

703

mll

# Untersuchungen über Vereinfachungsmöglichkeiten bei der Bestimmung des Kalkbedarfes der Böden

Von der Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig  
zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen  
Wissenschaften genehmigte Dissertation

Vorgelegt von  
Diplom-Landwirt Friedrich Witte

Referent: Prof. Dr. O. E. Heuser.  
Korreferent: Prof. Dr. E. Glimm.

Tag der Promotion: 24. Mai 1932.





Untersuchungen  
über Vereinfachungsmöglichkeiten  
bei der  
Bestimmung des Kalkbedarfes  
der Böden

Von der Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig  
zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen  
Wissenschaften genehmigte Dissertation

Vorgelegt von

Diplom-Landwirt Friedrich Witte

Referent: Prof. Dr. O. E. Heuser.

Korreferent: Prof. Dr. E. Glimm.

Tag der Promotion: 24. Mai 1932.

II 38443



Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Pflanzenernährung,  
Düngung und Bodenkunde“, Teil A, 28. Band, Heft 1/2, 1933.

---

Druck von G. Reichardt, Grotzsch (Bez. Leipzig)

B-ka GPG  
D/G-971/57



---

## Inhalt.

Das Bodenmaterial. — Die Bestimmung des Kalkbedarfes nach Hissink-Gehring-Wehrmann im Vergleich mit Feldversuchen und der  $pH$ -Zahl. — Die Bestimmung des Basensättigungszustandes nach Kappen und die Bedeutung der hydrolytischen Azidität im Rahmen der Untersuchungen. — Die Bestimmung der Höchstadsorption unter Verwendung der Beziehungen zwischen Benetzungswärme und abschlämmbaren Teilchen sowie der inneren Bodenoberfläche. — Vergleichende Untersuchungen an einem Feldversuch in Praust. — Die Anwendung der vereinfachten Methode in den Betrieben Koliebkén und Schwarzenfelde. — Zusammenfassung.

### Das Bodenmaterial.

Das Bodenmaterial entstammte mit Ausnahme von Boden Nr. 65 den ehemals preußischen Teilgebieten der Provinz Westpreußen und Posen, die heute zum Gebiet der Freien Stadt Danzig bzw. der Republik Polen gehören. Neben den Böden von Felddüngungsversuchen mit Kalk wurden vorzugsweise solche ausgewählt, deren Reaktion zwischen  $pH$  6 und  $pH$  7 schwankte. Unter ihnen befanden sich schwerste Niederungsböden des Danziger Werders und daneben leichteste Sandböden. Eine kurze Beschreibung der Böden sowie die Herkunftsorte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Bestimmung des Kalkbedarfes nach Hissink-Gehring-Wehrmann im Vergleich mit Feldversuchen und der  $pH$ -Zahl.

Bei den Böden 1—24, die den ungedüngten Teilstücken von Felddüngungsversuchen mit Kalk entnommen waren, wurde die Bestimmung des Kalkbedürfnisses der Böden nach der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann ausgeführt. Zunächst wurde der austauschfähige Kalk nach Hissink (1, 2, 3, 4) bestimmt. Darauf erfolgte die Bestimmung der Höchstadsorption für Kalk nach Gehring-Wehrmann (5). Die Bezeichnungen Hissinks S, T, V wurden auf alle in dieser Arbeit vorkommenden Methoden sinngemäß übertragen, um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen.

In Tabelle 2 sind die Untersuchungsergebnisse nach der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann mit den Ergebnissen der betreffenden Feldversuche und mit der  $pH$ -Zahl der Böden verglichen worden. Leider erlitten einige Feldversuche Schäden, die eine versuchsmäßige Aberntung nicht zuließen, so daß nur bei 19 Böden Vergleichsmöglichkeiten gegeben waren.



Tabelle 1.

Boden Nr.	Herkunfts-		Bodenart	Boden Nr.	Herkunfts-		Bodenart
	Ort	Gebiet			Ort	Gebiet	
1	Gr. Montau	Danziger Werder	milder Lehm	53	Berent	Nordpommernellen	stark lehmiger Sand
2	Fürstenwerder		schwerer Lehm	54	Niedamowo		lehmiger Sand
3	"		milder Lehm	55	Graban		" "
4	"		schluffiger Lehm	56	Barkocin		" "
5	"		schwerer Lehm	57	Mindestfelde		" "
6	Küchwerder		milder Lehm	58	Barkocin		" "
7	Fürstenwerder	Danzig	"	59	Graban	" "	
8	"		schwerer Lehm	60	Mindestfelde	" "	
9	"		"	61	Ladekopp	Weichsel-delta	schwerer Lehm
10	Ladekopp		"	62	Steegen. Werder		lehmiger Sand
11	Schönhorst		milder Lehm	63	Junkertroyl		sandiger Lehm
12	Palschau		"	64	"		lehmiger Sand
13	"	schwerer Lehm	55	Wetterschlick	Nähe Bonn	reiner Ton	
14	Neukirch	humoser Lehm					
15	"	milder Lehm					
16	"	schluffiger Lehm					
17	"	leichter Lehm					
18	Schönhorst	leichter Lehm					66
19	Schönau	milder schluff. Lehm	67	Praust	" "		
20	Stadtfelde	milder Lehm	68	"	" "		
21	Altweichsel	milder dunkler Lehm	69	"	lehmiger Sand		
22	Kunzendorf	sehr schwerer Lehm	70	"	milder Lehm		
23	Biesterfelde	schwerer Lehm	71	Koliebken	lehmiger Sand		
24	Kunzendorf	milder Lehm	72	"	anmooriger Sand		
25	Klein-Lichtenau	schwerer Lehm	73	"	humoser Sand		
26	"	"	74	"	milder Lehm		
27	Damerau	sehr schwerer Lehm	75	"	sandiger Lehm		
28	Liessau	humoser Lehm	76	"	merg. kiesiger Sand		
29	"	"	77	"	sandiger Lehm		
30	Krzyżanki	Kreis Großer Werder	tonig. Wiesenboden	78	"	schwach lehm. Sand	
31	Ciolkowo		humoser lehm. Sand	79	"	milder Lehm	
32	Krzyżanki		sehr toniger Sand	80	"	sandiger Lehm	
33	"		Grundwasserboden	81	"	Sand	
34	Zmyslowo		leichter Sand	82	"	milder Lehm	
35	Osekowiec		humoser Walboden	83	"	lehmiger Sand	
36	Zmyslowo		schwach lehm. Sand	84	"	"	
37	Gostkowo		lehmiger Sand	85	"	sandig. kiesig. Mergel	
38	Ciolkowo		leichter Sand	86	"	sandiger Lehm	
39	Zmyslowo		"	87	"	mergelig kies. Lehm	
40	Osekowiec		sehr leichter Sand	88	"	milder lehm. Sand	
41	Siedlice		leichter Sand	89	"	sandiger Lehm	
42	Krzyżanki	Lehm mit Sanddecke	90	"	sehr mild. lehm. Sand		
43	"	sandiger Lehm	91	"	sandiger Lehm		
44	Luben	Westposen	stark lehmiger Sand	92	Mielenz	schwerer Lehm	
45	Niedamowo		lehmiger Sand	93	"	" "	
46	Luben		"	94	"	" "	
47	Berent		"	95	"	" "	
48	"		"	96	Käsemark	" "	
49	"		"	97	"	" "	
50	Kulamühle		"	98	"	" "	
51	"		"	99	"	" "	
52	Bendomin		"	100	"	" "	
	"		"	101	"	" "	



Tabelle 1 (Fortsetzung).

