Untersuchungen über die Tieflockerung und ihre praktischen Ergebnisse zur Rekultivierung von mechanisch verdichteten Böden

Autor(en): **Müller, Urs**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 14

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74089

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

lich ist. Zudem soll in den nächsten drei Jahren mit Bodenfeuchtemessungen der Frage nach dem Zusammenhang zwischen GW-Stand, Niederschlag und Bodenfeuchtigkeit nachgegangen werden. Wir möchten dabei auch abklären, wie weit die Landwirtschaft im Normalfall vom Grundwasser abhängig ist. Im Falle eines noch zu bauenden Kanals in der Nähe eines schützenswerten Nassstandortes überprüfen wir, ob es gelingt, mit baulichen Massnahmen (Wannenprofil) das Reservat vor dem Auslaufen zu bewahren. Beobachtungen und Untersuchungen über den Ist-Zustand sind gemacht oder werden weitergeführt. Während und nach dem Kanalbau soll weitergemessen werden.

Schlussbemerkung

Das vorliegende Forschungsprojekt kann mindestens noch drei Jahre weitergeführt werden. Mit dem bereits heute vorhandenen umfangreichen Datenmaterial, das in der oben angedeuteten Richtung noch erweitert werden soll, hoffen wir, in dieser Zeit unsere Zielsetzungen zu erreichen und damit auch für die Praxis interessante Resultate und Empfehlungen zu erhalten.

Adresse des Verfassers: *M. Bührer*, dipl. Ing. ETH, Institut für Kulturtechnik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich

Untersuchungen über die Tieflockerung und ihre praktischen Ergebnisse zur Rekultivierung von mechanisch verdichteten Böden

Von Urs Müller, Zürich

Nach Starkniederschlägen bleibt vielerorts Wasser auf dem landwirtschaftlich genutzten Boden liegen. Es kann infolge Bodenverdichtungen nicht oder zu langsam im Boden versickern. Je nach Kulturart verursacht ein Wasserstau erhebliche Ertragseinbussen. Die Bodenverdichtungen können durch natürliche Vorgänge wie Sedimentation und Teilchenver- und -anlagerung im Boden entstehen. In jüngster Zeit werden aber viele Böden durch Menschenhand mechanisch verdichtet, sei dies durch Baumassnahmen wie Wegebau und Erdverschiebungen im Landwirtschaftsgebiet oder durch die stets schwerer werdenden Landwirtschaftsmaschinen selbst. Mit dem Ziel, die Problematik der verdichteten Böden und mögliche Sanierungsmassnahmen genauer zu studieren, begann am Institut für Kulturtechnik an der ETH Zürich 1977 ein Forschungsprojekt.



Bild 1. Auffüllarbeiten bei nassem Wetter

Kurzbeschreibung des Forschungsprojektes über die Tieflockerung (TL)

Problemstellung

Wie schon in der Einleitung gezeigt, bringt die technische Entwicklung in der Landwirtschaft und der Bauwirtschaft für die Bewirtschaftung des Bodens nicht nur Vorteile. Der *Bodendruck der Maschinen wird ständig grösser.* Die Maschinenarbeit hat die Handarbeit verdrängt, dadurch ergeben sich zusätzliche Bodenverdichtungen. Weiter ermöglichen die Maschinen dem Menschen, Arbeiten zu einem ungünstigen Zeitpunkt und unter schlechten Voraussetzungen vorzunehmen, wie es früher nie möglich war (Bild 1). Daraus resultieren dann mechanisch verdichtete Böden, die zu den natürlich gelagerten, dichten Böden dazukommen. Auf solchen alten wie neu geschaffenen Problemböden können anfallende Starkniederschläge nicht genügend schnell versickern und bilden *Stauwasservernässungen.* Das kann so weit gehen, dass sich nach Niederschlägen in Muldenlagen Seelein bilden, die lange liegenbleiben (Bild 2). Durch die Bodenvernässung wird die Bewirtschaftung (Befahrbarkeit des Bodens) stark behindert, und die meisten Pflanzen erleiden Schäden. Vielfach stellen sich bei Akkerbau erhebliche *Ertragsverluste* und bei Wiesland ein *Wechselnässezeigerbestand* ein. Beide Vorgänge bilden eine wesentliche Erschwerung der heutigen intensiven Landwirtschaft.

