

**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:** 81 (1983)

**Heft:** 4

**Artikel:** Die Entwässerung staunasser Böden unter schweizerischen Klima- und Bodenverhältnissen

**Autor:** Müller, U.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-231626>

### **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:** 19.04.2026

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

# Die Entwässerung staunasser Böden unter schweizerischen Klima- und Bodenverhältnissen

U. Müller

In mehrjährigen Untersuchungen wurden am Institut für Kulturtechnik der ETHZ Abklärungen über die Möglichkeiten und Grenzen der Tieflockerung vorgenommen. Dabei wurden mehrere Versuchsfelder angelegt und das Verhalten des gelockerten Bodens unter einer uneingeschränkten Bewirtschaftung beobachtet. Weiter wurden die Wirkung von Rohrdrainage, Tieflockerung und Maulwurfdrainage aufgrund zusätzlicher Feldversuche und der Auswertung der aktuellen Literatur verglichen.

Am Schluss werden die Einsatzbereiche der genannten Verfahren für schweizerische Verhältnisse (Klima, Boden, Bewirtschaftung usw.) aufgezeigt.

*Pendant plusieurs années, l'Institut du génie rural de l'EPFZ a entrepris des recherches sur les possibilités et les limites du drainage par sous-solage. A cet effet, diverses parcelles d'essais ont été conçues pour observer le comportement d'un sol ameubli sous les effets d'une exploitation illimitée.*

*En outre, les effets du drainage par tuyaux, par sous-solage et par charrue-taube ont été comparés aux moyens d'essais dans le terrain et de recherches dans la littérature.*

*Finalement, l'application de ces diverses méthodes est démontrée pour les conditions particulières de la Suisse (climat, sol, exploitation, etc.).*

## 1. Ausgangslage

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der ETH-Reusstalforschung in den Jahren 1977–1982 am Institut für Kulturtechnik (IfK) durchgeführt. Der Kanton Aargau (Finanzdepartement, Sektion Strukturverbesserungen) und das Eidg. Meliorationsamt unterstützten die Untersuchungen durch finanzielle Beiträge. Für die Unterstützung der Arbeiten sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

## 2. Problemstellung

Die landtechnische und agrarpolitische Entwicklung der letzten Jahre brachte für die Bewirtschaftung unserer teilweise schweren Böden nicht nur Vorteile. Einerseits werden anstelle des alten Pferdezeuges stets schwerere und leistungsfähigere Maschinen mit hohen Gesamtlasten und grossen Bodenpressungen eingesetzt, und dies infolge des Bewirtschaftungsdruckes häufig auch bei allzu nassen Bodenverhältnissen. Andererseits wandeln die Landwirte, wegen der Milchkontingentierung und aus wirtschaftlichen Überlegungen, vorwiegend zur Wieslandnutzung geeignete Böden oft in Ackerland um. Viele der natürlich dicht gelagerten Böden sind der erhöhten Beanspruchung durch die erwähnten Umstrukturierungen nur zum Teil gewachsen; zusätzliche Bodenverdichtungen sind die Folge.

Weiter betreffen auch umfangreiche Baumassnahmen häufig landwirtschaftlich genutzte Flächen. Bei Erdverschiebungen, Strassenbauten, Auffüllungen usw. werden Böden stark verdichtet, so

dass sie einer nachfolgenden landwirtschaftlichen Nutzung bei weitem nicht mehr genügen.

Auf den naturgegebenen und den neu geschaffenen Problemböden können anfallende Niederschläge infolge der dichten Lagerung und der fehlenden Grobporen nicht mehr versickern und bleiben auf der Stausohle liegen. Bei stärkeren Regenfällen bilden sich sogenannte Stauwasservernässungen. Die oberste Bodenschicht wird mit Wasser

gesättigt, und in Mulden entstehen offene Wasserflächen. Tragfähigkeit und Bearbeitbarkeit des Bodens werden eingeschränkt, und besonders die Ackerkulturen reagieren aufgrund des ungenügenden Luft- und Wasserhaushaltes mit erheblichen Ertragseinbußen.

## 3. Zielsetzung

Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, die Möglichkeiten und Grenzen der Tieflockerung (TL) zur Sanierung staunasser Böden abzuklären. Auf folgende Fragen sollte eingegangen werden:

- Bei welchen Arbeitsprozessen werden an den landwirtschaftlich genutzten Böden Verdichtungen gebildet? Wie sind sie zu vermeiden?
- Welche Untersuchungsverfahren und Kenngrößen eignen sich zur Feststellung der Lockerungsbedürftigkeit und der Lockerungsfähigkeit eines Bodens?
- Welche Voraussetzungen bezüglich des Bodenaufbaus, des Feuchtegehalts usw. müssen erfüllt sein, damit die Tieflockerung eine genügende Auflockerung des Bodens erbringt?
- Wie gross ist die Verbesserung des Luft- und Wasserhaushaltes und der Durchwurzelbarkeit eines Bodens durch die Lockerung? Wie lange



Abb.1 Der dreischarige Stechhublockerer-TLG12, der bei der Lockerung der Versuchsfelder zum Einsatz kam.

bleiben die positiven Effekte bei der landwirtschaftlichen Nutzung erhalten?

- Wie weit kann die Tieflockerung ein anderes Meliorationsverfahren wie Rohrdrainage (RD) oder Maulwurfdrainage (MWD) ersetzen? Wo ist eine Kombination verschiedener Verfahren angebracht?

Aus der breiten Palette der Fragen geht hervor, dass im Rahmen des vorliegenden Berichtes nur einige Teilprobleme behandelt werden können. Weitere Ergebnisse sind in [6], [7] zusammengestellt.

