

INTERNATIONALE MITTEILUNGEN FÜR BODENKUNDE

REVUE INTERNATIONALE
DE PÉDOLOGIE

INTERNATIONAL REPORTS
ON PEDOLOGY

Unter Leitung der Herren

Prof. **K. Glinka** (Petersburg), Dr. **D. J. Hissink** (Groningen),
Prof. **Jac. G. Lipman**, (New Brunswick, U. S. A.), Prof.
G. Murgoci (Bukarest), Prof. **E. Ramann** (München) und
Prof. **F. Schucht** (Berlin)

sowie unter Mitarbeit von Prof. **R. Albert** (Eberswalde), Prof. **G. Andersson** (Stockholm), Prof. **K. Aso** (Tokyo), Privatdoz. Dr. **R. Ballenegger** (Budapest), Prof. **J. van Baren** (Wageningen), Prof. **K. O. Björlykke** (Aas-Norwegen), Prof. **E. Blanck** (Göttingen), Dr. **G. Borghesani** (Rom), Prof. **P. Ehrenberg** (Breslau), Privatdoz. Dr. **H. Fischer** (München), Prof. **B. Frosterus** (Helsingfors), Prof. **R. Ganssen** (Berlin), Dir. Dr. **A. Grégoire** (Gembloix), Dr. **B. von Horváth** (Budapest), Dr. **A. Jarilow** (Moskau), Prof. **Kleberger** (Gießen), Prof. **Kopecky** (Prag), Geh. Reg.-Rat Prof. **E. Krüger** (Berlin), Prof. **R. Lang** (Halle), Prof. **W. Graf zu Leiningen** (Wien), Prof. **O. Lemmermann** (Berlin), Dr. **P. Liechti** (Bern - Liebefeld), Prof. **Ch. B. Lipman** (Berkeley), Prof. **E. A. Mitscherlich** (Königsberg), Prof. Dr. **H. Niklas** (München), Prof. Dr. **Sven Odén** (Upsala), Prof. **S. G. de Angelis d'Ossat** (Perugia), Prof. **P. Vinassa de Regny** (Parma), Prof. **A. Rindell** (Abo), Dr. **E. J. Russell** (Rothamsted Harpenden), Prof. **A. v. Sigmund** (Budapest), Hofrat Prof. **J. Stoklasa** (Prag), Prof. **H. Stremme** (Danzig), Geh.-Rat Prof. **B. Tacke** (Bremen), Prof. **G. Tanfiliew** (Odessa), Prof. **P. Treitz** (Budapest), Geh. Forstrat Prof. Dr. **H. Vater** (Tharandt-Dresden), Prof. **G. Wiegner** (Zürich), Prof. **M. Withney** (Washington) usw.

Schriftleitung: Prof. **F. Schucht**.

Band XIV

1924



Verlag Franz Wunder / Berlin NW. 23.

15N 20664



**Untersuchungen
bezüglich der zur Bestimmung der Bodenreaktion
benutzten elektrometrischen Methoden.**

Mitteilung aus Statens Planteavls-Laboratorium, Lyngby-Dänemark
von
Harald R. Christensen und S. Tovborg Jensen.

In einer unlängst erschienenen Abhandlung (1—2)¹⁾ ist von dem einen Verfasser des vorliegenden Berichtes über die Ergebnisse einer ziemlich umfassenden vergleichenden Untersuchung bezüglich einiger neuzeitlichen Verfahrensweisen zur Bestimmung der Reaktion und des Kalkbedürfnisses des Bodens ausführlich berichtet worden; die genannte Untersuchung umfaßte folgende Methoden: die Lakkmusprobe, die Azotobakterprobe, ferner die kolorimetrischen Methoden zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentrationen und endlich die Hasenbäumer'sche und die Comber'sche Probe. — Außerdem wurden die durch elektrometrische bzw. durch kolorimetrische Messung der Wasserstoffionenkonzentration gefundenen Werte (die ersteren unter Anwendung der Wasserstoffelektrode) vergleichshalber zusammengestellt.

Es handelt sich bei der letzteren Untersuchung (mit einer einzelnen Ausnahme) von Böden mit Reaktionszahlen (P_H -Werten) unter 7, und die Uebereinstimmung der Ergebnisse der beiden Meßmethoden war bei diesen Böden befriedigend. Es konnte aber aus einer Reihe von Untersuchungen, die damals noch nicht abgeschlossen waren, gesehen werden, was in der erwähnten Abhandlung schon berührt wurde, daß die alkalisch reagierenden Böden eine weniger gute Uebereinstimmung zeigen würden, und um die ganze Frage in einer befriedigenden Weise zu beleuchten, mußte dann die neue Untersuchung bedeutend breiter angelegt werden, als man es bisher für notwendig gehalten hatte.

Die sicherste und genaueste Methode zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration einer Flüssigkeit ist zweifelsohne die elektrometrische, und man hat auch vielfach dieses Verfahren bei Untersuchungen bezüglich der Bodenreaktionen in Anwendung gebracht. Handelt es sich aber um Massenuntersuchungen, wie dies

¹⁾ Die in Klammern befindlichen Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis S. 13.

z. B. hier in Dänemark bei der Bestimmung des Kalkbedürfnisses der Böden der Fall ist (2), so ist das Verfahren bis zum heutigen Tage zu umständlich und zeitraubend gewesen. Die von E. Biilmann (3—4) eingeführte ChinhydronElektrode, die an Stelle der Wasserstoffelektrode treten soll, bedeutet aber in dieser Beziehung einen sehr wesentlichen Fortschritt; mittelst derselben läßt sich eine P_H -Bestimmung im Laufe weniger Minuten durchführen. Der von Professor Biilmann gestellte Vorschlag, daß zwischen dem chemischen Laboratorium der Kopenhagener Universität und dem Staatlichen Laboratorium für Pflanzenbau eine Zusammenarbeit zur näheren Untersuchung der Anwendbarkeit der ChinhydronElektrode bei Reaktionsbestimmungen der Böden aufgenommen werde, ist vom letztgenannten Laboratorium mit Freude entgegengenommen worden.

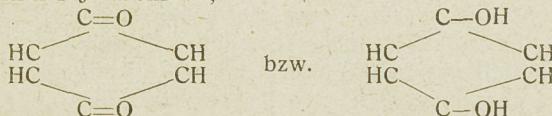
Im letztgenannten Laboratorium wurde dann mittelst 75 verschiedenen Böden ein Vergleich der ChinhydronElektrode mit der Wasserstoffelektrode durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind dem Professor Biilmann übergeben worden und werden aus seiner Hand als Abhandlung in „The Journal of Agricultural Science“ erscheinen; es geht aus denselben hervor, daß die ChinhydronElektrode bei Messungen der Wasserstoffionenkonzentration von Bodenaufschlemmungen in Bezug auf Genauigkeit vollkommen mit der Wasserstoffelektrode wetteifern kann, und daß sie in Bezug auf Raschheit der Ausführung die letztere weit übertrifft. Da die oben erwähnten Erfahrungen aus den vergleichenden Untersuchungen der elektrometrischen und kolorimetrischen Messungen es angebracht erscheinen ließen, die letztere auf einer noch breiteren Grundlage aufzustellen, hat das Laboratorium diese Bestimmungen fortgesetzt, und 170 Ackerböden, 19 Marschböden und 15 Humusböden sind jetzt in diese Art und Weise untersucht worden. Das gleiche Material wurde zur Supplierung der in der Tabelle 1 erwähnten Vergleichungen der kolorimetrischen und elektrometrischen Methode benutzt. Die kolorimetrische Messung wurde sowohl für Bodenaufschlämungen als für Filtrate und (bei den meisten Böden) für Zentrifugate derselben in Anwendung gebracht. Außerdem haben wir die Gelegenheit benutzt, einen Vergleich zwischen den elektrometrisch bestimmten Reaktionszahlen und den Ergebnissen der Azotobakterprobe bzw. der Hasenbäumerprobe und der Comberprobe anzustellen damit man auf einer exakteren Grundlage als bei den früheren entsprechenden Untersuchungen, wo die kolorimetrische Methode zur Anwendung kam, die beiderseitigen Grenzzahlen des P_H für die bei diesen Proben notierten Reaktionen bestimmen konnte.

Im Betreff der Comberprobe wurde neben der gewöhnlichen Comberflüssigkeit (einer alkoholischen Lösung von Kaliumrhodanid: Flüssigkeit I) für die hier „farblos“ reagierenden Boden-

proben die H i s s i n k'sche Modifikation derselben (5): Flüssigkeit II, d. h. die ähnliche Lösung, mit ein wenig Ferrichlorid versetzt, in Anwendung gebracht. Die Farbe wurde auf 3 einander folgenden Tagen, das erste Mal nach wenigen Stunden der Ruhe, beobachtet.

In der Voraussetzung, daß das Prinzip der elektrometrischen Messung der Wasserstoffionenkonzentration und die Anwendungsart der Wasserstoffelektrode allgemein bekannt sind, sei hier über die Messung mittelst der Chinhydronelektrode folgendes mitgeteilt:

Das Prinzip dieser Methode ist von dem der gewöhnlichen, wo die Wasserstoffelektrode zur Anwendung kommt, nicht sehr verschieden; Professor E. B i i l m a n n (3 und 4) an der Universität Kopenhagen hat dasselbe angegeben und die Methode ausgearbeitet. Wie es aus dem Namen hervorgeht, wird bei diesem Verfahren zur P_H -Bestimmung die organische Substanz Chinhydron, deren empirische Formel $C_6H_4O_2H_2$, $C_6H_4O_2$ ist, in Anwendung gebracht. Die chemische Konstitution dieser Substanz ist nicht bekannt, man kann aber das Molekül als ein aus einem Molekül Chinon und einem Molekül Hydrochinon,



gebildetes auffassen. Sie stellt eine bronzefarbige, kristallinische, in Wasser ziemlich schwerlösliche Substanz dar, die bei der Auflösung in ihre Komponente Chinon und Hydrochinon gespalten wird, indem die Lösung stets die gleiche Anzahl Molekülen beider Substanzen enthält.

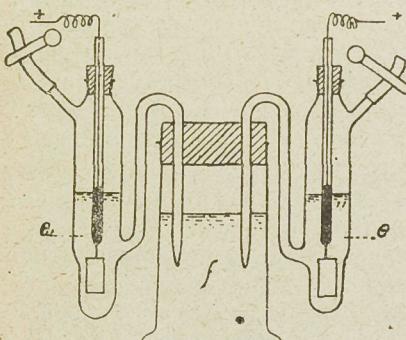


Fig. 1.

e) Vergleichselektrode: Chinhydron in 0,01 n. HCl, 0,09 n. KCl. e₁) Chinhydronelektrode mit der Flüssigkeit, deren Wasserstoffionenkonzentration bestimmt werden soll. f) Verbindungsflüssigkeit 3,5 n. KCl

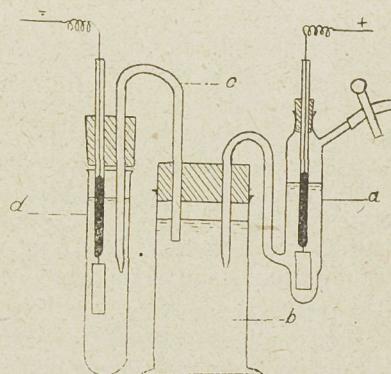


Fig. 2.

- a) Vergleichselektrode,
- b) Verbindungsflüssigkeit, 3,5 n. KCl,
- c) Agarrohr mit 3,5 n. KCl,
- d) Reagenzglas als Elektrodegefäß.

Sind in der Lösung Wasserstoffionen vorhanden, was bei wässerigen Lösungen ja stets der Fall ist, wird ein Teil derselben mit einem Teil des Chinons unter Bildung von Hydrochinon reagieren, indem ein Molekül Chinon zwei Wasserstoffionen aufnehmen kann, welche dann ihre positive Ladung an eine in der Flüssigkeit versenkte Platinelektrode abgeben, die dadurch eine positive Spannung erhält. Diese Spannung steht zu der Wasserstoffionenkonzentration der Lösung in einem ganz bestimmten Verhältnis, wie auch die Spannung der Wasserstoffelektrode von der Wasserstoffionenkonzentration der umgebenden Flüssigkeit abhängig ist.

Das Verfahren gestaltet sich also dermaßen, daß man eine Chinhydronelektrode bildet, indem eine geringe Menge Chinhydron in diejenige Flüssigkeit eingeführt wird, deren P_H gemessen werden soll, und eine blanke Platinelektrode in die Lösung versenkt wird. Dann verbindet man die Chinhydronelektrode mit einer Normalelektrode zu einem Element, dessen Spannung gemessen wird, wodurch das P_H der Lösung sich berechnen läßt. Als Vergleichselektrode kann eine Kalomelektrode (der oben beschriebenen Art), auch etwa eine andere, nach dem Vorschlag S. Veibels (6) dargestellte Chinhydronelektrode verwendet werden; die letztere erhält man durch Auflösung von Chinhydron in einer Flüssigkeit, die Salzsäure gegenüber 0,01 n., Kaliumchlorid gegenüber 0,09 n. ist. Die Anordnung wird aus der Fig. 1 hervorgehen.

Wird als Vergleichselektrode eine Chinhydronelektrode der beschriebenen Art verwendet, läßt das P_H sich aus folgender Gleichung ausrechnen $P_H = 2,04 + \frac{II}{0,0577}$ wo II die gemessene Spannungsdifferenz, in Volt ausgedrückt, bedeutet. Die theoretische Grundlage der Ableitung dieser Formel ist mit der der entsprechenden Formel für die Wasserstoffelektrode identisch und soll an dieser Stelle nicht weiter besprochen werden. Es wird nicht notwendig sein, bei der Darstellung dieser Elektroden bestimmte Mengen von Chinhydron abzuwägen, weil die Spannung der ersteren von der Konzentration der Chinhydronlösung nicht abhängig ist, sondern nur durch das relative Verhältnis der Chinon- und Hydrochinonmengen der Lösung beeinflußt wird, und dieses Verhältnis wird stets ein konstantes bleiben und von der benutzten Chinhydronmenge unabhängig sein.

Die Anwendung des Verfahrens gestaltet sich einfach und schnell, und eine Messung wird sich in ca. 5 Minuten durchführen lassen, weil die Spannung beinahe sofort ihren endgültigen Wert annehmen wird; dagegen dauert die Messung mittelst der Wasserstoffelektrode gewöhnlich $\frac{1}{2}$ —1 Stunde.

Ein Gehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit an sauerstoffabgebenden Substanzen ist bei dieser elektrometrischen Methode weniger störend als bei der bisher üblichen, weil das Hydrochinon

nicht in demselben Maße wie der Wasserstoff dieselben reduziert. Bei alkalischen Lösungen, deren P_H wesentlich über 8,5 belegen ist, läßt sich das Verfahren aber nicht verwenden, weil dieselben eine weitgehende Umbildung des Chinhydrons bewirken, und es liegt an der Hand, daß eine Chinhydron-Elektrode solchen Substanzen gegenüber nicht anwendbar ist. Bei der Untersuchung einer Anzahl von über 200 dänischen Bodenproben, wo das Verfahren, dem kolorimetrischen und dem wasserstoffelektrometrischen gegenübergestellt wurde, hat es, wie wir später sehen werden, niemals versagt, und wenn wir die Ueberlegenheit dieses neuen Verfahrens, was Schnelligkeit der Ausführung betrifft, über die letztere der beiden obigen Methoden in Betracht ziehen, dürfen wir wahrscheinlich annehmen, daß es auch bei künftigen Untersuchungen über die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens zu großer Bedeutung gelangen wird.

Aus der Tabelle 2 wird es ersichtlich sein, daß sogar ganz kleine Chlorkaliummengen, die in der Bodenaufschlämmung enthalten sind, ein Herabsinken des P_H -Wertes verursachen, und da als Verbindungsflüssigkeit zwischen den Elektroden eine 3,5 n-Chlorkaliumlösung verwendet wird, so muß ein Uebergehen kleiner Mengen dieser Flüssigkeit in die Bodenaufschlämmung möglichst vermieden werden.

Zufolge der bei der Benutzung der Chinhydron-Elektrode vorgesehenen Versuchsanordnung ist die Aussicht, daß durch Diffusion oder in irgend eine andere Weise Chlorkalium in die Bodenaufschlämmung gelangen sollte, eine verhältnismäßig geringe; die Verbindungsflüssigkeit muß hier nämlich durch das verhältnismäßig lange Heberrohr des Elektrodebehälters hinübergehen, ehe sie in die die Elektrode umgebende Flüssigkeit gelangen kann (siehe Abbildung 1). Bei der viel kürzeren Dauer der Bestimmungszeit bei Anwendung der Chinhydron-Elektrode als bei der Wasserstoffelektrode wird die Möglichkeit einer Diffusion merkbarer Mengen von Kaliumchlorid auch hier bedeutend geringer sein. Wenn man die Verbindungsflüssigkeit durch Zusatz von Agar-Agar erstarren läßt, wird man hierdurch in hohem Grade diese Möglichkeit vermindern können. Wir haben dieses Mittel später in Anwendung gebracht (z. B. bei der speziellen Untersuchung der neu hinzukommenden 500 Bodenproben, deren Resultat wir in der Tabelle 7 mitgeteilt haben), und zwar indem wir eine von Professor Biilmann vorgeschlagene, besonders für Massen-Untersuchungen bestimmte Simplifizierung des Verfahrens durchführten; bei dieser Modifikation werden anstatt Elektroden des gewöhnlichen Typus (Fig. 1) Reagenzgläser in Anwendung gebracht, weil dieselben sich leichter reinigen lassen und überhaupt eine einfachere Arbeitsweise gestatten (siehe Fig. 2). Außerdem ist der Leitungs-widerstand in dem langen Heberarm, der den fast immer schlecht

leitenden Bodenextrakt enthält, ein so großer, daß die Einstellungs-sicherheit bei der Messung der Stromspannung bei Anwendung des gewöhnlichen Elektrodegefäßes vermindert wird, und die Anwendung von Reagenzgläsern gestattet also eine schnellere und genauere Messung. Bei unseren ersten Versuchen mit Reagenzgläsern haben wir nicht Agar verwendet, und in Uebereinstimmung mit den obigen Ausführungen ist die Spannung während der Messung dann ziemlich schnell heruntergegangen, indem die Aufschläm-mung eine höhere Wasserstoffionenkonzentration angenommen hatte. Nachdem wir die Zwischenflüssigkeit mit einem Zusatz von Agar versehen hatten, wurde die Spannungsdifferenz sehr bald von konstanter Größe.

Der Zusatz von Agar hat indessen auch gewisse Nachteile gehabt. In Standardflüssigkeiten wird es mitunter einige Minuten dauern, ehe die Spannung ihre endgültige Höhe erreicht, wogegen die Fortlassung des Agars fast momentan die richtige Spannung gestattet. Auch sind die Messungen bei Anwendung von Agar öfters bis auf 1—2 Millivolt von dem tatsächlichen Werte abweichend. Trotzdem ist der Zusatz von Agar empfehlenswert, weil die etwaigen kleinen Ungenauigkeiten (2 millivolt entsprechen 0,03 P_H) im Vergleich mit den durch das Uebergehen des Chlor-kaliums in die Bodenaufschämmung entstehenden Fehlern von unwesentlicher Bedeutung sind. Bei häufigem z. B. täglichen Wechsel der Agarröhrchen oder — und noch bequemer — wenn diese nach der Benutzung in eine 3,5 n-KCl-Lösung hineingetaucht werden, kann die besprochene Ungenauigkeit ganz aufgehoben werden.

Die Resultate sämtlicher nach den verschiedenen Ver-fahrungsweisen ausgeführten Untersuchungen sind aus der Tabelle 1 ersichtlich.

In dieser und in den folgenden Tabellen haben wir folgende Abkürzungen benutzt:

bei Aufbräusen durch Säure: 0 = kein, 1 = sehr schwaches, 2 = schwaches, 3 = ziemlich schwaches, 4 = starkes und 5 = sehr starkes;

bei A z o t o b a k t e r v e g e t a t i o n: 0 = keine, 1 = sehr schwache, 2 = schwache, 3 = ziemlich kräftige, 4 = kräftige;

bei H a s e n b ä u m e r - R e a k t i o n: g = rein gelb, bg = braungelb, o = orange, c = cinnober und k = karmin;

bei C o m b e r - R e a k t i o n: 0 = farblos, 0—1 sehr schwache Rotfärbung, 1 = schwache Rotfärbung, 2 = rot und 3 = stark rot.

Wie schon oben erwähnt, ist es der Hauptzweck dieser Untersuchungsreihe gewesen, die Anwendbarkeit der Chihydron-

elektrode bei der Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration zu untersuchen; zuerst wollen wir dann die mittelst der beiden Elektroden erhaltenen Resultate mit einander vergleichen.

Tabelle 1.

Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	PH' elektro- metrisch		PH' kolori- metrisch ¹⁾		Comber-Proben		Hasenbäumer- Probe
	Wasserstoffelek- trode, Suspension	chin- hydron- elektrode	Suspension	Filtrat	Aufbrausen mit Säure	Azotobakter- vegetation	
	Suspension	Filtrat	Zentrifugat	1. Tag	2. Tag	3. Tag	
Sandböden.							
15594	8,42	8,48	7,6	7,5	7,6	4	0 0 0 1 0 0
8965	8,36	8,38	7,6	7,6	7,3	4	0 0 0 2 (1-2) (0-1)
15655	8,34	8,30	7,6	7,6	7,6	5	0 0 0 (1-2) (0-1) 0
15596	8,21	8,32	7,6	7,5	7,6	4	0 0 0 1 0 0
15563	8,21	8,30	7,6	7,6	7,6	5	0 0 0 (1-2) (0-1) 0
8776	8,04	8,12	7,35	7,6	7,3	7,3	3 4 0 0 0 (1-2) 1 (0-1) gg gg gg gg gg gg
					(6,9)	(7,0)	
6593	8,00	8,18	7,2	7,3		2	4 0 0 0 0 (1-2) 1 (0-1)
8913	7,91	8,00	7,56	7,4	7,4	7,6	3 4 0 0 0 (1-2) (0 1) 0
6541	7,90	7,95		7,0	7,2		1 4 0 0 0 1 0 0
8376	7,89	8,08	8,0	7,8	8,0	4	4 0 0 0 0 0 0 0
8532	7,88	7,82	7,31	8,0	7,4	7,5	2 4 0 0 0 (1-2) (0-1) 0
					(7,4)	(7,4)	
6599	7,84	7,90	7,2	7,2		5	4 0 0 0 0 (0-1) 0 0
6983	7,63	7,56	7,10	6,9	7,0		1 4 0 0 0 2 (1-2) 1
8373	7,60	7,64		7,2	6,8	7,0	1 4 0 0 0 (0-1) 0 0
8894	7,55	7,48		7,3	7,0 ²⁾	7,3	0 4 0 0 0 2 (1-2) 1 g g g g g g
8759	7,50	7,52		7,0	(6,8)	(6,9)	1 0 0 0 0 (1-2) 1 (0-1) bg
6886	7,45	7,63		7,0	7,0	7,0	0 4 0 0 0 0 0
8912	7,44	7,48		7,6	(7,4)	(7,4)	3 4 0 0 0 (1-2) 1 (0-1) g
15578	7,40	7,52		6,8	6,7 ²⁾	7,2	1 4 0 0 0 0 0
7614		7,35	7,16	6,7	6,9		0 4 0 0 0 2 1 (0-1) bg
15232	7,34	7,42		7,0	(6,8)	(6,8)	1 4 0 0 0 2 (1-2) (0-1) bg
6977	7,26	7,34	6,81	6,7	6,9		1 4 0 0 0 (1-2) 1 (0-1) bg
8765	7,12	7,10		6,6	(6,6)	(6,7)	1 3 0 0 0 2 (1-2) 1 o
8756	7,12	7,19		7,0	(6,9)	(7,2)	0 4 0 0 0 (1-2) 0 0 bg

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämmung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämmungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Tabelle 1 (Fortsetzung).
Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden
zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	pH elektrometrisch		pH kolorimetrisch ¹⁾		Zentrifugat	Aufbrausen mit Säure	Comber-Proben			Hasenbäumer- Probe
	Wasserstoffelektrode, Suspens.	chinhydronelektrode	Suspension	Filtrat			Azotobakter-vegetation	Flüssigkeit I	Flüssigkeit II	
							1. Tag	2. Tag	3. Tag	
8807	7,10	7,10		6,9	7,2 (7,1)	6,9 (6,9)	1	4		
8758	7,10	7,20		6,6	6,4 (6,4)	6,9 (6,9)	0	3	0 0 0	(1-2) 1 (0-1) o
8326	6,94	6,96		6,6	6,6 (6,4)	6,9 (6,9)	1	0	0 0 0	bg
6721	6,91	6,88		6,4	6,7 (6,4)		1	1	0 0 0	o
8316	6,88	7,06		6,8	6,4 ²⁾ (6,4)	6,8 (6,8)	0	4	0 0 0	bg
7599	6,90	6,86		6,96	6,8 (6,8)		0	4	0 0 0	bg
6974	6,84	6,90		6,83	7,0 (6,8)	6,8 (6,8)	0	4	0 0 0	1 (0-1) 0 (1-2) 1 (0-1) bg
7673	6,82	6,72		6,95	6,7 (6,8)	6,9 (6,8)	1	3		bg
7452	6,80	6,78		6,80	6,7 (6,8)	6,8 (6,8)	1	4	0 0 0	(1-2) 1 (0-1) bg
7428	6,80	6,87		6,75	6,7 (6,8)	6,8 (6,8)	0	4	0 0 0	2 (1-2) (1-2) bg
8810	6,76	7,08		6,7	6,8 (6,8)	6,7 (6,8)	0	2	0 0 0	2 (1-2) 1 o
15225	6,77	6,82		6,6	6,4 (6,4)	6,7 (6,6)	0	3	0 0 0	2 (1-2) (0-1) c
15523	6,73	6,70		6,6	6,6 (6,7)	6,7 (6,7)	0	4	0 0 0	o
6881		6,72		6,60	6,4 ²⁾ (6,4 ²⁾	6,4 ²⁾ (6,4 ²⁾	0	0	0 0 0	c
6972	6,70	6,74		6,63	6,4 ²⁾ (6,4 ²⁾	6,7 (6,7)	0	2	0 0 0	2 (1-2) 1 c
6989	6,70	6,59		6,60	6,5 ²⁾ (6,5 ²⁾	6,6 (6,6)	0	4	0 0 0	2 2 (1-2) o
7466	6,68	6,62		6,40	6,6 (6,6)	6,6 (6,6)	0	0	0 0 (0-1)	o
8712	6,64	6,76		6,5 ²⁾ (6,3 ²⁾	6,4 (6,3 ²⁾	6,7 (6,7)	0	0	0 0 0	(1-2) (0-1) (0-1) g
8809	6,62	6,68		6,2 ²⁾ (6,6)	6,6 (6,6)	6,6 (6,7)	0	0	0 0 0	2 (1-2) 1 c
15240	6,62	6,78		6,6	6,4 (6,4 ²⁾)	6,7 (6,8)	0	1		o
6879		6,57		6,40	6,2 ²⁾ (6,2 ²⁾	6,2 ²⁾ (6,2 ²⁾	0	0		
8325	6,56	6,62		6,5	6,6 (6,5)	6,8 (6,6)	0	4	0 0 0	2 (1-2) 1 o
8691	6,52	6,60		6,4	6,6 (6,5)	6,7 (6,6)	0	2	(0-1) (0-1) (0-1)	c
6148	6,50	6,67		6,6	7,0 (6,0)	6,2 (6,3)	1	4	(0-1) (0-1) (0-1)	bg
8237	6,48	6,59		6,2	6,2 (6,0)	6,2 (6,3)	0	0	(1-2) (1-2) 2	k
7617		6,47		6,80	6,3 (6,4)	6,5 (6,4)	0	0	0 0 0	1 (0-1) 0 o
7180		6,47		6,57	6,3 (6,5)	6,4 (6,4)	0	0	0 0 0	2 (0-2) (1-2) g
7039		6,46					0	4		o
15210	6,44	6,46		6,4	6,2 (6,4)	6,3 (6,4)				

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden
zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	pH elektro- metrisch		pH kolori- metrisch ¹⁾		Aufbrausen mit Säure		Comber-Proben			Hasenbäumer- Probe
	Wasserstoffelek- trode, Suspens- sion	h chin- eydron- Elektrode	Suspension	Filtrat	Zentrifugat	Azotobacter- vegetation	Flüssigkeit 1. Tag	Flüssigkeit 2. Tag	Flüssigkeit 3. Tag	
8774	6,42	6,54		6,4	6,4 (6,4)	6,6 (6,5)	0	1	(0-1)(0-1)(0-1)	c
7441	6,36	6,37	6,74	6,3	6,7		1	1	(0-1)(0-1) 1	c
15184	6,34	6,20		6,4	6,4 (6,4)	6,3 (6,3)	0	3	(0-1)(0-1)(0-1)	bg
15188	6,34	6,28		6,2	6,1 (5,8 ²⁾	6,3 (6,3)	0	2	(0-1)(0-1)(0-1)	c
8889	6,32	6,30		6,2	6,5	6,3	0	0	(0-1)(0-1)(0-1)	c
6888	6,32	6,22	6,0 ²⁾	6,3			0	0	(0-1)(0-1)(0-1)	c
7423	6,30	6,62	6,58	6,5	6,6		0	0	0 0 0 1 (0-1)(0-1)	c
6969	6,30	6,34	6,43	6,3	6,5		0	0	0 0 0 (1-2) 1 (0-1)	c
7178	6,29	6,27	6,2	6,2			0	0	(0-1)(0-1)(0-1)	c
8717	6,20	6,20		6,2	6,2 (6,2)	6,4 (6,6)	0	0	(0-1)(0-1)(0-1)	c
15177	6,20	6,26		6,2	6,2 (6,0)	6,3 (6,3)	0	4	0 0 0 (2-3) 2 (1-2)	c
8375	6,15	6,14		6,0	6,0	6,1	0	4	0 0 0 (1-2) 1 (0-1)	c
8813	6,14	6,22		6,2	6,4 (6,4)	6,4 (6,4)	0	2	0 0 0 2 2 (1-2)	c
8378	6,14	6,24		5,8 ²⁾	5,9 ²⁾	6,2	0	0	1 1 1	k
8708	6,10	6,10		6,0	6,1 (6,4)	6,2 (6,2)	0	0	(0-1) 1 1	k
6860	6,10	6,04	6,12	5,8	5,9		0	0	1 1 (1-2)	k
15196	6,04	5,98		6,1	6,0 (6,0)	6,2 (6,2)	0	2	0 0 0 2 (1-2) 1	c
8356	6,02	6,10		5,9	5,9	6,0	0	0	(0-1)(0-1)(0-1)	k
6631	6,02	5,97		5,9	5,7		0	0		
15173	5,98	6,02		6,1	6,1	6,1	0	0	0 0 0 .2 (1-2) 1	c
8320	5,96	5,92		5,8	5,9	6,1	0	0	(0-1) 1 1	c
15465	5,92	6,04		6,0	6,2	6,2	0	0	1 (1-2)(1-2)	k
15533	5,84	5,86		5,8	6,1	6,1	0	0	1 (1-2)(1-2)	k
8290	5,82	5,90		5,7	5,9	6,0	0	0	(1-2)(2-3)(2-3)	k
6766		5,79	5,82	5,6	5,6		0	0	1 1 (1-2)	k
6890	5,50	5,62	5,74	5,4	5,6		0	0	1 1 (1-2)	k
8334	5,32	5,40		5,4	5,6	5,5	0	0	(1-2) 2 (2-3)	k
7623		5,20	5,32	5,3	5,3		0	0	(1-2)(1-2) 2	k
6891		4,61		4,5,2	4,5,2		0	0	(2-3) 3 3	k

