Die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Verhältnissen und besondere Probleme der Maulwurfsdrainage [Schluss]

Autor(en): **Trüeb, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **48 (1950)**

Heft 7

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-207443

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Verhältnissen und besondere Probleme der Maulwurfsdrainage

Von E. Trüeb, Elgg

(Schluß)

Die Gleichungen (2) und (3) gestatten uns, die äquivalenten Entwässerungstiefen t_M für eine angenommene Draindistanz e_M des Maulwurfsaugers zu berechnen, unter Einführung beliebig festgesetzter Draindistanzen e_T, höchst zulässigen Abständen h_T des Grundwasserspiegels von der Terrainoberfläche und Entwässerungstiefen t_T.

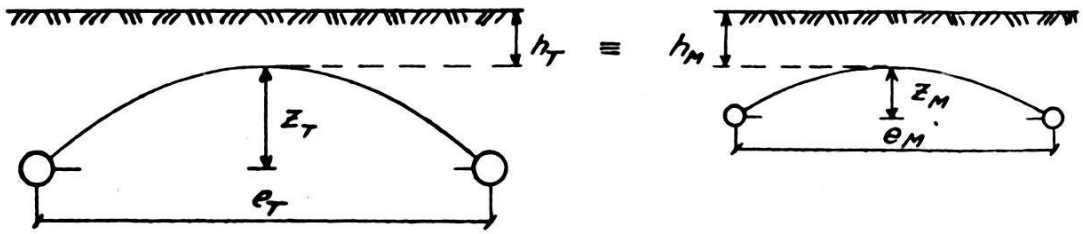

Abb. 2

Wir setzen voraus:

$$h_T \equiv h_M \tag{4}$$

und es ist

$$t_T = z_T + h_T \tag{5}$$

$$t_M = z_M + h_M \tag{5'}$$

Für den Tonrohrsauger gilt

$$z^2{}_T = \frac{2\,q_T}{k} \cdot \frac{e_T}{2} \tag{6}$$

Analog gilt für den Maulwurfsauger

$$z^2{}_M = \frac{2\,q_M}{k} \cdot \frac{e_M}{2} \tag{7}$$

Aus (6) und (7) folgt

$$\frac{z^2{}_M}{z^2{}_T} = \frac{q_M}{q_T} \cdot \frac{e_M}{e_T}$$

oder

$$z^2{}_M = \frac{q_M}{q_T} \cdot \frac{e_M}{e_T}\, z^2{}_T \tag{8}$$

Unter Einführung von (3) geht (8) über in

$$z^2{}_M = \frac{e^2{}_M}{e^2{}_T} z^2{}_T$$

Daraus folgt

$$z_M = \frac{e_M}{e_T} z_T \tag{9}$$

In Abb. 3 sind einige nach Gleichung (9) berechnete äquivalente Entwässerungstiefen t_M für die Maulwurfsdrainage dargestellt, die bei einer Draindistanz e_M von 2,00 m, 2,50 m und 3,00 m den Entwässerungstiefen t_T von 1,00 m, 1,20 m und 1,40 m bei einer Draindistanz e_T der Tonrohrdrainage von 7,00–15,00 m entsprechen. Der Abstand von Oberkant Terrainoberfläche bis zum Scheitel des Grundwasserspiegels ($h_T \equiv h_M$) wurde in diesen Diagrammen als Parameter eingeführt. Es ist aus diesen Abbildungen ersichtlich, daß mit dem holländischen Pflug, System Dekker, von 0,85 m t_M bei einer Draindistanz von 2,00 m noch eine Absenkung des Grundwasserspiegels h von 60 cm erreicht wird, was bei Anwendung der Tonrohrdrainage einer Draindistanz von 7,00 m bei 1,40 Entwässerungstiefe entspricht. Diese Draindistanz kommt allerdings nur bei außerordentlich kohärenten Böden zur Anwendung. Für gebräuchliche Fälle von etwa 10,00 m Draindistanz bei 1,40 m Entwässerungstiefe und 60 cm Absenkung h des Grundwasserspiegels unter Terrainoberfläche findet man aus dem Diagramm für t_T 1,40 m und e_M = 3,00 m bei h = 60 cm eine Entwässerungstiefe $t_M \sim$ 0,84 m, die mit dem holländischen Pflug noch zu erreichen ist. Etwas anders liegen die Verhältnisse für den schweren englischen Drainagepflug, System „Miles", mit dem nur eine Entwässerungstiefe t_M von 60 cm erzielt werden kann. Wie das Diagramm für e_M = 2,00 m und t_T = 1,00 m zeigt, kann damit noch die gleiche Wirkung erreicht werden, die eine Tonrohrdrainage bei einer Entwässerungstiefe von 1,00 m bei $\sim$ 10 m Draindistanz liefert. Wird dagegen nur eine Absenkung h des Grundwasserspiegels unter Terrainoberfläche von 30 cm verlangt, so wird auch mit dem englischen Pflug bei einer Draindistanz e_M = 3,00 m die gleiche Wirkung erzielt, die eine Tonrohrdrainage von t_T = 1,40 m bei ca. 11,00 m Draindistanz verursacht.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, daß mit dem holländischen Pflug, System Dekker, äquivalente Drainagetiefen t_M erreicht werden, die bei gleichen Absenkungen h des Grundwasserspiegels unter Terrainoberfläche bis zu 60 cm der Tonrohrdrainage bei Draindistanzen e_T bis zu 7,00 m und Entwässerungstiefen t_T bis zu 1,40 m vollständig entsprechen.