#### 4. Methode

Die Untersuchungen wurden auf praktischen Feldversuchen aufgebaut. Als Versuchsflächen dienten vier natürlich gelagerte, dichte Böden mit Grünlandnutzung oder Ackerbau. Um Erfahrungen mit stark mechanisch verdichteten Flächen zu erhalten, wurde weiter eine Versuchspartzele auf einer Auffüllung angelegt und bei der Sanierung einiger Auffüllungsflächen beratend mitgewirkt.

Die Lockerungsbedürftigkeit ergab sich aus Bodenkarten und umfangreichen Bodensondierungen. Sie steht für das Mass, wie weit die Lockerung eines dichten Bodens erforderlich ist, damit er in ökologischer und bewirtschaftungstechnischer Sicht den Anforderungen genügt. Die Parzellen wurden in den Jahren von 1977 bis 1979 mit dem dreischarigen Stechhublockerer des Kantons Aargau gelockert. Die Lockerungstiefe betrug 60–80 cm.

Der Erfolg und die Lebensdauer der Meliorationsmassnahme (unter einer uneingeschränkten Nutzung der Flächen durch die Landwirte) wurden in den Folgejahren mit Feld- und Laboruntersuchungsverfahren überwacht. Vor allem interessierte die langfristige Wirkung der Lockerung auf bodenphysikalische Kennwerte, wie auf die Porenverteilung, die Durchlässigkeit und den Luft- und Wasserhaushalt.

#### 5. Ergebnisse der Versuche

Die Ausgangsböden der Versuchsflächen sind als Pseudogleye, zum Teil als Pseudogleye über Gley mit einem Grundwasserspiegel tiefer als 100 cm eingestuft. Die Lockerung mit dem Stechhublockerer riss den Boden vorwiegend im trockenen Humushorizont umfassend auf. In den Lehmhorizonten bildete sich hingegen nur ein umfangreiches Riss-System, jedoch nicht das erwünschte, feinere Prismen- bis Bröckelgefüge. Der Lehm war in allen Fällen noch plastisch verformbar, so dass die Scharplatten in der Lockerungstiefe Hohlgänge ausformten, vergleichbar mit einer Maulwurfdrainage.

Nach den Ergebnissen der Porenvolumenuntersuchungen führte die Primärlöcherung zu einer Vergrößerung des Gesamtporenvolumens. Der für ein optimales Pflanzenwachstum erforderliche Grobporenanteil von 10 Vol.-% konnte jedoch nur ausnahmsweise im Humushorizont längerfristig erreicht werden. Im Lehmhorizont verblieb er, je nach Versuchsfläche und Untersu-

chungszeitpunkt, in einem ungenügenden Bereich von 1–5 Vol.-%.

Schon zwei Jahre nach der Lockerung konnte bei den Feldern mit Ackerbau eine Wiederverdichtung in Form einer ausgeprägten Pflugschleife festgestellt werden, während der Boden im Bereich des Hohlweges noch locker gelagert war.

Infiltrationsversuche und Messungen der Bodenfeuchte zeigten, dass der Wasserhaushalt des Bodens aus ökologischer Sicht folgendermassen beeinflusst wurde:

1. Überschüssiges Niederschlagswasser kann besser versickern, oberflächennahe Staunässe wird beseitigt, und der Wasserhaushalt des Bodens wird ausgeglichener.
2. Das neu geschaffene Porensystem weist eine grössere Tortuosität (Verwickeltheit) auf als vor der Lockerung. Die Pflanzen können den Boden besser durchwurzeln, und das Sickerwasser hat die Möglichkeit, den Boden bis in kleinere Einheiten zu durchdringen und kapillar zu sättigen. Die Tieflockerung führt damit zu einer erhöhten Wasserspeicherung.

Weil die Lehmhorizonte der ausgesuchten Versuchsfelder bei der Lockerung durchwegs schwach aufgerissen wurden und die Durchlüftung in den dichtgelagerten Schichten nur eine mässige Verbesserung erfuhr, konnten nur wenige Wurzeln in den Untergrund einwachsen.

Für die Bewirtschaftung der Böden bringt die Tieflockerung beim vorhandenen Mechanisierungsgrad nicht nur Vorteile. Die Tragfähigkeit bleibt als Folge der kleineren Lagerungsdichte und der erhöhten Wasserspeicherung reduziert. Ohne zusätzliche Stabilisierungsmassnahmen (Kalkung, Lebendverbau durch Wurzeln) kann der gelockerte Boden, besonders bei Belastung im feuchten Zustand, wieder zusammensinken; in Extremfällen sogar über das Mass vor der Melioration, da die Lockerung das natürlich gewachsene Porensystem zum Teil zerstört und das neu gebildete Lockergefüge eine kleinere Stabilität als das alte aufzuweisen scheint. Diese Aussage wird in Berichten von Franz [3], Rid und Weigelt [11] und Zeitz et al. [16] bestätigt.

Die Wirksamkeit der Tieflockerung auf den Ertrag konnte wegen des hohen Kontrollaufwandes nicht gemessen werden. Visuell wurde nur beim Feld 2 (Auffüllung) eine wesentliche Ertragssteigerung festgestellt.