Ziele der Untersuchungen

Durch die Untersuchungen sollen die Möglichkeiten und Grenzen der Tieflockerung bei der Sanierung von verdichteten Böden abgeklärt werden. Unter der *Tieflockerung* versteht man das Auflockern einer mindestens 40 bis 60 cm tiefen, dichten Bodenschicht mit einem Lockerungsgerät, wobei «dicht» nicht nur die physikalisch messbare Grösse «dicht = hart» bedeutet, sondern auch die sehr feine, grobporenarme Lagerung der Bodenteilchen. Mit der Tieflockerung will man den dichten Boden aufreissen, um die Lebensbedingungen der Pflanzen und die Bewirtschaftungsprobleme der Bauern wieder auf ein akzeptables Mass zu verbessern. Folgende Fragenkomplexe sollen durch die Versuche qualitativ, z.T. auch quantitativ abgeklärt werden:

- Welche Voraussetzungen bezüglich Bodenaufbau, Feuchtegehalt usw. müssen erfüllt sein, damit die TL die gewünschte Auflockerung des Bodens erbringt?
- Welche Untersuchungsverfahren eignen sich zur Feststellung der Lockerungsfähigkeit und der Lockerungswürdigkeit einer Parzelle?
- Wie gross ist die Verbesserung des

Luft- und Wasserhaushaltes eines Bodens durch die TL, wie lange bleibt sie erhalten?
- Welche Folgebewirtschaftung unterstützt die positiven Wirkungen einer TL, welche ist ihnen abträglich?
- Wie weit kann die TL ein anderes Meliorationsverfahren wie die Rohrdrainage ersetzen, wo ist eine Kombination verschiedener Verfahren angebracht?

Methode

Die Untersuchungen sind auf praktischen Feldversuchen aufgebaut. Die Versuchsparzellen werden im Rahmen einer Güterzusammenlegung angelegt, nach Absprache mit den Bewirtschaftern, den Bodenverbesserungsgenossenschaften und dem Kant. Meliorationsamt Aargau. Ihnen sei an dieser Stelle noch herzlich für die bereitwillige Zusammenarbeit gedankt, dem Meliorationsamt Aargau und dem Eidg. Meliorationsamt insbesondere auch für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen.

Als *Versuchsparzellen* dienen uns *natürlich gelagerte, dichte Böden im Landwirtschaftsgebiet.* Um zudem Erfahrungen über den Bereich der mechanisch verdichteten Böden zu sammeln, betreuen wir auch die *Sanierung einiger Auffüllungsflächen.* Die Lockerungsbedürftigkeit wird mit Hilfe vorhandener Bodenkarten und eingehender Bodenuntersuchungen festgestellt. Die Versuchsparzelle teilen wir in eine *Lockerungsfläche* und eine *Nullfläche* ein. Vor der Vornahme der Lockerung werden an beiden Parzellen gewisse Parameter wie Durchlässigkeit, Kornverteilung, Wasserhaltevermögen usw. mit bodenphysikalischen und chemischen Methoden bestimmt. Umfangreichere Angaben über die durchgeführten Untersuchungen können unter [4] nachgelesen werden.

Die Anlage eines Versuchsfeldes erfordert noch weitere Vorarbeiten wie detaillierte Zeitplanung, umfangreiche Absprachen und die Ausführung einer Zusatzdrainage. Die Lockerungsarbeiten werden mit dem Tieflockerungsgerät des Kt. Aargau, einer 3scharigen Maschine der deutschen Firma Kaelble-Gmeinder vorgenommen (Bild 3).

Nach der Lockerung und in den Folgejahren nehmen wir analog den Voruntersuchungen die Folgeuntersuchungen vor, um die Veränderungen durch die Lockerung und die weitere Bodenentwicklung genau zu erfassen. Wir hoffen, damit nach den ersten drei Versuchsjahren das Verfahren der Tieflokkerung beurteilen zu können. Weitere Erfahrungen werden sich aus der vermehrten Anwendung der TL bei Meliorationen und bei der Sanierung von Auffüllungen und Baupisten ergeben. Stichhaltige Aussagen über die Lebensdauer und die Langzeitwirkungen der TL können erst nach sechs und mehr Beobachtungsjahren gemacht werden.



