

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: 46 (1948)

Heft: 3

Artikel: Fortschritte auf dem Gebiet der englischen und amerikanischen Dränagetechnik

Autor: Schildknecht, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-205580>

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: 28.01.2026

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

Fortschritte auf dem Gebiet der englischen und amerikanischen Dränagetechnik

Von Dr. Ing. H. Schildknecht, Zürich

Ein längerer Aufenthalt in England und den Vereinigten Staaten von Nordamerika im vergangenen Jahre bot dem Verfasser Gelegenheit, unter anderem das Dränagewesen dieser beiden Länder eingehend zu studieren. Was dabei den schweizerischen Kulturingenieur in erster Linie überrascht, sind die äußerst niedrigen, fast unwahrscheinlich anmutenden Hektarkosten der in den letzten Jahren ausgeführten Entwässerungsanlagen. Ähnlich wie in unserem Lande, verwirklichte England während des vergangenen Weltkrieges ein umfangreiches Meliorationsprogramm zur Verbesserung der Versorgungslage mit landwirtschaftlichen Produkten, das in der Zeitspanne von 1939 bis 1944 die folgenden Aufwendungen¹ nach sich zog:

	Baukosten	Entwässerte Fläche	Mittlere Hektarkosten
Röhrendränagen	Fr. 25 972 000.—	76 509 ha	Fr. 339.45
Kombinierte Röhren- Maulwurfsdränage	Fr. 12 401 200.—	131 775 ha	Fr. 94.10

Auch die neuesten Subventionsverordnungen des englischen Landwirtschafts-Ministeriums² setzen voraus, daß es möglich ist, entwässerungsbedürftige Böden mit geringem Kostenaufwand zu meliorieren. Es werden ganz allgemein Subventionen in der Höhe von 50 % der Gesamtkosten verabfolgt. Dabei wird aber die Einschränkung gemacht, daß die Acre- resp. Hektarkosten die nachfolgenden Ansätze nur in außerordentlichen, speziell zu begründenden Fällen, überschreiten dürfen:

Röhrendränagen	£ 7. 10.— per acre	(Fr. 321.45 per ha)
Maulwurfsdränagen	£ 1. 10.— per acre	(Fr. 64.35 per ha)

Die Baukosten amerikanischer Dränageanlagen sind durchschnittlich etwas höher. Der nachfolgende Auszug aus einem Vortrag eines Vorstehers der Dränageabteilung des U. S. Soil Conservation Service³ anlässlich der letztjährigen Konferenz des amerikanischen Kulturingenieurvereins in Philadelphia vermittelt ein Bild darüber, was der amerikanische Dränageingenieur hinsichtlich Kosten für Dränagen noch verantworten zu können glaubt. Der Referent verwies als Beispiel dafür, daß unter Umständen auch abnormal hohe Hektarkosten wirtschaftlich sein können, auf eine im Staate Wisconsin ausgeführte Röhrendränage von 7 ha Fläche, die 160 Dollars per acre (Fr. 1699.— per ha) gekostet hatte und führte

¹ Agricultural Engineering, Vol. 28, No. 2, 1947, Seite 63.

² Ministry of Agriculture and Fisheries. Grants for the improvement of agricultural land by mole drainage and tile drainage. Leaflets No. 94/B und No. 280/B.

³ J. G. Sutton. Drainage operation of the Soil Conservation Service (Manuskript).

dabei wörtlich aus: „Obwohl kein Ingenieur normalerweise eine solche teure Anlage empfehlen könnte, teilte der Eigentümer Mr. Frank mit, daß die Mehrerträge der zwei ersten Jahre die Kosten für das System bereits zurückbezahlt hätten.“

Nach der Statistik des Eidg. Meliorationsamtes¹ betrugen die Aufwendungen innerhalb des außerordentlichen und ordentlichen Meliorationsprogrammes für Entwässerungen von 1940 bis 1. November 1946:

Kostenvoranschläge	Fr. 276 890 011.—
Entwässerte Fläche	78 959 ha
Mittlere Hektarkosten	Fr. 3507.—

Soweit schwere Böden zu dränieren waren, die einen kleinen Saugerabstand bedingen, erreichten die Hektarkosten gewöhnlich einen bedeutend höheren Ansatz. Dies war besonders dann der Fall, wenn bei ausgeführten Anlagen, infolge mangelhafter Wirkung, nachträglich noch Zwischensauger eingelegt werden mußten.

