

DER BODENBILDUNGS- UND DER BODENALTERUNGSPROZESS DER NIEDERLÄNDISCHEN MARINEN, TONIGEN ABLAGERUNGEN

An jenen Stellen unserer Küste, die gegen starken Wellenschlag geschützt liegen, findet Schlickablagerung statt. Da das Wasser dieser Ablagerungen salzhaltig ist, entwickelt sich die bekannte Salzwasservegetation (Seegras, *Salicornia*). Durch den fortdauernden Schlickabsatz wird der Boden fortwährend erhöht; schliesslich wird er nicht mehr täglich vom Meereswasser überschwemmt. Das Regenwasser findet nun Gelegenheit, die Salze — wenigstens teilweise — aus der Oberkrume auszulaugen. Es tritt dann eine neue Pflanzenassoziatio n auf, und zwar eine Vegetation, in der der Andel (*Glyceria maritima*) die Hauptrolle spielt. Diese Vegetation bildet mit mehreren, örtlich verschiedenen Pflanzenarten den dichten Grasteppich des Aussendeichsländer, welche wir Kwelder und die Deutschen Groden oder Aussengroden nennen. Diese Kwelder werden also nur von den hohen Fluten, zumal im Winter, vom Meereswasser überflutet und durch Absetzen neuen Schlicks fortdauernd erhöht. Wenn der Kwelder hoch genug geworden ist, wird ein Deich angelegt, so dass das Meereswasser abgeschlossen wird; der Kwelder ist nun in einen Polder (1) umgewandelt, das Land ist eingedeicht oder eingepoldert. Auf diese Weise sind im nordöstlichen Teil der Provinz Groningen, in dem Dollard-Busen, seit ungefähr 1550 eine Reihe von Poldern einge-

deicht. Da die Böden dieser nacheinander eingedeichten Polder praktisch dieselbe Zusammensetzung haben (schwerer Tonboden mit CaCO_3), ist hier also eine Gelegenheit gegeben, den Übergang dieser Schlickablagerungen in normale Ackerböden (Bodenbildungsprozess) und die Alterung oder Verwitterung dieser jungen Ackerböden in dem gemäßigten humiden Klima meines Vaterlandes zu studieren (2). Es handelt sich um schwere Böden mit ungefähr 10% CaCO_3 , 6% Humus, 60% Tonsubstanz (minerale Teilchen kleiner als 0,016 mm Durchmesser, also Fraktion I + II der mechanischen Bodenanalyse) und 24% Sandfraktion (Teilchen von 0,016 bis 2 mm).

Bei dem Bodenbildungsprozess unterscheiden wir: *a*) die schlickige Periode; *b*) die Kwelderperiode und *c*) die ersten Jahre des sehr jungen Polders. Charakteristisch für die Schlickablagerungen ist ihr hoher Wassergehalt; je nach der Konsistenz sind in je 100 g Tonsubstanz 180 bis 360 g Wasser gefunden. Dieses Wasser enthält ungefähr 15—19 g NaCl pro Liter und weiter Sulfate. Der erste Bodenbildungsprozess dieser Schlickablagerungen ist das Eintrocknen, also der Verlust an Wasser, und dieser Prozess findet schon in der Kwelderperiode statt, also wenn der Boden noch nicht eingedeicht ist, aber schon eine Grasvegetation trägt. Durch Sonne und Wind trocknet erst die Oberkrume ein; allmählich folgen dann — auch unter Einfluss der Grasvegetation — die tieferen Schichten.

Infolge des hohen Wassergehaltes besitzen die Schlickablagerungen sehr niedrige Volumgewichte, von 0,4 bis 0,8, d. h. dass in 0,4 bis 0,8 g Boden (Trockensubstanz bei 105° Celsius) enthalten sind. Beim Eintrocknen findet dementsprechend eine kolossale Rissbildung statt, und zwar anfangs in der Oberkrume. Die für Wasser praktisch undurchlässige Schlickmasse wird für Wasser durchlässig; sie bekommt allmählich Festigkeit, Struktur.

Nach der Rissbildung kann das Regenwasser in den Boden eindringen und die Salze des Meereswassers auslaugen, allerdings vorläufig nur aus der oberen Schicht. Auch die Luft dringt in diese obere Schicht ein. Es finden Oxydations-

prozesse statt; die schwarzen Schwefel-Eisenverbindungen (3) werden zu Eisenoxyd und Schwefelsäure oxydiert. Da CaCO_3 reichlich vorhanden ist, bilden sich Gips und Kalziumbikarbonat, zwei wasserlösliche Kalziumsalze, welche die Natron-Magnesia-Ton-Humus-Substanz der marinen Ablagerungen in Kalk-Ton-Humus-Substanz umsetzen.

