

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	77 (1979)
Heft:	11
Artikel:	Die Tieflockerung : ein Meliorationsverfahren zur Sanierung staunasser Böden
Autor:	Müller, U.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-229707

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: 13.01.2026

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

Die Tieflockerung: Ein Meliorationsverfahren zur Sanierung staunasser Böden

U. Müller

Resumé

Le sous-solage est un procédé d'amélioration des sols à drainage difficile et ne s'applique en Suisse que depuis peu de temps. L'institut du génie rural de l'EPFZ essaie par un travail scientifique, basé sur des essais dans le terrain, d'estimer l'utilisation de ce procédé pour l'améliorations de nos sols.

Le sous-solage étant une mesure à plusieurs étapes, demande différents travaux de préparation et de succession. Cela oblige l'ingénieur planifiant et exécutant le projet de prendre de nombreux facteurs en considération. Il ne peut se contenter d'observer les points de vue du génie rural, mais doit aussi tenir compte de ceux du sol et de l'agriculture.

1. Einleitung

Neben den altbekannten Drainagemethoden wie Röhrendrainage und Maulwurfdrainage kam in der Schweiz erst in den letzten Jahren das neuere Entwässerungsverfahren der Tieflockerung (auch Unterbodenmelioration genannt) vermehrt zur Anwendung. Während in den umliegenden Ländern, besonders in der BRD, darüber schon mehrere Studien und wissenschaftliche

Arbeiten verfasst wurden [8, 11, 13, 14], erfolgten bisher neben allgemein gültigen Grundsätzen [10, 12] in der Schweiz keine detaillierten Abklärungen über die Möglichkeiten und Grenzen der Tieflockerung. Erst im Verlaufe des Jahres 1977 begannen am Institut für Kulturtechnik der ETHZ im Rahmen eines Forschungsprojektes [9] genauere Untersuchungen. Dieses Projekt wird unterstützt durch das Finanzdepartement des Kantons Aargau, Sektion Strukturverbesserungen, und das Eidg. Meliorationsamt. Mittels praktischer Feldversuche werden die Auswirkungen der Tieflockerung auf den Luft- und Wasserhaushalt, die Bodenstruktur und weitere Einflussgrößen langfristig beobachtet und zu quantifizieren versucht. Die Untersuchungen sind noch nicht beendet, vorhandene Ergebnisse werden zu einem späteren Zeitpunkt bekanntgegeben (Abb. 1).

Die folgenden Ausführungen basieren sowohl auf schon gemachten Erfahrungen wie auch auf Untersuchungsergebnissen aus dem Ausland und sollen dazu dienen, die Amtsstellen und projektierenden Ingenieurbüros über den heutigen Stand der Erkenntnisse über die Tieflockerung zu informieren.

2. Allgemeines über die Tieflockerung (TL)

Unter Tieflockern (TL) versteht man das Auflockern einer mindestens 40–60 cm tiefen, verdichteten Bodenschicht mit einem Lockerungsgerät, wobei «dicht» nicht nur den physikalisch messbaren Eindruck «dicht = hart» bedeutet, sondern auch die sehr feine, grobporenarme Lagerung der Bodenteilchen.

2.1 Einsatzgebiete

Die TL kommt vor allem auf staunassen Böden, das heißt auf dichten Böden mit gehemmter Sickerung und einem für die Pflanzen ungenügenden Luft- und Wasserhaushalt zur Anwendung (Abb. 2).

Die Verdichtungen können durch natürliche Prozesse, wie Sedimentation, Sackungen, Teilchenver- und -anlagerung oder durch mechanische Einwirkungen, wie die Bewirtschaftung und Baumaschinen, verursacht werden. Sie führen zu Staunässe. Besonders bei starken Niederschlägen entstehen Tagwasser-Vernässungen oder sogar kleine

Seen, weil das Wasser nicht genügend rasch in den Untergrund versickern kann. Das hat bei vielen Kulturarten erhebliche Ertragseinbussen zur Folge.

2.2 Ziele der Tieflockerung

Durch die Tieflockerung (TL) soll vor allem der gestörte Luft- und Wasserhaushalt eines verdichteten Bodens verbessert werden. Man erreicht mit der Auflockerung, dass

- im Boden mehr Grobporen (für die Luft- und Wasserführung) entstehen,
- anfallende Niederschläge versickern und das überschüssige Wasser weggeführt werden kann,
- der für Pflanzen und Bodenlebewesen lebenswichtige Gas austausch wieder gewährleistet ist,
- der Boden nach Niederschlägen schneller abtrocknet und demzufolge rascher bearbeitet werden kann.

Zusammenfassend gesagt, soll durch die TL ein Standort nachhaltig verbessert und somit eine Ertragssicherung und Produktionserleichterung erreicht werden.

2.3 Die Tieflockerung neben der Röhren- und der Maulwurfdrainage

Aufgrund der verschiedenen Vernässungsursachen wurden in der Entwässerungstechnik mehrere Meliorationsverfahren entwickelt, die geeignet sind, allein oder in Kombination, die schädliche Bodennässe zu beheben. In der nachstehenden Skizze werden die Einsatzmöglichkeiten der einzelnen Verfahren grob dargestellt.

