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

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 51 (1953)

Heft: 10

Artikel: Unsere bisherigen Versuchsergebnisse bei Maulwurfsdrainagen

Autor: Ramser, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-210101

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie

Revue technique Suisse des Mensurations, du Génie rural et de Photogrammétrie

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik; Schweiz. Kulturingenieurverein; Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Editeur: Société suisse des Mensurations et Améliorations foncières; Société suisse des Ingénieurs du Génie rural; Société suisse de Photogrammétrie

Nr. 10 · LI. Jahrgang **Erscheint monatlich** **13. Oktober 1953**

Unsere bisherigen Versuchsergebnisse bei Maulwurfsdrainagen

Vom Kulturtechnischen Institut der ETH
Berichterstatter: *Prof. E. Ramser*

1. Einleitung

Wie die Tonrohrdrainage ist dieses Entwässerungsverfahren wenige Jahre später, um 1780, in England entstanden und wird hier zufolge seiner wesentlich geringeren Kosten bis auf den heutigen Tag noch in großem Umfang ausgeführt. Es fand auch Eingang in den USA und auf dem Kontinent, besonders in Frankreich und Holland.

An Stelle der Sauger werden mit dem sog. Maulwurgspflug Hohlgänge im Boden gezogen, bzw. eingepreßt, die je nach Vorflutverhältnissen entweder in offene Kanäle oder in normale Tonrohrsammler ausmünden. Letztere müssen mit einer Filterschicht aus Reisig, Schilf, Fasertorf oder einem andern lockeren Material bis über die Mündung der Molegänge abgedeckt werden, damit die Einlauffugen der Sammlerröhren, durch die aus den ungeschützten Erdgängen zugeschwemmte Feinerde, nicht in kurzer Zeit abgedichtet werden. Die kleinen Auslauföffnungen der Molegänge in offene Gräben werden durch ein feuerfestes Tonrohr gegen äußere Beschädigungen und Verstopfungen gesichert.

Alle Molepflüge bestehen aus einem vertikalverstellbaren Messer, dem Schwert, das bei der Pflugarbeit den Boden von der Oberfläche bis auf eine Tiefe von 40–80 cm durchschneidet. Am untern Ende des Schwertes befindet sich ein runder, spitz zulaufender und einem Geschoß ähnlicher Körper, der Maulwurf, durch den der Hohlgang beim Ziehen im Boden eingepreßt wird. Hinter dem Maulwurf angehängt ist ein zweiter runder und auswechselbarer Eisenkörper, der Preßkopf, der den gezogenen Molegang etwas vergrößert und ausglättet. (Fig. 1.)

Dieses Entwässerungsverfahren kann nur in bindigen-, stein- und holzfreien Ton- und Lehmböden mit Aussicht auf eine einigermaßen ausreichende Lebensdauer angewendet werden. In sandigen und gut ver-

erdeten Moorböden würden die Gänge sehr rasch verfallen. Gemäß englischen Angaben soll deren Lebensdauer in Böden von > 45 % Ton und < 20 % Sand im Mittel 9 Jahre betragen. (Die Charakterisierung der Böden erfolgt in England auf der Korngrößenordnung nach Atterberg.) Mit abnehmendem Ton- und zunehmendem Sandgehalt verkürzt sich natürlich der Bestand der Molegänge. Ein Boden mit einem Tongehalt

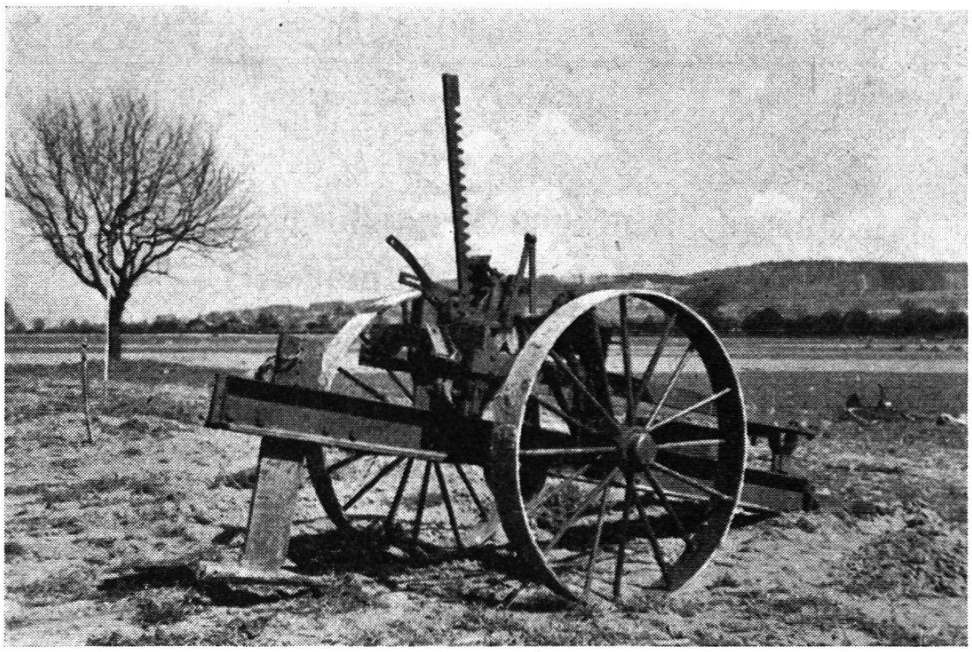

Fig. 1. Englischer Miles-Pflug

< 35 % wäre für diese Methode nicht mehr geeignet. Die Wiederherstellung der Erdgänge bildet aber nur eine einfache und billige bodenbearbeitende Maßnahme. Es darf auch angenommen werden, daß nach mehrmaliger Erstellung derselben in immer wechselnder Lage nebeneinander der Boden eine derartige strukturelle Änderung erfahren hat, daß der Wasser- und Luftgehalt optimale Ernteerträge gewährleistet.

