

TELMA	Band 12	Seite 135–146	6 Abb., 2 Tab.	Hannover, November 1982
-------	---------	---------------	----------------	-------------------------

## Bunkerdetiefkultur auf einem industriell teilabgetorften Hochmoor (Leegmoorkultivierung)\*)

Top-Spit Deep-Ploughing Recultivation of a Cultivated Peat-Bog Area,  
Partially Cut-Over by the Industry

von HERBERT KUNTZE und RÜDIGER BARTELS\*\*)

### ZUSAMMENFASSUNG

Leegmoorkulturen, rekultiviert aus teilabgetorften Hochmooren nach dem Verfahren der Deutschen Hochmoorkultur, tendieren mit abnehmender Bunkerdemächtigkeit zu zunehmender Staunässe. Tiefpflügen von Bunkerde und Schwarztorf zur Vertiefung der Staunässesohle brachte in einem 5-jährigen Feldversuch nicht den erwarteten Erfolg. Die Erträge nahmen besonders in nassen Jahren mit zunehmender Pflugtiefe und Versuchsdauer ab. Dieses Versagen einer neuen Rekultivierungsmaßnahme wird durch zunehmende Lagerungsdichte, zunehmenden Scherwiderstand und davon abhängig verminderter Durchlässigkeit bodenphysikalisch erklärt.

### SUMMARY

Cut-over bogs, cultivated according to the German raised-bog cultivation method, tend to become increasingly wet with decreasing thickness of the top-spit layer. It was tried to lower the damming-up horizon at the contact of the top-spit layer and the underlying black peat by deep ploughing and mixing top spit and black peat. The result of a five years' field trial was however negative. The grain yields decreased with increasing ploughing depth and with time, especially in wet years. The failure of this new recultivation method is explained by the change of soil-physical parameters: increase of bulk density and shear resistance and decrease of water permeability.

<sup>+</sup>) Vortrag gehalten auf der Arbeitstagung der Sektion 3 der DGMT vom 21.-23.6.1982 in Kempten

<sup>++</sup>) Anschrift der Verfasser: Prof.Dr.H.Kuntze, Ltd.Dir.u.Prof. u. Dr.R.Bartels, Wiss. Oberrat, Nieders.Landesamt für Bodenforschung - Bodentechnologisches Institut Bremen, 2800 Bremen, Friedrich-Missler-Str. 46-50.

1. LEEGMOORKULTUREN ALS STAUNASSE PFLANZENSTANDORTE

Eine landwirtschaftliche Folgenutzung teilabgetorfter Hochmoore mit mehr als 1,40 m Resttorfmächtigkeit bzw. ungünstiger Körnung des Liegenden ist nur nach dem Verfahren der Deutschen Hochmoorkultur möglich. Moorschutzgesetze (seit 1923), Nds. Bodenabbaugesetz (1972) und nun auch das Niedersächsische Naturschutzgesetz von 1981 sichern dafür eine ausreichende Mächtigkeit zurückgesetzter Bunkerde (50 cm) über stark zersetztem, älteren Hochmoortorf (Schwarztorf).

Bei im Mittel 6% Substanzvolumen, also einer ziemlich lockeren Lagerungsdichte nach SEGEBERG (1974) und einer mittleren Feldkapazität von 80 mm stellt die Bunkerde aus bodenphysikalischer Sicht mit 14 Vol.% Luftkapazität ein ausgezeichnetes Wurzelbett dar. Dagegen ist der Schwarztorf ebenfalls mit nur 6-7% Substanzvolumen, aber mit seiner Feldkapazität von 92-93 mm absolut luftarm und nahezu undurchlässig. Damit sind in einem Leegmoor-Profil analog den bodenhydrologischen Verhältnissen eines staunassen Mineralbodens 3 Horizonte zu unterscheiden (Abb. 1):

- 20 cm,  $A_p$ , stark zersetzter Hochmoortorf "Krumen" (H 6-7)
- 20 - 50 cm,  $S_w$ , mäßig zersetzte Bunkerde "Staunässeleiter" (H 3-4),
- 50 - 150 cm,  $S_d$ , stark zersetzter Hochmoortorf "Staukörper" (H 8-9),