Aus ausländischen Versuchen geht jedoch hervor, dass die Lockerungserhaltung und der Ertrag vorwiegend bei zusätzlicher Stabilisierung des gelockerten Bodens durch Kalkung und biologische Massnahmen (gesteigerte Durch-

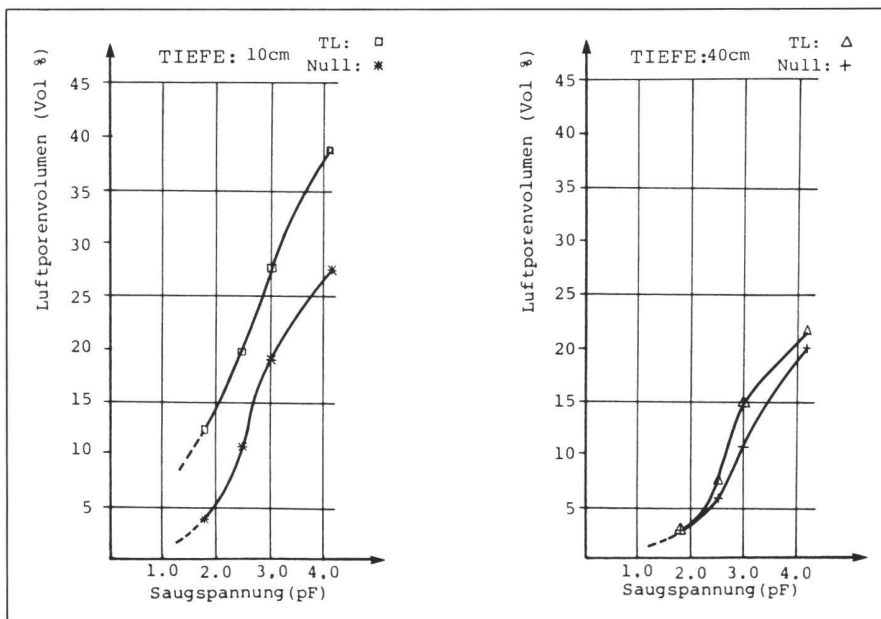


Abb. 2 Durchlüftetes Porenvolumen in Funktion der Saugspannung auf dem Feld 5 im ersten Jahr nach der Lockerung. Im Oberboden zeigte sich die Lockerungswirkung am wesentlich höheren Grobporenvolumen. Im Unterboden nahm der Mittelporenanteil signifikant zu.

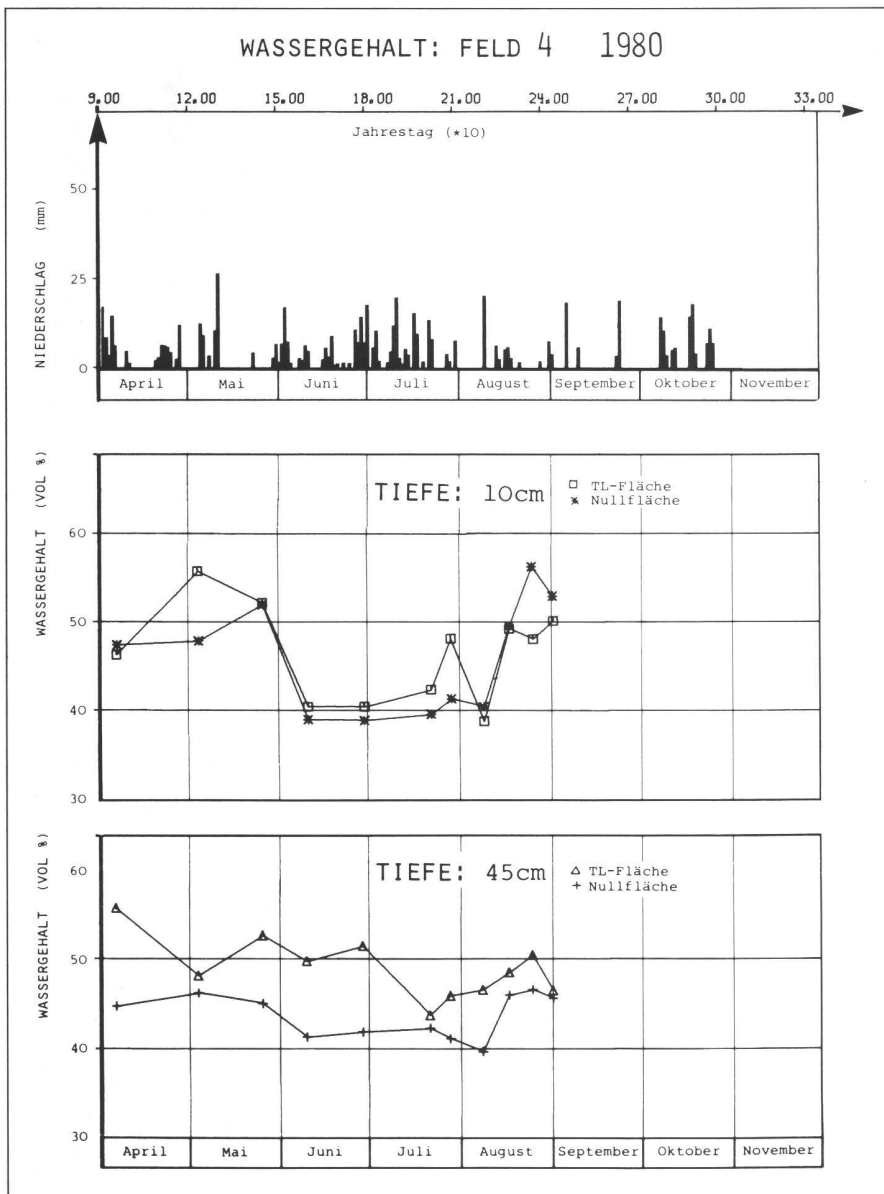


Abb. 3 Wassergehaltmessungen auf dem Feld 4 im Jahr 1980. Die gelockerte Fläche weist in der Tiefe von 45 cm einen signifikant höheren Wassergehalt auf.

wurzelung über das Einarbeiten zusätzlicher Düngergaben) positiv beeinflusst werden ([13], [12], [4]).

