hat sich entweder Kaolinit oder Montmorillonit gebildet.

Nach MARBUT wären Pedocals zu erwarten. Dazu dürfen wir wohl die Böden (f bis k) auf basenreichen Muttergesteinen rechnen, während die Kaktusböden zu den Pedalfers gehören. Es ist auch im ariden Klima das Muttergestein und die Zeit, die die Bildung von Pedocals und Pedalfers bestimmen.

273 Diskussion

HILGARD, RAMANN und WIEGNER nehmen an, dass das Klima die Basenverlagerung (Perkolat, Auswaschungsfaktor), den Gehalt an austauschbaren Basen und die Wasserbewegung im Boden bestimmen. Die Böden Schlesiens und Südafrikas widerlegen diese Hypothesen, zeigen aber zugleich, dass Perkolat, Basengehalt und Perkolationsrichtung für die Böden charakteristisch sind. Da es sich aber nicht um Funktionen des Klimas handelt, so müssen diese Merkmale in jedem Bodenprofil bestimmt werden.

3 Grundlagen der Bodenlehre

Zweifellos ist für die Bodenbildung die Wasserbewegung im Boden an erster Stelle massgebend. Im Boden bilden sich dann Humus und Tone, die die Basen durch Adsorption festhalten. Sie bestimmen den Gehalt an austauschbaren Basen. Wichtig ist ferner, was aus dem Oberboden ausgewaschen oder diesem zugeführt worden ist. Wir müssen daher das Per-

kolat oder die Auswaschungsfaktoren bestimmen. Weitere Kennzeichen sind Farbe und Körnung.

31 Die Wasserbewegung im Boden

Es ist interessant festzustellen, dass schon WYSSOTZKI (in GLINKA) versuchte, die Böden auf Grund der Wasserbewegung zu klassieren, allerdings ohne diese zu erwähnen. GLINKA berichtet darüber: «In einer besonderen Tabelle verglich WYSSOTZKI die von ihm hervorgehobenen Untergrundtypen mit den Bodenzonen und den Pflanzentypen des europäischen Russlands.

Untergrund	Boden nach SIBIRCEFF's Zonen	Vegetation
1. Ausgelaugt	Podsolige Böden	Gemischte, ununterbrochene Wälder
2. CaCO ₃ ist vorhanden	Graue, waldige Böden	Laubwälder (dunkelfarbige Laubwälder, vorzugsweise Eiche, auf dem Tonboden)
3. CaCO ₃ und Gips	Tschernosem (Schwarzerden)	Steppen, Wälder nur in den mehr ausgelaugten Hohlwegen
4. CaCO ₃ , Gips und NaCl mit Begleitern	Böden der trockenen Steppen und Salzböden	Die in den Wüsten gelegenen Steppenformationen (Halbwüste)

Um welche Böden handelt es sich?

1. Podsol:

Normal drainierte, basenarme Klimasols, Waldböden, Pedalfers.

2. Grauer Waldboden:

Normal drainierte, basenreiche Gesteinsböden, Lithosols, Pedocals: Rendzina, Humuskarbonatböden, Braunerde RAMANN's, Kastanienboden GLINKA's, terra rossa, terra roxa usw.

3. Tschernosem:

Zeitweise vernässte Böden; mit freier Basenwegfuhr: Tschernosem; mit gehemmter Basenwegfuhr: Anmoor.

4. Steppen- und Salzböden:

Hier haben wir die Böden mit periodisch wechselnder Perkulationsrichtung; bei freier Basenwegfuhr: Steppenboden, Alkalisol; bei gehemmter Basenwegfuhr: Salzsol.

Es ist interessant, die Beziehungen zwischen den Klassifikationen von WYSSOTZKI, STREMMER (1949) und dem modifizierten System PALLMANN festzuhalten.

WYSSOTZKI	STREMMER	Modifiziertes System PALLMANN
	Bodentyp	Bodenklasse
Podsol	Waldboden	endoperkolativ
Grauer Waldboden	Waldboden	endoperkolativ
Tschernosem	a) Mineralnassboden	peri-endoperkolativ
	b) Anmoor	peri-exoperkolativ
Steppenboden	Steppenboden	amhiperkolativ
Salzboden	Salzboden	exoperkolativ
?	Moorboden	periperkolativ

Aber wir sind der Zeit vorausgeeilt, und es ist wohl das Verdienst von SCHERF, als erster das Bodenklima geologisch durch die verschiedene Durchlässigkeit von Bodenkrume und Untergrund gedeutet zu haben. Schon vorher hatte dieser Autor (1935) darauf hingewiesen, dass Salzböden sich über Grundwasserseen nahe der Oberfläche bilden, deren Wasser nicht oder nur schwierig abfließen kann, so dass die Salze sich im Grundwasser anreichern. Durch kapillaren Aufstieg und Verdunstung bilden sich dann an der Oberfläche Salzausblühungen.

Ähnlich äussert sich auch SIGMOND (1930) über die Bildung von Alkali- und Salzböden. Wir müssen uns freilich vor Augen halten, dass damals offenbar alle basisch reagierenden Böden der trockenen Klimate wahllos bald als Alkali-, bald als Salzboden bezeichnet wurden. SIGMOND erklärt die Bildung der Alkaliböden folgendermassen: «Wie schon dargelegt wurde, haben des Verfassers langjährige Erfahrungen und Forschungen dargetan, dass zur Bildung der Alkaliböden nicht allein das trockene Klima, sondern noch weitere örtliche Verhältnisse notwendig sind. Namentlich hat es sich herausgestellt, dass die Alkaliböden in den trockenen Gegenden nur dort vorkommen, wo undurchlässiger Untergrund und solche hydrologische Verhältnisse herrschen, die eine zeitweise Anhäufung bzw. Aufstauung der Bodenfeuchtigkeit ermöglichen, denn eine Salzanhäufung im Boden vermag durch die Trockenheit allein nicht erzeugt werden. Zunächst müssen sich die wasserlöslichen Salze bilden und in der Bodenfeuchtigkeit auflösen, um dann vermöge der Kapillarität und der Wasserverdunstung die Anhäufung der Bodensalze zu bewirken.»

Mit der Wasserbewegung in tropischen Böden befasst sich eingehend MOHR (1934) und kommt zum Schluss: «Nach der Wasserbewegung im Boden kommen folgende Unterschiede in Frage. Die Wasserbewegung kann hauptsächlich nach unten gerichtet sein, wenn (dann) auf einen nassen Westmonsun ein deutlich trockener Ostmonsun folgt, und der Wasserspiegel niedrig ist, praktisch zum Stillstand kommt. Ist der Grundwasserspiegel hoch, dass er durch Aufsteigen während der Trockenzeit bis in die Verdampfungszone kommt, dann erhält man eine periodisch wechselnde Wasserbewegung.»

Neuerdings unterscheidet MÜCKENHAUSEN (1954) bei zeitweise vernässten Böden: 1. Staunässe, 2. Hangnässe und 3. langdauernde Staunässe. Nach der Dauer der Vernässung: 1. nasse Phase lang, trockene Phase kurz; 2. nasse und trockene Phase etwa gleich lang; 3. nasse Phase kurz und trockene Phase lang.

Zusammenfassend können wir hinsichtlich der Wasserbewegung folgende Böden unterscheiden:

- a) Normale Drainage mit nach unten gerichteter Perkulationsrichtung;
- b) zeitweise vernässte Böden;
- c) Böden mit periodisch wechselnder Perkulationsrichtung, also mit zeitweise kapillar aufsteigendem Wasser;
- d) dauernd vernässte Böden.

