

Aux séances de la commission I (Physique du sol, Versailles 1934) Dr. Hooghoudt de Groningen a montré dans une étude approfondie intitulée: "Recherches sur quelques grandeurs physiques du sol" par quels procédés les propriétés hydrodynamiques peuvent être déterminées avec une grande exactitude au laboratoire. Il a également montré la liaison valable pour les sols sableux existant entre ces propriétés et le rapport spécifique de la surface introduit par Zunker.

Torzaghi a décrit dans "Erdbaumechanik auf bodenphysikalischen Grundlagen (1925)" les procédés permettant d'obtenir la vitesse de filtration des terres cohérentes, spécialement les argiles, sous une pression quelconque. Il a ainsi montré comment on peut déterminer les propriétés d'un échantillon de sol prélevé à une profondeur quelconque de façon que sa structure initiale soit aussi peu modifiée que possible.

Les travaux effectués par Tanner au kulturtechn. Laboratorium der ETH en 1926 ont mis en évidence l'influence de la température et la viscosité de l'eau sur les valeurs du coefficient de filtration. Tanner a également reconnu l'influence des colloïdes du sol sur ces propriétés. Consulter à ce sujet: Einführung in die Untersuchungsmethoden für kulturtechnische Arbeiten, publié en 1927.

La "Engineering Experiment Station du Iowa State College" avait déjà reconnu l'influence de la température et d'autres facteurs tels que la pression barométrique sur les grandeurs physiques du sol, les variations de niveau et surtout le débit des nappes souterraines. L'influence de ces facteurs a été reconnue au cours des observations en plein champ organisées par nos soins de 1927 à 1930.

5. Über täglich wiederkehrende Druckschwankungen im Bodenwasser Von

Ing. Dr. Josef Donat,

Privatdozent an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, Österreich

Es wird die an verschiedenen Orten beobachtete Erscheinung der täglich sich wiederholenden Schwankungen des Wasserstandes in Grundwasserbeobachtungsröhren behandelt, die nach eigenen Beobachtungen als Begleiterscheinung des Wärmeaushaltes des Bodens zu deuten ist.

Nach einer Prüfung der Leistungsfähigkeit des Meßverfahrens werden die bei diesen Vorgängen in Frage kommenden unmittelbaren Wärmewirkungen, die in einer Änderung der Oberflächenspannung des Wassers sowie in einer Spannungsänderung abgesehnürter Bodenluft zum Ausdruck kommen können, sowie die durch den Wechsel von Verdunstung und Taufall in Erscheinung tretenden mittelbaren Wärmewirkungen, auf dem Wege der Rechnung und des Versuches getrennt betrachtet und hinsichtlich ihrer annähernden Größe und ihres Wirkungsbereiches gekennzeichnet.

Schließlich wird kurz auf die vermutliche Bedeutung dieser täglich wiederkehrenden Druckschwankungen für das Pflanzenwachstum eingegangen.

6. Die Bohrlöchermethode zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Bodens und ihr Nutzen für die Praxis

Von

S. B. Hooghoudt

(Bodenkundliches Institut Groningen, Holland. Direktor: Dr. D. J. Hissink)

In den „Transactions of the Third International Congress of Soil Science, Oxford, 1935“, Volume I, S. 382 findet sich eine kurze Abhandlung über die Bohr-

löchermethode zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Bodens. Die Untersuchungen waren damals noch nicht beendet. Wir haben sie nachher sowohl mit homogenen als auch mit schichtartig aufgebauten Böden fortgesetzt. Diese Untersuchungen sind jetzt endgültig abgeschlossen. Die Theorie der Wasserströmung im Boden, sowie die Resultate der obengenannten Untersuchungen und die Anwendung in der Praxis haben wir in einer ausführlichen Publikation besprochen¹⁾. Ich muß mich hier damit begnügen, die Formeln anzugeben, die für die Benutzung der Methode wichtig sein können. Zu beachten ist, daß die seit dem Kongress in Oxford fortgesetzten Untersuchungen eine kleine Abänderung der Formeln — namentlich für heterogene Böden — notwendig gemacht haben. Die Methode zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Bodens gründet sich auf die Bestimmung der Steiggeschwindigkeit des Wassers in Bohrlöchern (Durchmesser meistens 12 bis 20 cm), nachdem das Wasser bis zu einer willkürlich zu wählenden Tiefe (meistens bis ungefähr 5—10 cm oberhalb des Bohrlochbodens) ausgeschöpft worden ist. Für homogene Böden (oder für homogen gedachte Böden^{*)} und für den Fall, daß die Bodenschichten unterhalb des Bohrlochbodens durchlässig sind, lautet die Gleichung:

$$k = \frac{523000 r^2 \cdot \log \frac{y_0}{y}}{t} \cdot \frac{H}{H + 0,5 r} = 523000 r^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{H}{H + 0,5 r} \quad (1)$$

Hierin bedeutet k den Durchlässigkeits-Koeffizienten in Metern je 24 Stunden, r den Halbmesser des Bohrloches in Metern, H den Abstand der phreatischen Oberfläche vom Bohrlochboden in Metern, y_0 und y den Abstand der Wasserfläche im Bohrloch von der phreatischen Oberfläche zur Zeit $t = 0$ und $t = t$ in Meter. Wenn der Boden unterhalb des Bohrlochbodens undurchlässig ist, so fällt der

Faktor $\frac{H}{H + 0,5 r}$ aus.

