

## Aufsätze.

### Der Sättigungszustand von Tonböden.<sup>1</sup>

(Nach Versuchen auf dem Versuchsfeld des Herrn L. L. Dijkema.)

Dr. D. J. Giffint-Groningen (Holland).

Von verschiedenen Forschern ist die Auswaschung des Kalkcarbonats aus den Tonablagerungen in den humiden Gebieten festgestellt worden. Über den weiteren Verlauf der Verwitterung dieser Tonböden liegen bis jetzt keine Daten vor. Mit Hilfe des Gehalts an austauschbarem Kalk oder Tonkalk in Prozenten der Tonsubstanz (Teilchen kleiner als 0,02 mm) ist etwas über den Verlauf dieser Verwitterungsprozesse zu sagen. Aus verschiedenen Gründen empfiehlt es sich, neben dem Wert K einen neuen Wert, den Sättigungszustand des Bodens (V) einzuführen<sup>1</sup>). Als Sättigungszustand des Bodens (V) bezeichne ich das Verhältnis der Menge der im Boden vorhandenen, absorptiv gebundenen Basen zu der Menge an Basen, die der Boden binden kann. Es besteht ein Zusammenhang zwischen V und K; zu höheren V-Werten gehören im allgemeinen höhere K-Werte und umgekehrt. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse einer Untersuchung von einigen diluvialen marinen Tonablagerungen in Holland.

Bodenprobe Nr. B	Gehalt in % der Trokensubstanz an:			Tonkalk in % der Tonsubstanz K	Sättigungszustand des Bodens V (ungefähr)
	CaCO <sub>3</sub>	Tonkalk	Tonsubstanz		
1459	9,8	0,813	74,5	1,1	53
1880	3,2	0,514	43,5	1,2	54
1751/52	1,2	0,743	66,2	1,1	52
1679	0,7	0,458	35,9	1,2	52
790	nahezu Null	0,723	74,2	0,9	47
1484	0,0	0,738	78,6	0,9	45
458	0,0	0,391	63,1	0,0	38
801	0,0	0,354	66,1	0,6	31
1458	0,0	0,274	83,0	0,3	26

Die Werte K und V verändern sich während der Auswaschung des Kalkcarbonats nur wenig; solange der Tonboden noch Kalkcarbonat enthält, verliert er nur wenig Kalk aus der Tonsubstanz. Das Kalkcarbonat beschirmt den Tonkalk und den Sättigungszustand, aber unter den holländischen klimatologischen Bedingungen nicht höher als bis K zu ungefähr 1,1 bis 1,2 und V zu ungefähr 50 bis 55. Vielleicht wird am Ende der Auswaschung des Kalkcarbonats auch schon ein Teil des Tonkalkes fortgeführt, wodurch die K- und V-Werte schon etwas sinken (B 790). Nach der Auspülung des Kalkcarbonats findet weitere Fortführung des Tonkalkes statt; die K- und V-Werte sinken weiter, können sogar gleich Null werden.

Dies hat mich veranlaßt, die alluvialen marinen holländischen Tonböden nach dem Verwitterungsstadium in folgende drei Gruppen einzuteilen:

Gruppe	Beschreibung	K	V
I	Junge Böden, CaCO <sub>3</sub> haltend	größer als ungefähr 1	größer als ungefähr 50
II	Böden von mittlerem Alter; Gehalt an CaCO <sub>3</sub> gering oder gleich Null	wie bei I	wie bei I
III	Ältere bzw. sehr alte Böden; kein CaCO <sub>3</sub>	Kleiner als 1, bis sogar Null	Kleiner als 50, bis sehr niedrig, sogar Null