Bild 2. Stauvernässungen nach Starkniederschlägen

Stand der Arbeiten

Nach gewissen Anfangsschwierigkeiten sind unsere Arbeiten nun gut angelaufen. Fünf Versuchsfelder wurden angelegt und z.T. schon mehrmals untersucht. Einige Fragen konnten schon abgeklärt werden, neue tauchten wieder auf. Die Ausführungen der folgenden Kapitel basieren auf den gemachten Erfahrungen, den schon vorhandenen Ergebnissen wie auch auf Versuchsergebnissen und Publikationen aus der BRD

Die Tieflockerung, ein Sanierungsverfahren für mechanisch verdichtete Böden

Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass die Tieflockerung ein ideales Verfahren zur Sanierung von verdichteten Böden darstellt, wobei die TL z.T. mit einer *Rohrdrainage* und einer *Maulwurfdrainung kombiniert* werden kann oder muss. Der Ablauf der Tieflockerungsarbeiten bleibt derselbe, ob es sich um einen durch natürliche Vorgänge verdichteten oder um einen anthropogen verdichteten Boden handelt. Je nach der speziellen Situation müssen aber einige Teilmassnahmen angepasst werden.



Bild 3. Lockerungsaggregat des Tieflockerers, mit dem die Versuche durchgeführt werden

Problematik der mechanisch verdichteten Böden

Viele Baumassnahmen betreffen auch das landwirtschaftlich intensiv genutzte Land. So werden im Rahmen von *Kanalbauten* und vor allem bei *Strassenbauten* stets Baupisten angelegt und in grösserem Umfange *Erdverschiebungen* und *Auffüllungen* vorgenommen. *Der Unternehmer nimmt selten Rücksicht auf die Ansprüche der Landwirtschaft an den Boden.* So kann man häufig beobachten, wie Auffüllungen bei nassem Wetter durchgeführt und der Boden infolge seiner reduzierten Tragfähigkeit stark verdichtet wird. Oft sind in den obersten Bodenschichten einer Auffüllung auch allerhand für die Landwirtschaft ungeeignete Materialien wie grosse Steinblöcke und Bauschutt, aber selten eine genügende Humusmächtigkeit festzustellen. Leider werden für die Erdverschiebungen häufig schwere Traxe eingesetzt, ohne die Traxfahrer richtig zu instruieren. Diese versuchen dann unter ständigem Hin- und Herschieben des Erdmaterials jede Unebenheit auszugleichen und die Auffüllung möglichst ohne Gefälle anzulegen.

Der Boden wird somit oft überrollt und zusammengedrückt und ist für Pflan-

zenwurzeln und Niederschläge nur schwer zu durchdringen. Anfallende Niederschläge können einerseits nicht versickern und bei fehlendem Oberflächengefälle auch nicht oberflächlich abfliessen. Sie bleiben in der durch die landwirtschaftliche Nutzung aufgelockerten Bodenschicht liegen und behindern den Gasaustausch der Pflanzen und eine allfällige Bodenbearbeitung. Anderseits leiden die Pflanzen bei längeren Schönwetterperioden schnell unter der Trockenheit, da sie infolge des kleinen Wurzelraumes nur wenig verwertbares Wasser zur Verfügung haben. Wegen der Ertragsverluste und der eingeschränkten Bearbeitbarkeit bleiben solche Böden für die intensive landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet, falls sie nicht durch geeignete Massnahmen verbessert werden.