Bei b) und c) ist zu unterscheiden, ob das Stau- bzw. das Kapillarwasser mit einem Grundwasserstrom, also mit freier Basenwegfuhr, oder Grundwassersee,

mit gehemmter Basenwegfuhr, in Verbindung steht. Nur im letzteren Falle können die Böden versalzen. Dauernd vernässte bis überschwemmte Böden sind an Wannen mit undurchlässigem Untergrund gebunden.

Im modifizierten System PALLMANN (SCHAUFELBERGER, 1955) werden folgende Perkulationsrichtungen unterschieden:

1. *Endoperkolative Böden:*
Normal drainierte Böden mit ungehinderter Basenwegfuhr.
2. *Peri-endoperkolative Böden:*
Gehemmt drainierte, zeitweise vernässte Böden mit freier Basenwegfuhr.
3. *Amphiperkolative Böden:*
Böden mit periodisch wechselnder Perkulationsrichtung und freier Basenwegfuhr.
4. *Exoperkolative Böden:*
Böden mit periodisch wechselnder Perkulationsrichtung und gehemmter Basenwegfuhr.
5. *Peri-exoperkolative Böden:*
Zeitweise vernässte bis überschwemmte Böden mit gehemmter Basenwegfuhr.
6. *Periperkolative Böden:*
Dauernd vernässte bis überschwemmte Böden mit gehemmter Basenwegfuhr.

32 Humusgehalt der Böden

Der Humusgehalt der Böden wird von Klima, Muttergestein und Hydrologie beeinflusst. Bei den Klimasols arider und semiarider Klimate liegt der Humusgehalt in der Regel unter 3 %, bei denen der feuchteren Klimate zwischen 3 und 20 %. So ergeben sich als Richtzahlen zur Beurteilung des Humusgehaltes: humusarm < 3 %, humusreich 3 bis 20 % und sehr humusreich > 20 %.

33 Gehalt an austauschbaren Basen

Aus Tabelle 3 ergibt sich ohne weiteres, dass basenarme Böden weniger als 10 mval/100 g aufweisen, basenreiche haben einen höheren Gehalt. Als basenüberreiche Böden bezeichnen wir solche, bei denen der Gehalt an austauschbaren Basen S grösser ist als die Basenkapazität T . In diesem Falle sind wasserlösliche freie Salze im Boden, dieser ist also versalzt. Dadurch lassen sich leicht Alkali- bzw. Wannenalkalisols von den Salzböden trennen. Die von J. A. BONNET beschriebenen Böden der Aguirre-Clay-Serie von Puerto Rico lassen sich so leicht in Wannenalkali- und Salzsols aufteilen (Tabelle 5).

Tabelle 5 Wannenalkali- und Salzsols der Aguirre-Clay-Serie

Wannenalkalisols ($S \leq T$)			Salzsol ($S > T$)		
Nr.	S mval/100 g	T mval/100 g	Nr.	S mval/100 g	T mval/100 g
149	40,58	50,4	140	80,30	43,8
150	37,77	45,0	141	84,19	28,0
151	34,92	45,8	143	88,25	60,2
153	54,40	54,4	144	61,46	58,2
			152	60,69	60,3
			154	61,37	48,2

Bei solchen Salzböden ist es notwendig, den Anteil der einzelnen Kationen zu bestimmen. Sind die Umtauschkomplexe stark mit Na- oder Mg-Ionen abgesättigt, so handelt es sich um vegetationsfeindliche bis sterile Natron- oder Magnesiumsalzböden.

34 Auswaschungsfaktoren

Zweifellos gehört die Bodenbildung geologisch zu den Verwitterungsvorgängen. Was man aber unter Verwitterung verstehen soll, darüber gehen die Ansichten von Geologie und Bodenkunde auseinander. RAMANN beruft sich auf WEINSCHENK und CORNU und unterscheidet mit diesen Autoren Oberflächen- und Tiefenverwitterung. Sie zeigen folgende Unterschiede: «Bei der Tiefenverwitterung sind die Neubildungen überwiegend kristallisiert, bei der Oberflächenverwitterung amorph.» Diese Annahme war berechtigt, solange die Mineralogie in den Tonen amorphe Substanzen sah, aber heute wissen wir, dass sie ebenfalls ein Kristallgitter besitzen. Wir werden daher eine andere Definition suchen müssen.

Weiter sagt RAMANN: «Einzelne Beispiele der Tiefenverwitterung sind: Aus den Feldspaten geht Epidot, Kaliglimmer, Kaolinit hervor. Häufig ist die Umbildung in feinschuppigen, lichten Serizit. Aus basischeren Gesteinen entsteht Chlorit, Saussurit. Besonders charakteristisch ist die Entstehung von kristallinen wasserhaltigen Magnesiumsilikaten, die durch Wasser und Kohlensäure nur sehr schwierig angegriffen werden. Es sind dies Serpentin, der zunächst aus Olivin gebildet wird, und Talk, der aus der Zersetzung der verschiedensten magnesiahaltigen Mineralien hervorgehen kann.»

Diese Auffassung deckt sich weitgehend mit den heutigen Erfahrungen der Mineralogie, wie die Tabelle 6 zeigt, die wir P. NIGGLI (1943—1946) entnehmen.

Tabelle 6 Beispiele der verwitterungsartigen Umwandlung von Mineralien

Ausgangspunkt	Endprodukt	Hauptverluste	Aufnahme	Bemerkungen
Kalifeldspat	Serizit	$\frac{2}{3}$ SiO ₂ $\frac{2}{3}$ K ₂ O	H ₂ O	Kali in Lösung, SiO ₂ oft teils wieder ausgeschieden
Kali-Natron-Feldspat	Kaolin oder Tonmineralien	etwa $\frac{2}{3}$ SiO ₂ alles Alkali	H ₂ O	Alkali in Lösung, Kali oft teilweise wieder absorbiert SiO ₂ oft teilweise wieder ausgeschieden
Anorthit-anteil der Plagioklase	Kaolinartiger Tonkomplex	aller Kalk	H ₂ O	Oft Ausscheidung von CaCO ₃ , sonst als Bikarbonat weggeführt
Leuzit	Kaolin oder Tonmineralien	$\frac{1}{2}$ SiO ₂ alles K ₂ O	H ₂ O	Bei der Umwandlung in Serizit nur teilweiser Kaliverlust
Leuzit	Analcim	K ₂ O gegen Na ₂ O ausgetauscht	H ₂ O Na ₂ O	

Ausgangspunkt	Endprodukt	Hauptverluste	Aufnahme	Bemerkungen
Biotit	Chlorit	etwa $\frac{1}{2}$ SiO ₂ und Al ₂ O ₃ , meist ein grösster Teil der Eisen- oxyde	meist etwas H ₂ O	SiO ₂ oft ausgeschieden, mit Bleichung oft verbunden. Limonitbildung
Augit	Epidot	etwa $\frac{3}{4}$ SiO ₂ fast alles MgO variabel CaO	H ₂ O und O ₂	Meist kombiniert mit Chlorit- bildung (MgO · SiO ₂) und Kalzitbildung
Augit Hornblende	Chlorit	viel SiO ₂ alles CaO etwas Eisen- oxyde	H ₂ O	Meist Epidot-, Limonit- und Kalzitbildung
Hornblende	Epidot	ziemlich viel SiO ₂ sehr viel MgO und Eisenoxyde wenig CaO	H ₂ O und O ₂	Oft mit Chloritbildung und Limonit- und Hämatitbildung verknüpft
Olivin	Serpentin und Talk	etwas SiO ₂ Eisenoxyde	H ₂ O	Neben Magnesiaausscheidung: Limonit-, Hämatit- und Magnetitausscheidung
Fe-reicher Olivin	Limonit	SiO ₂ und MgO	H ₂ O und O ₂	Daneben Serpentin und Magnesitbildung und Kiesel- säureausscheidung