<sup>1</sup>) In der Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung (Wissenschaftlicher Teil, A, IV, Band, 1925) ist eine Arbeit über den Sättigungszustand des Bodens, A Mineralböden (Tonböden), erschienen, in welcher die mehr theoretischen Fragen auf diesem Ge-

wenigstens stickstoffreich ist und wir mit jungem Gras eine gewisse Verschwendung mit Eiweiß treiben, ist eine allbekannte Tatsache. (Zustimmung.) Man kann hiermit sparsamer umgehen, wenn man das Grünfütter bei der Stallfütterung nicht allein vorlegt, sondern gemischt mit Strohhäf sel. Wie man aber auf der Weide Stroh zufüttern soll, weiß ich nicht; denn das Vieh wird bei genügender Fütterung das Stroh nicht fressen. Bei der Stallfütterung kann man also gehäckseltes Stroh verwenden und mit dem Grünfütter zusammenmischen. So werden wir bei der Stallfütterung das erreichen, was Herr Albrecht belohnte, d. h. wir werden nicht die Verschwendung mit Eiweiß treiben, wie dies zweifellos auf der Weide der Fall ist.

Dann ist von der Erhöhung der Produktion gesprochen worden. Ich stehe auf dem Standpunkt, daß die praktische Landwirtschaft in ihrem Betriebe jeden Zweig fördern muß. (Sehr richtig!) Sie kann sich nicht bloß auf die Steigerung und Verbesserung des Hackfruchtbaues oder des Getreidebaues legen und das übrige Land verkommen lassen. Das ist meiner Überzeugung nach ein Ding der Unmöglichkeit. Die Landwirtschaft ist heute in außerordentlich ungünstigen Konjunkturverhältnissen. Denken Sie einmal zurück! Im Jahre vorher stand die Kartoffel hoch und das Getreide niedrig. Da haben mich die Leute gefragt: Soll ich nicht mehr Kartoffeln bauen? Ich habe gewarnt, und in diesem Herbst war es umgekehrt, da haben Sie nichts für die Hackfrüchte bekommen. Also die Landwirtschaft kann die Konjunktur nicht in dem Maße ausnutzen wie die Industrie, sondern sie muß möglichst jeden Betriebszweig in gleicher Weise zu fördern suchen. Hierbei ist es natürlich selbstverständlich, daß an einer Stelle, wo die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind, die Viehzucht, an anderen der Feldbau mehr gepflegt wird. Wenn Sie mir aber erklären: wenn ich mich um meine Weiden kümmerge, dann kann ich mich nicht um meine Ackerwirtschaft kümmern, so kann ich Ihnen hierin nicht zustimmen. Im übrigen steht doch wohl so viel fest, daß überall dort, wo die Viehhaltung und namentlich die Zucht im Vordergrund steht, man auch viel mehr Sorgfalt auf den Wiesen- und Weidenbau und den Futterbau verwenden muß, als das bislang der Fall war. So gut wie wir die Erträge unserer Feldfrüchte haben steigern können, so gut wird dies auch mit denen von unseren Wiesen und Weiden möglich sein.

Was die Anfrage des Herrn Mang betrifft, so liegen meines Wissens über Baumwollsaat in dieser Beziehung keine Untersuchungen vor. Mir ist aber bekannt, daß man vielfach mit Baumwollsaatmehl wenig günstige Erfahrungen gemacht hat, und zwar namentlich mit folgendem Baumwollsaatmehl, wie es heute gehandelt wird, also mit dem, welches in der Schweiz am weitesten verbreitet ist, sehr schalenreiche und daher als Futtermittel geringwertigere Erzeugnisse. Doch gebe ich gern zu, daß das alte deutsche, doppelt gestiebte Baumwollsaatmehl, wie es vor dem Kriege in den Handel gekommen ist, auch für Milchvieh ein gutes und brauchbares Futter gewesen ist. (Beifall.)