Alle diese Prozesse nehmen schon in der Kwelderperiode ihren Anfang, so dass der junge Polderboden sofort in den ersten Jahren nach der Eindeichung als Ackerland benutzt werden kann. Hier folgen einige Zahlen der Oberkrume (0—14 cm) eines ganz jungen Polders (Carel Coenraadpolder, eingedeicht im Jahre 1924), untersucht im Jahre 1930, also 6 Jahre nach der Eindeichung. Die Zahlen der folgenden Schicht (14—25 cm) sind nahezu die gleichen (4). Es ist ein sehr schwerer Tonboden mit 8,7% CaCO_3 (5), 5,5% Humus (N = 0,30%), 56,4% Tonsubstanz und 29,4% Sandfraktion (siehe oben). Der Wassergehalt ist auf 41 g per 100 g trocknen Boden gesunken, das Volumgewicht auf 0,97 gestiegen. Die Struktur ist eine sehr gute; der Boden ist leicht zu bearbeiten und bei sachgemässer Behandlung kann der junge Polderboden noch Jahrzehnte lang seine gute Struktur behalten. Die Durchlässigkeit für Wasser ist gross. Chloride und Sulfate sind schon völlig ausgespült. Aus der schlickigen Masse hat sich ein schöner Ackerboden gebildet, der einige Jahrhunderte, ohne grosse Düngung, reiche Ernte geben kann. Dieser Boden veraltet nun im Laufe der Zeit und die nacheinander eingedeichten Dollardpolder bieten, wie gesagt, eine schöne Gelegenheit diesen Alterungs- oder Verwitterungsprozess während einer Periode von nahezu 400 Jahren zahlenmässig zu verfolgen; von 1545 bis 1924 sind 8 Polder in dem Dollardgebiete eingedeicht worden. Nur muss dabei in der Jugendzeit des Polders ein ziemlich grosser Sprung gemacht werden von dem Carel Coenraadpolder (eingedeicht im Jahre 1924) auf den Reiderwolderpolder (eingedeicht im Jahre 1862), also ein Unterschied im Alter von 62 Jahren. Die verschiedenen Bodenwerte werden hier nacheinander besprochen.

Der physikalische Bodenzustand. Die Durchlässigkeit für Wasser hat 70 Jahre nach der Eindeichung in der Oberkrume

(0—25 cm) schon ziemlich stark abgenommen; der Untergrund, bis 1 Meter tief, bleibt noch 100 Jahre länger gut durchlässig für Wasser. Der 70 Jahre alte Boden ist auch schon weniger leicht zu bearbeiten, und das wird mit den Jahren immer schwerer. Zahlen stehen hier nicht zur Verfügung.

Salze des Meereswassers (Chloride und Sulfate). Sechs Jahre nach der Eindeichung (im Jahre 1930) waren die Salze des Meereswassers schon aus der ungefähr 50 bis 60 cm tiefen oberen Bodenschicht ausgespült; die tieferen Schichten enthalten dann noch geringe Mengen Chloride und Sulfate. Siebzig Jahre nach der Eindeichung ist die 1 Meter tiefe obere Schicht schon ganz salzfrei; nach ungefähr 150 Jahren sind die Salze bis auf eine Tiefe von 1,5 m ausgespült. Bei guter Abwässerung werden noch tiefere Schichten entsalzt.

Humus und Stickstoff. Die Schlickablagerungen an unseren Küsten enthalten nahezu alle dieselbe Menge an organischer Substanz, nämlich in Mittel 9,6 g pro 100 g Tonsubstanz. Zum Vergleich sind alle Zahlen, über die ich verfüge, auf 60% Tonsubstanz umgerechnet. 100 g Trockensubstanz (105° C) von diesem Schlick enthalten also 60 g Ton (Fraktion I + II) und rund 5,8 g Humus; weiter ungefähr 0,327 g N, also pro 100 g Humus rund 5,6 g N. In dem jungen Polderboden werden fast noch dieselben Zahlen wieder gefunden (pro 56,4 g Ton 5,5 g Humus und pro 5,5 g Humus 0,30 g N). Nach der Eindeichung, bei der Kultivierung als Ackerland, findet eine starke Oxydation der organischen Substanz in der Oberkrume statt. Nach 70 Jahren ist der Humusgehalt in der Oberkrume (mit 60% Ton) von 5,8% auf 3,2% gesunken, also von 9,6 g auf 5,3 g Humus pro 100 g Tonsubstanz. Der Stickstoffgehalt ist gesunken von 0,327% auf 0,209%; in Prozenten auf Humus ist der Stickstoffgehalt also gestiegen von 5,6% auf 6,6% ($100 \times 0,209 : 3,2 = 6,6$). Die organischen Kohlenstoffverbindungen haben sich in diesen 70 Jahren also schneller umgesetzt als die organischen Stickstoffverbindungen. Es ist nun merkwürdig, dass die älteren schweren Polderböden im Dollardgebiet (Provinz

