

durch Einführung der Biologie in die oberen Klassen den hier den Schülern in erdrückender Fülle gebotenen Wissensstoff um ein weiteres Quantum zu vermehren, anstatt den heute herrschenden Zuständen gegenüber ein heilsames Gegengewicht zu schaffen, indem wir die einseitig geistige Tätigkeit durch die gleichzeitig die Sinne und das Denken in Anspruch nehmende, praktisch-heuristische Beschäftigung mit den Vorgängen in der Natur zu ergänzen. Man wird daher das biologische Schülerlaboratorium als Seitenstück zu den Übungsstätten für Physik und Chemie einführen müssen. Ferner ist der gegenseitigen Abhängigkeit von Bau und Verrichtung der Organe auf jeder Stufe des Unterrichts die größte Beachtung zu schenken. Das Experiment kann kaum früh genug einsetzen, erst als Gegenstand des Unterrichts, dann aber auch als selbständige Schülerleistung. Der Schulausflug in alter Form, der auf Sammeln und Namenlernen hinauslief, ist durch bestimmte, im Freien zu lösende Beobachtungsaufgaben zu ersetzen. Der Schwerpunkt des biologischen Unterrichts wird also weniger auf die Kenntnis der Pflanzen und der Tiere, sondern der Pflanze und des Tieres zu legen sein.

Bis jetzt hat der auch heute noch ganz überwiegend philologischen Erziehung das Sapere, Scribere, Loqui als Leitwort gedient. Möge der Umschwung, der sich heute geltend macht, zu einer gründlichen Änderung der herrschenden Anschauungsweise führen, an der man leider in Deutschland am zähesten festhält. Denn ohne Zweifel gehört denjenigen Kulturvölkern die Zukunft, die ihr Schulwesen den Forderungen einer neuen Zeit anpassen. Man braucht darüber das, was die älteren Bildungstoffe an wesentlichem Inhalt und formal bildender Kraft besitzen, durchaus nicht zu opfern.

[A. 182.]

Behandlung des Bodens mit einem starken elektrischen Gleichstrom.

Von Dr. J. KÖNIG, Dr. J. HASENBÄUMER und Dr. C. HASSLER¹⁾.

(Eingeg. 3./10. 1911.)

In dieser Z. 24, 103 (1911) haben wir ein Verfahren zur Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit des Ackerbodens mitgeteilt und gezeigt, wie diese zur Beurteilung eines Bodens mitdienen kann²⁾. Der elektrische Strom (Gleichstrom) läßt sich aber noch in anderer Weise für die Beurteilung des Ackerbodens anwenden, nämlich zur Bestimmung der von ihm ab- oder adsorbierten, leichtlöslichen Mineralstoffe.

Bringt man nämlich eine mit Wasser durchfeuchtete Bodenprobe zwischen zwei Platinelek-

¹⁾ Vgl. auch Landw. Versuchsstationen 75, 377 (1911).

²⁾ Wie wir, so haben sich auch, wie wir nachträglich erfahren, Whitney, Gardner, Bigge und Maens (U. S. Depart. of Agriculture; Bureau of Soils. Bull. 6, 7 u. 8, 1898) und Davis u. Bryan (Ebendorf, Bull. 61, 1910) mit demselben Gegenstande befaßt und sind in vielen Punkten zu denselben Ergebnissen wie wir gelangt.

troden und leitet einen starken Gleichstrom hindurch, so übernimmt die zwischen den Polen befindliche Bodenschicht — ihrem Kolloidgehalte³⁾ entsprechend — die Rolle und Funktion einer Scheidewand von mehr oder weniger semipermeablem Charakter, durch deren unendlich viele und feine Poren die Ionen ihren Weg nehmen. Es müssen also hier die nämlichen Erscheinungen auftreten, welche schon lange bei der Tonzelle bekannt sind, nämlich:

1. Eine einfache Elektrolyse der gelösten Bestandteile, die durch chemische Umsetzungen mehr oder minder verwickelt verlaufen kann,

2. die Fortführung des Wassers zur Kathode,

3. die Fortführung der Suspensionen und Kolloide zur Anode.

Diese wichtige elektrische Überführung — auch Elektroomose genannt, weil sie sich zuerst bei Diaphragmen, bei denen ja auch die gewöhnliche Osmose leicht stattfindet, in der Folge überhaupt in engen Röhren oder Poren zeigte — wurde schon 1807 von Reuß beobachtet, von Porret 1816 bestätigt⁴⁾, aber erst von G. Wiedemann⁵⁾ 1852 genauer untersucht. Ohne auf diese und besonders J. Quinckes⁶⁾ Arbeiten näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß v. Helmholtz diese Erscheinung damit erklärte (wie auch Dorn⁷⁾ Versuche bestätigten), daß die Flüssigkeit sowie die suspendierten Teilchen, wie ein Metall und eine leitende Flüssigkeit, in elektrischem Gegensatz zu der Wand stehen. Ihre Wanderung ist also grundsätzlich dieselbe wie die der Ionen, die auch wegen der ihnen innewohnenden Ladung in der durch diese vorgeschriebenen Richtung wandern. Daher muß Wasser, das zur Kathode wandert, positiv geladen sein, und die suspendierten Körperchen negativ. Coehn⁸⁾ hat dann weiter die Frage untersucht, wie sich Kolloide, organische und anorganische, verhalten, und deren Übereinstimmung mit den suspendierten Teilchen festgestellt. Über das Verhalten der Organismenschleime ist noch wenig bekannt, doch ist sowohl Eiweiß wie Gelatine in saurer Lösung elektropositiv, in alkalischer Ladung elektronegativ geladen. Da im normalen Boden die alkalische Reaktion vorherrscht, so wird diese Gruppe sich auch der nahezu allgemein negativen Ladung anschließen⁹⁾.