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämmung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämmungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Tabelle 1 (Fortsetzung).
Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden
zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	PH elektro- metrisch		PH kolori- metrisch ¹⁾		Aufbrausen mit Säure		Azotobacter- Vegetation	Comber-Proben			Hasenbäumer- Probe	
	Wasserstoffelektrode, Suspens.	chin- hydron- elektrode	Suspension	Filtrat	Zentrifugat	1. Tag	2. Tag	3. Tag	1. Tag	2. Tag	3. Tag	
Lehmböden.												
8530	8,22	8,28	7,62	8,0	7,7 (7,7)	7,8 (7,6)	3	0	0	0	(1-2)	1 (0-1) g
15616	8,14	8,10			7,6	7,6	7,6	5	4	0	0	0 (1-2) 0 0
6173	8,10	8,22			7,6	7,4		3		0	0	1 0 0
15693	8,00	8,00	7,53	7,6	7,6	7,6	1	4	0	0	0	2 (1-2) 1
6182	7,96	8,10			7,6	7,4		4	4	0	0	0 1 0 0
7020	7,88	7,93	7,34	7,1	7,3		0	3	0	0	0	(0-1) 0 0
6547	7,85	8,00			7,1	7,2		1	4	0	0	0 1 (0-1) 0
8419	7,84	7,78			7,0 (6,8)	7,0 (6,9)	0	4	0	0	0	bg
6174	7,82	7,94	7,31	6,8	7,3		1	3	0	0	0	(1-2) 1 (0-1) g
8739	7,74	7,82	7,53	7,4	7,4 (7,3)	7,3 (7,2)	2	4	0	0	0	(1-2) 1 (0-1) g
6176	7,72	7,64			6,4 ²⁾	7,0		1	4	0	0	0 1 1 (0-1) bg
15677	7,68	7,90			7,2	7,6	7,3	1	4	0	0	0 2 (1-2) 1 g
8720	7,55	7,62			7,0 (6,5)	6,5 (6,8)	6,9	1	4	0	0	0 (1-2) 1 (0-1) o
8221	7,48	7,50			7,6 (7,3)	7,5 (7,6)	7,6	2	4	0	0	0 (0-1) 0 0 g
7151	7,48	7,48	7,24	7,4	7,2		1	4	0	0	0	(1-2) 1 (0-1) o
15347	7,44	7,60			7,0 (6,8)	6,9 (6,8)	6,9	0	4	0	0	0 2 1 (0-1) bg
8740	6,62	6,76			6,6 (6,42)	6,4 (6,8)	6,7	1	4	0	0	0 0 0 o
8307	7,32	7,42			7,2	7,0	7,3	1	4	0	0	0 1 (0-1) 0 bg
7489	7,31	7,39	7,00	6,8	7,0		1	2	0	0	0	2 (1-2) (1-2) bg
7018	7,24	7,26	6,82	6,5 ²⁾	6,7		0	0	0	0	0	(0-1) o
6697		7,24	7,16	6,6	7,0		0	3	0	0	0	(1-2) 1 (0-1) o
7138		7,19	6,83	6,4 ²⁾	6,8		0	0	0	0	0	(1-2) (1-2) 1 o
15560	7,18	7,22			6,8	6,7	6,8	1	4	0	0	0 2 (1-2) (0-1) bg
8867	7,18	7,30			6,7	7,0	7,0	0	4	0	0	0 0 0 bg
15324	7,15	7,14			6,9	7,0	6,9	2	4	0	0	0 (1-2) 1 (0-1) g
7162		7,14	6,60	6,5	6,6		0	4				
7071	7,12	7,04	6,58	6,4	6,4		0	4	0	0	0	2 (1-2) 1 c
15519	7,10	7,23			6,8	6,7	6,8	1		0	0	0 2 (1-2) 1 bg
8799	7,08	7,04			6,8 (6,8)	6,7 (6,8)	6,9	0	2	0	0	0 (1-2) 1 (0-1) o

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden
zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	PH ⁺ elektro- metrisch		PH ⁺ kolori- metrisch ¹⁾		Aufbrausen mit Säure	Azotobacter- vegetation	Comber-Proben						Hasenbäumer- Probe			
	Wasserstoffelek- trode, Suspens.	chin- hydron- elektrode	Suspension	Filtrat			Flüssigkeit			Flüssigkeit						
							1. Tag	2. Tag	3. Tag	1. Tag	2. Tag	3. Tag				
8304	7,08	6,99	6,9	6,6	6,8	1	4	0	0	0	2	1	(0-1)	g		
6688	7,07	7,04	6,92	6,7	6,9	0	2	0	0	0	2	(1-2)	1	o		
8721	7,04	7,14	6,6	6,5	6,7 (6,7) (6,7)	0	0	0	0	0	(1-2)	(1-2)	1	g		
7150	7,03	6,94	6,62	6,5	6,6	0	4	0	(0-1)	(0-1)				c		
7742	7,02	7,02	6,71	6,5	6,8	0	4	0	0	0	(1-2)	1	1	o		
8315	6,94	7,10	—	7,0	6,6 ²⁾	6,9	0	4	0	0	0			o		
7153			6,92	6,52	6,8	6,6	0	0						c		
15332	6,94	7,10	—	6,7	6,8 (6,9) (6,8)	0	0	0	0	0	2	(1-2)	1	o		
7145		6,90	—	6,5 ²⁾	6,5 ²⁾	6,8	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)			c		
15376	6,82	6,80	—	6,6	6,6 (6,6 ²⁾)	6,7 (6,7)	1	4	0	0	0	2	1	(0-1)	bg	
8729	6,80	6,84	—	6,4	6,3 (6,3 ²⁾)	6,6 (6,6)	0	3	0	0	0	(1-2)	1	(0-1)	bg	
15225	6,77	6,82	—	6,6	6,4 (6,4)	6,6 (6,7)	0	3	0	0	0				c	
6829	6,76	6,76	6,4 ²⁾	6,8	—	0	1								c	
6177	6,70	6,78	—	6,4	6,3 ²⁾	—	0	0							c	
6972	6,70	6,74	6,63	6,4 ²⁾	6,7	—	0	2	0	0	0				c	
15363	6,64	6,70	—	6,5	6,6 (6,6)	6,6 (6,5)	1	2	0	(0-1)	(0-1)				bg	
7441	6,62	6,63	6,71	6,6	6,8	—	1	1	(0-1)	0-1	1				c	
6784	6,60	6,68	6,80	6,6	6,8	—	0	4	0	0	0	(1-2)	1	1	o	
15620	6,54	6,68	—	6,8	6,7 ²⁾	7,0	1	4	0	0	0	[1-2]	[1-2]	1	o	
8791	6,50	6,58	—	6,4	6,4 (6,3)	6,6 (6,5)	0	4	0	0	0	2	1	[0-1]	g	
15510	6,48	6,43	—	6,6	6,6	6,6	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)				o	
6706	6,47	6,50	6,42	6,0 ²⁾	6,3 ²⁾	—	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)				c	
15463	6,42	6,56	—	6,3	6,6	6,6	0	1	0	0	0	2	2	[1-2]	k	
15336	6,40	6,42	—	6,3	6,5	6,6	0	0	0	0	0	[1-2]	[1-2]	1	c	
6778	6,39	6,52	6,4	6,5	—	0	4	(0-1)	(0-1)	(0-1)					o	
7165	6,38	6,47	6,31	6,3	6,3	—	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)				k	
8877	6,36	6,44	—	6,3	6,4	6,4	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)				k	
8745	6,34	6,45	—	6,4	6,3 (6,4)	6,5 (6,6)	0	0	(0-1)	1	1				k	
7222	6,33	6,32	6,4	6,4	—	0	0	0	0-1	1	(1-2)				k	
8412	6,30	6,18	—	6,2	6,2	6,3	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)	[1-2]	[1-2]	1	c	

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämmung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämmungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Tabelle 1 (Fortsetzung).
Vergleichende Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Methoden
zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

Nr.	PH' elektro- metrisch		PH' kolori- metrisch ¹⁾		Zentrifugat	Aufbrausen mi- Säure	Azotobacter- vegetation	Comber-Proben			Hasenbäumer Probe
	Wasserstoffelek- trode, Suspens.	chin- hydron- elektrode	Suspension	Filtrat				1. Tag	2. Tag	3. Tag	
6862	6,30	6,38	6,46	6,4	6,4	0	0				
8733	6,28	6,25		6,2	6,2	6,3	0	0	(0-1)	1	(1-2)
8873	6,22	6,30		6,2	6,4	6,4	0	0	(0-1)	(0-1)	(0-1)
8881	6,20	6,18		6,2	6,2	6,2	0	0	(0-1)	(0-1)	1
6693	6,13	6,18	6,1	6,2			0	0	(0-1)	1	1
15401	6,08	6,29		6,0 ²⁾	6,2	6,3	0	0	(0-1)	1	1
15194	6,06	6,00		6,1	6,0	6,2	0	1	(0-1)	1	(1-2)
6715	6,06	6,05		6,2	6,0	6,0	0				
7164	6,00	6,10	6,10	6,1	6,1		0	0	1	(1-2)	(1-2)
8518	5,87	5,94		5,8	5,9	5,9	0	0	(0-1)	1	(1-2)
7497	5,86	5,96	6,14	6,0	6,1		0	0			
7219	5,85	5,96	6,0	6,0			0	0			
6757	5,77	5,80	5,6	5,7			0				
8905	5,76	5,78		5,8	5,9	6,0	0	0	(1-2)	(2-3)	3
6994	5,75	5,75	5,54	5,6	5,6		0	0	(1-2)	2	3
7241	5,72	5,84	5,8	5,8			0	0	1	(1-2)	(1-2)
7170	5,68	5,77	5,7	5,8			0				
15561	5,64	5,80		6,1	5,4 ²⁾	6,0	0	0	1	(1-2)	(1-2)
6993		5,60		5,5	5,5	5,6	0	0	1	(1-2)	(1-2)
7214	5,59	5,59	5,70	5,7	5,8		0	0	1	1	1
7166	5,58	5,66	5,	5,6			0	0	(1-2)	(2-3)	(2-3)
6795	5,58	5,60	5,4	5,4			0				
6762	5,44	5,46		5,4	5,5		0				
15342	5,40	5,48		5,5	5,6	5,6	0	0	1	(1-2)	(1-2)
8906	5,30	5,48		5,7	6,0	5,6	0	0	(1-2)	(2-3)	3
8424	5,28	5,32		5,2	5,7	5,6	0	0	(1-2)	2	(2-3)
8907	5,18	5,36		5,2 ²⁾	5,5	5,6	0	0	(1-2)	2	3
8737	5,14	5,20		5,5	5,6	5,4	0	0	(1-2)	2	(2-3)
8794	5,12	5,24		5,3	5,2	5,4	0	0	2	3	3

¹⁾ Wenn die Zahlen in Klammern stehen, bedeutet dies, daß die betreffende Aufschlämung sofort nach dem Umschütteln filtriert (bzw. zentrifugiert) wurde; sonst haben wir die Aufschlämungen 24 Stunden stehen lassen und dann erst filtriert oder zentrifugiert.

²⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, stimmen diese Resultate fast immer ziemlich genau überein. Durchschnittlich sind die PH-Werte ein wenig höher bei der Chinhydronelektrode als bei der Wasserstoffelektrode; die Mittelwerte sind beziehungsweise 6,77 und 6,72, und dieser Unterschied ist bei der Bodenuntersuchung als ziemlich bedeutungslos zu betrachten; wie wir schon bemerkt haben, ist er wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß bei der

Tabelle 1 (Fortsetzung). Vergleichende Untersuchungen bez. der verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Reaktionszustandes des Bodens.

³⁾ u bedeutet, daß die Flüssigkeit so unklar ist, daß eine kolorimetrische Bestimmung undurchführbar ist.

⁴⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Wasserstoffelektrode kleine Mengen von Kaliumchlorid in die Bodenaufschlämmung hinübergegangen sind.

Aus den früheren, mit der H a s e n b ä u m e r'schen Probe angestellten Untersuchungen haben wir schon erfahren, daß ein Zusatz von Kaliumchlorid die Wasserstoffionenkonzentration der Bodenaufschlämmungen wesentlich erhöhen kann (1—2); damit wir auch den Einfluß ganz kleiner Mengen dieses Salzes auf die Reaktion der Aufschlämmungen beurteilen können, haben wir nun solche direkt zugesetzt.

Tabelle 2.

Untersuchung bezüglich des Einflusses von Chorkalium auf die Wasserstoffionenkonzentration der Bodenaufschlämmungen.

Nr.	PH der Bodenaufschlämmung (5 g Erde in 20 cm Flüssigkeit) (ChinhydronElektrode).						
	Aus- gekochtes dest. Wasser	$1/400$ m. KCl.	$1/200$ m. KCl.	$1/100$ m. KCl.	$1/40$ m. KCl.	$1/10$ m. KCl.	$1/5$ m. KCl.
10106	8,11	8,00	7,90	7,84	7,70	7,58	7,44
10087	7,94	7,60	7,60	7,42	7,50	7,33	7,25
10080	7,43	6,92	7,08	7,04	6,82	6,73	6,65
9391	7,26	7,10	6,78	6,68	6,60	6,52	6,34
10091	7,06	7,08	6,94	6,78	6,69	6,62	6,58
6503	6,78	6,48	6,22	6,12	5,98	5,82	5,62
9401	6,60	6,51	6,50	6,40	6,30	6,15	5,88
6370	6,08	5,60	5,36	5,20	5,06	4,88	4,64
10081	5,97	6,05	5,97	5,96	5,88	5,36	6,02
10104	4,95	4,38	4,30	4,10	4,10	4,11	4,05

Aus der Tabelle 2, wo man die Resultate dieser Untersuchung finden wird, sieht man, daß sogar sehr kleine Mengen von Kaliumchlorid die Reaktionszahlen in merkbarem Grade verkleinern können (es sei hier bemerkt, daß ein Tropfen der stark kaliumchloridhaltigen Verbindungsflüssigkeit wenigstens 1 cm^3 einer $1/50$ m KCl-Lösung gleichkommt); dieser Umstand muß die Wahrscheinlichkeit nahelegen, daß die mittelst der ChinhydronElektrode unter den gegebenen Verhältnissen gefundenen PH-Werte richtiger als die mit der Wasserstoffelektrode erhaltenen sind. Die Wirkung des Kaliumchlorids ist in dieser Beziehung bei den verschiedenen Böden recht verschieden.

In der Tabelle 1 sind die Resultate einer Reihe von elektrometrischen Bestimmungen der Wasserstoffionenkonzentration von Filtraten bzw. von Zentrifugaten mitgeteilt, und zwar sowohl nach sofortigem Filtrieren bzw. Zentrifugieren als auch nach 24ständiger Aufbewahrung der betreffenden Bodenaufschlämmungen bevor sie filtriert bzw. zentrifugiert wurden; man sieht, daß die Zahlen in beiden Fällen beinahe übereinstimmend sind. In der Tabelle 3

Tabelle 3.

pH -Werte von Bodenaufschlämmungen sofort bzw. nach 24 Stunden elektrometrisch bestimmt.

Nr.	pH der Bodenaufschlämmung	
	sofort	nach 24 Stunden
6593	8,18	8,14
6541	7,95	7,93
15578	7,72	7,65
8894	7,61	7,62
9716	7,38	7,34
9843	6,86	6,86
6148	6,37	6,37
6631	5,96	6,10
16376	5,27	5,03
16375	4,43	4,45

findet man die Resultate einer entsprechenden Untersuchung von Bodenaufschlämmungen, bei welcher die Chinhydronenelektrode ebenfalls zur Anwendung kam, und auch hier wird es ersichtlich sein, daß das Aufbewahren die Wasserstoffionenkonzentration der Bodenflüssigkeit nicht merkbar verändern konnte.

Tabelle 4.

Elektrometrische und kolorimetrische pH -Bestimmungen in verschiedenen Bodenproben aus einer afrikanischen Kaffeplantage.

Nr. der Bodenprobe	pH elektrometrisch			pH kolorimetrisch		
	Wasserstoffelektrode, Bodenaufschl.	Chinhydronenelektrode		Aufschlämmung	Filtrat	Zentrifugat
		Boden- aufschl.	Filtrat			
6	7,16	8,37	7,03	7,1	6,3 ¹⁾	6,9
4	7,13	8,64	6,82	6,6 ¹⁾	6,0 ¹⁾	6,8
11	6,94	8,38		6,7 ¹⁾	6,3 ¹⁾	6,8
2	6,66	8,08	6,66	6,6	6,2 ¹⁾	6,6
5	6,60	8,25	6,41	6,5	6,0 ¹⁾	6,5
3	6,40	7,98		6,3	6,0	6,4
7	6,30	7,93	6,25	6,1	6,1	6,2
10	6,10	8,02		5,9	6,0	6,2
8	5,94	7,82	5,99	5,8	5,9	6,0
9	5,80	8,00	5,86	5,9	5,9	6,0

¹⁾ Die Flüssigkeit etwas trüb, die Bestimmung daher etwas unsicher.

Indem wir also unter den von uns untersuchten Böden keinen einzigen gefunden haben, dessen Reaktion sich nicht mittelst der Chinhydronenelektrode einwandfrei feststellen ließ, hat die letztere bei der Untersuchung einiger dem Laboratorium aus einer afrikanischen Kaffeplantage zugesandten Bodenproben versagt. Die betreffenden Böden waren ausgesprochene Lateritböden; sie waren stark braunrot gefärbt und sehr reich an Eisenhydroxyd.

Die Ergebnisse der unter Anwendung verschiedener Verfahrensweisen durchgeführten P_H -Bestimmungen bei diesen Böden sind in der Tabelle 5 mitgeteilt.

Die mittelst der Wasserstoffelektrode in Bodenaufschlämmungen erhaltenen Reaktionszahlen sind mit den mittelst der Chinhydronelektrode in Filtraten gefundenen gut übereinstimmend; sofern die Extrakte klar genug waren, um die Farbe mit Sicherheit beurteilen zu können, hat auch die kolorimetrische Methode ziemlich übereinstimmende Zahlen gegeben (am besten bei Anwendung von Zentrifugaten); dagegen waren die mittelst der Chinhydronelektrode in Bodenaufschlämmungen gefundenen Zahlen viel höher, und allem Anschein nach zu hoch. Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht näher untersucht worden.

Wir werden jetzt das gegenseitige Verhältnis der elektrometrischen und der kolorimetrischen Messungen einer näheren Betrachtung unterziehen (Tabellen 1 und 5). Zunächst bemerken wir hier die schon oben erwähnte Erscheinung, daß die elektrometrische Bestimmung bei den neutral bis alkalisch reagierenden Böden (Reaktionszahl 7 und darüber) durchgehend wesentlich höhere Zahlen als die kolorimetrische gegeben hat²⁾. Der Unterschied hat in mehreren Fällen mehr als eine ganze Einheit von P_H ausgemacht, und gewöhnlich ist er um so größer gewesen, je alkalischer der Boden war (Tabelle 5).

Bei Reaktionszahlen unter 7 ist die gegenseitige Uebereinstimmung der beiden Methoden eine viel bessere und läßt meistens nichts zu wünschen übrig; namentlich ist dieses der Fall, wenn die kolorimetrische Bestimmung in Zentrifugaten ausgeführt wurde. Im großen und ganzen stimmen die durch die kolorimetrische Methode in Zentrifugaten erhaltenen Zahlen etwas besser mit denen der elektrometrischen Messungen überein; als es mit denjenigen der Fall ist, welche kolorimetrisch in Bodenaufschlämmungen bzw. Filtraten gefunden wurden; meistens ist der Unterschied der letzteren nur ein geringer. Wenn die Aufschlämmungen sich nach 24 Stunden wegen ungenügender Klärung für eine sichere Farbenbestimmung nicht eignen, sollten sie eher zentrifugiert als filtriert werden.

Bei der kolorimetrischen Prüfung findet man, wie es sowohl aus den vorliegenden als auch aus den früheren in unserem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen hervorgeht (1—2), nur ganz ausnahmsweise, daß die Reaktionszahlen 7,6 übersteigen. Bei den erwähnten früheren Untersuchungen haben von 5000 Böden

²⁾ Nach Abschluß der vorliegenden Untersuchung ist eine neue Arbeit von P. L. Gainey erschienen (8); der Verfasser hat eine große Anzahl von Böden aus Kansas (Nordamerika) untersucht und hat ganz ähnliche Resultate wie wir bekommen; anscheinend hat er aber selbst nicht bemerkt, daß die alkalisch reagierenden Böden, was das Verhältnis der kolorimetrisch und elektrometrisch bestimmten Reaktionszahlen betrifft, sich häufig in einer anderen Weise wie die anderen Böden verhalten.

Der Nachdruck des gesamten Inhaltes dieser Zeitschrift
ohne Genehmigung von Redaktion und Verlag nicht gestattet.

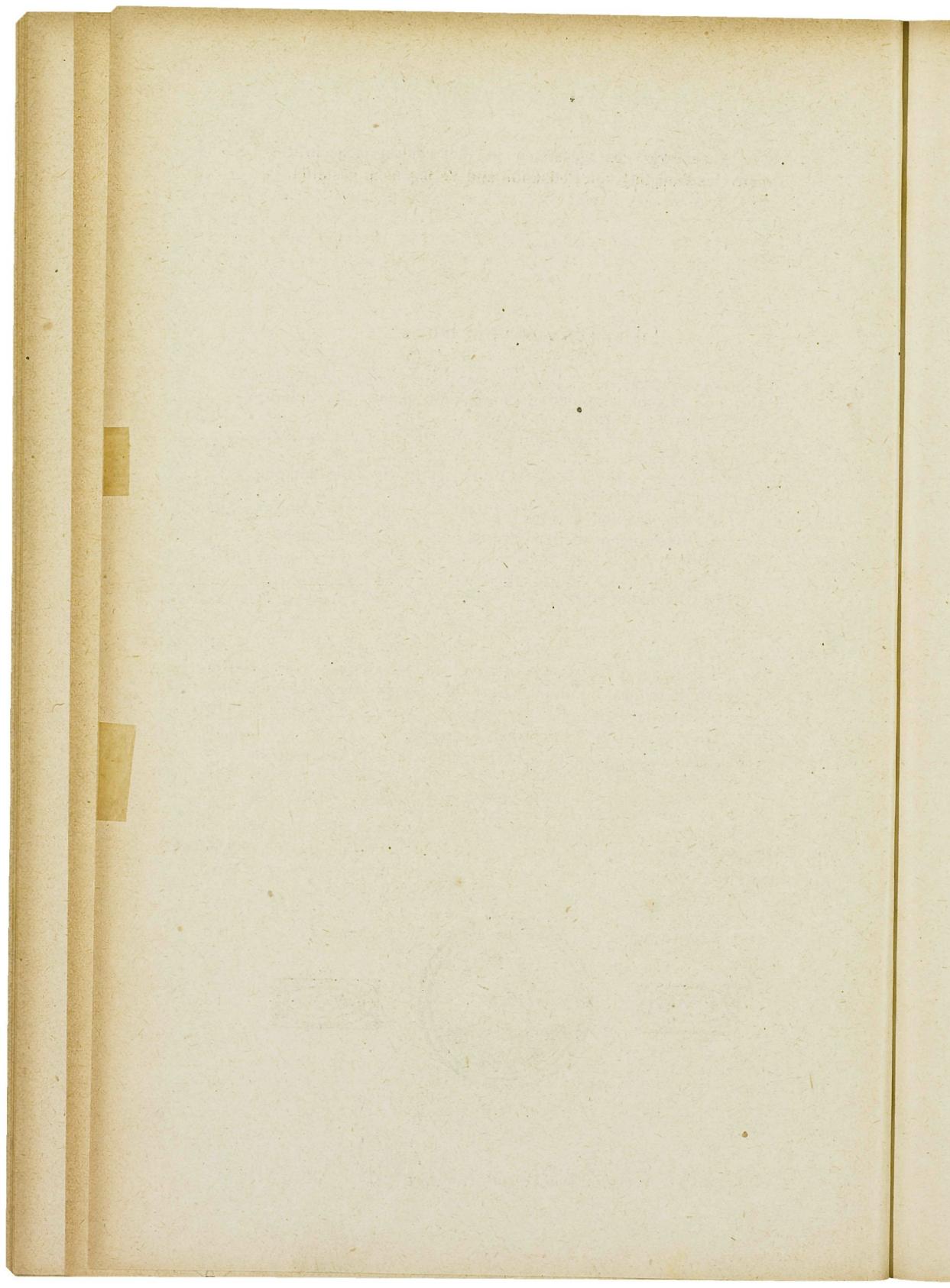
*

Inhaltsverzeichnis:

H. R. Christensen und S. T. Jensen: Untersuchungen bezüglich der zur Bestimmung der Bodenreaktion benutzten elektrometrischen Methoden	1
M. Trénel: Ein tragbares Gerät zur elektrometrischen Bestimmung der Bodenazidität	27
G. Görz: Ueber ein tragbares Gerät zur elektrischen Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit im Felde	35
K. Glinka: Die Degradation und der podsolige Prozeß	40
H. Niklas: Untersuchungen über Bleichsand und Ort-Erdebildungen in Waldböden	50
R. Ganssen: Bestehen Beziehungen zwischen dem durch Salzsäure zerstözlichen tonerde-silikalischen Kolloid-Anteil der Böden usw.	55
<hr/>	
K. D. Glinka	81
V. Novák: Ein Beitrag zur Charakteristik der Hannaböden	86
P. Keßler: Zur Kenntnis der Entstehungsbedingungen der Lößkindel	107
S. T. Jensen: Ueber die Bestimmung der Pufferwirkung des Bodens .	112
H. Fischer: Goethe und die sizilianische Roterde	131
M. Trénel: Darf die elektrometrische Bestimmung der Acidität von landwirtschaftl. Kulturböden in chlorkaliumh. Suspension erfolgen	137
L. Liatsikas: Hygroskopizität im Vergleich zur Kornverteilung und spezifischen Kornoberfläche (bestimmt nach Krauß)	146
B. Tacke u. Th. Arnd: Erwiderung auf die Arbeit: „Bestehen Beziehungen zwischen dem durch Salzsäure u. s. w.	155
R. Ganssen: Molekularverhältnis, Bodenreaktion und Düngebedürftigkeit	158
M. Reis: Einige Beobachtungen und Gedanken bei Gelegenheit von Bodenschlämmungen	172
O. v. Linstow: Nochmals zur Herkunft des Molkenbodens	176
Referate	73, 178
Mitteilungen	76, 186
Bücher- und Zeitschriftenschau	77

*

Die Autoren sind für den Inhalt
ihrer Aufsätze selbst verantwortlich.



(Mineralböden), die willkürlich ausgewählt wurden, nur 103 die Reaktionszahl 7,6 und nur 3 die Zahl 7,8 gegeben; die maximale Zahl: 8,0 wurde nur bei einem Boden festgestellt. Weil nun der P_H -Wert einer Aufschlämmung von Calciumkarbonat in Wasser bei der gewöhnlichen Kohlensäurespannung der atmosphärischen Luft ungefähr 8,4 beträgt, und da man wohl annehmen kann, daß auch Böden vorkommen können, die eine noch mehr alkalische Reaktion als die dem Werte 7,6 entsprechende besitzen, was ja auch die hier angeführten elektrometrischen Messungen gezeigt haben, so wird zunächst das plötzliche Heruntersinken der Reaktionskurve den Gedanken hervorrufen, daß hier irgend ein Faktor regulierend eingegriffen hat.

Tabelle 5.

Uebersicht über die Ergebnisse der elektrometrischen und der kolorimetrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration.