Groningen), welche bis ungefähr 350 bis 400 Jahre als Ackerland im Gebrauch sind, alle ungefähr den gleichen Humusgehalt und den gleichen Stickstoffgehalt behalten, nämlich 3,2% Humus (bei 60% Tonsubstanz) und 0,21% Stickstoff (N). Offenbar ist ein Gleichgewichtszustand von ungefähr 5,3 g Humus pro 100 g Tonsubstanz und von 6,6 g N pro 100 g Humus eingetreten. Es sei noch hinzugefügt, dass diese Betrachtungen für Ackerland und Oberkrume mit nahe zu neutraler Reaktion gelten.

Die Böden des Versuchspolders in der Nähe von Andijk (Zuidersee) boten nun die Gelegenheit, diese Umsetzungsprozesse der organischen Substanz und des Stickstoffs von Anfang an zu studieren. Die Eindeichung war im Jahre 1927 fertig. Der Schlickboden enthielt rund 60% Tonsubstanz und hatte im Jahre 1927 noch 5,8% organische Substanz, also pro 100 g Tonsubstanz 9,6 g organische Substanz; weiter 0,333% N, also 5,7 g N pro 100 g Humus. Nach vier Jahren (im Jahre 1931) war der Humusgehalt auf 5,4% gesunken (9,0 g Humus je 100 g Tonsubstanz) und der Stickstoffgehalt auf 0,291% (5,4 g N je 100 g Humus). Nach acht Jahren (im Jahre 1935) waren diese Zahlen 5,2% (= 8,7 g Humus pro 100 g Tonsubstanz) und 0,278% (= 5,3 g N pro 100 g Humus). Erstens sei nun bemerkt, dass sich in dieser 8 jährigen Periode eine ungeheure Menge CO₂ bildete und grosse Mengen Stickstoff frei wurden; und zwar in der Periode von 1927—1935 (acht Jahre) im Mittel jährlich 75 mg Humus je 100 g Trockensubstanz (dass sind in der Oberkrume jährlich im Mittel 115 kg Stickstoff-N pro Hektar). Es liegt auf der Hand, dass der junge Tonboden aus dem Versuchspolder Andijk in den ersten Jahren gar nicht auf eine Stickstoffdüngung reagiert und trotzdem sehr hohe Ernten liefert. Weiter ist zu bemerken, dass die organischen Kohlenstoffverbindungen in dieser achtjährigen Periode langsamer umgesetzt wurden, als die organischen Stickstoffverbindungen; der prozentuale Gehalt des Stickstoffs in der organischen Substanz nahm von 5,7 auf 5,4 und 5,3 ab. Wie oben schon bemerkt ist, kehrt sich dieser Prozess später um; der prozentuale Gehalt des Stickstoffs steigt dann bis 6,6.

Kohlensaurer Kalk (CaCO_3). Schon im Jahre 1863 hat Van Bemmelen darauf hingewiesen, dass der Gehalt an CaCO_3 allmählich abnimmt und zwar verliert die Oberkrume der Dollardpolder annähernd in 25 Jahren 1% CaCO_3 . Unter Annahme von einem Gehalt an CaCO_3 in dem jungen Polder von rund 10%, wird die Oberkrume also ungefähr 250 Jahre nach der Eindeichung frei von CaCO_3 sein; was auch tatsächlich der Fall ist. Der Untergrund enthält dann noch CaCO_3 ; 350 bis 400 Jahre nach der Eindeichung ist CaCO_3 schon bis auf eine Tiefe von 1 Meter und tiefer ausgelaugt.

