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

Band: 39 (1959)

Heft: 1-2

Artikel: Von der chaotischen Bodenkunde zur logischen Bodenlehre

Autor: Schaufelberger, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-30391

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.07.2025

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

Von der chaotischen Bodenkunde zur logischen Bodenlehre

Von *P. Schaufelberger* (Chinchiná, Kolumbien)

Einleitung

Jede Naturwissenschaft zeigt drei Entwicklungsstadien. Erst ist sie beschreibend, sammelt Tatsachen und formuliert Arbeitshypothesen. Dann kommt das Chaos. Überholte Hypothesen sind nicht ausgeschieden, und es kommt zu Widersprüchen und Unklarheiten, bis einer die Tatsachen und Hypothesen logisch ordnet. Dann hat die Wissenschaft ein logisches Lehrgebäude mit sichern Definitionen und Theorien. Sie wird nun zur exakten Naturwissenschaft. Im dritten Stadium erfolgt dann die Spezialisation.

Die junge Bodenkunde ist nun offenbar im chaotischen Entwicklungszustand. Man erkennt das daran, dass ihre Anschauungen gewissermassen wechseln wie die Mode. Bald herrschen geologische, bald botanische Anschauungen vor, die dann von einer chemischen und kolloidchemischen Betrachtungsweise abgelöst wurden. Dann wieder drängt sich die Ton- oder Humusforschung in den Vordergrund. Ihre Sprache ist unklar, und J. WALTHER klagt darum:

„...auf der anderen Seite (be)trachten 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, kolloidchemischen und klimatologischen Kenntnissen dazu gehört, um sie zu verstehen."

Vom geologisch-petrographischen Standpunkt aus gesehen ist der Boden ein metamorphes Gestein, das sich den neuen Verhältnissen der Umgebung anpasst. Die chemischen Veränderungen der Metamorphose vom Ursprungsgestein zum heutigen Boden können wir durch die Auswaschungsfaktoren erfassen (NIGGLI, 1926; SCHAUFELBERGER, 1950). Zur Charakterisierung der Befeuchtung schlug R. LANG vor über vier Jahrzehnten den Regenfaktor vor. Wir wollen nun versuchen, ob man

damit die heute bekannten Tatsachen der Bodenkunde erfassen und ordnen kann.

1. H. JENNY'S Hypothese

Über den Einfluss des Muttergesteins auf die Bodenbildung sagt H. JENNY (1928):

„Die Böden des Juras, der kalkreichen Voralpen und Alpen sind in eine grosse Gruppe *starke Auslaugung der Karbonate* zusammengefasst. Die Böden sind keine echten Klimaböden, da sie an kalkführende Schichten gebunden sind. Das Bodenprofil weist folgende charakteristischen Merkmale auf: die Feinerde ist reich an Humusstoffen, die sich nur schwer in Wasser lösen, Kieselsäure und Sesquioxyde sind angereichert, Kalk ist kräftig ausgelaugt."

Glücklicherweise finden wir in der Literatur Analysen, die die Bodenbildung auf Kalkstein und Mergel zeigen, so dass wir die Auswaschungsfaktoren berechnen können (Tabelle 1).

Tabelle 1. *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	1,5	
	Q	*11*	32,5	3,82	*0,82*	*4,60*	
b)	Boden	126	22	17	56	5	ibid.
	Kalkstein	3	0,5	1	97,5	1	
	Q	*42*	44	17	*0,57*	*5*	
c)	Boden	648	47,5	35,5	8	9	ibid.
	Kalkstein	80	4,5	7	88	0,5	
	Q	*8,1*	10,55	5,07	*0,09*	*18*	
d)	Boden	276	25	28	30,5	16,5	ibid.
	Kalkstein	79,5	5,5	14,5	57,5	4,5	
	Q	*3,80*	4,54	1,93	*0,41*	*3,67*	
e)	Boden	442	37,5	35	7	20,5	ibid.
	Mergel	111	15,5	13,5	63,5	7,5	
	Q	*3,98*	2,42	2,60	*0,11*	*2,73*	
f)	Boden	487	39,5	32,5	3	25	ibid.
	Mergel	61	5	17	73	5	
	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	
	Q	*4,06*	2,09	6,00	*0,36*	*2,00*	

		si	al	fm	c	alk	
h)	Boden	1198	38	40	19	3	ibid.
	Kalkstein	143	0,5	4	95	0,5	
	Q	*68,54*	76	10	*0,20*	*6,00*	
i)	Boden	350	49	34	7	10	ibid.
	Kalkstein	1	Sp.	Sp.	100	Sp.	
	Q	*350*	∞	∞	*0,07*	∞	
j)	Boden	474	32,5	30	7,5	29	ibid.
	Kalkstein	5	0,5	1	98,5	Sp.	
	Q	*95*	65	30	*0,07*	∞	
k)	Boden	381	33	35	19	13	Deutschland
	Kalkstein	7	1	3	94	2	
	Q	*54,5*	33	11,6	*0,20*	*6,5*	
l)	Boden	481	43,5	32	8,5	16	ibid.
	Kalkstein	3	1	1,5	96,5	1	
	Q	160	43,5	21,5	*0,09*	*16*	
m)	Boden	359	28	47	23	2	ibid.
	Kalkstein	130	1,5	4,5	93,5	0,5	
	Q	*2,76*	12,2	10,3	*0,23*	*4,00*	
n)	Boden	118	24	33	35,5	7,5	ibid.
	Kalkstein	5,7	0,8	10,6	88,4	0,2	
	Q	*20,7*	30	*3,11*	*0,40*	*37,5*	
o)	Boden	421	41	36	8	15	Russland
	Kalkstein	35	1	2,5	95,5	1	
	Q	*15*	41	14,4	*0,08*	*15*	
p)	Boden	589	36	26	27	11	Holland
	Kalkstein	9	0,5	2,5	96,5	0,5	
	Q	*65*	72	10,4	*0,28*	*22*	
q)	Boden	213	48,5	37,5	7	7	Jugoslawien
	Kalkstein	0,2	0,1	0,8	99,1	0	
	Q	*1065*	485	46,88	*0,07*	∞	
r)	Boden	91	16	32,5	45,5	6	Zypern
	Kalkstein	16	2,5	15,5	81	1	
	Q	*5,68*	6,4	2,1	*0,56*	*6*	
s)	Boden	163	60,5	34,25	5	0,25	Java
	Kalkstein	0,5	7	1	92	Sp.	
	Q	*326*	8,64	34,25	*0,05*	∞	
t)	Boden	257	47	40	3	10	Siam
	Kalkstein	5	Sp.	14,5	85	0,5	
	Q	*51,4*	∞	2,76	*0,03*	*20*	