In der Tat verhält sich denn auch der Ackerboden bei der Einwirkung eines starken elektrischen Gleichstroms genau so, wie nach den früheren Versuchen mit der Tonzelle anzunehmen war.

Bei den ersten Versuchen wurde ein lehmiger Sandboden in wassergesättigtem Zustande in einen

³⁾ Rohland, Landw. Jahrbücher 39, 369 (1910).

⁴⁾ F. Reuß, Mém. de la société des naturalistes à Moscou 2, 327 (1809). — R. Porret, Gilb. Ann. 66, 272 (1816).

⁵⁾ Pogg. Ann. 87, 321 (1852).

⁶⁾ Pogg. Ann. 113, 513 (1866).

⁷⁾ Wied. Ann. 9, 513 (1880); 10, 46 (1880).

⁸⁾ A. Coehn, Z. f. Elektrochem. 4, 63 (1897); vgl. auch Ehrenberg, Mitt. der landw. Inst. der Univ. Breslau, Theoret. Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sog. physikalischen Bodeneigenschaften, Vierter Band, Heft III, 1908.

⁹⁾ Ehrenberg, ebenda 479.

230 mm hohen und 37 mm weiten Glaszylinder¹⁰⁾ eingefüllt und unter dauerndem Zutritt frischen Wassers ein starker elektrischer Gleichstrom (220 Volt) drei Tage lang wechselweise, d. h. jedesmal so lange einwirken gelassen, bis er wegen zu starker Erwärmung abgestellt werden mußte. Die an jedem Tage an der Kathode abtropfenden alkalischen Flüssigkeitsmengen wurden vereinigt und zusammen untersucht. Bei einer 15 cm bzw. 10 cm hohen Bodenschicht ergaben sich 15,0 bzw. 28,3 mg Kalk, 2,5 bzw. 6,0 mg Kali und 6,0 bzw. 11,8 mg Natron.

Bei einem zweiten Versuche wurden 100 g des selben lehmigen Sandbodens zuerst mit destilliertem Wasser ausgewaschen, um die leichtlöslichen Salze tunlichst zu entfernen; darauf wurde der Boden in einem Ebonitgefäß mit Wasser vermischt, gehörig umgerührt, und die Emulsion eine Zeitlang stehen gelassen, bis sich die gröbsten Teile — Sand und Silicate usw. — abgesetzt hatten. Dann wurden zwei Platinelektroden eingehangen und der Strom so lange einwirken gelassen, bis sich die Flüssigkeit völlig geklärt hatte. Die Kolloidstoffe, welche sich auf der schräg stehenden, mit Leinwand bezogenen Anode niedergeschlagen hatten, wurden mit dieser herausgehoben, mit Wasser in eine Platinschale gespült und eingedampft. Es wurde gefunden:

Gewicht der Kolloide mg	Phosphorsäure mg	Kalk mg	Kalium- und Natriumchlorid mg
1540,0	7,0	3,2	13,0

Die klar gewordene und alkalisch reagierende Flüssigkeit über dem Boden wurde abgehebert, filtriert und ebenfalls eingedampft. Nachdem der zurückgebliebene Boden in dieser Weise noch zweimal mit Wasser verrührt und elektrolysiert war, wurden die drei Anteile vereinigt und aus 100 g Boden folgende Mengen gelöster Stoffe gefunden:

Gesamt-Rückstand mg	Glüh-Rückstand mg	Kalk mg	Mag-nesia mg	Kali mg	Natron mg	Phosphorsäure mg	Schwefelsäure mg
59,1	44,4	16,0	3,6	14,6	7,1	1,2	3,2

Ein ähnliches Ergebnis lieferte ein Niederungsmoorboden, bei dem sich aus 100 g Boden bei der ersten Behandlung 100 mg Kolloide mit 6,3 mg

Phosphorsäure, bei der zweiten Behandlung 300 g Kolloide aber ohne Phosphorsäure abscheiden ließen, während in der wässrigen Lösung die Basen (Kalk 27,6 bzw. 15,0 mg, Kali 7,4 bzw. 1,5 mg) neben geringen Mengen Phosphorsäure vorhanden waren. Durch einen starken elektrischen Gleichstrom werden daher bei einem in Wasser aufgeschlämmten Boden die Kolloide entwässert und als negative Hydrogele bzw. als stromlose Säureionen an der Anode ausgeflockt; gleichzeitig findet eine einfache Elektrolyse der im Wasser gelösten Salze und der anfänglich von den Kolloiden gebundenen und jetzt frei werdenden Stoffe statt. Die an der Kathode sich anreichernden Alkaliionen erteilen der Flüssigkeit eine starke alkalische Reaktion. Die Trennung

der löslichen Säuren und Basen ist er bei der vorstehenden Versuchsanordnung nicht möglich. In der stark alkalisch reagierenden Flüssigkeit finden sich auch Säuren vor, die sich vorher an der Anode abgeschieden hatten, während umgekehrt die Kolloide bei der Ausflockung auch Alkali enthalten, welches noch absorbiert bleibt oder durch die Säure mitgerissen wird.