## 6. Diskussion

Die Tieflockerung zeigte auf den Versuchsflächen vorwiegend hydrologische Auswirkungen, die Bodenstruktur wurde nur mässig beeinflusst. Ob sich in den Lehmschichten nachfolgend noch eine weitergehende, natürliche Strukturverbesserung einstellt, kann nach der vorhandenen Beobachtungsdauer nicht schlüssig beantwortet werden. Es bleibt aber zu befürchten, dass die vor allem bei Ackerbau festgestellten Wiederverdichtungen jegliche weitere Gefügeverbesserung stark einschränken.

Es stellte sich daher die Frage, ob die Tieflockerung bei den schweizerischen

Gegebenheiten als Meliorationsverfahren untauglich sei oder ob bei der Anlage der Versuchsflächen wichtige Randbedingungen zu wenig berücksichtigt wurden. Zur Beantwortung dieser Frage wurden weitere Feldversuche vorgenommen und die aktuelle Literatur ausgewertet, um die Einflussgrößen auf die Tieflockerung noch besser zu erfassen. Dabei zeigte sich, dass der Erfolg der Massnahme durch die Lockerungsfähigkeit eines Bodens und verschiedene Kriterien bei der Ausführung der Lockerung und der Folgebewirtschaftung entscheidend beeinflusst wird.

### 6.1 Die Lockerungsfähigkeit des Bodens

Sie hängt vor allem von der Bodenart, dem Wassergehalt und der Lagerungsdichte (Rohdichte) des Bodens ab.

Nach Untersuchungen in der Bundesrepublik [1] gelten Böden mit einem Tongehalt über 17%, einem Schluffgehalt unter 70% und einem Sandgehalt unter 50% als lockerungsfähig.

Der Wassergehalt sollte für eine optimale Lockerungswirkung unter der Ausrollgrenze liegen. Das Wasserhaltevermögen eines Bodens wird durch den Tongehalt massgeblich beeinflusst. Der Tonanteil wirkt sich damit auch auf die erforderliche Trockenperiode aus, die auftreten muss, um einen Boden bis zur Ausrollgrenze austrocknen zu lassen. Der Zusammenhang sei mit der Abbildung 4 verdeutlicht.

Zusätzliche Abklärungen [7] ergaben, dass bei den klimatischen Bedingungen des Mittellandes ein Boden mit einem Tongehalt über 25% selten bis nie die Ausrollgrenze erreicht, da genügend lange niederschlagsfreie Phasen kaum auftreten.

Der Wasserhaushalt eines Bodens wird ebenfalls durch die Lage des Grundwasserspiegels beeinflusst. Aus den Publikationen von Richard et al. [10] kann gefolgert werden, dass bei einem homogenen Boden mit einem sandigen bis lehmigen Untergrund der Grundwasserspiegel ca. 100 cm unter der Lockerungstiefe liegen sollte, damit die kapillare Nachlieferung aus dem Grundwasser so klein wird, dass der Boden genügend austrocknen kann.

Weiter ist der Erfolg einer Lockerung umso eher gesichert, je stärker der Boden verdichtet ist. Bei einem natürlich gelagerten Boden ergibt sich die Lagerungsdichte in einer bestimmten Profiltiefe aus dem Gewicht der überlagerten Bodendecke. Wird der Boden zusätzlich mit Fahrzeugen befahren, nimmt das Gesamtporenvolumen ab, und Bodenverdichtungen sind die Folge. Die Lagerungsdichte nimmt zu, bis sich im Boden ein neues Kräftegleichgewicht zwischen der höheren Auflast und der Reibung unter den Bodenteilchen einstellt.

Daraus ist ersichtlich, dass eine Tieflockerung ohne zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen nur bei einem Boden erfolgreich sein kann, bei dem die auf die Lockerung folgenden Auflasten unter den vorausgegangenen liegen. Ein natürlich gelagerter Boden, der weder geologisch bedingte Verdichtungen (durch Gletscher) noch genetisch bedingte Verdichtungen (durch Einlagerung von festen oder gelösten Bodenbestandteilen) aufweist, ist demzufolge nicht lockerungsfähig, wenn die anthropogen bedingten Belastungen des Bodens nicht reduziert werden können. Anders ausgedrückt heisst das, dass ein ausschliesslich durch die Bodenbearbeitung verdichteter Boden eine Auflockerung nur langfristig beibehält, falls die Belastungen aus der Bewirtschaftung