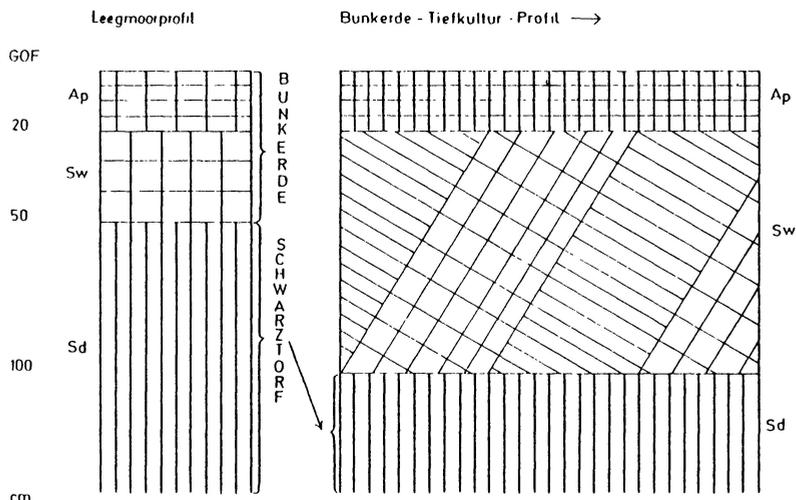


Abb. 1  
 Profil eines staunassen Leegmoores (links)  
 und einer Bunkerdetiefkultur (rechts)  
 Profile of a wet cut-over bog (left)  
 and a top-spit deep-ploughed profile (right)

Der Staunässegrad solcher Profile wird unter anderem von der Mächtigkeit des Staunässeleiters, der Bunkerdeschicht über dem Schwarztorf, bestimmt. Bei 14 Vol.% Luftkapazität sind 50 cm Bunkerde nach 70 mm Niederschlag (= Monatsniederschlag) über unzureichend gedräntem Schwarztorf total vernäßt, bereits vorher wenig trittfest und tragfähig. Eine intensive Dränung (meist Maulwurffräsdränung, 6 m Abstand) ist deshalb erforderlich.

Besonders bei ackerbaulicher Nutzung einer Leegmoorkultur ist mit schnellem Torfschwund zu rechnen. Innerhalb weniger Jahre nimmt die relativ geringmächtige Bunkerdeschicht ab, lagert außerdem dichter und der Staunässegrad nimmt zu. Derartig zur Staunässe tendierende Leegmoorkulturen werden zu Problemstandorten für die Landwirtschaft.

Das hat uns veranlaßt, bei Teilabtorfungen und landwirtschaftlicher Folgenutzung 100 cm wenig zersetzten Weisstorfs ein-schließlich Bunkerde über dem Staukörper Schwarztorf zu fordern (KUNTZE, 1973). Bei begrenzten Weißtorfvorräten stößt diese Forderung auf seiten der Torfindustrie verständlicherweise auf wenig Resonanz. In der Diskussion um verbesserte Ausgangsbedingungen der Leegmoorkulturen nach dem Verfahren der Deutschen Hochmoorkultur reifte die Idee zur Bunkerdetiefkultur, also das Vertiefen des Staunässeleiters durch Tiefpflügen und Mischen von Bunkerde mit Schwarztorf. Über das Ergebnis eines dafür angelegten mehrjährigen Feldversuches wird hier berichtet.

## 2. BESCHREIBUNG DER VERSUCHSANLAGE

Auf dem Betriebsgelände der Firma Deilmann, Sedelsberg, (TK 25 Nr. 2912, Scharrel) wurde 1975 ein 3,5 ha großes, relativ homogenes Leegmoor als Versuchsfläche ausgewählt.<sup>+)</sup>

Die Versuchsfläche entwässert in den Küstenkanal. Es ist ausreichend Vorflut vorhanden (Sohltiefe 2 m u.Fl., MW 1,50 m u.Fl.). Als Binnenentwässerung wurden im Abstand von 6 m Fräsdräne mittlerer Tiefe (1,20 m u.GOF)) angelegt.

Das Leitbodenprofil hat folgende Stratigraphie:

- 35 (65) cm Bunkerde, *Sphagnum cymbifolium*, wenig *Eriophorum vaginatum*, H 3 - 4
- 270 cm stark bis sehr stark zersetzter *Sphagnum acutifolia*-Torf mit vielen Resten von *Eriophorum vaginatum* und *Calluna vulgaris*, an der Basis Laubmoose, H 7 - 10
- > 270 cm podsolierter Feinsand

<sup>+) Der Firma Deilmann sei an dieser Stelle nochmals für die Bereitstellung der Versuchsfläche und ihre landwirtschaftliche Bearbeitung gedankt, insbesondere den Herren DIEKMANN und SCHWARTING.</sup>

Die versuchstechnische Betreuung oblag den beiden Versuchstechnikern BUTHMANN und KAYSER, Bodentechnologisches Institut Bremen, denen ebenfalls für ihre umsichtige Mitarbeit gedankt sei.