Wir haben daher, um die saure und alkalische Lösung getrennt für sich zu erhalten, einen Dialysator in folgender Anordnung angewendet:

Der zur Aufnahme des Bodens bestimmte Teil A besteht aus einem runden, beiderseits offenen Glasgefäß von 10 cm Höhe und 15 cm Durchmesser, welches unten mit Pergament¹¹⁾ bespannt ist. Mittels Kupferdrahtes und eines Holzstabes wird es bei der Benutzung derartig in ein größeres Standgefäß B von 23 cm Höhe und 19,5 cm Durchmesser eingehangen, daß ein Abstand von 2,5 cm zwischen dem Boden des Innen- und Außengefäßes bleibt.

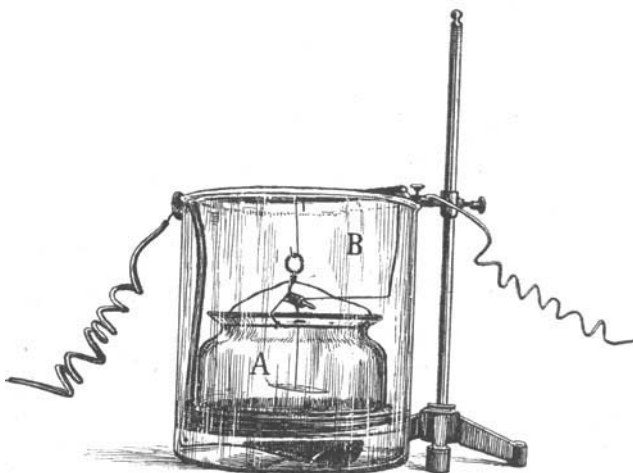
Die Zuführung des elektrischen Stromes geschieht durch zwei Platinelektroden, von denen die eine als Anode auf dem Boden des Gefäßes B unter der Membran ruht, die andere, durch ein Stativ gehalten, in das als Kathodenraum dienende Gefäß A taucht.

Die Versuchsanordnung war folgende:

200 g des lufttrockenen Bodens¹²⁾ wurden zunächst in einer Porzellanschale mit destilliertem Wasser gut verrührt. Darauf wurde die Masse in das Einsatzgefäß A gespült, noch so viel Wasser zugegeben, daß die Höhe desselben samt Boden etwa

¹¹⁾ Vor dem erstmaligen Gebrauche muß dies natürlich sorgfältig ausgewaschen werden.

¹²⁾ Ein vorheriges Entfernen der leichtlöslichen Salze durch Auswaschen, wie es bei den früheren Versuchen geschah, konnte unterbleiben, da bei der neuen Anordnung ein anfängliches Schäumen nicht hinderlich war.



4 cm betrug, und dann das Innengefäß an dem Holzstab in den größeren Behälter B eingeklemmt. Letzterer wurde ebenfalls mit Wasser gefüllt, und zwar so weit, daß das Flüssigkeitsniveau innen und außen gleich war.

Als Stromquelle diente die hier zur Verfügung stehende Lichtleitung von 220 Volt Spannung. Den Stromverbrauch zeigte ein vorgeschaltetes Amperemeter, die Temperatur des Bades ein im Anodengefäß stehendes Thermometer an.

Nach Einschaltung des Stromes trat alsbald an beiden Elektroden eine lebhafte Gasentwicklung — natürlich Sauerstoff an der Anode und Wasserstoff an der Kathode — ein, und das Bad begann sich je nach der Leitfähigkeit des betreffenden Bodens bzw. je nach seinem Gehalte an leichtlöslichen Salzen schneller oder langsamer zu erwärmen. Die Flüssigkeit im Kathodengefäß stieg infolge des elektroosmotischen Druckes allmählich in die Höhe und wurde durch die zunehmende Ausflockung der Kolloide klar, während die Humussäuren durch die Membran nach der Anode wanderten und die dortige Flüssigkeit bräunten.

Um eine vollkommene Entfernung aller auf diese Weise in Lösung gehenden Stoffe herbeizuführen, wurde das Wasser, dem Gehalt der einzelnen Böden entsprechend, mehrmals gewechselt. Durch einen Zusatzwiderstand war dafür gesorgt, daß der Stromverbrauch tunlichst nicht mehr als 3 Amp. betrug; außerdem wurde der Strom jedesmal nur so lange einwirken gelassen, bis das Bad die Temperatur von 50° erreicht hatte. Das Innengefäß wurde dann sofort herausgenommen, abgespült, und die über dem Boden stehende alkalische Flüssigkeit in ein Becherglas abgegossen, worauf sie durch ein quantitatives Filter filtriert wurde.

Die im Anodengefäß verbleibende saure Flüssigkeit wurde anfangs immer erst nach der dritten Füllung des Innengefäßes mit frischem Wasser erneuert, späterhin erschien es jedoch zweckdienlicher,

sie ebenso oft wie jene zu ergänzen. Ein Filtrieren war bei ihr nicht nötig.

Diese Behandlung des Bodens wurde unter jedesmaligem Wasserwechsel so oft fortgesetzt, bis nach längerer Zeit des Einwirkens keine merkliche Strommenge mehr durch den Boden ging, und dementsprechend auch keine wesentliche Erwärmung mehr stattfand.