Berichterstatter Herr Professor Dr. Wiegner-Zürich (Schlußwort) hatte eigentlich viel mehr Widerspruch gegen seine Ausführungen erwartet, ist aber erfreut, daß seine Darlegungen im allgemeinen Zustimmung zu finden scheinen. „Interessant ist“, so fuhr Medner fort, „die Angabe des Herrn v. Reudell, daß man sich in Deutschland in der Herstellung des Süßgrünfutters immer weniger eng an die früher gegebenen Vorschriften über Erwärmung des Futters hält. Auch in der Schweiz beobachten wir das. Man achtet auch da immer weniger darauf, daß eine Erwärmung des eingebrachten Futters eintritt. Wenn man einen schweizerischen Landwirt, der Süßgrünfütter noch nach den alten Vorschriften bereitet, fragt, warum er das Futter warm werden läßt, so weiß er meist keine klare Begründung dafür; er ist unsicher. Aber die bakteriologischen Vorgänge im Futterstod gibt er sich weniger Rechenschaft. Meist begründet er schließlich die Notwendigkeit der Erwärmung damit, daß erwärmtes Futter besser zusammenfalle, was zweifellos ein Vorteil für kleine Behälter ist. Aber auch in der Schweiz kommt man bei der Herstellung der Futterkonserven immer näher dem Verfahren von Professor Bötz, man kommt zur Kalkfäuerung ohne Erwärmung. Auch bei unseren wissenschaftlichen Versuchen in Zürich gelangten wir zu der Überzeugung, daß die Kalkfäuerung wahrscheinlich das Verfahren sein wird, das in Zukunft am meisten Eingang finden wird.“

Zusammenfassend bemerkte Medner zu den Konservierungsversuchen: Wenn ich gesagt habe, daß Süßgrünfütter- und Elektrofutterkonservierung dieselben Verluste zeigen wie die Heuwerbung, so sind für Heuwerbung die Verluste bei bestem Heuwetter gemeint, die schon dann rd. 40 % des Stärkewertes des Grasses betragen, wie erwähnt wurde. Es trifft durchaus nicht zu, daß Heuwerbung sich auch bei schlechtem Wetter mit der Saftfutterkonservierung in Nährwertverhaltung messen kann. Ich wäre falsch verstanden worden, wenn man diese Meinung aus dem Vortrage mit nach Hause nehmen würde. Die Praktiker in der Schweiz stehen auf dem richtigen Standpunkt, wenn sie uns sagen: Wenn das Wetter in den Alpen zum Heuen ausgezeichnet ist, dann machen wir nach wie vor Heu; aber ein Silo ist gut für die Zeiten, in denen das Heuwetter schlecht ist, oder für die Monate, die die Heuwerbung nicht mehr zulassen. (Beifall.)

Infolge des Verschwindens eines Teiles des Tonkalkes (Sinken von K), was mit einem Geringerwerden des Sättigungszustandes (Sinken von V) Hand in Hand geht, verändert sich die Bodenazidität ( $p^H$ ), während zu gleicher Zeit ein Verschieben des kolloidchemischen Gleichgewichtes des Bodens eintritt, was schließlich eine tiefgreifende Wirkung auf seinen physikalischen Zustand (Verschlechterung der Struktur) hat. Nun ist die Reaktion des stark unterfättigten, völlig humusfreien Tonbodens B 1458 ( $K = 0,3$  und  $V = 26$ ) noch immer schwach alkalisch ( $p^H = 7,5$ ). Offenbar kann die Tonsubstanz stark entbast sein, ohne sauer zu reagieren. Eine saure Reaktion in den mittel-mäßig entbasten Tonböden (z. B. B 1484 mit  $K = 0,9 - V = 45 - p^H = 6,2$ ; B 801 mit  $K = 0,5 - V = 31 - p^H = 5,1$ ) muß also von der Anwesenheit von saurem Humus herrühren; der Humus, nicht die Tonsubstanz, gibt diesen Tonböden ihre saure Reaktion.

Der Tonboden B 1450 ( $K = 0,3 - V = 26 - p^H = 7,5$ ) besitzt schon eine außerordentlich schlechte Struktur. Daraus folgt jedoch, daß diese schweren Tonböden, lange bevor sie zu stark sauer geworden sind, schon eine Kalkdüngung zur Strukturverbesserung brauchen.

Es ist nun eine praktisch wichtige Frage, wann die schweren, humusarmen Tonböden eine Kalkdüngung zur Strukturverbesserung benötigen. Es liegt auf der Hand, daß Kalkdüngung unbedingt nötig ist, sobald der Sättigungszustand unter ungefähr 50 gesunken ist (Böden der Gruppe III). Die Praxis lehrt uns aber, daß auch die Böden der Gruppe II, mit  $V$  größer als 50, schon einer Kalkdüngung zur Strukturverbesserung bedürfen, während das bei den Böden der Gruppe I nicht der Fall ist. Dieser Unterschied zwischen den Böden der ersten und zweiten Gruppe muß offenbar mit dem Unterschied an  $CaCO_3$ -Gehalt zusammenhängen. Die Struktur der Tonböden wird nicht nur vom Sättigungszustand, sondern auch vom Gehalt an  $CaCO_3$  des Bodens beherrscht.

Während also die Böden der zweiten und dritten Gruppe darin übereinstimmen, daß sie kalkbedürftig sind (zur Strukturverbesserung), muß ein Unterschied zwischen beiden hinsichtlich der Frage, was mit der gegebenen Kalkdüngung im Boden geschieht. Die Böden der Gruppe II besitzen ungefähr denselben Sättigungszustand wie die jungen Böden der Gruppe I (ungefähr 50—55). Dies scheint unter den in Holland herrschenden klimatologischen Verhältnissen der höchste Wert zu sein. Der Tonkalkgehalt ( $K$ ) und der Sättigungszustand ( $V$ ) der Böden der zweiten Gruppe werden also von der Kalkdüngung nicht mehr in nennenswerter Weise erhöht werden können. Voraussetzlich dient die Kalkdüngung bei diesen Böden — wenigstens zum großen Teil — dazu, einen Vorrat von  $CaCO_3$  in den Boden zu bringen. Demgegenüber muß die Kalkdüngung bei den Böden der dritten Gruppe sowohl zur Erhöhung des Tonkalkgehaltes ( $K$ ), und infolgedessen auch des Sättigungszustandes ( $V$ ), als auch zur Bildung eines Kalziumkarbonatvorrats im Boden dienen. Versuche in der Praxis mit Böden von Gruppe II und III müssen diese bis jetzt noch theoretischen Betrachtungen näher begründen.

Betreffs dieser Versuche kann schon folgendes berichtet werden. Der Boden des Versuchsfeldes bei Herrn L. L. Dnkema ist schwerer, humusarmer Dollardion. Der Polder (Dollardpolder, Provinz Groningen) wurde vor ungefähr 250 Jahren eingedeicht, so daß der kohlen-saure Kalk nahezu ausgewaschen ist. Der Boden liegt auf der Grenze der Gruppen I und II. Im Februar 1923 wurden zwei Teilstücke mit Kalk gedüngt (7900 kg  $CaO$  je Hektar), während zwei Teilstücke ungedüngt blieben. Im September 1924 wurden die gedüngten und ungedüngten Teilstücke untersucht. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle enthalten:

Bodenprobe Nr. B	Kalkdüngung	Gehalt in % der Trockensubstanz an					K	V
		Humus	Kon	Sand	$CaCO_3$	Tonkalk		
1750/53	mit	2,8	66,1	29,5	1,66	0,751	1,1	50
1751/52	ohne	2,9	66,2	29,6	1,25	0,743	1,1	49

Infolge der Kalkdüngung hat also eine Vermehrung von  $CaCO_3$  um 0,41 % (= 0,23 %  $CaO$ ) und von Tonkalk um 0,008 %  $CaO$  stattgefunden. Das Gewicht des Bodens je Hektar in der Oberkrume (0—25 cm Tiefe) betrug 3,2 Millionen kg Trockensubstanz, so daß die mit Kalk gedüngten Teilstücke 32 000 mal 0,23 = 7360 kg  $CaO$  in Form von  $CaCO_3$  und 32 000 mal 0,008 = 256 kg  $CaO$  in Form von Tonkalk mehr besitzen als die ungedüngten. Von der in Form von Kalk verabreichten Menge von 7900 kg  $CaO$  sind also 7360 kg in Form von  $CaCO_3$  und 256 kg in Form von Tonkalk wiedergefunden, zusammen 7616 kg  $CaO$ .

Dieses Ergebnis, welches natürlich durch weitere Versuche näher geprüft werden muß, bestätigt die hier oben gegebene Theorie, daß der Kalk bei Anwendung auf humusarmen Tonböden mit Sättigungswerten von 50 bis 55 zum weitaus größten Teil in  $CaCO_3$  umgewandelt wird.

Die Umsehung des Kalkes in Kalziumkarbonat ist sehr schnell vor sich gegangen. Zwei Monate nach der Düngung, also im April 1923, fand ich, daß die noch auf dem Boden und in der oberen Schicht befindlichen kleinen Kalkklumpen zu mehr als 80 % aus  $CaCO_3$  bestanden.

Auf Grund der Resultate dieses Versuches und bei der Schnelligkeit der Umwandlung des Kalkes in  $CaCO_3$  fragt es sich, ob die Kalkdüngung auf den Böden der Gruppe II (und Grenze I—II) nicht ebenso gut in Form von  $CaCO_3$  gegeben werden kann. Nun steht die Wirkung des Kalziumkarbonats auf dem Felde mit der Größe der  $CaCO_3$ -Teilchen in Zusammenhang. Um ein Urteil über den Feinheitsgrad der verschiedenen  $CaCO_3$ -Verbindungen zu bekommen, wurden folgende Proben untersucht:

1. eine frische Probe Scheidenschlamm von der Zuckersfabrik;
2. einige Klumpen Scheidenschlamm im April 1923 von einem im Herbst 1922 mit Scheidenschlamm gedüngten Acker;
3. die Kalkklumpen meines Versuchsfeldes, welche zu 80 % aus  $CaCO_3$  bestanden;
4. eine Probe Kalkmergel.

Diese vier Proben wurden im Mörser mit Wasser angerührt, dann mit Wasser aufgerührt und weiter abgeschlämmt. Die Teilchen kleiner als 0,02 mm werden „fein“, die Teilchen von 0,02 bis 2 mm Durchmesser „grob“ genannt. Die folgenden Ergebnisse wurden gefunden:

Nr.	Beschreibung	fein	grob
1	Frischer Scheidenschlamm	97	3
2	Scheidenschlamm vom Acker	88	12
3	In $CaCO_3$ verwandelter $CaO$	55	45
4	Kalkmergel	10	90

Ich kann hier hinzufügen, daß die kleinen Teilchen des Scheidenschlammes mehr zu den sehr kleinen Teilchen (Fraktion  $> 0,002$  mm), die des in  $CaCO_3$  verwandelten Kalkes mehr zu der Fraktion 0,002—0,02 mm gehörten.

Dieses Resultat gibt mir Veranlassung zu dem Rat, auf humusarmen Tonböden von der Gruppe II und I—II Versuche mit Scheidenschlamm an Stelle von Kalk zur Strukturverbesserung auszuführen.

Schließlich sei noch bemerkt, daß bei Kalkdüngungsversuchen — mit Kalk oder Scheidenschlamm — zur Verbesserung der Struktur der humusarmen, schweren Tonböden der Gruppe III besonders untersucht werden muß, was mit der verabreichten Kalkdüngung geschieht. — Es bleibt festzustellen, welcher Teil derselben von der Ton(Humus)substanz festgelegt wird und ob und, beziehendensfalls, in welchem Maße sich diese Menge im Laufe der Jahre vermehrt. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei hier darauf hingewiesen, daß die Ton(Humus)substanz ihren Bedarf an  $CaO$  auch aus dem in  $CaCO_3$ -Form im Boden befindlichen Kalk decken kann, nachdem dieses  $CaCO_3$  in Bikarbonat verwandelt ist. Böden mit saurer Reaktion sind imstande, auch den Kalk sofort aus  $CaCO_3$  zu binden.