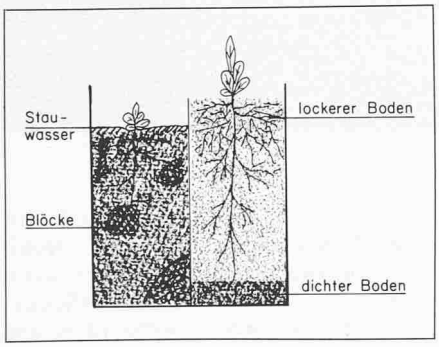


Bild 4. Vom verdichteten zum lockeren Boden

Da auch in der Meliorationstechnik ein wichtiger Grundsatz darin besteht, *Ursachen und nicht nur Auswirkungen zu bekämpfen*, vorerst einige wichtige *Regeln, die beim Schütten einer Auffüllung eingehalten werden sollten*:

- Alle Arbeiten bei trockenem Wetter vornehmen.
- Den Boden möglichst wenig überfahren (Boden ab min. 1 m unter Sollhöhe rückwärts schütten).
- Auf dichter Vorschüttung Gefälle von mindestens 4% einhalten.
- Notwendige Planierungsarbeiten mit Maschinen mit kleinem Bodendruck ausführen.
- Bei landwirtschaftlicher Nutzung ist eine 30 bis 40 cm dicke Humusschicht erforderlich; düngen.
- Weder Bauschutt noch andere ungeeignete Materialien im landwirtschaftlichen und kulturtechnischen Nutzungsbereich (1 bis 1,5 m unter Terrain) ablagern.
- Oberflächengefälle von min. 4% anlegen.
- Deponiepläne erstellen.
- *Möglichst schnell ansäen, um den Boden vor Erosion und Verschlämmung zu schützen und biologisch zu aktivieren.* Die Pflanzen verbrauchen Wasser und erhöhen durch die Durchwurzelung den Humusgehalt und die Tragfähigkeit des Bodens.

Falls bei einer Auffüllung infolge Zeitdrucks, schlechten Wetters oder aus anderen Gründen eine sorgfältige Materialaufschüttung nicht erfolgte, und der Boden verdichtet und staunass ist, kann die kulturtechnische Sanierung mit Hilfe der Tieflockerung versucht werden.

Vorgehen bei der Tieflockerung

Die Tieflockerung ist ein *mehrstufiges Meliorationsverfahren* und setzt sich aus nachstehenden Arbeitsgängen zusammen:

- Voruntersuchungen
- Vorfluterstellung
- Vorentwässerung
- Humusierung
- Düngung, Kalkung
- Lockerung
- Entsteinung
- grobe Feldherstellung
- Ansaat
- Folgebewirtschaftung

Nur bei der Sanierung extremer Auffüllungen muss man die ganze Palette der angegebenen Arbeiten durchführen, sonst können je nach Situation nicht benötigte Teilarbeiten weggelassen werden.

Voruntersuchungen:

Sie enthalten vor allem *Bodenuntersuchungen* und liefern dem projektierenden Ingenieur wichtige, für das Projekt erforderliche Daten wie Bodenaufbau, Zusammensetzung, Durchlässigkeit, Düngebedürftigkeit, Geländefixpunkte, Neigungen usw. Es ist von grösster Wichtigkeit, den vorhandenen Boden gründlich zu untersuchen. Alle beeinflussbaren für die Pflanzen wichtigen Wachstumsfaktoren müssen erfasst werden. Es nützt nicht viel, den Luft- und Wasserhaushalt in einem inaktiven, nährstoffarmen Boden zu verbessern; nur bei der Verbesserung aller für ein gutes Pflanzenwachstum ungenügenden Wachstumsfaktoren wird die Sanierung Erfolg haben (Bild 5).



Bild 5. Bodenaufschluss gibt Auskunft über die Art des Auffüllmaterials

Vorfluterstellung

Das Anlegen einer Vorflut, d.h. einer weitgefassten Röhrendrainage ist notwendig, falls anfallendes Sickerwasser nach Niederschlägen nicht in den Untergrund gelangen (Lockerung reicht nicht bis in durchlässige Schichten) oder auf der Lockerungssohle nicht seitwärts abfliessen kann (zu wenig Geländegefälle, zu weite Fliessstrecke). Sonst bleiben die Niederschläge nach der Lockerung im Boden liegen, d.h. die Seelein sind dann auf 70 cm unter Terrain. Das Problem wird lediglich ein wenig in die Tiefe verlagert.