Wir kennen nun die Ausgangsmineralien und die Verwitterungsprodukte, so dass wir die Auswaschungsfaktoren berechnen und die chemischen Vorgänge dadurch charakterisieren können. Die Analyse des Kaolins ist EHRENBERG, diejenigen der Serpentinverwitterung sind JAFFE und die übrigen NIGGLI, DE QUERVAIN, WINTERHALTER entnommen. Es werden also analysierte Mineralien miteinander verglichen und nicht theoretische Werte (Tabelle 7).

Tabelle 7 Auswaschungsfaktoren der Tiefenverwitterung

	si	al	fm	c	alk
<i>Kaolinitbildung</i>					
a) Kaolin	179	83	10	3	4
Orthoklas	267	41	5	1,5	46,5
Q	0,67	1,76	2,00	2,00	0,08
b) Kaolin	179	83	10	3	4
Leuzit	200	50	0	0,5	49,5
Q	0,89	1,66	∞	6,00	0,08
<i>Serizitbildung</i>					
c) Serizit	141	61	16,5	0	22,5
Orthoklas	267	47	5	1,5	46,5
Q	0,53	1,30	3,30	0	0,48
<i>Chloritbildung</i>					
d) Chlorit	50	17	83	0	0
Biotit	75	21	65	0	14
Q	0,67	0,84	1,27	0	0
e) Chlorit	50	17	83	0	0
Hornblende	89	28	45	21,5	5,5
Q	0,56	0,78	1,85	0	0

	si	al	fm	c	alk
<i>Epidotbildung</i>					
f) Epidot	75	26,5	24	49,5	0
Hornblende	89	28	45	21,5	5,5
Q	0,84	0,95	0,53	1,85	0
g) Epidot	75	26,5	24	49,5	0
Augit	94	4	49,5	45	1,5
Q	0,79	6,62	0,48	1,10	0
<i>Serpentinbildung</i>					
h) Ophispherit, verwittert	55	14	82	1	3
Ophispherit, frisch	145	27,5	44	5	23,5
Q	0,38	0,51	1,98	0,20	0,13
i) Ophispherit, verwittert	73	9,5	73	13	4,5
Ophispherit, frisch	109	23	48	17,5	11,5
Q	0,67	0,41	1,52	0,74	0,39
k) Ophispherit, verwittert	54	14	79	5	2
Ophispherit, frisch	115	23	54,5	8,5	14
Q	0,47	0,61	1,45	0,59	0,14
l) Ophispherit, verwittert	63	11	79	8	2
Ophispherit, frisch	71,5	21,5	46	29,5	3
Q	0,88	0,51	1,72	0,27	0,67

Bei allen diesen Tiefenverwitterungsprozessen beobachten wir eine Abwanderung der Kieselsäure und der Alkalien, wobei natürlich graduelle Unterschiede bestehen. Manchmal ist die Auslaugung auch von anderen Basen begleitet, so dass dann die Auswaschungsfaktoren diese Tiefenverwitterung unterteilen. Nun wissen wir heute, dass es neben Oberflächen- auch Tiefenlaterite gibt und dass immer Kieselsäure und die ein- und zweiwertigen Basen aus dem Verwitterungsrückstand ausgewaschen sind. Dies mögen einige der Literatur entnommenen Lateritanalysen beweisen (Tabelle 8).

Tabelle 8 Chemismus der Lateritbildung

	si	al	fm	c	alk	
a) Laterit	109	50,5	49,5	0	0	Ceylon
Gneis	270	43	30	9,5	17,5	
Q	0,41	1,17	1,65	0	0	
b) Laterit	5	66,5	33,5	0	0	Insel Kassa
Syenit	191	45	11,5	4,5	39	
Q	0,03	1,47	2,91	0	0	
c) Laterit	116	54	43,5	1	1	Java
Andesit	262	29,5	35	24	11,5	
Q	0,44	1,84	1,25	0,04	9,13	
d) Laterit	41	61	36	0,5	2,5	Java
Andesit	142	30	34	24	12	
Q	0,29	2,03	1,06	0,02	0,21	
e) Laterit	74	41,5	58	0	0,5	Karolina
Amphibol	99	14,5	57,5	23	5	
Q	0,65	2,80	1,01	0	0,10	
f) Laterit	0	4	96	0	0	Franz. Guinea
Peridotit	53	2	93,5	3	1	
Q	0	2,00	1,02	0	0	

Bei allen diesen Lateritbildungen finden wir den Auswaschungsfaktor ($—si—c—alk$), das heisst überall, wenn auch mit graduellen Unterschieden, werden Kieselsäure, Kalzium und Alkalien ausgelaugt, und im Verwitterungsrückstand reichern sich die freien Sesquihydroxyde an, durch mehr oder weniger Quarz verunreinigt. Auch ist es durchaus möglich, dass dem einen oder andern Tiefenlaterit von oben her Eisen zugeführt wurde.

Ist schon die Lateritverwitterung an der Oberfläche möglich, so ist ganz sicher die Wüstenverwitterung an die Oberfläche gebunden und verläuft unter dem Einfluss der Atmosphärien. Nähere Untersuchungen verdanken wir BLANCK und PASSARGE (SCHAUFELBERGER, 1950) (Tabelle 9).

Tabelle 9 Wüstenverwitterung

	si	al	fm	c	alk
a) Sandstein, verwittert	399	28	29	27	16
Sandstein, frisch	2230	3	56	14	27
Q	0,18	9,33	0,52	1,93	0,62
b) Sandstein, verwittert	178	30,5	20,5	32	17
Sandstein, frisch	748	21	30	28,5	20,5
Q	0,24	1,45	0,68	1,2	0,83
c) Grauwacke, verwittert	259	48,5	45,5	3,5	2,5
Grauwacke, frisch	403	14,5	72,5	8	5
Q	0,64	3,34	0,64	0,44	0,50
d) Granit, verwittert	274	38	27	13	22
Granit, frisch	295	36,5	24	13	26,5
Q	0,93	1,04	1,13	1,00	0,83
e) Gneis, verwittert	151	31	35	24	10
Gneis, frisch	336	45	19	9,5	26,5
Q	0,41	0,69	1,84	2,52	0,38
f) Pegmatit, verwittert	22	33	28,5	24,5	14
Pegmatit, frisch	474	49	10	6	35
Q	0,47	0,67	2,85	4,09	0,40

Auch bei der Wüstenverwitterung werden immer Kieselsäure und Alkalien ausgewaschen und, je nach Muttergestein, auch noch andere Basen.

Bei der Tiefenverwitterung, im Sinne RAMANN'S, bilden sich Kaolinit, Serizit, Chlorit, Epidot, Serpentin, Eisenhydroxyde (Limonit, Goethit, Hämatit), Laterit, Bauxit usw. Der Laterit ist also nicht das, sondern nur ein, und zwar ziemlich seltenes Produkt der Tiefenverwitterung.