Für den schweren englischen Drainagepflug, System Miles, liegen die Verhältnisse etwas weniger günstig, doch werden damit korrespondierende Werte erreicht, die bei geringerer Absenkung des Grundwasserspiegels den Resultaten der Tonrohrdrainage bei Draindistanzen von > 11 m

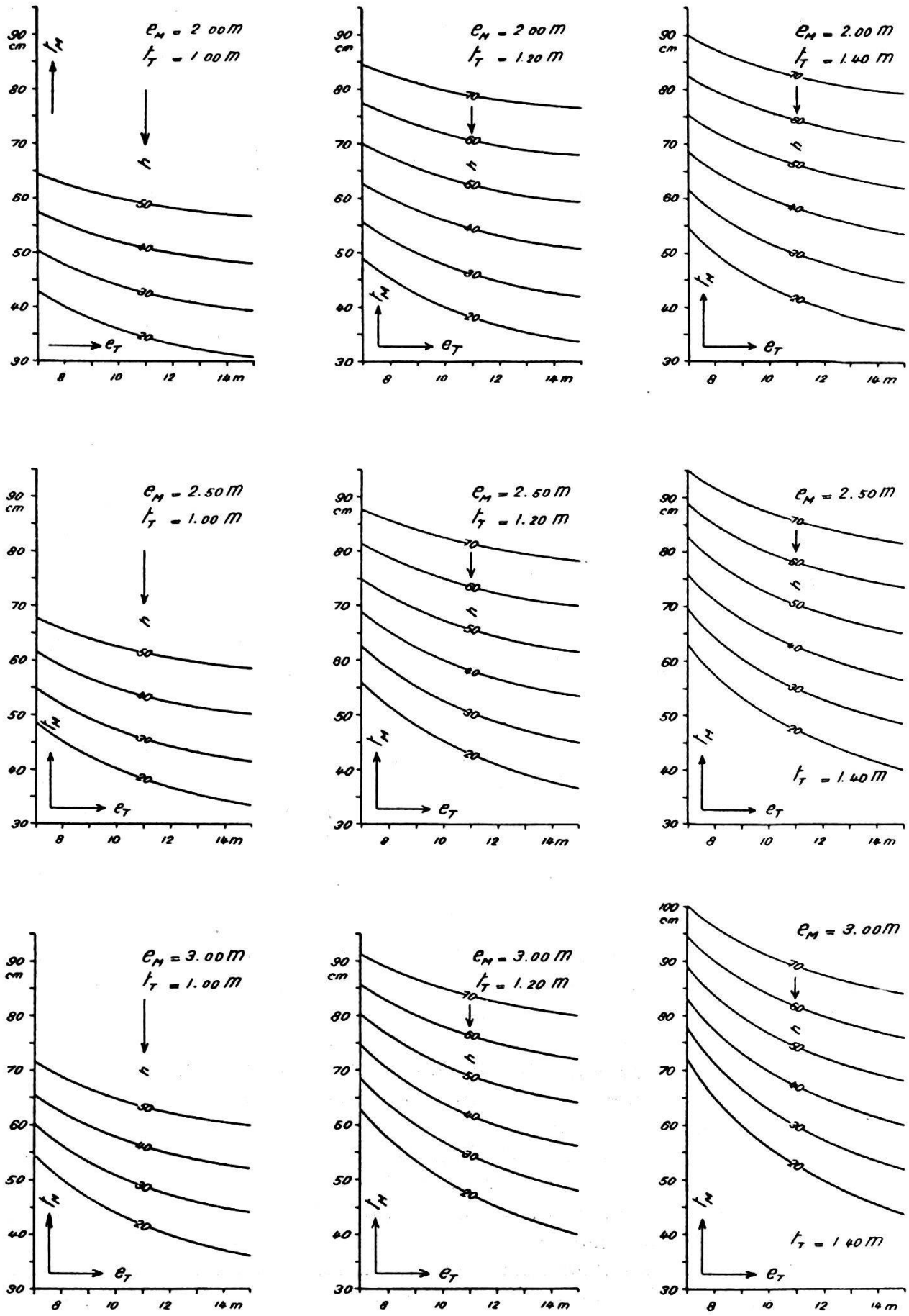

Abb. 3

Darstellung äquivalenter Entwässerungstiefen t_M der Maulwurfsdrainage in Funktion der Draindistanz e_T der Tonrohrdrainage.

Draindistanz e_M der Maulwurfsdrainage, Draintiefe t_T der Tonrohrdrainage und Abstand $h_T \equiv h_M$ des Scheitels der Grundwasserspiegelparabel von der Terrainoberfläche als Parameter

absolut entsprechen. Damit dürfte hinreichend belegt sein, daß die geringern Entwässerungstiefen, die bei der Maulwurfsdrainage zur Anwendung kommen, keinesfalls geringere Absenkungen des Grundwasserspiegels bewirken; denn es darf die viel geringere Draindistanz der Maulwurfsdrainage nicht unberücksichtigt bleiben. Ergänzend ist noch zu bemerken, daß durch die Variation der Draindistanz e_M bei der Maulwurfsdrainage zwischen 2,00 und 3,00 m keine wesentliche Beeinflussung der Tiefenlage h des Grundwasserspiegels unter Terrainoberfläche mehr erreicht werden kann.