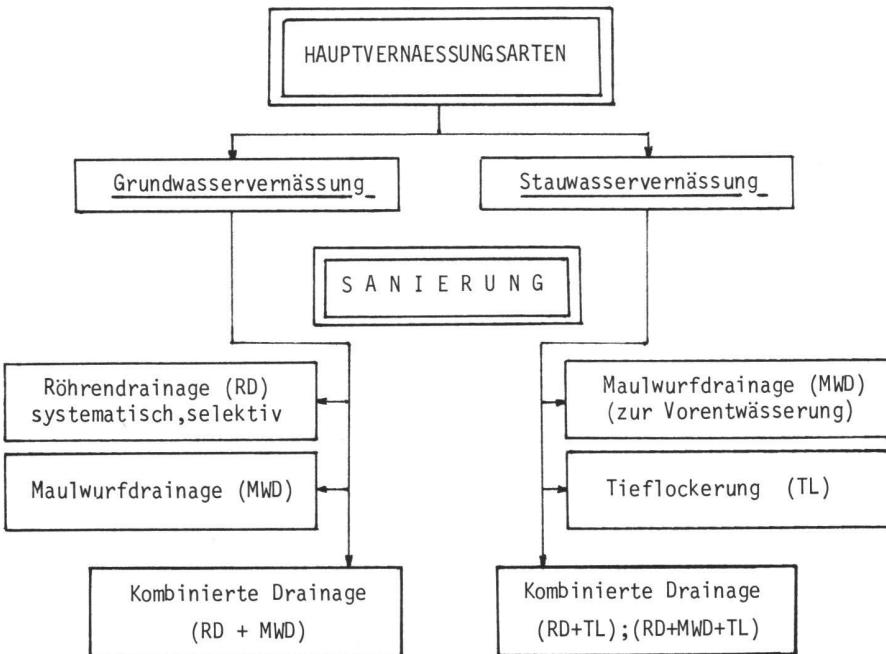
Grundsätzlich sind grundnasse Böden durch eine Rohrdrainage und staunasse



Abb. 1 Tieflockerungsmaschine, mit der die Versuchsfelder gelockert werden



Abb. 2 Stauwasservernässung mit typischer Vegetation



Darst. 1 Vernässungsarten mit angepasster Sanierung

Böden durch eine Tieflockerung zu sanieren. Dabei muss aber angemerkt werden, dass bei den schweizerischen Verhältnissen mit den hohen Jahresniederschlägen eine alleinige TL nicht genügt; sie muss meist mit einer weitgefassten Röhrendrainage, die die Funk-

tion eines Vorfluters übernimmt, kombiniert werden.

Mit einer TL wird der Boden aufgelockert und die Durchlässigkeit erhöht, während die Maulwurfdrainage nur lokal lockert und im Boden einen Hohlgang hinterlässt, der zur Wasserableitung

dient. Während bei der Ausführung einer Tieflockerung der Boden durchwegs abgetrocknet sein sollte, kann eine Maulwurfdrainage auch bei feuchteren Bodenverhältnissen angelegt werden. Sie eignet sich somit bedingt zur Unterstützung einer Röhrendrainage in einem grundverwässerten Boden wie auch zur Vorentwässerung von staunassen Böden, die für eine TL nicht genügend abtrocknen.

Tiefe Bodenbearbeitungsverfahren, wie das Tiefgrubben, stellen eine reine Bewirtschaftungsmassnahme dar und sind nicht mit dem Tieflockern zu verwechseln. Sie haben jedoch bei der Durchführung mit den selben Randbedingungen, wie geeigneter und trockener Boden, Vorhandensein einer Vorflut oder eines durchlässigen Untergrundes etc. zu kämpfen und sind gut geeignet, um oberflächennahe Verdichtungen zu bekämpfen.

3. Projektierung und Ausführung der Tieflockerung

Mit der deutschen Norm DIN 1185 «Regelung des Bodenwasserhaushaltes durch Rohrdränung, rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration» und mit [3] stehen sehr gute Projektierungsgrundlagen zur Verfügung. Deshalb begnügt sich der Verfasser in den folgenden Ausführungen mit ein paar ihm wichtig erscheinenden Anmerkungen.

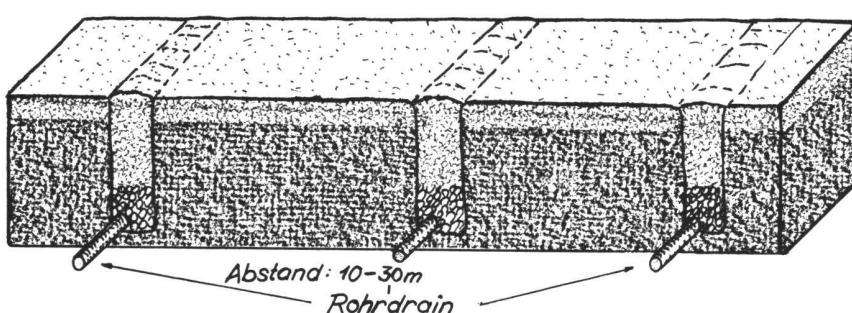
3.1 Voruntersuchungen

Falls vom Meliorationsperimeter nicht schon genügend Vorarbeiten in Form von detaillierten Bodenkarten und topographischen Plänen aufliegen, muss der projektierende Ingenieur die erforderlichen Daten selbst beschaffen.