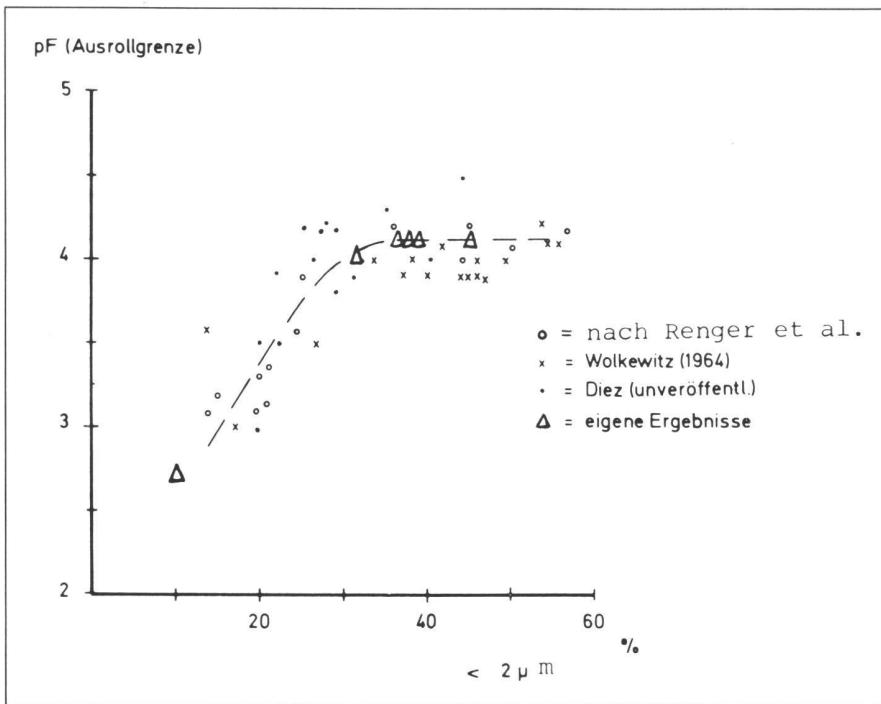


Abb. 4 Zusammenhang zwischen Tongehalt und dem zum Erreichen der Ausrollgrenze erforderlichen Abtrocknungsgrad (in Anlehnung an Renger et al. [9]).

tung vermindert werden. Ansonsten sackt der Boden durch die Belastungen aus der Bodenbearbeitung wieder bis zur Ausgangsrohndichte zusammen.

### 6.2 Die Durchführung der Lockerung und die Folgebewirtschaftung

Bei der Lockerung des Bodens und der nachfolgenden Bewirtschaftung sind zusätzliche Kriterien zu beachten. Diese sind in [5, 6] eingehend diskutiert. Im Rahmen des vorliegenden Berichtes soll nur auf folgende Zusammenhänge aufmerksam gemacht werden:

- Das durch die aufgerissenen Bodenschichten eindringende Sickerwasser muss abziehen können, damit ein langfristiger Erfolg der Lockerung gewährleistet ist (Vorflut muss vorhanden sein).
- Die Stabilisierung des gelockerten Bodens und eine schonende Weiterbewirtschaftung müssen sichergestellt sein. (Siehe ebenfalls [14].)

### 6.3 Folgerungen

Nach der vorangegangenen Diskussion kann die eingangs gestellte Frage bezüglich der ungenügenden Lockerungswirkung und -erhaltung wie folgt beantwortet werden.

1. Auf den Versuchsfeldern lag der Wassergehalt bei der Lockerung über der Ausrollgrenze. Die Stauschichten wiesen einen Tongehalt von 32–45% auf.
2. Auf eine Vorflut (weitgefasste Rohrdrainage) musste bei der Anlage der Versuchsfelder verzichtet werden.

Dadurch blieb das Sickerwasser auf der Lockerungssohle liegen und vernässte den Boden. Die Tragfähigkeit des lockeren Bodengerüsts wurde vermindert, die Tendenz für eine verstärkte Setzung gefördert und eine weitergehende Strukturverbesserung eingeschränkt.

3. Die gelockerten Felder waren nur durch die Bewirtschaftung verdichtet. Da Stabilisierungsmaßnahmen weitgehend fehlten und die Bewirt-

schaffung nicht angepasst wurde, konnte die Auflockerung nicht langfristig erhalten bleiben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auf den Versuchsfeldern die ungenügende Lockerungsfähigkeit, die mangelhafte Durchführung der TL (fehlende Vorflut) und die uneingeschränkte Bewirtschaftung die Lebensdauer der Lockerung stark verkürzten.

## 7. Wirkung und Einsatzbereiche der Rohrdrainage, der Tieflockerung und der Maulwurfdrainage bei den staunassen Böden

### 7.1 Die Rohrdrainage:

Das Haupteinsatzgebiet der Rohrdrainage liegt bei den durch Grundwasser vernässten Böden. Weiter bildet sie bei den staunassen Böden oft eine unabdingbare Voraussetzung für die MWD und TL. In Kombination mit einem der genannten Verfahren übernimmt die Rohrdrainage das in die Lockerungstiefe versickernde Wasser und leitet es schadlos ab.

Eine alleinige Drainage führt bei einem staunassen Boden zu keiner Strukturverbesserung, was in Untersuchungen von Feichtinger [2], Steinert und Schwarz [15] und Renger [8] ebenfalls festgestellt wird. Sicher kann die Stau-nässe zum Teil abgezogen werden, ihre Ursache (die Bodenverdichtung) wird aber nicht behoben.

### 7.2 Die Tieflockerung:

Sie reißt bei einem bis zur Ausrollgrenze ausgetrockneten Boden Verdichtungen umfassend auf und schafft ein intensives Prismen- bis Bröckelgefüge. Je mehr der Wassergehalt über der Ausrollgrenze liegt, desto kleiner wird