Wesentlich anders verläuft die Oberflächenverwitterung oder Bodenbildung, wie einige Böden auf basischen Eruptivgesteinen aus verschiedenen Klimaten zeigen (SCHAUFELBERGER, 1954).

Tabelle 10 Bodenbildung auf basischen Eruptivgesteinen

	si	al	fm	c	alk	Klima, Ort
a) Kaktussol	178	33,5	46	14,5	6	arid
Diabas	118	19	46	26	9	Kolumbien
Q	1,51	1,76	1,00	0,55	0,67	

	si	al	fm	c	alk	Klima, Ort
b) Bambussol	121	27,5	46,5	23	3	semiarid
Basalt	85	27,5	46	23	3,5	Palästina
Q	1,41	1,00	1,01	1,00	0,86	
c) Humussol	101	9,5	76	13,5	1	semihumid
Serpentin	66	2,5	97	0	0,5	Zypern
Q	1,53	3,80	0,78	∞	2,00	
d) Waldsol	204	54	21,5	5,5	18,5	humid
Diabas	116	23	38	23,5	15,5	Kolumbien
Q	1,75	2,35	0,58	0,23	1,19	
e) Urwaldsol	186	48,5	39,5	6	6	perhumid
Diabas	116	23	38	23,5	15,5	Kolumbien
Q	1,66	2,11	1,04	0,26	0,38	

Bei der Bodenbildung haben wir in allen Klimaten eine Anreicherung der Kieselsäure, die Böden unterscheiden sich durch das Verhalten der Basen, das vom Klima abhängig ist.

Wie die Auswaschungsfaktoren zeigen, haben wir zwei prinzipielle Verwitterungen, eine in Abwesenheit von Humus, bei der die Kieselsäure abwandert, und eine bei Anwesenheit von Humus, bei der die Kieselsäure im Oberboden angereichert wird. Beide unterscheiden sich weiter durch verschiedenes Verhalten der Basen. Wir haben folgende Auswaschungsfaktoren gefunden:

a) Verwitterung in Abwesenheit von Humus

— si — alk	Kaolinitbildung, Wüstenverwitterung
— si — c — alk	Serizitbildung, Lateritbildung
— si — fm — alk	Epidotbildung, Wüstenverwitterung
— si — al — c — alk	Serpentinbildung
— si — fm — c — alk	Wüstenverwitterung
— si — alk — al	Wüstenverwitterung

b) Verwitterung in Anwesenheit von Humus

+ si — c — alk	Kaktussol, Urwaldsol
+ si + c — alk	Bambussol
+ si + c + alk	Humussol
+ si — c + alk	Waldsol

Diese beiden Verwitterungsformen kennt die Mineralogie schon lange, denn es unterscheiden:

CORNÜ (RAMANN)	Tiefenverwitterung	Oberflächenverwitterung
BAUER	Lateritverwitterung	Kaolinverwitterung
MEIGEN	Hydrolyse	Kohlensäureverwitterung
JAKOB	chemische Verwitterung	biogene Verwitterung
NIGGLI (1951)	allitische Verwitterung	sialitische Verwitterung

Dazu sagt BAUER (1909): «Ich habe ja schon in meiner ersten Abhandlung die Frage aufgeworfen, ob nicht in den Tropen die Kaolinverwitterung neben der Hydrargillitbildung hergehe, und diese Frage ist inzwischen durch verschiedene Untersuchungen, jetzt auch durch die des Verfassers (ATTERBERG), bejaht worden. Jedenfalls muss man sich erst darüber klar sein, was man unter Laterit verstehen will; ich verstehe darunter, mit WARTH, etwas anderes als er.

Sicherlich ist es aber nicht richtig, dass kieselsäurereiche Silikate Kaolin, kieselsäurearme Hydrargillit als Endprodukt der Umwandlung ergeben.»

1. Tabelle 3 zeigt deutlich, dass sich in den Tropen in den Böden kaolinitische und montmorillonitische Tone bilden. Diese Tone kennt man auch aus den Böden der gemässigten Zone, aus der heute ebenfalls Lateritbildungen mit Hydrargillit bekannt sind. Beide Verwitterungen kommen also in beiden Zonen nebeneinander vor.

2. Tabelle 8 zeigt die Lateritbildung aus sauren, intermediären und basischen Silikaten. In Tabelle 10 finden wir Böden auf basischen Eruptivgesteinen mit Tonbildung. Es ist also BAUER zuzustimmen, wenn er sagt, dass «es sicherlich nicht richtig ist, dass kieselsäurereiche Silikate Kaolin, kieselsäurearme Hydrargillit als Endprodukt ergeben». Aber diese Behauptung trifft man noch heute in der bodenkundlichen Literatur, wie auch die andere, dass der Laterit das Endprodukt der Bodenbildung sei.

3. Ist man sich heute klar, was Laterit ist? Die Mineralogie ja, weil sie den Laterit nach den Mineralien, namentlich nach Hydrargillit, klassiert. Würde die Bodenkunde diese Definition benützen, so wäre das Märchen vom Laterit als typischem Tropenboden schon längst entlarvt. Aber die Bodenkunde hat eine zweite Lateritdefinition aufgestellt, nach dem Schein: Eisenpanzer, Fleck- und Bleichzone. Nun trägt aber der Schein, und nicht alles, was rot ist, ist Laterit.

Wohl werden die Arbeiten BAUER's häufig zitiert, aber beachtet hat man sie nicht. Die Bodenkunde glaubt eben, dass der Laterit ein Tropenboden sei, und glaubt daher an die Hypothese von MEIGEN, dass die Hydrolyse die Bodenbildung der Tropen sei, obschon zwar der Hinweis auf die Humusarmut nicht gerade für einen Boden spricht. Diese Hypothese steht im Widerspruch mit den Tatsachen der Tabelle 3. Es ist eine alte Geschichte, dass, wenn eine Theorie mit den Tatsachen nicht übereinstimmt, es schlimm für sie ist. Die Lateritfrage ist da ein typisches Beispiel.

Die Tatsachen der Verwitterungen zeigen, dass sehr verschiedene Auswaschungsfaktoren möglich sind, so dass sie bestimmt werden müssen.

35 Die Farben der Böden

Nach der zonalen Bodenlehre müssten sich in den Tropen Laterit und Roterden bilden, in den gemässigten Zonen Braunerden und in der kalten Zone Grauerden. Schon LANG (1915) beschreibt aus den Tropen neben Laterit und Roterden, Braun-, Schwarz- und Bleicherden. MOHR (1934) weist darauf hin, dass man in Indonesien in allen Klimaten Rot- und Gelberden findet. Dasselbe ist auch in Kolumbien der Fall: Rot- und Gelberden findet man hier in allen Klimaten und auf allen Muttergesteinen (SCHAUFELBERGER, 1955 a); die Farbe des Verwitterungsproduktes ist durch das Alter der Bodenbildung bedingt.

36 Klimabodentypen

LANG unterscheidet mit seinem Regenfaktor fünf verschiedene Klimate und in jedem soll sich bei optimalen Bodenbildungsbedingungen ein anderer Klima-

boden bilden. Damit sich ein Klimaboden bilden kann, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: 1. Der Boden muss normal drainiert sein, also endoperkolativ oder ein Waldboden im Sinne STREMMER'S. 2. Er darf kein Gesteinsboden oder Lithosol sein, er muss nach WYSSOTZKI ausgelaugt, das heisst basenarm sein. Solche basenarme, endoperkolative Böden zeigen bei den verschiedenen Regenfaktoren ganz bestimmte Auswaschungsfaktoren (Tabelle 11).