Nach Beendigung der Stromeinwirkung wurden die für sich gesammelten alkalischen und sauren Anteile je auf ein rundes Maß mit Wasser aufgefüllt, die Hälften der beiden Teile zusammengegeben, eingedampft und genau so weiter verarbeitet, wie es mit den Dämpfflüssigkeiten geschah. Zum Schluß wurde die nach Abscheidung der Kieselsäure und der Tonteilchen erhaltene Lösung auf 200 ccm gebracht und in der einen Hälfte Kali, in der anderen Phosphorsäure, Kalk und Magnesia bestimmt. Außerdem wurde in den ursprünglichen Lösungen der Gehalt an anorganischer Substanz durch Titration mit $\frac{1}{100}$ Normal-Permanganat in alkalischer Lösung festgestellt und die sauren Lösungen auf die Anwesenheit von Salpetersäure geprüft.

Aus den Untersuchungen möge hier zur Erläuterung kurz folgendes mitgeteilt werden:

1. Einwirkung des elektrischen Stromes auf natürliche Böden.

Hierzu dienten sechs verschiedene Bodenarten, die bisher auch zur Prüfung anderer Verfahren verwendet wurden. Das Wasser wurde im Gefäß A, bis kein Strom mehr durchging, fünf- bis sechsmal, im Gefäß B zwei- bis viermal erneuert; es hatte an der Anode eine deutlich saure, an der Kathode eine deutlich alkalische Reaktion, nach Mischung der beiden Flüssigkeiten war die Reaktion bei den beiden ersten Böden neutral, bei den vier letzten Böden deutlich alkalisch. Die sonstigen Ergebnisse waren für je 100 g Boden folgende:

Bestandteile:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sandboden	Lehmiger Sandboden	Lehmboden	Kalkboden	Tonboden	Schieferboden
Salpetersäure-Reaktion an der Anode	Spur	Spur	deutlich	deutlich	schwach	stark
Verbrauchte ccm $\frac{1}{100}$ -N. Kathode	330	375	1520	4200	810	720
Permanganatlösung . } Anode	392	640	1240	3280	570	460

In den vereinigten Lösungen:

	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Organische Substanz (Glühverlust)	126,0	144,0	216,5	568,5	170,0	134,0
Glührückstand	130,0	169,0	268,5	555,5	298,0	216,0
Phosphorsäure	36,2	20,1	17,0	6,7	4,0	5,3
Kalk	34,3	73,1	108,6	253,9	123,6	106,2
Kali	17,8	17,0	24,4	19,2	38,1	20,2
Magnesia	1,0	1,8	0,8	1,0	2,6	3,2

Die durch den elektrischen Strom gelösten Mengen Mineralstoffe entsprachen im allgemeinen dem Gehalte der natürlichen Böden hieran bzw. ihrem Kolloidgehalt. Auffallend ist der Gehalt

an durch Permanganat angezeigten organischen Stoffen (Humussäuren). Während bei Boden I und II der saure Teil die größere Menge an organischen Stoffen aufweist, dreht sich das Verhältnis

bei den übrigen Böden um. Zweifellos ist der Grund darin zu suchen, daß die beiden ersten Böden reicher an kolloidalen Humussäuren sind, die nicht durch den Strom ausgeflockt werden, sondern durch die Membran nach der Anode wandern.

In derselben Weise wurden Ober- und Untergrund von einem guten ertragsfähigen und einem schlechten Sandboden untersucht; der Obergrund des guten Sandbodens war erst nach fünfmaliger

Erneuerung des Wassers in Gefäß A an löslichen Salzen erschöpft, der Obergrund des schlechten Sandbodens schon nach dreimaliger, der Untergrund in beiden Böden nach zweimaliger Erneuerung. Die Flüssigkeit an der Kathode war in allen Fällen fast neutral und nur schwach alkalisch, die an der Anode deutlich sauer; die Mischung beider Flüssigkeiten erwies sich neutral; Salpetersäure konnte an der Anode qualitativ nicht nachgewiesen werden. Die sonstigen Ergebnisse waren für je 100^g Boden folgende:

Bestandteile:		Ia.	Ib.	IIa.	IIb.
		Schlechter Sandboden		Guter Sandboden	
		Obergrund	Untergrund	Obergrund	Untergrund
Verbrauchte ccm $\frac{1}{100}$ -n. } Kathode		860	700	1032	456
Permanganatlösung . } Anode		1120	1030	2688	1168

In den vereinigten Lösungen:

	mg	mg	mg	mg
Organische Substanz (Glühverlust)	193,5	135,0	326,0	141,5
Glührückstand	64,5	36,5	197,5	93,0
Phosphorsäure	14,1	2,6	20,4	3,3
Kalk	12,0	6,0	66,0	18,0
Kali	17,0	2,7	37,7	15,6

Bezüglich des Gehaltes der durch Permanganat in den Lösungen oxydierbaren organischen Stoffe verhalten sich diese Böden wie Boden I und II der ersten Reihe. Im übrigen tritt hier bezüglich der gelösten Mineralstoffe die letztere Beschaffenheit des guten Sandbodens gegenüber dem schlechten und in beiden Fällen die bessere Beschaffenheit des Obergrundes gegenüber dem Untergrunde deutlich hervor.

Durch frühere Untersuchungen haben wir gefunden, daß durch **Dämpfen** des Bodens mit Wasser — 500 g mit 5 l Wasser — bei 5 Atm. oder durch Oxydation des Bodens mit chemisch reinem Wasserstoffsuperoxyd die leichtlöslichen oder kolloidal gebundenen Nährstoffe des Bodens bestimmt werden können. Die vorstehend gefundenen Mengen, also wenn man den Boden bis zur Erschöpfung, d. h. so lange, bis kein Strom

mehr durchgeht, behandelt, sind aber wesentlich höher, als nach ersterem Verfahren sich ergeben.