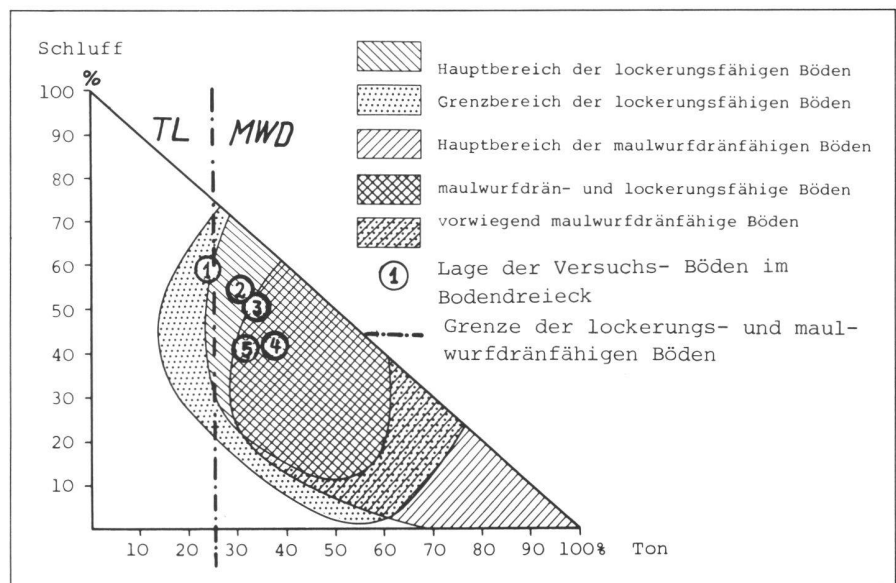


Abb. 5 Einsatzbereiche der Tieflockerung und der Maulwurfdrainage in Abhängigkeit der Bodenarten und des Wassergehaltes (in Anlehnung an Brenner [1]).

die Lockerungswirkung. Das Ergebnis einer TL nähert sich dem einer MWD an.

In einem verdichteten Boden bewegt sich das Sickerwasser vorwiegend durch die Grobporen. Durch die Lockerung wird der Grobporenanteil erhöht. Das Stauwasser kann einerseits besser abziehen, andererseits nimmt der Boden durch die Erhöhung der Grenzflächen, die mit Sickerwasser in Berührung kommen, mehr Wasser auf.

Ökologisch wirken sich die erwähnten Vorgänge positiv aus, jedoch wird durch die erhöhte Wasserspeicherung die Tragfähigkeit des Bodens etwas vermindert. Ein gelockerter Boden erfordert deshalb eine schonende Bodenbearbeitung (trockener Boden bei der Bodenbearbeitung, kein Befahren mit hohen Lasten usw.).

### 7.3 Die Maulwurfdrainage:

Sie lockert den Boden nur lokal im Bereich des Schwertes auf. Mit einem 60–80-kW-Traktor wird der Maulwurf-pflug durch das Erdreich gezogen und der wohlbekannte Hohlraum ausgeformt. Nach neueren Erkenntnissen wird jedoch dem Hohlraum eine wesentlich kleinere Bedeutung beigemessen als früher. Wie bei der TL besteht der Hauptzweck der MWD ebenfalls darin, den dichten Boden aufzureissen, um das oberflächennahe Stauwasser abzuführen. Das Verfahren besteht durch seine Einfachheit. Die Landwirte verfügen heute vielfach über leistungsfähige Schlepper, so dass sie eine nicht mehr funktionstüchtige Maulwurfdrainage selbst erneuern können. Eine Vorflut in Form einer weitgefächerten Rohrdrainage oder eines durchlässigen Untergrundes stellt auch bei der MWD eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen des Werkes dar.

Der Einsatzbereich der Maulwurfdrainage liegt bei den schweren Böden (s. Abb. 4), die für eine Tieflockerung selten bis nie genügend abtrocknen. Ob eine Maulwurfdrainage oder eine Tieflockerung durchzuführen ist, wird unter den klimatischen Bedingungen des Mittellandes vorwiegend durch den Tonanteil des Bodens bestimmt. Liegt der Tongehalt über 25 Gew.-%, kommt eher eine MWD in Betracht, fällt er unter 25%, ist eher eine TL auszuführen.

In den Übergangsböden mit einem Tongehalt um 25% soll eher eine Maulwurfdrainage gewählt werden, falls der Landwirt seine Felder ohne Rücksicht auf die Meliorationsmassnahmen weiterbewirtschaften will. Durch die geringere Lockerungswirkung der MWD gegenüber der TL wird die Tragfähigkeit des Bodens nur unwesentlich vermindert. Das Stauwasser kann jedoch abziehen.

Weiter muss aus der Sicht des Autors die MWD den Landwirten wieder nähergebracht werden. Durch die Ausdehnung des Ackerbaus auf vielfach mittelschwere (über 10% Ton) und schwere Böden (über 30% Ton) werden durch die zunehmende Mechanisierung in der Landwirtschaft oft starke Bodenverdichtungen im Bereich der Bearbeitungssohle geschaffen. Die Niederschläge bleiben auf den Pflugsohlen liegen und führen zu zusätzlichen Gefügeschäden.

Das kann verhindert werden, indem der Landwirt mit Hilfe des Maulwurfpluges dem Stauwasser die erforderlichen Grobporen erneut schafft, damit dieses in den Untergrund und in die ja meist vorhandenen Drainagen sickern kann.

### 7.4 Zusammenfassende Anmerkungen

Die systematische Rohrdrainage kommt hauptsächlich bei den grundwasservernässten Böden zum Einsatz, bei tiefgründig verdichteten Böden übernimmt sie die Aufgabe der Vorflut für das nach einer MWD oder TL auf der Lockerungssohle anfallende Sickerwasser.

Die Tieflockerung kann aufgrund der vorangehenden Betrachtungen für folgende Böden empfohlen werden:

1. bei stark mechanisch verdichteten Böden
2. bei geologisch und genetisch verdichteten Böden
3. bei verdichteten, feinkörnigen Böden, wie Pseudogley und Pseudogley über Gley, mit einem tiefen Grundwasserstand und Tongehalten um 20%.

Die Lockerung erbringt eine optimale Wirkung, wenn der Wassergehalt des Bodens unter der Ausrollgrenze liegt.