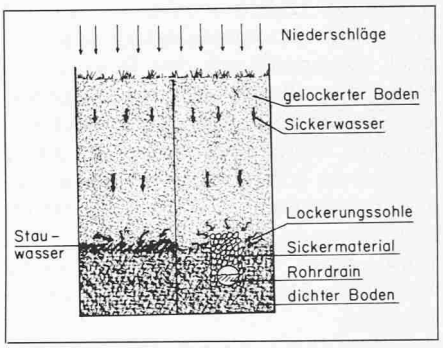


Bild 6. Tieflockerung in durchwegs verdichtetem Boden ohne und mit Vorflut

Die Drainsauger werden mind. 30 cm unter die Lockerungstiefe verlegt und mit Sickerstoffen (Kies, Split, Kunststoffen) bis auf die Lockerungstiefe aufgefüllt, um den Eindringwiderstand für das Wasser zu verkleinern.

Vorentwässerung

Die Tieflockerung erfordert einen trokkenen Boden. Deshalb müssen sehr dichte Böden, auf denen das Wasser übers Jahr liegenbleibt, vorentwässert werden. Dazu genügt die Vornahme einer Maulwurfdrainage quer über die Drainsauger mit einem Abstand der Maulwurfgänge von 1 bis 3 m und einem Gefälle bis zu 5%. Damit kann das Stauwasser in den Boden versickern und wegfliessen (Bild 7).

Humusierung

Bei einer ungenügenden Humusschicht ($\leq$30 bis 40 cm) oder einem zu kleinen Gehalt an organischer Substanz ($\leq$1 bis 2%) sollte noch Humus aufgeführt oder der anstehende Boden durch die Beigabe von Kompost oder Klärschlamm verbessert werden. Qualität beachten!

Düngung, Kalkung

Aufgrund der Resultate der Düngebedürftigkeitsuntersuchung und der Ansprüche der Folgefrucht erfolgt die Düngung. Falls der Bodensäuregrad im stark sauren Bereich liegt (pH$<$4 bis 5), kann gleichzeitig noch eine Meliorationskalkung vorgenommen werden, um den pH etwas anzuheben. Die aufgebrachten Nährstoffe arbeitet der Be-



Bild 7. Maulwurfdrainage mit Traktor als Zugmaschine

werden, dass der aufgelockerte Boden nicht wieder verdichtet wird. Steinsammelmaschinen eignen sich nicht, da sie umfassende Vorbereitungsarbeiten erfordern. Am besten beginnt man schon während den Lockerungsarbeiten und schleppt die grösseren Blöcke z.B. mit Traktor und Seilwinde auf den ungelockerten Bereich, wo sie von einem Lastwagen aufgenommen werden (Bild 9). Kleinere Steine werden von Hand gesammelt und mit Traktor und Wagen vom Feld geführt (Gitterräder verwenden).

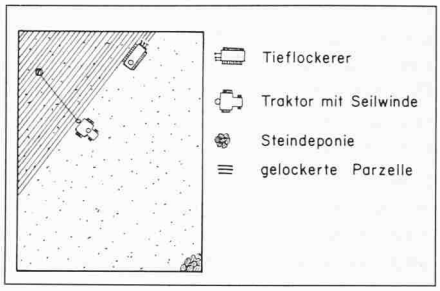


Bild 10. Mögliches Vorgehen bei der Entsteinung



Bild 9. Steinsammelaktion während Lockerung

wirtschafter bei der Saatbettbereitstellung in den Boden ein und erbringt damit für die Pflanzen schon im Anfangsstadium eine genügende Nährstoffversorgung. Damit keine Düngerauswaschung erfolgt, sollte nach der Düngung möglichst schnell gelockert und neu angesät werden.

Lockerung

Sie hat zum Ziel, den Boden aufzulokkern, um den Luft- und Wasserhaushalt zu sanieren. Der Boden muss bei diesem Arbeitsgang gut abgetrocknet sein, damit er aufreisst und bricht und sich nicht nur plastisch verformt.
Die Lockerung lässt sich am besten im *Sommerhalbjahr bei trockenem Wetter* durchführen. Gelockert wird quer über die Drainsauger mit einem Gefälle ≤5%, wenn möglich quer zur Bewirtschaftungsrichtung. Die Lockerungstiefe liegt je nach Gerät zwischen 50 und 100 cm.