Um die durch elektrische Bodenbehandlung gewonnenen Werte den durch Dämpfen gefundenen möglichst nahe zu bringen, wurde der Boden nur einmal mit dem elektrischen Strom behandelt und folgendermaßen verfahren:

Wie bei den anfänglichen Versuchen mit dem Ebonitgefäße wurden zunächst die leichtlöslichen Salze aus dem Boden entfernt. Zu diesem Zwecke wurde der Dialysator wie vorher mit 200 g Boden und der dazu gehörigen Wassermenge beschickt und je nach der Bodenart das Wasser im Außengefäß erst in Zeiträumen von 10—12 Stunden einige Male erneuert. Darauf wurde der Strom eingeschaltet und einmal in derselben Weise einwirken gelassen, wie es bisher geschah. Die Einzelheiten der Behandlung zeigt folgende Tabelle:

Behandlung:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sandboden	Lehmiger Sandboden	Lehmboden	Kalkboden	Tonboden	Schieferboden
Anzahl des Wasserwechsels vor der Elektrolyse	2	2	2	4	2	2
Dauer der Stromeinwirkung in Minuten	60	60	30	20	20	25
Stromstärke am Ende derselben . . .	0,6	0,6	1,4	2,0	2,6	1,8
Temperatur des Bades am Ende derselben	55°	55°	55°	55°	55°	55°
Benutzung des Vorschaltwiderstandes .	nein	nein	ja	ja	ja	nein

Nach Einwirkung des Stromes wurden die Waschwässer mit den elektrischen Dialysaten vereinigt und alles zusammen eingedampft. Wegen der geringen

gelösten Mengen wurde Phosphorsäure, Kalk und Kali bei jedem Boden in der ganzen Lösung bestimmt und folgender Gehalt gefunden, auf 100 g Boden berechnet:

Bestandteile:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sand- boden mg	Lehmiger Sand- boden mg	Lehm- boden mg	Kalk- boden mg	Tonboden mg	Schiefer- boden mg
Organische Stoffe	51,8	62,5	75,0	130,8	57,8	49,8
Lösliche Salze	59,5	79,8	177,5	265,8	111,3	119,0
Phosphorsäure	14,45	6,33	6,07	1,50	0,84	0,98
Kalk	15,66	29,95	73,61	171,24	32,79	52,91
Kali	12,63	11,31	9,06	15,13	17,99	10,62

Wie zu erwarten war, sind durch die einmalige Einwirkung des elektrischen Stromes naturgemäß erheblich weniger Stoffe gelöst worden, als durch die erschöpfende Behandlung. Um festzustellen, ob durch den elektrischen Strom wirklich

die leicht löslichen Mineralstoffe gelöst werden, wurden die sechs Böden dann mit kalter 10%iger Salzsäure vor und nach der Einwirkung des elektrischen Stromes behandelt, und zwar mit folgendem Ergebnis:

Verhalten:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sand- boden mg	Lehmiger Sand- boden mg	Lehm- boden mg	Kalk- boden mg	Tonboden mg	Schiefer- boden mg

Kali.

In kalter Salzsäure löslich:						
Vor der Einwirkung des elektr. Stromes	30,6	56,1	52,4	52,7	200,6	59,5
Nach der Einwirkung des elektr. Stromes	10,2	20,4	28,9	39,1	150,3	30,6
Durch den elektr. Strom gelöst:	17,8	17,0	24,4	19,2	38,1	20,2

Phosphorsäure.

In kalter Salzsäure löslich:						
Vor der Einwirkung des elektr. Stromes	105,5	70,4	99,1	67,2	41,6	127,9
Nach der Einwirkung des elektr. Stromes	83,2	54,4	83,3	60,7	35,2	120,5
Durch den elektr. Strom gelöst:	36,2	20,1	17,0	6,7	4,0	5,3

Man sieht hieraus, daß nach Einwirkung des elektrischen Stromes in kalter 10%iger Salzsäure erheblich weniger aus den Böden gelöst wird, als vor seiner Einwirkung. Addiert man die durch den elektrischen Strom gelösten Mengen Kali und Phosphorsäure zu den noch zurückgebliebenen, durch Salzsäure gelösten Mengen, so ist ihre Summe fast gleich derjenigen, die durch Behandlung der ursprünglichen Böden mit Salzsäure erhalten wurde.

2. Einwirkung des elektrischen Stromes auf die vorher mit Nährsalzen behandelten Böden.

Nach früheren Versuchen (vgl. diese Z. 24, 103 [1911]) eignet sich das Dikaliumphosphat besonders zur Feststellung der Absorptionsfähigkeit des Bodens für Salze, indem seine Bestandteile im allgemeinen in dem im Salze vorhandenen Verhältnis vom Boden gebunden werden.

Je 100 g der obigen Böden wurden in Porzellanschalen gegeben und mit 50 ccm Dikaliumphosphatlösung, die 10 g des Salzes im Liter enthielt, und etwas Wasser zu einem dünnen Brei verrührt und bei 20—30° eintrocknen gelassen. Nach dem ersten Eintrocknen wurden nochmals 30—50 ccm destilliertes Wasser zugesetzt und dieses ebenfalls verdunsten gelassen. Sobald die Böden lufttrocken geworden waren, wurden sie möglichst zerkleinert, auf ein Filter gespült und mit 1 l Wasser ausgewaschen.