Elektrometrische Reaktions- bestimmung (Chinhydronelektrode)		Kolorimetrische Bestimmungen											
		Bodenaufschlämmung				Filtrat				Zentrifugat			
Gesamtanzahl d. Böden	P_H	Boden		Abweichung in P_H von der elektrom. Bestimmung		Boden		Abweichung in P_H von der elektrom. Bestimmung		Boden		Abweichung in P_H von der elektrom. Bestimmung	
		Maximale Abweichung	Minimale Abweichung	Durchschnitt. Abweichung		Maximale Abweichung	Minimale Abweichung	Durchschnitt. Abweichung		Maximale Abweichung	Minimale Abweichung	Durchschnitt. Abweichung	
15	8,5—8,0	15	÷ 0,98	÷ 0,08	0,59	15	÷ 0,98	÷ 0,28	0,69	11	÷ 1,18	0	0,51
7	7,9—7,8	7	÷ 1,14	÷ 0,18	0,69	7	÷ 0,75	÷ 0,30	0,55	3	÷ 0,60	÷ 0,32	0,48
6	7,7—7,6	6	÷ 1,24	÷ 0,44	0,73	6	÷ 1,12	÷ 0,58	0,78	5	÷ 0,78	÷ 0,63	0,70
10	7,5—7,4	10	÷ 0,72	0	0,33	10	÷ 0,82	÷ 0,12	0,40	7	÷ 0,52	÷ 0,10	0,29
9	7,3—7,2	9	÷ 0,76	÷ 0,42	0,59	9	÷ 0,80	÷ 0,30	0,50	4	÷ 0,48	÷ 0,30	0,38
15	7,1—7,0	15	÷ 0,79	÷ 0,10	0,40	15	÷ 0,70	÷ 0,10	0,39	9	÷ 0,44	0	0,24
13	6,9—6,8	13	÷ 0,51	0	0,25	13	÷ 0,54	0	0,28	6	÷ 0,24	0	0,08
20	6,7—6,6	20	÷ 0,44	0	0,17	20	÷ 0,48	0	0,15	9	÷ 0,32	0	0,07
16	6,5—6,4	16	÷ 0,39	0	0,16	16	÷ 0,39	0	0,10	8	÷ 0,29	0	0,08
17	6,3—6,2	17	÷ 0,44	0	0,09	17	÷ 0,33	0	0,10	9	÷ 0,18	0	0,04
12	6,1—6,0	12	÷ 0,24	0	0,08	12	÷ 0,20	0	0,05	7	÷ 0,12	0	0,06
9	5,9—5,8	9	÷ 0,30	0	0,10	9	÷ 0,40	0	0,13	6	÷ 0,24	0	0,15
8	5,7—5,6	8	÷ 1,22	0	0,10	8	÷ 0,19	0	0,09	2	÷ 0,22	0	0,11
7	5,5—5,4	7	÷ 0,22	0	0,07	7	÷ 0,52	0	0,17	3	÷ 0,12	÷ 0,10	0,11
5	5,3—5,2	5	÷ 0,30	0	0,14	5	÷ 0,38	0	0,20	4	÷ 0,28	÷ 0,16	0,22
1	5,2												

Ein solcher Faktor ist z. B. die Kohlensäure. Es muß nämlich hier beachtet werden, daß die elektrometrische Bestimmung bei Anwendung der beiden Elektroden in einer fast kohlensäurefreien Flüssigkeit vorgenommen wird (die Bodenproben sind immer in ausgekochtem, destilliertem Wasser aufgeschlämmt worden und bei der Wasserstoffelektrode wird außerdem mit Wasserstoff durchlüftet),

bei der kolorimetrischen Bestimmung hat die Flüssigkeit dagegen annähernd dieselbe Kohlensäurespannung gehabt wie die Luft der Umgebung. Wahrscheinlich ist es aber von einer noch größeren Bedeutung, daß die für die kolorimetrische Messung notwendigen klaren Bodenextrakte mit wenigen Ausnahmen nur eine äußerst schwache Pufferwirkung üben werden, weshalb die Kohlensäure der Umgebung deren Wasserstoffionenkonzentration stark beeinflussen kann. Dieses wird um so mehr der Fall sein, je alkalischer die Bodenflüssigkeit reagiert. Aus den in der Tabelle 1 angegebenen Resultaten der elektrometrischen Bestimmungen der Filtrat-Reaktion scheint es denn auch mit Deutlichkeit hervorzugehen, daß gewisse Einflüsse in obigem Sinne zur Geltung kommen; diese Resultate stimmen durchgehend sehr genau mit den kolorimetrisch bestimmten Zahlen überein.

Da nun vielleicht der Zusatz von Chinhydrion zu den Filtraten der alkalisch reagierenden Böden — zufolge deren äußerst schwachen Pufferwirkung — jedenfalls zum Teil an den Befund der verhältnismäßig niedrigen Reaktionszahlen Schuld wäre, haben wir die in der Tabelle 6 referierte Untersuchung vorgenommen, wo wir die Wasserstoffionenkonzentration der Filtrate sowohl unter Anwendung der Chinhydronelektrode als der Wasserstoffelektrode bestimmt haben. Bei der letzteren Verfahrensweise kommen außer Wasserstoff keine fremden Substanzen in die zu untersuchende Flüssigkeit hinein. Mit diesen Untersuchungen haben wir eine direkte Bestimmung des von der Luftkohlensäure auf die Wasserstoffionenkonzentration der alkalischen Bodenextrakte geübten Einflusses verbunden. Die Untersuchung wurde in der folgenden Weise durchgeführt:

Es wurden von jeder der zur Prüfung gelangenden sechs Bodenproben je 20 g in zwei große Reagenzgläser gegeben, die vorher mit 80 cm³ ausgekochtem destilliertem Wasser beschickt waren. Das eine Glas blieb ohne Verschluß, das andere wurde mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen versehen, in dessen eine Bohrung ein Absorptionsapparat (mit Natronkalk) angebracht war, damit die Luftkohlensäure die Flüssigkeit nicht angreife; durch die zweite Bohrung wurde ein oben mit Gummischlauch und Klemmhahn versehenes Glasrohr in die Flüssigkeit getaucht. Nach zweitägigem Stehenlassen wurde der fast klare Extrakt durch das Glasrohr in das als Elektrodegefäß benutzte Reagenzglas gedrückt, und die elektrometrische Bestimmung mittelst der Chinhydronelektrode sofort vorgenommen. Die klare Flüssigkeit des offenen Kontrollglases wurde direkt in das Elektrodegefäß dekantiert. In beiden Fällen wurde die verbrauchte Flüssigkeit mit ausgekochtem destilliertem Wasser ersetzt, und nachdem die Gläser geschüttelt waren, wurden die Wasserstoffionenkonzentrationen der Aufschlämmungen bestimmt. Außerdem haben wir vergleichshalber das P_H der

Aufschlämmungen und Filtrate sofort kolorimetrisch festgestellt. Die Ergebnisse dieser verschiedenen Untersuchungen sind aus der Tabelle 6 ersichtlich.

Tabelle 6.

Untersuchungen bezüglich der Wasserstoffionenkonzentration der klaren Bodenextrakte in den Bodenaufschlämmungen.

Nr.	pH elektrometrisch								pH kolorimetrisch		
	In der Aufschlämmung, sofort	In Dekantat nach 2tägigem Stehenlassen				Nach nochmaligem Wasserzusatz und Aufschämmung		In Filtraten		Im Filtrat	In der Aufschlämmung
		Chinhydronelektrode				Chinhydronelektrode	Wasserstoffelektrode				
		Im offenen Glase	Im geschloss. Glase	Im offenen Glase	Im geschloss. Glase						
9793	8,35	7,36	7,66	8,20	8,22	7,50	7,55	7,5	7,4		
9547	8,30	7,05	7,28	8,20	8,22	7,26	7,25	7,2	7,4		
9526	8,25	7,48	7,50	7,90	7,99	7,55	8,15	7,6	7,4		
9787	8,16	6,97		8,23		6,85	7,16	6,9	7,1		
10060	8,15	7,19	7,38	7,98	7,98	7,44	7,48	7,3	7,4		
9543	8,10	7,31		8,22		7,33	7,36	7,4	7,4		
9533	8,07	7,38	7,58	7,78	7,83	7,60	7,63	7,7	7,3		
9791	8,03	7,27	7,67	7,94	7,99	7,21	7,20	7,2	7,3		

¹⁾ Die kolorimetrische Bestimmung wegen Trübung des Filtrates un durchführbar.

Was die Filtrate betrifft, stimmten die Reaktionszahlen der kolorimetrischen Methode und die der Chinhydronelektrode sämtlich überein; in 6 von 8 Fällen ist ferner die Uebereinstimmung der beiden elektrometrischen Methoden vollkommen. In zwei Fällen übertreffen bei den Filtraten die mittelst der Wasserstoffelektrode gefundenen Reaktionszahlen die der kolorimetrischen und der Chinhydrromethode; wahrscheinlich haben diese Filtrate merkbare Mengen von Kohlensäure aus der Erde aufgenommen, und wie schon gesagt, wird bei Anwendung der Wasserstoffelektrode die Kohlensäure ausgetrieben, was bei Anwendung der Chinhydronelektrode ja nicht der Fall ist.

Auch bei dieser Untersuchung sehen wir, daß die Reaktionszahlen der über den Bodensätzen befindlichen, mehr oder weniger klaren Flüssigkeiten (der Dekantate) wesentlich niedriger sind als die der ursprünglichen Aufschlämmungen von Erde in Wasser; dagegen stimmen sie ziemlich gut mit den Reaktionszahlen der Filtrate überein. Bei nochmaliger Aufschämmung finden wir wieder die für die Bodenaufschlämmungen charakteristischen hohen Zahlen.

Es wird aus diesen wie schon aus den in der Tabelle 1 referierten Untersuchungen hervorgehen, daß die kolorimetrische Methode in dem betreffenden Moment eine zuverlässige Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration der Bodenextrakte gestattet; wenn diese Reaktionszahlen sich nicht immer auf die Bodenaufschlämmungen direkt übertragen lassen, die bei den elektrometrischen Messungen zur Anwendung kommen, so ist dies darauf zurückzuführen, daß die Aufschlämmungen eine kräftige Pufferwirkung ausüben, die den obenerwähnten Einfluß der Kohlensäure vermindern bzw. neutralisieren kann; bei den klaren Extraktten, die, wie öfters gesagt, für die Anwendung der kolorimetrischen Methoden notwendig sind, ist keine oder nur eine sehr schwache Pufferwirkung vorhanden.

Tabelle 7.

Die durch die Azotobacterprobe erhaltene Azotobacterentwickelung im Verhältnis zu den durch elektrometrische Messung gefundenen Reaktionszahlen.

pH	Gesamtzahl der Böden	Anzahl Böden mit Azotobacter- vegetation:			pH	Gesamtzahl der Böden	Prozentische Anzahl Böden mit Azotobactervegetation:			
		0	1-2	3-4			0	1-2	3-4	1-4
8,5-8,0	35	0	0	35	8,5-8,0	35	0	0	100	100
8,0-7,9	27	0	0	27	8,0-7,8	49	0	0	100	100
7,9-7,8	22	0	0	22						
7,8-7,7	13	0	0	13						
7,7-7,6	11	0	0	11						
7,6-7,5	14	0	1	13						
7,5-7,4	19	0	2	17						
7,4-7,3	23	1	6	16						
7,3-7,2	9	1	0	8						
7,2-7,1	26	3	5	18						
7,1-7,0	26	4	10	12						
7,0-6,9	15	4	4	7						
6,9-6,8	21	5	5	11						
6,8-6,7	32	17	9	6						
6,7-6,6	43	28	6	9						
6,6-6,5	41	31	6	4						
6,5-6,4	33	29	3	1						
6,4-6,3	30	27	1	2						
6,3-6,2	38	32	5	1						
6,2-6,1	42	36	4	2						
6,1-6,0	24	23	1	0						
6,0-5,9	17	15	2	0						
5,9-5,8	23	23	0	0						
Minder 5,8 wie	57	57	0	0	Minder 5,8 wie	57	57	100	0	0

Was den Einfluß der Kohlensäure betrifft, so zeigt uns die Untersuchung, daß die Dekantate der geschlossenen Gläser stets höhere Reaktionszahlen als die der offenen zeigen; diese Zahlen sind aber stets bedeutend niedriger als die der Bodenaufschläm-

mungen, und es läßt sich vielleicht aus dieser Tatsache der Schluß ziehen, daß die Luft-Kohlensäure nicht der einzige Faktor ist, der hier eingreifen kann. Vielleicht hat auch die von den Böden während der Aufbewahrung entwickelte Kohlensäure hier eine gewisse Bedeutung. Diese ganze Frage, die namentlich für die kolorimetrische Bestimmung der Bodenreaktion wichtig ist, sollte einmal einer speziellen Untersuchung unterzogen werden.

In den Tabellen 7—10 ist eine Zusammenstellung der mittelst der Chinhydronelektrode elektrometrisch bestimmten Reaktionszahlen und der Ergebnisse der Azotobakter- bzw. der Hasenbäumer- und der Comberprobe vorgenommen worden.

Wegen einer etwaigen Anwendung der elektrometrischen Reaktionsbestimmung bei der Untersuchung bezüglich Kalkbedürfnis wird es wichtig sein, so genau wie möglich die P_H -Bereiche zu bestimmen, innerhalb welcher die Azotobakterentwicklung entweder ganz ausbleibt oder stets hervorgerufen wird, und es ist in dieser Veranlassung eine Untersuchung von ca. 500 anderen Ackerböden ausgeführt worden, deren Resultate neben denen der Tabelle 2 in der Tabelle 8 zu ersehen sind; diese Untersuchung bezieht sich nur auf die elektrometrische Reaktionsbestimmung und auf die Azotobakterprobe.

Wie unsere früheren Untersuchungen es schon gezeigt haben (1—2), finden wir ebenfalls hier die Bestätigung, daß die Sauerheitsgrenze der Azotobakterentwicklung sich bei der Reaktionszahl 6,0 befindet. In zwei Fällen wurde eine schwache Entwicklung bei 5,9 konstatiert. Wir sehen aber, daß wir bei der elektrometrischen Methode bis auf 7,4 hinaufsteigen müssen, ehe wir mit Sicherheit in sämtlichen Böden eine Azotobakterentwicklung finden werden, während die früheren Untersuchungen mittelst der kolorimetrischen Methode uns stets 6,8 als die untere Grenze der sicheren Azotobakterentwicklung angegeben haben; die Erklärung dieser Erscheinung wird aus den obigen Mitteilungen zur Genüge hervorgehen.

In drei unlängst erschienenen Arbeiten von W. Johnson und Chr. Lipman (7), von P. L. Gainey und von G. W. Batchelor (8 und 9) bezüglich des Verhaltens Azotobakters der Wasserstoffionenkonzentration des Nährsubstrates gegenüber haben diese Forscher genau dieselbe Sauerheitsgrenze der Azotobakterentwicklung wie die hier mitgeteilte angegeben. Nach Johnson und Lipman erhält man unter $P_H = 6$ keine Azotobakterentwicklung, nach Gainey und Batchelor ist die Sauerheitsgrenze durch die Reaktionszahlen 5,9—6,0 markiert.

Was die Hasenbäumer'sche Probe betrifft, wird es aus der in der Tabelle 8 gegebenen Uebersicht hervorgehen, daß eine

Gelbfärbung — braungelb oder gelb — *n i e m a l s* bei Reaktionen unter 6,2 und eine deutliche Rotfärbung — Zinnober und Karmin — *s t e t s* bei den Zahlen unter 5,8 hervorgerufen wird. Ueberhaupt werden die beiden letzteren Farben erst dann wahrgenommen, wenn die Reaktionszahlen unter 7,2 bzw. 6,6 zu liegen kommen.

Tabelle 8.

Verhältnis zwischen den Ergebnissen der elektrometrischen Ph-Bestimmungen und den Resultaten der Hasenbäumer-Probe.

pH	Gesamtanzahl der Böden					pH	Gesamtanzahl der Böden					Prozentische Anzahl Böden mit Hasenbäumer-Reaktion:																							
	Anzahl Böden mit Hasenbäumer-Reaktion:						Anzahl Böden mit Hasenbäumer-Reaktion:					Karmin		Zinnober			Orange		Braungelb		Karmin-Zinnober		Orange		Braungelb										
	Karmin	Zinnober	Orange	Braungelb	Gelb		Karmin	Zinnober	Orange	Braungelb	Gelb	Karmin	Zinnober	Orange	Braungelb	Gelb	Karmin	Zinnober	Orange	Braungelb	Gelb	Karmin	Zinnober	Orange	Braungelb										
8,5—8,0	15	0	0	0	0	15	8,5—8,0	15	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100							
7,9—7,8	7	0	0	0	0	7	7,9—7,6	12	0	0	8,3	25	66,6	0	0	8,3	91,7	0	0	8,3	91,7	0	0	8,3	91,7	0	0	8,3	91,7						
7,7—7,6	5	0	0	1	3	1																													
7,5—7,4	8	0	0	1	3	4																													
7,3—7,2	9	0	0	3	6	0																													
7,1—7,0	12	0	1	7	2	2																													
6,9—6,8	13	0	5	1	6	1																													
6,7—6,6	17	0	7	6	2	2																													
6,5—6,4	14	5	3	4	0	2																													
6,3—6,2	15	3	10	1	1	0																													
6,1—6,0	11	7	4	0	0	0																													
5,9—5,8	6	4	2	0	0	0																													
5,7—5,6	6	6	0	0	0	0																													
5,5—5,4	5	5	0	0	0	0																													
5,3—5,2	5	5	0	0	0	0																													
Minder 5,2 wie	1	1	0	0	0	0																													

Bei der *Combe r'schen* Probe in Flüssigkeit I hat man die Reaktion „Farblos“ (nach zweitätigem Stehenlassen) bei sämtlichen Böden mit Reaktionszahlen über 6,9 konstatieren können. „Schwache Rotfärbung“ findet man erst bei Reaktionszahlen unter 6,4 und eine ausgesprochene Rotfärbung („Rot“ und „Dunkelrot“) fängt erst bei den Reaktionszahlen unter 6,6 an; unter 5,8 ist diese letztere Farbereaktion stets vorhanden. Bei der Flüssigkeit II sieht man, daß die Rotfärbung in sämtlichen Reaktionsgruppen auftreten kann, selten doch bei Reaktionszahlen über 7,5. Bei Zahlen unter 6,4 haben wir die Reaktion „Farblos“ in keinem einzigen Fall wahrnehmen können.

Tabelle 9. Verhältnis zwischen den Ergebnissen der elektrometrischen pH -Bestimmung und den Resultaten der Comberprobe mit Flüssigkeit I.

pH	Gesamtanzahl der Böden mit Comberreaktion:	Gesamtanzahl der Böden					pH	Prozentische Anzahl Böden mit Comberreaktion:													
		farblos		sehr schwach rot		schwach rot		rot		dunkelrot		farblos		sehr schwach rot		schwach rot		rot		dunkelrot	
		(0)	(0-1)	(1)	(1-2)	(2)		(0)	(0-1)	(1)	(1-2)	(2)	0-(0-1)	1 und darüber							
8,5—8,0	15	15	0	0	0	0	8,5—8,0	15	100	0	0	0	0	100	0						
7,9—7,8	7	7	0	0	0	0	7,9—7,6	13	100	0	0	0	0	100	0						
7,7—7,6	6	6	0	0	0	0	7,5—7,4	17	100	0	0	0	0	100	0						
7,5—7,4	8	8	0	0	0	0	7,3—7,2	22	91	9	0	0	0	100	0						
7,3—7,2	9	9	0	0	0	0	7,1—7,0	26	19	42	31	8	0	61	39						
7,1—7,0	10	10	0	0	0	0	6,9—6,8	16	11	5	0	0	0	100	0						
6,9—6,8	12	10	2	0	0	0	6,5—6,4	13	6	6	0	0	0	100	0						
6,7—6,6	16	11	5	0	0	0	6,3—6,2	16	3	10	3	0	0	100	0						
6,5—6,4	13	6	6	0	0	0	6,1—6,0	10	2	1	5	2	0	5,9—5,8	5						
6,3—6,2	16	3	10	3	0	0	5,7—5,6	6	0	0	0	4	2	5,9—5,6	11						
6,1—6,0	10	2	1	5	2	0	5,5—5,4	5	0	0	0	2	3	Minder 5,6 wie	11						
5,9—5,8	5	1	0	1	2	1	5,3—5,2	6	0	0	0	0	27	73	0						
5,7—5,6	6	0	0	0	4	2	5,1—5,0	6	0	0	0	0	27	9	91						
5,5—5,4	5	0	0	0	0	2	4,9—4,8	6	0	0	0	0	0	0	100						
Minder 5,4 wie	6	0	0	0	1	5	4,7—4,6	6	0	0	0	0	0	0	100						

Tabelle 10. Verhältnis zwischen den Ergebnissen der elektrometrischen pH -Bestimmung und den Resultaten der Comberprobe mit Flüssigkeit II.

pH	Gesamtanzahl der Böden mit Comberreaktion:	Gesamtanzahl der Böden					pH	Prozentische Anzahl Böden mit Comberreaktion:													
		farblos		sehr schwach rot		schwach rot		rot		dunkelrot		farblos		sehr schwach rot		schwach rot		rot		dunkelrot	
		(0)	(0-1)	(1)	(1-2)	(2)		(0)	(0-1)	(1)	(1-2)	(2)	0-(0-1)	1 und darüber							
8,5—8,0	15	10	4	1	0	0	8,5—8,0	15	67	27	6	0	0	93	6						
7,9—7,8	7	4	2	1	0	0	7,9—7,6	11	46	45	9	0	0	91	9						
7,7—7,6	4	1	3	0	0	0	7,5—7,4	15	13	67	13	7	0	80	20						
7,5—7,4	8	2	5	1	0	0	7,3—7,2	19	11	37	47	5	0	48	52						
7,3—7,2	7	0	5	1	1	0	7,1—7,0	11	1	2	4	1	0	31	69						
7,1—7,0	11	1	2	8	0	0	6,9—6,8	8	1	5	1	0	0	38	62						
6,9—6,8	8	1	5	1	1	0	6,7—6,6	7	0	2	4	1	0	31	69						
6,7—6,6	7	0	2	4	1	0	6,5—6,4	6	1	1	3	0	0	38	62						
6,5—6,4	6	1	1	1	1	0	6,3—6,0	8	0	38	37	25	0	38	62						
6,3—6,2	4	0	2	1	1	0	6,1—6,0	4	0	1	2	1	0	0	0						
Minder 6,0 wie	1	0	0	1	0	0	4,9—4,8	1	0	0	0	0	0	0	0						

**Die Hauptergebnisse der vorgenommenen Untersuchung
und die Ausnützung derselben.**

1. Bei der elektrometrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration in Aufschlämmungen einer großen Anzahl in ihrer Beschaffenheit äußerst verschiedener dänischer Böden ist die Genauigkeit der Chinhdroelektrode hinter der der gewöhnlich angewandten Wasserstoffelektrode nicht geblieben.
2. Die elektrometrische Bestimmung der Reaktionen der Bodenaufschlämmungen ist bedeutend zuverlässiger wie die kolorimetrische, und besonders bei den neutral bis alkalisch reagierenden Böden ($P_H = 7$ oder mehr) gibt die letztere Bestimmungsweise fast immer zu niedrige, mitunter sogar viel zu niedrige P_H -Werte (Reaktionszahlen).
3. In erster Linie scheint diese Unsicherheit darauf zu beruhen, daß die klaren Bodenextrakte — deren Klarheit für die Anwendung der kolorimetrischen Methode Bedingung ist — nur eine äußerst schwache Pufferwirkung besitzen, weswegen die umgebende Kohlensäure deren Wasserstoffionenkonzentration in wesentlichem Grade ändern kann. Diese Erscheinung, d. h. die Einwirkung der Kohlensäure tritt um so kräftiger ein, je alkalischer die Bodenflüssigkeit ist; die Reaktionsbestimmungen von solch pufferarmen Lösungen, wie die wässerigen Bodenextrakte es sind, werden aber immer unsicher sein, und jedenfalls sollten diese Bestimmungen stets mit der größten Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt werden.
4. Da bei Anwendung der Chinhdroelektrode die Bestimmung der Bodenreaktion sich wenigstens ebenso schnell wie bei Anwendung der kolorimetrischen Methoden ausführen läßt, ist die elektrometrische Messung auch bei Massenuntersuchungen der kolorimetrischen vorzuziehen. Im staatlichen Laboratorium für Pflanzenbau wird daher bei der Untersuchung bezüglich Kalkbedürfnis ab 1. Januar 1924 die elektrometrische Reaktionsbestimmung eingeführt werden.
5. In Uebereinstimmung mit früheren kolorimetrischen Untersuchungen ist es jetzt bei Anwendung der elektrometrischen Messung mittelst der Chinhdroelektrode, und zwar unter Zusammenstellung der hierdurch gefundenen Resultate mit den Ergebnissen der Azotobakterprobe nachgewiesen worden, daß die Sauerheitsgrenze für die Azobakterentwicklung bei den Reaktionszahlen 5,9—6,0 belegen ist. Bei Anwendung der elektrometrischen Bestimmung muß man aber, falls man mit Sicherheit behaupten soll, daß der betreffende Boden die Fähigkeit besitzt, eine Azotobakterentwicklung zu veranlassen, Reaktionszahlen

über 7,4 gefunden haben, während schon die kolorimetrisch bestimmten Zahlen über 6,8 diese Sicherheit gewähren. Es muß deswegen in der den Landwirten zuzusendenden Anleitung zur richtigen Beurteilung der Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich Kalkbedürfnis folgende Aenderung eingetragen werden:

Reaktionszahlen von 6,1 bis 7,4 geben bezüglich Kalkbedürfnis des Bodens keine sichere Anhaltspunkte. Weitere Anleitung muß in dem Ergebnis der Azotobakterprobe gesucht werden.

6. Bei der kolorimetrischen Bestimmung der Bodenreaktion hat die Anwendung von Zentrifugaten eine etwas bessere Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der elektrometrischen Messung von Bodenaufschlämmungen gegeben, als wenn man bei der ersten Bestimmung Aufschlämmungen oder Filtrate benutzt hat.
 7. Die Einführung selbst ganz kleiner Chlorkaliummengen in die Bodenaufschlämmung wird die Wasserstoffionenkonzentration der letzteren bedeutend erhöhen können. Da bei der gewöhnlichen Apparatur der Wasserstoffelektrode eine solche Einführung nicht ausgeschlossen ist, so muß man wahrscheinlich hier die Ursache suchen, warum die durch Benutzung dieser Elektrode bestimmten Reaktionszahlen ein wenig niedriger als die mittelst der Chinhydronelektrode gefundenen Werte sind.
 8. Als Elektrodegefäße dürften gewöhnliche Reagenzgläser zu verwenden sein; es muß in diesem Fall der Verbindungsflüssigkeit Agar-Agar zugesetzt werden, wodurch eine Diffusion von Kaliumchlorid in die Bodenaufschlämmung so gut wie vollständig ausgeschlossen ist.
 9. Bei den bisher ausgeführten elektrometrischen Bestimmungen der Reaktion der dänischen Ackerböden (Mineralböden) schwanken die Reaktionszahlen zwischen 4,4 und 8,5.
 10. Die zwecks Beleuchtung des zwischen den elektrometrisch bestimmten Reaktionszahlen und den Ergebnissen der Hasenbäumer- bzw. der Comberprobe stattfindenden Verhältnisses ausgeführten Untersuchungen sind mit den früheren, wo die kolorimetrische Methode zur Anwendung kam, ziemlich übereinstimmend (siehe Tabelle 9—10).
-

Literaturverzeichnis.

1. *Harald R. Christensen*: Undersøgelser vedrørende nogle nyere Fremgangsmaader til Bestemmelse af Jordens Reaktion og Kalktrang. *Tidsskrift for Planteavl* 1923. 28. Bd. S. 733.
 2. —, Untersuchungen über einige neuere Methoden zur Bestimmung der Reaktion und des Kalkbedürfnisses des Erdbodens. *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde* 1923. XIII. Bd. S. 12.
 3. *E. Büllmann*: Sur l'hydrogénéation des quinhydrônes. *Annales de Chemie* 1923. 9^e s., t. XV.
 4. *E. Büllmann* og *H. M. Lund*: Sur l'electrode a quinhydrone. *Annales de Chemie* 1923. 9^e s., t. XVI.
 5. *D. J. Hissink*: Circulair van 24. Febr. 1923 from *Rijkslandbouwproefstation*, Groningen. Se endv. *Chem. Weckblat* 19. S. 23.
 6. *S. Veibel*: The Quinhydrone Elektrode as a Comparison Electrode. *Transactions of the Chemical Society* 1923. Vol. 123. S. 2203.
 7. *H. W. Johnsen* og *Ch. B. Lipman*: The effect of reaction on the fixation of nitrogen by Azotobacter. *University of California Publications in Agricultural Sciences*. Vol. 4. S. 397.
 8. *P. L. Gainey* og *H. W. Batchelor*: Influence of the hydrogen-ion concentration on the growth and fixation of nitrogen by cultures of Azotobacter. *Journal of Agricultural Research* 1923. Vol. XXIV. S. 759.
 9. *P. L. Gainey*: Influence of the absolute reaction of a soil upon its Azotobacter flora and nitrogen fixing ability. *Journal of Agricultural Research* 1923. Vol. XXIV. S. 907.
-

Ein tragbares Gerät zur elektrometrischen Bestimmung der Bodenazidität.

Von Max Trénel.

(Aus der Preuß. Geolog. Landesanstalt, Berlin.)

I. Einleitung:

Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration in der Praxis erfolgt in der Regel mit kolorimetrischen Methoden. Sie beruhen auf dem Farbenumschlag von Indikatoren, die auf elektrometrischem Wege geeicht worden sind¹⁾. Die Anwendung der elektrischen Methode ist trotz ihrer genauen Resultate bisher wegen ihrer empfindlichen und unhandlichen Apparatur auf das Laboratorium beschränkt geblieben. Sie beruht darauf, daß die Säurekonzentration c_1 der Untersuchungslösung durch das Potential bestimmt wird, das diese Lösung in Berührung mit einer Lösung von bekannter Konzentration c_2 hervorbringt. Nach Nernst ist die Beziehung durch die Gleichung wiedergegeben:

$$E_{18^\circ} = 0,0577 \cdot \log \frac{c_1}{c_2}$$

Das Potential dieses Konzentrationselementes wird am einfachsten mit der Kompensationsschaltung gemessen, die Poggendorf als Erster angegeben hat. Da nach dem Vorschlag von Sörensen die Wasserstoffionenkonzentration der leichteren Uebersicht wegen als Logarithmus ausgedrückt wird, kann die unbekannte Konzentration c_1 aus obiger Gleichung durch einfache Rechnung gefunden werden.

Haber und Lübs²⁾ haben zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß der metallische Wasserstoff der Platin-Wasserstoffelektrode durch Chinhydron ersetzt werden kann, weil Chinhydron in Lösung Wasserstoff abspaltet, gemäß der Gleichung:



1) S. P. L. Sörensen: Bioch. Zeitschr. 21, 13¹, 1909.
H. A. Lubs und W. M. Clark: J. of Washingt. Ac. of Sc. 5, 609, 1915; dieselben, J. of Bact. 2, 1, 1917.
L. Michaelis und A. Gyemant: Bioch. Zeitschr. 109, 165, 1920.

2) Zeitschr. f. phys. Ch. 47, 305, 1904.

Haber und Ruß, die mit alkoholisch-sauren Chinhydron-Lösungen arbeiteten, haben die Konstanz und die überraschende Schnelligkeit ihrer Einstellung, sowie die theoretisch zu erwartende Unabhängigkeit des Potentials von der Konzentration des Chinhydrons angegeben.

Jedoch zeigten erst Biilmann³⁾ und Mitarbeiter, daß das Potential der Chinhydronelektrode bei Anwendung wässriger Chinhydron-Lösungen einwandfrei definiert und reproduzierbar ist. Sie haben auf die Bedeutung der Chinhydronelektrode für die Bodenkunde zuerst aufmerksam gemacht.

Damit kein Diffusionspotential auftritt, das die Aziditätsbestimmung täuschen würde, dürfen sich die beiden Lösungen — die Untersuchungsflüssigkeit und die Lösung von eingestellter Konzentration — nicht direkt berühren. Gewöhnlich wird ein Gefäß mit einer indifferenten Lösung, z. B. gesättigter Chlorkaliumlösung, verwendet und die beiden Lösungen der Konzentrationskette durch Heber mit diesem Gefäß und damit unter sich verbunden.