Tabelle 11 Auswaschungsfaktoren der Klimasols

Arides Klima, Regenfaktor unter 40

	si	al	fm	c	alk	
a) Kaktussol	84	41	57	1	1	Madeira
Dolerit	79	16	43,5	33,5	7	BLANCK, 1930
Q	1,06	2,25	1,31	0,03	0,14	
b) Kaktussol	204	41	37	15	17	Chile
Diorit	180	22	34,5	20	23,5	BLANCK, RIESER und OLDERSHAUSEN
Q	1,15	1,86	0,78	0,75	0,72	
c) Kaktusboden	248	59	34	2	5	Chile
Andesit	183	34	33	21	12	BLANCK und THEMLITZ
Q	1,29	1,74	1,03	0,09	0,42	
d) Kaktussol	660	72	20	1,5	2,5	Deutschland
Rotliegendes	575	56	12	3	29	BLANCK, 1949
Q	1,28	1,28	1,66	0,50	0,22	

Semiarides Klima, Regenfaktor 40 bis 60

	si	al	fm	c	alk	
e) Bambussol	492	43	31	4	22	Deutschland
Buntsandstein	350	45	24	2	29	BLANCK, 1930
Q	1,41	0,96	1,29	2,00	0,79	
f) Bambussol	592	70	20,5	3,5	6	Deutschland
Löss	322	56	12	1	31	BLANCK, 1930
Q	1,85	1,25	1,71	3,50	0,19	
g) Bambussol	665	20	44	22	14	Deutschland
Grauwacke	370	45	27	11	17	BLANCK, 1930
Q	1,8	0,45	1,62	2,00	0,83	
h) Bambussol	103	25	73	1	1	Chile
Gestein	24	3,5	94,5	0	2	BLANCK, RIESER und OLDERSHAUSEN
Q	4,30	7,15	0,77	∞	0,50	

Semihumides Klima, Regenfaktor 60 bis 100

	si	al	fm	c	alk	
i) Humussol	870	59	28,5	2,5	10	Afrika
Gestein	500	57	36,5	1	5,5	BLANCK, 1930
Q	1,74	1,02	0,78	2,50	1,82	
j) Humussol	228	54	22	9,5	15,5	Kolumbien
Gestein	169	71,5	19,5	2,5	6,5	LAFURIE
Q	1,35	0,75	1,13	3,8	2,23	
k) Humussol	608	45	15	15	25	Schweden
Gestein	427	40	27,5	12,5	22	RUSSELL
Q	1,42	1,12	0,59	1,20	1,14	
l) Humussol	775	44	28	8	20	USA
Gestein	377	44,5	36,5	4	15	LYON und BUCKMAN
Q	2,06	0,99	0,76	2,00	1,33	

Humides Klima, Regenfaktor 100 bis 160

	si	al	fm	c	alk	
m) Waldsol	537	45	24	9	22	USA
Gestein	496	43	29	13	15	JENNY, 1929
Q	1,07	1,05	0,83	0,69	1,47	
n) Waldsol	1293	63,5	30	0	6,5	USA
Gestein	604	69,5	26	0	4,5	JENNY, 1929
Q	2,71	0,91	1,15	0	1,44	
o) Waldsol	236	47,5	26	10,5	16	Kolumbien
Diorit	166	21	43	20	16	SCHAUFELBERGER,
Q	1,42	2,88	0,55	0,52	1,00	1950
p) Waldsol	268	30,5	52	8,5	9	Kolumbien
Monzonit	203	34	39,5	19,5	7	SCHAUFELBERGER,
Q	1,33	0,90	1,33	0,43	1,28	1950

Perhumides Klima, Regenfaktor über 160

	si	al	fm	c	alk	
q) Urwaldsol	532	63	13	1	23	Siam
Granit	446	49	9	6	36	BLANCK, CREDNER
Q	1,19	1,29	1,43	0,16	0,64	und OLDERSHAUSEN
r) Urwaldsol	685	45,5	24	11	20	Kolumbien
Syenit	239	34,5	17,5	15,5	23,5	An. A. OROZCO
Q	2,87	1,32	1,37	0,71	0,61	
s) Urwaldboden	424	89,5	8	0	2,5	Böhmen
Gneis	360	35,5	35,5	6	23	BLANCK, 1949
Q	1,18	2,54	0,22	0	0,11	
t) Urwaldboden	311	37	30	21	12	Norwegen
Gneis	184	18	35	33,5	13,5	BLANCK, 1949
Q	1,69	2,06	0,86	0,63	0,89	

Wenn also LANG sagt, dass sich bei optimalen Bodenbildungsbedingungen in jedem seiner Klimate ein anderer Klimasol bilde, so bestätigen die Tabellen 10 und 11 seine Annahme. Dort haben wir Böden auf ähnlichem Muttergestein, so dass nur das Klima und die Zeit den Chemismus bestimmen können; hier finden wir Böden anderer Ursprungsgesteine und verschiedener Zonen. In jedem Klima finden wir, mit graduellen Unterschieden, denselben Auswaschungsfaktor. Allerdings genügen die Auswaschungsfaktoren allein nicht, um die Böden zu klassieren, wir müssen weiter die Perkolationsrichtung, den Humusgehalt und den Gehalt an austauschbaren Basen berücksichtigen. Mit diesen Kennzeichen können wir nun die fünf Klimabodentypen der Waldbodenklasse definieren (Tabelle 12).

Tabelle 12 Stellung der Klimasols im modifizierten System PALLMANN

Klima:	arid	semiarid	semihumid	humid	perhumid
Regen- faktor:	< 40	40 bis 60	60 bis 100	100 bis 160	> 160
Klasse:	endoperkolativ	endoperkolativ	endoperkolativ	endoperkolativ	endoperkolativ
Ordnung:	humusarm	humusarm	humusreich	humusreich	humusreich
Verband:	basenarm	basenarm	basenarm	basenarm	basenarm
Perkolat:	+ si — c — alk	+ si + c — alk	+ si + c + alk	+ si — c + alk	+ si — c — alk
Typ:	Kaktussol	Bambussol	Humussol	Waldsol	Urwaldsol

Diese Klimasols sind verschieden von den Klimaböden der Bodenkunde, die sich ebenfalls im System PALLMANN klassieren lassen (Tabelle 13).

Tabelle 13 Klimaböden der Bodenkunde

<i>Sierosem</i>	<i>Kastanienboden</i>	<i>Tschernosem</i>	<i>Braunerde</i>	<i>Podsol</i>
endoperkolativ	endoperkolativ	peri-endoperkolativ	endoperkolativ	endoperkolativ
humusarm	humusarm	humusreich	humusreich	humusreich
basenreich	basenreich	basenreich	basenreich	basenarm
+ si — c + alk	+ si — c + alk	+ si — c + alk	+ si — c + alk	+ si — c — alk

Das Muttergestein von Sierosem, Kastanienboden, Tschernosem und Braunerde ist häufig Löss, also ein CaCO_3 -reiches Muttergestein, und diese fruchtbaren Böden sind reich an austauschbaren Basen. Aber diese Böden, auch wenn sie endoperkolativ sind, sind keine Klimasols, sondern Lithosols. Schon H. JENNY (1928) wies darauf hin, dass Böden auf kalkhaltigen Gesteinen keine echten Klimaböden seien. Ebenso haben wir gesehen, dass SCHERF das Vorkommen von Tschernosem und Braunerde neben dem Klimasol in Schlesien durch das Muttergestein und die Drainage erklärte. Aber trotz dieser bekannten Tatsachen hat die Bodenkunde die Klimaböden auf diesen kalkhaltigen Muttergesteinen stehen lassen. Wir müssen daher zeigen, dass tatsächlich die Bodenbildung auf Kalkstein, ganz unabhängig vom Klima, immer den Auswaschungsfaktor (+ si — c + alk) aufweist (Tabelle 14).