Abb. 6 Wirkung der Rohrdrainage im staunassen Boden. Trotz dem offenen Draingraben zieht das Stauwasser nur beschränkt ab.

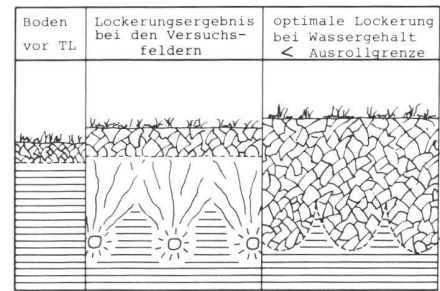


Abb. 7 Wirkung der Tieflockerung bei verschiedenem Wassergehalt.

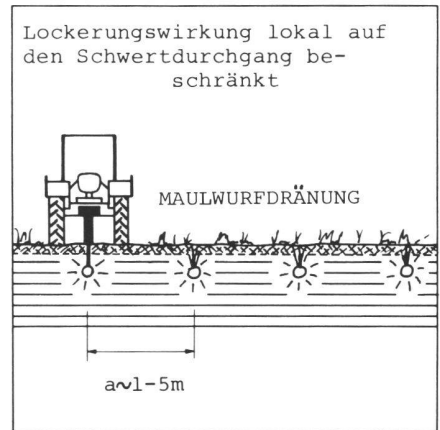


Abb. 8 Wirkung der Maulwurfdrainage im staunassen, plastisch verformbaren Boden.

Das Haupteinsatzgebiet der Maulwurfdrainage kann wie folgt umschrieben werden:

1. Staunasse Böden mit einem Tongehalt über 25%, bei denen eine Lockerung wegen des hohen Wassergehaltes und der Plastizitätseigenschaften keine genügende Wirkung bringt (Pseudogley, Pseudogley über Gley und weitere durch den Ackerbau flach- bis mittelgründig verdichtete Bodentypen).
2. Schwer durchlässige, grundwasservernässte Böden, zur Erhöhung der Durchlässigkeit des Bodens und der Wirksamkeit der Rohrdrainage (staunasser Gley und Hanggley).

### 8. Schlussbemerkung

Abschliessend soll jedoch nochmals darauf hingewiesen werden, dass eine erfolgreiche Gefügeverbesserung von vielen Faktoren abhängig ist und die Lockerung des dichten Bodens nur die Initialzündung darstellt. Insbesondere stellen die Bodenfeuchte bei der Durchführung der Massnahme, die evtl. erforderliche Zusatzdrainage (Vorflut), die Stabilisierung des gelockerten Bodens und die angepasste Folgebewirtschaftung weitere elementare Randbedingungen dar, welche die langfristige Wirkung der Meliorationsmassnahmen stark beeinflussen. Die Tieflockerung als Meliorationsverfahren besteht aus