Folgende Varianten (Abb. 2) wurden 1975 angelegt (jeweils 1 ha):

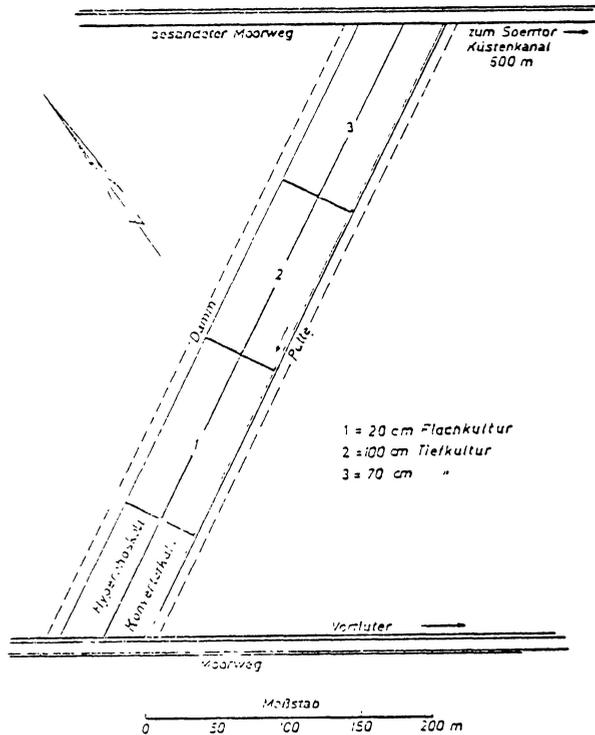


Abb. 2

Lageplan der Versuchsfläche "Bunkerdetiefkultur" bei Sedelsberg  
Plan of the field trial "top-spit deep-ploughing" at Sedelsberg

1. Flachkultur 20 cm, typisches Leegmoorprofil, im Mittel 40 cm Bunkerde,
2. Tiefkultur 70 cm, Bunkerde/Schwarztorf = 1 : 1,
3. Tiefkultur 100 cm, Bunkerde/Schwarztorf = 1 : 2.

Durch die Firma OTTOMEYER, Bad Pyrmont, wurde im Herbst 1975 tiefgepflügt. Die groben Schwarztorfschollen blieben über Winter dem Frost ausgesetzt. Im Frühjahr war der wiederholt durchgefrorene Torf mit betriebseigenem Gerät relativ leicht zu planieren.

Im Frühjahr erfolgte die Meliorationsdüngung auf 20 cm Tiefe mit

50 dt/ha	CaO
150 kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
350 kg/ha	K <sub>2</sub> O
10 kg/ha	Cu.

Zur P- und Ca-Versorgung wurden Konverterkalk bzw. Hüttenkalk + Hyperphosphat verwendet. Die laufende Ersatzdüngung wurde ein-

heitlich optimiert. Die Versuchsfläche wurde ausschließlich mit Getreide, Roggen und Hafer im Wechsel bestellt.

Die Ertragsermittlung erfolgte in 50 m<sup>2</sup>-Kleinparzellen in 4-facher Wiederholung (unechte Wiederholungen).

### 3. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Nach 6 Jahren erfolgte eine abschließende Bodenuntersuchung (HUGENBUSCH, 1981). Ermittelt wurden an 6 Profilen (je 2/Variante) in 4 Tiefen (a, b1, b2, c):

- a) K r u m e,
- b) U n t e r b o d e n,  
B u n k e r d e b a l k e n,  
S c h w a r z t o r f b a l k e n  
jeweils im o b e r e n (1) und u n t e r e n (2) Bereich  
und im
- c) U n t e r g r u n d (Schwarztorf natürlicher Lagerung)

#### 1. Felduntersuchungen:

Abscherwiderstand n. SCHAFFER (1960),  
Rohdichte, frisch, nach SEGEBERG (1964),  
Zersetzungsgrad nach v.POST (DIN 19682, Bl. 11).

#### 2. Laboruntersuchungen:

Zersetzungsgrad nach KEPPLER (DIN 15142, Bl. 2),  
Rohdichte, trocken, Aschegehalt, Substanzvolumen nach  
SEGEBERG (1964),  
gesättigte Wasserdurchlässigkeit nach HARTGE (1966).