Der innere Widerstand eines so zusammengesetzten Konzentrationselementes ist infolge der kleinen Berührungsfläche beider Lösungen so groß, daß die Empfindlichkeit einfacher Galvanoskope nicht ausreicht, um die Stromlosigkeit in der Kompensationsschaltung erkennen zu können. Man ist deshalb gezwungen, für derartige Messungen hochempfindliche Instrumente — wie Kapillarelektrometer oder Spiegelgalvanoskop — zu verwenden.

Die für elektrometrische Aziditätsbestimmungen angegebenen Elektrodengefäße zeigen eine mehr oder weniger komplizierte Form. Die dadurch erhöhte Zerbrechlichkeit und die Unhandlichkeit vorhergenannter Meßinstrumente haben bisher die Anwendung der elektrometrischen Methode außerhalb des Laboratoriums so gut wie unmöglich gemacht.

II. Beschreibung der tragbaren Apparatur:

Im Verlauf der Untersuchungen, die zum Ziele hatten, ein tragbares Gerät zur Bestimmung der Bodenazidität für den Gebrauch im freien Felde zu schaffen, wurde gefunden, daß man das Diffusionspotential mit einer für die Praxis hinreichenden Genauigkeit dadurch ausschalten kann, das man einen porösen Tonzyylinder verwendet, der mit gesättigter Chlorkaliumlösung getränkt worden ist. Die Vergleichslösung von bekannter Wasserstoffionenkonzentration wird in diesen so präparierten Tonzyylinder gefüllt und dieser selbst nach Art eines Bunsenelementes in die zu untersuchende Bodenaufschüttung eingetaucht, wie aus der Figur 1 ersichtlich ist.

³⁾ Annales de Chimie, 9. Serie Bd. 15 und 16, 1921.

*Elektrode zum elektrischen Bodensäure-Messer
nach Trénel*

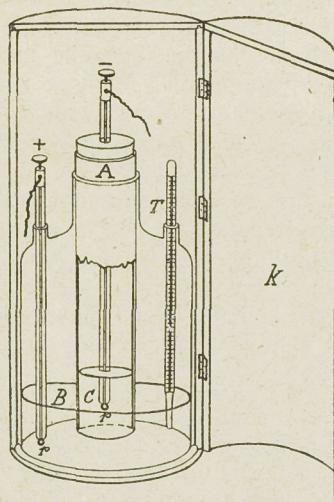


Fig. 1.
Erläuterung:

A: Poröser Tonzyylinder	T: Thermometer
B: Boden-Aufschlammung	p: Platin-Elektroden
C: Vergleichs-Lösung	k: Schutzkasten

Der innere Widerstand eines derartig zusammengesetzten Konzentrationselementes ist infolge der großen Berührungsfläche beider Lösungen so herabgesetzt, daß die Empfindlichkeit eines gewöhnlichen Zeigergalvanoskops ausreicht, um die Messung ausführen zu können. Damit fallen die eingangs geschilderten Schwierigkeiten fort, die die Anwendung der elektrischen Methode im Felde bisher verhinderten, und es ist nun möglich, die gesamte zur Messung notwendige Apparatur in einem tragbaren Kasten so zu vereinigen, daß auch der Nichtphysiker an Hand einer einfachen Gebrauchsanweisung die elektrische Messung der Bodenazidität im freien Felde ausführen kann. — Die Ausführung des Apparates ist ohne weiteres aus der Tafel 1 ersichtlich. Die Abbildung stellt einen Probebau dar, nicht die endgültige Ausführung.

Der innere Widerstand beider Elektrodenanordnungen — der bisher üblichen Laboratoriumsapparatur mit zwischengeschalteter Chlorkaliumlösung und der oben geschilderten vereinfachten — wurde mit Wechselstrom nach Kohlrausch bestimmt. Die Mittelwerte der Messungen ergeben sich aus nachstehender Zusammenstellung:

- (1) Alte Laboratoriumsschaltung: rd. 990 000 Ohm
- (2) Vereinfachte Schaltung: rd. 300 Ohm

III. Arbeitsgang mit dem tragbaren Meßgerät:

Die Untersuchung einer Bodenprobe auf ihre Azidität gestaltet sich folgendermaßen: Eine abgewogene Menge des zu untersuchenden Bodens wird in das die Tonzelle umschließende Glasgefäß gegeben, mit der doppelten Menge einer 0,1 normalen Chlorkaliumlösung aufgeschlämmt und eine Messerspitze Chinhydrion nach Billmanns Vorschlag hinzugegeben. Es wird hier Chlorkaliumlösung aus zwei Gründen vorgeschlagen; erstens drückt der Chlorkaliumgehalt der Bodenaufschlämung das Diffusionspotential weiterhin herunter, zweitens wird durch den Zusatz von Chlorkalium die „Austauschazidität“ des Bodens nach Daikuvara freigesetzt. Dann wird der Tonzyylinder mit der Vergleichslösung eingesetzt und beide Elektroden mit den Polklemmen des Meßkastens verbunden wie Tafel 1 zeigt.

Man stellt den Umschalter auf N und gleicht die Widerstände so ab, daß die Nadel des Instrumentes G in Ruhe bleibt.

Man dreht den Umschalter auf X und verschiebt jetzt die Kurbel der Meßbrücke solange, bis das Galvanoskop wieder Stromlosigkeit anzeigt. Dann gibt der Index der Kurbel direkt den Säuregrad der Bodenaufschlämung unter Berücksichtigung der Temperatur an, ausgedrückt in P_H . Die P_H -Bestimmung einer Bodenprobe nimmt ungefähr drei Minuten in Anspruch. Das Potential stellt sich praktisch sofort konstant ein und verändert sich erst nach einer Stunde in geringen Grenzen, wohl hauptsächlich infolge von Diffusion der Säure aus der Vergleichslösung.

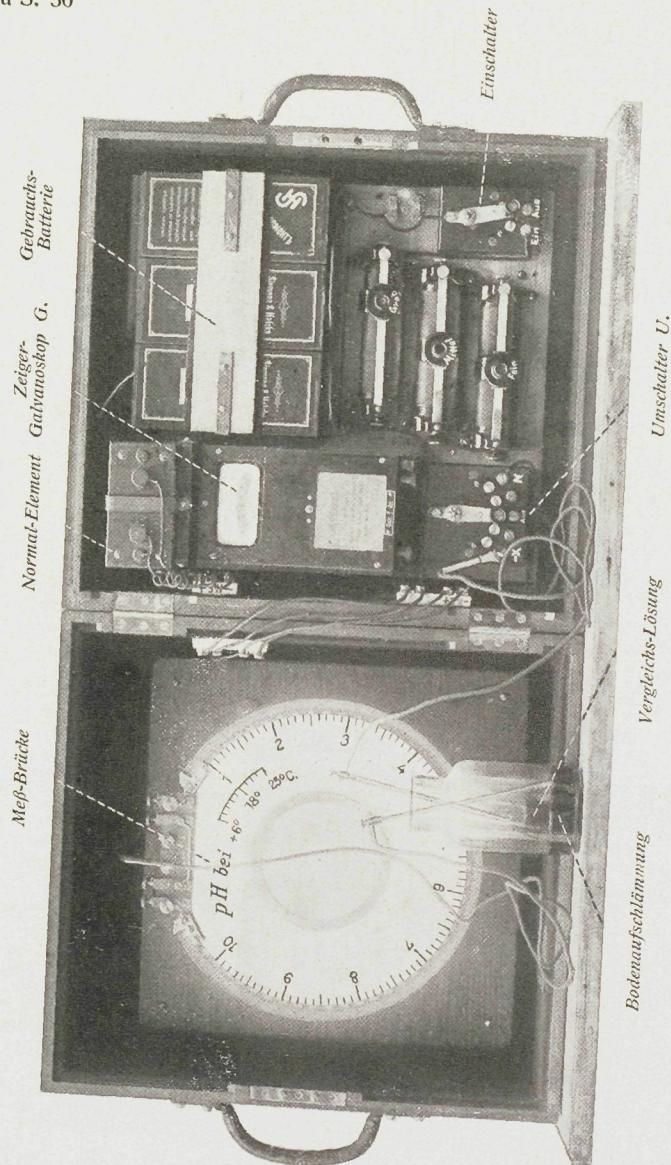
Die Aziditätsbestimmung von Bodenaufschlämmungen verschiedener Herkunft ergab in dieser Anordnung, ausgedrückt in P_H folgende Werte:

Zeit	Bodenproben			
	9775	9471	Lab. Nr. 9800	9711
zu Beginn	3,0	8,0	4,1	4,4
nach 10 Min.	3,05	8,02	4,2	4,35
„ 60 „	2,97	7,8	3,8	4,3
„ 26 Stunden	2,34	5,3	3,2	4,0

IV. Prüfung des Apparates auf Richtigkeit:

Um festzustellen, mit welcher Genauigkeit die Apparatur arbeitet, wurden Lösungen von bekannter Wasserstoffionenkonzentration gemessen, das Ergebnis ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tafel 1. ELEKTRISCHER BODENSÄURE-MESSEER NACH TRENEL.
(Probe-Ausführung von Siemens u. Halske, Wernerwerk M.)



1.	0,1 n Essigsäure + 0,1 n Natriumazetat (nach L. Michaelis)		
	Zeit	theoret. Wert	gemessener Wert
	10,35 h	4,61	4,56
	10,40 h		4,52
	10,45 h		4,50
2.	0,01 n HCl + 0,09 n KCl (nach E. Biilmann)		
	11,40 h	2,04	2,05
	11,50 h		2,00
	12,10 h		1,97
3.	mit Phenolphthalein titrierte HCl bis zur bleibenden Rotfärbung		
	12,30 h	8,3 (nach Sörensen)	8,3
	12,34 h		8,35
4.	mit Methylorange titrierte HCl (nach Michaelis)		
	1,10 h	4—5	4,0
	1,25 h		3,9

Um die vereinfachte Apparatur mit der Laboratoriumsanordnung (unter Verwendung von metallischem Wasserstoff) vergleichen zu können, wurde eine Aufschlämmung ein und derselben Bodenprobe mit beiden Apparaturen gemessen und folgende Resultate gefunden:

Lfd. Nr.	Boden Lab. Nr.	Labor. Anordnung	Feldmäßige Anordnung
1.	Boden Lab. Nr. 9470	7,85	7,5
2.	” ” 9688	4,00	4,1
3.	” ” 9711	4,25	4,4

Der höhere Wert der Messung mit metallischem Wasserstoff bei Bodenprobe Nr. 1 erklärt sich leicht daraus, daß es schwierig ist, Verluste an Kohlensäure infolge des hohen Wasserstoffdrucks zu vermeiden, während gerade nach Biilmann der Vorteil der Chinhydronelektrode in dem äußerst niedrigen Wasserstoffdruck zu suchen ist, der nach seinen Angaben 10^{-24} Atm. beträgt⁴⁾.

Zu dem Zwecke, die elektrometrische Methode mit der titrimetrischen zu vergleichen, wurden sechs Bodenproben verschiedener Herkunft im Verhältnis ein Teil Boden zu zwei Teilen 0,1 n KCl-Lösung nach Daikuvara ausgeschüttelt (eine Stunde), mit 0,1 n KOH und Phenolphthalein als Indikator titriert und die P_H -Werte aus den Titrationszahlen errechnet:

⁴⁾ Annales de Chimie, 9. Serie T. 15, S. 113.

Lfd.Nr.	Boden Lab. Nr.	verbr. ccm 0,1 n KOH	dar. errechn. PH	gemessene PH
1	9801	4,8	3,3	4,0
2	9800	7,4	3,1	3,9
3	9799	14,4	2,8	3,7
4	9435	15,6	2,8	3,6
5	9436	19,4	2,7	3,6
6	9775	114,0	1,9	2,7

Die Titrationswerte liegen höher als die elektrometrischen Ergebnisse, 1.) weil beim Titrieren das Dissoziationsgleichgewicht des beim Ausschütteln ausgetauschten⁵⁾ Säurewasserstoffs solange verschoben wird, bis der ausgetauschte Säurewasserstoff durch die Titrationslauge verbraucht ist, 2.) weil Phenolphthalein erst bei 8,3 umschlägt, während der Neutralpunkt bei 7 liegt.

In der Figur 2 ist das Ergebnis der Messungen graphisch dargestellt. Aus den Kurvenbildern geht hervor, daß die sich aus den gemessenen PH-Werten ergebende Kurve parallel mit der aus den Titrationszahlen errechneten verläuft.

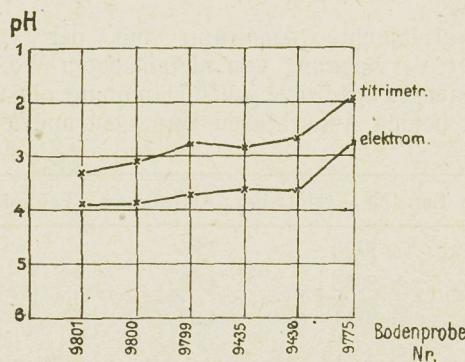


Fig. 2.

V. Empfindlichkeit des Instrumentes:

Um die Empfindlichkeit der Apparatur festzustellen, wurde bei wechselnden PH-Werten der Schleifkontakt der Meßbrücke solange verschoben, bis das Nullinstrument einen Ausschlag von einem Grad anzeigte. Mit zunehmender Alkalität nimmt die Empfindlichkeit zu, mit zunehmender Azidität dagegen ab.

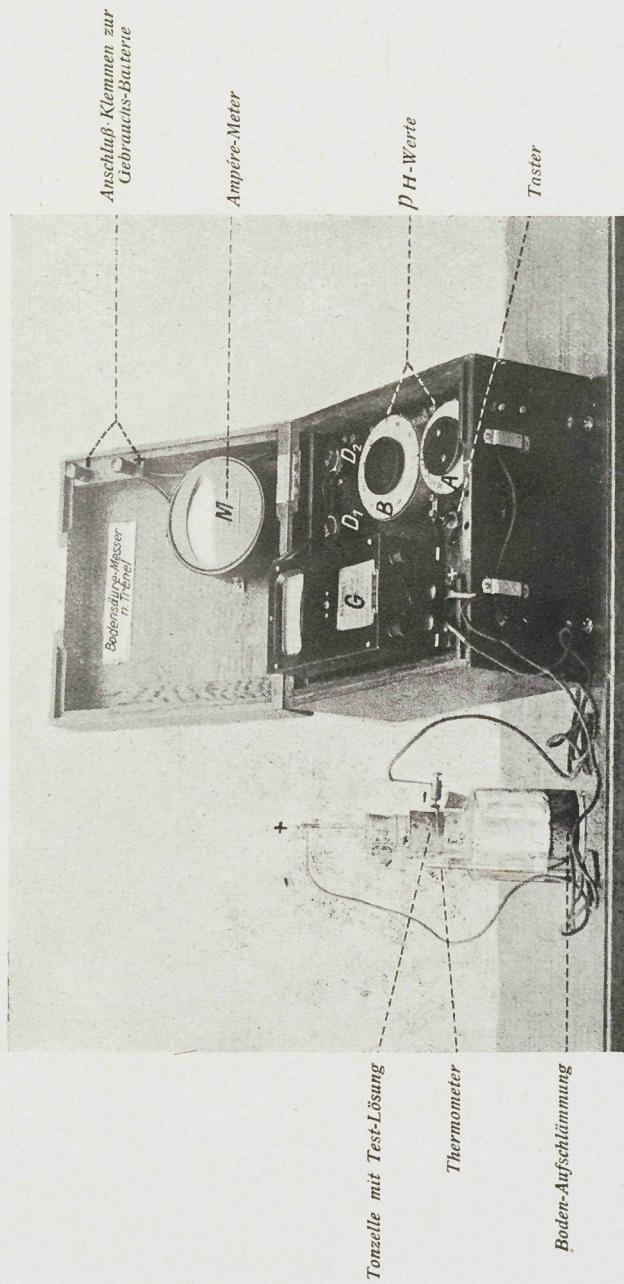
Einen Ausschlag von 1 Grad rufen hervor:

bei PH 4,55: eine Änderung von PH 0,45

” ” 6,3 : ” ” ” ” 0,20

⁵⁾ F. Scurti; Annali Chim. Appl. 13, 161; H. Kappen, Die Landw. Versuchsstat. 88, 89, 90, 96.

Tafel 2. BODENSÄURE-MESSEER NACH TRÉNEL.
(Ausgeführt von Siemens & Halske, Wernerwerk M.)



Die Empfindlichkeit der Apparatur reicht also aus, um die Azidität mit einer für die landwirtschaftliche Praxis hinreichenden Genauigkeit bis auf die erste Dezimale bestimmen zu können. Die zweite Dezimale ist unsicher. Für genauere rein wissenschaftliche Messungen kann der bisher üblichen Versuchsanordnung nicht entgehen werden. Die Untersuchungen werden dahingehend fortgesetzt, ob sich die angegebene Apparatur nicht so vervollkommen läßt, daß sie allen wissenschaftlichen Ansprüchen genügt.

Um die Mitnahme von Wage und Flüssigkeitsmensur ins Feld zu ersparen, wurde die Frage geprüft, innerhalb welcher Grenzen die Konzentration der Bodenaufschlämmung als auch der Chlorkaliumgehalt verändert werden darf, ohne daß die gemachten Fehler die Empfindlichkeitsgrenzen der Apparatur überschreiten. Das Verhältnis von einem Teil Boden zu zwei Teilen Chlorkaliumlösung wurde von 1 : 1 bis 1 : 3, und die Konzentration der Chlorkaliumlösung von 0,1 n bis 1 n variiert. Die Ergebnisse waren:

(1)	bei 20 ccm	40 ccm	60 ccm	0,1 n KCl auf 20 gr Boden:
	P _H	2,95	3,0	3,5
(2)	bei 20 ccm	40 ccm	60 cm 1 n KCl auf 20 gr Boden wie 1	
	P _H	2,9	3,1	3,1
(3)	bei 50 ccm	100 ccm	150 ccm 0,1 n KCl auf 50 gr Boden:	
	P _H	3,9	4,0	4,25 (anderer Herkunft)

Aus den Versuchen geht hervor, daß selbst erhebliche Konzentrationsänderungen den P_H-Wert nur innerhalb solcher Grenzen ändern, die ohne jeden Einfluß auf die praktischen Folgerungen sind, welche die Landwirtschaft aus den Meßergebnissen zu ziehen hat. Es genügt demnach, wenn die Bodenprobe mit einem Hohlmaß entnommen und die Chlorkaliumlösung bis zu einer entsprechenden Marke des äußeren Elektrodengefäßes aufgefüllt wird.

Die Herstellung der Apparatur hat die Meßinstrumentenabteilung der Firma Siemens & Halske, Siemensstadt übernommen.

Zusammenfassung:

1. Es wird ein elektrisches Meßgerät zur Bestimmung der Bodenreaktion auf dem Felde angegeben.
2. Die Bodenreaktion wird elektrometrisch bestimmt unter Ersatz des metallischen Wasserstoffs durch Chinhydrion nach Biilmann.
3. Das Diffusionspotential wird durch einen mit Chlorkaliumlösung getränkten Tonzylinder ausgeschaltet, der direkt in die Bodenaufschlämmung eintaucht.

4. Dadurch ist der innere Widerstand der „Kette“ so herabgesetzt, daß es nicht nötig ist, unhandliche Meß-Instrumente wie Kapillar-Elektrometer, Spiegelgalvanoskop zu verwenden.

5. Durch diese Vereinfachung wird es möglich, die Apparatur in einem tragbaren Kasten so zu vereinigen, daß auch der Nichtphysiker an der Hand einer kurzen Gebrauchsanweisung die Messung ausführen kann.

Nachtrag.

Während der Drucklegung dieser Arbeit ist die Apparatur so durchkonstruiert worden, daß sie in einem Kasten von den Ausmessungen $24 \times 24 \times 16$ cm vereinigt, umgehängt wie das Görz'sche Gerät getragen werden kann. Tafel 2 zeigt den geöffneten Kasten.

Das gegen Stromentnahme empfindliche Normalelement ist ersetzt durch das Milliampèremeter M , an dem die Konstanz der Stromstärke dauernd überwacht werden kann. Das Ampèremeter hat ferner die Aufgabe, die Berücksichtigung des Temperaturfaktors zu ermöglichen. Auf seiner Meßskala befinden sich rote Marken, die den verschiedenen Temperaturen entsprechen, für welche die abgelesenen pH -Werte gelten. Die Einstellung der der herrschenden Temperatur entsprechenden Stromstärke erfolgt mit Hilfe der Drehwiderstände D_1 und D_2 . T ist ein Stromschlüssel.

Die pH -Werte werden auf zwei Teilkreisen abgelesen, und zwar die Einer auf der Scheibe A und die Dezimalen auf der Scheibe B.

Gebrauchsanweisung: Die Vorbereitung der „Bodenzelle“ ist dieselbe wie auf Seite 30 beschrieben.

Man löst die Arretierung des Instrumentes G , stellt durch Drehen der Knöpfe D_1 und D_2 die herrschende Temperatur auf dem Ampèremeter M ein und dreht die Meßbrücken A und B solange, bis das Instrument G in Ruhe bleibt.

Die ausführliche Abhandlung über denselben Gegenstand erscheint demnächst in den Mitteilungen aus den Laboratorien der Preuß. Geolog. Landesanstalt.

Berlin, 31. Dez. 1923.

**Ueber ein tragbares Gerät
zur
elektrischen Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit
im Felde.¹⁾**

Von Georg Görz.

(Aus der Landwirtschaftlichen Hochschule, Berlin.)

Die Erkenntnis, daß die Fragen der Pflanzenernährung und Düngung ohne gleichzeitige Berücksichtigung der physikalischen Vorgänge im Boden nicht zu lösen sind, hat in letzter Zeit an verschiedenen Stellen zu eingehenden Versuchen über den Einfluß der Bodenbearbeitung auf das Pflanzenwachstum geführt. Eine der wichtigsten Fragen dabei ist zweifellos die des Wasserhaushaltes der Böden, und zwar ihre Erforschung nicht im Laboratorium, sondern im Felde selbst. Die Untersuchung bei möglichst ungestörten Lagerungsverhältnissen ist aber nur dann möglich, wenn es gelingt, eine Methode zu finden, die eine große Anzahl Messungen draußen im Felde schnell und mit ausreichender Genauigkeit gestattet.

I. Theoretische Grundlagen des neuen Verfahrens.

Die im Folgenden geschilderte Methode versucht, ausgehend von dem Gedanken, daß die Leitfähigkeit nassen Bodens für elektrischen Strom eine andere sein müsse als die trockenen Boden, durch Messung des Bodenwiderstandes zum Ziele zu kommen.

Die Schwierigkeit des Problems lag nun darin, daß der Wassergehalt allein für die Leitfähigkeit nicht maßgebend ist, sondern der Strom dort den geringsten Widerstand findet, wo der Boden am wärmsten, am reichsten an Elektrolyten, am dichtesten gelagert und am feuchtesten ist.

Im Verlauf der Voruntersuchungen ergaben sich nun zwischen den Faktoren: Temperatur, Lagerungsdichte (Volumengewicht),

¹⁾ Vergl. Dissertationen der Landwirtschaftlichen Hochschule, Berlin, Jahrgang 1923: G. Görz, die Messung des Wassergehalts der Böden im Felde auf elektrischem Wege.

Wassergehalt, und dem Gehalt an Elektrolyten (relative Leitfähigkeit des Bodens) folgende Zusammenhänge:

1. Der Widerstand eines Bodens nimmt bei gleichem Wassergehalt und steigender Temperatur angenähert nach einer Exponentialfunktion ab.
2. Die relative Leitfähigkeit eines Bodens ist abhängig von Quantität und Qualität der im Bodenwasser gelösten Salze bzw. Säuren oder Basen und von dem Vorhandensein von Resten organischer Natur, wie nach den bisherigen allgemeinen physikalisch-chemischen Erfahrungen vorauszusetzen war.
3. Der Widerstand eines Bodens nimmt mit einer Zunahme der Lagerungsdichte (des Volumengewichts) ab, bleibt aber konstant, wenn die Lagerungsdichte oberhalb eines Druckwiderstandes²⁾ von 3 kg pro qcm liegt.
4. Der Widerstand eines Bodens nimmt bei steigendem Wassergehalt und gleicher Temperatur angenähert nach einer Exponentialfunktion ab.

Hasenbäumer und König³⁾ haben, augenscheinlich aus dem Wunsche heraus, ein neues Charakteristikum für den Boden zu schaffen, das Leitvermögen von Böden für elektrischen Strom gemessen, allerdings mit einer Methode, deren Anwendbarkeit wegen genau innezuhaltender Temperaturen und Feuchtigkeitsgrade der Proben auf das Laboratorium beschränkt blieb.

Für die vorliegende Feuchtigkeitsbestimmung der Böden im Felde konnte aber nur eine solche Leitfähigkeitsmessung in Frage kommen, die sich draußen ausführen ließ, d. h. mit anderen Worten, die von der jeweiligen Temperatur und dem jeweiligen Wassergehalt der Böden unabhängig war.

II. Beschreibung des neuen Verfahrens.

Diesen Zusammenhängen trägt nun das in den Abbildungen (Tafel 3) wiedergegebene Meßgerät in folgender Weise Rechnung.

Der sogenannte Spaten (die Elektrode, Figur 2) besteht aus einem zylindrischen Stahlrohr von 40 mm lichter Weite, das den einen Pol darstellt. In seiner Mitte befindet sich eine Stahlnadel, die den anderen Pol bildet. In dem Stahlrohr ist verschiebbar ein Hartgummistempel angeordnet, der die Elektrode nach oben abschließt.

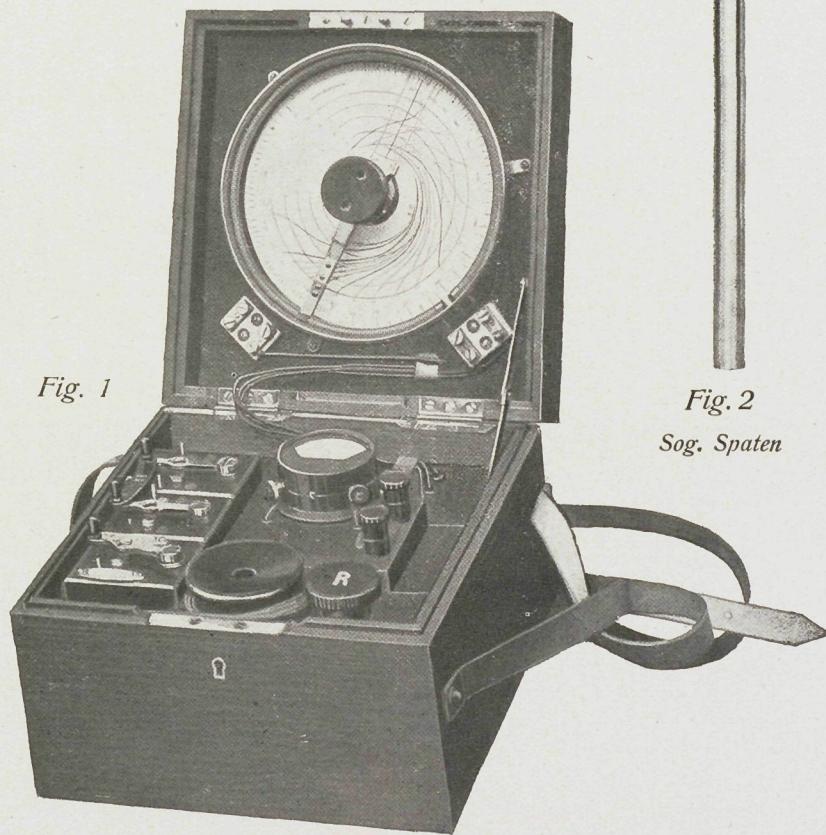
Zu Beginn der Messungen stellt man nun an der oben am Spaten angebrachten Millimeterteilung den Hartgummistempel auf die Marke 40 mm ein. Dadurch entsteht — vom unteren Rand des

²⁾ Gemessen mit dem v. Meyenburg'schen Apparat.

³⁾ Landwirtschaftliche Jahrbücher 1920, 55, 194—198.

Zu S. 36

*Tragbares Gerät
zur elektrischen Bestimmung der
Bodenfeuchtigkeit im Feld.*



Stahlzylinders an gemessen — ein 40 mm hoher Raum in der Zylinderelektrode. Drückt man nun den Spaten an seinen beiden Griffen, nachdem man die oberste Bodenschicht mit dem Fuße etwas geebnet hat, soweit man kann in den Boden ein, so wird, da der Querschnitt der Elektrode rd. 12 qcm beträgt, der Boden mit einem Druck von 4,5—5 kg pro qcm in die Elektrode hineingepreßt. Der Spaten dringt dabei, je nach der Lagerungsdichte des Bodens, mehr oder weniger tief in den Boden ein. Im Allgemeinen erhält man bei bearbeiteten und nicht zu festen Böden in der Elektrode eine Durchschnittsprobe der obersten 10—20 cm der Krume. Will man den Wassergehalt in größeren Tiefen messen, so ist mit einem Tellerbohrer von 8—10 cm Durchmesser vorzubohren. Der Spaten kann bis zu einer Tiefe von ca. 80 cm benutzt werden. Das Entfernen der gemessenen Probe aus dem Spaten geschieht durch Hinunterschieben des Hartgummistempels an dem über den Griffen befindlichen kleinen Quergriff. Auf diese Art entnommene und lufttrocken gemachte Proben unterscheiden sich lediglich ihrem Gewichte nach in den durch die verschiedenen spezifischen Gewichte gegebenen Grenzen.

Nachdem so durch das In-den-Boden-drücken des Spatens eine Bodenprobe gewissermaßen abgewogen und für die weiteren Untersuchungen vorbereitet ist, erfolgt zunächst die Bestimmung der relativen Leitfähigkeit des auf seinen Wassergehalt zu untersuchenden Bodens.

Ich fand, daß der aus den Widerstandswerten einer Gleichstrom- und einer Wechselstrommessung derselben Probe gebildete Quotient eine konstante — von Temperatur und Wassergehalt des Bodens unabhängige — und der spezifischen Leitfähigkeit des Bodens proportionale Größe ist. Ich bezeichne sie als *relative Leitfähigkeit* des Bodens, und erkläre ihre Konstanz folgendermaßen:

1. Infolge auftretender Polarisation ist der Gleichstromwiderstand stets größer als der Wechselstromwiderstand.
2. Die Differenz zwischen beiden ist umso größer, je höher die spezifische Leitfähigkeit des Bodens ist.
3. Temperatur und Feuchtigkeitsgrad des Bodens beeinflussen die beiden Messungen — in den im Boden vorkommenden Grenzen — in gleichem Sinne⁴⁾.