In kulturtechnischen Kreisen glaubte man hohe Hektarkosten bei Röhrendrängen deshalb verantworten zu können, weil angenommen wurde, daß solche Entwässerungen ein Alter von „100 Jahren oder noch viel mehr“ erreichen. In der Schweiz verfügen wir nur über zeitlich beschränkte Erfahrungen hinsichtlich der Lebensdauer von Dränagesystemen. Von der bis 1946 dränierten Totalfläche von 157 936 ha entfallen auf das vergangene Jahrhundert nur 6181 ha oder rund 4 % der Gesamtfläche. Die englische Dränagetechnik ist eher in der Lage, über dieses Problem Aufschluß zu erteilen. In der Periode von 1840 bis 1880 wurden in England ungefähr 1,2 Millionen Hektaren Land vermitteltst Röhrendränge entwässert, wobei eine Subventionsbedingung vorschrieb, daß die Rohrleitungen auch in schweren Böden mindestens 4' (1,22 m) tief zu verlegen seien. Nach den gesammelten Erfahrungen sind heute fast alle diese Anlagen, wenigstens soweit sie in Tonböden liegen, mit der Zeit unwirksam geworden. Die noch gut funktionierenden Systeme befinden sich fast ohne Ausnahme in mehr durchlässigen Bodenabschnitten. Wenn auch mangelnder Unterhalt der Vorflutgräben mit zum Verfall dieser Einrichtungen beigetragen hat, ist heute der englische Dränagefachmann davon überzeugt, daß eine Dränage in einem schweren Boden nur eine beschränkte Lebensdauer hat. Mit der fortschreitenden Verdichtung des in die Dränggräben eingefüllten Aushubmaterials pflügt die Entwässerungswirkung ständig abzunehmen und manchmal schon nach wenigen Jahren nicht mehr zu genügen. Die moderne Einstellung des englischen Dränageingenieurs zum Problem der Entwässerung schwerer Böden kann wohl am besten durch nachfolgenden Satz, der einem neuzeitlichen Handbuch über Dränagetechnik² entnommen worden ist, dargelegt werden: „Drainage of heavy land should be regarded as a cultivation rather than a permanent improvement.“ (Die Entwässerung schwerer Böden sollte

¹ Bericht über das Meliorationswesen der Schweiz 1940–1946, Tabelle 6.

² H. H. Nicholson. The principles of field drainage 1946, Seite 7.

mehr als eine Kultivierung als eine bleibende Verbesserung angesehen werden.) Die Entwässerung schwerer Böden wird heute in England so praktiziert, daß man darauf verzichtet, solche Böden durch eine einmalige teure Melioration verbessern zu wollen. Man sucht das Bodenprofil auf dem Wege sich periodisch wiederholender, billiger Eingriffe aufzuschließen und zu entwässern.