Boden Nr.	Herkunfts-		Bodenart	Boden Nr.	Herkunfts-		Bodenart	
	Ort	Gebiet			Ort	Gebiet		
102	Domäne Schwarzenfelde	Kreis Danziger Höhe	Sand	116	Domäne Schwarzenfelde	Kreis Danz. Höhe	lehmyger Sand	
103	" "		lehmyger Sand	117	" "		" "	" "
104	" "		kalkführ. Untergr.	118	" "		" "	anmooriger Sand
105	" "		Sand				sandig. Moorboden	
106	" "		humoser Sand	119	Hofleben	Städtspom- merellen	schwach lehm. Sand	
107	" "		Sand	120	" "			lehmyger Sand
108	" "		rostbr. lehm. Sand	121	Niemczyk			Sand
109	" "		schwarz. hum. Sand					
110	" "		lehmyger Sand	122	Versuchsgut	Kreis Danzig. Höhe	milder sandig. Lehm	
111	" "		" Sand "	123	Praust			
112	" "		" Sand "	124	" "			" "
113	" "		rostbr. lehm. Sand	125	" "			" "
114	" "		lehmyger Sand	126	" "			" "
115	" "		" "	127	" "			" "

Nach Gehring (6) ist eine 70%ige Absättigung erstrebenswert und ausreichend. Somit wären also nur die Böden Nr. 24, 20, 12 und allenfalls noch Nr. 18 ausreichend mit Kalk versorgt. Alle übrigen Böden mußten demnach eine Kalkdüngung mit Mehrerträgen beantworten. Wie die Gegenüberstellung in Tabelle 2 erkennen läßt, wurde eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Feldversuche und den Laboratoriumsuntersuchungen erzielt. Nur die Böden Nr. 4, 19 und 23 mit Mindererträgen und Boden Nr. 12 mit Mehrerträgen durch Kalkdüngung wurden den gehegten Erwartungen nicht gerecht. Das unsichere Ergebnis bei Boden Nr. 23 erklärt sich vielleicht daraus, daß sein Sättigungszustand mit 65,6% ziemlich nahe an der 70%-Grenze liegt.

Dieser Vergleich zwischen Feld- und Laboratoriumsversuchen zeigt eine Übereinstimmung von 73,7%. Damit wäre eine Genauigkeit erreicht, wie sie wohl kaum eine andere Methode auf diesem Gebiet aufzuweisen hat. Diese Methode bestimmt allerdings nur den austauschfähigen Kalk, nicht aber alle übrigen Basen. Ein weiterer Nachteil sind die Umständlichkeit und die hohen Kosten. So wurden bei jeder Bodenprobe infolge mehrfacher Parallelbestimmungen nicht weniger als 16 Einzelbestimmungen ausgeführt, die an Zeit, Laboratoriumsausstattung und -raum erhebliche Ansprüche stellen.

Im Gegensatz hierzu ist die kolorimetrische Schnellbestimmung der  $pH$ -Zahl nach Kühn (7) mit Hilfe von kolloidklärendem „BaSO<sub>4</sub> pro Röntgen“ und geeigneten Indikatoren in weit kürzerer Zeit und mit geringeren Kosten auszuführen. Kühn erzielte zusammen mit Scherf (7) im Vergleich zu anderen  $pH$ -Bestimmungsmethoden sehr brauchbare Ergebnisse. Aus der ermittelten  $pH$ -Zahl werden Schlüsse auf den Kalkbedarf der Böden gezogen.



Tabelle 2.

Der Kalksättigungszustand nach Hissink-Gehring-Wehrmann im Vergleich mit Feldversuchsergebnissen und der pH-Zahl.

Boden Nr.	S	T	V %	Erträge mit einer Gabe von 20 dz/ha CaO (ungedüngt = 100) in Form von		Reaktion pH
	in g CaO/100 g Boden			CaCO <sub>3</sub>	CaO	
1	0,4952	0,8528	58,0	121,6	119,9	5,8
2	0,3776	0,7686	49,1	103,7		5,8
3	0,4452	0,7742	57,5	104,5	102,7	5,7
4	0,4680	0,7321	63,9	96,3	nicht geerntet	5,5
5	0,3638	0,6956	52,3		nicht geerntet	5,5
6	0,2533	0,6143	41,2		”	5,8
7	0,3100	0,7658	40,6	108,3	110,4	5,8
8	0,3592	0,7658	46,9		111,9	5,8
9	0,5312	0,9088	58,5	103,7		5,3
10	0,5388	0,8583	62,8	104,6	101,4	6,2
11	0,5292	0,8331	63,5	103,6	98,2	5,2
12	0,7292	0,9930	73,4	108,7	111,9	5,6
13	0,6240	0,9088	68,7		nicht geerntet	6,5
14	0,4576	0,8359	54,7	106,8	(Mergel 109,9)	5,9
15	0,4988	0,9565	52,1	101,1	105,9	5,1
16	0,7340	1,1501	63,8	112,7	107,9	5,7
17	0,3056	0,5198	58,9		nicht geerntet	5,3
18	0,5148	0,7433	69,3		106,7	6,4
19	0,5024	0,8359	60,1	94,8	96,7	7,4
20	0,7576	0,9285	81,6	98,3	98,2	
21	0,8664	1,3520	64,1		nicht geerntet	5,7
22	0,6816	1,1192	60,9	101,9	105,1	6,5
23	0,2504	0,3815	65,6	99,8	101,9	6,6
24	0,6564	0,7209	91,1	92,4	86,8	7,4

Auf Grund von empirischen Feststellungen hält man eine Reaktion von pH 6,4 auch für anspruchsvolle Feldfrüchte für ausreichend. In der Tabelle 2 ist auch die pH-Zahl den Ergebnissen der Feldversuche gegenübergestellt worden. Bezeichnet man alle Böden in Tabelle 2 mit weniger als pH 6,4 als „kalkbedürftig“, dann ist die Übereinstimmung zwischen der im Laboratorium gefundenen pH-Zahl und Feldversuch genau so gut wie zwischen Feldversuch und der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann, während die pH-Zahl zu der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann oft im Widerspruch steht. Roemer (8) hat darauf hingewiesen, daß außerordentliche Schwankungen bei der pH-Bestimmung auftreten können. Er hält Durchschnittsproben eines ganzen Schrages für überflüssig und wertlos. Noch stärkere Bedenken bringen S. Goy und O. Roos (9) zum Ausdruck. Hier scheint es sich jedoch nur um die Fehlermöglichkeiten zu handeln, auf die Kühn (7) selbst hingewiesen hat und die nach seiner Meinung vermieden werden können. Immerhin läßt die mangelnde Sicherheit es gewagt erscheinen, allein auf der pH-Zahl ein Urteil über die Kalkbedürftigkeit der Böden aufzubauen.



Die Bestimmung des Basensättigungszustandes nach Kappen und die Bedeutung der hydrolytischen Azidität im Rahmen der Untersuchungen.

Eine andere Methode für die Bestimmung des Kalkbedarfs, die auch durch ihre Einfachheit auffällt und erfolgversprechender ist, schlägt H. Kappen (4) vor. Dieser bestimmt zunächst die „absolute Neutralisationskraft gegen Säure“, die mit S bezeichnet werden soll, dann die „hydrolytische Azidität der Böden“, die als Maßstab für das Basenbindungsvermögen benutzt wird, und schließlich die Höchstadsorption T indirekt durch Addition beider Werte.

Die absolute Neutralisationskraft gegen Säure erhält Kappen auf folgende Weise: 50 g lufttrockener Boden werden mit 200 ccm einer etwa n/10 Salzsäure eine Stunde in mit Glasstopfen verschlossenen Glasflaschen geschüttelt. Anschließend wird sofort filtriert. Dann wird unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator gegen n/10 Natronlauge titriert. Aus dem Laugenverbrauch wird die aus dem Bodenkomplex verdrängte vorher adsorbierte Basensumme errechnet und in g CaO je 100 g Boden ausgedrückt.

Zur Bestimmung der hydrolytischen Azidität wurden in vorliegender Arbeit 40 g lufttrockener Boden mit 100 ccm einer molaren Kalziumazetat-Lösung in der eben geschilderten Weise behandelt. Die Titrationswerte wurden dann mit dem Faktor 3 multipliziert, um „eine Art von hydrolytischer Gesamtazidität“ (4) zu erhalten. Dieser T—S genannte Wert ergibt dann zu S addiert den Wert für T. Der Sättigungszustand wird nun nach der Formel  $V = \frac{100 S}{T}$  berechnet.

Vergleichende Untersuchungen von Kutschinsky (10) ergaben eine starke Annäherung zwischen den nach Kappen und den nach Gehring erhaltenen Werten. Nimmt man eine gleichgroße Genauigkeit der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann und Kappen an, so wäre der Methode Kappen wegen ihrer sehr viel schnelleren Durchführbarkeit unbedingt der Vorzug zu geben. Außerdem vermeidet diese Methode die Anwendung von heißen Lösungen oder sonstigen Erhitzungen des tätigen Bodens, die sehr leicht unerwünschte Vorgänge hervorrufen können. Der S-Wert nach Kappen ist dem nach Hissink dadurch überlegen, daß er nicht nur den austauschfähigen Kalk, sondern alle austauschfähigen Basen in einer Bestimmung berücksichtigt. Man kann also auf Grund von Hissinks Feststellungen (2) für S etwa 21—24% höhere Zahlen erwarten. Wenn dieser Unterschied bei Kutschinsky nicht zutage trat, so lag das daran, daß er an die Hissinksche S-Bestimmung für Ca-Basen noch die für Magnesium-Basen anfügte. Der Wert für T—S scheint bei der Methode Kappen eine große Fehlermöglichkeit in sich zu bergen. Kappen (4) stellte bei seinen Versuchen über die Schütteldauer bei der Bestimmung der hydrolytischen Azidität fest, daß selbst nach 24stündigem Schütteln der Höchstwert noch nicht erreicht war. Die Festsetzung der Schütteldauer auf eine Stunde nach Kappen muß also notgedrungen zu gewissen Fehlern führen. Nach den Beobachtungen des Instituts für Bodenkunde in Landsberg (11) lieferte die Beurteilung nach der hydrolytischen Azidität



auf leichten Böden gute Ergebnisse, auf schweren dagegen nicht. Kutschinsky hat die erwähnte gute Übereinstimmung zwischen beiden genannten Methoden an sauren Mineralböden festgestellt. Die vom Verfasser ermittelten Ergebnisse nach Kappen, die in Tabelle 3 enthalten sind, beziehen sich auch auf zahlreiche neutrale und alkalische Böden. Auch bei deutlich alkalischen Böden wie Nr. 79, 82, 85, 87, 93, 94, 95 und 104 wurde jedoch eine schwache hydrolytische Azidität festgestellt. Die Verbesserungsvorschläge nach Rhode (3) können wegen der Anwendung einer auf 80° erhitzten Kalziumazetatlösung nicht gutgeheißen werden.

Die Bestimmung der Höchstadsorption unter Verwendung der Beziehungen zwischen Benetzungswärme und abschlämmbaren Teilchen sowie der inneren Bodenoberfläche.

Vor Kappen hatte bereits D. J. Hissink (2) eine erste indirekte Methode zur Bestimmung der Höchstadsorption herausgebracht. Er ging von der Erwägung aus, daß die für die landwirtschaftliche Betrachtung in erster Linie in Frage kommenden austauschfähigen Basen der Oberfläche der kleinsten Bodenteilchen anhaften und daß demzufolge auch zwischen dem „Adsorptionsvermögen“, also der überhaupt möglichen Höchstadsorption, und der „Tonsubstanz“ ein Zusammenhang (1, 2) bestehen müsse. Er bestimmte die abschlämmbaren Teilchen von 0,02 mm und darunter, um zu versuchen, daraus einen Anhaltspunkt für die Höchstadsorption zu bekommen. Eine hierzu nötige mechanische Bodenanalyse ist aber zeitraubend. Außerdem hängen die Ergebnisse weitgehend von der Vorbehandlung des Bodens ab. An die Gedankengänge Hissinks anknüpfend, glaubt Janert (12), daß ein konstantes Verhältnis zwischen dem Prozentsatz der abschlämmbaren Teilchen und der Benetzungswärme (wb) (12, 13) bestehen müsse. Dieses Verhältnis gibt er mit 11:1 an (12), wobei er die Benetzungswärme in cal je g Boden ausdrückt. Durch einige beachtliche Abweichungen bei schweren Böden (12) ließ er sich nicht beeinflussen. Nun hätte gefolgert werden müssen, daß innerhalb einer bestimmten Gewichtsmenge abschlämmbarer Teilchen bei den verschiedensten Bodenarten die Anzahl, Körnchengröße und Oberfläche der Teilchen ebenfalls konstant sei. Diesen Gedanken Hissinks und Janerts wurde an Hand von hier verfügbaren Böden erneut nachgegangen.

Die Vorarbeiten für die Schlämmanalysen geschahen auf folgende Weise: Zu 20 g Boden wurden 120 ccm destilliertes Wasser getan und in einer großen Porzellanschale eine Stunde mäßig gekocht. Hierbei wurde 30 Minuten mit einem Gummipistill gerieben und als Ersatz für verdampftes Wasser ständig destilliertes Wasser hinzugegeben. Um hinderliche Humuswirkungen beim Schlämmen auszuschalten, wurde mit Beginn des Erhitzens mittewährend des Kochens und unmittelbar nach dem Sieden je 1 ccm Perhydrol, 30 %iges Wasserstoffperoxyd, hinzugesetzt. Nach dem ersten Kubikzentimeter Perhydrol wurde wegen der stärkeren, zum Teil durch die Oxydation des Humus bedingten Schaumbildung besonders schwach gekocht. Das Schlämmen selbst wurde im Atterbergschen (14) Schlämmszylinder durchgeführt.



Tabelle 3.

Bestimmung des Sättigungszustandes nach Kappen aus dem Gesamtbasengehalt und der hydrolytischen Azidität.

Boden Nr.	S	T-S	T	V	PH
	in g CaO je 100 g Boden			%	
45	0,1255	0,1262	0,2517	49,9	6,4
46	0,0593	0,1963	0,2556	23,2	6,2
47	0,1423	0,1075	0,2498	57,0	6,4
48	0,1759	0,1355	0,3114	56,5	6,6
49	0,2040	0,1075	0,3115	65,3	6,9
50	0,1268	0,1262	0,253	50,1	6,5
51	0,0802	0,1823	0,2625	30,6	6,0
52	0,1899	0,1122	0,3021	62,9	6,6
53	0,2005	0,1215	0,322	55,5	6,3
54	0,1302	0,0888	0,219	59,5	6,2
55	0,1168	0,1729	0,2897	40,3	6,1
56	0,1037	0,1636	0,2673	38,8	5,6
57	0,2274	0,1466	0,374	60,8	6,3
58	0,0914	0,215	0,3063	29,8	5,6
59	0,0703	0,1916	0,2619	26,8	5,4
60	0,1401	0,1963	0,3364	41,6	5,7
61	0,308	0,3225	0,6304	48,8	5,6
62	0,0903	0,1402	0,2305	39,2	5,8
63	0,6725	0,0654	0,7379	91,1	7,4
64	0,2039	0,0888	0,2927	69,7	6,4
65	0,0676	0,1449	0,2125	31,8	4,1
66	0,4707	0,0467	0,5175	91,1	6,6
67	0,2212	0,1449	0,3661	60,4	6,4
68	0,2337	0,1215	0,3552	65,8	6,5
69	0,0833	0,1636	0,2469	33,7	5,3
70	0,2029	0,1527	0,3556	57,1	5,8
71	0,1758	0,1343	0,3101	56,7	5,1
72	0,5149	0,1459	0,6608	77,9	6,2
73	0,144	0,1557	0,3097	46,5	5,3
74	0,1834	0,1158	0,2992	61,3	6,4
75	0,1678	0,1065	0,2743	61,2	6,2
76	0,4823	0,0509	0,5332	90,4	6,9
77	0,2833	0,0533	0,3365	84,2	6,8
78	0,1261	0,0574	0,1835	68,7	6,3
79	0,3658	0,0458	0,4116	88,9	7,4
80	0,2298	0,0509	0,2807	80,0	6,8
81	0,0637	0,1019	0,1656	38,5	5,7
82	0,7034	0,0431	0,7465	94,2	7,6
83	0,1285	0,0792	0,2077	61,9	6,4
84	0,0928	0,1102	0,203	47,7	6,2
85	1,0466	0,0255	1,0721	97,6	7,6
86	0,1418	0,0972	0,239	59,3	6,2
87	1,0691	0,0347	0,1038	96,9	7,6
88	0,3929	0,038	0,4309	91,2	7,0
89	0,2483	0,0491	0,2974	83,5	6,8
90	0,4455	0,0324	0,4779	93,2	7,1
91	0,2018	0,063	0,2647	76,2	6,4
92	0,6964	0,0607	0,7571	92	7,2
93	0,9261	0,044	0,9701	95,5	8,2
94	0,8298	0,0407	0,8705	95,3	8,2
95	0,9014	0,0532	0,9546	94,4	8,2
96	0,4618	0,1111	0,5729	80,6	5,5
97	0,4865	0,0833	0,5698	85,4	8,1
98	0,5507	0,0639	0,6146	89,6	8,1



Tabelle 3 (Fortsetzung).

Boden Nr.	S	T-S	T	V	pH
	in g CaO je 100 g Boden			%	
99	1,7878	0,0486	0,8364	94,2	8,2
100	1,0718	0,0417	1,1135	96,3	8,3
101	1,0792	0,0370	1,1162	96,7	8,3
102	0,1126	0,0833	0,1959	57,5	6,0
103	0,1287	0,1204	0,2481	51,7	5,9
104	0,8752	0,0463	0,9215	95,0	8,3
105	0,0909	0,0926	0,1835	49,5	6,0
106	0,0647	0,2579	0,3226	20,1	5,1
107	0,0835	0,0972	0,1807	46,2	6,2
108	0,1550	0,1250	0,2800	55,4	6,0
109	0,1639	0,1389	0,3028	54,1	6,2
110	0,1503	0,1134	0,2638	57,0	6,0
111	0,0878	0,0694	0,1571	55,8	6,1
112	0,0580	0,0324	0,0904	64,2	6,3
113	0,1897	0,0741	0,2638	71,9	6,0
114	0,1239	0,0491	0,1730	71,6	6,3
115	0,1686	0,0556	0,2242	75,2	6,3
116	0,1906	0,0509	0,2415	78,9	6,6
117	0,0599	0,0949	0,1548	38,7	5,7
118	0,1588	0,3704	0,5292	30,0	4,8

Die Benetzungswärme wurde unter Benutzung des Benetzungskalorimeters nach Janert (12) mit dem Beckmann-Thermometer nach der Formel:  $w_b = \frac{(0,2 B + K + W)(t_2 - t_1)}{B}$  bestimmt,  $w_b$  bedeutet dabei die Benetzungswärme,  $B$  ist das Bodengewicht in Gramm,  $K$  der Wasserwert des Kalorimeters,  $W$  die angewandte Wassermenge in ccm und 0,2 der fast konstante Faktor für die spezifische Wärme des Mineralbodens. Der Wärmeunterschied  $t_2 - t_1$  wird gemessen und alle anderen Werte sind bekannt.

Die ermittelten Werte sind der besseren Übersicht halber in graphischen Darstellungen wiedergegeben worden (Abb. 1). Denkt man sich alle Eintragungen von Böden fort, deren Benetzungswärme außerhalb der von den Janertschen Böden nicht überschrittenen Grenzen von 1—3 cal/g liegt, so wird erklärlich, wie leicht Janert zu der Annahme bezüglich des Verhältnisses 11:1 kommen konnte. Die Darstellung des Verhältnisses des Prozentsatzes abschlämmbarer Teilchen je cal/g Boden (Abb. 2) hätte eine gerade Linie in der Höhe des 11. Teilstriches ergeben müssen. Das ist offensichtlich nicht der Fall. Die tiefsten Werte wurden mit 5,6 bzw. 5,8, die höchsten dagegen mit 18,6 und 23,3 % abschlämmbaren Teilchen je cal/g gefunden. Ganz entsprechende Feststellungen machte W. Sauerlandt (15) mit dem Unterschied, daß bei ihm Minimum (3, 6) und Maximum (17, 5) tiefer liegen. Seine Ergebnisse liegen zum größten Teil zwischen 7 und 12 % abschlämmbaren Teilchen. In vorliegender Arbeit befanden sich innerhalb dieser Grenzen nur etwa die Hälfte aller Werte. Der Durchschnitt von den in diesem Zusammenhang untersuchten 71 Böden kommt mit 10,7:1 allerdings dem von Janert angegebenen Verhältnis von 11:1 sehr nahe. Trotzdem kann bei



der Größe und bei der Vielzahl der festgestellten Abweichungen nicht im entferntesten von einem konstanten Verhältnis gesprochen werden. Hieraus läßt sich der Schluß ziehen, daß Größe und Anzahl der unter dem Begriff „abschlämbare Teilchen von

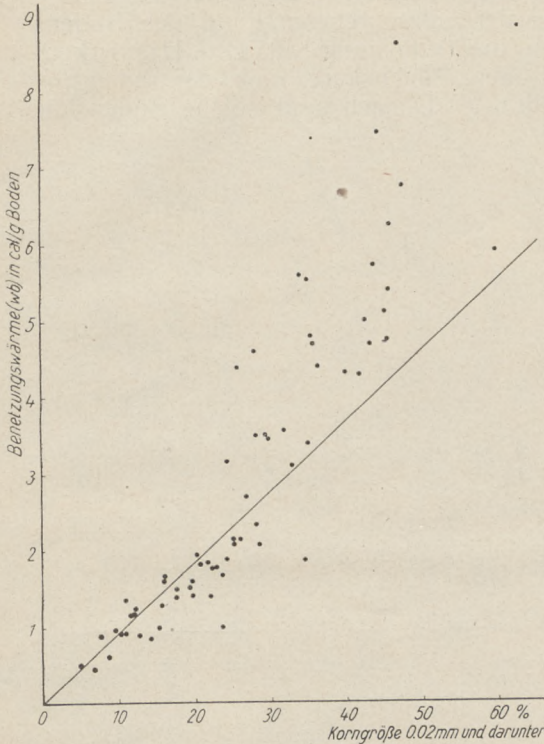


Abb. 1.

also zur Bestimmung der Höchstadsorption nicht verwendbar. Dagegen hängt die Benetzungswärme direkt mit der inneren Bodenoberfläche und damit auch mit der Höchstadsorption zusammen.

Janert (12) bestimmte die Benetzungswärme verschiedener von Gehring schon untersuchter Böden und stellte durch Vergleiche in Anlehnung an die Hyperbelgleichung rein empirisch für die

Höchstadsorption folgende Formel auf:  $T = 0,3 \sqrt{\frac{(wb + 2,75)^2}{2,75^2} - 1}$

In dieser Art der T-Bestimmung wurde vom Verfasser eine Möglichkeit erkannt, den Sättigungszustand der Böden auszudrücken, ohne sich dabei der Bestimmung der hydrolytischen Azidität nach Kappen zu bedienen. Als S-Wert wurde die absolute Neutralisationskraft gegen Säure nach Kappen beibehalten und dann der

Sättigungszustand wie bisher nach der Formel  $V = \frac{100 S}{T}$  an-

0,02 mm und darunter“ zusammengefaßten Bodenteilchen sehr verschieden ist. Das Verhältnis der abschlämbaren Teilchen zur Benetzungswärme gibt uns also nur einen Maßstab für die Zerteilung dieser Teilchen, für deren Zerteilungsgrad (16), worauf auch kürzlich Sauerlandt (15) hingewiesen hat. Aus Abb. 3 geht hervor, daß die Schwankungen des Zerteilungsgrades gerade bei Böden niedriger Benetzungswärme besonders groß sind, während sie mit steigender Benetzungswärme kleiner werden.

Die abschlämbaren Teilchen von 0,02 mm und darunter und die Beziehungen zwischen diesen abschlämbaren Teilchen und der Benetzungswärme sind

gegeben. Diese so zusammengestellte Methode wurde an zahlreichen Böden erprobt. Tabelle 5 enthält die Ergebnisse von 38 Böden. Auf den ersten Blick fallen hier die Sättigungsgrade von mehr als 100% bei den Böden Nr. 19, 20, 24, 28 und 33 in die Augen. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß der Basengehalt der Karbonate bei der Salzsäurebehandlung des Bodens nach Kappen teilweise mit in Erscheinung tritt. D. J. Hissink (2) vertritt die Ansicht, daß der kohlensaure Kalk den adsorptiv gebundenen Kalk „beschirmt“. Danach sind solche Böden, die

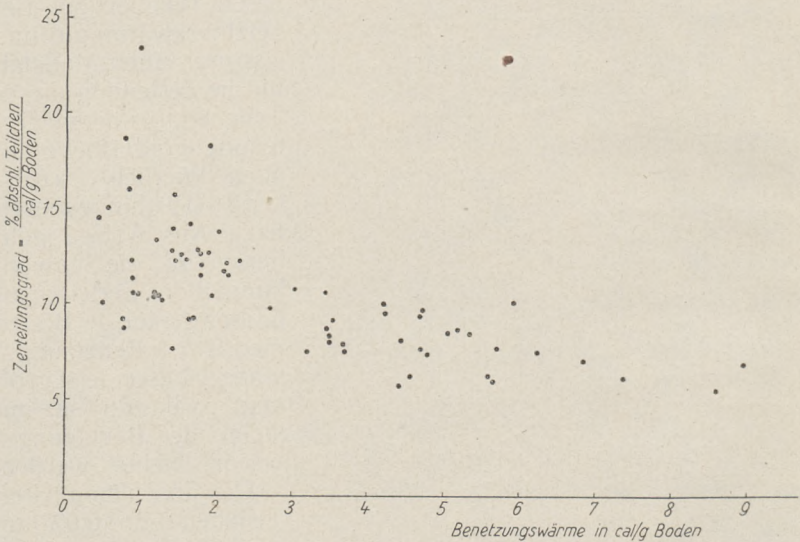


Abb. 2.

Kalkkarbonate deutlich erkennen lassen, vollkommen ausreichend adsorptiv gesättigt. Sie sind also bestimmt neutral, wenn nicht gar alkalisch, was durch die Ergebnisse einwandfrei bestätigt wird.

Nun hat W. Sauerlandt Feststellungen gemacht, die geeignet erschienen, den Wert der eben beschriebenen Methode zu heben. Er konnte bei der Bestimmung des S-Wertes nach Kappen nachweisen (15), daß die erhaltenen Zahlen bei Verwendung von 50 g Boden zu niedrig waren. Bei abnehmenden Bodenmengen und sonst gleichbleibenden Versuchsbedingungen nahm der S-Wert ständig zu. Sauerlandt schlägt vor (15), jedoch nicht weniger als 10 g Boden zu verwenden, weil der Gesamtbasengehalt bei noch geringeren Bodenmengen nur sehr wenig steigt. An einer Reihe von Böden ist auf diese Anregung hin der S-Wert einmal mit 50 g Boden und dann mit 10 g bestimmt worden. Beide Zahlenreihen wurden in Tabelle 6 gegenübergestellt. Sie bestätigen durchaus die Richtigkeit der Sauerlandtschen Untersuchungen. Nur die beiden Werte des Bodens Nr. 7 fallen unerheblich aus dem Rahmen heraus.



Tabelle 5.

Die Bestimmung des Sättigungszustandes aus der Höchstadsorption nach Janert und dem Gesamtbasengehalt nach Kappen.

Boden Nr.	wb in cal/g	S	T	V %	pH
		g CaO/100 g Boden	g Boden		
2	3,49	0,4607	0,6111	75,4	5,8
3	4,67	0,4578	0,7521	60,9	5,7
4	4,71	0,5013	0,7566	66,2	5,5
5	3,67	0,4281	0,6330	67,6	5,5
6	3,21	0,3622	0,5768	62,8	5,8
7	3,54	0,4322	0,7769	55,6	5,8
8	3,49	0,4393	0,6111	71,9	5,8
9	5,34	0,5679	0,8301	68,4	5,3
10	4,69	0,5442	0,7542	72,2	6,2
11	5,18	0,5594	0,8115	68,9	5,2
12	6,22	0,7604	0,9315	81,6	5,6
13	5,05	0,6716	0,7962	84,4	6,5
14	4,24	0,5637	0,7011	80,4	5,9
15	5,91	0,5328	0,8958	59,5	5,1
16	6,82	0,7838	1,0002	78,4	5,7
17	2,16	0,3499	0,4440	78,8	5,3
18	3,45	0,5468	0,6063	90,2	6,4
19	4,20	0,7754	0,6522	118,9	7,4
20	4,42	0,7839	0,7224	108,5	6,5
21	8,92	0,9075	1,2372	73,6	5,7
22	5,69	0,8327	0,8763	95,0	6,5
23	1,95	0,3644	0,4158	87,6	6,6
24	3,69	0,6842	0,6354	107,9	7,4
25	7,36	0,7923	1,0614	74,7	6,9
26	8,55	0,7900	1,1970	66,0	6,0
27	3,45	0,6008	1,6063	99,1	6,9
28	4,39	0,7203	0,7189	100,2	7,4
29	5,58	0,8308	0,8577	96,7	7,6
30	5,64	0,6120	0,8649	70,8	6,2
31	1,42	0,2427	0,3420	71,0	6,2
32	6,15	0,6888	0,9237	74,6	6,6
33	2,42	0,5327	0,4776	111,6	7,2
34	0,81	0,1070	0,2467	43,4	5,5
35	0,73	0,1203	0,2325	51,9	6,3
36	0,92	0,1618	0,2653	61,0	6,1
37	0,87	0,1156	0,2568	45,0	4,5
39	0,80	0,0846	0,2450	34,5	5,1
40	0,55	0,0275	0,1989	13,9	4,3

Außerdem prüfte Sauerlandt (15) die Janertsche Formel für die Höchstadsorption nach. Er ging genau so vor wie Janert, fand aber für die Neigung der Asymptote den Wert  $\frac{2,3}{0,3}$  gegenüber  $\frac{2,75}{0,3}$  bei Janert. Da Sauerlandt mit Böden höherer Benetzungswärme arbeitete, konnte er den Neigungswinkel der Asymptote genauer ermitteln als H. Janert, dessen Böden hauptsächlich Benetzungswärmen zwischen 1 und 3 cal/g aufwiesen. Die Formel gewinnt dadurch folgendes Aussehen:



Tabelle 6.

Die absolute Neutralisationskraft gegen Säure nach Kappen.

bei Boden Nr.	mit g Boden		bei Boden Nr.	mit g Boden	
	50	10		50	10
2	0,4607	0,4807	74	0,1834	0,2134
3	0,4578	0,5188	75	0,1678	0,1994
4	0,5013	0,5868	76	0,4823	1,0656
5	0,4281	0,4370	77	0,2833	0,4237
6	0,3622	0,4245	78	0,1261	0,2315
7	0,4322	0,4245	79	0,3658	0,5920
8	0,4393	0,4494	80	0,2298	0,3205
9	0,5679	0,5863	81	0,0637	0,0892
10	0,5442	0,6002	82	0,7034	1,7635
11	0,5594	0,5863	83	0,1285	0,2056
12	0,7604	0,7628	84	0,0928	0,1371
13	0,6716	0,7180	85	1,0466	3,0378
14	0,5637	0,5862	86	0,1418	0,1932
15	0,5328	0,6422	87	1,0691	3,9170
16	0,7838	0,8115	88	0,3929	0,7789
17	0,3499	0,3509	89	0,2483	0,3863
18	0,5468	0,5743	90	0,4455	1,0905
19	0,7754	0,9426	91	0,2018	0,3303
20	0,7839	0,8498	102	0,1126	0,1371
21	0,9075	1,1236	103	0,1287	0,1683
22	0,8327	0,9239	104	0,8752	1,8711
23	0,3644	0,3779	105	0,0909	0,1371
24	0,6842	0,7488	106	0,0647	0,0828
27	0,6008	0,6081	107	0,0835	0,1252
45	0,1255	0,1882	108	0,1550	0,1682
46	0,0593	0,1214	109	0,1639	0,1745
47	0,1423	0,2839	110	0,1503	0,1683
48	0,1759	0,2742	111	0,0877	0,0935
49	0,2040	0,2617	112	0,0580	0,0810
50	0,1268	0,2866	113	0,1898	0,1935
51	0,0802	0,1371	114	0,1239	0,1498
52	0,1899	0,2493	115	0,1686	0,2122
53	0,2005	0,2742	116	0,1906	0,2310
54	0,1302	0,1932	117	0,0599	0,0764
55	0,1168	0,1869	118	0,1588	0,1748
56	0,1037	0,1620	122	0,2490	0,3121
57	0,2274	0,3490	123	0,2641	0,3121
58	0,0914	0,1371	124	0,1921	0,1998
59	0,0703	0,0997	125	0,2390	0,2872
60	0,1401	0,162	126	0,3554	0,3745
61	0,3080	0,5661	127	0,2340	0,2435
62	0,0903	0,1745			
63	0,6725	1,0219			
64	0,2039	0,2243			
65	0,0676	0,1189			
66	0,4707	0,6481			
67	0,2212	0,2991			
68	0,2337	0,2991			
69	0,0833	0,1122			
70	0,2029	0,2742			
71	0,1758	0,2166			
72	0,5149	0,7917			
73	0,1439	0,1774			



$$T = 0,3 \sqrt{\frac{(wb + 2,3)^2}{2,3^2} - 1.}$$

Sauerlandt erhielt mit dieser Formel Werte, die über den nach Janert bestimmten liegen und eine bessere Übereinstimmung mit dem T-Wert nach Gehring zeigen. Beide Formeln sind vom Verfasser auf zahlreiche Böden angewandt worden (Tabelle 7).

**Tabelle 7.**

Die Bestimmung der Höchstadsorption nach Janert und nach Sauerlandt.

Boden Nr.	wb in cal/g	Höchstadsorption		Boden Nr.	wb in cal/g	Höchstadsorption	
		nach Janert	geänd. nach Sauerlandt			nach Janert	geänd. nach Sauerlandt
1	4,81	0,7683	0,8775	26	8,56	1,1970	1,3837
2	3,49	0,6111	0,6931	27	3,45	0,6063	0,6874
3	4,67	0,7521	0,8582	28	4,39	0,7189	0,8187
4	4,71	0,7566	0,8637	29	5,58	0,8577	0,9824
5	3,67	0,6330	0,7168	30	5,64	0,8649	0,9912
6	3,21	0,5768	0,6531	31	1,42	0,3420	0,3814
7	3,54	0,6171	0,7002	32	6,15	0,9237	1,0606
8	3,49	0,6111	0,6931	33	2,42	0,4776	0,5376
9	5,34	0,8301	0,9503	34	0,81	0,2467	0,2724
10	4,69	0,7542	0,8601	35	0,73	0,2325	0,2575
11	5,18	0,8115	0,9283	36	0,92	0,2653	0,2939
12	6,22	0,9315	1,0700	37	0,87	0,2568	0,2845
13	5,05	0,7962	0,9105	38	0,66	0,2200	0,2420
14	4,24	0,7011	0,7986	39	0,80	0,2450	0,2711
15	5,91	0,8958	1,0280	40	0,55	0,1980	0,2184
16	6,82	1,0002	1,1511	119	0,90	0,2624	0,2915
17	2,16	0,4440	0,4984	120	1,21	0,3105	0,3455
18	3,45	0,6063	0,6874	121	0,90	0,2612	0,2895
19	4,20	0,6905	0,7930	122	1,71	0,3829	0,4282
20	4,42	0,7224	0,8236	123	1,787	0,3937	0,4407
21	8,92	1,2372	1,4324	124	1,604	0,3683	0,4116
22	5,69	0,8763	0,9981	125	1,684	0,3794	0,4243
23	1,95	0,4158	0,4662	126	1,876	0,4063	0,4546
24	3,69	0,6354	0,7214	127	1,672	0,3777	0,4223
25	7,36	1,0614	1,2238				

Die Bestimmung des Basensättigungszustandes der Böden nach Kappen mit den Änderungen der Bestimmung des S- und T-Wertes, im folgenden „vereinfachte Methode“ genannt, wurde an 41 Böden durchgeführt (Tabelle 8).

Auch hier treten Sättigungsgrade von mehr als 100% auf. Während Gehring bei seiner Methode eine 70%ige Absättigung für praktisch ausreichend hält, wird bei der vereinfachten Methode in ihrer letzten Fassung wegen des alle Basen ausdrückenden höheren S-Wertes etwa eine 85%ige Basensättigung nötig sein. Von den Böden der Tabelle 8 wären also nur Nr. 43, 57, 58, 63 und 66 ausreichend mit Kalk versorgt. Der wesentliche Vorteil dieser Methode liegt in der T-Bestimmung auf physikalischem Wege ohne irgend eine chemische Behandlung des Bodens. Bei der Gesamtbasenbestimmung läßt sich die chemische Analyse indessen nicht umgehen.



Tabelle 8.

Boden Nr.	wb in cal/g	S		T	V %	pH
		g CaO/100 g Boden				
1	4,81	0,5868	0,8775		66,9	5,8
2	3,49	0,4807	0,6931		62,1	5,8
4	4,71	0,5868	0,8637		69,3	5,5
5	3,67	0,4370	0,7186		60,8	5,5
6	3,21	0,4245	0,6531		65,0	5,8
7	3,54	0,4245	0,7002		60,6	5,8
8	3,49	0,4494	0,6931		65,9	5,8
16	6,82	0,8115	1,1511		70,5	5,7
18	3,45	0,5743	0,6874		83,5	6,4
19	4,20	0,9426	0,7929		118,9	7,4
21	8,92	1,1236	1,4324		79,6	5,7
22	5,74	0,9239	0,9981		92,6	6,5
41	0,79	0,1335	0,2691		49,6	5,0
42	0,77	0,1517	0,2653		57,2	6,2
43	4,88	0,8558	0,7789		109,9	6,4
44	1,35	0,1699	0,3697		46,0	5,9
45	1,20	0,1882	0,3448		54,6	6,4
46	1,25	0,1214	0,3527		34,4	6,2
47	1,82	0,2839	0,4459		63,7	6,4
48	1,78	0,2742	0,4389		62,5	6,6
49	1,60	0,2617	0,4115		63,6	6,9
50	1,57	0,2866	0,4059		70,6	6,5
51	1,10	0,1371	0,3266		42,0	6,0
52	1,207	0,2493	0,3458		72,1	6,6
53	1,784	0,2742	0,4395		62,4	6,3
54	1,225	0,1932	0,3476		55,6	6,2
55	1,396	0,1869	0,3773		49,5	6,1
56	1,517	0,1620	0,3973		40,8	5,6
57	1,592	0,3490	0,4092		85,3	6,3
58	1,391	0,1371	0,3765		36,4	5,6
59	1,154	0,0997	0,3361		29,7	5,4
60	1,656	0,1620	0,4200		38,6	5,7
61	5,303	0,5611	0,9453		59,4	5,6
62	1,476	0,1745	0,3904		44,7	5,8
63	3,613	1,0219	0,7101		143,9	7,4
64	1,403	0,2243	0,3780		59,3	6,4
66	2,049	0,6481	0,4816		134,6	6,6
67	1,914	0,2991	0,4599		65,0	6,4
68	2,426	0,2991	0,5390		55,5	6,5
69	1,089	0,1122	0,3248		34,5	5,3
70	2,600	0,2742	0,5644		48,6	5,8

Der praktische Landwirt wird bei der vereinfachten Methode die Angabe einer bestimmten zu verabfolgenden Kalkmenge vermissen. Hierauf ist aber absichtlich verzichtet worden. Die Angabe des Sättigungszustandes genügt vollständig zur Entscheidung darüber, ob Kalkbedarf vorliegt oder nicht. Die Frage, wieviel Kalk zu geben ist, wird sich praktisch stets nach der Fruchtfolge, der Arbeitsverteilung und den sonstigen, in jedem Betrieb anderen Wirtschaftsbedingungen (17) richten müssen.

Vergleichende Untersuchungen an einem Feldversuch  
in Praust.

An einem auf dem Versuchsgut Praust angelegten Versuch



zur Beobachtung des Temperaturverlaufes im Ackerboden bei verschiedener Bodenbedeckung wurde festgestellt, welchen Einfluß die verschiedenen Maßnahmen auf den Basensättigungszustand dieses Bodens gehabt hatten.

Dieser Versuch wurde am 1. Oktober 1929 angelegt (18). Die einzelnen Teilstücke wurden, abgesehen von der üblichen Feldbearbeitung, teils mit Kalk, Schwefel oder Stallmist versehen, teils mit Stroh oder Pappe (Iplava-Papier) bedeckt. Der Versuch wurde mit dreifacher Wiederholung angelegt. Jeder Wiederholung wurde ein unbehandeltes Teilstück angegliedert. Der Boden selbst liegt an der Grenze zwischen mittelschweren und leichten Böden. Die Größe der Teilstücke betrug 16 qm. Die Vorfrucht war Winterweizen. Die Teilstücke wurden jeweils zur Hälfte mit Heils-Franken-Gerste, wobei die Pappe fortgelassen wurde, zur anderen Hälfte mit Futterrüben bestellt. Die Stärke der Düngung betrug 20 dz/ha CaO bzw. 20 dz/ha Schwefelblüte bzw. 250 dz/ha gut verrotteter Stalldünger. Im Frühjahr 1930 wurden von jedem Teilstück Bodenproben genommen.

Tabelle 9 läßt deutliche Unterschiede bei den T-Werten der einzelnen Teilstücke gegenüber „unbehandelt“ erkennen. Es muß also eine Veränderung der Textur und Struktur stattgefunden haben, die bei Schwefel zu einer Verkleinerung der Oberfläche führte, was einer Bodenverschlechterung gleichkommt. Alle

Tabelle 9.

Boden Nr.	Art der Behandlung	S			T-S in Meth. Nr. II	T			V			Reakt.pH
		in Methode Nr.				in der Methode Nr.			in Meth. Nr.			
		I	II	III		I	II	III	I	II	III	
122	Stallmist	0,2358	0,2490	0,3121	0,1067	0,4585	0,3557	0,4282	51,4	70,0	72,9	6,3
123	Pappe	0,2410	0,2641	0,3121	0,0978	0,4690	0,3619	0,4407	51,4	73,0	70,8	6,5
124	Schwefel	0,2358	0,1921	0,1998	0,1915	0,5476	0,3836	0,4116	43,1	50,1	48,5	5,9
125	Stroh	0,2306	0,2390	0,2871	0,0978	0,4677	0,3368	0,4243	49,3	71,0	67,7	6,2
126	Kalk	0,2516	0,3554	0,3745	0,0843	0,4808	0,4397	0,4546	52,3	80,8	82,4	6,8
127	unbehandelt	0,1989	0,2340	0,2435	0,1498	0,4518	0,3838	0,4223	44,0	61,0	57,6	6,2

Methode I = Hissink-Gehring-Wehrmann.

Methode II = Kappen.

Methode III = vereinfachte Methode.

anderen Teilstücke weisen eine Verbesserung der Struktur auf, die in einer Vergrößerung der Bodenoberfläche zum Ausdruck kommt. Bei den S-Werten wurde eigentlich nur bei „Kalk“ eine wesentliche Steigerung und bei „Schwefel“ ein erhebliches Absinken in Hand mit einer entsprechenden Änderung der Reaktion erwartet. Die nur wenig voneinander abweichenden Mehrwerte bei „Stallmist“, „Pappe“ und „Stroh“ können verschiedene Ursachen haben. Der gut verrottete Stallmist wird geringe Mengen Kalk enthalten haben, während das obenauf gelegte Stroh und die Pappe der Auswaschung einen gewissen Einhalt geboten haben können. Ebenso gut kann aber auch die Erhöhung des Basengehaltes auf Ammoniakbildung zurückgeführt werden, da Ammoniak als einzige Base im Boden selbst beim Abbau von Eiweiß- und Humusstoffen durch die Bodenbakterien gebildet werden kann. Nach Torstensen (19) fanden auch Al-



brecht und Uhland (20) eine Erhöhung des Ammoniakgehaltes durch Bodenbedeckung. Durch die Schwefelbehandlung ist eine Versauerung des Bodens eingetreten. Im Widerspruch hierzu steht der relativ hohe S-Wert nach Hissink in der Schwefelparzelle, der den S-Wert in der ungedüngten Parzelle erheblich übertraf. Es muß angenommen werden, daß sich aus der Schwefelblüte auf dem Umwege über Schwefelsäure unter anderen Sulfaten auch Gips gebildet hat. Es fragt sich nun, wie sich Gips gegenüber der Natriumchloridlösung nach Hissink verhält. Zu diesem Zweck wurden besondere Untersuchungen angestellt.

25 g Hohenbockaer Glassand wurden sorgfältig einmal mit 0,384 g  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (entsprechend 0,5 g CaO auf 100 g Boden), ferner mit dem zehnten Teil dieser Menge vermischt. Ein Blindversuch ergab, daß der nahezu nährstofffreie Sand nur 0,0312 g Kalk im ersten und 0,0142 g im zweiten Liter enthielt; alle darüber hinaus auftretenden Kalkmengen müssen also aus dem Gips gelöst worden sein. Es zeigt sich (siehe Tabelle 10), daß in beiden Litern der Natriumchloridlösung fast der ganze Kalk des Gipses gelöst wird, und zwar bei der kleineren Menge Gips in sehr viel stärkerem Maße. Fast die gesamte Kalkmenge befindet sich schon im ersten Liter.

Tabelle 10.

Hohenbockaer Glassand enthielt in g CaO je 100 g Boden				Es wurden gelöst: von einer Gipsmenge entsprechend g CaO	
im	bei einer Gipsgabe ent- sprechend g CaO		ohne Gips		
	0,5	0,05		0,5	0,05
1. Liter	0,4973	0,0796	0,0312	0,4661	0,0484
2. Liter	0,0192	0,0156	0,0142	0,0050	0,0014
zusammen	0,5165	0,0942	0,0454	0,4711	0,0498

Der Gips ist also in Natriumchloridlösung sehr viel leichter löslich als der kohlen saure Kalk. Damit wären die hohen S-Werte in der Schwefelparzelle nach Hissink-Gehring-Wehrmann geklärt. Auf diese Fehlerquellen der Methode hat auch schon von Sigmond hingewiesen (5). Da jedoch dieser Fehler bei den T- und S-Werten gleich stark auftritt, kommt er im Sättigungszustand nicht zum Ausdruck.

Legt man bei einer Betrachtung der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann eine 70%ige Absättigung zugrunde, so wären alle Teilstücke kalkbedürftig. Allerdings liegt dieser Boden an der Grenze zu den leichten Böden, bei denen Gehring schon eine 40%ige Absättigung für ausreichend hält. Setzt man das Vorhandensein von Übergangsböden voraus, über deren Bewertung Gehring keine Angaben macht, so wird die Grenze der Absättigung dieser Böden bei 50—55% liegen. Für die anderen Methoden wurde die Grenze der Höchstadsorption in einem Abschnitt dieser Arbeit auf 85% verschoben. Danach wäre nur das mit Kalk behandelte Teilstück annähernd ausreichend mit Kalk versorgt, was in der pH-Zahl von 6,8 eine gute Bestätigung findet.



Die Anwendung der vereinfachten Methode in den Betrieben Koliebkcn und Schwarzenfelde.

An Hand von Bodenreaktionskarten der Güter Koliebkcn und Schwarzenfelde, die im Landwirtschaftlichen Institut der Technischen Hochschule Danzig hergestellt waren, wurden auf verschiedenen Schlägen vorzugsweise solche Reaktionsstufen ausgewählt, die sich in der Nähe des Neutralpunktes befanden oder aber selbst neutral waren. Von diesen Stellen wurden Proben genommen und nach der vereinfachten Methode untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11.

Bezeichnung des Schlages	Probe Nr.	wb in cal/g	S	T	V %	pH
			g CaO/100 g Boden			
Koliebkcn I	71	1,892	0,2166	0,4571	47,4	6,1
	72	1,422	0,2134	0,3818	55,9	6,2
	73	1,612	0,1774	0,4128	43	5,3
	74	4,61	0,7917	0,85	93,1	6,4
	75	2,298	0,1994	0,5194	38,4	6,2
	76	1,714	1,0656	0,429	248,4	6,9
Koliebkcn II	77	2,108	0,4237	0,4904	86,4	6,8
	78	0,915	0,2315	0,2936	78,9	6,3
	79	3,069	0,5920	0,6331	93,5	7,4
	80	1,649	0,3205	0,4189	76,5	6,8
	81	0,793	0,0892	0,2698	33,0	5,7
	82	2,714	1,7635	0,5811	303,5	7,6
	83	1,419	0,2056	0,3812	53,9	6,4
	84	1,202	0,1361	0,3445	39,5	6,2
	85	0,786	3,0378	0,2684	1131,9	7,6
	86	1,799	0,1932	0,4425	43,7	6,2
	87	1,416	3,9170	0,3807	1028,9	7,6
	88	1,478	0,7789	0,3909	199,0	7,0
	89	1,772	0,3863	0,4382	88,1	6,8
	90	1,229	1,0905	0,3491	312,4	7,1
91	2,140	0,3303	0,4952	66,7	6,4	
Schwarzenfelde	114	1,304	0,1498	0,3788	39,6	6,3
	102	0,972	0,1371	0,3036	45,2	6,0
	105	0,839	0,1371	0,2787	49,2	6,0
	103	1,542	0,1683	0,3969	42,4	5,9
	109	1,743	0,1745	0,4337	40,2	6,2
	110	1,429	0,1683	0,3815	44,1	6,0
	115	1,807	0,2122	0,3477	61,1	6,3
	116	1,237	0,2310	0,3505	65,9	6,6
	107	0,782	0,0748	0,2675	28,0	6,2
	117	0,521	0,0764	0,2284	33,5	5,7
	106	0,948	0,0828	0,2991	27,7	5,1
	118	1,663	0,1748	0,4209	41,5	4,8

Wie aus Tabelle 11 hervorgeht, sind auf dem Schlage Koliebkcn I (Nr. 71—76), die Böden Nr. 74 und 76 genügend adsorptiv gesättigt. Aus der pH-Zahl geht das jedoch nicht hervor. Bei der Stelle Nr. 76 in der Nähe der Feldscheune, die merglig ist, ist die doch mindestens neutrale Reaktion nur schwach angedeutet. Stelle Nr. 74 ist zwar zu 93,1 % abgesättigt, zeigt aber eine hierzu



im Widerspruch stehende saure Reaktion von  $p_H$  6,4 an. Die hohe Benetzungswärme kommt dadurch zustande, daß von einem südwestlich gelegenen Berg durch den Regen feinste Teilchen abgeschlämmt worden sind, wodurch ein kleiner Damm aufgebaut wurde, der aus dem Abschlämmmaterial besteht. Für die Beurteilung des Gesamtschlages ist diese Stelle nur von untergeordneter Bedeutung.

Auf dem Schlage Koliiebken II (Probe Nr. 77—91) tritt die Unsicherheit der  $p_H$ -Zahl erneut zutage. So weist die zu 76,5% gesättigte Stelle Nr. 80 eine Reaktion von  $p_H$  6,8, die etwas stärker abgesättigte Stelle Nr. 78 dagegen eine solche von nur  $p_H$  6,3 auf. Die sehr mergelhaltige Stelle Nr. 90 ergab nur eine  $p_H$ -Zahl von 7,1. Bei dieser wie übrigens auch bei den Stellen Nr. 85 und 87 waren schon mit bloßem Auge Kalkstückchen erkennbar. Die untersuchten neutralen und alkalischen Stellen liegen auf Hügeln oder Hügelrücken, die nach Süden geneigt sind. Es ist also denkbar, daß die in den Boden einsickernden Feuchtigkeitsmengen unter dem Einfluß der hier senkrechter auffallenden Sonnenstrahlen rascher verdunsten. Dadurch wird die Auswaschung abgeschwächt und die Reaktion in alkalischem Sinne beeinflusst. Ähnliche Feststellungen macht O. Arrhenius (21), wenn er sagt, daß „der Säuregrad in gewissem Maße der Topographie folgt“.

Die Böden von Schwarzenfelde unterscheiden sich äußerlich kaum von den in Koliiebken angetroffenen. Die Ackerflächen sind in Schwarzenfelde bei größerer Höhenlage über NN wesentlich weniger von kleinen Hügeln und Anhöhen durchsetzt. Der hohe Säuregrad von  $p_H$  4,8 bei der stark moorigen Stelle Nr. 118, in der Nähe von Teichen liegend, ist durch Auftreten von freier Humussäure zu erklären. Die Benetzungswärmebestimmung gestaltete sich bei diesem Boden wegen des hohen Humusgehaltes außerordentlich schwierig. In solchen Fällen kann mit gutem Erfolg auf die Methode Kappen mit der nach Sauerlandt geänderten Bestimmung des S-Wertes zurückgegriffen werden.

### Zusammenfassung.

Bekannte, für die Bestimmung des Kalkbedarfes der Böden geeignet erscheinende Methoden wurden in ihrer Wirkungsweise an besonders hierfür ausgewählten Böden betrachtet. Die Methode Hissink-Gehring-Wehrmann wurde mit den Befunden von Felddüngungsversuchen mit Kalk verglichen, es werden zahlenmäßig befriedigende Ergebnisse erzielt. Gleichzeitig wurde die  $p_H$ -Zahl zum Vergleich herangezogen. Ihr kann nur die Bedeutung eines untergeordneten Anhaltspunktes gegeben werden. Die Methode Hissink-Gehring-Wehrmann stellt sehr hohe Ansprüche an Arbeit, Zeit, Laboratoriumsausüstung und -raum. Für serienmäßige Anwendung eignet sich viel besser die Methode Kappen. Diese erfaßt im Gegensatz zu Hissink, der nur den austausch-



fähigen Kalk bestimmt, in einer Untersuchung alle austauschfähigen Basen. Da bei alkalischen Böden infolge der Verwendung der hydrolytischen Azidität zur Bestimmung der Höchstadsorption ungenaue Werte auftreten können, wurde die Höchstadsorption nach Janert mit dem S-Wert nach Kappen zu einer neuen Methode zur Bestimmung des Basensättigungszustandes der Böden vereinigt. Versuchsergebnisse von W. Sauerlandt wurden in diese Methode übernommen und die „vereinfachte Methode“ an einer Reihe von Böden geprüft. Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Resultaten nach der Methode Hissink-Gehring-Wehrmann. Die neue Methode verdient wegen ihrer einfachen Durchführung den Vorzug.

#### Literatur.

1. Hissink, D. J.: Beiträge zur Kenntnis der Adsorptionsvorgänge im Boden. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, XII, 81 (1922). —
2. Hissink, D. J.: Der Sättigungszustand des Bodens. A. Mineralböden (Tonböden). Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 4, 137 (1925). —
3. Rhode, G.: Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung des Kalkbedürfnisses der Böden. Archiv für Landwirtschaft., A, 1, 226 (1929). —
4. Kappen, H.: Die Bodenazidität. Julius Springer, Berlin 1929. — 5. Gehring, A., Peggau, A., Wehrmann, O.: Über die Methode zur Bestimmung des Kalkbedürfnisses des Bodens unter Benutzung des Sättigungszustandes an Kalk. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 8, 321 (1926/27). — 6. Gehring, A., Peggau, A., Wehrmann, O.: Kalkdüngungsversuche auf braunschweigischen Böden und die analytische Feststellung des Kalkbedürfnisses. Mitt. d. DLG., 1926, S. 544. — 7. Kühn, St.: Eine neue kolorimetrische Schnellmethode zur Bestimmung des pH von Böden. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 18, 309 (1930). — 8. Roemer, Th.: Was nützen die Bodenuntersuchungen dem praktischen Landwirt? Mitt. d. DLG., 1931, S. 192. —
9. Goy, S., und Roos, O.: Vergleichende Untersuchungen über die Ermittlung des Säurezustandes eines Bodens mit der elektrometrischen Messung nach Trénel und der kolorimetrischen Schnellmethode nach Kühn und Scherff. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 23, 63 (1923). — 10. Kutschinsky: Vergleichende Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung des Sättigungszustandes der Böden. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 12, 392 (1928). — 11. Densch, A.: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für Bodenkunde und Pflanzenernährung. Jahresbericht der Preußischen landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalten in Landsberg a. d. Warthe. Landw. Jahrbücher, Bd. 68, Ergänzungsbd. 1, 12 (1927/28). — 12. Janert, H.: Untersuchungen über die Benetzungswärme des Bodens. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 19, 281 (1931). — 13. Janert, H.: Neue Methoden zur Bestimmung der wichtigsten physikalischen Grundkonstanten des Bodens. Landw. Jahrbücher, 66, 425 (1927). — 14. Wiegner, G.: Anleitung zum quantitativen agrilkulturchemischen Praktikum. Gebr. Borntraeger, Berlin, 1926 S. 138. — 15. Sauerlandt, W.: Untersuchungen über die Bestimmung des Kalksättigungszustandes der Böden. Landw. Versuchsstationen, 113, 69 (1932). —
16. Heuser, O.: Grundzüge der Bodenbearbeitung. P. Parey, Berlin, 1928. —
17. Taschenmacher, W.: Entwicklung der bodenkundlichen Gutskartierung und die Möglichkeiten ihrer praktischen Leistung. Diss. Danzig 1929. — 18. Heuser, O.: Untersuchungen über den Temperaturverlauf im Ackerboden. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., B, 9, 552 (1930). — 19. Torstenson: Über den Einfluß der Bodenbedeckung. Verhandlungen d. 4. Kommission d. Internationalen Bodenkundl. Gesellschaft, Königsberg, 5, 121 (1929). — 20. Albrecht und Uhland: Soil Science, 20, 253 (1925). — 21. Arrhenius, O.: Der Kalkbedarf des Bodens. IV. Die Anwendung der Bodenreaktionsuntersuchungen in der Praxis. Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., A, 5, 195 (1925).

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Otto E. Heuser für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie allen denen, die mir bei der Durchführung der Arbeit behilflich waren, insbesondere Herrn Dr. Walter Sauerlandt, an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

---





## Lebenslauf.

Am 3. März 1902 wurde ich, Friedrich Hans Joachim Witte, als Sohn des Rittergutsbesitzers Reinhold Witte und seiner Ehefrau Clara geb. Strube zu Niemczyk, Kr. Culm (jetzt Chelmno, Polen) geboren und evangelisch getauft. Von meinem 6. Lebensjahre an erhielt ich Privatunterricht im elterlichen Hause, bis ich Neujahr 1912 in die Septima des damaligen Kgl. Realgymnasiums in Thorn aufgenommen wurde. Die Nachkriegsereignisse führten mich, wie die meisten Klassenkameraden, für über ein halbes Jahr von der Schulbank herunter. Am 19. Juni 1922 legte ich an der erwähnten Anstalt, die sich nach der politischen Umgestaltung Deutsche Filiale des staatlichen Gymnasiums in Thorn nannte, die Reifeprüfung ab. Nach Erledigung meiner militärischen Dienstpflicht als jetzt polnischer Staatsbürger und nach  $2\frac{1}{2}$  Jahren praktischer Lehrzeit ließ ich mich Michaelis 1926 an der Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig immatrikulieren, um Landwirtschaft zu studieren. Am 30. April 1928 bestand ich die Vorprüfung und am 5. Mai 1930 die Hauptprüfung für das Fach eines Diplom-Landwirtes. Seitdem war meine Tätigkeit der vorliegenden Dissertation gewidmet. Die mündliche Doktorprüfung bestand ich am 7. Mai 1932.

Friedrich Witte.











BIBLIOTEKA GŁÓWNA

**II** 38443

Politechniki Gdańskiej