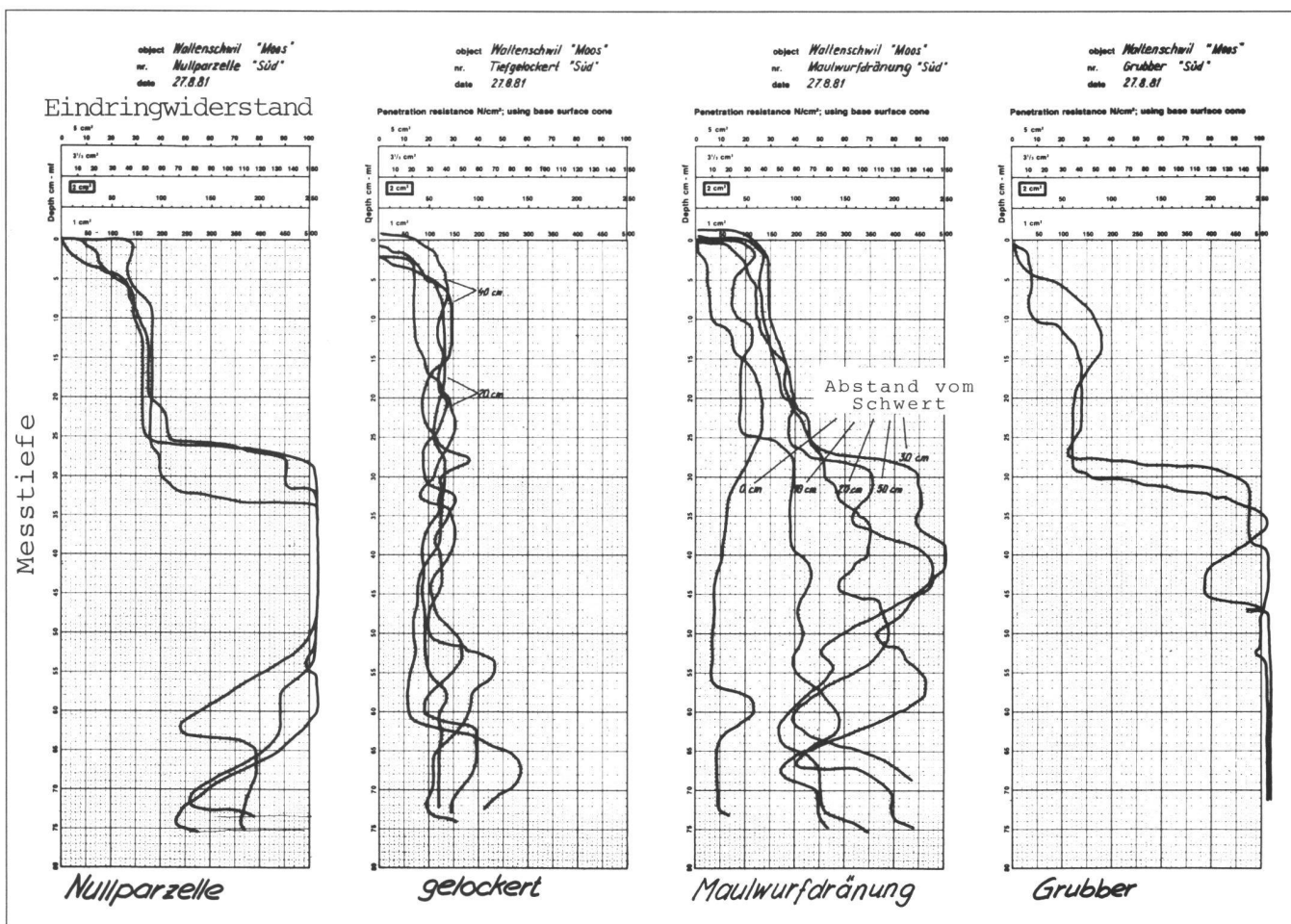


Abb. 9 Messung des Eindringwiderstandes unmittelbar nach verschiedenen Lockerungsmassnahmen. Der Wassergehalt lag bei der Ausrollgrenze. Die Tieflockering lockerte den Boden am besten auf.

mehreren Teilmassnahmen; selten genügt die alleinige Lockerung, um die erforderlichen Verbesserungen zu erreichen.

Vielfach wirken sich Änderungen in der Agrarpolitik oder der Betriebsrichtung ebenfalls auf die Bodennutzung aus. So müssen z.B. Landwirte wegen der Überproduktion von Milch für Grünland geeignete Böden umbrechen und ackerbaulich nutzen. Es muss deshalb in Kauf genommen werden, dass Bodenverdichtungen stets neu gebildet werden und periodisch eine Auflockerung erfordern. Diesem Aspekt ist bei der Anlage der Zusatzdrainage besondere Aufmerksamkeit zu widmen; sie sollte so geplant und ausgeführt werden, dass der Landwirt nach guter Instruktion allfällig geschaffene Wiederverdichtungen mit eigenen Mitteln erfolgreich aufbrechen kann.

#### Literatur

[1] Brenner, W.: Verfahren und Erfahrungen mit der Bodenlockerung in Bayern. – 20. Kulturbautagung in Linz vom 10.–13. Juni 1980; Bericht des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1981.

[2] Feichtinger, F.: Die Lockerungsbedürftigkeit staunasser Böden. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 20, 1979, 222–225.

[3] Franz, G.: Der Einfluss der Tieflockering von Pseudogleyen auf die Bodenmikroorganismen und die Beständigkeit dieser Meliorationsmassnahme. Landwirtschaft. Forschung, 1976, 29.

[4] Mc Ewen, J.; Johnston, A. W.: The effects of subsoiling and deep incorporation of P and K fertilizer of the yield and nutrient uptake of barley, potatoes, wheat and sugar beet grown in rotation. J. agric. Sci., Camb., 92, 1979, 695–702.

[5] Müller, U.: Die Tieflockering: Ein Meliorationsverfahren zur Sanierung staunasser Böden. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 11, 1979, 281–286.

[6] Müller, U.: Möglichkeiten und Grenzen der Tieflockering unter schweizerischen Verhältnissen. Bericht des Instituts für Kulturtechnik der ETHZ, 1982.

[7] Müller, U.: Die Melioration staunasser Böden unter besonderer Berücksichtigung der Tieflockering. Diss ETH Nr. 7225, 1983.

[8] Renger, M.: Über den Einfluss der Dränung auf das Gefüge und die Wasserdurchlässigkeit bindiger Böden. Mitteilung Dtsch. Bodenkdl. Ges. 11, 1970, 23–28.

[9] Renger, M.; Strelbel, O.; Giesel, N.: Beurteilung bodenkundlicher und kulturtechnischer Fragen mit Hilfe von klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischen Kennwerten. Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 15, 1974, 263–271.

[10] Richard, F.; Lüscher, P.; Strobel, T.: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Eidg. Techn. Hochschule, Institut für Wald- und Holzforschung (1978, 1981).

[11] Rid, H.; Weigelt, H.: Tiefe Lockerung auf Pelosolen. Bayr. Landw. Jahrbuch, 57, 1980, 3–17.

[12] Schmauz, E.: Tieflockeringsmassnahmen auf Standorten der Keuperton-Landschaft in ihrer Wirkung auf ertragsbeeinflussende Faktoren. Diss Hohenheim, 1971.

[13] Schmid, G.; Weigelt, H.: Neue Wege bei der Aufwertung von Pseudogleyen. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 10, 1970, 137–146.

[14] Schulte-Karring, H.: Die meliorative Bodenbewirtschaftung. Landes-Lehr- und Versuchsanstalt, Ahrweiler, 1970.

[15] Steinert, P.; Schwarz, K.: Zur Wirksamkeit von Rohrdränungen auf tonreichen Bodenformen Thüringens. Arch. Acker u. Pfl.bau u. Bodenk., Berlin 18, 1974, 189–201.

[16] Zeitz, J.; Titze, E.; Wertz, G.: Gefügemelioration und Dränung auf Tieflehm-Staugleyen im Norden der DDR. Archiv Acker u. Pfl.bau u. Bodenk., Berlin 26, 9, 1982, 561–570.

Adresse des Verfassers:  
Urs Müller, Dipl. Kultur-Ing. ETH  
Institut für Kulturtechnik  
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich