

Die physikalischen und chemischen Veränderungen von Marschboden nach der Eindeichung.

Von Dr. J. Hissink, Groningen¹⁾.

Vor der Beantwortung der im Thema liegenden Frage stellt der Verfasser zunächst fest, durch welche physikalischen und chemischen Eigenschaften der nicht eingedeichte Marschboden charakterisiert wird. Bei seinen Untersuchungen bestimmte er das Volumengewicht des Bodens in natürlicher Lagerung und das wahre spezifische Gewicht der Bodentrockensubstanz. Mit Hilfe der beiden Werte berechnet er das Porenvolumen. Auf Grund zahlreicher Untersuchungen niederländischer Außendeichsländereien in den Provinzen Seeland und Groningen fand er, daß das spezifische Gewicht von 2.521 bis 2.675 schwankte und im Mittel 2.6 betrug. Die Ursache der Schwankung liegt wahrscheinlich im Humusgehalt, jedoch ist der Einfluß dieser kleinen Unterschiede auf das Porenvolumen nicht groß. Dagegen schwanken die Volumengewichte sehr stark, nämlich von 0.586 bis 1.40 und demzufolge denn auch das Porenvolumen, wobei die Werte zwischen 76.7 und 46.1 liegen. Bei älteren Böden schwanken die Werte von 56.6 bis 46.1, während die Zahlen für die Außendeichsländereien zwischen 47.2 und 76.7 liegen. Porenvolumina von mehr als 55 wurden nur auf den Außendeichsländereien angetroffen. Diese Ländereien waren sämtlich mit Gras bestanden. Ob dieser Pflanzenbestand von Einfluß auf das Porenvolumen ist, kann Verf. aus seinen Zahlenwerten nicht ableiten. Dagegen ist er der Ansicht, daß größere Porenvolumina auf den mehr tonigen und niedrigen auf den mehr sandigen Böden vorkommen; vielleicht hat auch der Humusgehalt einen Einfluß, da im allgemeinen das Porenvolumen mit der Tiefe abnimmt. Nur in einem Polder, dem Anna Paulowna-Polder, trat das umgekehrte Verhältnis ein. Zusammenfassend kann man sagen, daß die mehr tonigen begrünten Außendeichsböden durch ein sehr hohes Porenvolumen gekennzeichnet sind, während das Porenvolumen der mehr sandigen Böden geringer ist, aber immerhin im Obergrund noch über 55% bleibt. Die Ursache der porösen Struktur dieser Böden sieht Verf. darin, daß die Tonsuspensionen

¹⁾ Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstation Nr. 29. (Nach einem Vortrag.)

durch die im Seewasser vorhandenen Salze ausgeflockt werden, wodurch der Boden eine schwammartige Struktur erhält; damit erklärt es sich auch, daß das Porenvolumen mit abnehmendem Ton- und zunehmendem Sandgehalt abnimmt. In chemischer Beziehung werden diese Böden dadurch gekennzeichnet, daß das in ihnen vorhandene Eisenoxyd im stärksten Maße frei gemacht wird, wodurch die graue Farbe des Bodens in eine mehr braune übergeht. Durch die Zersetzung der im Boden vorhandenen organischen Substanzen findet eine Reduktion der Ferrisalze zu Ferrosalzen statt, es bildet sich Ferrobikarbonat, welches mit dem Bodenwasser entfernt wird. Auch die im Seewasser vorhandenen Sulfate werden anaërob durch die Spirille: *Microspira desulfuricans* Beyerink reduziert. Der hierbei entstehende Schwefelwasserstoff führt die vorhandenen Eisenoxyde in schwarzes Schwefeleisen über unter Abscheiden von elementarem Schwefel. Man trifft dieses Schwefeleisen auf allen diesen Böden an, oft sogar in tintenschwarzen Flecken, und wenn das Seewasser abläuft, tritt der Sauerstoff der Luft in den porösen Boden ein, und es findet eine sehr schnelle Oxydation des Schwefeleisens statt. Hierbei bildet sich Ferrosulfat, welches sich wiederum mit dem vorhandenen kohlensauren Kalk zu Eisenoxyd und Gips umsetzt. Deshalb findet man oft in den Wurzelgängen, wo die Luft schnell eindringen kann, Ablagerungen von Eisenoxyd.

Weitere Umsetzungen finden unter dem Einfluß des Kochsalzes aus dem Seewasser statt, wobei der austauschbare Kalk eine große Rolle spielt. Will man den Gehalt von austauschbarem Kalk in verschiedenen Tonböden miteinander vergleichen, dann tut man dies am zweckmäßigsten durch Umrechnung auf den Tongehalt, wobei unter Ton hier der Gehalt an Teilchen kleiner als 0.02 mm verstanden wird. Beispielsweise beträgt bei einem Gehalt von 0.345% austauschbarem Kalk und einem Tongehalt von 64.6% in der Trockensubstanz der Kalkgehalt auf Ton berechnet 0.53% CaO. In den Außendeichsböden beträgt der Kalkgehalt, auf Ton berechnet, im Mittel 0.57%, in jungen Polderböden etwa 0.8 bis 1.0%. Außer diesem Kalk enthalten die Böden aber auch noch zum Teil recht beträchtliche Mengen an kohlensaurem Kalk. Alte Kleiböden, welche den kohlensauren Kalk durch Auswaschung längst verloren haben, besitzen immer noch 0.3 bis 0.4% Kalk auf Ton berechnet. Während so der eingedeichte Marschboden als Kalkton aufzufassen ist, muß man den Außendeichsboden als Natronton auffassen, denn durch die Einwirkung der Natronsalze des Seewassers wird der Kalk des Tons zum großen Teil durch Natron ersetzt, während nach der Eindeichung der umgekehrte Prozeß stattfindet. Der Natronton kann eine schädliche Einwirkung auf die Struktur des Marschbodens ausüben, weil er den Boden peptisiert, doch kommt diese Peptisation im Außendeichsland nicht vor, weil durch den Einfluß des Seewassers stets eine Koagulation vorherrscht. Sobald aber das Seewasser durch

Süßwasser verdrängt ist, tritt die Peptisation und damit ein Dichtschlemmen des Bodens ein.

Zusammenfassend bemerkt Verf. folgendes: Physikalisch ist der mit Pflanzen bestandene Außendeichsmarsch-Boden durch ein hohes Porenvolumen gekennzeichnet, das mit dem Tongehalt zunimmt. Es treten in dem Boden Reduktions- und Oxydationsprozesse auf, wodurch das Eisen des Bodens in Bewegung kommt. Dabei bilden sich bei schlechter Durchlüftung Schwefeleisen und andere Eisenoxydulverbindungen, welche bei Luftzutritt schnell in Eisenoxyd übergehen. Der Boden ist reich an kohlen saurem Kalk, doch im Vergleich zu jungem Polderboden arm an auswechselbarem Kalk im Ton. Demgegenüber steht ein höherer Gehalt an auswechselbarem Natron. Wesentlich für die Struktur dieser Böden ist es, ob die Poren in ihnen kapillar oder nicht kapillar sind, denn der Boden ist um so durchlässiger, je weniger kapillare Poren er besitzt.

Die Umsetzungen, welche nach der Eindeichung in den Außendeichsländereien sich abspielen, sind auf zwei Hauptursachen zurückzuführen:

1. auf das Auswaschen der Salze des Seewassers durch das Regenwasser und
2. durch die bessere Durchlüftung.

Die Schnelligkeit des Auswaschens der Salze wird durch die Abwässerung und den Regenfall bestimmt. Die Entsalzung geschieht verhältnismäßig schnell; so fand Verf. z. B. in der Abwässerung neu eingedeichten Landes

im Juli-August 1922	17.40 g
Juli 1923	15.76 g
September 1923	13.60 g
Januar 1924	5.93 g

Kochsalz im Liter Wasser. Auch geht aus den Untersuchungen von mit Meerwasser überschwemmten Ländereien hervor, daß drei Jahre nach der Überschwemmung das Salz praktisch aus dem Boden verschwunden ist. Durch das leichtere Eindringen der Luft findet eine schnellere Oxydation der Eisenoxydulverbindungen statt und infolgedessen auch eine schnellere Zersetzung der organischen Substanz. Diese Zersetzung wird durch das Stürzen oder Zerreißen der Grasflächen gefördert, wodurch aber ein ungünstiger Einfluß auf die Bodenstruktur herbeigeführt wird, denn der Regen erhält dann die Möglichkeit, die Bodenkrümel zu zerschlagen. Die Zersetzung der organischen Substanz ist an sich günstig für die Bodenstruktur, weil sich dabei Kohlensäure bildet; wenn diese aber entwichen ist, setzt sich der Boden zusammen. Außerdem löst die Kohlensäure den kohlen sauren Kalk als Kalziumbikarbonat auf, welcher wieder ausflockend auf den Ton einwirkt. Das Calciumbikarbonat übernimmt also hiermit die koagulierende Rolle der Salze des Seewassers und wirkt der Peptisation des Natrontones, wie diese, entgegen. Es bildet sich Kalkton und Natriumbikarbonat, eine Reaktion, die aber unkehrbar ist. Wenn man günstig auf den Boden einwirken will, muß man die Bildung von Kalkton nach Möglichkeit befördern. Man muß dafür sorgen, daß möglichst viel Kalziumbikarbonat oder letzten Endes viel Kohlensäure gebildet wird und daß das Natriumbikarbonat entfernt wird. Beide Ziele erreicht man durch eine gute

Abwässerung. Wie lange die Umsetzung von Natronton in Kalkton dauert, ist noch unbestimmt; jedenfalls aber kann man diesen Vorgang geradezu als den Übergang von Außendeichsboden zu Polderboden bezeichnen. Beim Pflügen ist darauf zu achten, daß der Boden im trockenen Zustande und nur flach gepflügt wird. Durch das nasse Pflügen wird die Struktur des Marschbodens verdorben. Pflügt man die organische Masse zu tief unter, dann zersetzt sie sich zu langsam; wird sie aber nur flach untergepflügt, dann kann durch den Regen nur die obenauf liegende Bodenschicht eine schlechte Struktur erhalten, während der darunter liegende Boden seine Durchlässigkeit behält.

Seine Ausführungen faßt der Verf. wie folgt zusammen; Nach der Eindeichung wird das Salz durch das Regenwasser ausgelaugt. Sobald der Boden nicht mehr unter Wasser kommt, kann ihn die Luft regelrecht durchdringen und die Eisenoxydulverbindungen in Eisenoxyd umsetzen. Außerdem finden Zersetzungen der organischen Stoffe statt. Auch das Stürzen oder Zerreißen der Grasflächen befördert diese Umsetzung. Hierbei bildet sich unter günstigen Umständen Kohlensäure, wodurch ein Teil des kohlen sauren Kalkes als Kalziumbikarbonat im Grundwasser gelöst wird. Dieses Kalziumbikarbonat wirkt ausflockend auf den Natronton ein, welcher sonst im Süßwasser stark peptisierend würde. Außerdem setzt sich der Natronton durch die Einwirkung des Kalziumbikarbonates in Kalkton um.

Auch der physikalische Zustand verändert sich nach der Eindeichung. Mit Sicherheit kann gesagt werden, daß das Porenvolumen nach der Eindeichung abnimmt, und zwar um so mehr, je größer es anfänglich war. Es muß aber in dieser Hinsicht ein Unterschied bestehen zwischen den mehr tonigen und den mehr sandigen Böden. Auch die Struktur des Bodens verändert sich. Die Struktur ist eine Größe, welche sich noch nicht durch Zahlen ausdrücken läßt, die jedoch wahrscheinlich von den Poren abhängt und mit der Luftkapazität in Verbindung steht. Es muß noch festgestellt werden, welche Veränderung die Luftkapazität erfährt und ob diese Veränderungen mit der Struktur in Verbindung stehen. Aus praktischen Erfahrungen weiß man, daß der junge Polderboden noch jahrzehntelang nach der Eindeichung seine gute Struktur behalten kann. Die Umsetzung von Natronton zu Kalkton ist günstig für die Erhaltung dieser guten Struktur. Schnelle Abführung des Salzwassers und des gebildeten Natronbikarbonates fördert die Umsetzung von Natronton zu Kalkton. Unsachgemäßes Pflügen kann viel verderben, im allgemeinen kann man sagen, daß trocken und flach gepflügt werden muß. Man pflügt möglichst im Juli und sät dann im August als erste Frucht Raps, was in Holland bei einigen Eindeichungen sogar Vorschrift ist.