Die bei der Elektrolyse des Bodens erhaltene Flüssigkeit wurde genau in der früheren Weise eingedampft, der Rückstand geglüht, die Kieselsäure und die Tonteilehen abgeschieden und in der einen Hälfte des Filtrates das Kali, in der anderen die Phosphorsäure bestimmt. Dabei ergaben sich unter Zugrundelegung der früheren Berechnungsweise nachstehende Beziehungen:

Nähere Angaben:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sand- boden mg	Lehmiger Sand- boden mg	Lehm- boden mg	Kalk- boden mg	Tonboden mg	Schiefer- boden mg
Organische Stoffe	88,0	95,5	182,0	370,0	145,0	162,0
Salze	197,0	266,0	378,0	1280,0	652,0	487,0

Nähere Angaben:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sand- boden mg	Lehmiger Sand- boden mg	Lehm- boden mg	Kalk- boden mg	Tonboden mg	Schiefer- boden mg

Kali.

Nach dem Auswaschen mit Wasser noch absorbiert	103,4	114,8	157,4	147,6	191,0	156,6
Durch den elektr. Strom gelöst . . .	88,9	113,4	150,2	132,1	214,1	180,0

Phosphorsäure.

Nach dem Auswaschen mit Wasser noch absorbiert	75,4	85,6	102,6	138,8	152,0	146,6
Durch den elektr. Strom gelöst . . .	68,0	76,7	88,4	34,6	102,9	90,4

Aus diesem Versuche kann man schließen, daß durch den elektrischen Strom wesentlich nur die leicht löslichen bzw. kolloidal gebundenen Mineralstoffe gelöst werden.

3. Vergleichung der drei Lösungsverfahren.

Wie schon gesagt, besitzen wir in den drei Verfahren: Dämpfen des Bodens mit Wasser bei 5 Atm., Oxydation desselben mit Wasserstoffsuperoxyd und Behandlung mit einem starken elektrischen Gleichstrom Mittel, um den leicht löslichen Anteil der Pflanzennährstoffe zu bestimmen. Dieses erhellt am besten aus folgender vergleichenden Zusammenstellung bei den des öfteren erwähnten sechs Versuchsböden.

Die Böden sind in den Jahren 1904—1909 sechsmal mit Wasser gedämpft und in den Jahren 1906—1909 dreimal mit Wasserstoffsuperoxyd behandelt worden. Es möge daher aus diesen Einzeluntersuchungen das Mittel genommen werden, weil sie unter sich gut übereinstimmen. Im Jahre 1909 erhielten die Böden eine Stallmistdüngung und wurden im folgenden Jahre für die Untersuchung mit dem elektrischen Strom verwendet. Gleichzeitig wurden sie aufs neue gedämpft, um zu sehen, welchen Einfluß die Düngung und der durch sie erhöhte Humusgehalt ausübten, und um auch einen direkten Vergleich mit den durch die elektrische Bodenbehandlung gewonnenen Werten zu ermöglichen.

Hiernach zeigen die gelösten Mengen folgende Beziehungen:

Behandlung:	I.	II.	III.	IV.	V.	IV.
	Sand- boden mg	Lehmiger Sand- boden mg	Lehm- boden mg	Kalk- boden mg	Schiefer- boden mg	Tonboden mg

Kali.

Gelöst durch:

1. Oxydation	5,3	8,5	3,9	6,1	8,8	4,8
2. a) Dämpfen	4,3	8,6	5,6	5,3	10,6	6,0
b) Desgl. nach der Stallmistdüngung	9,9	9,0	5,5	13,0	13,1	12,0
3. a) Den elektrischen Strom bis zur Erschöpfung	17,8	17,0	24,4	19,2	38,1	20,2
b) Desgl. bei einmaliger Einwirkung	12,6	11,3	9,1	15,1	18,0	10,6

Phosphorsäure.

1. Oxydation	10,3	8,4	7,2	4,4	1,9	2,3
2. a) Dämpfen	8,1	6,0	7,3	2,0	1,8	4,4
b) Desgl. nach der Stallmistdüngung	14,8	8,8	6,9	3,3	2,3	5,5
3. a) Den elektrischen Strom bis zur Erschöpfung	36,2	20,1	17,0	6,7	4,0	5,3
b) Desgl. bei einmaliger Erschöpfung	14,5	6,3	6,1	1,5	0,8	1,0

Kalk.

1. Oxydation	50,1	81,8	182,6	300,7	64,1	43,9
2. Dämpfen	31,6	41,5	89,6	137,6	70,1	53,8
3. Erschöpfende elektrische Behandlung	34,0	72,0	106,0	244,0	118,0	104,0

Die Durchschnittswerte für Dämpfen und Oxydation sind auch hier wieder nahezu gleich, soweit das Kali in Betracht kommt. Bei der Phosphorsäure wird durch Oxydation im allgemeinen

etwas mehr gelöst. Nach der Stallmistdüngung sind durch Dämpfen die gelösten Mengen durchgehends höher geworden. Insbesondere haben der Sand-, Kalk- und Schieferboden eine Verbesserung erfah-

ren und daher die doppelte Menge Kali und Phosphorsäure gegen vorher abgegeben. Die durch den elektrischen Strom bis zur Erschöpfung des Bodens erhaltenen Werte sind durchgängig viel höher, als es sich schon bei der Behandlung der vier neuen Böden zeigte. Hier erreicht der Unterschied das Zwei- bis Vierfache der anderen Verfahren. Bei nur einmaliger Behandlung mit dem elektrischen Strom wird etwa nur die Hälfte derjenigen Menge gelöst, welche die erschöpfende Behandlung ergab. Diese Werte nähern sich den nach den beiden anderen Verfahren erhaltenen Werten. Für die prak-

tische Verwendung würde also eine einmalige Behandlung mit dem elektrischen Strom ausreichen.