Der Grund, weshalb bei der Tonrohrdrainage immer noch an den relativ großen Entwässerungstiefen festgehalten wird, ist aber nicht nur darin zu suchen, daß damit bei gleicher Grundwasserspiegelabsenkung *theoretisch größere Draindistanzen möglich* werden, sondern im Bestreben, die Tonrohre unter die Gefriertiefe zu verlegen. (Daß dies bedeutungslos ist, haben provisorische Gefrierversuche an Tonrohren gezeigt, die im kulturtechnischen Laboratorium der ETH. durchgeführt wurden. Darnach sind Gefrierschäden nur dann zu befürchten, wenn die Tonrohre einem sehr häufigen, ungleichförmigen Spannungswechsel unterworfen sind, was der Fall ist bei Ausmündungen und Rohren, die ohne Überdeckung auf dem Bauplatz herumliegen.) Der einzige berechtigte Grund für die relativ große Verlegungstiefe der Tonrohre in kohärenten Böden besteht darin, daß damit die Gefahr der Verwachsungen mit zunehmender Tiefe abnimmt. Diese Gefahr ist aber bei der Maulwurfsdrainage nicht vorhanden, da hier ohnehin eine periodische Erneuerung notwendig wird. Wenn durch die Maulwurfsgänge eine Durchwurzelung der tiefern Bodenschichten in kohärenten Böden erreicht wird, ist dies gerade im Sinne der Bodenverbesserung, da damit auch die Durchlässigkeitsverhältnisse auf natürliche Weise verbessert werden.

2. Grenzen der Anwendungsmöglichkeit der Maulwurfsdrainage

In kohäsionslosen und wenig kohärenten Bodenarten (Kies, Sand, sandige Lehme) kommt die Anwendung der Maulwurfsdrainage nicht in Frage, da die Haltbarkeit der Maulwurfsgänge eine gewisse Kohärenz des Erdmaterials zur Bedingung macht. Dieser Umstand erschwert die Herleitung exakter Grundlagen für die Maulwurfsdrainage ganz wesentlich, da sich die rein hydraulischen Probleme in kohäsionslosen Bodenarten am leichtesten studieren lassen.

Nicht ganz einfach ist die Frage der Anwendung der Maulwurfsdrainage in Torfböden zu beantworten. Es muß daher gleich zu Beginn mit Nachdruck darauf verwiesen werden, daß die Erfahrungen, die sich auf holländische Moorgebiete beziehen, nur äußerst vorsichtig auf schweizerische Verhältnisse übertragen werden dürfen, da es sich beim holländischen Moor vielfach um allochtone Torfgebiete handelt, die durch den Wellenschlag bei der Verfrachtung und Ablagerung zu kurzfaserigen Stücken zerschlagen wurden. Dazu kommt noch, daß diese holländischen Torflager bei der späteren Überflutung zum Teil mit feinsandigem Mate-

rial von wechselnder Mächtigkeit überdeckt wurden und damit eine beträchtliche Vorbelastung erfahren haben, wodurch sie eine Textur aufweisen, die sich von der unserer Niederungsmoore wesentlich unterscheidet.

Die bisherigen Versuche in schweizerischen Niederungsmooren mit dem holländischen Pflug, System „Dekker", haben gezeigt, daß diese Konstruktion etwas leicht ist. Gelegentlich ist es vorgekommen, daß sich ganze Bündel von halb zersetzten Equisetenarten am Schwert des Pfluges festgeballt haben, so daß der Pflug durch den dadurch verursachten, vermehrten Druck und die mangelnde Führung durch die oberen, spezifisch leichteren Torfschichten aus dem Boden gehoben wurde. Daß keine einwandfreien Gänge erzielt werden, wenn vor dem Maulwurfskörper solche Bündel von Equiseten durch den Torf gezogen werden, ist selbstverständlich.

Ein anderes Problem der Anwendung der Maulwurfsdrainage in schlecht abgebauten Torfgebieten besteht in der hohen Elastizität der Torfsubstanz. Obwohl die Gänge mit einem Maulwurfskörper von 15 cm Durchmesser gezogen wurden, besteht keine Gewähr, daß sich die Gänge nicht in kurzer Zeit wieder schließen. Jedenfalls konnte festgestellt werden, daß sich der Schnitt des Schwertes sofort wieder schloß, wodurch eine rasche Ableitung des Oberflächenwassers verhindert wird. Diese Erfahrungen beziehen sich allerdings auf ein äußerst schlecht zersetztes Torfgebiet, bei dem der Grundwasserspiegel stellenweise bis an die Oberfläche reichte.

Die größte Schwierigkeit bietet in solchen vollständig unentwässerten Gebieten allerdings die mangelnde Tragfähigkeit des Torfes. Ob die Anwendung eines schwereren Pfluges überhaupt möglich wäre, ist fraglich. Weitere Versuche haben die Anwendung des Seilzuges in solchen Torfgebieten mit mangelnder Tragfähigkeit abzuklären, da für die schweren Traktionsmittel trotz Raupenbereifung die Gefahr des Absinkens besteht.

Trotz dieser anfänglichen Mißerfolge soll aber die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Torfgebieten nicht aufgegeben werden, da diese Versuche doch eine gewisse Bedeutung verdienen in Hinsicht auf die Entwässerung der vorflutknappen Verlandungsgebiete, wie sie häufig an unsern Seen anzutreffen sind.

Unerläßlich ist bei solchen Gebieten die vorgängige Entwässerung durch offene Gräben, damit die Tragfähigkeit erhöht wird und sich die Sackungserscheinungen zum Teil vorgängig der eigentlichen Drainage vollziehen können. Diese offenen Gräben werden später mit Vorteil als Vorflut für die offen ausmündenden Maulwurfssauger benützt. Diese offene Ausmündung hat den großen Vorzug, daß sie eine gute Kontrolle über die Wirkung jedes einzelnen Maulwurfsganges erlaubt.