Azidität (pH), austauschfähige Basen (S), Sättigungszustand (T und V). Ich nehme an, dass die Bedeutung der Bodenwerte pH, S, T und V bekannt ist (6). Die Bestimmung der austauschfähigen Basen in Böden, welche nebst CaCO_3 auch die Salze des Meereswassers enthalten, liefert Schwierigkeiten (7); darum werden die Zahlen dieser Böden hier nicht mitgeteilt. Unmittelbar nachdem diese Salze vom Regenwasser ausgespült waren, wurden gefunden Milligrammäquivalente (MAe) per 100 g Tonsubstanz (+ Humus): 15,9 CaO, 11,3 MgO, 2,6 K_2O und 8,0 Na_2O , also zusammen 37,8 MAe austauschf. Basen (S). Das relative Verhältnis pro 100 MAe Basen ist also rund $42 \text{ CaO} + 30 \text{ MgO} + \text{K}_2\text{O} + 21 \text{ Na}_2\text{O}$. Sehr wahrscheinlich haben die Schlickablagerungen eine nahezu gleiche Zusammensetzung. Ich habe derartige Böden Magnesia-Natron-Böden genannt; ihr Natrongehalt ist schon so hoch, dass eine schleimige Struktur auftreten kann. Unsere marinen Ablagerungen enthalten genügend CaCO_3 , welches unter günstigen Umständen rasch als Gips und Kalziumbicarbonat in Lösung geht (siehe oben). Bei der Kultivierung setzten diese gelösten Kalkverbindungen die Natron-Ton-Humussubstanz in Kalk-Ton-Humussubstanz um, und dieser Prozess findet so rasch statt, dass die Oberkrume des Carel Coenraadpolders im Jahre 1930, also 6 Jahre nach der Eindeichung, schon ein Basenverhältnis von $66 + 26 + 6 + 2 = 100$ hatte, mit einem S-Wert = 36,0 (per 100 g Ton + Humus). Der Gehalt an austauschbarem Natron hat also stark abgenommen; der Austausch von Na durch Ca findet infolge der losen Bindung der Na-Ionen

von der Ton-Humus-Substanz sehr schnell statt; Magnesia bleibt länger gebunden (8). Glücklicherweise ist das Mg-Ion für die Peptisation der Ton-Humus-Substanz bei weitem nicht so gefährlich als das Na-Ion. Es liegt auf der Hand, dass der Gehalt an CaCO_3 dabei etwas abgenommen haben muss (ungefähr 1% CaCO_3). Auch der pH-Wert, welcher in den MgO-Na₂O-Böden ungefähr 8—8,5 war, sinkt etwas (auf 7,5—7,8); der Sättigungszustand ($V = 100$ S: T) bleibt nahezu derselbe (ungefähr 42—43). Sechzig Jahre später, also rund 70 Jahre nach der Eindeichung, ist das Basenverhältnis geworden $87 + 8 + 4 + 1 = 100$. Auch der MgO-Gehalt hat nun stark abgenommen; der Boden ist ein Kalkboden geworden. Der Gehalt an CaCO_3 ist wiederum geringer; der pH ist noch immer ungefähr 7,7; der Sättigungszustand (V) beträgt 45, ist also praktisch derselbe geblieben. Während der nun folgenden 150 Jahre nimmt der Gehalt an CaCO_3 regelmäßig in der Oberkrume ab bis ungefähr 1 bis 2% (230 Jahre nach der Eindeichung). In dieser Periode findet jedoch noch keine Änderung in dem Gehalt an austauschfähigen Basen statt; 230 Jahre nach der Eindeichung ist das Basenverhältnis noch immer $87 + 8 + 4 + 1 = 100$. Auch die Werte pH ($= 7,7$), S ($=$ ungefähr 36—37) und V ($= 45$) sind praktisch dieselben geblieben. Der vom Regen ausgespülte und von den Pflanzen aufgenommene austauschfähige Kalk wird also durch CaO aus dem CaCO_3 aufgefüllt. Als der kohlen saure Kalk nach ungefähr 250 Jahren aus der Oberkrume verschwunden ist, muss natürlich eine Änderung stattfinden. Ursprünglich hatte ich gedacht, dass sofort nach dem Verschwinden des kohlen sauren Kalkes eine Abnahme des Gehalts an austauschf. Kalk auftreten würde, womit dann eine gleichzeitige Abnahme der Werte pH, S und V verbunden sein würde. Dass ist nun jedoch nicht der Fall. In der Periode von 250 bis 300 Jahren nach der Eindeichung, als CaCO_3 also schon völlig aus der Oberkrume ausgespült ist, findet allerdings eine Abnahme des Gehalts an austauschf. Kalk statt, welche jedoch von einer Steigerung des Gehalts an austauschf. MgO aufgehoben wird. Das Basenverhältnis wird $79 + 18 + 2 + 1 = 100$; der pH-Wert sinkt etwas