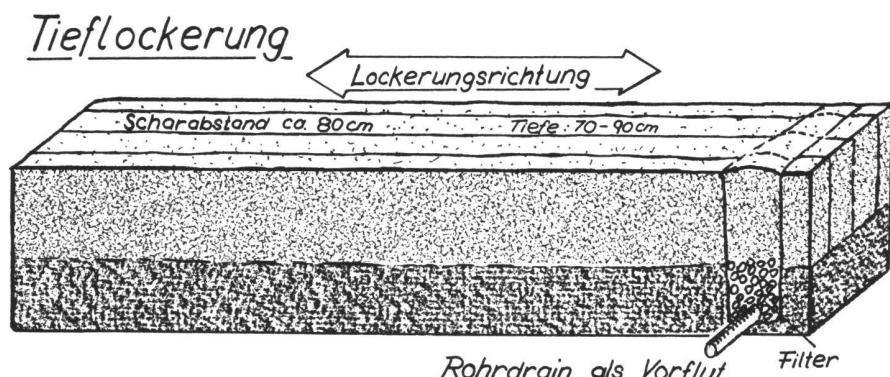
Welche Vorabklärungen braucht er für die Projektierung? Wie kann er sich das notwendige Material beschaffen? Wesentlich genügt eine Feldbegehung zur Lokalisierung der vernässten Flächen nicht?

Bei Entwässerungsproblemen muss stets die Ursache, nicht deren Auswirkung bekämpft werden. Um die Vernässungsursache festzustellen, sind gewisse minimale Voruntersuchungen notwendig. Werden diese nicht vorgenommen, kann der oft gemachte Fehler wiederholt werden: Der staunasse Boden wird mit hohem finanziellem Aufwand mit einer Röhrendrainage und möglichst engem Saugabstand drainiert, derweil der Boden zwischen den Saugern weiterhin dicht und undurchlässig bleibt. Die Ursache der Vernässung, der verdichtete Boden, wird auf diese Weise nicht behoben.

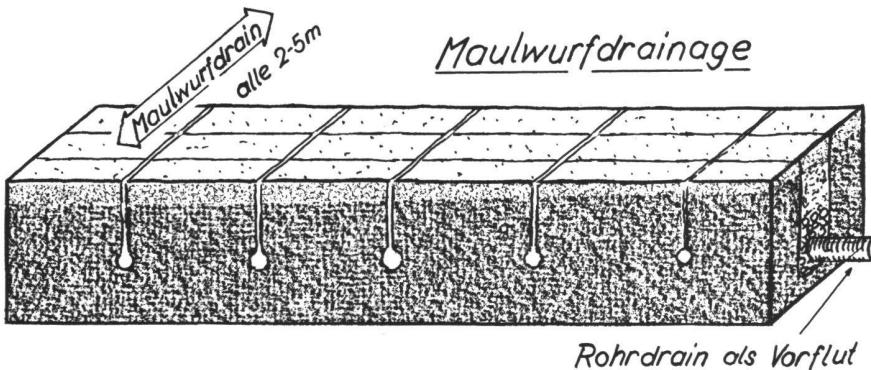
Nachstehend wird ein Minimalprogramm an Untersuchungen beschrieben, mit welchem die Vernässungsursachen festgestellt und weitere Projektie-



Darst. 2 Systematische Drainage in einem grundwasservernässten Gebiet



Darst. 3 Tieflockerung in einem staunassen Gebiet, kombiniert mit einer weitmaschigen Rohrdrainage



Darst. 4 Maulwurfdrainage zur Unterstützung einer Rohrdrainage in einem grundnassen Boden oder zur Vorentwässerung eines staunassen Bodens

rungsgrundlagen geschaffen werden können. Detaillierte Angaben über Vorabklärungen sind unter [1, 2, 3] zu finden.

Bodenphysikalische Untersuchungen sind notwendig, insbesondere zur Feststellung des Bodenaufbaus, der Durchlässigkeit der Horizonte und der Höhe des Grundwasserspiegels. Mit diesen Werten kann schon die Vernässungursache bestimmt werden (Abb. 3).

Der Bodenaufbau und die Lage des Grundwasserspiegels sind mit Hilfe eines Handbohrers relativ einfach festzustellen. Die Durchlässigkeit des Bodens kann anhand von ungestörten Bodenproben oder mit der Feldmethode nach Hooghoudt-Ernst [3] gemessen

werden. Falls die benötigten Untersuchungsgeräte nicht vorhanden sind, wird jedes bodenphysikalische Labor die Abklärungen innert nützlicher Frist vornehmen können (z. B. Institut für Kulturtechnik, Landw. Forschungsanstalten).