Zu beachten ist, daß die Gleichstromwiderstandsmessungen bei konstanter Spannung ausgeführt werden müssen. Zu die-

⁴⁾ Die eingehende Abhandlung über dieses Gebiet erscheint demnächst in den Mitteilungen aus den Laboratorien d. Preuß. Geolog. Landesanstalt.

sem Zweck ist in das Instrument ein Spannungsteiler eingebaut, mit dem ein Regulieren der Meßspannung leicht erreicht werden kann.

Ist die relative Leitfähigkeit des Bodens ermittelt, so ist der nächste Schritt der, diese Größe so zu berücksichtigen, daß die Ablesung des Feuchtigkeitsgrades an der für alle Böden gültigen Skala der Brücke erfolgen kann. Das geschieht vorläufig so, daß die wirksame Fläche der Elektrode proportional der Höhe der relativen Leitfähigkeit verändert wird. Die Beziehung zwischen diesen beiden Größen ist dem Meßgerät in Form einer graphischen Darstellung beigegeben, aus der die einzustellende Elektrodenhöhe in Millimetern abgelesen werden kann. Nach vorgenommener Einstellung des Spatens zeigt dann bei einer letzten Wechselstrommessung der Index der Kurbel auf der Skala der Brücke den Feuchtigkeitsgrad in Prozenten des trockenen Bodens direkt an. Dem Einfluß der, vorher festzustellenden Bodentemperatur auf die Messung trägt eine über der Wasserprozentskala angebrachte graphische Darstellung Rechnung. Die Meßeinrichtung soll in Zukunft noch dahin vereinfacht werden, daß das Umstellen des Spatens in Fortfall kommt. Diese Vereinfachung beruht auf dem Gedanken, daß man den ersten, der Feststellung der Leitfähigkeitskonstante dienenden, Wechselstromwiderstandswert nur nach Maßgabe eben dieser Konstante zu verändern braucht, um ohne weitere Messung den Wassergehalt ablesen zu können, was sich technisch leicht durch eine zwischen den Skalen verschiebbare einfache Teilung erreichen läßt.

Figur 1 zeigt das eigentliche Meßgerät mit der im Deckel befindlichen Brücke und deren Skalen. Der Apparat kann mit dem um den Nacken zu legenden Riemen bei den Messungen auf dem Felde leicht und bequem getragen werden. Der Versuchsansteller hat so beide Hände zur Bedienung des Meßgeräts und des Spatens frei.

Die Meßinstrumenten-Abteilung der Firma Siemens & Halske, Siemensstadt, hat den Bau der gesamten Meßeinrichtung übernommen. Eine beschränkte Zahl Apparate befindet sich im Bau und wird aller Voraussicht nach in zwei Monaten fertiggestellt sein. Das Verfahren sowohl wie die Meßeinrichtung stehen unter Patentschutz.

III. Prüfung der Genauigkeit.

Den Genauigkeitsgrad der elektrischen Messung mögen folgende Zahlen zeigen, bei denen die elektrisch gemessene Probe zur Kontrolle durch Trocknung bis zur Gewichtskonstanz bei 105 Grad auf ihren Wassergehalt untersucht wurde:

Bodenart	Neue Methode	Alte Methode
1. Schwerer Alluvialschlick 10—20 cm Tiefe	1. 20,0 % 2. 20,0 " 3. 19,5 " Mittel 19,6 % 4. 19,3 " 5. 18,9 "	20,3 % 19,9 " 20,5 " Mittel 20,3 % 20,7 " 20,1 "
2. Krümeldecke desselb. Bod.	1. 13,4 " 2. 6,2 "	11,0 " 6,0 "
3. Schwerer Ton 30 cm Tiefe	1. 22,9 " 2. 25,0 " Mittel 23,95 %	23,9 " 25,2 " Mittel 24,5 %
4. Sandiger Lehm 10—20 cm Tiefe	1. 18,5 " 2. 19,3 " Mittel 20,06 % 3. 22,4 "	18,3 " 20,0 " Mittel 20,26 % 22,5 "
5. Humoser Sand, Krume	1. 27,0 " 2. 28,0 " Mittel 27,50 %	29,0 " 31,0 " Mittel 30,0 %
6. Untergrund desselb. Bod.	1. 17,8 "	20,0 "

IV. Zusammenfassung.

1. Es wird ein tragbares Gerät beschrieben, das die Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit im freien Felde durch Messen der elektrischen Leitfähigkeit gestattet. Der Apparat ist vorläufig eingerichtet für Feuchtigkeitsgehalte in den Grenzen zwischen 5 und 25 %.
2. Die Messung beruht darauf, daß die verschiedenen Faktoren, welche die Leitfähigkeit beeinflussen, mit Ausnahme des Wasser- gehalts, ausgeschaltet werden.
3. Der Quotient aus den Widerständen einer Gleichstrom- und einer Wechselstrommessung derselben Bodenprobe ist konstant und der spezifischen Leitfähigkeit des Bodens proportional.
4. Bei gleicher Temperatur und gleichem Wassergehalt nimmt der Widerstand eines Bodens mit einer Zunahme der Lagerungsdichte ab, bleibt aber konstant, wenn die Lagerungsdichte oberhalb eines Druckwiderstandes von 3 kg pro qcm liegt.

Die Degradation und der podsolige Prozeß.

Von K. Glinka.

Der Gedanke, daß der bewaldete Tschernosem unter dem Einfluß der Waldvegetation degradiert wird, wurde ausgesprochen schon im Jahre 1886 vom Akademiker Korshinski¹⁾, der die nördliche Grenze des Tschernosem im Osten von Rußland untersuchte.

Früher, vor seinen Arbeiten, betrachtete man die sogenannten Waldlehme, die von Prof. W. Dokutschaeff²⁾ festgestellt wurden, als selbständige ursprüngliche Bodenbildung. Dokutschaeff nahm an, daß im Stepengebiete ein Teil der Gegend ewig mit Grasvegetation, der andere aber mit Waldvegetation bedeckt war. Unter der Grasvegetation entstanden Tschernosemböden, unter dem Walde „Waldlehme“.

Den letzten Ausdruck müßte man wegen seiner Unbestimmtheit abschlagen. Einerseits sollten doch alle bewaldeten Lehme unter dem Namen Waldlehme bezeichnet werden und als Folge alle lehmigen Podsolböden in diese Kategorie eingerechnet werden; andererseits gibt es noch waldige, sandige Böden, die auch ihre Stelle in der Klassifikation erhalten müssen. Deshalb ziehen wir den Ausdruck „degradierte tonige Böden“ dem Namen „Waldlehme“ vor; denn parallel und auf gleichem Grunde existieren auch „degradierte sandige Böden“.

Die Ansichten von Korshinski über die Degradation der Tschernoseme wurden experimentell von Prof. P. A. Kostytscheff³⁾ dargestellt. Kostytscheff spülte mit Wasser einen Tschernosemboden mit 8.46% Humus aus und nach einem dreijährigen Versuche war im Boden nur 2.5% Humus zurückgeblieben. Damit erwies sich, daß man durch eine Vergrößerung der Feuchtigkeitsmenge aus dem Tschernosem einen grauen Podsolboden erhalten kann.

¹⁾ Korshinski, S.: Arbeit der Naturforsch.-Gesellsch. zu Kasan Nr. 6, S. XVI, 1886.

²⁾ Dokutschaeff, W.: Der russische Tschernosem 1883. Materialien zur Bodenwertschätzung des Gouvernements Nishny-Nowgorod. Bd. I.

³⁾ Kostytscheff, P.: Die Forst- und Landwirtschaft, 1888, Nr. 4 und 5. Verhandl. der Naturforsch.-Gesellsch. zu Petersburg. Nr. 13. d. XX.

Trotzdem blieb das Wesen des Degradationsprozesses bis zur letzten Zeit unerklärt. Man konnte nur behaupten, daß die erhöhte Feuchtigkeit der oberen Schichten der Waldböden eine Rolle darin spielen muß, aber diese Rolle war noch nicht klar.

Bevor ich meine Meinung über diese Frage ausspreche, will ich mich mit meinen Beobachtungen der Degradation der sandigen Böden im Gouvernement Woroneje etwas aufhalten. In der ganzen russischen Literatur, die den degradierten Böden gewidmet ist, findet man nur die Beschreibung der degradierten tonigen oder lehmigen Tschernoseme; was die sandig lehmigen Böden anbetrifft, so bleibt die Frage über ihre Degradation offen.

Zum ersten Male traf ich degradierte sandige Tschernoseme bei den Bodenuntersuchungen im Gebiete der Grafschen Försterei. Hier beschrieb ich drei Profile. Im ersten, neben der Baumschule, konnte man folgendes Bild beobachten:

- A₁** = sandiger Boden, dunkelgrau, homogen gefärbt, fast schwarz im feuchten Zustande. Mächtigkeit 47—50 cm.
A₁ = eine Reihe dunkler Streifen mit hellen Zwischenräumen. Mächtigkeit 40 cm.
A₂ = fast weißer Sand. Mächtigkeit 35 cm.
B₁ = zäher rotbrauner Lehm mit braunen Adern und dunklen Humusflecken. Im oberen Teile unregelmäßige Nester Sand mit humusgefärbten Kanten. Mächtigkeit 30—35 cm.
B₂ = Horizont der Karbonat-Anhäufung; Konkretionen von Kalzium-Karbonat.

Im zweiten Bodenprofile, hinter der Baumschule, konnte man dasselbe Bild beobachten, aber die Sandschicht war etwas mächtiger. Der Lehm erschien erst in einer Tiefe von 2 Meter und brauste bis zur Tiefe von 3.2 Meter nicht auf.

Später legte ich noch eine Grube an und fand unter einem ununterbrochenen Humushorizonte des sandigen Bodens (mächtig beinahe 50 cm.) drei ziemlich breite noch dunkelgefärbte Humusstreifen durch helle sandige Zwischenräume von einander getrennt. Der untere Teil des Humushorizontes (der gestreifte) hat eine „gemohrte“ Oberfläche, die an das Schillern eines Moirgewebes erinnert.

Ein besonders reiches Material zum Studium des Degradationsprozesses in sandigem Tschernosem lieferte die Umgebung der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Woroneje, namentlich die Felder der Ferme und des benachbarten Dorfes Podgornoe.

Dieses Territorium nimmt die Wasserscheide der Flüsse Don-Woroneje ein und ist, so viel es die umständlichen Beobachtungen aufgeklärt hatten, durch eine mächtige Folge von Schichten fluvio-glacialer Ablagerungen gebildet; die letzten bestehen aus Sand mit dünnen Schichten und Linsen von Ton; auf einer großen Fläche

sind die Sande mit einem braunen, geschiebefreien Lehm überdeckt, der stellenweise sehr allmählich in die unterliegenden Sande übergeht. Der geschiebefreie Lehm überdeckt aber nicht die ganze Fläche der Wasserscheide Don-Woroneje; die den Flüssen besonders dem Don, anliegenden Gegenden blieben ohne lehmige Decke und die vom Glacialgewässer befreiten Sande wurden vom Winde verweht. Die zerstreuten Sande bedeckten eine ziemlich große Fläche, obgleich nicht ohne Unterbrechung, und stellenweise fehlten diese Decksande. Nachdem der Prozeß der Verwehung beendet war, entwickelte sich auf sandigen sowohl als auf lehmigen Flächen eine Grasvegetation, unter deren Einfluß sandige und lehmige Tschernosem-Böden entstanden. Der Wald, der später aus den Flußtälern auf die Steppe stieg, degradierte mehr oder weniger die örtlichen Tschernosemböden. Als der Ackermann sich in den beschriebenen Regionen ansiedelte, holzte er einen Teil der Wälder ab und bearbeitete die freigewordene Fläche, wodurch wieder das Verwehen der Sande verursacht wurde. Diese Sande bedeckten stellenweise die degradierten sandigen Böden und die neuen sandigen Ablagerungen wurden abermals vom Walde bewachsen, unter dessen Einflusse schon hier und da podsolige Böden primärer Entstehung aber unbedeutender Mächtigkeit gebildet wurden.

Tiefe Bodenprofile, die mein verstorbener Sohn D. K. Glinka auf dem Territorium des Dorfes Podgornoe und der Ferme aufnahm, zeigten folgenden Bau der jetzigen und der begrabenen Böden.

1. Im Walde bei der Schlucht (N 2) auf dem Wege aus dem Dorfe Podgornoe ins Dorf Jamnoe.

A₁ = feinkörniger, dunkelgrauer, strukturloser Horizont. Mächtigkeit 26 cm.

A₂ = weißlich-grauer, sandiger Horizont. Mächtigkeit 13 cm.

A₁ = (begrabener Boden), dunkler und dichter, im unteren Teile zerfällt in einzelne Flecken und Adern. Mächtigkeit 38 cm.

BC = bräunlicher, zäher Lehm. Mächtigkeit 75 cm.

C = gelber Sand.

2. Auf dem Territorium des früheren Waldes, auf dem Wege von Podgornoe zur Chausseé nach Sadorsk, ein kleiner Hügel.

A₁ = grauer, strukturloser, sandiger Horizont. Mächtigkeit 23 cm.

A₂ = weißlicher Farbe, doch nicht homogen gefärbt, sondern fleckenartig, wobei die Flecken oben groß, tiefer klein sind. Deutliche weiße Farbe bis 27 cm, niedriger voll Flecken. Die gemeine Mächtigkeit beträgt 42 cm.

A₁ = (begrabener Boden), dunkel, fast schwarz, ziemlich feucht und dicht (sandiger Boden); im unteren Teile flecken- und streifenartig mit hellen Zwischenräumen. Gemeine Mächtigkeit 100 cm.

B = bräunlich-gelb, sandig-lehmig. Mächtigkeit 100 cm.

BC = gelber, sehr zäher Ton, der in der Tiefe von 290 cm aufbraust.

3. Im Walde auf dem Territorium der Ferme.

A_0 = Waldstreu, hauptsächlich aus Eichenblättern. Mächtigkeit 1—2 cm.
 A_1 = dunkelgefärbter, feuchter, sandiger Horizont; beim Austrocknen wird er grau. Mächtigkeit 8 cm.

A_2 = etwas heller, podsoliert. Mächtigkeit 8—9 cm.

A_1 = (begrabener Boden), dunkel, einförmig gefärbt bis zur Tiefe von 32 cm von der Grenze des Horizontes A_2 .

A_1-A_2 = eine Reihe Humussstreifen und weißen Sandes. Mächtigkeit 68 cm.
 B = gelber Lehm mit braunen Flecken.

4. An der Grenze des Waldes auf demselben Territorium.

A_1 = dunkelgrauer, sandiger Boden. Mächtigkeit 17 cm.

A_2 = hellgrauer, podsolierter Horizont. Mächtigkeit 18 cm.

A_1 = (begrabener Boden), schwarz-grauer, sandiger Boden. Mächtigkeit 28 cm.

A_1-A_2 = Reihen von Humusstreifen und hellgrauen Sandes.

Es gibt noch, außer den beschriebenen Profilen mehrere deren analog. Es ist leicht beim Vergleichen zu bemerken, daß bei den Anfangsstadien der Degradation der sandigen Böden der untere Teil des Humushorizontes sich in ein paar breite Humusstreifen einteilt, mit anderen Worten wird der Humus der unteren Horizonte beweglicher und kann allmählich in die Tiefe ausgewaschen werden. Wir müssen uns erinnern, daß die ersten Beobachtungen über die Degradation der lehmigen Tschernoseme das Hellerwerden des Bodens in den ersten Phasen der Degradation im unteren Teile des Humushorizontes bewiesen; es war aber nicht ganz klar, weshalb gerade im unteren Teil die Färbung heller wurde.

Aus der Beschreibung der Profile auf dem Territorium der Hochschule sieht man, daß bei der Degradation der sandigen Tschernoseme der untere Teil des Horizontes A in mehrere ziemlich breite Humusstreifen zerfällt, die weiter eine Reihe schmälerer Streifchen bilden; die letzten sinken immer tiefer und tiefer. Der untere Teil des Humushorizontes bekommt also eine ziemlich mächtige „zebraartige“ Oberfläche. Später verwandelt sich der größte Teil des homogen gefärbten Humushorizontes in ein System feiner, etwas schlängelichen, teils parallelen, teils sich durchkreuzenden Streifchen. Sie sinken immer tiefer, verlieren ihren Humusstoff und bekommen eine bräunliche, eisenartige Färbung. Schließlich bilden sie die sogenannten „Pseudofibern“ von Prof. Ch. N. W y s s o t s k y.

Dieselben Beobachtungen machte ich in der Umgebung von der Station Ostroschka bei Woroneje; auf der Försterei Chrenomy im Kreise Bokrow, auf der Grenze der Steppe und im Kreise Sadowsk (Umgebung des Dorfes Dubowje).

Das Studium des Degradationsprozesses in den sandigen Böden führt uns zur Schlußfolgerung, daß das Wesen des Prozesses darin liegt, daß der Humus leichter beweglich wird, wobei die Beweglichkeit der feinsten mineralischen Suspensionen des Bodens auch zunimmt.

In sandigen Böden, wo die molekularen und kolloiden Lösungen mehr oder weniger gleichmäßig in die Tiefe der ganzen Gesteinsmasse eindringen, äußert sich das Einwaschen des Humus in der Absonderung mehr oder weniger paralleler Streifen; in lehmigen Böden bildet der eingewaschene Humus einzelne, abgesonderte Flecken in verschiedenen Tiefen. Nach umständlichen Untersuchungen der Bodenprofile der degradierten Lehme kann man sich überzeugen, daß sichtbare Spuren des Humus in diesen Böden auf größere Tiefen beobachtet werden, als bei den unweit liegenden Tschernosemböden. Sie äußern sich nicht nur in Form von dunklen Flecken, sondern auch als dunkelbraune, glänzende Anflüge, die den Horizont B) durchdringen und noch von N. A. B o g o s l o w s k y⁴⁾ beschrieben wurden. Bei vorsichtigem Glühen einzelner glänzender Stückchen aus dem Horizonte B) bemerkst man ein Verdunkeln (Verkohlen) derselben. Nach einem starken Glühen bekommen die Oberflächen mit den Anflügen eine mehr intensive rötliche Färbung im Vergleich mit den Teilen ohne Anflüge. Es beweist, daß die bräunlichen Anflüge außer den Humusstoffen, noch Eisenhydrate in größerer Menge als die ganze Masse des Horizontes B) enthalten.

Wodurch kann die erhöhte Beweglichkeit des Humus bei dem Degradationsprozesse erklärt werden? Ich glaube die Antwort auf diese Frage war schon in dem Experimente von K o s t y t s c h e f f enthalten, obgleich dann keine Acht darauf gegeben wurde, da die Lehre über die Kolloide sich viel später entwickelte.

K o s t y t s c h e f f bemerkte, daß in den Gläsern, die unter den Gefäßen mit dem durchgewaschenen Tschernosem standen, sich nach einiger Zeit eine weiße Substanz ausschied, die einen Bodensatz im Glase bildete. Diese Substanz erwies sich als Kalziumkarbonat. Da der zum Experiment gebrauchte Boden fast kein Kalziumkarbonat enthielt, so konnte der letzte nur vom Humus und teils von Silikaten und Alumosilikaten abgespalten werden. Wir wissen aus den Arbeiten von S. A. S a c h a r o f f⁵⁾ und aus anderen analytischen Angaben, daß unter den Basen, die aus dem Tschernosemboden in die Wasserlösung übergehen, den ersten Platz quantitativ der Kalziumkarbonat einnimmt.

Die Experimente von Prof. K. K. G e d r o y z⁶⁾ über das Ersetzen der im Tschernosemboden absorbierten Basen durch verschiedene Chloride beweisen dasselbe.

Zweifelsohne erwirbt der Humus nach Verlust großer Mengen von seinem Kalzium eine erhöhte Dispersion und geht darum leichter

⁴⁾ B o g o s l o w s k y, N.: „Pedologie“, 1902, N. 4.

⁵⁾ S a c h a r o f f, C.: Bodenlösungen. Journ. für experim. Agronomie. 1906. N. 1.

⁶⁾ G e d r o y z, K.: Journ. für experim. Agronomie. 1906. J. XVII.

in Sol-Zustand über. Diese Meinung wird auch in der letzten Arbeit von A. N. Sokolowsky⁷⁾ angeführt. Hissink⁸⁾ sagt dasselbe in seinem im Jahre 1922 publizierten Werke; wir lesen folgende Zeilen:

„Die Verschiebung des kolloidchemischen Gleichgewichts im Boden kommt im wesentlichen darauf hinaus, daß durch das Auswaschen erst des kohlensauren Kalkes und nachher (oder vielleicht bei Anwesenheit von geringen Mengen CaCO_3 gleichzeitig damit) eines Teiles der absorptiv gebundenen Basen (der Kalk und die Magnesia stehen hier im Vordergrund) die Bodengeele in Suspensionen und in Sole oder auch in echte Lösungen übergehen. Im Bodenwasser treten dann Aufschlemmungen von Tonteilchen, Eisenoxydsole, möglicherweise auch Aluminiumoxyd-, Kieselsäuresole auf; ferner Humussole und vielleicht auch Humuslösungen, endlich auch kohlensaures Eisenoxydul. Und dies alles wird mit dem Bodenwasser in die Tiefe geführt.“

Dieselben Gedanken habe ich in meinen Vorträgen über die Degradation der sandigen Tschernoseme bei der Allrussischen Konferenz der Pedologen in Moskau im Jahre 1922 ausgesagt.⁹⁾

In seiner Arbeit hält sich Hissink auf bei der Frage, weshalb alle Sole, Suspensionen usw. in einer gewissen Tiefe im Boden ausfallen müssen. Er vermutet den Grund des Prozesses darin, daß die trüben Bodengewässer beim Durchsickern in verschiedene Tiefen durch Pflanzenwurzeln getrocknete Horizonte treffen, im Vorhandensein der Elektrolyten und möglichst auch in der feinen kapillaren Struktur der tiefliegenden Horizonte.

Meiner Meinung nach geschieht das Ausfallen in dem Punkte, wo das Gravitationswasser (nach A. F. Lebedoff) oder das Kapillarwasser (élat capillaire nach René d'Andrémont) in Molekularwasser (élat pelliculaire) übergeht.

Also muß der Degradationsprozeß als eine Störung des Kolloiden-Gleichgewichts und dessen Erfolge betrachtet werden. Wie bekannt, ist das Schlußstadium dieses Prozesses das Entstehen eines typisch podsoligen Bodens; ich habe Gelegenheit gehabt, diese Erscheinung auf dem Versuchsfelde des speziellen Feldbaues in der Hochschule zu Woroneje zu studieren. Dieses, im ganzen ebene Feld hat ein Mikrorelief aus mehreren Senken, teils flachen, teils ziemlich tiefen.

Der westliche Teil des Feldes trägt dunkle degradierte Lehme mit folgenden Bodenprofilen:

⁷⁾ Sokolowsky, A.: Nachrichten der Petrovsch. Landwirtschaft Akad. 1919. Lief. 1—4. Moskow 1921.

⁸⁾ Hissink, D.: Beitrag zur Kenntnis der Absorptions-Vorgänge im Boden. Intern. Mitteil. für Bodenkunde. 1922. Bd. XII. Heft 3/6. p. 114.

⁹⁾ Glinka, K.: Bullet der III. Allrussischen Conferenz der Pedologen in Moskau, N. 3—4. 25. Okt.—5. Nov. 1921. p. 6—8.

- A₁ = oben strukturloser, tiefer von deutlich körniger Struktur, dunkelgrau gefärbt. Mächtigkeit 32 cm.
A₂ = nußförmiger Struktur, hellerer Färbung, typisch ausgedrückter Horizont. Die „Nüsse“ tragen auf ihrer Oberfläche „Quarzmehl“. Mächtigkeit 20 cm.
B₁ = zäher, illuvialer Horizont, in die ganze Tiefe mit Humus gefärbt. Prismatische Struktur. Mächtigkeit 38 cm.
B₂ = von gelberer Nuance, strukturlos. Mächtigkeit 33 cm.
B₃ = kalkhaltiger Horizont, braust auf in der Tiefe von 123 cm.
C = bräunlicher, geschiebefreier Ton.

Als typisches Merkmal dieses Stadiums der Degradation erscheint die fast ununterbrochene Humusfärbung des Horizontes B). Dieses Merkmal wurde, wie es mir scheint, zum ersten Male von N. Floroff¹⁰⁾ festgestellt.

Im östlichen Teile des Feldes dominieren helle degradierte Lehme; sie haben folgendes Bodenprofil:

- A₁ = durch Ackern zerstört und verstaubt, also strukturlos, hellgrauer Farbe. Mächtigkeit 14 cm.
A₁“ = körniger Struktur, deutlich podsoliert. Mächtigkeit 15 cm.
A₂ = nußförmiger Struktur mit deutlichem Quarzmehle auf der Nußoberfläche. Auf dem Profile erscheinen deutliche, weiße, große und kleine Flecken. Mächtigkeit 16 cm.
A₂ + B₁ = Uebergangshorizont. Die Struktur bildet einen Uebergang von der nußförmigen zur prismatischen. Mächtigkeit 7 cm.
B₁ = dichter, bräunlicher, mit Glanzanflügen auf den Flächen der prismatischen Absonderungen. Stellenweise Reste der zerstörten Maulwurfshöhlen (Krotowinen). Reste der halbzerlegten Baumwurzeln. Mächtigkeit 52 cm.
B₂ = gelbbraun, fast strukturlos; stellenweise braune Anflüge, öfters Wurzelkanäle mit humusgefärbtem Lehme gefüllt. Mächtigkeit 51 cm. Braust auf in der Tiefe von 155 cm. Karbonat-Ausscheidungen von 157 cm an.

Der Degradationsprozeß entwickelte sich noch weiter in flachen Senken im östlichen Teile des Feldes. Der Boden stellte folgendes Bild dar:

- A₁ = hellgrau, strukturlos, durch Ackern zerstört. Mächtigkeit 12 cm.
A₂“ = stark podsoliert, im trockenen Zustande fast weiß, deutlicher blätteriger Struktur. Mächtigkeit 13 cm.
A₂“ = stark podsoliert, nußförmiger Struktur. Mächtigkeit 15 cm.
A₂-B₁ = Uebergangshorizont, grober nußförmiger Struktur, mit weißen Flecken. Mächtigkeit 8 cm.
B₁ = bräunlich, mit großer Menge brauner Glanzanflüge, die den ganzen Horizont durchdringen. Mit der Tiefe werden die Anflüge seltener, doch sind sie zu beobachten bis zum Aufbrausungshorizonte; demgemäß können die Horizonte B₁ und B₂ kaum abgegrenzt werden. Im oberen Teile des Horizontes B₁ werden podsolige Flecken beobachtet. Mächtigkeit 60 cm.
B₂ = die Nuance wird gelblicher, die Struktur weniger deutlich. Mächtigkeit 54 cm.

¹⁰⁾ Floroff, N.: Material zur Boden- und Grunduntersuchung im Gouvernement Kiew. Lief. 1. Odessa, 1916.

Das Aufbrausen fängt in der Tiefe von 162 cm an. In tieferen Senken desselben östlichen Teiles sind total strukturlose Böden vorhanden, d. h. echte Podsole. Im feuchten Zustande erscheinen diese Böden dunkel, fast schwarz, beinahe in der ganzen Tiefe des Humushorizontes. Beim Austrocknen wird der Boden hellgrau, fast weiß. Bis zur Tiefe von 29 cm ist die Masse locker, strukturlos, gleichartig. Die tiefen Teile des Horizontes haben zwar eine undeutliche Schichtenstruktur. Der folgende Humushorizont (A₂) ist etwas dichter, obgleich noch keine Struktur vorhanden ist; im unterliegenden bräunlichen illuvialen Horizonte B) sind braune Anflüge zu beobachten, doch fallen sie nicht in die Augen, wie in oben beschriebenen Profilen. Diese Anflüge scheinen zerflossen zu sein, verteilt auf eine größere Fläche.

Die gemeine Mächtigkeit A + B = 155 cm. Tiefer findet man eine Reihenfolge von Schichten lehmigen Sandes oder lockeren sehr feuchten Sandes; die Schichten sind von einander durch 15—20 cm breite Tonschichten getrennt. Der Boden braust auf in der Tiefe von 230 cm. Im oberen Teile des Horizontes B) sind scharf ausgedrückte podsolige Flecken.

Diese Beobachtungen erlauben zu behaupten, daß im ganzen der podsolige Prozeß besteht aus dem Auswaschen der Humusstoffe aus den oberflächigen Horizonten, da der Humus an Kalk ungesättigt ist; dank dem können die feinsten Suspensionen nicht koaguliert werden und müssen auch ausgewaschen werden; in Wirklichkeit finden wir im Horizonte B) gewöhnlich eine große Menge feinsten Teilchen und unter denen auch Hydrate des Eisenoxydes.

Was stellt eigentlich das sogenannte Quarzmehl oder der weiße podsolige Horizont vor?

Von unserem Gesichtspunkte aus ist das der feinste Quarzsand, als Nachrest auf der Oberfläche der Tonkörnchen des Abschwemmens der feinsten Ton- und Eisenteilchen. Das Quarzmehl muß also als ein Schlämmerückstand betrachtet werden.

Vormals glaubte man, das Quarzmehl sei Kieselsäure sekundärer Entstehung, die sich beim Zerlegen der Silikate und Aluminosilikate durch die sogenannte „Krenzsäure“, die man in podsoligen Böden fand, gebildet hatte. Wäre es so in der Wirklichkeit, so könnte man in allen podsoligen Böden merkbare Mengen von Kieselsäure finden, die lösbar in Natronlauge oder Sodalösung ist. Experimentell wurde aber bewiesen, daß die Podsolböden nicht mehr Kieselsäure enthalten, als man aus einem zu Pulver zerstossenem Quarz mittels denselben Reaktiven auflösen kann. Die Untersuchungen von N. Schenetz¹¹⁾ zeigten, daß aus

¹¹⁾ Schenetz, N.: Der Einfluß der 10 % Sodalösung auf die Lösbarkeit des Quarzes, Chalzedones, Kieselsteines und Opals in Abhängigkeit von der Korngröße. Petrograd 1915.

den Quarzteilchen von 0.008 bis 0.066 mm gekocht mit 10% Soda-lösung 1.852% Kieselsäure aufgelöst wird. Sogar die ziemlich großen Teilchen von 0.26 bis 0.4 mm geben 0.6858% Kieselsäure in die Lösung ab.