3. Die Vorzüge der Maulwurfsdrainage

Die größte Bedeutung wird die Maulwurfsdrainage zur Entwässerung kohärenter Böden erlangen, da sie hier der „klassischen" Drainage in

zweifacher Hinsicht überlegen ist. Erfahrungsgemäß ergeben sich durch die Anlage eines engmaschigen Saugernetzes für die Tonrohrdrainage in schwer durchlässigen Bodenarten recht bedeutende Baukosten, die, verglichen mit der zum Teil recht bescheidenen Ertragssteigerung, die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage oft in Frage stellen. Wie wir schon ausgeführt haben, kann mit einer normalen Draindistanz e_M von 2,50–3,00 m die gleiche Absenkung h im Scheitel der Grundwasserparabel erzielt werden wie für entsprechende Tonrohrdrainagen. Die Draindistanz der Maulwurfsgänge braucht daher im schwer durchlässigen Boden nicht oder nur unbedeutend reduziert zu werden, da diese vor allem durch die geringere Entwässerungstiefe t_M, vielmehr der damit erreichbaren geringen Abszissen der Grundwasserparabel z_M vorbestimmt ist. Damit erfahren die Anlagekosten einer Maulwurfsdrainage in kohärenten Böden keine wesentliche Erhöhung im Gegensatz zu derjenigen der „klassischen" Drainage. Im weiteren sind der Maulwurfsdrainage zur Entwässerung bindiger Böden Vorteile eigen, die der „klassischen" Drainage nur in beschränktem Ausmaße zukommen. Abgesehen von den voralpinen, kolluvialen Lehm- und Tongebieten, die durch Rutschungen bedingte Mulden aufweisen, in denen sich lokale, extrem hochliegende Grundwasserspiegel ausbilden können, liegen die Grundwasserspiegel der Moränengebiete des Mittellandes in der Regel nicht so hoch, daß sie allein die Ursache der Verwässerung wären.

Überall dort, wo der mittlere Grundwasserspiegel $\sim$ 50 cm unter der Bodenoberfläche liegt, kommt der Maulwurfsdrainage eine ganz besondere Bedeutung zu.

Sobald man sich vergegenwärtigt, daß die kapillare Steighöhe im kohärenten Boden Werte bis zu 5,00 m erreichen kann, wird ohne weiteres klar, daß mit Entwässerungsmethoden, die nur mit Hilfe der Schwerkraft auszukommen suchen, nur eine recht bescheidene Wirkung erzielt werden kann, da auch nach erfolgter Grundwasserabsenkung die wesentlichen Ursachen der Vernässung nicht behoben sind. Wenn nach W. Koehne (Grundwasserkunde 1948) das nutzbare Porenvolumen nur $\sim$ 2 % von einem gesamten Porenvolumen von $\sim$ 60 % beträgt, ist offensichtlich, daß der durch die Schwerkraft bedingten Grundwasserströmung nur $\sim$ 3,3 % des Wassergehaltes bei voller Sättigung unterworfen sind. Eine solche Reduktion muß als außerordentlich bescheiden angesprochen werden. Aus diesem Grunde ist die Erdbaumechanik zur Verbesserung der Entwässerungswirkung mit Hilfe der Elektroosmose übergegangen. Daß diese Nachhilfe auch für die Kulturtechnik eine gewisse Bedeutung erlangen wird, erscheint durchaus möglich. Da uns aber noch andere Hilfsmittel zur Verfügung stehen, sollen diese zuerst voll ausgeschöpft werden.

Hier ist einmal die möglichst rasche Ableitung des Niederschlagswassers zu erwähnen. An sich ist dies durchaus nichts Neues, doch ist die Maulwurfsdrainage in vermehrtem Maße dazu geeignet, solange die durch das Schwert des Pfluges verursachten Schnitte den Eintritt des Wassers ermöglichen. Wie die Beobachtungen des Sommers 1949 zeigten, sind

diese Schnitte in hohem Grade dazu prädestiniert, sich bei andauernder Trockenheit zu Schwindrissen auszubilden, die eine Breite bis zu 10 cm aufweisen können.

Abb. 4*

Der durch das Schwert des Maulwurfspfluges verursachte Schnitt hat sich bei anhaltender Trockenheit zum 8–10 cm breiten Schwindriß ausgebildet.

Abb. 5

Von dem Schwindriß längs des Maulwurfsganges aus bilden sich ∾ senkrecht dazu sekundäre Schwindrisse

---

* Diese Photos, die auf dem Versuchsfeld „Fleuben" der Melioration der St. Galler Rheinebene aufgenommen wurden, hat mir R. Howald, dipl. Ing., in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Wohl werden diese Trockenrisse bei einer folgenden Regenperiode zum Teil wieder quellen, doch werden sie eine gestörte Zone bleiben, die dauernd eine größere Durchlässigkeit aufweisen wird. Selbstverständlich sind die Maulwurfsgänge zu diesem Zwecke als Querdrainage auszubilden, damit diese Schnitte in Abständen von ~ 3,00 m den abfließenden Niederschlag aufzunehmen vermögen.