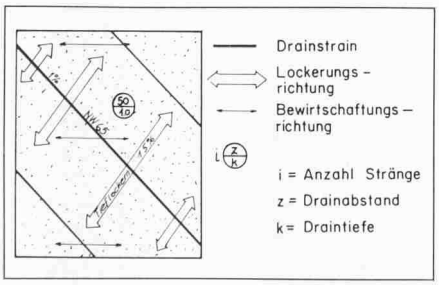


Bild 8. Anlageplan einer Tieflockerung

Entsteinung

Grössere Steine und Blöcke, die bei einer Auffüllung häufig auch in den obersten Bodenschichten deponiert und z.T. durch das Lockern hervorgerissen werden, muss man vor der Inkulturnahme zusammenlesen und abtransportieren. *Diese Arbeiten sollten so ausgeführt*

Grobe Feldherstellung

Nach einer gut durchgeführten Tieflokkerung ist die Bodenoberfläche aufgerissen und uneben. Es braucht geeignete Maschinen wie grosse Fräsen, Scheibeneggen oder Tiefgrubber, um das Feld wieder grob herzustellen. Falls der bewirtschaftende Bauer keine Maschine zur Verfügung hat, um das Feld in wenig Arbeitsgängen einzuebnen, muss eine gemietet werden.

Ansaat und Folgebewirtschaftung

Nach einer Tieflockerung besteht die Gefahr, dass bei Niederschlägen viele Feinanteile vom Ober- in den Unterboden verlagert werden. Um das zu verhindern, sollte man das Feld möglichst schnell nach der Lockerung wieder neu ansäen, damit die Pflanzen den Boden durchwurzeln und die Auflockerung stabilisieren (Lebendverbau im Kleinen). Besonders geeignet sind wurzelintensive aber bearbeitungsextensive Folgekulturen wie Klee-Grasmischungen und alle Getreidearten. Ein *mehrjähriges Grünland* ist deshalb besonders zu empfehlen, da es den Boden intensiv durchwurzelt und sich sowohl humusvermehrend und strukturfördernd auswirkt wie auch das Aufkommen der Bodenaktivität unterstützt. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass man den Boden nach der Lockerung schonen muss, d.h. wenig Arbeitsgänge mit schweren Maschinen, Doppelbereifung und insbesondere nicht nach grösseren Regenfällen mit schweren Lasten befahren. Bei schonender Folgebewirtschaftung sollte sich der Boden innerhalb von 3 bis 5 Jahren regenerieren und ohne weitere Einschränkungen zu bewirtschaften sein.

Kosten der Massnahmen

Über die Kosten der Tieflockerungsmassnahmen lassen sich nur grobe Angaben machen. Je nach Problemstellung, Landesgegend, Arbeitsmarkt und Unternehmen können grössere Schwankungen in den Preisen auftreten. Tabelle 1 gibt eine Kostenzusammenstellung über die verschiedenen Arbeitsgänge.

Tabelle 1. Tieflockerungsmassnahmen. Kosten der einzelnen Arbeitsgänge

Arbeitsgang	*Kosten je ha*
Voruntersuchungen	200.–
Vorfluterstellung (weitgefasste Röhrendrainage)	8000.–
Vorentwässerung (Maulwurfdrainage)	150.–
Humusierung (abhängig von Transportdistanzen)	?
Lockerung (mit Maschine Kt. Aargau, ink. Transport)	1300.–
Entsteinung (je nach Besatz)	400.–
Grobe Feldherstellung	100.–
Düngung (Kalkung)	600.–
Neusaat	500.–
Planung, Projektierung, Bauleitung	1500.–
Unvorhergesehenes	1000.–

Je nach Meliorationsperimeter kommt nur ein kleiner Teil der Arbeiten zur Ausführung. Vielerorts werden die landwirtschaftlichen Massnahmen wie Düngung und Neusaat zu Lasten des Bewirtschafters gehen.
Die Zusammenstellung zeigt jedoch, dass bei der Sanierung einer verdichteten Parzelle bei alleiniger Lockerung mit Fr. 2000.–/ha, in Extremfällen (viel Steine, kein Humus, stark staunass) mit

Fr. 15'000 bis 20'000.-/ha zu rechnen ist. Beim höheren Betrag lassen sich sicher einige Kosten-Nutzen-Überlegungen anstellen, ob es sich nicht lohnen würde, keine solchen Problemparzellen mehr zu schaffen, oder wie weit nicht eine ertragsärmere, extensive Nutzung einer so kostspieligen Sanierung vorzuziehen wäre.