Tabelle 14 Bodenbildung auf Kalkstein und Mergel

	si	al	fm	c	alk	
a) Boden	66	6,5	9	79	5,5	Schweiz
Kalkstein	6	0,2	2,3	96,5	1,2	Gschwind
Q	11	32,5	2,82	0,82	4,60	
b) Boden	126	22	17	56	5	Schweiz
Kalkstein	3	0,5	1	97,5	1	Niggli, 1926
Q	42	44	17	0,57	5	
c) Boden	648	47,5	35,5	8	9	Schweiz
Kalkstein	80	4,5	7	88	0,5	Gschwind
Q	8,1	10,55	5,07	0,09	18	
d) Boden	276	25	28	30,5	16,5	Schweiz
Mergel	79,5	5,5	14,5	75,5	4,5	Gschwind
Q	3,80	4,54	1,93	0,41	3,67	
e) Boden	442	37,5	35	7	20,5	Schweiz
Mergel	111	15,5	13,5	63,5	7,5	Gschwind
Q	3,98	2,42	2,60	0,11	2,73	
f) Boden	487	39,5	32,5	3	25	Schweiz
Mergel	61	5	17	73	5	Niggli, 1926
Q	8	7,9	1,91	0,04	5,00	
g) Boden	645	23	45	29	3	Spanien
Kalkstein	159	11	7,5	81	1,5	Sigmund, 1944
Q	4,06	2,09	6,00	0,36	2,00	
h) Boden	1198	38	40	19	3	Spanien
Kalkstein	143	0,5	4	95	0,5	Sigmund, 1944
Q	68,54	76	10	0,20	6,00	

	si	al	fm	c	alk	
i) Boden	350	49	34	7	10	Spanien
Kalkstein	1	Sp.	Sp.	100	Sp.	ALVIRA ALVIRA
Q	350	∞		0,07	∞	
j) Boden	474	32,5	30	7,5	29,5	Spanien
Kalkstein	5	0,5	1	98,5	Sp.	ALVIRA ALVIRA
Q	95	65	30	0,07	∞	
k) Boden	358	32	34	21,5	12,5	Deutschland
Kalkstein	98	0,1	0,5	92	7,4	BLANCK, 1930
Q	3,66	320	68	0,22	1,69	
l) Boden	381	33	35	19	13	Deutschland
Kalkstein	7	1	3	94	2	BLANCK, 1930
Q	54,5	33	11,6	0,20	6,5	
m) Boden	481	43,5	32	8,5	16	Deutschland
Kalkstein	3	1	1,5	96,5	1	BLANCK, 1930
Q	160	43,5	21,5	0,09	16	
n) Boden	359	28	47	23	2	Deutschland
Kalkstein	130	1,5	4,5	93,5	0,5	NIGGLI, 1926
Q	2,76	11,2	10,3	0,23	4,00	
o) Boden	421	41	36	8	15	Russland
Kalkstein	35	1	2,5	95,5	1	GLINKA
Q	12	41	14,4	0,08	15	
p) Boden	589	36	26	27	11	Niederlande
Kalkstein	9	0,5	2,5	96,5	0,5	
Q	65	72	10,4	0,28	22	
q) Boden	91	16	32,5	45,5	6	Zypern
Kalkstein	16	2,5	15,5	81	1	REIFENBERG und
Q	5,68	6,4	2,1	0,56	6	EWBANCK
r) Boden	163	60,5	34,25	5	0,25	Java
Kalkstein	0,5	7	1	92	Sp.	BLANCK, 1949
Q	326	8,64	34,25	0,05	∞	
s) Boden	257	47	40	3	10	Siam
Kalkstein	5	Sp.	14,5	85	0,5	BLANCK, CREDNER
Q	51,4	∞	2,76	0,03	20	und OLDERSHAUSEN

Bei allen diesen Böden, gleichgültig ob sie sich in den heissen Tropen oder im kalten Hochgebirge, ob im ariden oder perhumiden Klima gebildet haben, gleichgültig ob sie als Schwarzerde, Braunerde, Terra rossa, Rendzina, Humuskarbonatböden usw. beschrieben sind, finden wir immer im Auswaschungsfaktor (+si—c+alk). Zu den Lithosols gehören auch die Pedocals, sie sind also Gesteins- und keine Klimaböden der trockenen Gebiete. Die Auswaschungsfaktoren bestätigen auch die Ansicht JENNY's, dass Böden auf Kalk keine Klimaböden seien.

37 Diskussion

Die Hypothesen von HILGARD, RAMANN und WIEGNER beruhen auf der damaligen Ansicht, dass es genüge, aride und humide Klimate zu unterscheiden und dass deren Böden der Salzsol (exoperkolativ, humusarm, basenüberreich und [+si+c+alk]) und der Podsol (endoperkolativ, humusreich, basenarm und [+si—c—alk]) seien. Diese Hypothese ist aber durch die Tatsachen überholt.

HILGARD nimmt an, dass das Perkolat durch das Klima bedingt sei. Wie die Tabellen 10, 11 und 12 zeigen, trifft dies für die Klimasols zu, allerdings mit der Basenanreicherung im Humussol des semihumiden Klimas, der Basenauslaugung bei den Kaktus- und Urwaldsols der ariden und perhumiden Bereiche. Aber die Auswaschungsfaktoren werden auch vom Muttergestein (Tabelle 14) und der Perkolationsrichtung beeinflusst. Dies hat zur Folge, dass dann das Perkolat bestimmt werden muss.

RAMANN's Hypothese ist heute nicht mehr haltbar, denn gerade die Klimasols sind mit Basen ungesättigt. Muttergestein und Perkolationsrichtung beeinflussen den Basengehalt, so dass dieser bestimmt werden muss.

Die Annahme WIEGNER's, dass das Klima die Perkolationsrichtung bestimme, ist durch die Tatsache widerlegt, dass gerade die Klimaböden alle endoperkolativ sind. Wie schon SCHERF, SIGMOND, MOHR, MÜCKENHAUSEN und andere gezeigt haben, ist die Perkolationsrichtung durch das geologische Substrat, das heisst die verschiedene Wasserdurchlässigkeit von Oberboden und Untergrund, bestimmt. Sie bestimmt, wie WIEGNER zeigte, die Verlagerung der löslichen Verwitterungsprodukte. Die Perkolationsrichtung muss ebenfalls in jedem Bodenprofil bestimmt werden.

MARBUT vermutete, dass Pedocals und Pedalfers Klimaböden arider und humider Gebiete seien. Wie aber die Auswaschungsfaktoren zeigen, entsprechen die normal drainierten Pedalfers den Klimasols, die endoperkolativen Pedocals den Lithosols. Es handelt sich also um eine Trennung der basenarmen Klimavon den basenreichen Gesteinsböden.

MEIGEN zeigte, dass der Laterit sich bei Abwesenheit von Humus bilde, und nahm an, dass die Tropenböden so humusarm seien, dass die Bodenbildung in den Tropen die Hydrolyse sei, während in der gemässigten Zone die Kohlensäureverwitterung vorherrsche. Nun sind aber durchaus nicht alle Tropenböden humusarm und, wie Tabelle 3 zeigt, bilden sich selbst in den humusarmen Böden der ariden Gebiete Südafrikas Tone der Kohlensäureverwitterung.

Die Regenfaktoren LANG's werden von den Klimatologen der gemässigten Zone bekämpft, aber die Landwirte Südamerikas benützen sie. Was LANG annahm, ist durch die Tabellen 10, 11 und 12 bestätigt. Allerdings finden wir die Klimasols nur in der Klasse der endoperkolativen Waldböden. Neben den Klimaböden finden wir daher in jedem Klima den Lithosol und zahlreiche Hydrosols. Der Regenfaktor ist ein Klimafaktor, der sich in der Tropenbodenkunde bewährt hat, aber keine Bodenklassifikation. Wie die Tabelle 13 zeigt, betrachtet die Bodenkunde heute Litho- und Hydrolithosols als Klimaböden; da dies den Tatsachen nicht entspricht, so muss die Bodenkunde die Regenfaktoren ablehnen oder die Liste der Klimasols revidieren.

Die Auswaschungsfaktoren haben sich in der Petrographie bewährt, haben sich aber in der Bodenkunde bis heute nicht eingebürgert. Sie wird sie auch weiter ablehnen, da sie beweisen, dass der Laterit ein Produkt der Tiefen-, chemischen oder allitischen Verwitterung ist, also kein Boden sein kann. Weiter beweisen sie, dass die Pedocals Gesteinsböden sind, dass es Klimaböden gibt, die aber nicht denen der heutigen Bodenkunde entsprechen.

Wenn nun Hypothesen durch Tatsachen überholt sind, so sollte man sie revidieren. Bleiben sie aber in den Lehrbüchern als Theorie stehen, dann muss jeder Bodenkundler in seinem Arbeitsgebiet sich entscheiden, ob er bei der Hypothese bleiben oder sich auf den Boden der Tatsachen stellen will. Er muss sich für oder wider HILGARD, RAMANN, WIEGNER, MARBUT, MEIGEN, LANG und die Auswaschungsfaktoren entscheiden. Er muss in sieben Fällen eine Entscheidung treffen, das gibt $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 128$ Kombinationen. Auf Grund der Hypothesen der heutigen Bodenkunde und der bekannten Tatsachen ergeben sich zwangsläufig 128 verschiedene Bodenkunden. Das führt zu einem Chaos, und Bodenkundler verschiedener Arbeitsgebiete können sich nicht verständigen, weil jeder in einer Bodenkunde einer andern Bodenklassifikation und in einer anderen Nomenklatur denkt!

4 Zusammenfassung

HILGARD hat auf die Bedeutung der Basenverlagerung bei der Bodenbildung hingewiesen. Diese ist aber nicht allein durch das Klima bestimmt, sondern auch die Wasserbewegung im Boden und das Muttergestein beeinflussen sie. Sie muss daher in den meisten Böden analytisch bestimmt werden.

RAMANN unterstreicht die Bedeutung der Basenabsättigung der Böden. Diese hängt vom Muttergestein und der Wasserbewegung im Boden ab, und der Basengehalt eines Bodens muss experimentell bestimmt werden.

WIEGNER zeigt, dass durch die verschiedene Wasserbewegung die Verwitterungsprodukte bald nach oben oder unten verfrachtet werden. SCHERF, SIGMOND, MOHR, MÜCKENHAUSEN und andere haben nachgewiesen, dass die Perkulationsrichtung durch die Lage und Form der undurchlässigen Schicht im Untergrund bestimmt wird. Diese muss im Bodenprofil gesucht und darnach die Perkulationsrichtung bestimmt werden.

Perkulationsrichtung, Gehalt an austauschbaren Basen und Perkolat sind in Verbindung mit dem Humus die wichtigsten Kennzeichen der Böden. Die Bodenlehre muss sie definieren, die Genetik erklären, welche Bodenbildungsfaktoren sie beeinflussen, und die Systematik muss auf ihnen aufgebaut werden.

MARBUT deutet die Pedocals und Pedalfers als Klimaböden. Die heute bekannten Tatsachen zeigen aber, dass die Pedocals Gesteinsböden, die Pedalfers Klimaböden sein können. Entsprechend sind Pedocals und Pedalfers neu zu definieren oder durch andere Bezeichnungen zu ersetzen.

BAUER, RAMANN, MEIGEN, JAKOB und NIGGLI zeigen, dass zwei Verwitterungen unterschieden werden müssen: reine Gesteinsverwitterung in Abwesenheit von Humus und Bodenbildung bei Mitwirkung von Humus. Die Produkte dieser sind die Böden, bei jener bilden sich kieselsäureärmere Mineralien, zu denen auch Eisenhydroxyde und Hydrargillit gehören. Der Laterit ist also kein Produkt der Bodenbildung, sondern der andern Verwitterung. Man sollte daher den Laterit von der Liste der Tropenböden streichen.

Die LANGschen Regenfaktoren haben sich als Klimafaktoren der Tropen und der Bodenkunde bewährt. Allerdings muss die offizielle Liste der Klimasols der Bodenkunde geändert werden.

Die von der Petrographie übernommenen Auswaschungsfaktoren zeigen eindeutig, welche Verwitterung vorliegt, welche Basen aus dem Oberboden ausgelaugt und welche in ihm angereichert werden. Sie kennzeichnen auch die verschiedenen Klimaböden.

Diese Tatsachen, die teilweise mit der heutigen Auffassung im Widerspruch stehen, wird man beim Aufstellen der Bodenlehre berücksichtigen müssen. Vor allem aber ist es notwendig, dass die grundlegenden Definitionen der Bodenlehre mit den heute bekannten Tatsachen in Einklang gebracht werden. Sind sie ungenügend, das heisst zu allgemein oder zu eng, dann muss jeder Bodenkundler sie nach eigenem Ermessen deuten, womit der Willkür Tür und Tor geöffnet und ein Chaos unvermeidlich ist.

5 Bibliographie

- ALVIRA ALVIRA, T. (1944): Contribución al estudio de las tierras rojas españoles. An. d. Inst. de Edafología, etc. III/2.
- ATTERBERG, A. (1909): Analysen dreier Laterite aus Brasilien. N. Jahrb. f. Min. usw.
- BAUER, M. (1898): Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis der Laterite. N. Jahrb. f. Min. usw.
- Siehe ATTERBERG.
- BLANCK, E. (1930): Handbuch der Bodenlehre. III. Berlin.
- (1949): Einführung in die genetische Bodenlehre. Göttingen.
- BLANCK, E., CREDNER und OLDERSHAUSEN (1934/35): Beiträge zur chemischen Verwitterung und Bodenbildung in Siam. Chemie der Erde 9.
- BLANCK, E., PASSARGE und RIESER (1926): Über Krustenböden und Krustenbildung wie auch Roterden, insbesondere ein Beitrag zur Kenntnis der Bodenbildung Palästinas. Chemie der Erde 2.
- BLANCK, E., RIESER und OLDERSHAUSEN (1933/34): Beiträge zur chemischen Verwitterung und Bodenbildung Chiles. Chemie der Erde 8.
- BLANCK, E., und THEMLITZ (1939/40): Über Eruptivgesteinverwitterung im chilenischen Wüstengebiet. Chemie der Erde.
- BONNET, J. A. (1953): Soil-salinity studies as related to sugarcane growing in Southwestern Puerto Rico. J. of Agric. of the University of Puerto Rico XXXVII/2.
- EHRENBERG, P. (1922): Die Bodenkolloide. Dresden und Leipzig.
- GLINKA, K. (1914): Die Typen der Bodenbildung. Berlin.
- GSCHWIND, M. (1931): Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Diss. ETH, Zürich.
- HILGARD: Siehe RAMANN.
- JAFFE, F. C. (1955): Les ophiolites et les roches de la région du Col des Gets. Schweiz. Min. u. Petr. Mitt. 35/1.
- JAKOB, J. (1945): Der chemische Aufbau unseres Planeten. Zürich.
- JENNY, H. (1928): Bemerkungen zur Bodentypenkarte der Schweiz. Landw. Jahrb. d. Schweiz 42/3.
- (1929): Klima und Bodentypen in Europa und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkundl. Forschungen 1/3.
- (1941): Factors of soil formation. New York und London.

- LAFURIE, J. V. (1946): Clasificación y valoración de tierras. Bogotá.
- LANG, R. (1915): Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. *Int. Mitt. f. Bodenkunde*.
- LYON und BUCKMAN (1943): *The nature and properties of soils*. New York.
- MARBUT: Siehe JENNY (1929).
- MEIGEN, W. (1911): Laterit. *Geol. Rundschau*.
- MOHR, J. (1934): Der Boden der Tropen im allgemeinen und von Niederländisch-Indien im besonderen. Ref. in *D. Ern. d. Pfl.* 30/13—14.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1953): Die Böden der östlichen Vereinigten Staaten von Amerika. *Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde* 62/2.
- (1954): Die Beurteilung des Faktors Wasser bei der bodenkundlichen Kartierung. *Forstarchiv* 25/12.
- NIGGLI, P. (1926): Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. *Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.* 5/2.
- (1943—1946): Tabellen zur Petrographie und zum Gesteinsbestimmen. Zürich.
- (1951): Gesteinschemismus und Magmenlehre. *Geol. Rundschau* 39/1.
- NIGGLI, P., DE QUERVAIN, WINTERHALTER (1930): Chemismus schweizerischer Gesteine. *Beitr. z. Geologie der Schweiz. Geotech. Serie, XIV. Lief.* Bern.
- RAMANN, E. (1911): *Bodenkunde*. Berlin.
- REIFENBERG und EWBANCK (1933): Investigation of soil profiles from Cyprus. *The Imp. Journ. of Exp. Agric.* I.
- RUSSELL, E. J. (1934): *Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas*. Madrid/Buenos Aires.
- SCHAUFELBERGER, P. (1950): Wie verläuft die Gesteinsverwitterung und Bodenbildung in den Tropen, insbesondere in Kolumbien? *Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.* 30/2.
- (1954): Verwitterung und Bodenbildung auf basischen Eruptivgesteinen. *Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.* 34/2.
- (1955) Zur Systematik der Tropenböden. *Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich* 100.
- (1955a): Die Farben der Tropenböden. *Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde* 70/1.
- SCHERF, E. (1935): Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der grossen ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenentstehung. *Jahresbericht d. kgl. ung. Geol. Anstalt über die Jahre 1925—1928*. Budapest.
- (1930): Über die Rivalität der boden- und luftklimatischen Faktoren bei der Bodentypenbildung. *Jahresbericht d. kgl. ung. Geol. Anstalt* 1928. Budapest.
- SIGMOND, J. A. A. (1930): Böden trockener Gebiete. In E. BLANCK (1930).
- (1944): *Los principios de la ciencia del suelo*. México.
- STREMMER, H. (1926): *Grundzüge der praktischen Bodenkunde*. Berlin.
- (1949): *Die Böden der deutschen demokratischen Republik*. Berlin.
- VAN DER MERWE und HEYSTECK (1952): Clay minerals in South African soil groups. I. *Soil Sci.* 74.
- (1955): Clay minerals in South African soil groups. II. *Soil Sci.* 79.
- WIEGNER, G. (1929): *Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung*. Dresden und Leipzig.

Neujahrsblätter der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

Die Naturforschende Gesellschaft veröffentlicht seit 1799 jedes Jahr auf den 1. Januar ein Neujahrsblatt, das eine naturwissenschaftliche Abhandlung über ein aktuelles Thema in allgemein verständlicher Form enthält. Es gelangt traditionsgemäss am 2. Januar, Bächtelitag, in der Zentralbibliothek für unsere Mitglieder gratis, für weitere Interessenten zu einem verbilligten Preis zur Ausgabe. Diese Neujahrsblätter können durch jede Buchhandlung bezogen werden. Direkte Bestellungen nimmt der Verlag Gebr. Fretz AG, Zürich, entgegen.

Seit 1945 sind erschienen:

1945	H. PETER: Regionalplanung im Kanton Zürich. 56 Seiten und 30 Textfiguren	Fr. 3.50
1946	F. T. WAHLEN: Das schweizerische Anbauwerk 1940—1945. 87 Seiten und 32 Textabbildungen, wovon 2 sechsfarbige Lithographiekarten	Fr. 7.50
1947	E. RÜBEL: 1746—1946. Geschichte der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 123 Seiten und 26 Porträts im Text	Fr. 4.50
1948	CH. ANDREAE: Hundert Jahre Schweizerischer Tunnelbau. 45 Seiten und 20 Textfiguren	Fr. 4.—
1949	B. MILT: Die Entwicklung der Zürcher Naturwissenschaften und ihr Aufschwung durch den Geist von 1848. 62 Seiten	Fr. 3.50
1950	B. PEYER: Goethes Wirbeltheorie des Schädels. 132 Seiten und 87 Textabbildungen	Fr. 9.—
1951	A. FREY-WYSSLING: Elektronenmikroskopie. 46 Seiten mit 14 Abbildungen und 4 Tafeln im Text	Fr. 3.—
1952	E. BRANDENBERGER: Auftrag und Gegenstand, Methoden und Mittel der Materialprüfung. 61 Seiten und 40 Abbildungen im Text	Fr. 5.—
1953	P. NIGGLI: Vom Wachstum der Kristalle. 35 Seiten mit 1 Tafel und 36 Abbildungen im Text	Fr. 4.50
1954	M. WALDMEIER: Radiowellen aus dem Weltall. 78 Seiten mit 45 Abbildungen im Text	Fr. 6.50
1955	H. BOESCH: Amerikanische Landschaft. 66 Seiten mit 6 Abbildungen im Text	Fr. 5.—
1956	K. CLUSIUS: Flüssiger Wasserstoff. 34 Seiten mit 15 Abbildungen im Text und einer ganzseitigen Photographie von James Dewar	Fr. 4.—
1957	PAUL SCHERRER: Atomenergie. 42 Seiten mit 25 Abbildungen im Text	Fr. 4.—
1958	GUIDO FANCONI: Die spinale Kinderlähmung (Poliomyelitis). 65 Seiten mit 22 Abbildungen im Text	Fr. 5.—
1959	HANS BURLA: Darwin und sein Werk. 74 Seiten mit 20 Abbildungen im Text	Fr. 5.50