Abb. 6

Der Schwindriß im Profil. Auf die ganze Schwerttiefe ist der Schwindriß vollständig ausgebildet, mit einer Breite von 8–10 cm

Wie die Erfahrung aber zeigt, sind derart gewaltige Regenspenden, die auf Kulturland einen freien Abfluß des Niederschlages verursachen, recht selten, so daß der weitaus größte Teil desselben trozdem zur Versickerung gelangt. Wie wir oben gesehen haben, muß darauf geachtet werden, das Niederschlagswasser so weit als möglich direkt abzuleiten (d. h. bevor es zu Kapillarwasser geworden ist), und zugleich auch darauf, einen Teil des zu Kapillarwasser gewordenen Niederschlages dem Boden wieder zu entziehen. Da dieser Kapillarwassergehalt bis zu 97 % des gesamten Wassergehalts betragen kann, ist es gegeben, nach Mitteln zu suchen, die einen solchen Entzug des Kapillarwassers ermöglichen. Hier kommt der Verdunstung eine überragende Bedeutung zu, die sich von den durch das Schwert verursachten Schnitten aus vollziehen kann, besonders, wenn sich diese zu Trockenrissen entwickelt haben.

Bekanntlich machen kohärente Bodenarten, die der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt werden, eine gewisse Reifung durch, die eine Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften, vor allem der Durchlüftung und der Durchlässigkeitsverhältnisse, mit sich bringt.

Damit zeigt sich, daß den durch das Schwert des Maulwurfspfluges verursachten Schnitten eine mehrfache Bedeutung zukommt. In diesem

Sinne ist eine häufige Wiederholung der Maulwurfsdrainage zu begrüßen, da sie mit der Zeit eine recht vielseitige Strukturänderung des Bodengefüges mit sich bringt, wogegen sich die „klassische" Drainage zur Hauptsache auf eine hydraulische Entwässerung beschränkt.

Für kohärente Bodenarten wird die Maulwurfsdrainage mit Tonrohrsammler (siehe Artikel von R. Howald in Nr. 24 der Schweizerischen landwirtschaftlichen Zeitschrift vom 17. 6. 49) am zweckmäßigsten sein. Nun wird allerdings der Einwand kommen, daß die Moränengebiete des Mittellandes häufig sehr steinreich seien, was die Anwendung der Maulwurfsdrainage ausschließe. Dies ist aber keineswegs der Fall. Versuche mit dem holländischen Pflug, System „Dekker", auf dem Versuchsfeld der CKW. haben gezeigt, daß dieser Pflug trotz seiner leichten Konstruktion imstande ist, Steine bis zu ~ 10 cm mittleren Durchmessers zur Seite zu schieben. Analoge Versuche mit dem schweren englischen Drainagepflug, System „Miles", haben ergeben, daß damit Steine bis zu ~ 15 cm für den Pflug keine wesentlichen Hindernisse bilden. Nun sind aber die Gesteinsbrocken im Moränenmaterial häufig von größeren Abmessungen, so daß die Gänge beim Auffahren auf Steine zu unterbrechen sind. Dies verunmöglicht die Anwendung der Maulwurfsdrainage aber keineswegs, sobald man sich von der althergebrachten Auffassung freimacht, die Anlage von Drainagesystemen sei eine geometrische Angelegenheit. Wenn diese Ansicht bei der Tonrohrdrainage ihre Berechtigung in hohem Maße hat, da nur dadurch das rasche Wiederauffinden der einzelnen Sauger bei Unterhalts- und Reparaturarbeiten ermöglicht wird ohne kostspieliges Einmessen der Systeme, so fällt diese Forderung bei der Maulwurfsdrainage vollständig außer Betracht, da der Unterhalt der Systeme in ihrer Neuanlage besteht. Damit steht einer „wilden" Anlage der Maulwurfssauger nichts mehr im Wege. Diese können also beim Auffahren auf Hindernisse beliebig unterbrochen werden, wenn sie zusätzlich unter sich durch Querzüge wieder verbunden werden. Das Prinzip einer solchen Anlage wird an Abb. 7 erläutert. Solche Querzüge weisen für die Systeme überdies den Vorteil auf, daß sie ein geordnetes Funktionieren der Anlage auch dann noch ermöglichen, wenn einzelne Gänge durch Zerfall stellenweise unwirksam geworden sind, da bei geringer Stauhöhe in den Gängen dem Abfluß verschiedene zur Verfügung stehen und nur sehr kurze Teilsysteme gebildet werden. Diese Methode gestattet auch die Anwendung der Maulwurfsdrainage in recht coupiertem Terrain; denn die einzelnen Gänge können den Gefällsverhältnissen gut angepaßt werden.

Natürlich werden damit die Anlagekosten etwas vermehrt, was aber auch für die Tonrohrdrainage der Fall ist, zu deren Kosten Zuschläge für das Sprengen von Findlingen kommen. Hier muß darauf hingewiesen werden, daß es vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus nicht empfehlenswert ist, die unterbrochenen Maulwurfsgänge durch Ausgraben der Hindernisse und Erstellen von Kiessickerungen zu verbinden, da darauf geachtet werden muß, die Handarbeit möglichst auszuschalten. Dies gilt besonders, wenn man an eine kurzfristige Wiederholung der Gänge denkt.