### 4. ERGEBNISSE

#### 4.1 ERTRÄGE

Die Ertragsrelationen aus 5 Versuchsjahren (1976/80) sind in Abbildung 3 dargestellt. Mit Ausnahme des 1. Versuchsjahres (1976) ist ein gesicherter Mehrertrag nach Bunkerdetiefkultur nicht festzustellen. Hier kann ein Witterungseinfluß nicht ausgeschlossen werden. 1975 und 1976 waren atypische T r o c k e n - jahre, wie aus der nach Messungen benachbarter Meßstationen des Deutschen Wetterdienstes in Edewechterdamm und Friesoythe errechneten klimatischen Wasserbilanz hervorgeht.

Tab. 1: Klimatische Wasserbilanz (mm) Climatic water balance (mm)					
1975	1976	1977	1978	1979	1980
+ 92	- 41	+251	+275	+465	+408

In den folgenden n a s s e n Jahren (1977-80) hat die Re-kultivierungsmaßnahme offensichtlich keine Entlastung im Boden-wasserhaushalt gebracht. Das Ertragsniveau auf der unbehandelten Leegmoorkultur ist mit 30,5 dt/ha Trockenmasse, entsprechend einem Kornertrag = 35,1 dt/ha (16% H<sub>2</sub>O), unbefriedigend, für diesen Standort jedoch typisch. Mit der Niederschlagshöhe sanken die Erträge.

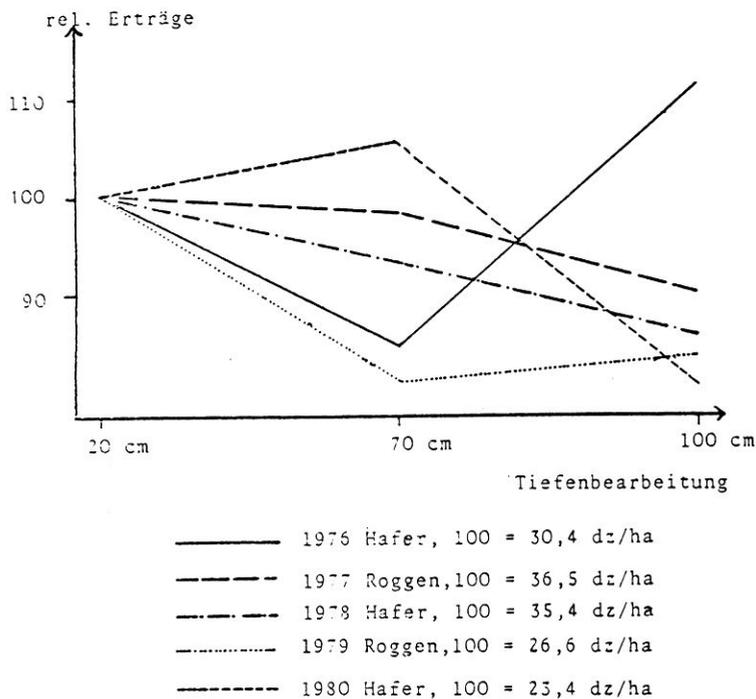


Abb. 3  
Ertragsrelationen 1976/80  
Relation of grain yields (1976/80)

#### 4.2 ABSCHERWIDERSTAND

Ergebnisse von Drehsondenmessungen ermöglichen eine relativ einfache, schnelle Aussage über die von Lagerungsdichte, Zersetzungsgrad, von Gehalt an faserigen Bestandteilen und aktuellem Wassergehalt abhängige Scherfestigkeit als Maß für den Bodenwiderstand (SCHMIDT, 1966). Diese Felduntersuchungen wurden im Herbst 1980 nach maximaler Austrocknung durchgeführt.

Als ein Beispiel ist das Ergebnis dieser Feldmessungen im Vergleich zwischen O-Variante und der 100 cm tief gepflügten Variante in Abbildung 4 dargestellt. Man erkennt, daß sowohl im Bunkerde- als auch im Schwarztorfbalken mit der Tiefe zunehmend die Abscherwiderstände gegenüber dem nicht tiefgepflügten Leegmoorprofil zunehmen. Wenn unabhängig vom Zersetzungsgrad im tiefgepflügten Profil die Abscherwiderstände stärker zunehmen als im Leegmoorprofil, ist eine erhöhte Lagerungsdichte der besser entwässerbaren Bunkerdetiefkultur daraus abzuleiten.

Zwei Maxima zeichnen sich im tiefgepflügten Profil ab: Unmittelbar unter der flachen Krume und in 60 cm Tiefe. Erstere ist Ergebnis der verdichtenden Wirkung schwerer Geräte, die auch im nicht tiefgepflügten Leegmoorprofil zu erkennen ist.