Bei Kalk treten naturgemäß viel größere Unterschiede hervor, weil die Böden im Kalkgehalt sehr verschieden sind.

Ähnliche Verhältnisse wie hier bei natürlichen Böden stellten sich bei den mit Dikaliumphosphat behandelten Böden heraus.

Von den absorbierten Mengen wurden durch die drei Verfahren wieder gelöst:

Gelöst durch:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sandboden mg	Lehmiger Sandboden mg	Lehm-boden mg	Kalk-boden mg	Tonboden mg	Schieferboden mg
Kali.						
1. Oxydation	71,6	68,2	57,8	37,2	41,0	25,5
2. Dämpfen	92,0	99,4	83,2	88,2	56,5	91,9
3. den elektrischen Strom	88,9	113,4	150,2	132,1	214,1	180,0
Phosphorsäure.						
1. Oxydation	74,6	34,8	41,6	6,8	12,8	9,9
2. Dämpfen	50,4	41,4	38,4	5,9	18,6	17,6
3. Durch den elektrischen Strom	68,0	76,7	88,4	34,6	102,9	90,4

Diese Zahlen können aber nicht direkt miteinander verglichen werden, weil die absorbierten Mengen Kali und Phosphorsäure in den Böden für die drei Versuchsreihen verschieden waren. Die Be-

ziehungen können daher nur prozentual zu den vorher absorbierten Mengen verglichen werden und gestalten sich dann folgendermaßen:

Gelöst durch:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Sandboden %	Lehmiger Sandboden %	Lehm-boden %	Kalk-boden %	Tonboden %	Schieferboden %
Kali.						
1. Oxydation	77,2	66,9	38,5	27,6	22,1	17,4
2. Dämpfen	60,0	56,4	40,2	41,8	25,9	46,2
3. Den elektrischen Strom	86,0	98,8	95,4	89,5	112,1	114,8
Phosphorsäure.						
1. Oxydation	100,0	39,9	38,7	4,6	8,6	7,1
2. Dämpfen	33,1	22,8	21,5	3,0	9,5	9,0
3. Den elektrischen Strom	90,2	89,6	86,2	24,9	67,7	61,7

Hiernach läßt sich an Kali durch Dämpfen nur etwa ein Drittel bis die Hälfte, durch Oxydation je nach dem Gehalte der Böden an Humuskolloiden bis zu Dreiviertel (Sandboden) der absorbierten Nährstoffe wieder gewinnen, durch den elektrischen Strom dagegen fast die ganze Menge. Etwas anders liegt der Fall bei der Phosphorsäure. Diese ist so fest gebunden, daß die elektrische Behandlung nur bei den drei ersten Böden fast die ganze absorbierte Menge zurückzugewinnen vermag, beim Kalkboden nur ein Viertel, bei den zwei letzten Böden nur zwei Drittel.

Die beiden anderen Verfahren unterscheiden sich insofern wesentlich voneinander, als die komplexen Phosphorverbindungen (Humate) durch Oxydation in Lösung gehen, durch Dämpfen sich

jedoch nicht so beeinflussen lassen. Daher wurde beim Sandboden durch Wasserstoffsuperoxyd alle Phosphorsäure wieder gewonnen, bei dem Lehm-boden nur ein Drittel, während das Dämpfen bei diesen drei Böden viel weniger lieferte. Aus den drei letzten Böden konnten beide Verfahren kaum 9% und weniger lösen.

Bei allen drei Verfahren übten die Humuskolloide ohne Zweifel einen bedeutenden Einfluß auf die Löslichkeit der Nährstoffe aus. Man würde demnach noch vollkommenere Beziehungen erhalten, wenn die Böden mit einer ihrer Absorptionskraft entsprechenden Nährlösung eingetrocknet und ohne Auswaschen gleich nach den verschiedenen Verfahren behandelt würden, weil dadurch der Humus überall gleichmäßig erhalten bliebe. Diese

neue Behandlung soll einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Die vorstehenden drei Verfahren haben für die Beurteilung der Fruchtbarkeit der Ackerböden insofern eine Bedeutung, als die durch sie angezeigten löslichen Nährstoffe in einer gewissen Beziehung zu den durch die Pflanzen aufgenommenen Mengen Nährstoffe stehen. Wenigstens hat sich für das Kali herausgestellt, daß die durch Dämpfen und Oxydation sich lösenden und für eine 20 cm tiefe Bodenschicht sich berechnenden absoluten Mengen Kali fast gleich sind den Mengen, welche von den Pflanzen aus den Böden aufgenommen werden. Die auf elektrischem Wege gefundenen Werte waren bei einmaliger Stromeinwirkung nur wenig höher als bei den beiden anderen Verfahren; durch die erschöpfende elektrische Behandlung wurden die doppelten Mengen gelöst. Die einmalige elektrische Behandlung scheint daher auch für letzteren Zweck am richtigsten zu sein.

[A. 175.]

Die Zusammensetzung von Steingutmassen und ihre Beziehungen zu wissenschaftlichen Ergebnissen.

Von Dr. H. HARKORT, Driesen (Ostbahn).

(Eingeg. 27./9. 1911.)