Schlussbemerkungen

Es ist ein Meliorationsverfahren beschrieben worden, das in der Schweiz im Aufkommen ist und ein angebrachtes Verfahren zur Sanierung verdichteter, staunasser Böden darstellt. Leider wird die Tieflockerung durch die zu erfüllenden Randbedingungen wie trokkener und lockerungsfähiger Boden, konzentrierter Arbeitseinsatz und flexible Planung, erschwert. Weiter bleibt noch abzuklären, wie weit arbeitsextensivere und längerfristig angelegte Sanierungsverfahren mit besserem Einbezug pflanzenbaulicher und biologischer Massnahmen der Tieflockerung ebenbürtig wären (z.B. Anbau tiefwurzelnder Pflanzen, Förderung der biologischen Aktivität und beschränkter Einsatz von Maulwurfpflug oder Tiefgrubber). Wir hoffen, nach Beendigung des Forschungsvorhabens auch darüber mehr Erkenntnisse zu haben.

Abschliessend sei jedoch nochmals angemerkt, dass es sich vor allem lohnt, die Ursachen und nicht deren Auswirkungen zu bekämpfen. Das heisst für den Landwirt, dass ein verdichtungsgefährdeter Boden schonend zu bearbeiten ist; für den Bauleiter, dass er bei der Schüttung von Auffüllungen und Deponien vorhandene Merkblätter und Richtlinien befolgt. Denn *der Boden besteht nicht nur aus totem mineralischem und organischem Material, sondern er lebt.* Solange er als Grundlage zur intensiven Pflanzenproduktion dienen soll, muss er auch seinen Ansprüchen entsprechend gepflegt und darf nicht nur mit Maschinen und chemischen Mitteln überbeansprucht werden.

Literaturhinweise:

[1] *Eggelsmann R:* «Dränleitung», Verlag Wasser und Boden, Hamburg 1973

[2] *Grubinger H:* «Der Boden als poröses Mehrphasensystem und seine Entwässerbarkeit», Schweiz. Zs. für Verm., Photogr. u. Kulturt., 1967, H. 2

[3] *Jäggli F, Frei E:* «Merkpunkte zur Erstellung von Humusdeponien und zur Rekultivierung von Deponie- und Auffüllflächen», Die Grüne, 1977, H. 44

[4] *Müller U:* «Reusstalforschung», ETH Zürich, 3. Zwischenbericht, 1979

[5] *Schulte-Karring H:* «Die Strukturerhaltung von tiefgelockerten Böden». Berichte über die Landwirtschaft, B. 55 (1977/78), H. 4, S. 612–619

[6] Verschiedene Bearbeiter: «Merkblatt zur kombinierten Dränung», Bayrisches Landesamt für Bodenkultur u. Pflanzenbau, Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1976

Adresse des Verfassers: *U. Müller,* dipl. Ing. ETH, Institut für Kulturtechnik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich

Ornithologische Untersuchungen am Stausee Bremgarten-Zufikon

Von Pavel Brož, Nussbaumen

An den Anfang stelle ich ein kurzes Zitat aus dem Projektbericht für den Flachsee Unterlunkhofen, der von einer Arbeitsgruppe der Stiftung Reusstal zuhanden der Projektleitung der Reusstalsanierung erarbeitet wurde. Dort heisst der erste Satz im Abschnitt Zielsetzung: «Der Flachseebiotop ist in erster Linie darauf angelegt, einen Beitrag für die Erhaltung der international gefährdeten Wasservogelwelt zu leisten.» Mit dieser Zielsetzung werden wesentliche Forderungen der *RamsarKonvention* (*Schifferli,* 1972) erfüllt. Die Zielsetzung hat deshalb auch fast alle Natur- und Vogelschutzorganisationen der Schweiz veranlasst, namhafte Beiträge an die Gestaltungskosten des Flachsees zu leisten. Es war also von Anfang an klar, dass eine entsprechende Erfolgskontrolle erwartet wird.