Wenn im Profil oberhalb des Bohrlochbodens zwei scharf abgegrenzte Schichten von verschiedener Durchlässigkeit vorkommen, und wenn die erste Schicht oberhalb des Bohrlochbodens eine Dicke h_1 und einen Durchlässigkeits-Koeffizienten k_1 , die darüber liegende Schicht einen k -Koeffizienten k_2 und die unterhalb des Bohrlochbodens liegende Schicht einen k -Koeffizienten k_3 hat und wenn der Abstand der phreatischen Oberfläche von der Oberfläche der erstgenannten Schicht h_2 ist, so lautet die Gleichung:

$$h_1 k_1 + h_2 k_2 + 0,5 k_3 r = 523000 r^2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

und für drei Schichten oberhalb des Bohrlochbodens:

$$h_1 k_1 + h_2 k_2 + h_3 k_3 + 0,5 k_4 = 523000 r^2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

und so weiter. Für praktische Zwecke setzt man $k_3 = k_1$ (Gleichung 2) oder $k_4 = k_1$ (Gleichung 3).

Es wird klar sein, daß für die Anwendung der Gleichung 2 die Steiggeschwindigkeit des Wassers in selben Bohrloch zweifach ermittelt werden muß, und zwar bei verschiedener Tiefe. Für das erste Bohrloch benutzt man die Gleichung 1

^{*)} Ist der Boden in Wirklichkeit heterogen, so bestimmt man eine Art Mittelwert, den ich „scheinbare Durchlässigkeit“ nenne (siehe die in den Fußnoten 1 und 2 genannte Literatur).

und für das weiter ausgebohrte Bohrloch die Gleichung 2. Die Schicht zwischen der ersten und der zweiten Bohrlochtiefe ist dann die Schicht 1 mit der Dicke h_1 und dem k -Koeffizienten k_1 in der Gleichung 2, so daß man jetzt k_1 berechnen kann (k_2 , h_2 und h_1 sind ja bekannt), usw. Natürlich muß man, bevor man zum zweiten Male die Steigggeschwindigkeit zu ermitteln anfängt, warten, bis die phreatische Oberfläche wieder im Gleichgewicht ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt also, daß man mit Hilfe der Bohrlöcher-methode die Durchlässigkeit des Bodens an sich sowie die Veränderung ermitteln kann, die in der Durchlässigkeit mit einer zunehmenden Tiefe unter der Erdoberfläche eintritt. Hieraus kann man dann schließen, bis zu welcher Tiefe der Boden noch eine nicht zu vernachlässigende Durchlässigkeit besitzt.

Mit Hilfe der Theorie der Wasserströmung im Boden nach den Dränsträngen, Gräben usw. kann man schließen, daß gerade die obengenannten Faktoren die Einzelentwässerungsbedürfnisse beherrschen. Diese Theorie und ihre Anwendung wird in einer weiteren ausführlich abgefaßten Publikation behandelt werden²⁾, auf die ich hinweisen möchte. Aber auch ohne eine Besprechung dieser Theorie wird es klar sein, daß das Einzelentwässerungsbedürfnis um so kleiner sein wird, je größer die Durchlässigkeit des Bodens ist. Vergleicht man weiter zwei Böden, wovon der eine bis auf 1 m Tiefe eine bestimmte Durchlässigkeit hat, darunter aber undurchlässig ist, während der andere dieselbe Durchlässigkeit bis auf 2 m Tiefe hat und darunter undurchlässig ist, so wird man verstehen, daß bei gleicher Strangentfernung und bei gleicher Dräntiefe (z. B. 1 m) und bei derselben Abfuhr von überflüssigem Regenwasser die Grundwasserstände mitten zwischen den Dränsträngen im letzteren Falle tiefer unter der Erdoberfläche sein werden als im ersteren. Die Dicke der Schicht, durch die das Wasser nach den Dränsträngen fließen kann, ist im letzteren Falle ja viel größer, deshalb genügt ein viel kleinerer Überdruck, um dieselbe Menge überflüssigen Regenwassers abführen zu können. Im letzteren Falle ist also bei gleicher Dräntiefe eine größere Strangentfernung möglich. Weiter kann man, wenn obengenannte Faktoren gegeben sind, voraussagen, welchen Einfluß die Strangentfernung und -tiefe auf die Grundwasserstände mitten zwischen den Dränsträngen haben werden. Auf zwei Entwässerungs-Versuchsfeldern im neuen Wieringermeerpolder³⁾ und im Rietwijkerorderpolder in der Nähe von Amsterdam experimentell gefundene Daten stimmen hiermit völlig überein. Aus dem Vorhergehenden kann man dann auch die Folgerung ziehen, daß mit Hilfe der Bohrlöcher-methode gerade die Faktoren ermittelt werden können, die das Ergebnis der Einzelentwässerungsanlagen im voraus bestimmen können.

¹⁾ Hooghoudt, S. B., Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, Nr. 4, Bepaling van den doolaaftfactor van den grond met behulp van pompproeven (z. g. boorgatenmethode); Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, 1936, S. 449—541.

²⁾ Diese Abhandlung wird als „Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond, Nr. 6“ im Laufe dieses Jahres in derselben Zeitschrift publiziert werden.

³⁾ Siehe: Verhandlungen der sechsten Kommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen, 1932, Teil A, S. 188.