Es ist anzunehmen, daß das Interesse, das man der Fabrikation des Steingutes entgegenbringt, kein allzu verbreitetes ist. Dieses Interesse verdient aber ein allgemeineres zu werden, weil die merkwürdige Tatsache besteht, daß hier ein Gebiet ist, das sich kaum, und teilweise gar nicht, von moderner wissenschaftlicher Durcharbeitung hat beeinflussen lassen. Bedenkt man, wie weitgehende chemische und allgemein technische Produktionsweisen durchforscht sind, wie dadurch eine Klärung aller Einzelheiten erreicht wurde, und so einmal die Darstellungsweisen vereinfacht und gesichert und ferner Mittel gefunden wurden, den ganzen Gang eines Betriebes zu überwachen, bedenkt man, zu welcher, nur auf diese Weise zu erlangenden Vollkommenheit sowohl rein chemische Techniken, wie z. B. die Fabrikation organischer Farbstoffe, wie auch mehrere wissenschaftliche Gebiete berührende Techniken, etwa die Metallurgie, gelangt sind, so muß es allerdings wundernehmen, in welchem Zustande in dieser Hinsicht die Steingutindustrie sich befindet.

Zur Erklärung dieses Umstandes wären zunächst etwa zwei Fragen aufzuwerfen: Sind die durch die Steingutindustrie geschaffenen Werte derartig unbedeutend, daß eine wissenschaftliche Bearbeitung von vornherein unlohnend erschiene? Abgesehen davon, daß in Deutschland ungefähr 40 Betriebe mit einer jährlichen Produktion von vielleicht 30 Mill. Mark bestehen, ist in vielen Fällen nicht nach der praktischen finanziellen Bedeutung gefragt worden. Diese Bedeutung trat vielmehr nach Förderung wissenschaftlicher Resultate zutage. Zudem hat auf diesem Gebiete die wissenschaftliche Arbeit längst begonnen, sie ist nur nicht von der Technik verwertet worden, und so hat es an speziellen Anregungen ihrerseits gefehlt.

Oder sind etwa die Fabrikationsvorgänge derart einfache, daß die Praxis aller Schwierigkeiten bereits Herr geworden ist, daß also, wenn auch die Erklärung der technischen Vorgänge interessant erschiene, ein Gewinn für die Fabrikation nicht zu erwarten ist? Hier liegt das Rätselhafte des ganzen Zustandes, denn es gibt wohl nur wenige Betriebe, die nicht dauernd mit technischen Schwierigkeiten zu kämpfen haben, und die Werte, die dadurch verloren gehen, daß einmal gewisse Fehler immer wieder auftreten, also noch nicht prinzipiell geklärt sind und andererseits aus Mangel an allgemeiner Klärung teure, meist noch mit hohen Transportkosten belastete Rohmaterialien statt solcher verarbeitet werden, die billiger sind und bequemer liegen, sind ganz bedeutende. Es sind dies Rückständigkeitsfragen, die dem Fabrikanten angehen, wir werden aber sehen, daß durch sie auch sehr stark die Qualitätsfrage berührt wird, die also die Allgemeinheit angeht.

Es seien nun zunächst die Eigenschaften des Hauptrohmaterials, der Tone, erwähnt, dann die Erfordernisse, die der Gang der Fabrikation an die aus sie kombinierte Masse stellt, und endlich die Ansprüche genannt, die an das fertige Fabrikat gestellt werden, um im einzelnen das Verhältnis der Praxis zu den wissenschaftlichen Resultaten darzulegen. Man muß von vornherein annehmen, daß die Tone vom Gesichtspunkte eines gleichmäßigen Betriebes und allgemein anwendbarer Regeln ihrer Verarbeitung aus erhebliche Schwierigkeiten bereiten, da einmal unendliche Variationen in bezug auf Zusammensetzung und Eigenschaften, je nach der örtlichen Lage der Tonlager vorhanden sind, und ferner in einem gegebenen Lager die Tone sich mit den Schichten ändern. Ist es daher gelungen, mit gegebenen Tonen brauchbare Massekompositionen herzustellen, so wäre die erste Anforderung, eine Kontrolle über diese Tone auszuüben, die in Form der chemischen, der rationellen und der Schlämmanalyse als längst bewährte Methoden auf der Hand liegt. Von 40 Betrieben werden vielleicht 5 eine Kontrolle in irgendeiner Weise ausüben, und die Betriebsleiter der übrigen werden kaum wissen, was eine rationelle Analyse ist. Daraus folgt, daß bei einer eingetretenen Änderung eines Tones die entstehenden Fehler erst im Laufe der Fabrikation oder gar erst am Fertigfabrikat entdeckt werden, wenn also bereits längere Zeit die fehlerhafte Masse hergestellt und verarbeitet wurde, und daß in den meisten Fällen die eigentliche Ursache nicht erkannt, sondern oft monatelang wahllos geändert wird, um endlich zu dem früheren Zustand zurückzukehren, ohne aber dabei über die eigentliche Ursache des Übels ins Klare gekommen zu sein. Noch bedenklicher gestaltet sich die Situation, wenn es sich um Herstellung von Massen aus bisher nicht verwandten Tonen handelt. Nicht die chemische und physikalische Natur der Tone wird studiert, die einzigen Direktiven bilden roh ausgeführte Brennproben und geheimnisvolle Rezepte, und wenn schließlich meist zufällig, nur nicht auf dem Wege systematischen, vernünftigen Vorgehens und unter Berücksichtigung allgemein gültiger Regeln, anscheinend brauchbare Massekompositionen gewonnen sind, und diese dann in den Betrieb aufgenommen werden, so stellen sie unter Umständen