Als günstigste Moletiefen werden in England 50–60 cm bezeichnet. Damit kommt man mit einer Sammlertiefe von etwa 80 cm aus, was eine Entwässerung auch bei knapper Vorflut noch ermöglicht. Je nach Bodenbeschaffenheit variieren die Mole-Abstände zwischen 1,8–4,6 m. Es sind maximale Ganglängen von 180 m′ möglich, doch begnügt man sich in der Regel mit ungefähr der Hälfte, so daß ein gemeinsamer Sammler von 100 m′ Länge eine Fläche von etwa 2 ha zu entwässern vermöchte.

Die Anwendung der Moledrainage setzt ebenes bis schwach geneigtes und wenig kupiertes Terrain voraus, wobei die Gänge möglichst parallel zur Erdoberfläche gezogen werden. Ein künstliches Gefälle bei ebenem Gelände muß durch eine Tiefensteuerung am Pflug bewerkstelligt werden. Bei zu großen Gefällen treten in den ungeschützten Erdgängen Erosionen auf, und die abgeschlämmte Feinerde wird zu Fugenabdichtungen der

Sammler führen, wenn diese nicht durch kräftige Filterschichten abgedeckt sind. Andrerseits verursacht ein zu kleines Sohlengefälle Materialablagerungen und Verstopfungen. Die Franzosen empfehlen die Einhaltung eines minimalen Gefälles von 3 ‰ und eines maximalen von 3 %. Plötzliche und starke Depressionen oder Grenzgräben quer zu den Molegängen werden in den USA und in England vor der Pflugarbeit aus-

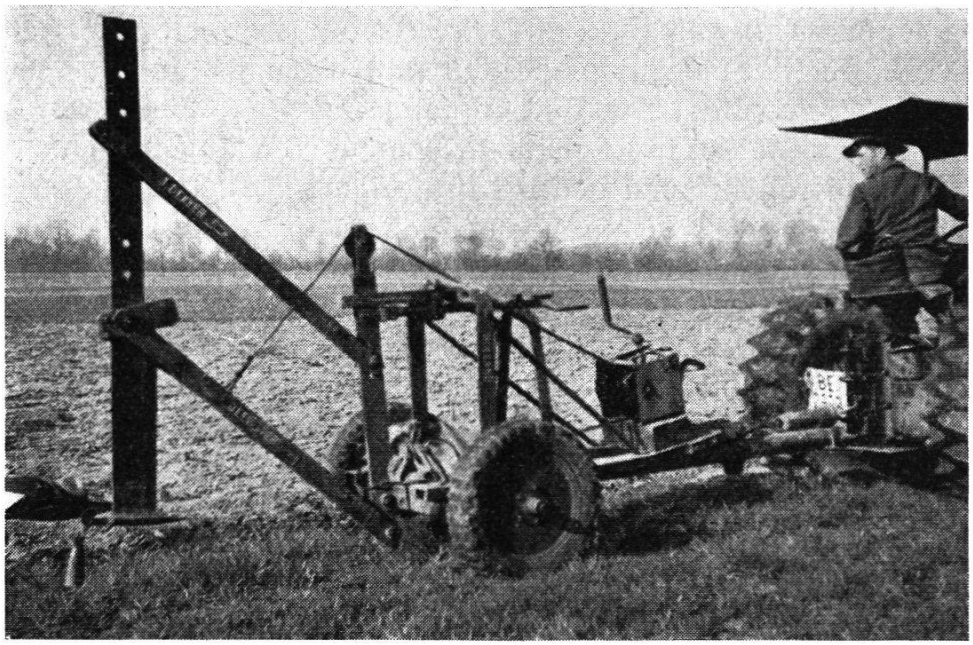

Fig. 2. Holländischer Dekker-Pflug.
Schwert mit Maulwurf und Preßkopf am beweglichen Parallelogramm befestigt

planiert. Beim holländischen Dekkerpflug wird das Mitgehen des Schwertes mit dem Pflugbalken durch ein bewegliches Parallelogramm vermieden, wodurch der Gefällsbruch auf eine längere Strecke verteilt wird. (Fig. 2.)

Für die Ausführung der Moledrainage muß der Untergrund feucht, die Erdoberfläche aber genügend abgetrocknet sein, damit der Reibungswiderstand am Maulwurf und Schwert nicht übermäßig groß wird, und der Pneutraktor nicht ins Schleudern kommt, weshalb sich wohl der Vorfrühling am besten zu dieser Arbeit eignet. Zweckmäßiger und vom Zustand der Oberfläche unabhängiger wäre die Verwendung eines Raupentraktors.

In neuerer Zeit wird die Moledrainage zur Ergänzung, bzw. Verbesserung ungenügend wirkender Tonrohrentwässerungen empfohlen, indem die Molegänge quer zu den Tonrohrdrains und in geringerer Tiefe als diese gezogen werden. Die Molegänge, die fortlaufend und in Abständen von 3 bis 4 m über mehrere Drains führen, bilden dann deren seitliche Zubringer, indem ihr Wasser im lockeren Material der Kreuzungspunkte in den Draingräben versickert. Auch wurde vielerorts durch Kombination einer Normaldrainage mit Molegängen eine neue und wesentlich billigere Ent-

wässerungsmethode geschaffen, indem die Entfernungen zwischen den Normaldrains um ein Vielfaches der normalen Draindistanz vergrößert werden. In Frankreich wird dieses Verfahren treffend als „Drainage en Galeries" gekennzeichnet.