Aus diesen Überlegungen heraus, und weil in England die entwässerungsbedürftigen Flächen vorwiegend in Tonbodenformationen liegen, hat die englische Kulturtechnik das Verfahren der kombinierten Maulwurfs-Röhrendränage entwickelt. Bei alten Maulwurfsdränagen mündeten die Maulwurfsgänge gewöhnlich einzeln in die Vorflutgräben aus. Diese Anordnung hatte einen raschen Zerfall der Ausmündungen zur Folge. Heute werden fast ohne Ausnahme als Vorfluter für die Maulwurfsgänge Tonrohrleitungen mit Sickerpackungen verlegt. Diese gesickerten Sammler sind als Daueranlagen gedacht und haben hauptsächlich den Zweck, als sichere Vorflut für die Maulwurfsgänge zu dienen, die in Intervallen von einigen Jahren neu erstellt werden müssen. Die Rohrstränge sind entweder als Querdränage angeordnet oder sie folgen bei unregelmäßigem Verlauf der Bodenoberfläche den Depressionen. Die Leitungsabstände schwanken je nach Bodenart und Oberflächengestalt des Terrains in weiten Grenzen, übersteigen aber nie den Wert von ungefähr 10 chains (201 m). Die Dräntiefe ist so zu wählen, daß die Oberkante der Tonröhren 2–3'' (5–8 cm) unterhalb der Sohle der zu ziehenden Maulwurfsgänge liegt. Deshalb beträgt die normale Grabentiefe 2' 6'' (76 cm) oder etwas mehr. Durch diese Anordnung wird die Gefahr beseitigt, daß beim Einsatz des Maulwurfspfluges die Rohrleitungen beschädigt oder gar herausgerissen werden. Alle Leitungen erhalten eine Sickerpackung bis höchstens 15'' (38 cm) unterhalb der Bodenoberfläche. Das Sickermaterial besteht aus Ästen und Buschwerk, seltener aus Kies. Die quer zu den Tonrohrleitungen verlaufenden Maulwurfsgänge werden somit nicht direkt an die Sammler angeschlossen, sondern die Entwässerung erfolgt in die Sickerpackung der Gräben. Die Wirkung und besonders die Lebensdauer einer Maulwurfsdränage hängen weitgehend von den Bodenverhältnissen ab. Es kommen für dieses Drainageverfahren nur Böden mit einem höheren Tongehalt in Frage. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß Böden mit einem Gehalt von mehr als 45 % Ton und weniger als 20 % Sand für die Maulwurfsdränage sehr günstig sind. Haben Böden einen Tongehalt von 35–45 % und einen Sandgehalt von 20–45 %, wird die Lebensdauer einer Maulwurfsdränage verkürzt. Sofern der Tongehalt unter 35 % sinkt und der Sandgehalt über 45 % steigt, ist der Boden als ungeeignet anzusprechen. In steinigen Bodenprofilen oder solchen mit Kies- und Sandadern ist die Maulwurfsdränage nicht anwendbar. Es ist somit vor der Ausführung einer Maulwurfsdränage eine sorgfältige Bodenuntersuchung nicht zu umgehen. Da die Maulwurfsgänge meistens parallel zur Bodenoberfläche verlaufen, hat genügend Terraingefälle vorhanden zu sein, damit das in den Maulwurfsgängen sich ansammelnde Bodenwasser gerade noch abfließen kann. Zu große Saugergefälle führen zu Erosionserscheinungen

im oberen Abschnitt der Maulwurfsgänge unter gleichzeitiger Anlage-
rung des abgeschwemmten Materials in den unteren Partien. In den mei-
sten Fällen werden die Maulwurfsgänge in der Richtung des größten
Terraingefälles gezogen und zwar von unten nach oben, um ihre Dauer-
haftigkeit zu steigern. Ist das Terrain stark geneigt, haben die Maul-
wurfsgänge quer zur Fallrichtung zu verlaufen, wodurch das Saugerge-
fälle auf ein zulässiges Maß vermindert wird. Je nach der Textur des
Bodens werden die Abstände zwischen den Maulwurfsgängen von
2–5 yards (1,8–4,6 m) abgestuft. Abstände von über 3 yards (2,7 m) wer-
den nur dann empfohlen, falls der Tonboden nicht bis zur Bodenoberfläche
reicht. In der Praxis sind Dräntiefen von 12–30'' (30–76 cm) gebräuch-
lich. Als zweckmäßigste Dräntiefen gelten 20–24'' (51–61 cm). Bei Wies-
land kann, verglichen mit Ackerland, die Dräntiefe vermindert werden.
Es bestehen Anlagen mit Saugerlängen bis 250 yards (228 m). Im allge-
meinen wird aber die maximale Länge mit 200 yards (183 m) begrenzt.
Sofern das Terraingefälle gering ist, sind die Saugerlängen auf höchstens
100 yards (91 m) zu reduzieren. Die englischen Maulwurfspflüge ziehen
Maulwurfsgänge von 2–3 ½'' (51–89 mm) Durchmesser. Es wird aber
empfohlen, keine Maulwurfsgänge zu erstellen, die weniger als 3''
(76 mm) weit sind. Wiederholte Nachprüfungen vieler ausgeführter An-
lagen zeigten, daß die Lebensdauer einer Maulwurfsdränage 2–9 Jahre
beträgt. Bei günstigen Bodenverhältnissen und sorgältiger Ausführung
kann über einen Zeitraum von 6–7 Jahren mit einer guten Entwässerungs-
wirkung gerechnet werden. Dabei ist nicht zu übersehen, daß bei einer
Wiederholung der Maulwurfsdränage alte Maulwurfsgänge weiterhin an
der Abführung des Bodenwassers mitwirken.

Da die Maulwurfsdränage das weitaus billigste Entwässerungsver-
fahren darstellt, verspricht diese Methode besonders dort wirtschaftlich
zu sein, wo entweder Kulturböden ertragfähiger gemacht werden sollen
oder alte Dränagesysteme mit ungenügender Entwässerungswirkung zu
sanieren sind. Besonders in schweren Böden, die bereits als Wies- oder
Ackerland genutzt werden, aber einen unbefriedigenden Ertrag abwerfen,
sind mit der Maulwurfsdränage schöne Erfolge erzielt worden. Solche
Böden leiden sehr oft infolge ihrer beschränkten Durchlässigkeit, so be-
sonders in Nässeperioden, unter Wasserandrang und damit Luftmangel.
Meistens scheut der Landwirt bei solchen in Kultur stehenden Flächen
die Auslagen für den Einbau einer Röhrendränage, weil gerade diese Bo-
denarten enge Saugerdistanzen erfordern, was hohe Hektarkosten zur
Folge hat. Sofern die Anwendung der Maulwurfsdränage möglich ist,
lohnt es sich, auch beschränkt entwässerungsbedürftige Böden zu dränie-
ren, bei welchen sich das Verlegen einer Röhrendränage nicht verant-
worten ließe. In England sind in den vergangenen Jahren zahlreiche mit
der Zeit unwirksam gewordene Röhrendränagen in schweren Bodentypen
durch Maulwurfsdränage wieder regeneriert worden. Es wurden zu die-
sem Zwecke quer zu den Tonrohrleitungen Maulwurfsgänge gezogen,
welche sich in Maulwurfssammler entwässern. Als Vorflut für die Maul-
wurfssammler dienen kurze, mit Sickerungen versehene Tonrohrab-

schnitte, die mit dem alten Dränagenetz in Verbindung stehen. Der englische Dränagefachmann ist davon überzeugt, daß es unwirtschaftlich ist, die mangelhafte Wirkung einer Röhrendränage in schweren Böden durch das Einlegen von Zwischensaugern beheben zu wollen, weil diese Praxis zu abnormal kleinen Strangentfernungen und damit unverantwortlich hohen Hektarkosten führt.

Es ist interessant, konstatieren zu können, daß in der englisch-amerikanischen Kulturtechnik den Wechselbeziehungen zwischen Dränage und Bodenbearbeitung vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt wird. Der amerikanische Kulturingenieur, welcher bekanntlich neben der Melioration im engeren Sinne auch noch das gesamte landwirtschaftliche Maschinenwesen betreut, kam zur Einsicht, daß das Problem der Tiefkultur der Böden besonders eng mit Dränagefragen in Verbindung steht. Schon die Maulwurfsdränage stellt im Prinzip eine Kombination von Entwässerung und Bodenlockerung dar. In England werden Maulwurfspflüge (System Ransomes) als Mehrfachgeräte gebaut, die sich auch für eine tiefgreifende Bodenlockerung verwenden lassen. Es wird auf die Erfahrungen verwiesen, nach welchen beim Vorkommen dünner, undurchlässiger Bodenschichten, bei natürlich gut entwässertem Untergrund, dem Sickerwasser am besten durch einen tiefen Umbruch ungehinderter Abzug verschafft werden kann. In vielen Fällen wurde mit gutem Erfolg versucht, die Entwässerungswirkung von bestehenden Dränagen durch tiefes Auflockern des Untergrundes zu steigern. Sehr oft konnte eine mangelhafte Wirkung von alten Röhrendränagen ausschließlich durch den Einsatz von Untergrundspflügen behoben werden. Die Lockerung eines entwässerungsbedürftigen Bodenprofils kann aber nur dann wirksam sein, falls das in den aufgelockerten Bodenhorizont eindringende Sickerwasser auf natürlichem Wege oder durch künstliche Dränage weggeführt wird.

Beim Studium der Projektierungsgrundlagen englischer und amerikanischer Entwässerungsanlagen fällt sofort auf, daß die meisten Röhrendränagen dieser Länder Dräntiefen aufweisen, die unter 1 m liegen. Größere Dräntiefen kommen nur bei Dränagesystemen vor, die nach der Ansicht der englisch-amerikanischen Kulturtechnik Spezialfälle darstellen. In England sind Dränröhren bis 6' (1,83 m), in den USA. bis 8' (2,44 m) tief verlegt worden, falls in durchlässigen Bodenprofilen ein Grundwasserspiegel abzusenken war, ferner bei der Entwässerung organischer Böden und bei Auswaschungsdränagen zur Melioration von Salzböden in ariden Klimagebieten. Da die Dränagekosten in erster Linie von der Kubatur des Grabenaushubes abhängen, kann durch die Reduktion der Dräntiefe eine Verbilligung der Röhrendränagen erzielt werden. Dabei ist nicht zu übersehen, daß mit abnehmender Dräntiefe auch die Vorflutbeschaffung erleichtert wird, was sich wiederum günstig auf die Kosten auswirkt. Die schweizerischen Normen sehen gewöhnlich bei leichten Böden Dräntiefen von 1,40–1,50 m, bei schweren Böden solche von 1,20 bis 1,30 m vor. Die Notwendigkeit solcher Tiefen wird damit begründet, daß erstens bei größerer Dräntiefe die Saugerdistanz erweitert werden kön-

ne, zweitens jede Dränleitung im Boden unterhalb der Frostgrenze verlegt sein müsse und drittens durch die Wahl dieser Tiefen die Gefahr des Einwachsens von Pflanzenwurzeln in die Leitungen vermindert werde. Das kulturtechnische Versuchswesen der USA. und Englands kam zu Forschungsergebnissen, welche die Richtigkeit dieser Behauptungen anzweifeln lassen.

Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen Saugertiefe und Saugerdistanz scheint nur dann zu bestehen, sofern sich im Bodenprofil tatsächlich eine Absenkungskurve auszubilden vermag. Dies ist aber nur in durchlässigen Böden mit Grundwasservorkommen möglich. Nur in diesem Falle kann durch tieferes Verlegen der Leitungen eine Erweiterung der Strangentfernung erzielt werden. Ist aber in einem Bodenprofil in der Hauptsache nur Sickerwasser abzuführen oder handelt es sich um die Entwässerung von schweren Böden, lockert sich das Verhältnis zwischen Dräntiefe und Drändistanz. Nach neueren Untersuchungen fließt das Sickerwasser in dränierten Tonböden vorwiegend im Bereich des obersten Bodenhorizontes, mehr oder weniger parallel zur Bodenoberfläche, nach den Drängräben ab, wo es durch die Grabeneinfüllung in die Rohrleitungen eintritt. Der übrige, zwischen den Saugern liegende Bodenkörper scheint weitgehend am Entwässerungsvorgang überhaupt nicht beteiligt zu sein. Durch die Tieferlegung einer Saugerleitung in einem schweren Boden kann somit gar keine merkliche zusätzliche, seitliche Entwässerungswirkung erzielt werden. Es besteht im Gegenteil bei zu großer Tiefenlage des Saugers die Gefahr, daß die an der Abführung des Sickerwassers maßgebend beteiligte Grabeneinfüllung sich nach wenigen Jahren stark verdichtet und das Bodenwasser die Leitungen nicht mehr zu erreichen vermag. Deshalb wird auch in kulturtechnischen Kreisen Englands in erster Linie jene alte Vorschrift, welche die Minimaltiefe auf 4' begrenzte, für das Versagen der im vergangenen Jahrhundert ausgeführten Röhrendränagen verantwortlich gemacht. Falls übrigens in schweren Böden zwischen Dräntiefe und Drändistanz eine Beziehung in dem Sinne bestehen würde, daß mit abnehmender Tiefe der Saugerabstand vermindert werden muß, hätten die in der englisch-amerikanischen Drainage-technik angewandten Minimaldistanzen viel kleiner zu sein, als die in der Schweiz gebräuchlichen Werte. Es wird aber weder in den USA. noch in England mit geringeren Saugerabständen als 8–10 m dräniert, obwohl die Dräntiefen 3' (92 cm) nicht übersteigen.

Da ein Großteil der in den USA. verlegten Röhrendränagen in Klimagebieten liegt, die sich im Winter durch empfindliche Kälteeinbrüche auszeichnen, hat die amerikanische Kulturtechnik der Frage, ob diese Anlagen durch den Bodenfrost Schaden erleiden können, besondere Aufmerksamkeit geschenkt. So liegen nach der Statistik des U. S. Department of Agriculture¹ von den bis 1940 ausgeführten rund 7 Millionen acres Röhrendränagen deren 2 Millionen acres im Staate Iowa, einem Gebiet, das durch sein kontinentales Klima mit schweren Kälteperioden be-

¹ 16th Census of the United States 1940. Drainage of agricultural lands.

kannt ist. Daß diese Gegenden, mit dem schweizerischen Mittelland verglichen, einen tiefergreifenden Bodenfrost aufweisen müssen, geht aus nachfolgendem meteorologischen Beobachtungsmaterial ohne weiteres hervor.

Station	Lufttemperatur (Monatsmittel)					Tiefsttemperatur (Jahresmittel)	Anzahl Frosttage (Jahresmittel)
	Jan.	Febr.	März	Nov.	Dez.	° C	
Dubuque (Iowa)	-7,2	-5,4	1,1	2,7	-3,9	-28,3	132,5
Zürich	-1,4	0,8	3,8	3,6	-0,6	-10,4	90,2

Es muß deshalb die Feststellung überraschen, daß in den USA. bei der Projektierung von Röhrendrängen auf die Frosttiefe des Bodenprofils sozusagen keine Rücksicht genommen wird. Man verweist auf die Beobachtungen, nach welchen der Bodenfrost selbst bei Dränageanlagen mit sehr kleinen Dräntiefen nirgends merkliche Schäden an den Leitungen verursachte, obwohl dieselben fast jeden Winter in den gefrorenen Boden zu liegen kamen. Bei der Projektierung der Systeme wird ausschließlich darauf geachtet, daß die Bodenüberdeckung der Rohrleitungen nach unten zunimmt. Sobald das Gefrieren der Leitungen in der Richtung des abfließenden Dränwassers fortschreitet, ist durch die Eisbildung nirgends ein Wasserrückstau und damit das Einfrieren gefüllter Leitungsabschnitte zu befürchten.

Auf Grund der, in der englisch-amerikanischen Dränagepraxis gesammelten, Erfahrungen wird das Problem der Verwachsung von Dränageleitungen durch eindringende Pflanzenwurzeln als ein solches von untergeordneter Bedeutung angesehen. Soweit Verstopfungen von Dränageleitungen beobachtet wurden, waren sie in erster Linie durch das Eindringen von Schlamm und Feinsand in die Rohrfugen bedingt. Auf alle Fälle scheint es bei bestehender Verwachsungsgefahr nicht von Bedeutung zu sein, ob die Dränleitungen tiefer oder weniger tief in den Boden verlegt worden sind. Es wird darauf hingewiesen, daß die für eine Verwachsung der Leitungen in Frage kommenden Kulturpflanzen, Sträucher und Bäume ohnehin Wurzelungstiefen aufweisen, die weit über die in der Dränagepraxis vorkommenden Dräntiefen hinausreichen. Das Beobachtungsmaterial läßt einzig den Schluß zu, daß stark wasserführende Leitungen, welche durch trockene Bodenabschnitte verlaufen, am meisten der Verwachsungsgefahr unterworfen sind. Diese Feststellung deckt sich übrigens mit den umfangreichen Versuchsergebnissen über die Entwicklung des Wurzelwerkes bewässerter Pflanzen. Ein einseitig gerichtetes Wurzelwachstum ist immer dann zu beobachten, wenn die Pflanze an ihrem Standort über zu wenig Feuchtigkeit verfügt und das benötigte Wasser nur durch eine abnormale Entwicklung des Wurzelwerkes zu beziehen vermag. Solange eine Pflanze aber an ihrem Standort Bodenwasser in ausreichender Menge aufnehmen kann, was in einem dränierten Boden der Normalfall ist, hat sie gar keine Veranlassung, ihr Wurzelwerk einseitig zu entwickeln und in benachbarte Dränleitungen einzudringen.

Der Einsatz neuzeitlicher Maschinen für den Grabenaushub, das Verlegen der Röhren und das Zufüllen der Gräben hat sehr zur Verbilli-

gung amerikanischer und englischer Röhrendränagen beigetragen. Infolge des Mangels an geeigneten Arbeitskräften und einem starken Anstieg der Arbeitslöhne wurde mit der Zeit der Maschineneinsatz gegenüber der Handarbeit in steigendem Maße wirtschaftlicher. Die Durchführung des umfangreichen Entwässerungsprogrammes Englands während des vergangenen Weltkrieges wäre ohne einen großen Maschinenpark gar nicht zu bewerkstelligen gewesen, weil die benötigten Arbeitskräfte überhaupt nicht zur Verfügung standen. Deshalb stellte das Ministry of Agriculture and Fisheries, neben den zahlreichen Grabenbaggern, die von Unternehmern eingesetzt waren, den Drainageprojekten 19 Stück amerikanische Drainagebagger System Buckeye zur Verfügung. In den letzten Jahren wurden die verschiedenen Modelle von Spezialmaschinen für Drainagezwecke in den USA. und England bedeutend verbessert und können mit Konstruktionen älteren Datums nicht mehr verglichen werden. Ältere Grabenbagger waren viel zu schwerfällig, für eine rasche Dislokation ungeeignet und hoben zu breite Gräben aus. Sie waren häufig Betriebsstörungen unterworfen. Die neuen Drainagebagger zeichnen sich durch eine große Beweglichkeit aus. Da sie für einen raschen Straßentransport eingerichtet sind, lohnt es sich, diese Maschinen selbst bei kleinen Projekten einzusetzen, wo unter Umständen nur eine Tagesleistung in Frage kommt. Durch die Wahl der geeigneten Maschine läßt sich ein maschineller Aushub in den meisten, bei Drainagearbeit vorkommenden Bodenarten bewerkstelligen. Die technischen Einrichtungen sind dermaßen verbessert worden, daß ein fertig ausgearbeitetes Grabenprofil nach vorgeschriebenem Gefälle in einem Arbeitsgang erstellt wird. Die anschließende Röhrenverlegung kann meistens ohne bedeutende Nacharbeit der Sohle vorgenommen werden. Grabenbagger erlauben das Ausheben schmaler Drainagegräben, was eine starke Reduktion der Aushubmasse zur Folge hat. So baggert beispielsweise der englische Roteho-Trencher, bei einer Dräntiefe bis 90 cm, Gräben von nur $7\frac{1}{2}$ – $8\frac{1}{2}$ '' (19–22 cm) Breite aus, was durch Handarbeit nicht möglich ist. Neben Drainagebaggern werden besonders in England die verschiedenartigsten Modelle von Grabenpflügen eingesetzt. Ihre Anwendung ist jedoch auf steinfreie Tonböden beschränkt. Die Drainagegräben werden zum Teil in einem Arbeitsvorgang ausgehoben, wobei aber eine ganz bedeutende Zugkraft zur Verfügung stehen muß. Meistens wird der Aushub in zwei oder mehr Schnitten entfernt. Geeignete Bodenverhältnisse vorausgesetzt, kann vermittelt solcher Drainagepflüge ein Drainagegraben mit geringen Kosten erstellt werden. Die Anschaffungskosten solcher Geräte sind verhältnismäßig bescheidene. Obwohl bei englischen und amerikanischen Drainageprojekten auch Maschinen für das Verlegen der Tonrohrleitungen eingesetzt worden sind, steht man im allgemeinen einer maschinell durchgeführten Rohrverlegung eher ablehnend gegenüber. Dagegen wird das Zufüllen der Gräben weitgehend von Spezialmaschinen besorgt.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß in bezug auf Projektierungsgrundlagen und Ausführungsverfahren zwischen der englisch-amerikanischen und der schweizerischen Drainagetechnik fundamentale