Außerdem, wäre wirklich die ganze Kieselsäure des Quarzmehles oder des podsoligen Horizontes ein Ueberrest des Zerfallens der Alumosilikate, so müßten wir im Horizonte B) der podsoligen oder degradierten Böden eine bedeutende Menge freier Tonerdehydrate finden. Solche aber sind da nicht vorhanden, was die Untersuchungen von Prof. W. W. Hemmerling¹²⁾ bestätigt haben. Wenn die Ortsteine der podsoligen Böden, nach den Angaben desselben Forschers, zuweilen eine kleine Quantität der Tonerdehydrate enthalten, so macht es nur Zehntel Prozente aus, und zuweilen weniger gerechnet auf die ganze Bodenmasse. Es muß auch in Aussicht genommen werden, daß Tonerdehydrate in der Pflanzenasche, folglich im Humus, und auch in tonigen Muttergesteinen vorhanden sind. Wir können fragen, welcher Teil von diesen Tonerdehydraten dem Zerfallen zugerechnet sein muß, und wie entsprechen die Zehntel Prozente der Tonerdehydrate aus dem ganzen Boden im Ortstein konzentriert, den zehn Prozent Kieselsäure, die als Quarz im freien Zustand in demselben Boden vorhanden sind? Es muß außerdem bemerkt werden, daß nicht alle podsoligen Böden eine saure Reaktion erweisen. Die wiesenpodsoligen Böden, aus dem Amur-gebiete zum Beispiel (die Wasserscheide Seja-Bowreja) haben eine schwach-alkalische Reaktion. Die degradierten lehmigen Böden nach S. Sacharoff¹³⁾ zeigen eine sehr schwach saure Reaktion im oberflächigen Horizont, obgleich der podsolige Prozeß in diesen Böden deutlich ausgedrückt ist. Wenn wir alles oben Gesagte resultieren, so finden wir den Grund des Degradationsprozesses darin, daß ein gewisser Feuchtigkeitsüberschuß, der unter dem Einfluß der Waldvegetation im oberen Boden-Horizont erscheint, das Gleichgewicht des Tschernosem zerstört, wobei er den Kalk vom Humus abspaltet und den letzten dadurch beweglicher macht; damit ist die Beweglichkeit der mineralischen Sole und Suspensionen verbunden.

Daraus folgt, daß, wenn einem Punkte der Steppe überflüssiges Wasser, außer den atmosphärischen Niederschlägen, zufällt, der echte Tschernosem nicht mehr existieren kann, selbst wenn da kein Wald wäre. In der Wirklichkeit bemerken wir in den Senken des Mikroreliefs in der Zone des mächtigen Tsernosem ein gewisses Auswaschen und das Entstehen des ausgelagerten Tschernosem. In tieferen Senken geht der Prozeß noch weiter. Bei der Untersuchung im Sommer 1922 der

¹²⁾ Hemmerling, W.: Der russische Pedolog. 1922. N. 4—5.

¹³⁾ Sacharoff: S. l. c.

Bodendecke der Ramonschen Versuchsstation in der Zone des mächtigen Tschernosem fand ich in deutlich abgegrenzten Senken stark podsolierte Böden mit gut ausgebildetem podsoligem Horizont A₂ und deutlich abgeteiltem illuvialem Horizont B). Es ist klar, daß der podsolige Prozeß primärer Entstehung auf demselben Grunde basiert ist, da schon bei Anfangsstadien der Boden, dank den Klimabedingungen, an Kalk ungesättigt bleibt und die Kolloide und Suspensionen von Anfang an beweglich werden. Die Frage über die Genesis der Ortsteine ist von Aarnio¹⁴⁾ entschieden worden; mit seinen Schlußfolgerungen bin ich völlig einverstanden. Geht der podsolige Prozeß so, wie er eben beschrieben wurde, so erklärt sich leicht die Differenz in der chemischen Zusammensetzung der Horizonte A₂ und B) der podsoligen Böden. Da der Quarz fast gänzlich in den feinen Suspensionen fehlt, die aus dem Horizonte A₂ ausgewaschen sind, Ton und Alumosilikate dagegen in bedeutender Menge, sowohl als die Hydrate der Eisen- und teils Manganoxyde befinden, so verarmen die illuvialen Horizonte an Sesquioxyden und reichern Kieselsäure (Quarz) an, und die illuvialen Horizonte dagegen werden reich an Sesquioxyden und arm an Kieselsäure. Ich berühre vorläufig nicht die Frage der Neubildungen im illuvialen Horizont.

Um mit dem podsoligen Prozesse zu enden, wollen wir noch erklären, weshalb im podsoligen Horizont die blätterige Struktur entsteht. Wir müssen uns erinnern, daß der Horizont A₂ der strukturellen Salzböden oft dieselbe Struktur trägt. Was haben diese beiden Bodentypen gemein? Das Gemeinsame besteht in beiden Fällen in der Zerstörung des Gleichgewichts in den Systemen der Kolloide und der Suspensionen. Im ersten Falle, wie schon erklärt, dank dem Auswaschen des Kalks, im zweiten — infolge der Ersetzung des Kalks durch Natron. Beide Bedingungen steigern die Dispersionsfähigkeit der Kolloide, die nebst den Suspensionen aus den oberflächigen Horizonten verschwinden; im ersten Falle langsam, im zweiten schneller. In den Horizonten, wo die größte Bewegung und Verteilung der Teilchen stattfindet, entsteht der Prozeß, dem analog, der im Wasser mit geschlämmten mineralischen Teilchen vorkommt. Diese Bewegung und Verteilung der Teilchen ist meiner Meinung nach die Grundursache der blätterigen Struktur.

¹⁴⁾ Aarnio: Internat. Mitteilung. für Bodenkunde 1913.

Untersuchungen über Bleichsand- und Ort-Erdebildungen in Waldböden.

Von Landesgeologe Prof. Dr. H. Niklas-Weihenstephan.

Die seinerzeitige Kartierung und Untersuchung der Graf von Toerring'schen Forsten durch W. Koehne und H. Niklas hat Gelegenheit zu interessanten Beobachtungen und Feststellungen gegeben, von denen hier einiges mitgeteilt werden soll.

Es ergab zunächst die nähere Untersuchung von Waldböden auf tertiärer Unterlage, daß diese unter der Rohhumusschicht ausgebleicht waren und sich im ersten Stadium der Ortsteinbildung befanden. Diese Feststellung eröffnete zugleich eine befriedigende Erklärung dafür, warum die Bestände auf diesen Böden bereits im jugendlichen Stadium geringen Zuwachs hatten und auffallend schlecht waren.

Die Ursache für die geringe Wuchsleistung auf diesen Standorten blieb solange rätselhaft, bis eine genaue Bodenuntersuchung die Lösung brachte. Unter einer zumeist aus Heidekraut gebildeten Rohhumusschicht von mehreren Zentimeter Mächtigkeit erblickt man eine ganz dünne Lage weißer ausgebleichter Quarzkörnchen. Darunter folgt eine Orterdeschicht von brauner Farbe und ebenfalls nur einige Zentimeter betragenden Mächtigkeit, dann folgt nach unten zu gelber Tertiärsand und Kies.

Diese nur bei genauerem Zusehen bemerkbaren Bildungen haben bisher in der Literatur nicht die entsprechende Beachtung gefunden, obwohl sie den Boden ganz bedeutend entwerten können und keinesfalls nur in den Toerring'schen Forsten, sondern auch in vielen anderen Gegenden auftreten. Wichtig erscheint jedenfalls, daß selbst Orterde- und Bleichsandbildung im allerersten kaum erkennbaren Stadium bereits zu großen Bestandesschädigungen führen können.

Die Erklärung für das Auftreten von Bleichsand und Ortstein gibt die Bodenkunde.

Die sauren und ungesättigten Humusstoffe führen die Salze in tiefere Schichten, wo sie wieder ausgefällt werden und verkittend wirken. Die gelösten Humusstoffe schützen die Bodenkolloide vor

der Ausfällung, die erst weiter unten von elektrisch entgegengesetzt geladenen Stoffen, insbesondere dem Eisen- und Aluminiumhydroxyd koaguliert werden. Hier kommt es zu einer Verkittung der Bodenkörner, zur Orterde- bzw. Ortsteinbildung. Je mächtiger die Rohhumusbildung und je ärmer an Pflanzennährstoffen und leichter der Boden, um so ausgesprochener pflegt die Bleicherde und Ortsteinbildung zu sein. (Ramann.)

Gewöhnlich sind aber diese Bildungen erst im Anfangsstadium und daher überhaupt kaum sichtbar und doch bedürfen sie der regsten Beachtung, da sie den Bestand ganz außerordentlich schädigen.

Auf kalkreichen und mittleren bis schweren Böden treten Bleichsand und Orterde nicht auf. Am meisten gefährdet sind die mageren, armen, kalkfreien Böden unter einer mehr oder weniger mächtigen Rohhumusdecke.

Die ungünstigen Wirkungen der Rohhumusbedeckung und der Ortsteinbildung sind teils physikalische, teils chemische und biologische. Durch die Auswaschung und Fortführung der Bodensalze wird die Krümelstruktur zerstört, die Bodenkörner lagern dicht und die Durchlüftung wird behindert. Die sauren Humusstoffe schädigen aber auch die Bodenfauna. Die Bakterien werden verdrängt und selbst höhere Tiere, wie z. B. der Regenwurm verschwinden alsdann. Die Pflanzenwurzeln entbehren in den nährstoffarmen Bleicherdeschichten die Nahrung und die Luft und vermögen den Ortstein nicht zu durchdringen.

Welch grundlegende Änderungen bei der Bleicherde- und Ortsteinbildung auch im allerersten Anfangsstadium vor sich gehen, soll in folgendem gezeigt werden.

Die Proben wurden aus den Toerring'schen Forsten, dem Tertiärboden des Arbinger Waldes bei Winhöring entnommen. Probe 1 entstammt dem Bleichsand, Probe 2 der Orterdezone. Erstere war 5—7 cm, letztere bis zu 5 cm mächtig. Dieses Profil war jedoch im Bohrstock nicht zu erkennen; erst vorsichtiges Aufgraben an mehreren Stellen führt zu seiner Feststellung. Kein Wunder also, wenn derartige Bildungen auch dem geübten Auge des Forstmannes entgehen!

Die mechanische Analyse ergab, daß die Bleichsandzone wesentlich ärmer an tonigen Substanzen war als die Orterdezone, in der diese angereichert waren.

Die chemische Analyse zeigt sehr deutlich die Verarmung des Bleichsandes an Stoffen, die sich in der Orterde anreichern.

Durch einstündiges Kochen mit konzentrierter Salzsäure gingen in Prozenten der Feinerde in Lösung:

	Bleichsand:	Orterde:
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2
Tonerde (Al_2O_5)	0,83 %	1,73 %
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,52 "	2,81 "
Kalk (CaO)	0,12 "	0,09 "
Magnesia (MgO)	0,09 "	0,11 "
Kali (K_2O)	0,04 "	0,08 "
Kieselsäure (SiO_2)	0,08 "	0,10 "
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,04 "	0,07 "
Schwefelsäure (SO_3)	0,05 "	0,05 "
Einzelbestimmungen:		
Wasser bei 105°	1,50 %	2,55 %
Humus	7,68 "	8,03 "
Im Boden in löslicher Form vorhandene Kieselsäure	1,08 "	1,55 "
In Salzsäure unlösliches	87,95 "	82,83 "

Demnach ging aus dem Ortstein durch Salzsäure die fünffache Menge an Eisen, die doppelte an Tonerde, Kali und Phosphorsäure, die $1\frac{1}{2}$ fache an löslicher Kieselsäure in Lösung gegenüber dem Bleichsand. Aus Ortstein lösen sich somit durch Salzsäure bedeutend mehr Stoffe als aus Bleichsand. Man sieht hieraus die Verarmung des letzteren an löslichen Stoffen und Salzen, die sich größtenteils in der Orterdezone anreichern. Durch die Verdichtung hier hat sich auch der Gehalt an hygroskopischem Wasser gegenüber dem Bleichsand beträchtlich erhöht. Beide Schichten sind reich an Humusstoffen, die aus dem oben auflagernden Rohhumus stammen. Da der Tertiärsandboden von Haus aus recht arm an Kalk und Magnesia ist, so findet sich dieser natürlich auch weder im Bleichsand noch in der Orterde in größerer Menge.

Recht auffällige Unterschiede weisen auch die Bodenskelette der beiden Schichten auf. Schon beim Betrachten mit dem unbewaffneten Auge und noch besser mit der Lupe erkennt man, wie ausgebleicht das Bodenskelett des Bleichsandes gegenüber dem der Orterde ist. Besonders auffällig ist hier der gut sichtbare Ueberzug der Quarzkörner mit einer Eisenhydroxydschicht, desgleichen das Vorhandensein einer Menge runder Körner, die ausgefälltes Eisenhydroxyd sind.

Wie kann man nun solche Bildungen im Anfangsstadium von Bleichsand und Orterde erkennen und bekämpfen?

Die Prüfung auf Rohhumus mit Lackmuspapier und Salmiakgeistlösung, die dadurch dunkelbraun bis schwarz gefärbt wird, ist bekannt. Unter Rohhumus befindlicher leichter und nährstoffärmer Boden ist sehr zur Bildung von Bleichsand und Ortstein geneigt, die sich bei genauer Betrachtung durch ihre Farbe und Gefüge kenntlich machen. Beim Bohren mit dem Bohrstock kann man

derartige Bildungen im Anfangsstadium zumeist nicht erkennen, sondern es dürfte sich, wie gesagt empfehlen, mehrere Gruben auszuheben.

Bleichsand besitzt zumeist reichlich Bodensäure, die auf chemischem Wege durch Titration ermittelt werden kann. Auch die Menge freier Wasserstoffionen, welche entscheidende und zumeist ungünstige Wirkung auf Fauna und Flora des Bodens ausüben, kann auf elektrometrischem und kolorimetrischem Wege bestimmt werden, während die Kalkbedürftigkeit biologisch, durch Behandeln mit Azotobaktervegetation feststellbar ist. Der Verfasser ist gerne bereit, Waldproben, welche an seine Adresse: Professor Dr. N i k - l a s , Hochschule Weihenstephan, geschickt werden, kostenlos auf diese für den Waldbau wichtigen Momente hin zu untersuchen.

Im Anfangsstadium können Bildungen wie Bleichsand und Orterde recht wohl bekämpft werden. In Betracht kommen Hacken, Abschälen der Rohhumusplatten und Auflockern des darunter liegenden Bodens mit der Haue. Ein wichtiges Mittel gegen derartige ungünstige Bodenveränderungen ist auch der Kalk, und zwar besonders in Form des sehr wirksamen Aetzalkes. Dieser nimmt nicht nur den Kampf gegen die Rohhumusmassen, sondern auch gegen die Kräfte auf, welche den Boden so ungünstig verändern. In dichten Wäldern empfiehlt sich auch allmähliches Lichten, wodurch der Rohhumus sich zu zersetzen beginnt und Gräser erscheinen, die diesen zerstören. In wenig geschlossenen Beständen ist dagegen für allmählichen Bestandesschluß zu sorgen, wodurch der Boden vor zu starker Austrocknung geschützt wird, die ebenfalls die Rohhumusbildung begünstigt.

Die Bestimmung der Boden- und Rohhumusazidität liefert jedenfalls wertvolle Unterlagen für die wirksame Bekämpfung derselben, wie z. B. durch Aetzkalk. Hierüber habe ich mich bereits früher an anderer Stelle geäußert.

Schließlich wäre noch über die Bildung der Podsolböden in Wäldern einiges in Kürze zu bemerken.

Bei Bodenuntersuchungen in Wäldern mit schweren Böden findet man besonders in einfachen Beständen unter Rohhumus nicht selten weißlich gefärbte Bodenschichten. In diesen Podsolen oder Bleicherden ist diese Schicht zumeist verdichtet und wenig gekrümelt.

Kommt es dabei auch nicht zu einer Orterdebildung, so ist doch eine starke Auswaschung und Auslaugung von Bodensalzen und insbesondere von Eisen vor sich gegangen. Welch weitgehende chemische Umsetzungen hier stattfinden, lehren die beiden folgenden Analysen eines Waldbodens bei Winhöring (Distrikt Schermansöd). Probe 1 ist der Bleicherdeschicht des steinfreien subaerisch gebildeten Lehmes und Probe 2 dem ihn unterlagernden unveränderten Lehm entnommen.

Mit konzentrierter kochender Salzsäure gingen in Lösung:

	Probe 1:	Probe 2:
Tonerde (Al_2O_3)	2,63 %	4,62 %
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	2,80 "	5,18 "
Kalk (CaO)	0,15 "	0,17 "
Magnesia (MgO)	0,25 "	0,29 "
Kali (K^2O)	0,06 "	0,13 "
Kieselsäure (SiO_2)	0,12 "	0,13 "
Phosphorsäure (F_2O_5)	0,07 "	0,16 "
Schwefelsäure (SO_3)	0,04 "	0,03 "

Einzelbestimmungen:

	Probe 1	Probe 2
Wasser bei 105°	2,17 %	4,43 %
Glühverlust	3,81 "	3,36 "
Im Boden in löslicher Form vorhandene Kieselsäure	3,45 "	5,85 "
In Salzsäure unlösliches	84,45 "	75,65 "

(Diese wie die früher mitgeteilten Analysen wurden zur Ausschaltung von Fehlerquellen doppelt gemacht.)

Aus obigen Analysenzahlen ersieht man deutlich, in welch hohem Maße in der Bleicherde Eisen, Tonerde, Kali und Phosphorsäure fortgeführt wurden. Im gelben Lehm ist fast die doppelte Menge an Tonerde gegenüber der Bleicherde, die durch diesen Verlust zum sandigen Lehm wurde, mit einem Gehalt an hygrokopischem Wasser von nur mehr 2,17 % gegenüber 4,43 % von dem des Lehms. Von Kalk und Magnesia gilt das vorhin Gesagte. Im übrigen sieht man, daß gegenüber dem tertiären Bleichsand der oben angeführte Lehmboden reich an Nährstoffen und Salzen ist. Er erhält fünfmal mehr Eisen, dreimal mehr Tonerde und doppelt so viel Kali und Phosphorsäure als der Tertiärsandboden. Dieser höhere Nährstoffgehalt schützt diese Böden vor der Orterdebildung.

Die Fortführung der Salze geschieht durch Wasser, Kohlensäure und insbesondere der sauren Humusstoffe. Hieraus erhellt die Bedeutung der Messung der auf diese Weise erzeugten Bodenazidität und der Bodensäure bzw. deren Wasserstoffionenkonzentration.

**Bestehen Beziehungen
zwischen dem durch Salzsäure zersetzlichen
tonerde-silikatischen Kolloid-Anteil der Böden
und deren Fruchtbarkeit und
Düngedürftigkeit?**

Von R. Ganssen (Gans).¹⁾

**A) Die Beziehungen zwischen zeolithischem Kolloidanteil und
Fruchtbarkeit der Böden.**

In früheren Arbeiten hat Verfasser des öfteren darauf hingewiesen, daß man bei der Umrechnung der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen deutscher, russischer und amerikanischer Forscher zu der Anschauung geführt wird, daß die Fruchtbarkeit der Böden in direktem Zusammenhang mit dem Molekularverhältnis des durch HCl zersetzlichen tonerde-silikatischen Kolloidanteils des Bodens stehen muß. Es war dies auch nicht zu verwundern, da dieser Kolloidanteil infolge seiner großen Reaktionsfähigkeit und Reaktionsgeschwindigkeit die chemischen Umsetzungen und damit die Ernährungsvorgänge der Pflanzen beherrscht und den Charakter der Böden, in denen er einen nennenswerten Anteil besitzt, bestimmt.

Wir finden bei den fruchtbaren Böden das sogenannte neutrale Molekularverhältnis, d. h. ein Verhältnis, das bei Anwesenheit von mindestens 3 Mol. SiO_2 auf 1 Mol. Al_2O_3 annähernd 1 Mol. Base gebunden enthält.

Fällt das Basenverhältnis unter 1 Mol. auf 1 Mol. Al_2O_3 , so finden wir im allgemeinen saure Böden vor, die sich besonders in humidem Klima bilden. Sie bilden beim Schütteln mit KCl-Lösung eine mehr oder weniger große Titrationsazidität, und es verwundert nicht, daß sie infolge des sauren Molekularverhältnisses geringere Fruchtbarkeit besitzen. Die schädlichen Folgen der Azidität sind ja allgemein bekannt.

¹⁾ Gans, R.: Die Charakterisierung des Bodens usw. Jhrb. Preuß. Geol. Landesanstalt. 1914. Bd. 35. H. 2. S. 219—255.

Ueber Bodenreaktion und Auswahl des Düngers. Intern. Mitt. f. Bodenk. 1920. Bd. 10. H. 5/6. S. 186—196.

Kann man die Düngedürftigkeit des Ackerbodens auf Grund des Salzsäureauszuges erkennen? Mitt. a. d. Labor. d. Preuß. Geol. Landesanstalt. H. 1. 1920.

Steigt das Basenverhältnis über 1 Mol. Base auf 1 Mol. Al_2O_3 , so liegen mehr oder weniger alkalisch reagierende Böden vor. Dieses Verhältnis ist also das alkalische. Man darf hier aber nicht den Fehler begehen und größere Fruchtbarkeit von den Böden verlangen, in dem Glauben, daß ihnen der erhöhte Gehalt an Nährstoffbasen ein Anrecht darauf verleiht.

Es ist bekannt, daß die ausgesprochenen Alkaliböden sich nicht durch Fruchtbarkeit auszeichnen. Wir wissen, daß deren alkalische Reaktion besonders dann für den Pflanzenwuchs leicht verhängnisvoll werden kann, wenn sie durch Salze der Alkalien hervorgerufen wird. Hierauf haben übereinstimmend alle Forscher, die sich mit der Untersuchung der Alkaliböden beschäftigt haben, hingewiesen.

Aus obigen Ausführungen geht ferner hervor, daß keine Erscheinung des Zufalls vorliegen dürfte, wenn sich aus den Untersuchungsergebnissen der fruchtbaren russischen Schwarzerde- und Lößböden des Herrn Kossowitsch²⁾ und der fruchtbaren amerikanischen ariden Böden des Herrn Hilgard³⁾ ein annähernd neutrales Molekularverhältnis berechnen läßt, während die ausgewaschenen Böden der humiden Zone (Podsol-, degenerierte Tschernosiom-Böden usw.) das saure Verhältnis zeigen. Daher dürfte der Schluß wohl berechtigt sein, daß ein enger Zusammenhang zwischen Molekularverhältnis und Fruchtbarkeit besteht.

Die dem Verfasser bekannten Analysenergebnisse von Alkaliböden sind zum großen Teil weniger vollständig, so daß sich ähnliche Berechnungen nicht immer durchführen lassen. Die Reaktion dieser Böden wird im allgemeinen durch die Bestimmung der alkalischen und neutralen Alkalialze im wässerigen Bodenauszug festgestellt.

Hier haben nun die sehr ausführlichen Untersuchungsergebnisse der Marschböden von Tacke und Arnd⁴⁾ einen Teil der Lücke ausgefüllt, wenn auch gleich hier hervorgehoben werden soll, daß die Marschböden im eigentlichen Sinne natürlich nicht den alkalisch reagierenden Böden zugerechnet werden können. Insbesondere wird ihre alkalische Reaktion durch die Anwesenheit größerer Mengen von „löslicher“ Kieselsäure erheblich geindert, die im allgemeinen bei den eigentlichen Alkaliböden nicht vorhanden zu sein scheint. Auf diesen Punkt wird weiter unten noch eingegangen werden.

²⁾ Kossowitsch, P.: Die Schwarzerde (Tschernosjom). Intern. Mitt. f. Bodenk. 1911. H. 1. S. 199—354.

³⁾ Hilgard, E. W.: Die Böden arider und humider Länder. Intern. Mitt. f. Bodenk. 1911. H. 1. S. 415—429.

⁴⁾ Tacke und Arnd (Ref.): Physik. und chem. Studien an schweren Tonböden. (Mitt. a. d. Labor. II. d. Moor-Versuchs-Station Bremen.) Intern. Mitt. f. Bodenk. Bd. 13. H. 1/2. S. 6—26.

B) Die Beziehungen zwischen Molekularverhältnis und Düngebedürftigkeit.

Verfasser hatte in einer früheren Arbeit⁵⁾ gebeten, daß ihm selbst Versuchsfelder nicht zur Verfügung stehen, die Beziehungen zwischen Molekularverhältnis und Düngebedürftigkeit durch Ausführung von Düngeversuchen zu klären. Diese Frage ist nach Mitscherlich nur vom pflanzenphysiologischen Standpunkt aus zu beantworten. Eine ganze Reihe von Ueberlegungen und Reaktionen des zeolithischen Kolloidanteils spricht dafür, daß uns das Molekularverhältnis auch in dieser Richtung wertvolle Fingerzeige geben wird:

1.) Die kolloidalen zeolithischen Silikate der Permutite, die sich nach der Anschaung vieler Forscher den zeolithischen Silikaten des Ackerbodens ähnlich verhalten, lassen ihre Basen gegen ein mit CO_2 gesättigtes Wasser leicht in Lösung gehen, wenn sie im neutralen gesättigten Verhältnis vorhanden sind. Wiederholen wir des öfteren die Extraktion mit gleichen Mengen CO_2 gesättigten Wassers, so gehen nach und nach immer weniger Basen in Lösung über. Das beweist klar und deutlich, daß die Basen bei ungesättigtem Molekularverhältnis, mit dem Basenverhältnis fallend, immer schwerer in CO_2 -haltigem Wasser löslich und daher vermutlich auch für die Pflanzen schwerer assimilierbar werden.

2.) Das gleiche Verhalten der Basen trifft auch bezüglich des Basenaustausches zu, der große Mengen an Basen durch Ueberführung in die Bodenlösung für die Pflanzen assimilierbar macht. Auch der Basenaustausch ist um so größer, je neutraler die Silikate sind, um so geringer, je saurer dieselben sind. Der Austausch der Basen verdient eine besondere Würdigung, weil er die Zufuhr der einzelnen, für die Ernährung der Pflanzen notwendigen Nährstoffbasen automatisch regelt. Die Bodenlösung würde bald an der begehrtesten Nährstoffbase verarmen, wenn nicht die auf Gleichgewichtseinstellungen beruhenden Austauschvorgänge immer neue Mengen in die Bodenlösung überführten.

Wir können somit darauf rechnen, daß das Molekularverhältnis als Indikator für die Düngebedürftigkeit des Bodens an Nährstoffbasen wird dienen können.

3.) Aber nicht nur betreffs der Basen, sondern auch betreffs der P_2O_5 kann voraussichtlich das Molekularverhältnis ein Maßstab für die Düngebedürftigkeit werden, und zwar aus folgenden Gründen:

5) Gans, R. Kann man die Düngebedürftigkeit des Ackerbodens auf Grund des Salzsäureauszuges erkennen? Mitt. a. d. Labor. d. Preuß. Geol. Landesanstalt H. 1. 1920.

a) Bringen wir die P_2O_5 des Monokalziumphosphats auf einen sauren Boden, so wird zwar die Löslichkeit des Phosphats etwas länger bestehen bleiben als bei einem neutralen Boden; dann aber wird die Phosphorsäure erfahrungsgemäß in schwerer lösliche Formen der Al-, Fe- bzw. Ca-Verbindungen übergehen. Gelangt jedoch die Superphosphatlösung auf neutralen, an zeolithischen Kolloiden reichen Boden, so erfolgt eine Umsetzung mit dem Kalk der zeolithischen Kolloide. Da der Kalk auf der ungeheuer großen Oberfläche dieser Kolloide sehr fein, ja fast molekular fein verteilt ist, so wird auch das bei der Umsetzung ausfallende Bi- oder Trikalziumphosphat sehr fein auf der großen Oberfläche verteilt werden. Infolgedessen wird es eine größere Lösungsgeschwindigkeit besitzen und auch aus diesem Grunde, abgesehen von der häufigeren Berührung mit dem Wurzelsystem, für die Pflanzen leichter assimilierbar werden.

Die feine, kolloidale Verteilung der sich abscheidenden Kalkphosphate ist der eine Vorzug der Ausfällung seitens der kolloidalen zeolithischen Silikate.

Der zweite Vorzug beruht auf der großen Reaktionsgeschwindigkeit der zeolithischen Kolloide, die, indem sie die P_2O_5 auf der großen Oberfläche der letzteren niederschlägt, verhindert, daß die P_2O_5 mit den reaktionsträgeren Oxyden des Eisens und des Aluminiums sowie mit den Karbonaten der alkalischen Erden reagiert und in größerer, kristalliner, voraussichtlich schwerer löslichen Form zur Abscheidung gelangt.

Daß diese Erwägungen nicht nur rein theoretischer Natur sind, beweist der Bericht Hilgard's über die Fruchtbarkeit der ariden Böden Nordamerikas. Diese tonarmen Böden enthalten nach den Untersuchungsergebnissen erheblich größere Mengen an zeolithischen Kolloiden als die der humiden Gebiete. Bei den ariden Böden wird infolgedessen die gesamte zugeführte lösliche P_2O_5 in feinster Form kolloidal niedergeschlagen werden, eben weil die Böden einen großen Gehalt an zeolithischen Kolloiden besitzen.

Von den ariden Böden meldet nun Hilgard⁶⁾, daß selbst ein geringer Gehalt an P_2O_5 , falls er nur überhaupt für die Produktion der Ernte ausreicht, nicht ins Gewicht fällt, weil er selbst bei Gegenwart von $CaCO_3$ leicht assimilierbar bleibt.

Das Verhalten ist nicht anders zu erklären, als daß der reiche Gehalt an neutralen, gesättigten zeolithischen Kolloiden bzw. deren große Reaktionsgeschwindigkeit die Festlegung der P_2O_5 durch die Oxyde des Fe und Al sowie die alkalischen Erden in schwerer assimilierbaren, größeren Formen verhindert.

⁶⁾ Hilgard, E. W.: Die Böden arider und humider Länder. Intern. Mitt. f. Bodenk. 1911. H. 1. S. 415—429.

Dieser günstige Einfluß der zeolithischen Kolloide kann sich, was ohne weiteres verständlich ist, nur da äußern, wo lösliche Phosphate dem Boden zugeführt werden. Die geringe Löslichkeit schon im Boden vorhandener größerer kristalliner Phosphate wird von ihnen direkt kaum verbessert werden können.

Auf Grund obiger Ueberlegungen und Reaktionen wird man den Einfluß der absorptiv gesättigten oder ungesättigten zeolithischen Kolloide, deren Sättigungsgrad in dem Molekularverhältnis zum Ausdruck kommt, anerkennen müssen und damit die Möglichkeit, das Molekularverhältnis als Maßstab für die Düngedürftigkeit zu verwenden.

C) Die von Tacke und Arnd mitgeteilten Analysenergebnisse von Marschböden der Moor-Versuchs-Station Bremen⁷⁾.

Die Analysenergebnisse der Moor-Versuchs-Station in Bremen, die vermittels der Analysenmethode der Preuß. Geol. Landesanstalt gewonnen wurden, haben nun bezüglich der Beurteilung der Düngedürftigkeit der Böden nach dem Molekularverhältnis neues Material geliefert. Die Versuchsböden stammen nach Angabe von Tacke und Arnd von der Versuchswirtschaft Widdelswehr.

Die untersuchten Böden sind nicht von gleicher einheitlicher Reaktion, wie wir aus der molekularen Umrechnung der Ergebnisse des HCl-Extrakts erfahren, und müssen aus diesem Grunde in zwei Gruppen geschieden werden:

1. Die Böden der Parzellen 43 und 53 (Tabelle 8) sind alte Marschböden. Die Umrechnung der Analysenergebnisse nach der Methode der Geol. Landesanstalt ergab nach dem Molekularverhältnis einen annähernd neutralen Charakter, da das Verhältnis von Al_2O_3 : Basen (bei mehr als 3 Mol. SiO_2) annähernd wie 1:1 war und nur in einem Falle auf 1:1,2 stieg. — Das Verhältnis der Basen war zumeist etwas niedriger, wenn die Böden nach der Methode von Hissink untersucht wurden. Dieses Ergebnis wird anscheinend dadurch veranlaßt, daß die Kochung mit HCl am Rückflußkühler stärker auf die Silikate einwirkte und infolgedessen auch einen Teil der basenarmen kaolinischen Silikate zersetzte. So konnte v. Sigmund nachweisen, daß durch tagelanges Kochen mit HCl die gesamten kaolinischen Silikate zur Zersetzung kamen.

Nur zwei Böden der Tabelle ergaben nach dem Verfahren von Hissink ein erheblich höheres Verhältnis an Basen; es ist nicht ersichtlich, aus welchen Ursachen.

⁷⁾ Tacke und Arnd: Physik. und chem. Studien an schweren Tonböden. (Mitt. a. d. Labor. II d. Moor-Versuchs-Station Bremen. Intern. Mitt. f. Bodenk. Bd. 13. H. 12. S. 6—26.

Wir können somit die Böden der alten Marsch in Tabelle 8 als neutrale Böden betrachten.

Die Böden besitzen einen hohen Gehalt an HCl löslicher Al_2O_3 und dementsprechend an kolloidalen zeolithischen Silikaten; letztere waren absorptiv gesättigt und enthielten somit große Mengen austauschbarer Basen, deren Aufnahmefähigkeit seitens der Pflanzen auf Grund der Löslichkeit in CO_2 -haltigem Wasser, sowie der Austauschfähigkeit der absorptiv gesättigten zeolithischen Silikate als genügend betrachtet werden kann. Wegen ihres hohen Gehalts konnte die günstige Sonderwirkung der zeolithischen Kolloide voll zur Entfaltung kommen. Da weiter die alten Marschen seit längerer Zeit in guter Kultur sind, war nach dem unter B 3 Gesagten damit zu rechnen, daß der Boden auch schon früher neutral war und daß infolgedessen die mit dem Stalldung oder künstlichen Dünger dem Boden zugeführte P_2O_5 durch die Erdalkalien der zeolithischen Kolloide in feinster Form zum Niederschlag gelangte und so für die Pflanzen leichter assimilierbar blieb.

Es war somit nicht zu verwundern, daß die Düngungen mit Kalk, Kali und Phosphorsäure nach den Berichten von Tacke und Arndt ohne sichtbare Wirkung blieben. Die letzteren Forscher gaben infolgedessen zu, daß bei diesen Böden das neutrale Molekularverhältnis der (in reichen Mengen vorhandenen) zeolithischen Kolloide uns tatsächlich den nichtdüngungsbedürftigen Zustand an CaO , K_2O , P_2O_5 richtig zu erkennen gegeben habe, wie es der Theorie des Verfassers entspricht.

2. Die Böden der Tabelle 10 dagegen zeigen nach den Angaben von Tacke und Arndt ein wesentlich anderes Verhalten, sie seien, wie die Feldversuche bewiesen, düngungsbedürftig, obwohl das Molekularverhältnis von Al_2O_3 : Base höher als 1:1 sei; deren Verhalten entspreche somit nicht der Theorie des Verfassers.

Der Verfasser kann die Ansicht von Tacke und Arndt nicht teilen und zwar aus dem Grunde, weil bei Tabelle 10 größtentheils keine neutralen Böden vorliegen. Die Böden sind vielmehr, nach dem Molekularverhältnis zu urteilen, mehr oder weniger als alkalisch zu bezeichnen, da das Basenverhältnis auf 1,3—4,3 Mol. je 1 Mol. Al_2O_3 ansteigt. Aber auch sonst zeigen die analytischen Befunde ein wesentlich anderes Bild wie bei Tabelle 8, worauf weiter unten noch ausführlicher eingegangen werden soll. Schon das alkalische Molekularverhältnis allein erklärt vollkommen das verschiedene Verhalten gegenüber den Böden von Tabelle 8, die das neutrale Molekularverhältnis aufweisen. Weiter ungünstig, besonders bei den hohen Gehalten an Alkalität, wirkt der erheblich geringere Gehalt an zeolithischen Kolloiden, der im Gehalt an Al_2O_3 zum Ausdruck kommt.

Es handelt sich also in diesem Fall nicht um neutrale Böden, sondern um alkalische; sie unterscheiden sich aber von den Alkaliböden der ariden Zone insofern, als sie einen höheren SiO_2 -Gehalt in dem durch HCl zersetzbaren Silikat führen, der wohl imstande ist, die alkalische Reaktion zu mildern. Die Löslichkeit und die Beweglichkeit der alkalischen Bestandteile bleiben aber immer größer als bei den neutralen Böden der Tabelle 8. Die alkalische Reaktion wird bei ihnen somit unter gewissen Bedingungen die bekannten Schäden der Alkaliböden auslösen können.

Wie schon bemerkt, darf man bei den alkalischen Böden mit einem höheren Molekularverhältnis als 1 auf 1 Mol. Al_2O_3 nicht erwarten, daß sie noch fruchtbarer oder ebenso fruchtbar sind wie die neutralen Böden, weil sie noch höhere Werte insbesondere an Nährstoffbasen, zum Teil auch an P_2O_5 besitzen als die letzteren.

Ihre angebliche Düngebedürftigkeit bezüglich P_2O_5 und K_2O , auf die man vielleicht aus den Mindererträgen bei fehlender P_2O_5 - oder K_2O -Düngung schließen könnte, ist anscheinend gar nicht vorhanden, und den Minderertrag darf man vermutlich mit größerer Berechtigung auf die fehlende saure Reaktion bzw. physiologische Azidität der P_2O_5 - und K_2O -Dünger zurückführen als auf ungenügende Menge löslicher P_2O_5 und löslichen Kalis des Bodens.

Jedenfalls sind die Böden von Tabelle 10, nach dem Molekularverhältnis zu urteilen, zumeist stark alkalischer Reaktion, und aus ihrem Verhalten darf ein Rückschluß auf Düngebedürftigkeit an Nährstoffen, wie er bei neutralen Böden berechtigt ist, so lange nicht gezogen werden, bis die alkalische Reaktion des Bodens entfernt ist.

Wohl aber ist es als ein Vorzug der molekularen Berechnung zu betrachten, daß sie uns über den wahren alkalischen Charakter der Böden aufgeklärt hat, der anscheinend nicht so in Erscheinung trat, daß er nach den bisherigen Methoden erkannt werden konnte. Denn Tacke und Arnd berichten in dieser Beziehung nichts über die Böden.

Wenn uns aber die molekulare Berechnung über den alkalischen Charakter der Böden aufklärt, so hat sie uns damit auch deren Düngebedürftigkeit bekannt gegeben, nämlich deren Düngebedürftigkeit an sauren bzw. azidwirkenden Stoffen. Damit ist also erwiesen, daß sich die molekulare Berechnung nicht nur bei den Böden von Tabelle 8, sondern auch bei denen der Tabelle 10 als Maßstab für die Düngebedürftigkeit bewährt hat. Die Berechtigung der letzteren Annahme liefern die Angaben von Tacke und Arnd über die Böden der Tabellen 8 und 10.

D) Die nach Ansicht des Verfassers berechtigte Deutung der von Tacke und Arnd mitgeteilten Analysenergebnisse und Ernteerträge.

Trotzdem schon die durch die molekulare Berechnung festgestellte verschiedene Reaktion der beiden Gruppen dieser Böden eine befriedigende Auskunft über ihr abweichendes Verhalten bei den Differenzdüngungen gibt, dürfte es dennoch angezeigt sein, des Näheren auf die Zusammensetzung des durch HCl zersetzbaren zeolithischen Kolloidanteils der Böden und auf die nicht immer gleiche Art des alkalischen Charakters der Böden einzugehen, die wohl geeignet erscheint, eine Erklärung für die wechselnde Höhe der Erntedepression der untersuchten Böden bei fehlender P_2O_5 - oder K_2O -Düngung zu geben.

Zuvor sei in erster Linie darauf hingewiesen, daß es nach der vom Verfasser gefundenen Gesetzmäßigkeit bei der absorptiven Sättigung des SiO_2 - Al_2O_3 -Gelgemisches mit Basen nicht nur auf den prozentischen Anteil, sondern auch auf die Verhältniszahlen, d. h. auf das Molekularverhältnis der Basen zu Al_2O_3 und SiO_2 ankommt.

I. Zuerst seien die nicht an CaO , P_2O_5 und K_2O düngungsbedürftigen alten Marschböden der Tabelle 8 besprochen, deshalb von Tacke und Arnd als nichtdüngungsbedürftig bezeichnet, weil sie auf Zufuhr von CaO , P_2O_5 und K_2O nicht reagieren.

Diese (nach der Methode der Preuß. Geol. Landesanstalt) annähernd neutralen Böden enthalten keinen oder nur geringen Ueberschuß an Alkalität, der im Höchstfall 0,2 Mol. auf 1 Mol. Al_2O_3 beträgt. Dieser geringe Ueberschuß wird überdies noch durch einen zwischen 5 bis 6 Mol. SiO_2 (auf 1 Mol. Al_2O_3) betragenden Kiesel säuregehalt gemildert.

Dieser geringe Ueberschuß an Alkalität ist anscheinend um so weniger schädlich, als bei allen 7 neutralen Marschböden über 70 der Aequivalentprozente der an die Al_2O_3 gebundenen Basen durch Erdalkali (CaO und MgO) vertreten sind (72 — 76 — 78 — 83 — 83 — 83 — 80), während bei den 7 alkalischen Böden der Tabelle 10 nur bei 4 Böden über 70 (85 — 77 — 85 — 77) und bei 3 Böden unter 70 Aequivalentprozenten an Erdalkali nachweisbar sind (62 — 58 — 61). Bei dieser Art der Berechnung sind bei den Erdalkali-Aequivalenten die Aequivalente an CO_2 und P_2O_5 , bei den Alkali-Aequivalenten die Aequivalente an SO_3 und Cl_2 in Abzug gekommen.

Zu ähnlichen, zum teil noch schärferen Unterschieden kommen wir, wenn wir die gesamten Aequivalente an K_2O und Na_2O ohne Abzug der Aequivalente an SO_3 und Cl_2 auf ein Aequivalent Al_2O_3 berechnen.

Auch hier wird das Molekularverhältnis von maßgebendem Einfluß sein, denn die gleiche Menge Alkali wird um so fester ge-

bunden und um so weniger zur hydrolytischen Abspaltung neigen und daher dem Boden um so weniger schaden, an je größere Mengen Al_2O_3 das Alkali gebunden ist. Die Aequivalente an SO_3 und Cl_2 wurden hierbei nicht in Abzug gebracht, weil auch die löslichen Salze der H_2SO_4 und HCl stark schädigend auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens einwirken, indem sie die dichte Lagerung der kolloidalen Teilchen begünstigen. Auch die **Durchlässigkeit des Bodens für Wasser** hängt in hohem Maße vom Gehalt der Alkalien im zeolithischen Kolloidanteil ab.

Verfasser⁸⁾ hat schon früher darauf hingewiesen, daß die mit Alkalien gesättigten synthetischen zeolithischen Kolloide, die mehr schleimiger Natur sind, geringere Durchlässigkeit besitzen als die mit Erdalkalien gesättigten, die mehr körniger Natur sind.

Später ist Hissink⁹⁾ auf diese durch die Natur der absorbierten Basen bedingten Eigenschaften zurückgekommen und hat sie auch bei den Böden bestätigt gefunden, als er die letzteren mit den verschiedenen Salzlösungen der Erdalkalien und Alkalien behandelte und auf ihre Wasserdurchlässigkeit prüfte. Er fand weiter den ungünstigen Einfluß der absorbierten Alkalien bei Böden, die infolge Ueberflutung durch Meerwasser zirka 30 Prozent an austauschbarem Alkali aufgenommen hatten. Nun sind zwar die Austauschbasen Hissinks nicht direkt mit den Basen des HCl -Aus-

Die Verhältniszahlen von Mol. $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ zu 1 Mol. Al_2O_3

Die neutralen Böden der Tab. 8	Teilstück 1	Teilstück 3	Teilstück 19	Teilstück 21	Teilstück 37	Teilstück 39	Teilstück 53
Verhältniszahl von Mol. $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,34	0,31	0,29	0,31	0,31	0,30	0,28
Die alkalischen Böden der Tab. 10	Boden Nr. II	Boden Nr. III	Boden Nr. VII	Boden Nr. I	Boden Nr. IV	Boden Nr. VI	—
Verhältniszahl von Mol. $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,57	0,70	0,44	0,42	1,03	0,84	—

⁸⁾ Gans, R.: Zeolithe und ähnliche Verbindungen. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt. Bd. 26. H. 2. S. 210.

⁹⁾ Hissink, D. J.: Die nachteiligen Folgen einer Salzwasser-überschwemmung von Tonböden. Ref. in d. Intern. Mitt. f. Bodenk. Bd. 10. 1920. H. 1/2. S. 16 ff.

Die Einwirkung verschiedener Salzlösungen auf die Durchlässigkeit des Bodens. September 1907, s'Gravenhage (Ausstellung).

zuges vergleichbar. Wir dürfen aber nicht außer acht lassen, daß auch die kristallisierten Zeolithe ebenso wie vermutlich die zeolithischen Kolloide des Bodens einen Teil ihrer Basen nicht in leicht austauschbarer Form besitzen. Wir besitzen zwar keine direkten Beweise für den Gehalt der Böden an schwerer austauschbaren Basen, doch spricht die ähnliche Entstehungsweise beider zeolithischen Formen dafür.

Die Versuche Lembergs mit schwer austauschenden kristallisierten Zeolithen haben nun den Nachweis erbracht, daß man bei längerer Einwirkungsdauer und erhöhter Temperatur auch die schwer austauschbaren Basen zum Austausch und damit zur Lösung bringen kann. Wir werden somit voraussichtlich auch im Boden mit den Wirkungen der schwerer austauschbaren Basen zu rechnen haben.

Bei den neutralen Böden (Tab. 8) fällt die kleine Verhältniszahl und deren große Gleichmäßigkeit auf, während die alkalischen Böden (Tab. 10) erheblich höhere Verhältniszahlen bei den Alkalien führen, was die von Tacke und Arnd hervorgehobene größere Empfindlichkeit dieser Böden in physikalischer Hinsicht hinreichend verständlich macht.

An Kali (K_2O) sind bei den neutralen Böden der Tabelle 8 sehr gleichmäßig ca. 0.11—0.14 Mol. an 1 Mol. Al_2O_3 gebunden.

Da diese neutralen Böden auf Zufuhr von Kalisalzen nicht reagierten, ist anzunehmen, daß dieser Gehalt an Kali zur Deckung des Kalibedarfs der Ernte vollauf genügt hat, und weiter, daß auch die Lösungs- und Austauschprozesse ausreichende Mengen an Kali in die Bodenlösung überzuführen vermochten. Es sei hier gleich vorweggenommen, daß somit der bei der Düngung mit Kalisalz eintretende Mehrertrag der Böden der Tabelle 10, deren zeolithische Kolloide auf 1 Mol. Al_2O_3 0.36—0.76 Mol. an K_2O gebunden enthalten und deren aequivalentprozentischer Gehalt an K_2O somit höher ist als die der Böden der Tabelle 8, kaum auf die Wirkung der Kalisalze als Nährstoff, sondern auf die physiologisch saure und auf die kolloidchemische Wirkung der Kalisalze zurückzuführen ist. Die Böden der Tabelle 10 erscheinen folglich nicht als düngebedürftig an Kali, sondern als düngebedürftig an Azidität.

Außerdem wird durch die Düngung mit Kalium-Magnesiumsalzen die überschüssige Alkalität des Bodens, die durch Alkali hervorgerufen wird, in eine weniger schädliche aus Erdalkali umgewandelt.

c) Der Gehalt an P_2O_5 , der auch gewichtsprozentisch recht hoch ist, dürfte nach dem schon früher entwickelten Verhalten der zeolithischen Kolloide infolge der sehr lange Zeit bestehenden Kultur und Neutralität der Böden zum großen Teil in hochfein geteilttem und daher voraussichtlich leicht assimilierbarem Zustand im

Tabelle 10.
(Nach dem Verfahren der Geolog. Landesanstalt)

	Bodenprobe Nr.												VII
	I		II		III		IV		V		VI		
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
SiO ₂	8,39	8,36	9,98	10,16	8,16	8,36	8,74	8,77	8,24	8,24	5,65	5,70	12,45
P ₂ O ₅	0,22	0,22	0,33	0,34	0,31	0,32	0,23	0,23	0,19	0,19	0,18	0,18	0,39
SO ₃	0,11	0,11	0,10	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10
CO ₂	0,54	0,61	0,61	0,15	0,27	0,27	0,64	0,63	0,59	0,58	1,53	1,52	0,14
Cl	0,05	0,05	0,05	Sp.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Al ₂ O ₃	1,56	1,55	2,15	2,16	1,56	1,61	1,16	1,16	1,77	1,76	0,65	0,69	1,65
Fe ₂ O ₃	3,30	3,30	3,82	3,82	3,44	3,44	3,03	3,03	2,74	2,74	2,53	2,53	4,48
CaO	1,32	1,32	0,68	0,58	0,77	0,76	1,19	1,20	1,05	1,05	2,33	2,36	0,69
Mn ₃ O ₄	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,12	0,11	0,13	0,14	0,10	0,10	0,28
MgO	0,86	0,70	0,66	0,68	0,46	0,50	0,54	0,53	0,64	0,64	0,83	0,82	0,72
K ₂ O	0,45	0,48	0,80	0,96	0,82	0,81	0,82	0,82	0,42	0,43	0,33	0,34	0,47
Na ₂ O	0,10	0,10	0,16	0,16	0,14	0,14	0,19	0,18	0,11	0,14	0,12	0,12	0,12
SiO ₂ :Al ₂ O ₃ : Basen	9,1 : 1 : 1,9	7,9 : 1 : 1,3	8,8 : 1 : 1,4	12,8 : 1 : 2,3	7,9 : 1 : 1,32	14,3 : 1 : 4,3	12,9 : 1 : 1,5						
Minderertrag geg. Vollertrag (je ha)	1574 kg Heu	776 kg Korn 621 „ Stroh	326 kg Korn 268 „ Stroh	92 kg Korn 113 „ Stroh	—	—	—	523 kg Korn 728 „ Stroh	—	—	—	—	- 4567 kg Rüben
Minderertrag geg. Vollertrag ohne P ₂ O ₅	197 kg Heu	- 12 kg Korn 62 „ Stroh	358 kg Korn 277 „ Stroh	906 kg Korn 1324 „ Stroh	—	—	—	156 kg Korn 560 „ Stroh	—	—	—	—	2433 kg Rüben
Minderertrag geg. Vollertrag K ₂ O P ₂ O ₅	— 15 ‰	— 28 ‰	— 8 ‰	— 2 ‰	—	—	—	—	— 13 ‰	—	—	—	+ 7 ‰
Minderertrag geg. Vollertrag K ₂ O P ₂ O ₅	— 2 ‰	— 0,4 ‰	— 8 ‰	— 22 ‰	—	—	—	—	— 4 ‰	—	—	—	- 4 ‰
Siehe Ergründungs- band der Landw. Jahrbücher Bd. 54 (1920);	S. 66 16	S. 69 36a	S. 64 76	S. 71 45	—	—	—	—	S. 84 fehlt	S. 79 75			
Analyse Nr.:													

Boden enthalten sein, weil die zugeführte, im Stalldung und künstlichen Dünger vorhandene lösliche P_2O_5 durch den hohen Gehalt an zeolithischem Kalk und Magnesia im Boden nicht in schwerer lösliche Formen übergeführt wurde. Es war dies um so mehr zu erwarten, als infolge Fehlens der Erdalkali-Karbonate und der freien Oxyde des Al und Fe eine Ueberführung der P_2O_5 in gröbere und schwerer lösliche kristalline Formen nicht eintreten konnte.

Unter diesen Umständen ist es nicht zu verwundern, daß die Böden der Tabelle 8 auf Zufuhr von P_2O_5 nicht reagieren.

II. Die alkalischen Böden der Tabelle 10.

Die Böden der Tabelle 10, die sich nach Angabe und Ansicht von Tacke und Arnd gegenüber den neutralen Böden der Tabelle 8 insofern verschieden verhalten, als sie sich trotz des Molekularverhältnisses von Tonerde zu Basen wie 1 : > 1 als düngedürftig bezüglich P_2O_5 und K_2O erwiesen haben sollen, bedürfen ebenfalls einer eingehenden Besprechung. Aus diesem Grunde ist die ursprüngliche Tabelle von Tacke und Arnd nochmals hier angeführt; sie wurde außerdem noch durch verschiedene Berechnungen zum besseren Verständnis der Analysenzahlen erweitert, siehe Tabelle Seite 69:

a) Durch die Berechnungen der prozentualen Mindererträge bei Fehlen von P_2O_5 - bzw. von K_2O -Dünger gegenüber den Erträgen bei Volldüngung, die Verfasser nach den Berichten von Tacke und Arnd im Ergänzungsband der Landwirtschaftlichen Jahrbücher (Bd. 54, 1920) eingefügt hat.

Der Boden Nr. V ist wegen Fehlens der Angaben über die Mindererträge aus der Tabelle ausgeschieden. Weiter ist wohl noch darauf hinzuweisen, daß die Erträge des Bodens II mit einer gewissen Vorsicht zu bewerten sind, weil das zugehörige Feld von Tacke und Arnd früher als „ungleichmäßig“ bezeichnet wurde. — Bezuglich der Mehrerträge des Bodens IV an Rüben bei fehlender P_2O_5 -Düngung erwähnen die beiden Forscher, daß die Ernten in diesem Falle häufig wasserreicher waren; sie zeigten z. B. 10,08 gegen 8,20 % und 10,50 gegen 9,82 % Wassergehalt.

Wenn wir nun bei Betrachtung der Ernteerträge den Boden II aus obigen Gründen zurückstellen, so ergeben sich bezüglich der prozentualen Mindererträge zum großen Teil wenig erhebliche Unterschiede, insbesondere bei fehlender Kalidüngung, mit Ausnahme des Bodens IV, der 22 % Minderertrag aufweist. Es ist bezeichnend, daß dieser Boden den höchsten aequivalentprozentischen Gehalt an Gesamt $K_2O + Na_2O$ besitzt. Der erhebliche Minderertrag kann folglich auf die hierdurch bedingte physikalische Verschlechterung des Bodens zurückgeführt werden.

Die hydrolytische Abspaltung wird nun durch Düngung mit Kalium-Magnesiumsalzen wesentlich zurückgedrängt werden, abgesehen davon, daß die freie Alkalibase durch die Kalzium-Magnesiumsalze unter Ausfällung von Magnesia zum Verschwinden gebracht wird. Auch die physiologisch-saure Wirkung der Salze wird bei der alkalischen Reaktion der Böden die Ernteerträge verbessern. — Daß nicht das Kali der Düngung als Nährstoff die günstige Wirkung ausübt, — zu dieser Ansicht wurden wir durch die Tatsache gedrängt, daß der aequivalent-prozentisch geringere Kaligehalt der neutralen Böden der Tabelle 8 vollauf zur Deckung des Erntebedarfs genügt hat. Ein Mangel an löslichem Kali bei fehlender K_2O -Düngung dürfte somit die Mindererträge kaum hervorgerufen haben.

b) Die Berechnung der überschüssigen Alkalität und deren chemische Natur.

Auf die physikalische Verschlechterung des Bodens infolge Kalisalzdüngung weisen auch Tacke und Arnd hin; sie wird nach Ansicht des Verfassers besonders durch folgende Faktoren beeinflußt werden:

- a) durch das Verhältnis der gebundenen Basen im zeolithischen Kolloid (das ja schon unter D. 1a berücksichtigt wurde),
- b) durch die Höhe der über 1 Mol. Base auf 1 Mol. Al_2O_3 hinaus gebundenen Basen, d. h. durch die Höhe der Ueberschluß-Alkalität und deren Verteilung auf Erdalkalien und Alkalien,
- c) durch den Gehalt an Kolloiden, die bezüglich ihrer Lagerung ungünstig beeinflußt werden.

Die physikalische Verschlechterung des Bodens kann, worauf schon Hissink und Gans früher hinwiesen, durch zu hohen Gehalt an Alkali in den austauschbaren Basen hervorgerufen werden, die leichter als die Erdalkalien der hydrolytischen Abspaltung unterliegen und die Dichtlagerung der kolloidalen Teilchen zur Folge haben.

Diese Schädigung wird sich ohne Frage noch stark erhöhen, wenn nicht nur ein Teil der austauschbaren Basen, sondern darüber hinaus noch ein erheblicher Teil an Basen im Boden vorhanden ist, der weder durch die zeolithischen Kolloide, noch durch anorganische Säuren gebunden ist und zur Verstärkung der alkalischen Reaktion des Bodens beiträgt. Wenn nun auch der außergewöhnlich hohe Gehalt der zeolithischen Kolloide an sogenannter löslicher Kieselsäure die Alkalität zu mildern imstande ist, so vermag er doch nicht zu verhindern, daß diese Alkalität, besonders wenn

sie durch Alkalien hervorgerufen wird, leichter löslich und beweglich im Boden bleibt als die in neutralen Böden gebundenen Austauschbasen.

Die über das Verhältnis hinaus vorhandene Alkalität — die Ueberschuß-Alkalität — wird um so schädlicher sein, in je höherem Grade sie aus Alkalien besteht; ein Gemisch von überschüssigem Alkali und Erdalkali wird weniger schädlich sein und noch weniger eine Ueberschuß-Alkalität, die fast nur aus Erdalkali zusammengesetzt ist.

Die geringere Schädlichkeit wird sowohl wegen der weniger hohen Löslichkeit der Erdalkali-Ueberschuß-Alkalität, als auch wegen der geringeren hydrolytischen Abspaltung und wegen der günstigen ausflockenden Wirkung der Erdalkalien auf die kolloiden Bodenanteile eintreten. Diese letzteren werden bei Alkali-Ueberschuß-Alkalität zur Einzelkornstruktur und Dichtlagerung neigen, während die Erdalkali-Ueberschuß-Alkalität Krümelstruktur und lockere Lagerung hervorrufen dürfte.

Die Zahlen der Böden auf Tabelle 10 für die Ueberschuß-Alkalität sind:

Es dürfte kaum ein Zufall sein, daß der Boden IV mit der höchsten aequivalent prozentischen Zahl der Alkali-Ueberschuß-Alkalität den größten Minderertrag bei fehlender Kalidüngung gezeigt hat. Den höchsten Minderertrag bei fehlender P_2O_5 -Düngung hat der Boden II, der zwar nicht die höchste aequivalentprozentische, wohl aber (infolge des höchsten Gehalts an Al_2O_3 der Behörden der Tabelle 10) die höchste gewichtsprozentische Zahl an **reiner und daher um so schädlicher wirkender** Alkali-Ueberschuß-Alkalität besitzt.

Auch das Verhalten der anderen Böden auf Tabelle 10 widerspricht nicht den Ueberlegungen, die an die Höhe und die chemische Natur der Ueberschuß-Alkalität geknüpft wurden. Es ist dabei daran zu erinnern, daß bei diesen kolloidchemischen Einwirkungen in hohem Grade auch andere Faktoren wie Niederschläge, Verdunstung, Zusammensetzung und Stand des Grundwassers usw. eine gewichtige Rolle spielen, so daß der Boden unter deren Einflüssen nicht immer der Ueberschuß-Alkalität entsprechend seine Ernteerträge wird einstellen können. Im allgemeinen aber werden solche alkalische Böden im Ertrag unsicherer sein als neutrale.

Außerdem wird die Beschaffenheit des Bodens auch abhängig sein von dem Verhältnis der durch HCl zersetzbaren zeolithischen Kolloide, die bei absorptiver Sättigung zur Krümelbildung neigen, zu den erst durch H_2SO_4 zersetzbaren kaolinischen Kolloiden, die unter dem Einfluß der Alkalität des Bodens die Einzelkornstruktur des Bodens annehmen werden. Ein höherer Gehalt an ersteren Kolloiden in gesättigter Form wird daher die lockere Lagerung des

Tabelle 10. (Nach dem Verfahren der Geolog. Landesanstalt)

Nr. des Bodens | I | II | III | IV | V | VI | VII |

Tabelle 10. (Nach dem Verfahren der Geol. Landesanstalt)

Nr. des Bodens	II	III	VII	I	IV	VI
Gehalt an Al_2O_3 in Proz. in 100 g Bod.	2,155	1,585	1,635	1,555	1,160	0,670
Molekularverhältnis v. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Base}$	7,9 : 1 : 1,3	8,8 : 1 : 1,4	12,9 : 1 : 1,5	9,1 : 1 : 1,9	12,8 : 1 : 2,3	14,3 : 1 : 4,3
Mindererträge:						
a) bei Fehl.v. P_2O_5 -Düng.	— 28 % Korn	— 8 % Korn	+ 7 % Rüben	— 15 % Heu	— 2 % Korn	— 13 % Korn
b) " " " K ₂ O-	+ 0,4 % "	— 8 % "	— 4 % "	— 2 % "	— 22 % "	— 4 % "
Überschuß-Alkalität auf 1 Mol. Al_2O_3 :						
an Mol. Alkali	0,32	0,42	0,34	0,29	0,83	0,64
an Mol. Erdalkali:	0,00	0,00	0,16	0,67	0,35	2,65
Die zum Vergleich mitaufgestellten Zahlen der Tabelle 8.						
Parzelle	1	3	19	21	37	39
Teilstücke						53
Gehalt an Al_2O_3 in Proz. in 100 g Bod.	3,960	4,020	4,160	3,875	3,865	4,145
Molekularverhältnis v. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Base}$	5,9 : 1 : 1,0	5,7 : 1 : 1,1	5,3 : 1 : 1,08	6,0 : 1 : 1,2	5,8 : 1 : 1,07	6,0 : 1 : 1,13
Überschuß-Alkalität auf 1 Mol. Al_2O_3 :						
an Mol. Alkali:	0,02	0,10	0,08	0,20	0,07	0,13
an Mol. Erdalkali:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bodens begünstigen, während bei vorwiegend kaolinischen Silikaten die vorliegende alkalische Reaktion der Böden infolge der ungünstigen dichten Lagerung für die Pflanzen verhängnisvoll werden kann.