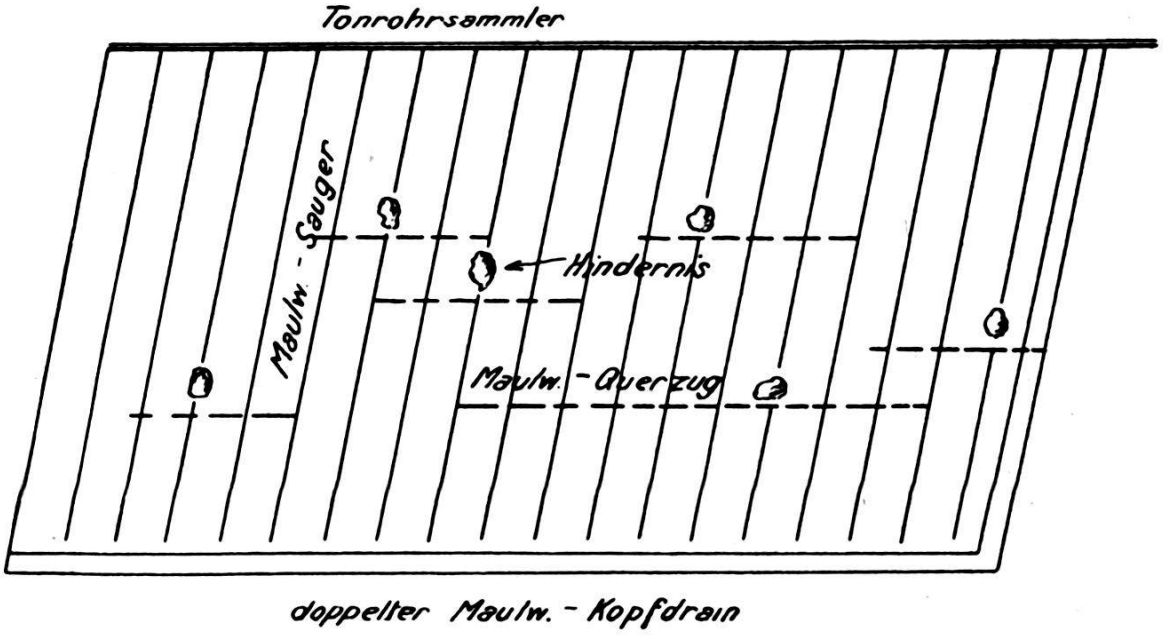

Abb. 7

4. Forschungsaufgaben im Zusammenhang mit der Maulwurfsdrainage

Wenn die Maulwurfsdrainage häufig mit der „klassischen" Drainage verglichen wird, um damit ein Kriterium zur Beurteilung ihrer Wirkungsweise zu erhalten, so sollte anderseits die Wirkungsweise der klassischen Drainage hinreichend abgeklärt sein, da sie in diesem Zusammenhang als Vergleichsmaßstab zu dienen hat. Leider sind aber vorläufig diese Fragen auch bei der „klassischen" Drainage nicht eindeutig beantwortet worden. Vergleicht man die Tiefenlagen der Drains und damit die Lage des Grundwasserspiegels unter der Terrainoberfläche, wie sie im Auslande zur Anwendung kommen, mit unserer üblichen Anwendungsweise, so wird offensichtlich, daß hier Abweichungen vorhanden sind, die nicht nur durch anders geartetes Bodenprofil und andere klimatische Verhältnisse bedingt sind.

Aus der Literatur sind zahlreiche Resultate über Anbauversuche bei variabler Lage des Grundwasserspiegels und verschiedener Bebauung bekannt, doch lassen sich solche Versuchsresultate nur selten vergleichen, da eine Reihe wesentlicher Angaben fehlen, die einen solchen Vergleich erst ermöglichen.

Aus diesem Grunde wird es nicht zu umgehen sein, einen Teil dieser Resultate erst zu überprüfen, was auch für unsere Verhältnisse langjähriger Anbauversuche bedürfen wird. Leider sind solche Versuche in der Schweiz meist an dem Fehlen einer ausreichenden Finanzierung gescheitert, was auch in Zukunft der Fall sein wird, wenn nicht die verantwortlichen Stellen einsehen, daß auf die Dauer die Drainagetechnik nicht ohne Versuchswesen auskommen kann, wenn sie mit den andern Wissensgebieten nur einigermaßen Schritt halten soll.

Erst die Kenntnis des Einflusses der Tiefenlage des Grundwasserstandes auf den Produktionsertrag wird einwandfreie Grundlagen für die Projektierung von Entwässerungssystemen liefern. Dabei darf auch der Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens und dessen Verlauf im Bodenprofil nicht übersehen werden, der gerade durch die Maulwurfsdrainage wesentlich beeinflußt werden kann.

Daß damit ein außerordentlich kompliziertes Problem angeschnitten wird, ist offensichtlich. So gilt es, in diesem Zusammenhang nicht nur die Frage der kapillaren Nachlieferung des Wassergehaltes im Bodenprofil aus dem Grundwasser bei einseitiger Verdunstung zu studieren, sondern auch alle mikroklimatischen Einflüsse abzuschätzen, die eine zeitweise nach oben gerichtete Perkulation erzeugen.

Wenn schon die Abklärung des Problems der kapillaren Nachbelieferung des Wassergehaltes aus dem Grundwasser bei einseitiger Verdunstung durch die Inhomogenität des Bodenprofils wesentlich erschwert wird, so sind alle andern Einflüsse noch unvergleichlich schwieriger zu erfassen. Aus diesem Grunde wird man sich vorläufig mit der theoretischen Behandlung der Probleme begnügen müssen, die unter vereinfachenden Annahmen durchgeführt werden kann und immerhin die Abklärung der Probleme in ihrer Wirkungsweise erlauben wird. Daß dabei nicht ohne die Hilfe mathematischer Überlegungen auszukommen sein wird, ist selbstverständlich, auch wenn solche Methoden sich in der Kulturtechnik keiner besondern Beliebtheit erfreuen.

Ohne die Kenntnis des Einflusses der Verdunstung auf den Feuchtigkeits- und Temperaturverlauf im Bodenprofil und deren Einwirkung auf die Entwicklung der Kulturpflanzen lassen sich keine endgültigen Urteile über die Wirkungsweise der Maulwurfsdrainage fällen.

Ferner ist die Frage des beschleunigten Abflusses von Niederschlagswasser durch die Schnitte des Schwertes zu studieren. In diesem Zusammenhang wird es erforderlich werden, den Sättigungsverlauf in verschiedenen Schnitten des Bodenprofils zu untersuchen, um nachzuweisen, daß dem direkten Abfluß durch diese Schlitze die Bedeutung zukommt, wie es provisorische Versuche ergeben haben. Ob der Beobachtung des Sättigungsverlaufes durch periodische Messung beizukommen ist, wird sich zeigen. Andernfalls müßte die Erfassung des Sättigungsverlaufes durch registrierende Messungen versucht werden, wozu erst die Kredite zur Beschaffung entsprechender Instrumente bereitgestellt werden müßten.

Da zur Klärung dieser Fragen langjährige Versuche erforderlich sind, hat sich das kulturtechnische Institut der ETH. entschlossen, eine provisorische Abklärung der Wirkungsweise der Maulwurfsdrainage mit Hilfe von vergleichenden Anbauversuchen durchzuführen. Doch werden auch diese Versuche ihre Zeit benötigen, so daß die Frage der Wirkungsweise der Maulwurfsdrainage nicht ohne vielseitige Mithilfe aller daran interessierten Kreise beantwortet werden kann.

5. Ein Vorschlag zur organisatorischen Behandlung der Maulwurfsdrainage

Wenn vorläufig die Maulwurfsdrainage im Rahmen größerer Meliorationsunternehmen noch nicht zur Anwendung gekommen ist, so liegt ein Grund auch darin, daß man sich über die Subventionierung solcher Anlagen nicht im klaren ist. Einerseits will man nicht eine Methode unterstützen, bei der Zweifel bestehen, ob sie als eine kulturtechnische oder mehr als eine bodenbearbeitungstechnische Maßnahme anzusprechen sei. Da es sich aber eindeutig um eine Methode zur Bodenverbesserung handelt, sollte sie auch im Rahmen umfassender Meliorationen nicht übergangen werden. Anderseits hat man Bedenken, besonders dann, wenn das Mehrwertverfahren zur Anwendung gelangt, den Eigentümern Boden abzugeben, der nicht endgültig entwässert ist.

Aus diesem Grunde sollte der Versuch nicht unterlassen werden, die erstmalige Erstellung der Maulwurfsdrainage und der erforderlichen Tonrohr- und Hauptsammler ganz aus den Subventionsbeiträgen zu decken und den Eigentümern die üblichen Restkosten zu erlassen, wofür diese für alle weiteren Wiederholungen der Maulwurfsdrainage aufzukommen hätten. Der große volkswirtschaftliche Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Landwirte damit ihre Leistungen weitgehend durch den Einsatz betriebseigener Arbeitskräfte abverdienen können. Außerdem wäre eine derartige Subventionierungsweise dazu geeignet, die Anwendung der Maulwurfsdrainage den praktischen Landwirten näherzubringen.

Wenn Bund und Kantone die Förderung der Bodenverbesserung schon sehr weitgehend unterstützen durch Ausrichtung von namhaften Subventionen, so sollten sie unseres Erachtens auch das Recht haben, Maßnahmen versuchsweise anzuordnen, die sehr wahrscheinlich dazu geeignet sind, die spezifischen Kosten der Bodenverbesserung beträchtlich zu senken.

6. Schlußbemerkung

Wenn auch die Maulwurfsdrainage nicht in allen Fällen und nur bei einem genauen Studium des zu entwässernden Bodens und der Ursachen der Bodenvernässung angewendet werden kann, so bietet sie doch besonders zur Entwässerung kohärenter Bodenarten Vorteile, die der „klassischen" Drainage nur in beschränktem Maße eigen sind. Wo die Entwässerung vorwiegend rein hydraulisch erfolgen kann, soll sie nur dann zur Anwendung kommen, wenn es an der erforderlichen Vorflut für eine Röhrendrainage mangelt.

Es braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß die meisten Probleme, die diese wenig bekannte Drainageart stellt, noch in Abklärung begriffen sind; doch sind solche Versuche mit Interesse und Wohlwollen weiterzuführen, da nur damit die Grundlagen für die Abschätzung ihres Wirkungsgrades, verglichen mit dem der systematischen Tonrohrdrainage, geschaffen werden.

Diese langjährigen Versuche, die nicht ohne die Mitarbeit der Praxis

möglich sind, müssen abgewartet werden, bis ein endgültiges Urteil über Wirkungsweise und Bedeutung der Maulwurfsdrainage gefällt werden kann.

Wo die Maulwurfsdrainage aber nur deshalb abgelehnt wird, weil sie die Bedeutung der „klassischen" Drainage herabsetzen und damit eine Maßnahme aus dem kulturtechnischen Sektor in den der Bodenbearbeitung überführen könnte, so ist dies ein bedenkliches Zeichen dafür, daß man sich in solchen Kreisen nicht im klaren ist, was bei einer Drainage Mittel ist und was Zweck.

Geometrie mit Strecken

Von Dr. Ing. habil. Karl Rinner, Graz

Durch die Möglichkeit, große Strecken mit Hilfe von optischen oder elektrischen Wellen direkt messen zu können, hat Festpunktbestimmung durch Streckenmessung große Bedeutung erlangt. Unbeschadet der Ungenauigkeit der derzeit verwendeten Meßgeräte, erscheint es daher angebracht, die theoretischen Möglichkeiten zu untersuchen und Verfahren für die Geometrie mit Strecken bereitzustellen. Diese betreffen die bisher nicht beachteten Netzkonfigurationen, welche nur aus Strecken gebildet werden (Streckennetz) und jene, in welchen Strecken und Winkel gleichberechtigt verwendet werden.

Zur Einführung in die Problemstellung* werden im folgenden einige Aufgaben der Streckengeometrie beschrieben, und Verf. hofft damit Anregung zu einer weiteren Bearbeitung der einschlägigen Probleme zu geben.

Nr. 1

Das Dreieck, das die Grundfigur für die Geometrie mit Winkeln darstellt, hat in der Streckengeometrie eine untergeordnete Bedeutung, weil das durch 3 Seiten bestimmte Dreieck keine Überbestimmung enthält; doch ist es rechentechnisch wichtig. Aus diesem Grund folgen einige Betrachtungen über das durch 3 Seiten bestimmte Dreieck und den Bogenschnitt.

a) Die Fläche des durch 3 Seiten s_1 s_2 s_3 bestimmten Dreieckes ist durch die Heronsche Formel gegeben:

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{s\,(s - s_1)\,(s - s_2)\,(s - s_3)} \\ 2s &= s_1 + s_2 + s_3 \end{aligned} \qquad (1)$$

Seitenfehler ds_i bewirken einen Flächenfehler dF, der hieraus nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz bestimmt werden kann. Durch implizite Differenziation folgt erst:

---

* Siehe auch den Aufsatz d. Verf. „Geod. Probleme in der nautischen Vermessung", Berlin 1948, Verlag für Technik und Kultur.

trie der Assoziation, möchte mit den vorliegenden Tafeln keine neuen Ideen entwickeln. Er verfolgt vielmehr das Ziel, den Geodäten ein einfaches Hilfsmittel für die Berechnung der isostatischen Reduktion der Schweremessungen zu bieten.

Für die Prattsche Methode liegen Tafeln mit einer Tiefe der Ausgleichsschicht von 113,7 km, 80 km und 50 km vor. Für die Airysche Methode wurde die Dicke der ausgeglichenen Sial-Schicht zu 60, 40, 30 und 20 km gewählt. Die Dichte der „Topographie" wird durchgängig zu 2,67, die Dichte des Meerwassers zu 1,027 angenommen. Bei der Prattschen Methode verwendet der Verf. die ursprüngliche Methode von Pratt, bei der die Ausgleichsschicht in einer festen Tiefe unterhalb des Geoides liegt. Er hat sich damit verdienstlicherweise von der Hayfordschen Methode distanziert, bei der die Ausgleichsschicht in einer konstanten Tiefe unter der Litosphäre angenommen wurde. Er verwendet die Methode der Massengleichheit, und zwar die sogenannte „Aufblähungsmethode". Auch bei der Airyschen Methode wird grundsätzlich das Prinzip der Massengleichheit von „Topographie" und Kompensation benutzt. Die Dichte der Kompensation ist hier, wie allgemein üblich, zu 0,60 angenommen. Für den Erdradius wurde der Wert 6371 km verwendet. In allen Tafeln wurde der sogenannte indirekte Effekt beigefügt, der der Verlegung des Geoides infolge des Massentransportes Rechnung trägt. Die Zoneneinteilung ist die Hayfordsche, wobei die Zonen A bis G (0 bis 3520 m) zusammengefaßt sind. Die Zone 0_1 (99,00–132,85 km) ist nach Cassinis gewählt. Die Reduktionen sind durchgängig auf 0,1 mgal publiziert. Die Tafeln sind in Schreibmaschinenschrift sauber reproduziert. Einige Beispiele erläutern den sehr einfachen Gebrauch der Tafeln, der trotz der doppelten Interpolation (wegen mittlerer Höhe des Kompartimentes und Meereshöhe der Station) bequem ist.

Die Tafeln, die einem Bedürfnis entsprechen, können daher den Geodäten warm empfohlen werden. *F. Baeschlin.*

Berichtigung zum Artikel E. Trüeb:

Die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Verhältnissen und besondere Probleme der Maulwurfsdrainage

Seite 154: Formel (1) $z^2 - z^2_0 = \frac{2q}{k}\left(x - \frac{s}{2}\right)$

statt $= \frac{2q}{k}\left(x - \frac{s}{z}\right)$

Seite 169, 3. Absatz: kapillare Steighöhe im kohärenten Boden Werte bis zu 500 m ..... statt 5.00 m.

Sommaire

Invitation pour l'assemblée générale de la S.S.M.A.F. les 2 et 3 septembre 1950. – Liste des tractandas de la 46e assemblée générale de la S.S.M.A.F. à Schaffhouse le 2 septembre 1950. – K. Rinner, Géométrie de distances mesurées (fin). – A. Ansermet, Über einen Satz aus der Methode der kleinsten Quadrate. – Z. Tomašegović, Sur la possibilité de la détermination directe de différences de coordonnés aux polygones. – Rapport annuel du Comité central pour l'année 1949. – Littérature.