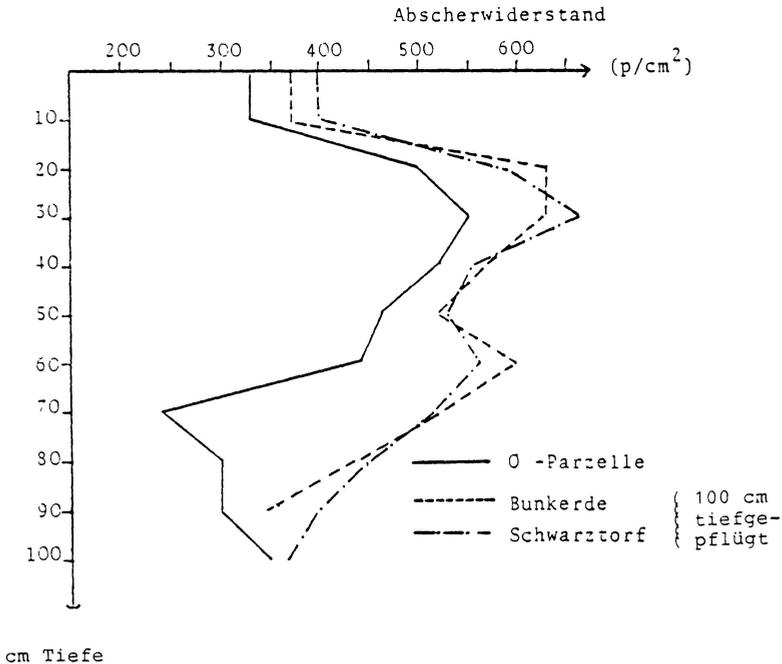


Abb. 4

Abscherwiderstand in unterschiedlich rekultivierten Leegmoorprofilen  
 Shear resistance of different recultivated cut-over bog profiles

#### 4.3 WASSERLEITFÄHIGKEIT

Die Wasserdurchlässigkeit ist ein integraler Gefügekennwert. Die mittels Haubenpermeameter und 250 cm<sup>3</sup> Stechringen in 10-facher Wiederholung nach HARTGE (1966) bestimmten  $k_f$ -Werte weisen eine starke Streuung auf. Nach Varianzanalyse der  $\log k_f$ -Werte liegt jedoch eine ausreichende Normalverteilung vor.

Nach Abbildung 5 hat das Leegmoorprofil nur in der Krume eine hohe Durchlässigkeit ( $\sim 100$  cm/d), mit der Tiefe nimmt diese ab. Im  $S_d$ -Horizont (Bunkerde) beträgt sie noch ca. 70 cm/d, während im  $S_d^w$ -Horizont (Schwarztorf) nur eine geringe Durchlässigkeit ( $< 10$  cm/d) nach dieser Methode festgestellt werden kann. 6 Jahre nach dem Tiefpflügen ist beim Prüfglied 2 sowohl in der Bunkerde als auch besonders im steilgestellten Schwarztorf eine verringerte Durchlässigkeit festzustellen, die statistisch jedoch nicht abzusichern ist. Nimmt man eine Häufigkeitsanalyse nach Durchlässigkeitsklassen vor, so erkennt man, wie mit zunehmender Bearbeitungstiefe das Maximum der Durchlässigkeit des Schwarztorfes sich um jeweils eine Klasse nach den höheren Werten verschiebt (Abb. 6). Die Häufigkeitsverteilung der Meß-

daten der Bunkererde bleibt hingegen von der Untersuchungstiefe praktisch unbeeinflusst.

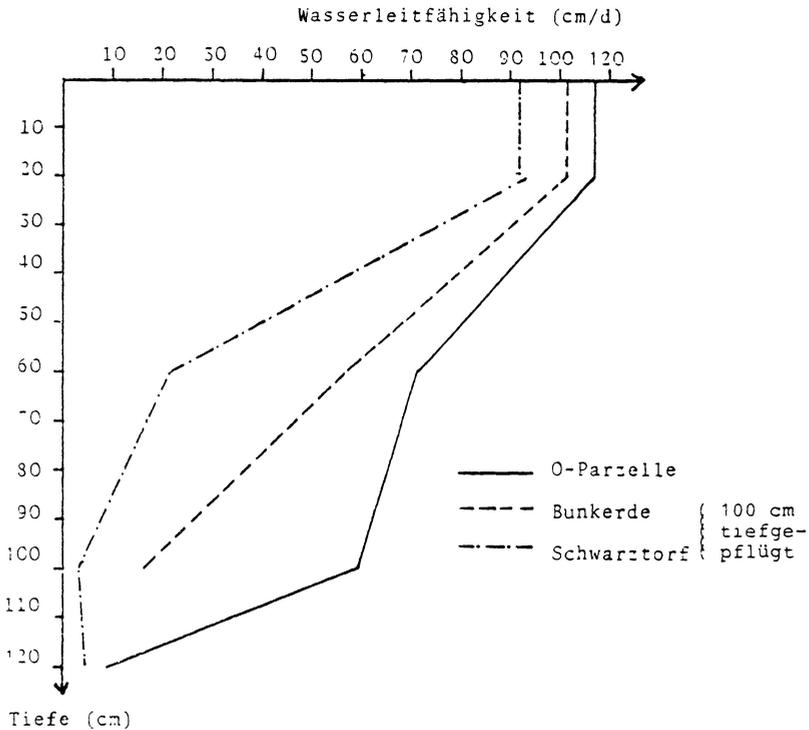


Abb. 5

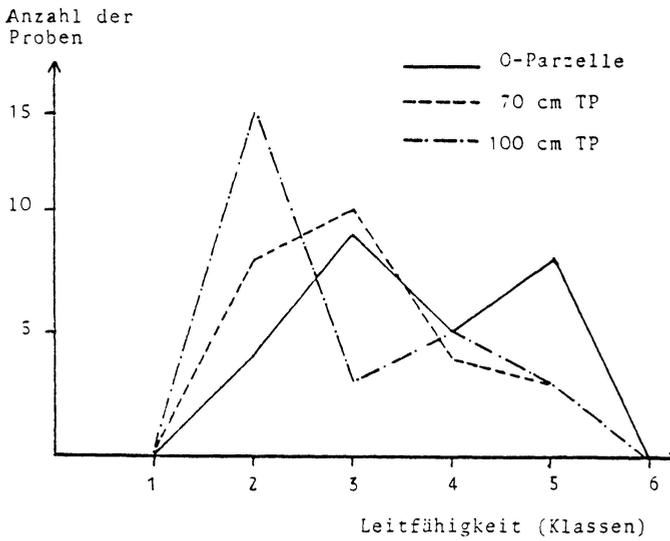
Gesättigte Leitfähigkeit ( $k_f$ ) in unterschiedlich rekultivierten Leegmoorprofilen

Water permeability ( $k_f$ ) of different recultivated cut-over bog profiles

#### 4.4 RELATIVE LAGERUNGSDICHTE

Moorböden haben im Vergleich zu Mineralböden ein sehr geringes Substanzvolumen. Es drückt die relative Lagerungsdichte aus (s. auch DIN 19683, Bl. 9). Mit 6-7% Substanzvolumen waren sowohl die Bunkererde ( $S_w$ ) als auch der Schwarztorf in natürlicher Lagerung ( $S_d$ ) im Ausgangsprofil als "ziemlich locker" zu bezeichnen. Nach der Maßnahme "Tiefpflügen" hat das Substanzvolumen beider Komponenten auf über 9% im Unterboden zugenommen. Damit ist eine "ziemlich dichte" Lagerung erreicht. Nach Tabelle 2 sind diese Unterschiede statistisch sehr gut abzusichern:

## a) Schwarztorf



## b) Bunkerde

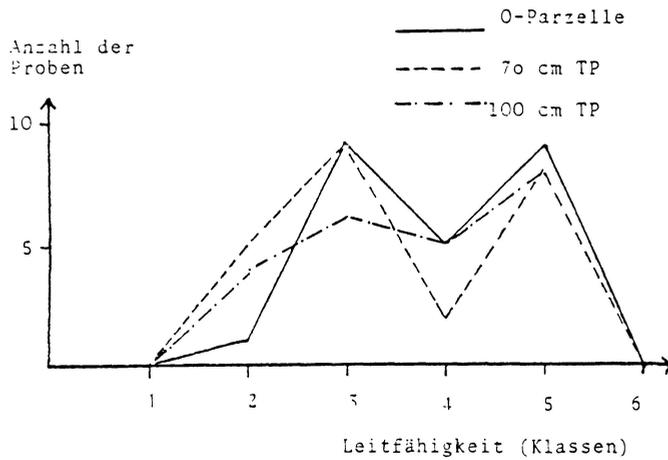


Abb. 6

Häufigkeitsverteilung der Wasserdurchlässigkeit im Schwarztorf (a) und in der Bunkerde (b) unterschiedlich rekultivierter Leegmoore  
 Frequency distribution of the water permeability ( $k_f$ ) of black peat (a) and top spit (b) from different recultivated cut-over bog profiles

Tab. 2: Varianzanalytischer Vergleich der Lagerungsdichte im Unterboden eines unterschiedlich tiefgepflügten (TP) Leegmoores mit den Ausgangstorfen  
 Variance analytical comparison of the subsoil bulk density of different recultivated cut-over bog profiles with the original peats.

Bunkerde:	70 cm TP	100 cm TP	Bunkerde
SV Vol. %	9,33	9,32	6,56
Differenz	2,77 <sup>xx</sup>	2,76 <sup>xx</sup>	
GD <sub>5%</sub> <sup>x</sup>	0,89	1,49	
GD <sub>1%</sub> <sup>x</sup>	1,24	2,07	
Schwarztorf:	70 cm TP	100 cm TP	Schwarztorf
SV Vol. %	9,05	7,20	6,56
Differenz	2,49 <sup>xx</sup>	0,64	
GD <sub>5%</sub> <sup>x</sup>	1,08	keine Sig-	
GD <sub>1%</sub> <sup>xx</sup>	1,5	nifikanz	

## 5. DISKUSSION

Von der Überlegung ausgehend, daß mit der Mächtigkeit der Bunkerdeschicht über dem wasserstauenden Schwarztorf der nachhaltige Nutzwert eines nach dem Verfahren der Deutschen Hochmoorkultur rekultivierten Leegmoores steigt, wurden in 5 Versuchsjahren die Möglichkeiten der Vertiefung des Staunässeleiters durch unterschiedlich tiefes Einpflügen und Vermischen der Bunkerde mit Schwarztorf geprüft. Bereits der durch überwiegend nasse Jahre mit zunehmender Pflugtiefe nachlassende Ertrag ließ das Fehlschlagen dieser Bemühungen um eine Standortsverbesserung erkennen. Es ist nicht auszuschließen, daß die vor dem Tiefpflügen angelegte Maulwurffräsdränung (1,2 m Tiefe) anschließend teilweise zerstört wurde. Eine Nachdränung ist deshalb erfolgt. Durch die tiefe Bodenbearbeitung wurden die zur Aufnahme überschüssigen Niederschlagswassers notwendigen Fräschlitze mit Sicherheit beseitigt. Die Tragfähigkeit auf den tiefgepflügten Varianten wurde verschlechtert, damit verzögerten sich die termingerechte Bestellung und die Pflegearbeiten.

Die Ursachen der mißlungenen Melioration galt es nun durch gezielte bodenphysikalische Untersuchungen festzustellen. Wie auch NIELSEN (zit. b. NJÖS, 1978) feststellte, kann die relativ geringe Durchlässigkeit stärker zersetzter Torfe natürlicher Lagerung nach Bearbeitung zur Undurchlässigkeit führen. Bei hohem Wollgrasanteil im Torf wird besonders bei Stechringproben oft eine zu hohe Durchlässigkeit vorgetäuscht. Vor allem die Schwarztorfkomponente ist der Häufigkeitsverteilung nach durch das Tiefpflügen nach 6 Jahren in der Durchlässigkeit um 1-2 Klassen verschlechtert worden. Da in der Bunkerde ein Einfluß natürlicher Lagerung nicht mehr vorliegt, konnte auch eine entsprechende Verschlechterung der Durchlässigkeit in der

Häufigkeitsanalyse nicht festgestellt werden.

Zwischen relativer Lagerungsdichte (Substanzvolumen) und Durchlässigkeit der Torfe besteht nach BADEN u. EGGELSMANN (1963) eine negative Korrelation. Mit der zunehmenden relativen Lagerungsdichte nimmt bei Torfen natürlicher Lagerung die Durchlässigkeit ab. Dies konnte mit  $r = -0,52$  für den ungestörten Schwarztorf im Untergrund der Leegmoorprofile annähernd bestätigt werden.

In den + gemischten Unterbodenschichten, wo relativ lockere Bunkerdebalken (zur Dränung) neben relativ dichte Schwarztorfbalken (zur Wasserspeicherung (?)) schräggestellt sind, konnte diese negative Korrelation nicht festgestellt werden. Es wurden im Gegenteil schwach positive Korrelationskoeffizienten zwischen Substanzvolumen und  $k_f$ -Wert ermittelt (im Krumenbereich  $r = 0,31$ , im Bunkerdebalken  $r = 0,28$ , im Schwarztorfbalken  $r = 0,37$ ). Im Mittel hat das Substanzvolumen durch die Tiefkulturmaßnahme zugenommen. Gleichzeitig kommt es zu einer Porenverteilung, die neben Bereichen erhöhter Lagerungsdichte auch genügend grobe Hohlräume für eine partiell höhere Durchlässigkeit aufweist.

Die erhöhte Lagerungsdichte im Lockerungsbereich wurde auch durch Abscherwiderstandsmessungen bestätigt. Tiefgepflügte Böden sind setzungs- und verdichtungsanfällig. Auch die veränderte Lagerungsrichtung der Torffasern kann einen erhöhten Scherwiderstand bedingen. Es besteht eine positive Korrelation zwischen Substanzvolumen und Scherwiderstand (Krume  $r = 0,58$ , Bunkerdebalken  $r = 0,52$ , Schwarztorfbalken  $r = 0,63$ , Schwarztorf natürlicher Lagerung  $r = 0,49$ ). Es besteht eine negative Abhängigkeit zwischen Wassergehalt und Scherwiderstand, die mit zunehmender Lagerungsdichte und Zersetzungsgrad immer enger wird (Krume  $r = -0,13$ , Bunkerdebalken  $r = -0,41$ , Schwarztorfbalken  $r = -0,72$ , Schwarztorf, natürlicher Lagerung  $r = -0,92$ ). Dieses Ergebnis deckt sich mit Messungen von HANRAHN (1954), SCHMIDT (1966), EGGELSMANN (1977) und NJÖS (1978).

Ein statistischer Zusammenhang zwischen Scherwiderstand und Wasserdurchlässigkeit konnte nicht nachgewiesen werden.

Die bodenphysikalischen Messungen haben insgesamt eine Verschlechterung wichtiger Kenngrößen des Wasserhaushalts und des Bodenverbandes nach Tiefumbruch eines Leegmoors aufgezeigt, die zusammen mit einer gleichzeitig nicht mehr voll funktionsfähigen Maulwurfsdränung Bewirtschaftungserschwernisse und Mindererträge erklären helfen. Die Bunkerdetiefkultur hat die an sie gestellten Erwartungen nicht erfüllt. Die relativ schnell durch Sackung und Torfschwund degenerierenden Leegmoorkulturen aus teilabgetorften Mooren bleiben mit 50 cm und weniger Bunkererde nachhaltig nicht sicher landwirtschaftlich nutzbar. Wo möglich sollte die Teilabtorfung weniger als 1,4 m Resttorflagen hinterlassen, um so bei entsprechend günstiger Körnung im Liegenden ertragssichere Standorte als Deutsche Sandmischkultu-

turen für eine landwirtschaftliche Folgenutzung zu ermöglichen. Leegmoore größerer Moormächtigkeit können dagegen nur als extensiv nutzbares Grünland oder schließlich als potentielle Regenerationsstandorte betrachtet werden.

## 6. LITERATUR

- BADEN, W. u. EGGELSMANN, R. (1963): Zur Durchlässigkeit der Moorböden.- Z.f.Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 4 : 226-254, Berlin.
- EGGELSMANN, R. (1977): Bodenkundlich-hydrologische Feldmethoden und deren Aussagewert für die Wasserwirtschaft, Bodenkultur und Landschaftspflege in Niederungsgebieten.- Geol.Jb., Reihe F : 57-78, Hannover.
- HANRAHN, E.J. (1954): An investigation of some physical properties of peat.- Geotechnique 4 : 108-123, London.
- HARTGE, K.H. (1966): Ein Haubenpermeameter zum schnellen Durchmessen zahlreicher Stechzylinderproben.- Z.f.Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 7 : 153-163, Berlin.
- HUGENBUSCH, EVA-MARIA (1981): Bodentechnologische Untersuchungen zur Bunkererde-Tiefkultur in einem Leegmoor.- Dipl.Arbeit Universität Göttingen, 49 S., 8 Abb., 11 Tab., Göttingen.
- KUNTZE, H. (1973): Abtorfung - Rekultivierung oder Regeneration? - TELMA, 3 : 289-299, Hannover.
- NJÖS, A. (1978): Physical Properties of Peats and their Importance in Cultivated Peatlands.- Int.Symp.Com.III Proceedings, Brumundal 1978, 43-71, Brumundal.
- SCHAFFER, H. (1960): Eine Methode zur Abscherwiderstandsmessung in Ackerböden zur Beurteilung ihrer Strukturfestigkeit im Felde.- Landw.Forsch., 13 : 24-36, Frankfurt.
- SCHMIDT, W. (1966): Über die Scherfestigkeit der Torfe und Mudden.- Z.Landeskultur, 7 : 179-201, Berlin.
- SEGEBERG, H. (1964): Zur Bestimmung der Lagerungsdichten (Vol. %) der festen Substanz von Moor- und Anmoorböden.- Z.f.Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 5 : 40-54, Berlin.

Manuskript eingegangen am 8.6.1982