Bodenchemische Untersuchungen geben Auskunft über die Notwendigkeit einer Meliorationskalkung- und -düngung wie auch über die Humusversorgung des Bodens. Mit einer grossen Kalkgabe auf einen sauren Boden kann man den pH-Wert anheben, die meist schlechte Bodenstruktur verbessern und die Tragfähigkeit erhöhen (analog Kalkung im Strassenbau).

Weiter liegt nach [7] der optimale Bereich des Bodensäuregrades für die meisten Pflanzen zwischen schwach sauer ($\text{pH } 5.9$) bis schwach alkalisch ($\text{pH } 7.6$). In diesem Bereich ist auch eine genügende Löslichkeit der meisten Pflanzennährstoffe gesichert. Bei stark sauren Böden liegt eine eher zu grosse Löslichkeit einiger Nährstoffe vor, und es kommt zu Auswaschungsverlusten. Um diese Erscheinung zu beheben wird mit der Meliorationskalkung der pH-Wert des Bodens wieder in den «optimalen Bereich» zurückgeführt. Die Notwendigkeit einer Kalkung kann schon im Feld grob ermittelt werden, indem der Kalkgehalt aus der Stärke des Aufbrausens mit einer 10%igen HCl-Lösung geschätzt wird.

Genauere Angaben werden durch die Bestimmung der Bodenreaktion (pH-Wert) erhalten. Auch der pH-Wert kann schon im Feld einfach gemessen werden: z. B. auf *kolorimetrischem* Wege mit Hilfe einer Indikatorlösung (mit pH-Meter von Hellige: Kosten ca. Fr. 20.–), oder genauer auf *elektrometrischem* Weg in einer Boden-Wasserlösung mit einem pH-Meter (Kosten: ca. Fr. 2000.–).

Bei der Sanierung mechanisch verdichteter Böden, wie Deponien und Auffüllungen, lohnt es sich, die neue Ackerkrume bezüglich des Humusgehaltes und des Düngerbedarfs zu untersuchen.

Häufig kommt es vor, dass das aufgeschüttete Material neben starken Strukturschäden einen für die Pflanzen völlig ungenügenden Nährstoff- und Humusgehalt aufweist. Die landwirtschaftlichen Forschungsanstalten wie Zürich-Reckenholz, Bern-Liebefeld etc. führen die entsprechenden Laboruntersuchungen gegen ein geringes Entgelt durch. Sie geben den Interessenten auch schriftliche Anweisungen über das Vorgehen bei der Probenentnahme, so dass sie nahezu problemlos zu weiteren wichtigen Anhaltspunkten über den Zustand der zu sanierenden Bodenparzellen gelangen.

Geländeaufnahmen

Im Gelände muss sich der Projektant vor allem über die Lage und die Höhe wichtiger Fixpunkte, wie Vorfluter, Mulden, Gefälle etc. Klarheit verschaffen. Weitere Hinweise, durch welche die vorgängig aufgeföhrten Vorabklärungen z. T. ersetzt werden können, erhält er bei der Begehung der Felder während oder unmittelbar nach starken Niederschlägen. Staunässegebiete, Mulden und Tiefenrinnen können anhand des stehenden Niederslagswassers einfach kartiert werden. Sie bilden wichtige Anhaltspunkte bezüglich der Gefällsverhältnisse und der optimalen Lage der Sauger und Sammler.

Weitere Abklärungen

Vor Beginn der Meliorationsarbeiten ist es angebracht, im Meliorationsperimeter die Lage allfälliger Telefon-, Abwasser- und alter Drainageleitungen abzustecken, um sie vor einer Zerstörung durch die Arbeiten zu sichern.

3.2 Zeitlicher Ablauf der Tieflockerung

Die meisten Drainagearbeiten betreffen intensiv bewirtschaftetes Landwirtschaftsgebiet und werden möglichst im Winterhalbjahr ausgeführt, um die Ertragsausfälle und die Bewirtschaftungsbehinderungen klein zu halten. Das ergibt in milden Wintern Probleme für die Bauausführung, wenn der Boden nicht gefriert und über längere Zeit vernässt und aufgeweicht bleibt. Beim Bau der Drainanlagen unter solch misslichen Umständen leidet neben der Qualität der Arbeiten auch die Bodenstruktur. Die Draingrabenfüllung bleibt nicht locker, und durch die Baumaschinen werden noch zusätzliche Verdichtungen, und somit Sekundärvernässungen geschaffen, die den Wasserzutritt zu den Rohren behindern.

Dagegen verlangt eine Tieflockerung mehr Flexibilität und Vorsicht bei der Ausführung. Die Lockerung erfordert vor allem einen tiefgründig abgetrockneten Boden und kann somit nicht im Winterhalbjahr, sondern nur im Sommer zur Ausführung gelangen.