Meinungsverschiedenheiten bestehen, die sich sehr stark auf die Hektarkosten von Drainageanlagen auswirken. Obwohl der englische und amerikanische Drainageingenieur sich auf umfangreiche Forschungsergebnisse der kulturtechnischen Versuchsanstalten jener Länder stützt, kann eine Übertragung dieser ausländischen Anschauungen und Methoden auf unsere Verhältnisse erst nach vorangegangener Prüfung verwirklicht werden.

Das III. stadtzürcherische Präzisionsnivellement 1915 bis 1917

*Ein Studienobjekt für die nivellitische Grundlage von Orts-
und Regionalplanungen*

Das genannte, bei Ausbruch des ersten Weltkrieges begonnene Revisions- und Erweiterungsnivellement, bis jetzt ohne Nachfolge gleichartiger Operate anderer Schweizerstädte, ist nach 30jährigem Bestehen 1946/47 an die Fachkreise und eine weitere Öffentlichkeit herangebracht worden. Eine erste summarische Umschreibung desselben unter Auswertung einer Anzahl direkter Feldbeobachtungen erschien in der Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik Nr. 3, März 1946, als Abhandlung „Über ein besonderes Nivellementsgewicht“ von alt Kantonsgeometer W. Leemann.

Die zweite, wesentlich eingehendere Darstellung schildert Bedürfnis und Entstehen, Umfang und technische Hauptdaten des städtischen Originalnetzes 1893, wie des erweiterten II. und III. Höhennetzes 1897 bis 1917, sowie den Anschluß an das damals vor seiner Beendigung stehende schweizerische Landesnivellement. (Schrift: „50 Jahre Vermessungsamt der Stadt Zürich“, Heft I 1947, Zürcher Statistische Nachrichten, Abschnitt II u. ff., Verfasser Stadtgeometer S. Bertschmann.)

In einer dort beigegebenen Tabelle ist eine kommunal vorzüglich instruktive Gesamtübersicht aller Aufgaben eines städtischen Vermessungsamtes eingefügt als Bild der vielseitigen Inanspruchnahme der Höhenresultate aller Abstufungen durch fast sämtliche Verwaltungszweige.

Nun existieren eine Reihe von anerkannten ältern und neuern schweizerischen Stadtnivellements, die hinsichtlich Erfüllung nächstliegender Anforderungen nicht wesentlich von der Zürcher Arbeit abstecken werden. Wo es sich dagegen heute um die Erstellung neuer Höhennetze handelt, darf sie als Neuorientierung nicht übersehen werden: 1. mit Rücksicht auf das ganze verwendete, rasch und exakt arbeitende Instrumentarium Wild und 2. namentlich mit Bezug auf das von der Landestopographie übernommene Nivellierverfahren mit *zwei Latten* zwecks Ermöglichung der Rückblick-Kontrolle, die neben ihrem Hauptzweck die Ausschaltung eines bisher nicht genügend beachteten nivellitischen Meßfeindes: *der Refraktion in der Horizontalen* erstrebt.

Diese, durch Instrument Wild, Lattenbild Wild und Zwei-Lattenstellung konstatierbaren, bzw. ausschaltbaren Einflüsse bedeuten eine