Die *Ornithologische Arbeitsgruppe Reusstal* (OAR), eine Untergruppe der Stiftung Reusstal, hat sich deshalb entschlossen, Untersuchungen zu beginnen, die eine Erfolgskontrolle in ornithologischer Hinsicht erlauben würden. Der Beginn der Untersuchungen fiel mit dem Aufstau der Reuss im Herbst 1975 zusammen, was uns erlaubt hat, die vollständige Entwicklung der Vogelbestände in diesem neuen Biotop zu dokumentieren. Die Dauer unserer Er-

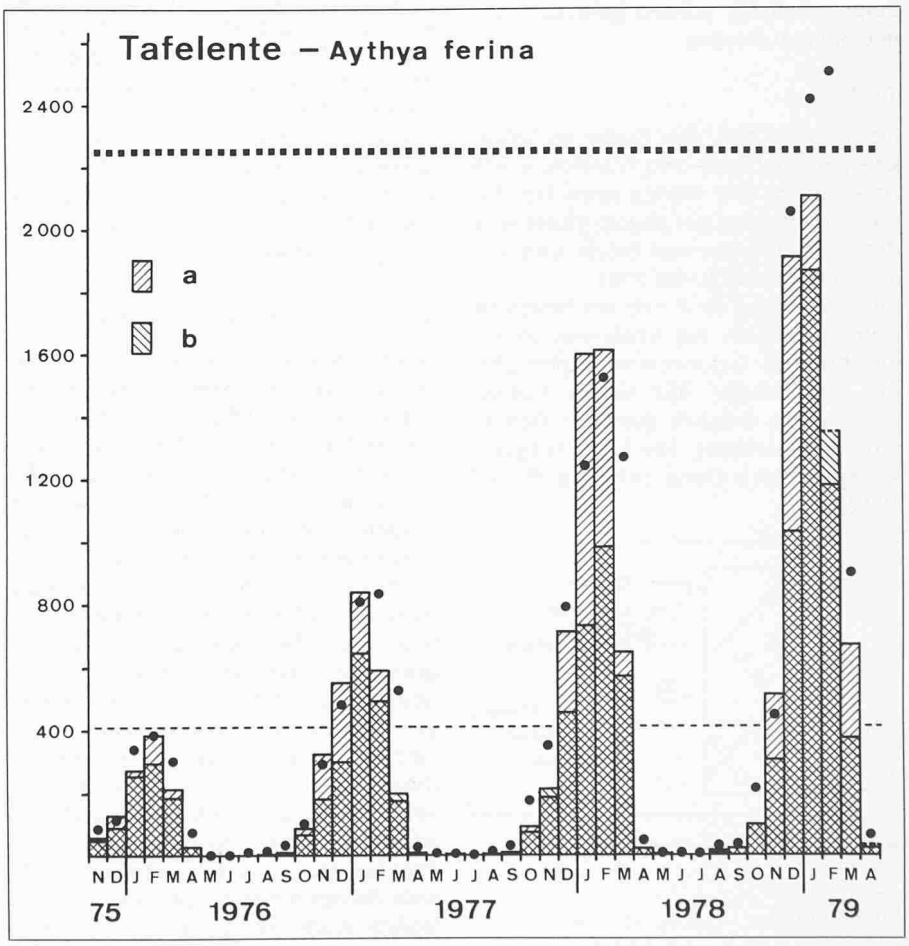


Bild 1. Tafelenten-Bestände in der Reussebene.
a: Ergebnisse der monatlichen Wasservogelzählungen auf dem gesamten Stausee Bremgarten-Zufikon und der Stillen Reuss
b: Monatsdurchschnitte der Pentadenzählungen (6 Zählungen in jedem Monat) am Flachsee Unterlunkhofen.
● = Monatsmaxima
Mindestzahl für Anerkennung als Feuchtgebiet von ■■■■ internationaler und - - - - nationaler Bedeutung (Leuzinger 1976). (Nach Brož 1978)