Abb. 3 Bodenprofil mit durchlässigem Humus- aber dichtem Lehmhorizont

Als Bestandteil der stufenweisen Melioration «Vorflutbeschaffung, Tieflockereitung, Kalkung, Düngung und Weiterbewirtschaftung» muss der gesamte Phasenablauf für die auf dem Meliorationsgebiet vorhandene Fruchtfolge geplant werden. Das erfordert einerseits für den Projektanten eine wesentlich intensivere Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter als früher bei einer reinen Röhren-drainage. Anderseits können sich für den Landwirt durch die zu erfüllenden Randbedingungen kleine Eingriffe in die «Bewirtschaftungsfreiheit» ergeben. Doch bei gutem Willen lässt sich stets eine Lösung finden.

Im folgenden wird ein möglicher Phasenablauf für eine Parzelle mit Grünland und eine mit Ackerland aufgezeigt.

Bei Grünland als Vor- und Folgefrucht können bei kleineren Meliorationsperimetern alle Arbeiten hintereinander im Sommer durchgeführt werden. Bei grösseren Flächen muss die Vorflutbeschaffung wegen der längeren Ausführungs-dauer vorgezogen werden. Nach einer Lockerung von Ende Juni bis Anfang August wird neu angesät und bis in den Herbst noch der erste Schnitt eingebracht. Um eine Fahrspurbildung und Wiederverdichtung zu verhindern, sollte der gelockerte Boden nur im trockenen Zustand und nicht mit zu schweren La-sten befahren werden, bis die Stabilisie- rungsphase abgeschlossen und der Boden intensiv durchwurzelt ist.

Bei Ackerbau passt sich das Verfah-ren der Fruchtfolge an, oder je nach der Situation die Fruchtfolge dem Verfahren, ohne grössere Bewirtschaftungsbe-schränkungen oder sogar Ertragsein-bussen zu verursachen.

Zur Erstellung der Vorflut bietet sich der Zeitraum vor der Saat der Vorfrucht oder direkt vor der Lockerung an. Somit ergeben sich für eine übliche Fruchtfolge mehrere Möglichkeiten, die Meliorationsarbeiten zeitlich zu staffeln.

Wie schon angetönt, erfordert die zeitliche Staffelung der Arbeiten einen frühzeitigen Planungsbeginn und Kon-taktnahme mit dem Bewirtschafter und

bei der Ausführung eine rechtzeitige Verfügbarkeit der anvisierten Unterneh-mer.

3.3 Beschaffung der Vorflut

Nach [1] erfordert eine TL eine weit-maschige Rohrdrainage als Vorfluter, falls der mittlere Jahresniederschlag über 600 mm liegt und die Auflockerung nicht bis in eine durchlässige Schicht reicht. Damit kann das überschüssige Wasser in den Boden versickern und von dort schadlos abgeführt werden. Die Drainage wird nach den bekannten Grundsätzen projektiert und verlegt.

Nach [1] ergeben sich folgende Saugerabstände:

DIN 1185 Blatt 2, Seite 7

Geländegefälle %	Abstand der Rohrsammler m
0,2	30 bis 35
0,5	35 bis 40
1,0	40 bis 45
2,0	45 bis 50
3,0	50 bis 60
5,0	60 bis 70

Dabei sollten die Rohre 30 cm unter die Lockerungstiefe zu liegen kommen (wegen der Bruchgefahr) und zur Erhal-tung einer grossen Durchlässigkeit bis über die Lockerungstiefe mit einem Sickermaterial aufgefüllt werden. Als Sickermaterial eignen sich Kiese mit Durchmes-sern von 5–30 mm, Splitt und auch geschäumte Kunststoffe. Anstehendes Bodenmaterial kann den Filter ersetzen, falls es bei Wasserzutritt weder zu Ver-schlämung noch zum Zerfall in eine Einzelkornstruktur neigt und somit lang-fristig eine gute Durchlässigkeit gewähr-leistet. Die Eignung des anstehenden Bodenmaterials zur Wiederverfüllung des Draingrabens wird nach [4] fol-gendermassen festgestellt. Es werden ca. 20 kg Aushubmaterial in ein Gefäß geworfen und mit Wasser mehrmals überstaут, um den Boden auf die Gefü-gestabilität zu testen. Falls der Boden nach 10 Tagen noch eine lockere Lage-

nung aufweist und nicht in sich zusam-mengefallen ist, kann er ohne weitere Sickermaterialien zur Verfüllung des Draingrabens verwendet werden. Andernfalls müssen die Draingräben mög-lichst schmal ausgeführt werden, um den Aufwand an teuren Sickermateria-lien klein zu halten. Bei grösseren Flä-chen lohnt sich der Einsatz einer Grabenfräsmaschine, da sie minimale Grabenbreiten von ca. 30 cm erreicht (Abb. 4). Weiter ist es angebracht, die Anlage «spülfreundlich» anzulegen und die Sauger durch Senken und abflusslo-ze Mulden zu legen, damit das Wasser dort abgefangen wird, wo es sich natür-licherweise ansammelt.

3.4 Vornahme der Lockerung

In der Regel wird die Lockerung nach der Vorflutbeschaffung ausgeführt, wenn der Boden genügend trocken ist. Der Wassergehalt sollte unter der Aus-rollgrenze liegen. Als idealer Locke-ruungszeitpunkt bietet sich vor allem der Sommer nach der Ernte an. Optimal eignen sich Vorfrüchte mit einem Erntezeit-punkt von Juli bis Anfang September. Bei einem späteren Lockerungszeit-punkt besteht kaum noch Gewähr, dass der Boden genügend abtrocknet. Bei misslichen Wetterverhältnissen darf die Lockerung nicht durchgeführt, sondern soll eher um ein Jahr verschoben wer-den.