Trotzdem diese Böden aus den verschiedensten Ländern und Klimabereichen stammen, zeigen sie die von JENNY geforderte Auswaschung des Ca und die Anreicherung der Kieselsäure und der Sesquioxyde, natürlich mit graduellen Unterschieden. Wenn das Muttergestein die Bodeneigenschaften bestimmt, so zeigt das der Boden durch den Auswaschungsfaktor + si − c + alk.

Nun sagt JENNY weiter, dass die Humusstoffe in Wasser nur schwer löslich seien. Also handelt es sich um milden, basenreichen Humus. Dass dies zutrifft, zeigen unter anderem die Untersuchungen von DHEIN und MERTENS an Lössböden aus der Umgebung von Bonn (Tabelle 2).

Tabelle 2. *Kennzeichen der Dikopshofer-Böden*

Nr.	pH	Humus %	S mval/100 g	T mval/100 g	S in % von T
1	7,15	2,22	18,51	32,27	57,4
2	7,20	2,19	17,94	31,78	56,5
3	7,30	2,20	17,21	30,97	55,6
4	7,25	2,15	18,03	32,03	56,3
5	6,85	2,20	16,75	20,91	54,2
6	6,90	2,09	15,94	30,02	53,9
7	7,25	2,03	17,90	31,90	51,1
8	7,25	1,99	17,27	31,35	55,5
9	7,30	1,99	17,92	31,76	56,4
10	7,10	2,00	17,17	30,01	55,4
11	6,70	2,06	16,74	30,87	54,5
12	6,65	1,93	16,09	29,96	55,4

JENNYS Annahme hat sich auch hier bestätigt. Wir formulieren daher:

Gesetz von JENNY: *Normal drainierte, reife, endoperkolative und basenreiche Böden sind Gesteinsböden oder Lithosols.*

2. Hypothese von VILENSKY-JENNY

Ein Jahr später hat JENNY (1929) seine oft zitierte Arbeit über Klima und Klimaböden veröffentlicht, die sich auf die Klimaböden von VILENSKY stützt (Tabelle 3).

Es ist nun das grosse Verdienst von JENNY, aus dem reichen Inventar der USA für jeden Befeuchtungsbereich des temperierten Klimas Böden gesucht zu haben. Neben der morphologischen Profilbeschreibung bringt er für jeden Boden Analysen der einzelnen Horizonte und gibt auch die

Regenfaktoren an. Wir können die Auswaschungsfaktoren bestimmen und mit der Befeuchtung vergleichen (Tabelle 4).

Tabelle 3. D. G. VILENSKYS *System der Böden 1927 (gekürzt)*

Befeuchtung	arid	semiarid	schwacharid	semihumid	humid
Temperatur Polar – 12 bis – 4° C	Tundra-böden	Semimoor-böden	Moor- und Sumpfböden	—	Podsolierte Moor- und Sumpfböd.
Kalt – 4 bis + 4° C	Torf-böden	—	Schwarze Wiesenböden	Degradierte Wiesenböden	Podsolierte Böden
Temperiert 4 bis 12° C	Graue Böden	Kastanien-braune Böden	Tschernosem	Degradierte graue Waldböden	Podsolierte Böden
Subtropen —	—	Gelbe Böden der ariden Steppe	Gelberden	Degradierte Gelberden	Podsolierte Gelberden
Tropen über 20° C	Rote Böden der Halbwüsten	Roterden	Laterit	Degradierte Roterden	Podsolierte Roterden

Nehmen wir nun die Böden mit dem Auswaschungsfaktor + si – c + alk auf Ca-haltigen Muttergesteinen heraus, da sie nach dem Gesetz von JENNY *keine* Klimaböden sind! *Grauer Wüstenboden, die Kastanienböden, Tschernosem I, brauner Waldboden und Waldsteppenboden II sind keine Klimaböden, auch wenn es von der konventionellen Bodenkunde immer wieder behauptet wird.*

Vergleichen wir nun den Chemismus des Tschernosems II, der Roterde I und den Waldsteppenboden I mit demjenigen der Klimaböden früherer Arbeiten (SCHAUFELBERGER, 1953, 1954 und 1958), so zeigen alle den Auswaschungsfaktor + si + c + alk und im humiden, wie die Roterde II, denjenigen + si – c + alk. Aus dieser Tatsache ergeben sich:

1. *Gesetz von* LANG: *Die Befeuchtungen arid, semiarid, semihumid, humid und perhumid sind durch die Regenfaktoren 40, 60, 100 und 160 zu definieren.*
2. *Gesetz von* LANG: *Normal drainierte, basenarme, degradierte Waldböden sind Klimasols, die mit der Befeuchtung den Humusgehalt und den Auswaschungsfaktor ändern.*

Der Podsol von JENNY zeigt nicht den Auswaschungsfaktor der Urwaldsol des perhumiden Klimas. Er ist offenbar nicht normal drainiert. Darüber muss die Morphologie Auskunft geben.

Tabelle 4. *Auswaschungsfaktoren von* VILENSKYS *und* JENNYS *Klimaböden*

Regenfaktor	Boden	si	al	fm	c	alk
36	Grauer Wüstenboden	285	36	30	18	16
	Gestein	102	12	13,5	69,5	5
	Q	*2,8*	3,00	2,22	*0,26*	*3,20*
42	Kastanienboden	476	44	28	11,5	16,5
	Gestein	269	29	21	36	13
	Q	*1,17*	1,52	1,33	*0,32*	*1,27*
43	Kastanienboden	439	50	19,5	8,5	22
	Gestein	310	26,5	23,5	32	18
	Q	*1,42*	1,87	0,83	*0,26*	*1,22*
51	Tschernosem I	533	46,5	22	8,5	23
	Gestein	342	41,5	27	16	15,5
	Q	*1,56*	1,12	0,81	*0,53*	*1,48*
69	*Tschernosem II*	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 I*	885	35	33	6,5	25,5
	Gestein	389	55	29	0	16
	Q	*2,27*	0,63	1,14	∞	*1,59*
82	Brauner Waldboden	662	48,5	27	5,5	19
	Gestein	143	15	24,5	43	17,5
	Q	*4,64*	3,24	1,10	*0,13*	*1,20*
100	*Waldsteppenboden I*	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*
100	Waldsteppenboden II	537	45	24	9	22
	Gestein	496	43	29	13	15
	Q	*1,07*	1,05	0,83	*0,69*	*1,47*
115	*Roterde II*	1293	63,5	30,0	0	6,5
	Gestein	605	69,5	26	0	4,5
	Q	*2,71*	0,91	1,15	*0*	*1,44*
200	Podsol	549	30	28,5	32	9,5
	Gestein	185	34	24	27	8
	Q	*2,36*	0,88	0,84	*1,18*	*1,18*

3. Morphologie

Schon lange haben die Russen erkannt, dass zwischen dem Bodenprofil und der natürlichen Vegetation Beziehungen bestehen. So finden wir bei GLINKA den Vorschlag von WISSOTZKY (Tabelle 5).

Tabelle 5. *Bodenklassifikation von* WISSOTZKY

Untergrund	Boden nach SIBIRCEFFS Zonen	Vegetation
Ausgelaugt	Podsolige Böden	Gemischte, ununterbrochene Wälder
$CaCO_3$ vorhanden	Graue, waldige Böden	Laubwälder, vorzugsweise Eichen
$CaCO_3$ und Gips	Tschernosem (Schwarzerden)	Steppen; Wälder nur in ausgelaugten Hohlwegen
$CaCO_3$, Gips und NaCl mit Begleitern	Böden der trockenen Steppen und Salzböden	In den Wüsten gelegene Steppenformat. (Halbwüste)

Weiter lesen wir bei GLINKA:

„Für die Steppenbildung bedarf es nach KRASSNOW einer ebenen Gegend, die schwach drainiert sei und einen für die Baumwurzeln schädlichen Wasserüberfluss habe. Salze, die infolge des Mangels an Drainage aus dem Boden nicht ausgelaugt würden, wirkten gleicherweise auf die Wurzeln. Die undrainierten Steppen bezeichnet KROSSNOW als primäre; zu diesen gehören die am pontischen Meer und am Dniepr gelegenen, die Barbara-Steppen, die Prärien am Mittellauf des Amur, der grösste Teil derjenigen aus der Umgebung der grossen Seen, der Llano Estakado und zum Teil die ungarische Pussta. Die Zerschneidung der Steppe durch Flusstäler, Hohlwege usw. verändert sie. Sie bedecken sich mit Wald, sie werden sekundär und bilden den Übergang zur Waldgegend."

Die Russen verstehen unter Steppen *mindestens zeitweise vernässte Böden;* KRASSNOW spricht es aus und WYSSOTZKY deutet es an, indem er sie den trockenen gegenüberstellt. Beide Autoren sind sich einig, dass durch Hohlwege die Böden drainiert werden und sich dann mit Wald bedecken.

Sehr wesentlich für die Morphologie ist folgende Feststellung GLINKAS:

„VAN HISE teilt den metamorphen Teil der Erdkruste in zwei Zonen: die obere ist die Zone des Katametamorphismus, die untere des Anametamorphismus. Erstere zerfällt wieder in die *Verwitterungszone*, deren untere Grenze der Grundwasserspiegel ist, und die *Zementierungszone*. Die Verwitterungszone von VAN HISE ist also der Boden in weiterem Sinne."

Das gibt das *Gesetz von* VAN HISE-GLINKA: *Die untere Bodengrenze ist beim tiefsten Stand des obersten Grundwasserspiegels bzw. der obersten Zementationszone.*

Durch dieses Gesetz wird klar ausgesprochen, dass Ortsteinbildungen nicht mehr zum Boden gehören. Bildet sich z. B. in einem ariden Klima unter einem Salzboden ein Laterit-Ortstein, so kann die konventionelle Bodenkunde dieses Profil nicht klassieren. Es kann ein Salzboden sein, ein Laterit oder ein Podsol! Je nachdem der Laterit als undurchlässige Schicht, als Laterit oder B-Horizont gedeutet wird, wird der Boden anders klassiert. Dass die Böden durch die Ortsteinbildung baumfeindlich werden, hat schon STREMME gezeigt. Dieser Autor unterscheidet nach dem Bodenprofil und der Vegetation: 1. Waldböden, 2. Mineralnassböden, 3. Steppenböden, 4. Salzböden, 5. Anmoorböden und 6. Moore.