E) Vorschläge zur Melioration alkalischer Böden.

Wir haben im Vorstehenden gesehen, daß sich die molekulare Umrechnung als Maßstab für die Erkennung der Düngebedürftigkeit der obigen Böden bewährt hat, sowohl der neutralen wie auch der alkalischen.

Es fragt sich nun, welche Maßnahmen die festgestellte Düngebedürftigkeit der alkalischen Böden an Azidität verlangt.

Wir wissen von den Alkaliböden, daß nicht nur die alkalisch reagierenden Salze der Alkalien, wie Soda, sondern auch deren lösliche neutrale Salze (wie NaSO_4 , NaCl), wenn auch in geringerem Grade, schädigend auf die physikalische Beschaffenheit der Böden einwirken.

Wir werden somit bessere Erfolge erzielen, wenn wir solche sauren Zusätze zum Boden verwenden, deren Einwirkungsprodukt auf die überschüssige Alkalität nicht wasserlöslich ist. Freie Humussäure in irgend einer Form dürfte auch wegen der alkalischen Reaktion ihrer Alkalosalze weniger in Betracht kommen.

Auch hier hilft uns die molekulare Berechnung, die Frage zu klären: Nach der molekularen Zusammensetzung zu urteilen, besitzen die zeolithischen Kolloide der obigen alkalischen Böden einen Ueberschuß an Kieselsäure und an Basen. Der Ueberschuß an SiO_2 ist so groß, daß er die 2- bis 4,5fache Menge an Basen zu binden vermöchte, wenn statt der festgestellten die 2- bis 4,5-fache Menge an Tonerdehydrat vorhanden wäre.

Der Grund also, weshalb die überschüssigen Basen der alkalischen Böden nicht in wasserunlöslicher Form gebunden werden, ist der Mangel an Tonerdehydrat.

Da es in Deutschland an genügenden Mengen natürlich vorkommenden Tonerdehydrats (Bauxit, Laterit usw.) mangelt und künstliches der Wirtschaftlichkeit wegen nicht in Fragen kommt, so können als Ersatz für die Tonerdehydrate nur die Böden dienen, die sich bei der Verwitterung, zum Teil auch unter Auslaugung von SiO_2 , an freiem Tonerdehydrat angereichert haben und einen stark sauren Charakter tragen.

In erster Linie wäre da an die Flottlehme zu denken, die nach den Untersuchungen der Geol. Landesanstalt Azidität tragen und zur Meliorierung der alkalischen Marschböden auch deshalb geeignet erscheinen, weil sie in deren Nähe in starker Verbreitung

zu finden sind. Wie gesagt, können auch solche Böden als Meliorationsmittel in Betracht kommen, die bei der Verwitterung ohne Auslaugung von SiO_2 , unter Verlust von zeolithischen Basen einen stark sauren Charakter erhalten haben.

Der Hauptvorzug dieser Meliorationsart würde die Unlöslichkeit der entstehenden zeolithischen Alkaliverbindungen im Wasser sein. Die restierenden Säuremengen, namentlich die der Schwefelsäure, würden infolge Ueberführung in basische Fe- oder Al-Sulfate ebenfalls aus dem Boden verschwinden, nachdem sie ihre Basen unter Bildung zeolithischer Verbindungen abgegeben haben.

Schlußfolgerungen.

1. Die neutralen, an zeolithischen Kolloiden reichen Marschböden (Tabelle 8) sind nach den Untersuchungen von Tacke und Arnd bezüglich CaO , P_2O_5 und K_2O als nicht düngebedürftig zu betrachten; zu gleichem Ergebnis gelangt man nach der Theorie von Ganssen (Gans) mittels der molekularen Umrechnung der Analysenergebnisse des Salzsäureauszuges.

2. Die gleiche molekulare Umrechnung der an zeolithischen Kolloiden erheblich ärmeren Marschböden (Tabelle 10), die sich nach Tacke und Arnd als düngebedürftig bezüglich P_2O_5 und K_2O erwiesen haben, ergab **keine neutralen, sondern größtenteils alkalische Böden**; irgend welche Schlüsse bezüglich der Düngebedürftigkeit an Nährstoffen können infolgedessen aus den Ergebnissen der Düngerversuche nicht gezogen werden, da die alkalische Reaktion der Böden die normale pflanzenphysiologische Verwertung der Nährstoffe nicht gestattet. Die Feststellung der Düngebedürftigkeit bezüglich der Nährstoffe kann erst nach Beseitigung der alkalischen Reaktion der Böden stattfinden.

3. Das Vorhandensein der alkalischen Reaktion, sowie auch deren Höhe, deren Ueberschuß und chemische Natur konnten auf Grund der molekularen Umrechnung erkannt werden, die damit zugleich auch die Düngebedürftigkeit dieser Böden an Azidität feststellte.

Dabei spielt es im allgemeinen keine große Rolle, ob durch die Salzsäure auch unverwitterte Silikate in geringem Grade mit zur Zersetzung kommen, da die Verhältniszahlen infolge der unbeabsichtigten Zersetzung zumeist in geringerem Grade verändert werden als die gewichtsprozentischen.

4. Die molekulare Umrechnung hat sich somit bei den neutralen wie auch bei den alkalischen Marschböden zur Feststellung der Düngedürftigkeit als geeignet erwiesen.

Es wäre wünschenswert, wenn zahlreiche Düngerversuche auch bezüglich anderer Bodenarten die gleiche Frage zu klären versuchen würden.

5. Der durch die molekulare Umrechnung festgestellten Düngedürftigkeit der alkalischen Böden an Äzidität wird man voraussichtlich am besten durch Zufuhr tonerdehydratreicher oder saurer Tonerde- und SiO_2 -hydrathaltiger Böden, wie z. B. von Flottelehmböden gerecht werden, die in Verbindung mit dem überschüssigen SiO_2 -Hydrat der Marschböden deren Alkaliüberschuß in wasserunlösliche, zeolithische Alkaliverbindungen überführen und auch die Säuren der anorganischen Aikalisalze, z. B. der Schwefelsäure, in basische unlösliche Al_2O_3 - bzw. Fe_2O_3 -Salze umwandeln.

Referate.

Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Von F. Wahnschaffe, in IV. Auflage neubearbeitet von F. Schucht. Mit 71 Textabb. 240 S. Berlin, Paul Parey. Berlin 1924.

Die Neuauflage des bekannten Buches weist gegenüber der letzten Auflage wesentliche Veränderungen, Umgestaltungen und Ergänzungen auf, den Fortschritten auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Bodenuntersuchung Rechnung tragend. Wenn das Buch auch im großen ganzen sein altes Gepräge gewahrt hat, so zeigt es doch insofern noch erhebliche Fortschritte, als auch die im Auslande üblichen und ausgearbeiteten Methoden beschrieben oder doch kurz angedeutet sind, was auf die wissenschaftliche Bodenuntersuchung nur fruchtbringend wirken kann. Eine umfassende Literaturzusammenstellung am Schlusse des Buches wird ebenfalls willkommen geheißen werden.

Ohne auf die mannigfachen Änderungen der neuen Auflage einzugehen, sei hier nur bemerkt, daß u. a. die neuen Methoden der Schlämmanalyse, sowie in sehr ausführlicher Weise auch die Bestimmung der Bodenreaktion, ferner ein Überblick über die bodenbiologischen Untersuchungsmethoden Aufnahme gefunden haben. Druck und Ausstattung des Buches sind gut. Verfasser.

Die Bodenkartierung und ihre Grundlagen. Von Dr. A. Till. Wien 1923. Seidel u. Sohn.

Im ersten Abschnitt des Buches versucht der Verfasser auf der Grundlage der Bodeneinteilungen von Ramann und Lang zu einem natürlichen System der Böden zu kommen. Er stellt dort verschiedene recht übersichtliche Tabellen auf, die aber nach den Verfassers Worten erst der Kompaß sein sollen, um erst einmal feste Richtlinien zu gewinnen. Der zweite Abschnitt „Die Bodenklassifikation“ bringt einen neuen Klassifikationsversuch als Grundlage für die praktische Bodenkartierung, nachdem sich der Verfasser mit den Klassifikationen von Atterberg und Kopecky kritisch auseinandergesetzt hat. Im dritten Teil kommt der Verfasser dann auf die Bodenkartierung zu sprechen an Hand von Erfahrungen, die er bei bodenkundlichen Untersuchungen in verschiedenen Gegenden Oesterreichs gesammelt hat. Als Unterlage der agronomischen Karte will er nicht die geologische Aufnahme verwendet wissen, da dann das Kartenbild zu sehr überladen würde und die Karte für den praktischen Landwirt zu schwer verständlich würde.

Für verschiedene Gebiete Oesterreichs hat der Verfasser Musterbodenkarten ausgearbeitet, die Belege für die Auffassungen, die in dem vorliegenden Buche vertreten sind, bringen. Hellmers.

Geologisches Bau- und Landschaftsbild. Von K. Sapper. II. Aufl.

Erschienen als Bd. 61: „Die Wissenschaft“. Samml. v. Einzeldarst. a. d. Gebieten der Naturw. u. d. Technik. Herausgeg. v. E. Wiedemann. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1922. (Grundzahl geb. 8.— Mk.)

Der Text hat sich im Vergleich zur ersten Auflage nur wenig geändert; Form und Inhalt sind fast dieselben geblieben. Der Inhalt des bekannten Buches sei hier deshalb nur kurz skizziert: I. Allgemeiner Teil. Landschaftsbild; Veränderlichkeit desselben; Elemente der Landschaft; Grundformen; Abtragung und Aufschüttung; Wasser und Eis; Atmosphäre. II. Besonderer Teil. Regenfeuchte und offene Tropenlandschaft; tropische und subtropische Wüsten- und Halbwüstenlandschaft; die feuchten Landschaften der gemäßigten Zone; das Hochgebirge der mittleren und niederer Breiten; die subpolare und polare Landschaft; Meeres- und Küstenlandschaften. Literatur. — Druck und Ausstattung des Buches sind gut.

Schucht.

Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden.

Von Hans Burger. Mitt. der Schweizer Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen. Herausgeg. v. Vorstande, Prof. Dr. A. Engler, XIII. 1. Mit 14 Bildern. 221 S. Zürich 1921.

In dieser umfangreichen und sehr gründlichen Arbeit werden noch eine Reihe in ihren Ergebnissen wichtigen Voruntersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Bodenuntersuchung vergleichende Untersuchungen an gewachsenen Böden im schweizerischen Flachlande, Jura und Voralpengebiet ausgeführt. Die Eigenschaften der Wald- und Freilandböden, insbesondere aus der Gegend von Bären a. A. und Biel (Orvin), der Einfluß des Kahlschlages auf die physikalischen Eigenschaften der Waldböden in Zollikon bei Zürich, sowie der Einfluß der landwirtschaftlichen Zwischennutzung auf die physikalischen Eigenschaften der Waldböden werden eingehend behandelt. Die wichtigsten Resultate der physikalischen Bodenuntersuchungen werden nach ihrer theoretischen und angewandten Seite hier am Schluß der Arbeit nochmals zusammengefaßt.

Wegen Raummangels muß von einem eingehenderen Referat an dieser Stelle leider abgesehen werden, um so mehr, als diese wertvolle Arbeit doch in ihrem ganzen Umfang überall dort zur Stelle sein muß, wo forstliche Bodenkunde und physikalische Bodenkunde im allgemeinen Ihre Forschungsstätte haben. Die vergleichenden Betrachtungen und Untersuchungen bei der physikalischen Bodenuntersuchung und die mannigfachen Vorschläge und Anregungen bei der Änderung von Methoden machen die Abhandlung von Burger besonders wertvoll.

Schucht.

Lehrbuch der Geologie für Studierende der Naturwissenschaften,

Montanisten und Techniker von Professor Dr. Leopold Kober. Mit 323 Abbildungen, 2 Karten und einem Anhang von 30 paläontologischen Tafeln. Wien. Hölder-Pichler-Temsky A.-G. Grundzahl geh. 18.—, geb. 20.—

Dieses neue Lehrbuch der Geologie sucht sich den mannigfachen Anforderungen des geologischen Unterrichtes an den verschiedenen Hochschulen anzupassen und in kurzer, übersichtlicher Darstellung eine Einführung in alle wesentlichen Kapitel der Geologie auf moderner Grundlage zu geben. Durch ein reiches, sorgfältig ausgewähltes Figurenmaterial, verbunden mit einem geologisch-paläontologischen Atlas, wird die anschaulichkeit gehoben. Neben den herkömmlichen Abschnitten werden unter anderem noch die Gesteine, die Klimareiche, der Bau der Erde, die allgemeinen Gesetze und Theorien, die Bodenschätzungen der Erde eingehender behandelt, als das sonst in geologischen Lehrbüchern üblich ist. Dadurch ist der Rahmen dieses Lehrbuches trotz aller Kürze ein viel weiterer geworden. Das Lehrbuch verdient wärmste Empfehlung.

Leitfaden der Bodenkunde. Einführung in die Bodenkunde für ausübende Land- und Forstwirte, für Kulturtechniker und für Schüler land- und forstwirtschaftlicher Unterrichtsanstalten. Von Dr. Josef Stiny, Professor an der Höheren Forstlehranstalt in Bruck a. d. Mur. Oktav, VIII und 203 Seiten und 115 Abbildungen. Verlag von Carl Gerold's Sohn, Wien, VIII., Hamerlingplatz 8/10, und Leipzig. Geheftet Gz. 5.-, gebunden Gz. 5,65.

Der vorliegende Leitfaden wendet sich an die breite landwirtschaftliche und forstliche Öffentlichkeit und will alle jene, welche für das Durcharbeiten umfangreicherer und schwerer lesbarer Lehr- und Handbücher nicht die erforderliche Zeit oder das nötige Vorwissen aufbringen, in die wichtigsten Grundlagen der Bodenkunde einführen. Dabei baut das Buch auf den Ergebnissen der Kolloidchemie auf, einer Wissenschaft, die den älteren Bodenkundlern und ausübenden Wirtschaftlern fast unbekannt war; und doch ist es gerade die Kenntnis der Grundlehren der Kolloidchemie, welche uns eine Fülle wichtiger Erscheinungen im Boden spielend einfach und in überraschender Einheitlichkeit lösen hilft. Auf dieser kolloidchemischen Unterlage bauen dann die weiteren Ausführungen auf. So werden z. B. die Vorgänge bei der Bodenbildung kurz und gemeinverständlich dargestellt und die Humusbildung näher erörtert; die chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften finden eine ziemlich eingehende Schilderung; den neuzeitlichen Forderungen der bodenkundlichen Wissenschaft entsprechend, ist der Bodenbiologie ein breiter Raum gewidmet; der Abschnitt über Einteilung der Böden wird namentlich dem Wirtschafter angenehm sein. Die Darstellung trachtet gemeinverständlich zu sein. Der Verlag hat durch Beigabe einer großen Zahl von Abbildungen die Brauchbarkeit des Buches ganz wesentlich erhöht.

Repetitorium der Geologie. I. Allgemeine Geologie. Von W. Hoppe. II. Aufl. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1921. Grundzahl 2. (Aus Breitensteins Repetitorien Nr. 45).

Verfasser hat die Hauptfragen der Allgemeinen Geologie auf engstem Raum dargestellt, nicht um Ersatz für ein Lehrbuch zu schaffen, sondern dem Kollegbesuchenden Studierenden einen Leitfaden an die Hand zu geben. Das Büchlein kann warm empfohlen werden. Schucht.

Mitteilungen.

Die IV. Internationale bodenkundliche Konferenz wird in Rom in der Zeit vom 12. bis 19. Mai d. J. stattfinden. Nähere Auskunft erteilt das Comité Organisateur de la IV. Conférence Intern. de Pédologie près l'Institut Intern. d'Agriculture in Rom (10), Villa Umberto I.

Direktor Dr. D. J. Hissink-Groningen hat von der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München für seine Verdienste um die bodenkundliche Wissenschaft die Würde eines Dr. oec. publ. honoris causa verliehen bekommen.

Das Landw. Institut in Petrograd (Fontanka, 6) feierte am 9. März 1924 das 35jährige Jubiläum der wissenschaftlichen Tätigkeit seines Rektors Prof. Dr. K. D. Glinka. Wir werden dieses um unsere Wissenschaft hochverdienten Gelehrten im nächsten Heft ausführlicher gedenken.

Die V. Kommission „Kartographie der Böden“ — Sitz Institutul Geologic al Romaniei, Bucuresti. Soseaua Kisselef 2, Prof. Dr. Murgoci — tagte vom 29. bis 30. Dezember zu einer Spezial-Sitzung unter Leitung von Prof. Dr. Murgoci in Meran. Das vorliegende Protokoll konnte an dieser Stelle leider nicht mehr veröffentlicht werden, da es gerade bei Abschluß des Heftes bei der Schriftleitung einlief.

Druckfehler.

Im Aufsatz von A. N. Ssokolowski „Beiträge zur Erkenntnis der Bodenkolloide etc.“ sind infolge postalischen Versehens leider zahlreiche Druckfehler stehen geblieben, nämlich:

Seite	Zeile		steht	muß stehen
	von oben	von unten		
84	5	—	Co	Ca
”	24	in der	nichts	0,174
”	26	1. Kolumne	nichts	0,353
”	26	—	Hoziz.	Horiz.
”	—	18	A ₂ / ₁₃	A ₂ /B
85	—	14	0°—60°	40°—60°
”	—	16	29,18	26,18
87	4	3. Kolumne	47,4	52,6
”	—	4	Desinfection	Dissertation
”	3	2. Kolumne	10,0	100
90	—	8	Mengen der ...	Mengen aus der ...
91	—	2	von Ca und Mg ..	von Ca, Mg und Na
92	—	16	3,4	3,6
”	—	16	5,1	3,68
93	—	8	Noch	Nach
”	—	9	n pakott	geglüht
”	—	11	14,4	14,0
”	—	11	21,6	18,1
”	—	—	36,0	32,13
”	—	—	55,5	59,62
94	—	10	Kytschev	Kostytscheff
96	16	—	gesättigten	ungesättigten
”	—	—	N	H ⁺
97	2. Kolumne	4582		3582
”	3. Kolumne	52,0		52,8
”	7. Kolumne	72,0		70,0

Bücher- und Zeitschriftenschau.

(Mit Nachträgen aus früheren Jahren.)

- Blanck, E. u. Geilmann, W. Ueber die chemische Zusammensetzung einiger Konkretionen tropischer Böden. Landw. Versuchsst. 1923. S. 217f.
- Blanck, E., Kunz, F. u. Preiß, F. Ueber mährische Roterden. Landw. Versuchsst. 1923. S. 246 f.
- Dusserre, C. Le sol des pâturages du haut Jura vaudois et neuchâtelois, sa flore et sa fumure. Tirage à part de l'Annuaire agricole de la Suisse 1922. Berne 1922. 20 pag. (Publication de l'Etablissement fédéral de chimie agricole à Lausanne.)
- Hoppe, W. Repelitorium der Geologie. I. Allgemeine Geologie. II. Aufl. Verlag J. A. Barth. Leipzig 1922.
- Keßler, P. Das Klima der jüngsten geologischen Zeiten und die Frage einer Klimaänderung in der Jetzzeit. Verlag E. Schweizerbart (E. Nägele). Stuttgart 1923. S. 39.
- Kober, L. Lehrbuch der Geologie. Für Studierende der Naturwissenschaften, Geologie, Montanisten und Techniker. Mit zahlr. Abb. und Karten. Verlag Hölder-Pichler-Tempky A. S. Wien 1923.
- Krische, P. Das Kali, die Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung. Enkes Bibliothek für Chemie und Technik, Bd. VII. — Zwei Teile. I. Teil: Die Geschichte der Kalisalze, die Entwicklung der deutschen Kaliindustrie und die Vertretung des Kaliums in der Natur. Mit zahlr. Abb. S. 382. — Verlag Ferd. Enke, Stuttgart 1923.
- Lemmermann, O. Verhalten verschiedener Getreidesorten gegenüber einer Stickstoffdüngung. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung. Teil B, 1, H. 11, 1923.
- Lemmermann, O. Stickstoffdüngung und Witterung. Ebenda T. B., 1, H. 9.
- Lemmermann, O. u. Wießmann, H. Untersuchungen über den Einfluß der Zeit der Anwendung auf die Wirkung verschiedener organischer Stickstoffdünger. Ebenda.
- Lemmermann, O. u. Ecke, K. Vergleichende Versuche über die Wirkung verschieden starker Gaben von chlorfreien und chlorhaltigen Kalidüngern auf Ertrag und Güte von Gerste und Kartoffeln. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung. Teil B, 2, H. 8.

- Lyon, T. L. and Bizzell, J. A. Lysimeter — Experiments — II. Rekords for tanks 13 to 16 during the gears 1913 to 1917 inclusive. Cornell-University. Agric. Exp.-Station. July 1921. Memoir 41. S. 51—93.
- Maggiorotti, V. Die durch Bewässerung fruchtbar gemachten öden Steppen der V. St. A. Annali, Bd. 2. 1921. S. 38—49. — Ref. in: Die Technik in der Landw. H. 10. 1921. S. 232.
- Maschhaupt, G. J. Bijdragen tot de Kennis van de Provincie Groningen en omgelegen streken, van wege het Natuurkundig Genootschap te Groningen, Nieuwe Reeks, Tweede Stuk. Verlag J. B. Wolters, Groningen. Den Haag 1923.
- Mayer, R. Die Verteilung der Hauptbodenarten in Deutsch-Oesterreich. Mit Karte. Ern. d. Pflanze XVII 19—120. 1921.
- Meigen, W. u. Werling, P. Ueber den Löß der Pampasformation Argentiniens. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. 21. 159—184. 1915. — Ref. Neues Jahrb. f. Min. 1921. II; 2.
- Miehe, H. Der Rythmus im Leben der Pflanze. Naturw. Wochenschrift. N. F. 21. Nr. 28. 1922.
- Pratolongo, U. Ueber die physiologisch-mechanische Bodenuntersuchung. Staz. sperim. agr. ital. 1917, 50, 117, n. Chem. Ztbl. 1918, II., 859. — Ref. Jhrsb. f. Agr.-Chem. 62, 1919, 435.
- Schalow, E. Mitteilungen über die Pflanzendecke der schlesischen Schwarzerde und ihrer Nachbargebiete. Verh. Bot. Ver. Brandenburg. 57. 1915.
- Smirnoff, W. P. Zur Frage des Einflusses der Humusverbindungen auf die Verwitterung der Alumosilikate. 100 p. Kharkow 1915 Russ.
- van der Spek, Jac. De inwerking van oplossingen van neutrale zouten op den bodem. Bijdrage tot de Kennis van de bodem — aciditeit. In: Versl. v. Landsbouwk. Onderzoeken der Rijkslandbouwproefstations. XXVII, 1922. S. 162—202.
- Ssokolowskij, A. N. Beiträge über einige Eigenschaften der Bodenkolloide. Ber. der Landw. Akademie Moskau. H. 1—4. S. 85—225 Russ.
- Sokolofsky, A. Sur la question de la définition des formes de chaux dans les sols. Russ. Journ. f. experim. Landw. 1919.
- Tamm, O. Om berggrundens inverkan på skogsmarken. Med specialstudier inom. Värmlands hyperittrakter. Ueber die Einwirkung der festen Gesteine auf den Waldboden. Mit Spezialstudien in den Hyperitgegenden Värmlands. Meddel. fr. Statens Skogsförsöksanstalt. H. 18. Nr. 3. S. 106—164. Mit 7 Abb. Stockholm 1921.
- Tietze, C. Die betriebswirtschaftlichen Verhältnisse in den Steppengebieten Südostrulands. Landw. Jahrb. 58. H. 2. 1923. S. 251—305. (Mit Abschnitt über Boden und Klima).
- Till, A. Petrographisches Praktikum. II. Auflage. Verlag S. W. Seidel u. Sohn, Wien 1919.
- Till, A. Die Bodenkartierung und ihre Grundlagen. Mit 2 Skizzen im Text. Wien 1923. Verlag L. W. Seidel u. Sohn.

- Till, A. Mineralogisches Praktikum. II. Auflage. Verlag L. W. Seidel u. Sohn, Wien 1920.
- True, R. H., and Bartlett, H. H. The exchange of ions between the roots of *Lupinus albus* and culture solutions containing three nutrient salts, Am. J. Bot., 1916, iii, 47.
- Tschermak, G. Der chemische Bestand und das Verhalten der Zeolithe. I. Sitz. — Ber. Akad. Wiss. Wien. 126. 541 - 606. 1917. — Ref. Neues Jahrb. f. Min. 1921. II; 2.
- Vater. Zur Weiterentwicklung des forstlichen Versuchswesens. Antrittsrede bei Uebernahme des Rektorats. Tharandter Forstl. Jahrb. 1922. 73; 1.
- Vater. Zur Uebertragung der Bärenthorener Betriebsart nach Sachsen. Tharandter Forstl. Jahrb. 1922. 73; 1.
- Waksman, S. A. The influence of soil reaction upon the growth of Actinomjates causing potato scab. — Paper Nr. 50 of the Journal Series, New Jersey Agr. Exper. Stat., Dep. of Soil Chemistry and Bacteriology. Soil Science, Vol. XIV. Nr. 1. July. 1922.
- Waksman, S. A. Soil fungi and their activities. Soil Science Rutgers College. Vol. II. Nr. 2. New Brunswiek N. J. August 1916.
- Waksman, S. A. and Joffe, J. S. The Chemistry of the oxidation of sulvur by microorganis ms to sulfuric acid and transformation of insoluble phosphates into soluble forms. — From the Department of Soil Chemistry and Bacteriology, New Jersey Agr. Exper. Station, New Brunswiek. Journal of Biological Chemistry. Vol. L. Nr. 1. Jan. 1921.
- Waksman, S. A. Is there any fungus flora of the soil? Soil Science Rutgers College. Vol. III. New. Brunswiek N. J. June 1917. Nr. 6.
- Waksman, S. A. u. Joffe, J. S. Microörganisms concerned in the oxidation of sulfus in the soil. II. Thiobacillus thiooxidans, a new sulfur — oxidizing organism isolated from the soil. — Journ. of Bacteriology. Vol. VII. Nr. 2. March. 1922. S. 239—256.
- Waynick, D. D. The chemical composition of the plant as further proof of the close relation between antagonism and cell-permeability. Univ. California Pub. Agr. Sc., 1918, iii, 135.
- Whitson, A. R. u. a. Soil Survey of Fond du Lac County, Wisconsin. — S. S. of La Crosse Conety, Wisconsin Wisc. Geol. and Nat. Hist. Surv. Bull. Nr. 37. Nr 7. 1914. leger Bull. Nr. 3. 40. Soil Ser. 10. 1914. — Ref. Geol. Zbl. 26; 7. 1921.
- Wiedemann, E. Zuwachsrückgang und Wuchsstopungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. Abt. Standortslehre d. Forstl. Versuchsanstalt Tharandt. Komm.-Verlag W. Laux, Tharandt. 1923. 180 S.
- Wilsler, J. Grundriß der angewandten Geologie; für Geologen und Techniker. Mit 61 Abb. u. 3 Taf. 176 S. 1921. Verlag Borntraeger-Berlin.

- Wittmann, Joh. Die Bodenverhältnisse dränierter Flächen in Nieder-Oestreich. Ein Beitrag zur Wahl der Saugstrangentfernung. Wiener Landw. Ztg. 72. Jahrg. Nr. 77/78, v. 39. 9. 22.
- Wohltmann, F. Die Anwendung und Beschaffung der künstlichen Düngemittel nach dem Kriege. Jahrb. d. Hallischen Verbandes f. d. Erforschung der mitteld. Bodenschätzungen und ihrer Verwertung. Bd. I.
- Wolff, W. Erdgeschichte und Bodenaufbau Schleswig-Holsteins unter Berücksichtigung des nordhannoverschen Nachbargebietes. II. Auflage. Verlag L. Friederichsen u. Co. Hamburg 1922.
- Zloković, Dj. Recherches pédologiques dans les environs de Belgrade. Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique. VII, fasc. 1. 1922. Mit franz. Resumé.
- Zunker, F. Die Bestimmung der spezifischen Oberfläche des Bodens. Landw. Jahrb. 58. H. 2. 1923. S. 159—205.
- Zunker, F. Das Temperaturmeßverfahren zur Bestimmung der Sickerwasserverluste von Kanälen. Ztrlbl. d. Bauverwaltung 42. Nr. 3 u. 4. vom 7. Jan. 1922.
-
- Columbia. L'espansione Italiana. Nr. 58, VI, Luglio 1922. Roma Via Castelfiordo 84. (Q. XXI.)
- Columbia. L'espansione Italiana. VI, Nr. 61—62, 1922. Roma, Via Cavour, 247.
- Kopeloff, N., Lint, H. u. Coleman, D. Trennung von Bodenbakterien. Journ. Agr. Research 1915, 5, 137.
- Kopeloff, N., Lint, H. u. Coleman, D. Protozoenkunde, angewandt auf den Boden. Transact. Amer. Microscop. Soc. 1915, 34, 149.
- Krause, F. Von der Bedeutung der Bakterien für den Gartenbau. Prakt. Ratgeb. i. Obst- und Gartenbau. 1918, 33, 35.
- Moeller, W. Humussäure und Gerbsäure. D. Gerber 1916, Nr. 1918, Kollegium 1916, 385. — Ref. Chem. Ztrlbl. 1917, I, 31.
- Treitz, P. Die agrogeologischen Verhältnisse des Mecsekgebirges und die Gebirgsgruppe Lengö. Ber. d. kgl. ung. geol. Anst. 1902. Budapest 1913, S. 127, ung. u. deutsch.
- Treitz, P. Agrogeologische Beschreibung des Gebietes zwischen der Theiß. Foldtani Kozloung, Bd. XXXIII. H. 7—9, S. 388—389, Budapest 1913. Mit 1 kol. Kärtchen, ung. u. deutsch.
-