auf 7,2—7,4; der S-Wert bleibt ungefähr 37—38 und der V-Wert 44—45. Es ist natürlich eine interessante Frage, woher diese austauschf. MgO herrührt (9). In der folgenden Periode (350 bis 400 Jahre nach der Eindeichung) ist das Basenverhältnis geworden $71 + 24 + 2 + 3 = 100$. Der Gehalt an CaO hat noch weiter abgenommen; der Gehalt an MgO ist noch ein wenig gestiegen. Der S-Wert ist nun jedoch gesunken auf 30; das heisst, dass die MgO-Zunahme geringer gewesen ist als die CaO-Abnahme. Auch der V-Wert hat abgenommen (= 32); ebenso der pH-Wert (= 5,9); 380 Jahre nach der Eindeichung reagiert der Boden sauer.

An dieser Stelle sei bemerkt, dass mit der Kalkausspülung eine Verschlechterung der Struktur verbunden ist. Die CaCO_3 -freien Böden, mit sauren pH-Werten, müssen unbedingt gekalkt werden. Es empfiehlt sich jedoch, diese Kalkdüngung in Hinsicht auf die Strukturverbesserung schon früher anzuwenden, zur Zeit in der der Boden noch 1 bis 2% CaCO_3 enthält.

Phosphorsäure. Bestimmt ist der Gehalt an Gesamtphosphorsäure (löslich in HNO_3) und an P_2O_5 löslich in Citronensäure. Der Kwelderboden und der junge Polderboden (6 Jahre alt) haben, bei einem Gehalt von 60% Tonsubstanz, einen Gehalt von 0,21% Gesamt- P_2O_5 , also pro 100 g Tonsubstanz 0,35 g P_2O_5 ; und einen Gehalt von 0,07% citronenlösliche P_2O_5 . Die relative Löslichkeit der P_2O_5 nach Lemmerman ist also $100 \times 0,07 : 0,21 = 33$. Ungefähr 100 Jahre später ist pro 100 g Tonsubstanz noch vorhanden ungefähr 0,29 g Gesamtphosphorsäure, mit einer relativen Löslichkeit von ungefähr 30. Bei einem Alter von 250 bis 400 Jahren sind diese Zahlen 0,20 g und 17. Es findet also eine allmähliche Abnahme statt.

Kali. Bestimmt ist der Gehalt an K_2O löslich in 5% HCl und der an austauschfähigem Kali. Der Boden des jungen Polders (6 Jahre alt) hat, bei einem Gehalt von 60% Tonsubstanz, einen Gehalt von 0,46% K_2O (HCl), also pro 100 gr Tonsubstanz 0,77 g K_2O ; und einen Gehalt von 0,083% austauschf. K_2O . Die relative Löslichkeit des Kalis ist also $100 \times 0,083 : 0,46 = 18$. Der 70 Jahre alte Polderboden hat

0,72 g K_2O pro 100 g Tonsubstanz mit einer relativen Löslichkeit von rund 10. Vierzig Jahre später sind diese Zahlen 0,67 g und 6,6. Dann nimmt der Gehalt an HCl-lösl. K_2O nicht mehr ab; die relative Löslichkeit sinkt noch bis 5 à 4. Es ist also hauptsächlich der Gehalt an austauschl. K_2O , der bei der Alterung des Bodens abnimmt.

Düngungsbedürftigkeit des Bodens und Ernteerträge. Wie schon oben bemerkt ist, braucht der junge Boden des Carel Coenraadpolders (jetzt 16 Jahre alt) noch keine Düngung. Nur um höhere Erträge zu bekommen, wird schon jetzt bei einigen Gewächsen mit kleinen Mengen Stickstoff gedüngt, und zwar bei Weizen mit 0 bis 20 kg N pro ha; bei Gerste mit 0 bis 30 und bei Hafer mit 0 bis 15. Nach 400 Jahren braucht der Böden mehr Stickstoff: Weizen 20 bis 60 kg N pro ha; Gerste und Hafer 30 bis 60 kg. Nach 300 bis 400 Jahren wird auch eine mässige Phosphorsäuredüngung dann und wann gegeben. Kali ist auch nach 400 Jahren noch nicht nötig. Hier folgen auch einige normale Ernteerträge (kg pro ha):

	Carel Coenraadpolder (16 Jahre alt)	Simsonpolder (390 Jahre alt)
Weizen	3.400	3.200
Gerste	3.600	3.400
Hafer	4.000	4.000

Den Haag (Holland), Februar 1940.