E. SCHERF (1935) fand im semihumiden Klima Schlesiens Anmoor, Tschernosem, Braunerde und Podsol. Das musste überraschen, da nach der konventionellen Bodenkunde die drei letztgenannten Klimaböden semihumider, humider und perhumider Bereiche sind. SCHERF selber gibt folgende Erklärung:

„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 (HOHENHEIM und SCHALOW) oder das Relief (ORTH) oder aber die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes und der Bodenkrume, zusammen mit deren Karbonatgehalte (JENTSCH und SCHERF), müssen weitere Untersuchungen entscheiden."

Im modifizierten System PALLMANN (SCHAUFELBERGER, 1955, 1958a) werden 6 Bodenklassen nach der Wasserbewegung im Boden unterschieden und geologisch definiert. Die Erfahrungen von WYSSOTZKY, STREMME, SCHERF und SCHAUFELBERGER stimmen gut miteinander überein (Tabelle 6).

Nach der Wasserbewegung im Boden, die den Vegetationstyp bestimmt, sind 5 Bodenklassen und ständig vernässte bis überschwemmte Moore zu unterscheiden. Darüber muss das Bodenprofil Auskunft geben. TREITZ schreibt:

„Das Normalprofil eines Waldbodens ist immer dreiteilig, es besteht aus folgenden Teilen: die obere Decke bildet die Waldstreu, darunter folgt der Horizont der Auslaugung, A genannt, darunter liegt der Horizont der Akkumulation, B genannt, und zu unterst das Grundgestein, C genannt. Das Profil eines Steppenbodens ist zweiteilig, es besteht aus einem oberen, durch Humus dunkelgefärbten Horizont und einem hellen, gelben oder grauen, meist kalkhaltigen Muttergestein."

Tabelle 6.

Bodeneinteilung von WYSSOTZKY, SCHERF, STREMME *und* SCHAUFELBERGER

WYSSOTZKY	SCHERF	STREMME	SCHAUFERBERGER
Podsol	Podsol	(basenarmer) Waldboden	(basenarmer) endoperkolativer Boden
Grauer Waldboden	Braunerde	(basenreicher) Waldboden	(basenreicher) endoperkolativer Boden
Tschernosem	Tschernosem	Mineralnassboden	peri-endoperkolat. Boden
Tschernosem	Anmoor	Anmoor	peri-exoperkolativer Boden
Steppenboden	—	Steppenboden	amphiperkolativer Boden
Salzboden	Alkaliboden	Salzboden	exoperkolativer Boden

Die in der konventionellen Bodenkunde weitverbreitete Ansicht, dass der B-Horizont der Waldböden *illuvial* sei, wurde durch die Untersuchungen von J. GEERING widerlegt, der seine *Auslaugung* nachwies. Bei „Steppenböden" ist durch das Gesetz von VAN HISE-GLINKA die untere Bodengrenze zu bestimmen, dann findet man, dass sie oft nur aus dem A-Horizont bestehen oder einen AB-Horizont besitzen. Hier fehlt der C-Horizont. Das unter der undurchlässigen Schicht liegende Gestein ist niemals Muttergestein des Bodens, da es unter der Zementationszone liegt.

Man wird TREITZ beistimmen, dass es möglich ist, morphologisch festzustellen, ob das Bodenprofil zwei- oder dreiteilig ist. Dass man aber morphologisch die Waldböden nicht in basenreiche und basenarme trennen kann, zeigt Tabelle 4. Dort finden wir zwei Tschernoseme, zwei Waldsteppenböden und zwei Roterden mit verschiedenem Chemismus. Weil man die basenarmen Waldböden nicht morphologisch erkennen kann, hat die konventionelle Bodenkunde die Klimasol nicht finden können.

Die zweiteiligen Profile müssen auf Wiesen, Steppen, Salzsteppen, Anmoore und Moore verteilt werden. Das ist sehr wichtig für das Meliorationswesen, weil dieses die Wasserbewegung im Boden ändert, sei es durch Drainage oder Bewässerung. Ein Kenner dieser Probleme, M. H. OLBERTZ, sagt es klar:

„Besonders erschwerend ist die Tatsache, dass es eine wirklich *umfassende Meliorationskunde* bis heute nicht gibt."

Die konventionelle Bodenkunde weiss nicht, wie man bestimmt, ob der Oberboden endoperkolativ (Aen), peri-endoperkolativ (Apen),

amphiperkolativ (Aam), exoperkolativ (Aex) oder peri-exoperkolativ (Apex) ist und woran man ein periperkolatives (Aper) Moor erkennt. Dass sie das nicht kann, zeigen die zahlreichen Misserfolge bei Meliorationen, namentlich in Trockengebieten.

4. Die Bodenbildungsfaktoren

Dass der Boden ein Produkt des geologischen Substrates, des Klimas, der Organismen und der Zeit ist, haben die russischen Bodenkundler schon lange erkannt. Die Tabelle 1 zeigt, dass das *Muttergestein* den Chemismus der Lithosols bestimmt. Die Tabelle 6 zeigt den Einfluss der *Wasserbewegung* auf den Oberboden. Die Tabelle 4 beweist, dass bei den Klimasols die *Befeuchtung* den Humusgehalt und den Auswaschungsfaktor diktiert.

Schon komplizierter ist die Frage der Einwirkung der *Organismen* auf den Boden. Dass dieser den Vegetationstyp bestimmt, haben wir bereits gesehen. Im Boden haben wir den Abbau der organischen Substanzen durch Mikroorganismen bei Luftzufuhr. Dueggeli bezeichnet diesen Vorgang als Verwesung. Sie beeinflusst sicher die Vorgänge im Boden. Über diese unterrichten die Analysen der Tabellen 1 und 4. Was geschieht aber, wenn die Verwesung fehlt, wie beispielsweise in der Wüste? Die konventionelle Bodenkunde weiss es ganz genau: es gibt nur physikalische Verwitterung! Eine andere Sprache reden die Untersuchungsergebnisse von E. Blanck über die Verwitterungsvorgänge in den Wüsten (Tabelle 7).

Bei der Wüstenverwitterung wird die Kieselsäure weggeführt, sie ist *allitisch;* bei der Bodenbildung wird sie angereichert, sie ist *siallitisch. Die Organismen stellen die allitische Oberflächenverwitterung auf siallitisch um.* Jetzt können wir definieren:

Bodenbildung ist siallitische Oberflächenverwitterung und nur deren Produkte sind Böden.

Bodenlehre ist die Lehre der siallitischen Oberflächenverwitterung.

Der Boden ist ein polydisperses System von Teilchen von 2 mm Durchmesser bis zu kolloidalen und angströmdispersen Anteilen, das zum Basenaustausch befähigt ist. Er besteht aus Resten und Produkten der siallitischen Oberflächenverwitterung und der Verwesung organischer Substanzen. Seine obere Grenze ist die Atmosphäre, seine untere der tiefste Stand des obersten Grundwasserspiegels bzw. die oberste Zementationszone.

Keine Böden sind demnach: 1. die Produkte der physikalischen

Tabelle 7. *Wüstenverwitterung*

		si	al	fm	c	alk	
a)	Sandstein, verwittert	178	30,5	20,5	32	17	Libysche
	frisch	748	21	30	28,5	20,5	Wüste
	Q	*0,24*	1,45	0,68	*1,25*	*0,85*	
b)	Grauwacke, verwittert	259	48,5	45,5	3,5	2,5	ibid.
	frisch	403	14,5	72,5	8	5	
	Q	*0,64*	3,35	0,64	*0,44*	*0,50*	
c)	Granit, verwittert	274	38	27	13	22	ibid.
	frisch	295	36,5	24	13	26,5	
	Q	*0,93*	1,04	1,13	*1,00*	*0,83*	
d)	Pegmatit, verwittert	222	33	28,5	24,5	14	ibid.
	frisch	474	49	10	6	35	
	Q	*0,47*	0,67	2,85	*4,09*	*0,40*	
e)	Granit, verwittert	106	22,5	43	28	6,5	ibid.
	frisch	297	42	22	9,5	26,5	
	Q	*0,35*	0,54	1,95	*2,95*	*0,24*	
f)	Gneis, verwittert	151	31	24,5	24,5	10	ibid.
	frisch	361	45	19	9,5	26,5	
	Q	*0,42*	0,69	1,83	*2,58*	*0,38*	
g)	Gneis, verwittert	306	41	18	23	18	ibid.
	frisch	356	45	19	9,5	26,5	
	Q	*0,85*	0,91	0,95	*2,41*	*0,68*	
h)	Granit, verwittert	225	41	11,5	28	19,5	Chilenische
	frisch	332	42	21	7	30	Wüste
	Q	*0,64*	0,97	0,55	*4,00*	*0,65*	

Verwitterung, obschon sie in sehr vielen sein Muttergestein bilden; 2. der Laterit, der als Allit ganz sicher kein Produkt der siallitischen Oberflächenverwitterung ist; 3 Moore, die vernässt und darum nicht im Kontakt mit der Atmosphäre sind, und dann wird die organische Substanz nicht durch Verwesung abgebaut, sondern durch Fäulnis angereichert.

Nach KUBIENA (1948) ist die *Zeit* kein Bodenbildungsfaktor, während JENNY (1926, 1941) und PALLMANN (1934, 1947) Sukzessionsserien aufgestellt haben, die die Umwandlung vom Gestein zum Boden zeigen. MOHR und VAN BAREN und SCHAUFELBERGER (1955a) weisen darauf hin, dass sich im Laufe der Entwicklung die Bodenfarbe ändere. FRANZ zeigt, dass in Europa der Tschernosem auf Löss zu den sols lessivés degradiere. Zum Glück findet man in der Literatur Analysen von Löss-

böden, so dass diese Annahme sich nachprüfen lässt, da sich Lithosols und Klimasols durch die Auswaschungsfaktoren unterscheiden lassen (Tabellen 8 und 9).

Tabelle 8. *Lithosols auf Löss*

		si	al	fm	c	alk	Regenfaktor	
a)	Boden	285	36	30	18	16	36	USA
	Löss	102	12	13,5	58,5	5		
	Q	*2,79*	3,00	2,23	*0,26*	*3,20*		
b)	Boden	179	20	40,5	23	16,6	arid	Russland
	Löss	150	17	33	36	14		
	Q	*1,19*	1,18	1,23	*0,65*	*1,18*		
c)	Boden	473	44	27,5	11,5	17	42	USA
	Löss	364	29,5	22	35,5	13		
	Q	*1,30*	1,49	1,25	*0,32*	*1,31*		
d)	Boden	439	50	19,5	8,5	22	43	USA
	Löss	310	26,5	23,5	32	18		
	Q	*1,43*	1,83	0,83	*0,26*	*1,22*		
e)	Boden	525	46	22	10	22	51	USA
	Löss	346	42	27	16	15		
	Q	*1,59*	1,09	0,81	*0,62*	*1,47*		
f)	Boden	494	36,5	33,5	29	1	ca. 60	Deutschland
	Löss	178	13,5	15	71	0,5		
	Q	*2,76*	2,70	2,23	*0,41*	*2,00*		
g)	Boden	556	47	25	10	18	?	USA
	Löss	440	42	30	13	15		
	Q	*1,22*	1,12	0,83	*0,77*	*1,20*		
h)	Boden	672	44,5	24	11,5	20	ca. 90	Russland
	Löss	375	30	28	30	12		
	Q	*1,8*	1,48	0,86	*0,39*	*1,66*		
i)	Boden	231	48,5	29,5	11	11	ca. 90	Russland
	Löss	178	31,5	21	39,5	8		
	Q	*1,30*	1,54	1,40	*0,28*	*1,37*		
j)	Boden	520	41,5	26,5	10	22	65	USA
	Löss	325	34	27,5	24,5	14		
	Q	*1,60*	1,22	1,96	*0,41*	*1,57*		

Alle diese Böden zeigen mit graduellen Unterschieden denselben Auswaschungsfaktor wie die Böden der Tabelle 1, sind also Lithosols, bei denen das Muttergestein den Chemismus bestimmt. Dieser ist auch bei diesen Tschernosem von der Befeuchtung unabhängig.

Tabelle 9. *Klimasols auf Löss*

		si	al	fm	c	alk	Regenfaktor	
a)	Boden	592	70	20,5	3,5	6	semiarid	Deutschland
	Löss	222	56	12	1	31		
	Q	*1,83*	1,25	1,71	*3,50*	*0,19*		
b)	Boden	250	40	33	15,5	11,5	semiarid	Russland
	Löss	252	42,5	33	12,5	12		
	Q	*0,99*	0,94	1,00	*1,24*	*0,96*		
c)	Boden	361	47,5	35,5	5,5	10,5	ca. 90	Ungarn
	Löss	372	48	39	4	9		
	Q	*0,97*	0,99	0,91	*1,63*	*1,17*		
d)	Boden	685	45,5	24	11	19,5	ca. 90	Russland
	Löss	475	38	35	11	16		
	Q	*1,44*	1,20	0,69	*1,00*	*1,22*		
e)	Boden	675	51,5	20,5	7,5	20,5	69	USA
	Löss	571	50	27,5	6	15,5		
	Q	*1,18*	1,03	1,75	*1,25*	*1,24*		
f)	Boden	552	50	17,5	10	22,5	65	USA
	Löss	404	40,5	33	9,5	17		
	Q	*1,36*	1,23	0,55	*1,05*	*1,25*		
g)	Boden	456	46	23	11	20	65	USA
	Löss	386	41	29	11	19		
	Q	*1,19*	1,12	0,79	*1,00*	*1,01*		
h)	Boden	250	40	32,5	15,5	12	?	Russland
	Löss	254	42,5	33	12,5	12		
	Q	*0,98*	0,94	0,98	*1,24*	*1,00*		

Wir finden somit auf Löss folgende Böden:

Befeuchtung	Lithosols	Klimasols
arid	2	0
semiarid	4	2
semihumid	4	6

Im humiden Klima Deutschlands fand E. MUECKENHAUSEN basenreiche braune Waldböden, die in basenarme rostfarbene übergehen. F. RICHARD beschreibt aus demselben Klima der Schweiz basenreiche „Braunerden" und „basenarme, degradierte" Braunerden. Im perhumiden Klima haben verschiedene Autoren verschiedene Böden auf demselben Gestein untersucht und sind dabei auf Klimasols und Lithosols gestossen, wie die verschiedenen Auswaschungsfaktoren zeigen (Tabelle 10).

Tabelle 10. *Lithosols und Klimasols des perhumiden Klimas*

		si	al	fm	c	alk	
a)	Quindíosol	459	46,5	14,5	1,5	37,5	Harz
	Granit	450	45,5	14	4	36,5	
	Q	*1,02*	1,02	1,03	*0,37*	*1,03*	
b)	Urwaldsol	612	24,5	39,5	9	27	ibid.
	Granit	304	25	26,5	11	37,5	
	Q	*1,98*	0,98	1,49	*0,82*	*0,72*	
c)	Quindisol	575	42,5	14	1	42,5	Schwarzwald
	Granit	314	40,5	16,5	4,5	38,5	
	Q	*1,83*	1,05	0,85	*0,22*	*1,10*	
d)	Urwaldsol	508	57	8,5	1	33,5	ibid.
	Granit	482	47	7,5	2,5	43	
	Q	*1,20*	1,21	1,13	*0,40*	*0,78*	
e)	Quindíosol	470	63	31	0	6	Puerto Rico
	Quarzdiorit	194	42	36	16	6	
	Q	*2,42*	1,42	0,86	*0*	*1,00*	
f)	Urwaldsol	556	61	28	4,5	6,5	ibid.
	Quarzdiorit	265	33,5	33,5	25,5	7,5	
	Q	*2,65*	1,82	0,83	*0,17*	*0,87*	
g)	Quindíosol	123	12,5	63,5	18,5	5,5	Frankenwald
	Diabas	112	7	64,5	23	5,5	
	Q	*1,10*	1,79	0,98	*0,80*	*1,00*	
h)	Urwaldsol	80	8,5	80,5	10	1	ibid.
	Diabas	69	3	70	25,5	1,5	
	Q	*1,16*	2,83	1,15	*0,37*	*0,66*	

Im Mittelmeergebiet hat man häufig die Degradierung der terra rossa beobachtet. Nach der Definition bildet sie sich auf kalkführenden Gesteinen und ist also sicher im Anfang ein basenreicher Lithosol, der sich dem Klima anpasst und zu roten Klimasols degradiert, die sich durch den Humusgehalt und die Perkolate unterscheiden, womit auch die Frage der tropischen Roterden gelöst ist. Nun zählt aber die konventionelle Bodenkunde die terra rossa zu den Klimaböden. Wie soll man jetzt die Degradierung deuten? LAATSCH löst dieses Problem so:

„In Südeuropa gibt es z. B. tropische Braunlehme und Rotlehme in weiter Verbreitung, die nach den Untersuchungen von KUBIENA als Reliktböden der subtropischen Tertiärzeit anzusehen sind und ihren Charakter unter völlig neuen Umweltsbedingungen bewahrt haben."

Wie die Tabelle 10 zeigt, bilden sich im tropischen Puerto Rico und im gemässigten Klima Deutschlands bei den Waldböden ganz genau dieselben Lithosols und Klimasols. Die tropischen Klimasols zeigen dieselben Kennzeichen wie die europäischen, wo es in Deutschland ebenfalls rote alte Böden gibt. Diese „tropischen Klimaböden" existieren nur in der Literatur der konventionellen Bodenkunde.

Wir formulieren nun das PALLMANNsche Gesetz, da dieser wohl der erste war, der in seiner Sukzessionsserie die Degradierung nennt: *Bei normal drainierten Waldböden geht die Entwicklung vom Muttergestein über den basenreichen Lithosol, als Haltepunkt, zum basenarmen Klimasol.*

Bei Wannenböden mit gehemmter Basenwegfuhr werden die Basen angereichert und sie versalzen schliesslich: S ist grösser als T. Man kann fruchtbare Ca-K- und vegetationsfeindliche Mg-Na-Salzböden unterscheiden. Bei der konventionellen Bodenkunde ist es anders, wie KUBIENA (1948) zeigt. Da bildet sich erst der Solontschak (Ca-K-Salzboden), dann der Solonetz (Mg-Na-Salzboden) und schliesslich der basenarme Solod mit dem Auswaschungsfaktor $+si-c-alk$. Welche Salzbodenvarietät sich in einer Wanne bildet, das entscheidet das Muttergestein. Wenn also die Umwandlung eines Solonetz in einen Solontschak erfolgte, so müsste das Muttergestein wechseln. Die Degradierung zum Solod erfolgt durch einen Wechsel der Wasserbewegung, zum Beispiel durch Drainage.

In der Natur liegen die basenarmen Solod an höheren Stellen der Wanne um den Salzboden herum. Der Solod wird ausgewaschen, ist eluvial, und das Wasser verfrachtet die Salze nach dem Zentrum, das illuvial ist und versalzt. *Solod und Solonetz oder Solontschak bilden keine Sukzessionsserie, sondern eine Katena.*

5. Bodengenetik

Die russische und nordamerikanische Bodenkunde sprechen von zonalen, intrazonalen und azonalen Böden, aber ohne sie zu definieren. Hier handelt es sich offenbar um genetische Begriffe. Nehmen wir eine bestimmte Klimazone, dann müsste sich nach dem zweiten LANGschen Gesetz bei optimalen Bodenbildungsbedingungen der *zonale* Klimaboden bilden. Auf Ca-reichen Gesteinen entwickelt sich nach dem JENNYschen Gesetz der *intrazonale* Lithosol. In Ebenen finden wir dann *azonale* Hydrosols (Wiesen, Steppen, Salzsteppen und Anmoore).

Den Einfluss des Klimas zeigen die zonalen Klimasols. Diese kennt aber die konventionelle Bodenkunde nicht, also berichtet sie über Be-

obachtungen an intrazonalen und azonalen Böden, die mit dem Klima nichts zu tun haben und deren Schlussfolgerungen nicht den Tatsachen entsprechen. Wenn sich Irrtümer mit Unlogik paaren, dann führt dies zum Chaos.

6. Bodensystematik

Es ist das grosse Verdienst von H. PALLMANN, eine logische Bodenklassifikation vorgeschlagen zu haben. Die Böden werden durch ein erstes Kennzeichen in Klassen unterteilt. Durch ein zweites Merkmal werden diese in Bodenordnungen unterteilt. Ein drittes Kriterium verteilt die Böden jeder Ordnung in Verbände und ein viertes Charakteristikum definiert dann die Bodentypen.

Schon im Vorschlag benützte PALLMANN die Wasserbewegung, den Humusgehalt und das Perkolat. Bei der Modifikation wurde nur der Basengehalt hinzugefügt. Damit haben wir die Kennzeichen, die die Böden charakterisieren. Sie ergeben sich aus der Dynamik oder Genetik, die nun mit der Systematik eine logische Einheit bilden.

Aber so viel Logik gefällt der konventionellen Bodenkunde nicht. Sie gibt KUBIENA (1953) den Vorzug, dessen Systematik auf folgenden Grundsätzen aufgebaut ist:

„Die entscheidenden und darum vorangestellten Merkmale werden niemals im voraus festgelegt, sondern ergeben sich erst aus der genauen Vergleichung der verschiedenen Formen. Sie sind niemals für alle Bodenbildungen feststehend, sondern unterliegen einem dauernden Wechsel, in dem einmal diese, einmal jene Merkmalsgruppe in den Vordergrund tritt."

Logik führt zu Erkenntnissen, Irrtum und Logik zur Wahrheit, Irrtum und Unlogik zum Chaos!

Zusammenfassung

Geologisch-petrographisch ist der Boden ein metamorphes Gestein. Die sich bei der Umwandlung ergebenden chemischen Veränderungen können durch die Niggliwerte, die sich vier Jahrzehnte in der Petrographie bewährt haben, erfasst werden. Es ergeben sich dann folgende Definitionen und Gesetze:

1. Bodenbildung ist sialitische Oberflächenverwitterung.

2. Der Boden ist ein polydisperses System von Teilchen von 2 mm Durchmesser bis zu kolloidalen und angströmdispersen Anteilen, das zum Basenaustausch befähigt ist. Er besteht aus Resten und Produkten

der siallitischen Oberflächenverwitterung und der Verwesung organischer Substanzen. Seine obere Grenze ist die Atmosphäre, seine untere der tiefste Stand des obersten Grundwasserspiegels bzw. die oberste Zementationszone.

3. JENNYsches Gesetz: Normal drainierte, endoperkolative und basenreiche Böden sind Gesteinsböden oder Lithosols.

4. Erstes LANGsches Gesetz: Die Befeuchtungen arid, semiarid, semihumid, humid und perhumid sind durch die Regenfaktoren 40, 60, 100 und 160 zu definieren.

5. Zweites LANGsches Gesetz: Normal drainierte, basenarme Böden sind Klimasols, die mit der Befeuchtung den Humusgehalt und den Auswaschungsfaktor ändern.

6. VAN HISE-GLINKAsches Gesetz: Die untere Bodengrenze ist beim tiefsten Stand des obersten Grundwasserspiegels bzw. der obersten Zementationszone.

7. PALLMANNsches Gesetz: Bei normal drainierten Waldböden geht die Bodenentwicklung vom Muttergestein über den basenreichen Lithosol zum basenarmen Klimasol.

8. GEERING zeigt, dass die B-Horizonte von Waldböden *keine* Illuvialhorizonte sind, sondern mit der Zeit ausgelaugt werden.

Literatur

S. M. P. M. = Schweiz. Mineralog. u. Petrogr. Mitteilungen

BLANCK, E. (1949): Einführung in die genetische Bodenlehre. Göttingen.

DHEIN und MERTENS (1955): Die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften des Dikopshofer Dauerdüngungsversuches nach 45jähriger Versuchsführung. Z. f. Acker- und Pflanzenbau *100*/2.

DUEGGELI, M. (1930): Praktische Bodenkunde. Berlin.

GEERING, J. (1936): Beitrag zur Kenntnis der Braunerdebildung auf Molasse im Schweizerischen Mittelland. Landw. Jb. d. Schweiz *50*/2.

GLINKA, K. (1914): Die Typen der Bodenbildung. Berlin.

GSCHWIND, M. (1931): Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Diss. ETH, Zürich.

JENNY, H. (1926): Die alpinen Böden. Denkschr. d. schweiz. Natf. Ges. *63*/2.

— (1928): Bemerkungen zur Bodentypenkarte der Schweiz. Landw. Jb. d. Schweiz *42*/3.

— (1929): Klima und Klimaböden in Europa und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Bodenkundl. Forschungen *I*/3.

— (1941): Factors of soil formation. New York and London.

KUBIENA, W. L. (1948): Entwicklungslehre des Bodens. Wien.

— (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart.

LAATSCH, W. (1953): Die Dynamik der mitteleuropäischen Waldböden. Dresden und Leipzig.

LANG, R. (1915): Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. f. Bodenkunde.

MOHR and VAN BAREN (1954): Tropical Soils. Den Haag.

MUECKENHAUSEN, E. (1936): Die deutschen Bodentypen nach dem heutigen Stande der Bodentypenlehre. Geol. Rdsch. *27*/2.

NIGGLI, P. (1926): Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. S. M. P. M. *5*/2.

OLBERTZ, M. H. (1957/1958): Über die wissenschaftlichen Grundlagen der Bodenmeliorationslehre. Wissenschaftl. Z. d. Univ. Rostock *7*/3.

PALLMANN, H. (1934): Über Bodenbildung und Bodenserien in der Schweiz. D. Ernährung der Pflanze. *30*/13—14.

— (1947): Pédologie et Phytosociologie. C. R. Congr. Int. Péd.

RICHARD, F. (1950): Böden auf sedimentären Mischgesteinen im schweizerischen Mittelland. Mitt. d. schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen *26*/2.

SCHAUFELBERGER, P. (1950): Wie verläuft die Gesteinsverwitterung und Bodenbildung in den Tropen, insbesondere in Kolumbien? S. M. P. M. *30*/2.

— (1953): Tropische Verwitterung und Bodenbildung über Andesit und Diorit. S. M. P. M. *33*/1.

— (1954): Verwitterung und Bodenbildung auf basischen Eruptivgesteinen. S. M. P. M. *34*/2.

— (1955): Zur Systematik der Tropenböden. Vjschr. d. Natf. Ges. in Zürich *100*.

— (1955a): Die Farben der Tropenböden. Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde *70*/1.

— (1958): Las bases científicas de la Edafología. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal *17*. Madrid.

— (1958a): Die Bodentypen des modifizierten Systems Pallmann. S. M. P. M. *38*/1.

SCHERF, E. (1930): Über die Rivalität der boden- und luftklimatischen Faktoren bei der Bodentypenbildung. Jber. d. kgl. ung. geol. Anst.

— (1935): Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der grossen ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenbildung. Ibid. für 1925—1928.

STREMME, H. (1926): Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin.

TREITZ, P. (1933): Ein Beispiel für moderne Bodenuntersuchungen. D. Ernährung der Pflanze *29*/2.

WALTHER, J. (1925): Bau und Bildung der Erde. Leipzig.

Eingegangen: 15. April 1959.