In der Schweiz war man allgemein sehr skeptisch gegen die Anwendung dieses Drainverfahrens eingestellt – mit Rücksicht auf die stein- und holzreichen, in ihrem Gehalt an Sand und Ton stark wechselnden Böden und in Anbetracht der steilen und kupierten Meliorationsgebiete. Sicherlich gibt es aber auch bei uns entwässerungsbedürftige Flächen, wo dieses Verfahren mit bedeutend geringerem Kostenaufwand und sicherem Erfolg zum Ziele führt. Die sehr umfangreichen, während des letzten Krieges in den USA und in England durchgeführten Moledrainagen ließen den Entschluß reifen, auch bei uns in geeigneten Böden entsprechende Versuche anzulegen. Es gelang uns endlich im Frühjahr 1948, einen verständnisvollen Gönner in der Person des Herrn Dr. F. Ringwald, Vizedirektor der CKW in Luzern, zu finden, der für unsere Versuche einen holländischen Dekkerpflug anschaffte. Wir möchten ihm an dieser Stelle den gebührenden Dank abstatten. Ein Jahr später erwarb die Bauunternehmung H. Bürgi, in Alpnach-Dorf, einen kräftigen Miles-Pflug aus England.

2. Unsere Versuchsanlagen

In der Wahl der Versuchsfelder waren wir leider nicht frei. Wir mußten jene Gebiete übernehmen, die uns freiwillig zur Verfügung gestellt wurden. Neben unseren Untersuchungen hinsichtlich Haltbarkeit der Molegänge trachteten wir auch darnach, die Wasserführung einer Mole-Drainage mit derjenigen einer Normaldrainage im gleichen Boden zu beobachten und Ernte-Ertragsunterschiede in den verschieden entwässerten Parzellen zu bestimmen. Nur auf einem Feld ließen sich die Drainwasserergiebigkeiten einigermaßen vergleichen, da nur hier Eigenwasser in Betracht fiel, währenddem sich in den andern Versuchsfeldern Fremdwasser in hohem Maße geltend machte. Die Vergleiche in den Ernte-Erträgen erwiesen sich als unzuverlässig, da der Nährstoffhaushalt der verschiedenen Versuchsparzellen stark differierte und die Ertragserhebungen nicht von geschultem Personal vorgenommen wurden. Immerhin ist festzuhalten, daß die Erträge in mole-drainierten Flächen in den wenigsten Fällen unter denjenigen der normal-drainierten waren.

Auch versuchten wir, das Maß der Entwässerungswirkung in normal- und mole-drainierten Gebieten durch regelmäßige Feuchtigkeitsbestimmungen während den Vegetationsmonaten zu ermitteln. Die Ergebnisse der Bodenfeuchte, ausgedrückt in Gewichtsprozenten der Bodentrockensubstanz, erwiesen sich jedoch bei der bestehenden Heterogenität der Böden als unvergleichbar. Dieses negative Resultat führte uns aber zum Entschluß, die Wassergehaltsbestimmungen auf elektrometrischem Wege mit dem neuesten Ohm-Meter aus den USA vorzunehmen, womit wir gleichzeitig in die Lage versetzt sind, das Bewässerungsbedürfnis eines Bodens zu beurteilen.

2a. Versuchsanlage „Speckbaum" in Rothenburg (Luzern)

Der Moräneboden dieses Feldes erwies sich als ziemlich steinig, so daß die Arbeit mit dem Molepflug im März 1948 sehr beschwerlich war. Häufig mußte das Schwert ausgegraben und der Stein des Anstoßes entfernt werden, worauf die Pflugarbeit wieder ihre Fortsetzung fand. Die im Zuge des Moleganges entstandene Erweiterung wurde im Untergrund ausgeschottert und mit Erde überdeckt. Der holländische Dekkerpflug erwies sich in diesem steinigen Boden als zu schwach; das Schwert brach, da die Ausklinkvorrichtung nicht funktionierte. Es mußte nach der Schweißung noch durch beidseitige Stahlplatten über der Bruchstelle verstärkt werden. Das Ziehen der Gänge von etwa 45 m Länge erfolgte einseitig von unten nach oben, d. h. der Pflug wurde immer im offenen Sammelgraben angesetzt, was natürlich viele Leerfahren notwendig machte. Dabei mußten Tiefen von 50–60 cm eingehalten werden; der Abstand wurde zu 3 m gewählt. Es ist klar, daß diese Pflugarbeit in unseren Böden und bei der mangelnden praktischen Erfahrung sich nicht messen darf mit derjenigen in den kolmatierten Böden der holländischen Polder, und daß sie auch gelernt werden muß.

Wie eingangs erwähnt, suchten wir durch täglich einmalige Wassermessungen einen Vergleich zwischen der Wasserführung beider Drainageverfahren zu erhalten. Das Ergebnis derselben erachten wir jedoch nicht als zuverlässig, da die fast ununterbrochene Wasserführung der Normaldrainage auf Beeinflussung durch Fremdwasser schließen läßt. In der Tat liegt wenige hundert Meter oberhalb des Versuchsfeldes ein Feuerweiher. Dagegen muß festgehalten werden, daß die Moledrainage nur nach Regen von mehr als 10 mm Höhe ansprach, nach 3–5 Tagen versiegte und dann bis zum nächsten größeren Niederschlag trocken blieb.

Gemäß unserer Schlämmung nach Kopecky war der Gehalt an abschlämmbaren Teilchen 51–57 %; es handelt sich bei diesem Untergrund demnach um einen lehmigen Ton, der sich, abgesehen von seinem Steingehalt, für die Moledrainage sehr gut eignen würde. In der Tat zeigte unsere Kontrolle ein Jahr nach der Erstellung, daß sich die Molegänge vorzüglich erhalten hatten. Die Kreisform war nur wenig gestört; der anfängliche Durchmesser von 5 cm hatte sich auf 3–4 cm verkleinert. Erstaunlicherweise hat sich dieser Durchmesser in der Folge nicht mehr verengert, was unsere Untersuchung vom Dezember 1952, also nach 4 ½ Jahren, bestätigte. Entweder wird diese Verengerung des Moleganges infolge der Plastizität des lehmigen Tones unmittelbar nach dem Durchzug des Preßkopfes oder erst nachher bei größerer Wasseraufnahme des Bodens eingetreten sein. (Fig. 3.)

Die an mehreren Orten erstellten Gipsabgüsse der Molegänge zeigen relativ regelmäßige Formen. Die Längsansicht eines solchen Ganges weist an der Sohle zwei Einbuchtungen auf, die auf kleine Steine zurückzuführen sind. Hier beträgt der Durchmesser etwa 4 cm. (Fig. 4.)

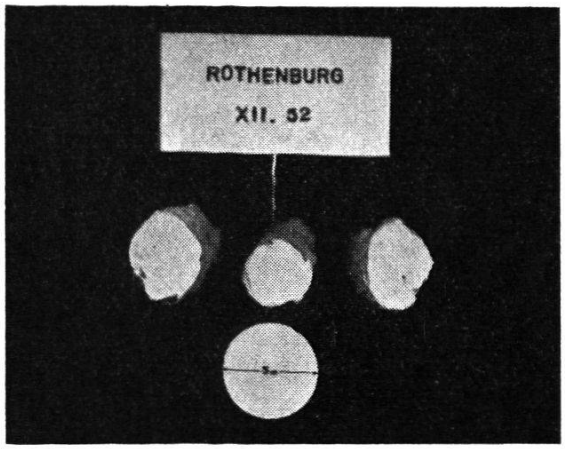

Fig. 3. Gangquerschnitte in Gips. Unten: Sollquerschnitt

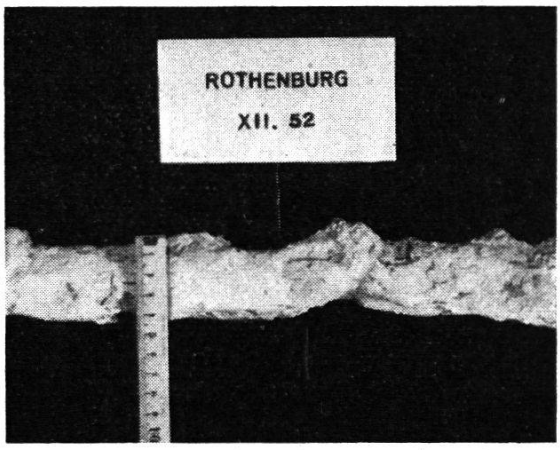

Fig. 4. Längsansicht eines Moleganges

Unsere Untersuchung im Dezember 1952 erfolgte nach einer ausgesprochenen Regenperiode. Die Schwertrisse der Molegänge waren durch die Quellung des Bodens geschlossen. In den Parzellen, wo intensiver Ackerbau getrieben wurde, machten sie sich im Untergrund durch ein-

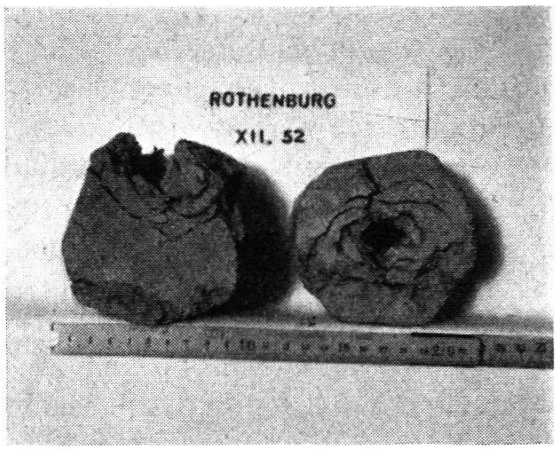

Fig. 5. Gangquerschnitte in natürlicher Form

geschwemmte dunkle Humusteilchen deutlich sichtbar, ein Zeichen dafür, daß die Schwertrisse bei trockenem Wetter offen sind, was wir übrigens auf allen unseren Versuchsanlagen feststellen konnten. So finden Humusteilchen und Stallmist auch den Weg in die Molegänge, in denen sie sich, vermischt mit feinsten Bodenkörnern und Wurmexkrementen, blätterartig ablagern, bis sie bei starker Wasserführung weggeführt werden, wodurch ein gewisser Düngerverlust entsteht. Bild 5 zeigt zwei solche Gangquerschnitte in natürlicher Form, um die sich konzentrische Spaltringe bildeten, vielleicht als Folge von Frost- oder Austrocknungswirkungen. Im Schnitt rechts läßt sich der Schwertriß ebenfalls deutlich erkennen.

Allgemein fällt im Gebiet der Moledrainage eine intensive Wurmtätigkeit auf, was auf eine vermehrte biologische Tätigkeit schließen läßt.

Hinsichtlich der Ertragsunterschiede wollen wir keine Zahlen anführen; es sei nur erwähnt, daß im Jahre 1950 die Erträge an Kartoffeln, Korn und Raps in den mole-drainierten Parzellen wesentlich größer waren als in den normaldrainierten und daß in den letztern der Ertrag an Runkelrüben im umgekehrten Sinne dominierte. Vermutlich ist diese Tatsache darauf zurückzuführen, daß die tiefer wurzelnden Rüben im Gebiet der auch tiefer liegenden Normaldrains günstigere Wachstumsbedingungen vorfinden.

Die Kosten der Moledrainage für die kleine Parzelle von 0,75 ha betrugen rund Fr. 900.—, wovon Fr. 500.— auf die Erstellung der Sammelleitung in 8-cm-Tonröhren und Fr. 400.— auf die Pflugarbeit, Traktorenmiete, Pflugrepaturen und Amortisation entfallen. Das Pflügen dieser kleinen Parzelle erforderte 20 Traktorstunden und die Reparaturen des Pfluges beliefen sich auf Fr. 147.—. Diese Zahlen lassen bestimmt darauf schließen, daß es sich um einen steinigen Boden handelte und daß sich die Kosten der Pflugarbeit bei geübtem Personal und nicht steinigem Untergrund ganz bedeutend reduzieren lassen. Die Molegänge liegen einseitig des Sammlers. Mit diesem hätte sich also die doppelte Fläche oder 1,50 ha entwässern lassen, was unter Annahme der obigen Pflugkosten einem Gesamtaufwand von Fr. 1300.— entsprechen würde. Die Durchschnittskosten pro ha Moledrainage, ohne Projekt und Bauleitung, stellen sich in diesem Fall auf etwa *Fr. 870.—*. Das Mittel einer Normaldrainage pro ha ohne Beschaffung der Vorflut, Projektierung und Bauleitung belief sich im Jahr 1948 auf etwa Fr. 3000.— bis Fr. 3200.—.

2b. Versuchsanlage „Fleuben", Altstätten (St. Gallen)

In einem abgebauten Lehmstich innerhalb des Meliorationsgebietes des St. Galler Rheintales wurden im Juli 1948 und Frühjahr 1949 eine Mole- und Normaldrainage nebeneinander ausgeführt. Der Untergrund besteht aus lehmigem und humosem Ton bis strengem Ton. An Teilchen erster Fraktion wurden nach Kopecky 62–87 % bestimmt. Es handelt sich demnach um einen äußerst bindigen, für die Mole-Drainage sehr gut geeigneten Boden. Die Pflugarbeit mittels eines 40-PS-Raupentraktors mit Ausklinker gestaltete sich sehr mühelos und erforderte nur 9 ½ Stunden für eine Fläche von 1,20 ha, ohne irgendwelche Reparaturen zu verursachen. Da die Molegänge in Längen von 50–90 m alle einseitig vom Sammelgraben aufwärts gezogen wurden, bedingte auch hier jeder Gang eine Leerfahrt des Traktors. Sie liegen in einer Tiefe von etwa 60 cm und weisen einen Abstand auf von 3,5–4 m. Zur Verwendung kam ebenfalls der leichte Holländerpflug mit einem Preßkopfdurchmesser von 50 mm.

Trotz Bearbeitung des Feldes mit schweren Traktoren erwiesen sich die Molegänge ein Jahr nach ihrer Erstellung in ihrer Kreisform ungestört; ihr Durchmesser hatte sich jedenfalls auf etwa 4 cm verengert. Die Sohlen waren bei dem künstlichen Gefälle von 1–2 ‰ vollkommen intakt

und wiesen auch keine Ablagerung auf. Am Ende der Trockenperiode 1949 hatten sich die anfänglich 1 cm breiten Schwertrisse auf 10–12 cm breite Spalten erweitert, von denen nach rechts und links Bodenschwindrisse im spitzen Winkel abzweigten. (Fig. 6)

Wir dürfen daraus schließen, daß sich die einmal vorhandenen Bodenschnitte nicht so bald wieder schließen, wodurch der Boden eine intensive

Fig. 6. Schwertriß von oben nach unten, entstandener Schwindriß links

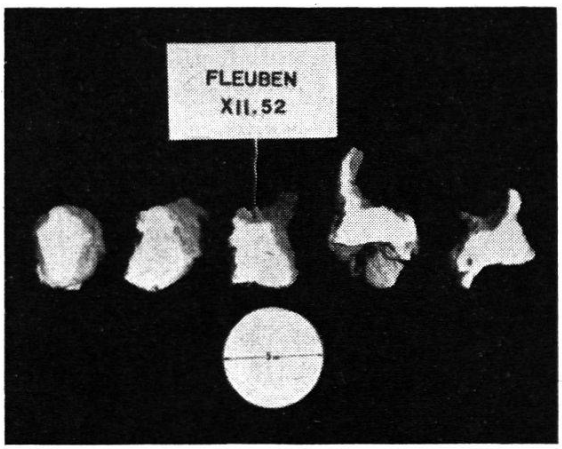

Fig. 7. Gipsabgüsse von Molegängen. Unten: Sollquerschnitt

Durchlüftung erfährt. Gleichzeitig wird ihm Wasser durch Verdunstung entzogen. Es ist dagegen aber sicher, daß dieses Schwindmaß bedeutend kleiner sein wird, wenn der Untergrund mit einer Humusschicht überdeckt ist, was in diesem ehemaligen Lehmstich nicht der Fall war. Das Schrumpfen des Bodens erreichte hier ein solches Maß, daß sich die Spalten an einzelnen Stellen bis unter die Molegänge fortsetzten.

Beim Untersuch im Dezember 1952 waren die Schwertrisse wieder geschlossen. Die Gipsabgüsse der Molegänge zeigen meist unregelmäßige Querschnitte, sicher als Folge der erwähnten Bodenschrumpfung. (Fig. 7.) Überall ist im Scheitelpunkt dieser Abgüsse der Schwertansatz noch deutlich erkennbar. Bei diesem Untersuch wurde auch festgestellt, daß die Gänge immer noch Wasser führten.

In bezug auf Wasserführung der nebeneinander liegenden Entwässerungssysteme erhielten wir nur wenige und unsichere Anhaltspunkte, da die Wassermessungen nur wöchentlich stattfanden. Beide Anlagen reagieren sehr gut und rasch auf die Niederschläge, da die Humusdecke fehlt. Die spezifische Abflußmenge der Mole-Drainage wurde beispielsweise am 8. September 1951 zu 1,5 l/sec/ha, die der Normaldrainage zu 1,2 l gemessen, nach einem Niederschlag von 54,4 mm. Die Wasserführung der ersteren dürfte bei Niederschlägen rascher ansprechen, in ihrer Er-

giebigkeit auch rascher zurückgehen. Das vorhandene Zahlenmaterial gestattet jedoch keine sichern Schlüsse, wenn auch in beiden Anlagen nur Eigenwasser in Frage kommt. Für die zuverlässige Beurteilung wären Messungen mit selbstregistrierenden Limnigraphen notwendig, um vor allem die Spitzenwerte zu erfassen. Gleichzeitig sollten im Meliorationsgebiet selbst die Niederschlagshöhen durch Pluviographen ermittelt werden.

Zufolge der fehlenden Humusdecke waren natürlich auch die Ernteerträge der Versuchsparzellen sehr dürftig, so daß wir auf die Angabe von Zahlen ebenfalls verzichten.

Die Kosten dieser Moledrainage für eine Fläche von 1,2 ha erreichten rund Fr. 920.—, die sich zu Fr. 590.— auf den Sammler in 10- und 12-cm-Tonröhren, und auf die Pflugarbeit inklusive Miete und Transport zu Fr. 330.— verteilen. Da der einseitig liegende Sammler genügt hätte, die doppelt so große Fläche von 2,4 ha zu entwässern, würde der Gesamtaufwand für eine solche Fr. 1250.— betragen, was einem Durchschnitt pro ha Moledrainage, ohne Projekt und Bauleitung, von *Fr. 520.—* entsprechen würde. Auch bei diesem, gegenüber der Versuchsanlage 2a viel geringeren Kostenaufwand, wären bei einer Lage des Sammlers in Feldmitte und rationeller Gestaltung der Pflugarbeit durch Vermeidung der Leerfahrten noch bedeutende Einsparungen möglich.

2c. Versuchsanlage „Rädliboden", Linthebene

Diese Mole-Drainage kam im Mai 1949 zur Ausführung. Der dabei verwendete holländische Dekkerpflug wurde bald nach Beginn der Arbeiten infolge eines im Untergrund lagernden Baumstammes so stark beschädigt, daß für den größeren Teil der Molegänge der stärkere englische Miles-Pflug eingesetzt wurde, dessen Preßkopf einen Durchmesser von 8,5 cm aufwies. Vermutlich bewirkte der dadurch stark vergrößerte Widerstand eine Hebung des Pfluges, so daß nur Tiefenlagen der Molegänge von 40–45 cm erreicht wurden. Entsprechend den geringen Tiefen wurden die Abstände nur zu 3 m angenommen. Um Leerfahrten zu vermeiden, zog man die Molegänge vor Anlage des Tonrohrsammlers, abwechselnd den einen von unten nach oben und den nächstfolgenden im umgekehrten Sinne. Erst nach dieser Pflugarbeit wurde der Sammelgraben erstellt, indem dieser die unteren Enden der Molegänge überschnitt, deren Ausmündungen sauber ausgeräumt wurden. Als Traktionsmittel diente ein Lanz-Bulldogg-Raupenschlepper von etwa 70 PS. Auch trotz dieser großen Zugkraft erreichten wir, wie erwähnt, keine größeren Tiefen als 40–50 cm. Neben dem gewaltigen Widerstand zufolge des großen Preßkopfes und der starken Durchwurzelung ist die Ursache wohl auch in der mangelnden praktischen Erfahrung in der Pflugführung zu suchen. Abgesehen von einer gewissen Verengerung erwiesen sich aber die Molegänge nach einem Jahr in keiner Weise deformiert.

In diesem Versuchsfeld trafen wir den heterogensten Boden, was wir anfänglich auf Grund einiger Bohrstocksonden gar nicht vermuteten.

Eine spätere, eingehende Untersuchung mittels Probegruben ließ auf Grund zahlreicher linsenförmiger Einlagerungen von Staubsand auf einen typischen Alluvionsboden schließen. Dessen Gehalt an abschlämmbaren Teilchen variiert zwischen 29 und 72 %; der Untergrund wechselt von sandigem über tonigen Lehm zu humosem Ton. Entsprechend diesen wechselnden Bodenarten erwarteten wir im Winter 1952 eine große Veränderung, bzw. Zerstörung der Gänge und waren überrascht, diese in noch relativ gutem Zustand vorzufinden (Fig. 8). Aus den drei Gips-

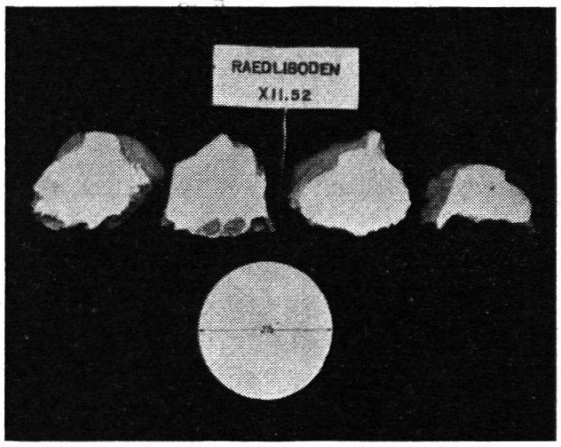

Fig. 8. Gipsabgüsse von Molegängen.
Unten: Sollquerschnitt

abgüssen links erkennt man noch deutlich am obern Rand den Ansatz des Schwertrisses. Die untere Hälfte des Kreisprofils ist durch Sandablagerungen ausgefüllt als Folge der Sandlinsen, des geringen Gefälls von 1–2 ‰ der Molegänge und besonders infolge des großen Preßkopfdurchmessers von 8,5 cm. Immerhin darf erwartet werden, daß die Erdgänge auch in diesem, zum Teil sandigen Boden ihren Zweck noch mindestens zwei Jahre erfüllt hätten, womit deren Lebensdauer 5–6 Jahre betragen würde.

Hinsichtlich der Wasserführung im Vergleich zu der dortigen Normaldrainage dürfen wir keine Schlüsse ziehen, da die Leitungen der letzteren zum großen Teil in einem Grundwasserträger liegen.

Infolge des heterogenen Untergrundes geben auch die Ernte-Ertragszahlen keine sichern Anhaltspunkte.

Die Kosten der Moledrainage für diese Fläche von 1,20 ha belaufen sich auf rund Fr. 1070.—, die sich zu Fr. 630.— auf die Erstellung des Sammlers und zu Fr. 440.— auf die Pflugarbeit verteilen. Da auch hier wie bei den zwei andern Versuchsanlagen der Sammler einseitig liegt, hätte er für eine doppelt so große Fläche von 2,40 ha genügt, deren Kosten Fr. 1510.— betragen würden, was einem Mittel von etwa *Fr. 630.*— pro ha Moledrainage entspricht. Trotzdem bei dieser Anlage Leerfahrten des Molepfluges vermieden wurden, stellen sich die Kosten pro ha um Fr. 110.— höher als im Feld „Fleuben", was auf das langsamere Pflügen infolge des größeren Preßkopfes und der starken Durchwurzelung sowie auf den

Umstand zurückzuführen ist, daß diese Arbeit ausschließlich mit fremden Arbeitskräften durchgeführt werden mußte.

2d. Versuch zur Verbesserung der Normaldrainage „Neuboden" in Ruswil (Luzern)

Diese Normaldrainage wurde in einem abgebauten Torfstich Ende der dreißiger Jahre erstellt. Trotz Sammlertiefen von 1,60–1,70 m, relativ kleinen Draindistanzen von 16–18 m und einem ziemlich durchlässigen Untergrund in sandigem Lehm und lehmigem Sand war die Entwässerungswirkung absolut ungenügend, so daß die Oberschicht von 40–60 cm Mächtigkeit noch zehn Jahre später ausgesprochenen Torfcharakter aufwies. Auch nachträglich verlegte Zwischendrains vermochten die unbefriedigenden Verhältnisse nur unwesentlich zu bessern. Die Ursache ist darin zu suchen, daß ein dünner verdichteter Horizont über dem durchlässigen Untergrund liegt, der auch die darauf entstandene Verlandung bewirkte und die Entwässerung nach dem durchlässigen Untergrund unterbindet.

Ende März 1949 erfolgte die Bearbeitung mit dem leichten holländischen Dekkerpflug, indem die Molegänge unter einem Winkel von etwa 50° in Abständen von 3 m, quer zu den Normaldrains, und in Tiefen von 68–85 cm gezogen wurden. Damit sollte vor allem die Durchschneidung des abdichtenden Bodenbandes erreicht werden, womit eine Absickerung des Bodenwassers in die Normaldrains und direkt in den durchlässigen Untergrund ermöglicht wird und eine intensive Durchlüftung der stark wasserhaltenden Oberschicht von den Schwertrissen aus einsetzt. Die Pflugarbeit mit einem 17-PS-Pneutraktor, der mit einer zusätzlichen Belastung von 1 t und mit Schneeketten versehen war, gestaltete sich sehr mühelos und rasch, so daß die Meliorationsfläche von 2 ha während eines Arbeitstages mit nur 6 ½ Traktorenstunden gefahren werden konnte. Die Pflugkosten pro ha erreichen nur den kleinen Betrag von *Fr. 72.—*, worin aber noch Fr. 35.— für Fremdkosten neben eigener Leistung enthalten sind.

Wir verzichteten im Winter 1952 darauf, die Molegänge auf ihren Zustand zu untersuchen und von ihnen Gipsabgüsse zu erstellen, da unsere Pflugarbeit ja in erster Linie eine Durchschneidung des abdichtenden Horizontes bezweckte und die Erdgänge im sandigen Untergrund ruhig zerfallen durften. Dagegen interessierten wir uns, ob sich die nachträgliche Bearbeitung mit dem Molepflug hinsichtlich landwirtschaftlichen Ertrages günstig ausgewirkt hatte. Die bezügliche Antwort des Eigentümers vom 24. Januar 1953 lautet: „Die Wirkung ist ununterbrochen sehr gut. Bisher haben wir nie den geringsten Nässeschaden festgestellt. Dieses frühere Ödland wird jetzt hauptsächlich mit Gemüse angebaut."

In diesem Zusammenhang möchten wir auch auf die erfolgreiche und analoge Maßnahme im landwirtschaftlichen Versuchsgut „Chamau" der ETH hinweisen. In einer undrainierten Depression von etwa 2 Jucharten blieb nach jedem größeren Regen ein Wassertümpel liegen als Folge einer,

auf sandigem Untergrund auflagernden, tonigen Schicht von 40–50 cm Stärke. Nach Durchschneiden derselben mit dem Molepflug in Schnitten von 3 m Entfernung verschwand diese Wasserlache; sie machte sich auch nach den langen und ergiebigen Regenfällen des letzten Sommers nicht mehr bemerkbar.

3. Schlußbetrachtungen

Der Vergleich der Kosten einer Normal- gegenüber eine Mole-Drainage legt es uns gerade im heutigen Zeitpunkt nahe, daß diese auch bei uns, wo nur immer möglich, zur Anwendung kommen sollte. Leider sind ihr zufolge unserer vielfach steinigen, kupierten und stark geneigten Böden etwas enge Grenzen gezogen. Dort aber, wo die Möglichkeiten zu ihrer Ausführung gegeben sind, darf uns der Einwand, die Pflugarbeit müsse in gewissen Zeitintervallen wiederholt werden, nicht davon abhalten. Denn es müßten viele Wiederholungen stattfinden, bis deren Gesamtaufwand den heutigen Kostendurchschnitt einer Normaldrainage erreicht hätten. Zudem verteilen sich die Aufwendungen einer mehrmaligen Pflugarbeit auf eine lange Zeitspanne.

Der Untersuch in der Parzelle „Speckbaum" (2a), die ausschließlich als Ackerland mit schweren Maschinen bearbeitet wurde, hat ergeben, daß die Erdgänge nach 4 ½ Jahren noch vollkommen intakt waren. Wir dürfen den Angaben des Auslandes Glauben schenken, wonach die Wiederholung der Pflügung in einem solchen Boden erst nach 8–10 Jahren erfolgen müsse. Dasselbe würde auch zutreffen für die Anlage „Fleuben" (2 b), wenn der dortige nackte Tonboden mit Humus überdeckt wäre. Es ist klar, daß die Molegänge der Wiederholung, zwischen den alten Zügen erstellt werden, womit wieder ein neues Stück Boden aufgelockert und durchlüftet wird. Vermutlich könnten dadurch die Intervalle der Pflugarbeit noch verlängert werden.

Gemäß den Beobachtungen über die Wasserführung in der Mole-Drainage „Speckbaum", die nach einem Regen gewöhnlich nur 3–5 Tage Wasser führte und dann trocken blieb bis zum nächsten Niederschlag, vermuten wir, daß der Wasserentzug durch Verdunstung größer ist als derjenige durch die eigentliche Drainage. Deshalb messen wir vielleicht der Intakthaltung der Molegänge im Interesse einer raschen und ungestörten Wasserableitung eine allzugroße Bedeutung zu, da die Verdunstung vornehmlich durch die Schwertrisse bewirkt wird. Jedenfalls haben die Franzosen durch die Kombination normaler Drainagen von 50–60 m Draindistanz und der Erstellung von Schwertrissen quer dazu mittels eines Untergrundlockerers (Sous-Soleuse), in fetten Böden sehr gute Erfolge erzielt. Die Sous-Soleuse entspricht einem Molepflug ohne angehängtem Preßkopf; auch ist der runde Maulwurfskörper durch eine schmale, flache und spitz zulaufende Pflugschar ersetzt. Über dieses neue Drainverfahren soll in einem nächsten Artikel orientiert werden.

In unserem neuen Versuchsfeld Therwil (Baselland), wo nur Eigenwasser in Frage kommt, hoffen wir, zuverlässige Anhaltspunkte und Vergleiche über den Wasserhaushalt in mole- und normaldrainierten

Böden zu erhalten. Hier werden die Drainwassermengen durch selbstregistrierende Limnigraphen gemessen. Zum genauen Vergleich mit den Niederschlägen ist im Versuchsgebiet selbst ein Pluviograph aufgestellt. Wöchentliche Ablesungen mit dem neuesten Ohm-Meter aus den USA an drei Feuchte-Meß-Stationen geben uns Aufschluß über den jeweiligen Wassergehalt der entwässerten Parzellen.

Die bisherigen Pflugarbeiten haben gezeigt, daß der holländische Dekkerpflug für unsere zähen Böden zu schwach ist; die kräftigeren englischen und französischen Pflüge dürften sich für unsere Verhältnisse besser eignen. Verdienstvoll wäre es, wenn sich ein schweizerisches Industrieunternehmen dieser Angelegenheit annehmen würde, um einen starken, tiefgesetzten Pflug mit größerem Radstand zu schaffen, der auch bei stärkeren Terrainneigungen verwendet werden könnte. Ferner sollten in solchen Gebieten Versuche mit einer Seilwinde zur Durchführung kommen.

Wenn auch die Verwendung des Molepfluges für Neuanlagen nur beschränkt sein wird, so ist diese bestimmt angezeigt zur Verbesserung schlecht wirkender Normaldrainagen. Denn das Einschalten von Zwischendrains würde in fetten Böden nur geringe Besserung bringen, dagegen hohe Kosten verursachen. Auch in jenen Fällen, wo durch die Feldbearbeitung mit schweren Maschinen unter dem Humus ein verdichteter Horizont entsteht, der das Niederschlagswasser zu Tümpeln aufstaut, bildet die Bearbeitung eines solchen Feldes mit dem Molepflug oder dem Untergrundslockerer die einfachste und billigste Lösung. Das gleiche Verfahren führt zum Ziel, wenn unmittelbar unter dem Humus eine dichte Schicht von nicht zu großer Mächtigkeit auf durchlässigem Untergrund lagert.

Abgesehen von diesen praktischen, vereinfachten und verbilligenden Maßnahmen der Moledrainage hat diese die alten Anschauungen über Drainagewirkung, Wasser- und Lufthaushalt usw. weitgehend verändert und neue Erkenntnisse eröffnet.

Généralisation de la méthode dite du centre de gravité en aérophotogrammétrie

Par A. Ansermet

Un problème actuel dans le domaine de l'aérophotogrammétrie est le rattachement au sol d'un lever aérien restitué par voie instrumentale. On sait en quoi il consiste: le praticien se trouve en présence de deux systèmes de points déterminés l'un $P_1, P_2 \ldots P_n$ géodésiquement et l'autre $P'_1, P'_2 \ldots P'_n$ par restitution. Théoriquement une similitude parfaite devrait exister entre ces deux systèmes ou figures spatiales; pratiquement ce n'est jamais rigoureusement le cas, ce qui rend le calcul complexe. Il faut éliminer autant que possible les discordances qui se révèlent. A cet effet on amène tout d'abord en coïncidence les centres de gravité G et G' des deux groupes de points ([1] p. 2). Puis on peut choisir comme nouvelle