BEMERKUNGEN

¹⁾ In Deutschland als *Koog* bezeichnet, zuweilen auch als *Groden*, wobei man das Aussendeichsland als *Ausengroden* bezeichnet.

²⁾ Der Hauptinhalt dieser kurzen Übersicht ist meiner Publikation: *De bodenkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders; Bijdrage tot de kennis van het verouderingsproces van de zware zeekleigronden*, door Dr. D. J. H i s s i n k; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, no. 44, B (1935); 's-Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij; entnommen. Weiter sei noch auf meine folgenden Arbeiten hingewiesen: *Die Kultivierung der jungen Zuidersee-Böden vom Lodenkundlichen Standpunkt aus betrachtet*. Der Forschungsdienst,

1936; Problèmes de la science du sol relatifs à la mise en culture des sols jeunes du Zuiderzee, Annales Agronomiques, Nouvelle Série, Tome VIII (1938); The reclamation of the Dutch saline soils (solonchak) and their further weathering under the humid climatic conditions of Holland, Soil Science, Vol. 45, no. 2 (1938); Sitzung der zweiten Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Helsinki, 28. Juli 1938, Verhandlungen Teil B, Seite 71—72 (Helsinki 1938).

²⁾ Bezüglich dieser Schwefel-Eisenverbindungen, siehe u. m.: Verhandlungen der zweiten Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Groningen (Holland), Teil B (1927), Seite 163—164.

³⁾ Für die Änderungen der tieferen Schichten sei hier auf die erste in Bemerkung 2 erwähnte Arbeit hingewiesen.

⁴⁾ Der Gehalt an CaCO_3 dieser Stelle war ausnahmsweise ziemlich niedrig; der normale Gehalt der jungen Polderböden an CaCO_3 ist rund 10%.

⁵⁾ Der S-Wert ist die Summe der austauschfähigen Basen in Milligramm-Äquivalenten ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = \text{S}$); der T-Wert ist die Menge an Basen, welche der Boden total adsorptiv binden kann, auch in MAe V, der Sättigungszustand des Bodens ist 100 S: T. Die Werte S und T können; berechnet werden pro 100 g Boden und pro 100 g Ton + Humus. Für diese letztere Berechnung ist es nötig, die Menge an adsorbierender Substanz Ton (+ Humus) in einer Zahl auszudrücken. Ich habe gefunden, dass die Humussubstanz (bei schwach alkalischer Reaktion) ungefähr 4,5 mal mehr Kalk binden kann als die Tonsubstanz; mit Hilfe von diesem Verhältnis ist die gesamtadsorbierende Substanz im Boden in einer Zahl, entweder als Ton (+ Humus), oder als Humus (+ Ton), auszudrücken. Da hier nur annähernde Berechnung in Frage kommt, habe ich diese Umrechnung nur angewandt auf Tonböden mit wenig Humus, bzw. auf Humusböden mit wenig Ton. Für die Literatur sei auf meine Arbeiten hingewiesen; siehe, u. m. Bodenkundliche Forschungen, Band I, no. 1 (1928), Seite 4—42; auch Transactions of the Faraday Society, no. 60, Vol. XX, Part 3, April 1925.

⁶⁾ In den letzten Jahren hat Dr. A. J. Z u r eine Methode ausgearbeitet, bei welcher der Gehalt an wasserlöslichen Salzen in den Presssäften bestimmt wird.

⁷⁾ Schon vor 20 Jahren (Intern. Mitteilungen für Bodenkunde, Band X, 1920) habe ich auf den Unterschied in der Bindekraft des Bodens für adsorptiv gebundene Basen hingewiesen.

⁸⁾ Vielleicht hat der Gehalt an austauschfähigen Mg auf Kosten von dem säurelöslichen Mg zugenommen; anders gesagt, Mg ist aus den inneren Gitterräumen an die Oberfläche diffundiert. An Stelle von Mg sind dann H-Ionen gekommen. Schon in meiner Abhandlung in den Intern. Mitteilungen für Bodenkunde (Band XII, 1922) habe ich die Frage gestellt, ob säurelösliche Basen in adsorptiv gebundene übergehen, und umgekehrt (siehe Par. 13, Seite 140—143).