

# Die Lockerungswirkung verschiedener Tieflockerungsgeräte : ein Bericht über einen vergleichenden Feldeinsatz

Autor(en): **Müller, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **83 (1985)**

Heft 8

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-232604>

## **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.

Skizze zurückzuführen. Darauf wurde wegen Zeitmangel verzichtet. Auf das Gesamtergebn hatten diese Löcher jedoch keinen grossen Einfluss. Die durchschnittliche Aufnahmedichte betrug ca. 25 Punkte/ha, 720 Detailpunkte auf 30 ha.

#### 4.2 Auswertung

Die Berechnung der Koordinaten und Höhen der zwölf Stationen sowie die Orientierung des Horizontalkreises erfolgte an Ort und Stelle mit dem Taschenrechner. Durch die rasche Auswertung hatte man sofort die Gewissheit, ob die Fehler innerhalb der Messgenauigkeit lagen.

Die Berechnung der Koordinaten und Höhen der Detailpunkte sowie die Weiterverarbeitung zu einem Höhenkurvenplan wurde in der Schweiz gemacht. Dazu konnten fertige Computerprogramme benutzt werden, die auf der PDP-11/70-Anlage des Lehrbereichs Photogrammetrie des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) installiert sind. Die Anlage wurde mir freundlicherweise von Prof. Dr. A. Grün zur Verfügung gestellt, und Herr B. Rüedin hat mir bei der Anwendung der Programme geholfen.

Das Kernprogramm muss die Detailpunkte in kartesischen Koordinaten X, Y, Z zur Verfügung haben. Mit einem Vorprogramm wurden die polaren Aufnahmemasse in diese Form gebracht. Die Verarbeitung der Punkte zu einem Höhenkurvenplan geht dann etwa so vor sich:

- alle Punkte werden zu einem Dreiecksnetz vermascht
- jeder Punkt erhält eine Tangentialebene, die durch eine Funktion berechnet wird, bei der alle Nachbarpunkte einbezogen werden
- in jedem Dreieck wird eine Fläche aufgespannt, die durch die drei Tangentialebenen gegeben ist
- mit diesen Flächen werden die Höhenkurven berechnet
- mit einem Aviotab-Plotter werden die Höhenkurven gezeichnet.

Im Programm kann der Massstab des Plans und die Äquidistanz durch entsprechende Parameter frei gewählt werden.

#### 5. Schlussbemerkungen

Das Verhältnis von Aufwand zu Ertrag war mit der gewählten Methode des digitalen Geländemodells ziemlich günstig im Vergleich zu einer photogram-

metrischen oder einer Messtisch-Aufnahme. Das Vorgehen bei der Aufnahme der Detailpunkte muss sorgfältig kontrolliert werden, eventuell mit einer Skizze, um Löcher im Geländemodell zu vermeiden. Bei der Aufnahme von Tall Hamidi wurde keine Skizze nachgeführt, deshalb entstanden auch ein paar solcher Löcher. Sie wirkten sich aber nicht schwerwiegend auf das Endergebn aus.

Zum Schluss möchte ich noch einmal all jenen danken, die mir bei der Ausführung des Projektes geholfen haben. Ich danke insbesondere Herrn R. Köchle für die Mithilfe bei der Vorbereitung der astronomischen Messungen, Herrn B. Rüedin für die Auswertung der Detailpunkte zu einem Höhenkurvenplan und Prof. E. Spiess und Herrn H. Stoll für die kartographische Ausarbeitung des Planes. Spezieller Dank gebührt auch Herrn W. Wattenhofer, dem Materialverwalter des IGP, der mir die Messgeräte zur Verfügung gestellt hat, und schliesslich auch Prof. F. Chaperon, der mich für die Zeit des Projektes freigestellt hat.

Adresse des Verfassers:

Daniel Steudler  
Cadastre de Genève  
16-18, bd. de St-Georges, CH-1211 Genève

# Die Lockerungswirkung verschiedener Tieflockerungsgeräte

## Ein Bericht über einen vergleichenden Feldeinsatz\*

U. Müller

In der Melioration Niederhasli waren 10 ha Deponieareal zu rekultivieren. Um ein den hohen Anforderungen gewachsenes Tieflockerungsgerät auszuwählen, wurde der vorliegende Vergleichseinsatz zwischen verschiedenen Lockerungsgeräten durchgeführt. Am Versuch beteiligten sich sowohl traktorgezogene Tiefgrubber als auch dreischarige, raupengezogene Tieflockerer. Es zeigte sich, dass zur Lockerung einer mit Bauschutt durchsetzten Auffüllung nur raupengezogene Geräte mit möglichst drei Scharen und einer Motorenleistung von über 100 kW in Frage kommen.

*Au cours de l'amélioration foncière de Niederhasli (ZH) il fallait recultiver 10 ha de décharge publique. Afin de pouvoir choisir la soussoleuse apte à remplir les hautes conditions demandées, la série d'essais ci-décrite fut entreprise. Aux essais participèrent des chisels sur tracteur ainsi que des soussoleuses sur chenilles à trois socs. Les résultats montrent que le sousolage de surfaces recomblées et parsemées de déblais, seuls des engins sur chenilles à si possible trois socs et d'une puissance de plus de 100 kW entrent en ligne de compte.*

\* Leicht gekürzte Version des Berichtes unter gleichem Titel an das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich im Rahmen der Melioration Niederhasli.

#### 1. Allgemeines

In der Melioration Niederhasli waren bei den Entwässerungsarbeiten rund 10 ha aufgefülltes Land zu rekultivieren.

Die gesamte Deponiefläche litt unter starken Stauwasservernässungen. Im sehr dicht gelagerten, zum Teil mit Bauschutt durchsetzten Boden konnten Wurzeln und Niederschläge nur bis in Pflugtiefe vordringen. Als Meliorationsmassnahme wurde eine kombinierte Drainage, d.h. eine Rohrdrainage mit nachfolgender Tieflockerung, vorgeschlagen.

Damit der Boden nach der Melioration einer landwirtschaftlichen Nutzung einigermassen genügt, sollten die dichten Bodenschichten bis in eine Tiefe von 70-80 cm aufgerissen werden. Je tiefer der Boden aufgelockert wird, desto grösser wird sein Speichervolumen, um anfallende Niederschläge aufzunehmen. Der Wurzelraum für die Pflanzen erhöht sich ebenfalls, die Versorgung mit Nährstoffen und Wasser wird ausgeglichener.

Bei der Submission der Entwässerungsarbeiten interessierten sich mehrere Unternehmer für die Tieflockerungsarbeiten. Von der Moorraupe mit dreischarigem Lockerungsgerät bis zum schweren Schlepper mit Tiefgrubber versprachen alle, eine Lockerungstiefe von 80 cm zu erreichen. Entsprechend den grossen Unterschieden bei den Lockerungsgeräten, ergaben sich auch bei den Offertsummen erhebliche Differenzen, schwankten sie doch von Fr. 800.-/ha bis Fr. 3500.-/ha.

Da die Eignung der angebotenen Geräte resp. deren Ungenügen zur Vornahme der ausgeschriebenen Arbeiten nur teilweise bekannt war, sollte die Lockerungsarbeit in Absprache mit den kantonalen und eidgenössischen Instanzen erst nach einem eingehenden Test der Geräte vergeben werden. Der Versuch konnte im Rahmen der Entwässerungsarbeiten durchgeführt und mit den analogen Ansätzen vom eidgenössischen und vom kantonalen Meliorationsamt subventioniert werden.

## 2. Ziel des Versuches

Die Abklärungen sollten einerseits die Entscheidungsgrundlagen zur Vergabe der Lockerungsarbeiten liefern und andererseits Angaben über die Möglichkeiten und Grenzen der zu testenden Geräte aufzeigen. Insbesondere sollte abgeklärt werden, welche Maschinentypen bei schweren Einsatzbedingungen wie Auffüllungen usw. eine genügende Lockerungswirkung erbringen, d. h. den Boden im Scharbereich durchgehend bis in eine Tiefe von 70–80 cm aufreissen können. Die praxisorientierte Abklärung musste schnell Resultate erbringen, es konnte demzufolge nur die Primärlockerungswirkung der Geräte untereinander verglichen werden, langfristige Beobachtungen wurden zum vornherein ausgeschlossen.

## 3. Versuchsanlage und Untersuchungsverfahren

Zum Vergleich kamen folgende Gerätetypen:

Zugfahrzeug	Gewicht (t)	Motorenleistung (kW)	Lockerungsgerät	Scharlänge (cm)	Scharabstand (cm)
Cat. D 6 C Moorraupe	15,5	103	3 Schare (Eigenkonstruktion)	100–120	100
PR 14 M Moorraupe	16	105	TLG-12 3 Schare	115	80
Raupentraktor (Eigenkonstr.)	6,5	150	1 Schar (Eigenbau)	120	–
Allradschlepper MB Trac 1500	6	117	Massey Ferguson 25 3 Schare	100	100
Allradschlepper Case 2090	3,6	88	Massey Ferguson 25 3 Schare	100	100

Für die Lockerungsgeräte wurden im Meliorationsperimeter Einsatzflächen von ca. 0,2 ha abgesteckt, die bezüglich Bodenaufbau und Topographie vergleichbare Randbedingungen aufwiesen. Die Flächen waren kreuzweise, zuerst in der Schichtenlinie, dann in der Falllinie senkrecht zu den vorgängig eingelegten Drainagen zu lockern. Um die Eignung der Geräte zur Tieflockerung zu beurteilen, dienten folgende Kriterien:

1) *Der Arbeitsfortschritt und die Arbeitsqualität*, wobei bei der Arbeitsqualität sowohl das Erscheinungsbild an der Bodenoberfläche (Unebenheiten) als auch im Untergrund (gleichmässig tiefe Lockerung) betrachtet wurde. Grosse Unterschiede in der Lockerungstiefe, vor allem verursacht durch das Anheben und Absenken der Lockerungsschare bei zu grossem Zugwiderstand, sollten vermieden werden. Denn sonst staut sich später das Sickerwasser an den stehengelassenen Bodenriegeln und bildet im Untergrund lokale Vernäsungen. Diese vermindern die Tragfähigkeit

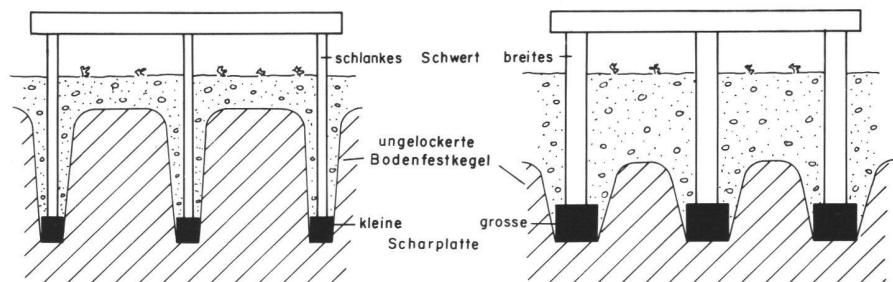


Abb. 2 Die Wirkungsweise verschiedener Scharformen.

des lockeren Bodengerüsts, und Strukturschäden sind die Folge.

2) *Die Lockerungstiefe und die Lockerungsintensität*

Die Lockerungstiefe bezieht sich auf das Niveau des ungelockerten Bodens. Die Lockerungsintensität steht einerseits für das Ausmass, wie stark der

Boden in Bröckel zerkleinert wird, und andererseits für die Lockerungswirkung in der unteren Hälfte der Schare.

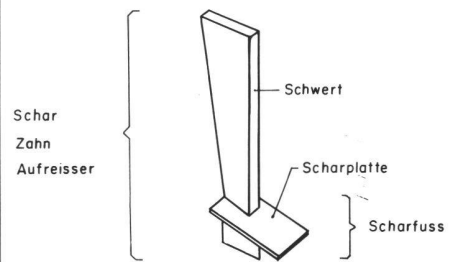


Abb. 1 Einige Begriffszuweisungen.

Die Lockerungsintensität wird vor allem beeinflusst durch die Breite der Schwertes und die Bauweise des Scharfusses. Schlanke Schare mit kleinen Scharplatten brechen den Boden nur lokal im Scharbereich auf und lassen zwischen den Scharen breite ungelockerte Festkegel stehen, wie die Abb. 2 zeigt. Breite Schare mit grossen Scharplatten verursachen einen grossen Zugwiderstand, lassen jedoch nur kleine ungelockerte Bodenkegel stehen.

## 4. Ergebnisse

Der Versuch fand im Juli bei idealen Voraussetzungen statt. Der Boden war tiefgründig abgetrocknet, so dass er sich beim Aufreissen nicht plastisch verformte, sondern gut auseinanderbrach.

### 4.1 Die Lockerung der Versuchsfelder Bulldozer Cat. D G C:

Er war vom Unternehmer mit Moorraupen und drei starren, 100 cm langen Aufreissern bestückt.



Abb. 3 Cat. D 6 C beim Lockern der Versuchsfelder.

Bei einer Lockerungstiefe von 80 cm zeigte das Zugfahrzeug besonders im ersten Durchgang sehr grosse Mühe, die Aufreisser durch den Boden zu ziehen. Oft mussten die Schare angehoben werden, da die erforderliche Zugkraft nicht auf den Boden übertragen werden konnte und die Raupen den Oberboden schälten.

Der pickelharte Boden wurde infolge der grossen Verdrängung der verhältnismässig breiten Schwerter (8 cm) intensiv aufgebrochen. Im Scharbereich war die Lockerungswirkung fast zu gross. Die Mehrheit der Bodenkrümel wies einen Durchmesser unter 1 cm auf; sie stellen bei starken Niederschlägen eine beträchtliche Verschlammungsgefahr dar. Beim zweiten Durchgang senkrecht zur ersten Lockerung war der Arbeitsfortschritt etwas besser; der Zugwiderstand jedoch oft zu gross, so dass nicht in der vollen Lockerungstiefe gefahren werden konnte.

Nach der Lockerung zeigte die Bodenoberfläche vorwiegend an den Stellen, wo Bauschutt oder grosse Blöcke zu Tage gefördert wurden, für die Bewirtschaftung störende Unebenheiten.

#### **Moorraupe PR 14 M mit Tieflockerungsaggregat TLG 12 (Stechhublockerer)**

Diese Gerätekombination wurde speziell für Tieflockerungen in der BRD entwickelt (Firma Kaelble-Gmeinder). Das Lockerungsgerät verfügt über drei 115 cm lange Schare, die einen Abstand von 80 cm aufweisen. Bei der Lockerungsarbeit führt die Scharplatte eine Stech-Hub-Bewegung aus. Das Gerät «meisselt» sich einerseits durch den Boden, und die Scharplatte wippt andererseits auf und ab. Das erzeugt einen Vibrations- und Druckeffekt auf den umgebenden Boden, so dass er leichter aufbricht und dem Gerät einen kleineren Zugwiderstand entgegengesetzt. Beim Versuchseinsatz erreichte die Maschine in Bodenpartien ohne Bauschutt bei voller Lockerungstiefe einen guten Arbeitsfortschritt. Dank der beweglichen Schare genügte die Zugkraft der Maschine. Hingegen zeigten sich in Abschnitten mit viel Bauschutt die Einsatzgrenzen des Gerätes. Das Lockerungsaggregat musste oft angehoben werden, die beweglichen Teile schienen den erhöhten Ansprüchen nur beschränkt gewachsen.

#### **Raupentruktor mit einscharigem Aufreisser**

Der vom Unternehmer im Eigenbau umgerüstete *einscharige*, bis 1,2 m Tiefe stufenlos verstellbare *Tieflockerer mit einem Raupentruktor als Zugfahrzeug* (Abb. 4) erwies sich als erstaunlich leistungsfähig. Die Tiefenregulierung des Schar wird vom Fahrer in

Abhängigkeit des Zugwiderstandes vorgenommen. Zusätzlich kann die Lockerungswirkung durch ein am Schar montiertes Streichblech von 25 cm Breite und 55 cm Länge beeinflusst werden; je nach dessen Anstellwinkel ergibt sich eine stärkere Vermischung des Unter- mit dem Oberbodenmaterial.



Abb. 4 Raupentruktor mit einscharigem Aufreisser.

Als Folge der grossen Scharplatte von 20 cm Breite und 60 cm Länge und dem zusätzlich angehängten Streichblech wurde der Boden stark aufgewühlt. Die geforderte Lockerungstiefe konnte jedoch weder im ersten noch im zweiten Durchgang erreicht werden. Obschon die Motorenleistung (150 kW) genügte, konnte die erforderliche Zugkraft wegen der recht schmalen Raupen nicht auf den Boden übertragen werden.

Nach der Lockerung zeigte der Boden grosse Unebenheiten, die mit gängigen Landwirtschaftsgeräten schwierig auszugleichen sind. Deshalb ebnet der Unternehmer den aufgerissenen Boden jeweils mit seiner Scheibenegge ein, besonders wenn zur genügenden Lockerung bei sehr dichtem Boden mehr als zwei Durchgänge erforderlich werden. Mehrfache Lockerungen ergeben kleine Wiederverdichtungen am gelockerten Erdreich. Sie sind wegen dem relativ bescheidenen Gewicht des Lockerers zumindest bei trockenem Boden vernachlässigbar.

Um mit dem einscharigen Tieflockerer die selbe Lockerungsqualität zu erreichen wie mit den vorgängig beschriebenen dreischarigen Lockerungsgeräten, wären zumindest drei Durchfahrten erforderlich.

#### **Der Allradsschlepper MB Trac 1500 mit MF Tieflockerer**

Die Gerätekombination erbrachte unter den ausgesprochen harten Einsatzbedingungen eine gute Leistung, erreichte jedoch nicht die geforderte Lockerungs-

tiefe. Infolge der schlanken Schwerter wurde der Boden nur in einem schmalen Bereich um das Schar aufgerissen. Die Zugkraft genügte in der Regel; in extrem harten Bodenpartien musste das Gerät angehoben werden.



Abb. 5 MB Trac 1500 mit MF Tieflockerer.

#### **Der Allradsschlepper Case 2090 mit MF Tieflockerer und Rabe Tieflockerer**

Der Unternehmer brachte zwei Tieflockerungsgeräte zum Einsatz. Er erreichte jedoch mit keinem der Geräte eine grössere Lockerungstiefe als 40 cm. Einerseits konnte das Lockerungsgerät nicht genügend in die Tiefe gedrückt werden, und andererseits genügte der Schlepper bei einer Zunahme des Zugwiderstandes nicht mehr. Der Rabe Tieflockerer kann für Tieflockerungen in ungestörten Böden genügen, hingegen federte er in dem mit Bauschutt durchsetzten Boden so stark, dass schon nach kurzem Einsatz eine alte Schweissstelle riss.



Abb. 6 Case 2090 mit Rabe Tieflockerer. Bei zu grossem Zugwiderstand hob sich der Schlepper mit den Vorderrädern vom Boden ab.

#### **4.2 Die Lockerungsqualität**

Infiltrationsversuche und Bodenaufgrabungen [2] dienten dazu, die Tiefe der Lockerung, deren Intensität und das erfasste Bodenvolumen festzustellen. Auf jeder Versuchsfläche wurde an einer bis zwei Stellen mit Rhodamin B eingefärbtes Wasser in eine Grube von 100 cm Länge, 30 cm Breite und 10 cm Tiefe geschüttet, direkt auf den aufgerissenen Boden, wie in Abb. 7 dargestellt.

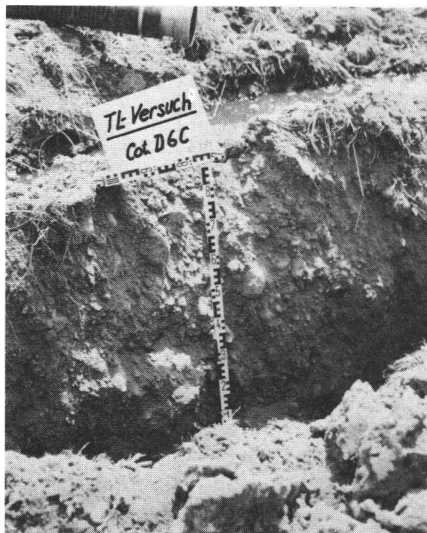


Abb. 7 Infiltrationsversuch im gelockerten Boden.

Die Infiltrationszeit und die eingefärbten und feuchten Bodenpartien gaben Auskunft über die Lockerungsintensität, die Wasserleitbahnen und allfällige Stauhorizonte.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt.

Gerät	Lockerungstiefe (cm)		Lockerungsintensität	erfasstes Bodenvolumen	Lockerungskosten (ha)
	bei Schar	zwischen Schar			
Cat. D 6 C	75	50	gross	mittel	3500.-
PR 14 M	90	70	gross	gross	3000.-
Raupentraktor	65	40	gross	mittel	5000.-*
MB Trac 1500 mit MF 25	55	30	mittel-gering	gering	800.-
Case 2090 mit MF 25 und Rabe	40	25	mittel-gering	gering	800.-

\* inkl. grobe Feldeinebnung

Das beste Lockerungsergebnis erbrachte der Stechhublockerer; die grosse Lockerungstiefe beschränkte sich jedoch auf bauschutfreie Bodenabschnitte. Die Resultate des Cat.D6 C und des Raupentraktors waren befriedigend. Der MB Trac 1500 erreichte im Scharbereich eine beachtliche Lockerungstiefe, jedoch wurde wegen der schlanken Schwerter nur ein geringes Bodenvolumen aufgerissen. Trotzdem bringt die Lockerung eine wesentliche Verbesserung, weil das Stauwasser bis in die Lockerungstiefe eindringen und von den Drainagen abgezogen werden kann.

Das Lockerungsergebnis des Case 2090 mit MF Tieflockerer war ungenügend. Die geringe Lockerungstiefe und das kleine erfasste Bodenvolumen bringt für die Pflanzen und die Bewirtschaftung keine wesentlichen Vorteile.

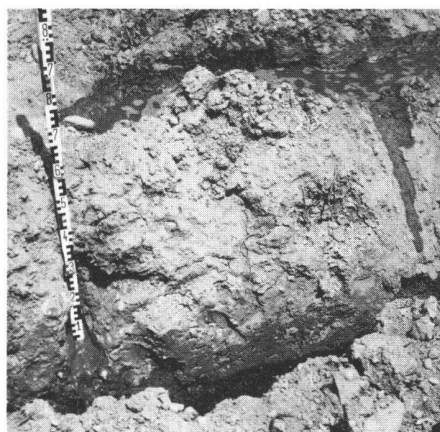
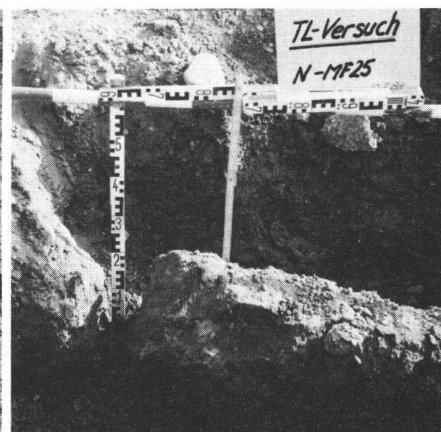


Abb. 8 Der MB Trac mit dem MF Tieflockerer liess grosse, ungelockerte Festkegel stehen.



## 5. Diskussion

### 5.1 Vergleichende Betrachtungen

Von den geprüften Geräten konnten nur die Raupenfahrzeuge angehend die geforderten Leistungen erreichen. Dabei bewährten sich die dreischarigen Geräte besser als der einscharige Raupentraktor. Sie reissen in einem Durchgang die gesamte Maschinenbreite auf, während das Gerät mit einem Schar bei gleichem Lockerungsabstand den aufgerissenen Boden befahren muss. Beim

sich deutlich der grosse Einfluss des eingesetzten Schleppers. Während der MB Trac 1500 seine Leistungsgrenze bei den gegebenen Voraussetzungen bei einer Lockerungstiefe von 55 cm erreichte, hatte der Schlepper Case 2090 schon bei einer Eindringtiefe von 40 cm grösste Mühe, den Lockerer durch den Boden zu ziehen. Das bessere Ergebnis des MB Trac kann durch seine grössere Motorenkraft, die bessere Gewichtsverteilung und durch die ebenfalls grossen Vorderräder erklärt werden. Mit einer zusätzlichen Durchfahrt um eine halbe Scharbreite versetzt könnten die in Abb. 8 dargestellten, ungelockerten Bodenfestkegel stärker aufgerissen und damit die Lockerungsqualität verbessert werden.

### 5.2 Einsatzgebiete der Geräte

Aufgrund der Versuche sieht der Autor folgende Einsatzmöglichkeiten für die verschiedenen Geräte:

*Die beiden Moorraupen D6 C und PR 14 M können zur Lockerung extrem verdichteter Böden eingesetzt werden. Sie erreichen eine Lockerungstiefe von ca. 80 cm.* Folgende Einschränkungen müssen aber beachtet werden:

- Die Moorraupe D6 C genügt von der Leistung knapp; die erforderliche Zugkraft konnte nur beschränkt auf den Boden übertragen werden. Hingegen zeigte sich das starre und äusserst stabile Lockerungsgerät den extremen Anforderungen einer Deponie mit viel Bauschutt gut gewachsen.

*Eine Verbesserung könnte mit dem gleichen Lockerungsgerät an einer stärkeren Zugmaschine erreicht werden.*

- Der Stechhublockerer stösst bei extremen Einsatzbedingungen mit Bauschutt und Blöcken an seine Einsatzgrenzen. Die beweglichen Teile sind den auftretenden Kräften nur zum Teil gewachsen. Hingegen erreicht die Maschine sehr gute Leistungen auf natürlich gelagerten Böden, wie

zweiten Durchgang erwiesen sich die grösseren Maschinen den Ansprüchen besser gewachsen. Die Moorraupe PR 14 M hatte in Abschnitten ohne Bauschutt keine Schwierigkeiten, die erforderliche Zugkraft auf den schon aufgerissenen Boden zu übertragen. Das Leistungsvermögen der Moorraupe Cat.D6 C genügte im ausgesprochen harten Boden knapp; sowohl im ersten als auch im zweiten Durchgang musste das Lockerungsaggregat zeitweise angehoben werden, weil der Zugwiderstand zu gross wurde. Mit analogen Problemen kämpfte der Raupentraktor, besonders im zweiten Durchgang bei unebener und lockerer Bodenoberfläche.

*Das Lockerungsergebnis der beiden schleppergezogenen, dreischarigen Tieflockerungsgeräte (MF 25) wies erstaunliche Unterschiede auf. Es zeigte*

auch auf Deponien mit geringem Block- und Bauschuttanteil. Durch die Stech-Hub-Wirkung der Scharplatte und den dadurch kleineren Zugkraftbedarf schafft die Maschine grosse Flächenleistungen von ca. drei ha pro Tag bei einer Lockerungstiefe von gut 80 cm.

*Der Raupentraktor mit dem stufenlos verstellbaren Schar kann ebenfalls bei harten Bedingungen eingesetzt werden.*

Hingegen sind mehr als zwei Durchgänge erforderlich, um annähernd das Lockerungsergebnis der dreischarigen Moorraupen zu erreichen. Das Gerät eignet sich weiter für Spezialzwecke:

Falls erforderlich, kann der Boden bis 1,2 m tief aufgerissen oder mit Hilfe des Streichbleches am Schar ein grosser Bodenmischeffekt erzeugt werden.

*Die schleppergezogenen Tieflockerer bieten sich für landwirtschaftliche Zwecke (Bodenverdichtungen aus Bewirtschaftung) und für schwach bis mittel verdichtete Auffüllungen an. Bei guten Bedingungen werden Lockerungstiefen von 50–60 cm erreicht, falls ein leistungsstarker Schlepper als Zugfahrzeug eingesetzt wird.*

## 6. Schlussbemerkungen

Vor jeder Tieflockerung muss neben den andern Arbeiten vor allem die erforderliche Lockerungstiefe und der Bodenaufbau erhoben werden. Damit kann bei der Ausschreibung der Gerätetyp gefordert werden, der die erforderlichen Leistungen erbringt.

Aufgrund der Versuche wurde für die eingangs erwähnte Lockerungsarbeit die Moorraupe Cat.D6 C dem eher überlegenen Stechhubblockerer vorgezogen, und zwar aus folgenden Gründen:

- Der Werkhof des betreffenden Unternehmers lag nur 10 km von der Rekultivierungsfläche entfernt. Da die Gesamtfläche von 10 ha in mehreren Losen zu lockern war, rechnete man mit tiefen Transportkosten und raschen Installationszeiten.

- Der Stechhubblockerer war im Zeitpunkt der Unternehmerwahl defekt und wegen der starken Auslastung ein Einsatz zum gewünschten Termin fraglich.

- Der gewählte Unternehmer bot mit einem grossen Maschinenpark Gewähr für Ersatzfahrzeuge bei Defekten.

Bei der Lockerung setzte der Unternehmer für das erste Los nicht mehr den Cat.D6 C ein, sondern den wesentlich leistungsstärkeren Cat.983 (32 t, 205 kW).

Dieses Gerät war den Anforderungen gut gewachsen, seine Leistung genügte, um die drei Aufreisserzähne durch den Boden zu ziehen. Als nachteilig muss das grosse Gewicht angemerkt werden. Beim zweiten Lockerungsdurchgang wurde der aufgerissene Boden im Bereich der Raupen sozusagen auf das Ausgangsniveau zusammengepresst, jedoch von den nachfolgenden Aufreissern erneut gelockert.

Beim zweiten Los war der Cat.983 wegen eines Motorschadens nicht verfügbar, statt dessen kam ein Bulldozer Cat.D7G mit ca. 150 kW Leistung und 20 t Gewicht zum Einsatz. Im



Abb.9 Cat D7G mit zwei Aufreissern im ersten Durchgang.

Gegensatz zum Trax zeigte das Gerät im ersten Lockerungsdurchgang Mühe, die drei Zähne bei voller Lockerungstiefe durch den dichten Boden zu reissen. Damit die Zugkraft ausreichte, musste der mittlere Zahn entfernt und konnte erst im zweiten Durchgang wieder eingesetzt werden.

Zum Abschluss soll noch angefügt werden, dass die Lockerung eines dichten Bodens *eine von mehreren Voraussetzungen* [3, 1] für die Verbesserung des gestörten Luft- und Wasserhaushaltes darstellt. Danach braucht es jedoch zusätzlich zu *einer angepassten Folgebewirtschaftung vor allem Zeit*, bis sich im Boden ein stabiles Gefüge aufgebaut hat. Eine unsachgemässe Bewirtschaftung nach der Lockerung, z. B. durch den Anbau von Hackfrüchten und Mais oder durch das Befahren des Bodens im nassen Zustand, kann den Stabilisierungsprozess im Boden behindern bis unterbinden.

Die Landwirte sollten mit aller Deutlichkeit darauf hingewiesen werden, dass sie bei gesamten Rekultivierungskosten von Fr. 20 000.– bis Fr. 25 000.–/ha (Drainagen, Tieflockerung und grobe Entsteinung eingerechnet) gewisse Einschränkungen in der Bewirtschaftungsfreiheit erdulden müssen, um den Erfolg des Werkes nicht zu gefährden.

### Literatur:

[1] Müller, U.: Untersuchungen über die Tieflockerung und ihre praktischen Ergebnisse zur Rekultivierung mechanisch verdichteter Böden. Schweizer Ingenieur und Architekt, 14, 324–328, 1980

[2] Müller, U.: Die Melioration staunasser Böden unter besonderer Berücksichtigung der Tieflockerung. Diss. ETHZ Nr. 7225, 1983

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

Adresse des Verfassers:  
Dr. U. Müller, dipl. Kulturing. ETH  
Ingenieurbüro Howald und Wilhelm  
CH-8157 Dielsdorf

## Korrigenda VPK Nr. 4/85 Navigation

Im Literaturverzeichnis auf Seite 122 wurden alle Beiträge aufgezählt, die bisher über Satellitengeodäsie in der Zeitschrift VPK veröffentlicht wurden. Da es dabei zu einem bedauerlichen Versehen gekommen ist, wiederholen und ergänzen wir wie folgt:

- Schürer, M.: Satellitengeodäsie. VPK 10/66.
- Schmid, H. H.: Konzeptionelle und fehlertheoretische Betrachtungen zur Erstellung eines geodätischen Welt-

systems mit Hilfe der Satellitengeodäsie. VPK 4/72.

- Rüeger, J.M.: Geodätische Ortsbestimmung mit tragbaren Doppler-Empfängern von Satellitensignalen. VPK 2/75.

- Bauersima, I.: Wissenschaftliche Problemstellung der Satellitengeodäsie. VPK 2/78.

- Dupraz, H.: La géodésie et les satellites. VPK 6/79.

- Geiger, A., Kahle, H.-G.: Zum Doppler-

verfahren in der Satellitengeodäsie: ein Überblick. VPK 6/82.

- Geiger, A., Kahle, H.-G., Reinhart, E., Rösch, K., Schödlbauer, A., Seeger, H.: Etablissement d'un réseau géodésique de premier ordre par mesures Doppler sur satellites en Côte d'Ivoire. VPK 10/84.

- Wiget, A., Geiger, A., Kahle, H.-G.: Die Doppler-Messkampagne SWISS-DOC: Ein Beitrag zur Landesvermessung in der Schweiz. VPK 2/85.