Die Lockerungstiefe beträgt bei den meisten Maschinen 0,7–0,9 m. In der Regel treten trotz der grossen Lockerungs-tiefe keine Probleme mit heraufgerisse-nen Steinen auf. Einzig bei der Locke-ruung von Bauschuttauffüllungen und bei hoch anstehendem Mutterboden kön-nen grössere Steinmengen hervorgear-beitet werden. Je nach Situation werden sie von Hand oder mit einem Stein-sammler zusammengetragen.



Abb. 4 Draingrabenfräsmaschine im Einsatz

Zeitl. Ablauf	Fruchtfolge	Sanierungsmöglichkeiten			
		Vorflut Lockereitung	Vorflut Lockereitung	Vorflut	
1. Winter 1. Sommer	Winter-od. Sommerweizen				
2. Sommer	Kartoffeln			Lockereitung	Vorflut
3. Sommer	Winter-od. Sommergerste				Lockereitung
4. Sommer	Kunstwiese				
5. Sommer	Kunstwiese				

Darst. 5 Sanierungsablauf in Fruchtfolge

Der Furchenabstand liegt bei 0,8 m, bei grösseren Scharabständen erfährt der Boden zwischen den Scharen eine ungenügende Lockerung. Die Lockerungsrichtung ist in der Falllinie des Geländes, senkrecht oder schräg über die Drainsauger zu legen, solange das Geländegefälle unter 5% liegt. Bei grösseren Hanggefällen muss von der Falllinie abgewichen werden, da sonst Erosionsgefahr besteht. Weiter ist es auch von Vorteil, die TL quer zur Bewirtschaftungsrichtung anzurichten.

Eine genügende Lockerungswirkung erbringt eine Vergrösserung des Bodenvolumens von 15–30%, d. h. der Boden wird durch die Lockerung um ca. 20 cm angehoben. Falls er noch zu nass ist und eine ungenügende Lockerungswirkung eintritt, sollten die Arbeiten abgebrochen werden, sonst entstehen im Untergrund neue Wiederverdichtungen und Strukturzerstörungen.

Zur Ausführung einer Tieflockerung bieten heute private Unternehmer wie auch kantonale Amtsstellen ihre Dienste an. Dabei kommen einreihige und mehrreihige Lockerungsgeräte zum Einsatz (Abb. 5). Wie weit und ob die einen Geräte den anderen überlegen sind, ist bis heute noch nicht endgültig abgeklärt. Generell kann jedoch gesagt werden, dass die Güte der Ausführung der Lockerungsarbeiten und die Erfüllung wichtiger Randbedingungen (Vorflut, trockener Boden, angebrachte Weiterbewirtschaftung) eine wichtigere Rolle spielen für den Erfolg der Melioration als die Wahl der Maschine.

3.5 Meliorationskalkung und Düngung

Bei einem Boden mit einem pH unter dem optimalen Bereich ist eine Meliorationskalkung von 3–7 t CaO (Branntkalk) pro ha angebracht. Der Kalk sollte bei trockenem Boden, am besten direkt vor der Lockerung oder vor der Neusaat aufgebracht werden. Die Einarbeitung erfolgt bei der Saatbeetvorbereitung für die Folgefrucht, die Verlagerung in die Tiefe übernehmen die Niederschläge. Als Richtwert kann gesagt werden, dass 2000 kg/ha CaO genügen, um bei einem schweren Boden das pH eine Einheit anzuheben. Werden für einen Boden zur

Erreichung eines bestimmten pH-Wertes mehr als 2000 kg/ha Branntkalk benötigt, so ist er über mehrere Jahre aufzubringen.

Bei der Düngung kann gleich vorgenommen werden wie bei der Kalkung. Die Düngermenge wird durch die Folgefrucht wie auch aufgrund der Düngebedürftigkeitsuntersuchungen bestimmt. Eine ausreichende Nährstoffversorgung fördert ein intensives Pflanzen- und Wurzelwachstum und leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung und Aktivierung des gelockerten Bodens.

3.6 Folgebewirtschaftung

Nach Möglichkeit sollte die Folgefrucht in einer Trockenperiode und wie die Lockerung, Kalkung und Düngung in möglichst wenig Arbeitsgängen eingebracht werden. Es ist wichtig, dass nach der TL eine wurzelintensive aber bearbeitungsextensive Frucht folgt, die die Auflockerung des Bodens stabilisiert und erhält. Je nach Lockerungszeitpunkt und Betriebsrichtung eignen sich z. B. Kleegrasmischungen, Raps, Wintergetreide, eine Winterzwischenfrucht und Sommergetreide.

Zur Saatbeetbereitstellung dienen Fräsen, Kreiseleggen, Scheibeneggen, Grubber (Abb. 6). Der Verzicht auf den Pflugeinsatz für ein Jahr oder länger wirkt sich positiv auf den Boden aus. Falls der Pflug später wieder eingesetzt wird, kann der Bildung einer Pflugsohle entgegengewirkt werden, indem nur bei trockenem Boden und auf verschiedenen Tiefen gepflügt wird. Bildet sich trotzdem wieder ein Verdichtungshorizont, eignet sich der Tiefgrubber zum Aufreissen.

Bei der Weiterbewirtschaftung darf nicht vergessen werden, dass ein gelockerter Boden von der Bodenzusammensetzung her stets wieder zur Verdichtung neigt. Leider werden die Landwirtschaftsmaschinen weiter schwerer und der Bodendruck grösser, so dass in Zukunft auf verdichtungsgefährdeten Böden grössere Schwierigkeiten auftreten, falls der Landwirt sie infolge des Bewirtschaftungsdruckes in feuchtem Zustand bearbeitet.



Abb. 6 Ansaat mit einer Frä-Sä-Kombination in einem Arbeitsgang



Abb. 5 Tieflockerungsmaschine mit dreischarigem Lockerungsaggregat

3.7 Unterhalt der Meliorationsanlage

Besonders in den ersten Jahren nach der Melioration kommt einer Überwachung der Funktionsfähigkeit der Drainage eine grosse Bedeutung zu. Eventuell auftretende Abflussstörungen in den angelegten Drains verhindern eine vollständige Wasserabfuhr und führen zu Sekundärvernässungen. Sie sollten deshalb möglichst rasch erfasst und behoben werden. Verstopfungen der Sauger sind meist auf Ablagerungen oder Wurzeleinwachstum zurückzuführen und durch Drainspülung oder das Aufgraben der Rohre zu sanieren.

Eine gut durchgeführte Tieflockerung mit angepasster Weiterbewirtschaftung genügt für eine langfristige Sanierung des Bodens.

3.8 Lebensdauer einer Tieflockerung

Die Lebensdauer wird bestimmt durch die Qualität der Meliorationsarbeiten, durch das Einhalten wichtiger Randbedingungen und die angepasste Folgebewirtschaftung. Falls sich der Boden zu einer Tieflockerung eignet, d. h. einen Tongehalt von mindestens 20% aufweist, genügend trocken ist etc. und die Sanierungsarbeiten vorschriftsgemäss durchgeführt werden, so sind die Voraussetzungen für eine langfristige Verbesserung des Bodens geschaffen (Abb. 7).

Die Pflanzenwurzeln durchdringen und aktivieren auch die tieferen Bodenschichten. Überhaupt dehnt sich die ganze Bodenfauna durch den verbesserten Luft- und Wasserhaushalt vermehrt im Boden aus und erbringt durch ihre Aktivität auch einen Beitrag zur Erreichung und Erhaltung der gewünschten Krümelstruktur. Jedoch braucht dieser Vorgang Zeit, der Boden kann nicht innerhalb einer Vegetationsperiode gesunden. Er muss nach einer TL mindestens 2–3 Jahre sorgfältig weiterbewirtschaftet werden.

In Deutschland rechnet man bei einer Tieflockerung mit einer Lebensdauer von 10 und mehr Jahren. Da bei uns



Abb. 7 Primärauflockerung ergibt eine Zunahme des Porenvolumens von 20–30%

noch keine Versuche über eine lange Zeitdauer bekannt sind, konnten diese Ergebnisse für die Schweiz noch nicht bestätigt werden.

4. Kosten der Massnahmen

Über die Kosten einer Tieflockerung mit den dazugehörigen Massnahmen lassen sich nur grobe Angaben machen. Je nach Landesgegend, nach Meliorationsperimeter, Arbeitsmarkt und Unternehmer können grössere Schwankungen in den Preisen auftreten.

In der folgenden Tabelle sind die Kosten bezogen auf die Fläche einer Hektare dargestellt, wobei noch angemerkt werden muss, dass nicht alle Arbeiten stets zur Ausführung gelangen.

Aus der Zusammenstellung zeigt sich, dass eine Tieflockerung je nach «Ausführung» zwischen Fr. 2500.– pro ha (TL ohne Zusatzdrainage bei durchlässigem Untergrund) und Fr. 11 000.– pro ha (TL mit Zusatzdrainage) kostet.

5. Schlussbemerkungen

In den vorangehenden Ausführungen wurde ein Meliorationsverfahren vorgestellt, das in der Schweiz weiter zum Einsatz kommen wird und ein ideales Sanierungsverfahren für verdichtete und staunasse Böden darstellt. Leider wird die Tieflockerung in unseren Gegenden durch einige Randbedingungen erschwert. So trocknet der Boden infolge der häufigen Niederschläge nur im Sommer genügend tief ab, während zum Teil noch die Kulturen auf den Feldern stehen. Jedoch kann der Landwirt durch Kulturart den Erntezeitpunkt beeinflussen, und bei einer guten Zusammenarbeit zwischen dem Bewirtschafter und dem Projektanten lässt sich dieses mehrstufige Meliorationsverfahren erfolgreich in eine Fruchfolge einbauen.

Vorflut:	Sammler, Ø 10 cm, ohne Filterkies, m' à Fr. 17.–, 70 m'/ha Sauger, Ø 7 cm, mit Kiesfilter, m³ à Fr. 40.–, Grabenbreite ca. 50 cm, 250m'/ha, m' à Fr. 26.– ohne Kiesfilter m' ca. Fr. 14.– Schächte	Fr. 1190.– Fr. 6500.– (Fr. 3500.–) Fr. 500.– Fr. 1300.– Fr. 300.– Fr. 600.– Fr. 700.– Fr. 200.– Fr. 800.– Fr. 800.–
Lockering, z. B. TLG 12, Kt. Aargau, inkl. Transport (Grobe Feldbereitstellung (Meliorationskalkung (Meliorationsdüngung Voruntersuchungen Planung, Projektierung, Bauleitung Sonstiges	Darst. 6 Grobe Kastenzusammenstellung	

Darst. 6 Grobe Kastenzusammenstellung

Zum Abschluss soll nochmals angemerkt werden, dass es sich in erster Linie lohnt, die Ursachen und nicht deren Auswirkungen zu bekämpfen. Das heisst für den Landwirt, dass er einen verdichtungsgefährdeten Boden nicht im nassen Zustand mit schweren Maschinen befahren darf; für den Bauleiter, dass er die Merkblätter und Richtlinien zur Schüttung von Deponien und Auffüllungen anwenden sollte. Denn der Boden besteht nicht nur aus totem mineralischem oder organischem Material, sondern er lebt. Solange er als Grundlage zur Pflanzenproduktion dienen soll, muss er auch seinen Ansprüchen entsprechend gepflegt und darf nicht nur mit Maschinen, Spritzmitteln etc. überbeansprucht werden.

Adresse des Verfassers:

U. Müller, dipl. Kulturing, ETH, Institut für Kultertechnik, ETH-Hönggerberg,
CH-8093 Zürich

Literatur

[1] DIN 1185: Dränung – Regelung des Bodenwasserhaushaltes durch Rohrdränung, rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration. Beuth Verlag, Berlin, Köln 1973

[2] DIN 4220: Richtlinien zur Untersuchung meliorationsbedürftiger Standorte. Beuth Verlag, Berlin, Köln

[3] R. Eggelsmann: Dränanleitung. Verlag Wasser und Boden, Hamburg 1973

[4] F. Feichtinger: Dränsfilter. Bundesanstalt für Kultertechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen, Nr. 7/76

[5] H. Grubinger: Der Boden als poröses Mehrphasensystem und seine Entwässerbarkeit, Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie u. Kulturtechnik. 1967, Nr. 2

[6] K. H. Harte: Formen und Verbreitung der im Boden vorkommenden Verdichtungen, Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, B. 108, H.1, 1965

[7] Jäggli, Furrer, Jäggi: Bodenkunde. Verlag Wirs, Aarau 1978

[8] Verschiedene Bearbeiter: Merkblatt zur kombinierten Dränung. Bayerisches Landesamt für Bodenkultur und Pflanzenbau; Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1976

[9] U. Müller: Reusstalforschung, ETH Zürich, 1. und 2. Zwischenbericht 1977/1978

[10] Ch. Oggendorff: Wiederherstellung von Kulturland. Institut für Kulturtechnik ETHZ, Bericht Nr. 57/1978

[11] A. Rieser: Gegenwärtiger Stand der Meliorationsverfahren bei Grund- und Stauwasserböden. Wasser und Boden, Heft 1/1979

[12] Ch. Salm: Merkblätter zur Tieflockerung, Kt. Aargau, Sektion Strukturverbesserungen

[13] Schmid, Weigelt: Neue Wege bei der Aufwertung von Pseudogleyen, Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Heft 10/1970, S. 137–146

[14] H. Schulte-Karrig: Die Strukturerhaltung von tiefgelockerten Böden. Berichte über Landwirtschaft, Band 55 1977/78, H 4, S. 612–619

Gedanken zu Fehlergrenzen der amtlichen Vermessung

R. Conzett, H. Matthias

Les tolérances contiennent des exigences de précision et ont par conséquent une grande importance dans la mesure officielle. A ce jour, il n'existe toutefois pas de recherches approfondies sur ce sujet. Le but de l'article ci-dessous est de stimuler une telle étude.

Les concepts classiques d'une mesure tels que précision souhaitable (a priori), précision effective (a posteriori), précision imposée (par les prescrip-

tions) et vérification sont définis à l'aide de la terminologie de la statistique mathématique. On traite ensuite du rôle et de la signification des exigences de précision et l'on formule des principes de base pour un système de tolérances. Dans ce système, les contrôles et leur relation avec la vérification jouent un rôle essentiel. On trouve enfin un inventaire des problèmes à résoudre. Quelques idées directrices pour une réforme du

système des tolérances constituent la conclusion.

Einleitung

Fehlergrenzen und die mit ihnen angestrebten Ziele sind für die Erstellung und Erhaltung von Vermessungen, insbesondere von amtlichen Vermessungswerken, von wesentlicher Bedeutung.