

Dränbemessung im Moor nach Tiefe, Abstand und Art

VON RUDOLF EGGELSMANN *)

Zusammenfassung: Neue Erkenntnisse der Bodenkunde, Kulturtechnik und Drän-technologie ergaben während der letzten beiden Jahrzehnte für die Moordränung wichtige neue Hinweise. Es sind dies:

- 1) Vorausberechnung der zu erwartenden Moorsackung;
- 2) Berücksichtigung der Oberflächen- und Dränsackung bei der Bestimmung der Dräntiefe;
- 3) Zusammenhang zwischen Moorsackung — Durchlässigkeitsabnahme — Dränabstand;
- 4) Rohrdränung mit Grabenaushub oder grabenloser Verlegung;
- 5) Maulwurf-Fräsdränung, -Schnittdränung und -Preßdränung;
- 6) Tonrohr und PVC-Dränrohr im Moor;
- 7) Sicherung der Dränrohre im Moor;
- 8) Dränfilter im Moor.

Summary: In the both last decades new findings of soil science, agricultural engineering and drain technology gave important new references for peat drainage. There are:

- 1) predestination of peat subsidence,
- 2) consideration of surface subsidence and drain subsidence by the determination of the drain depth,
- 3) coherency between subsidence — permeability reduction — drain spacing,
- 4) tile drainage with and without subsoil drain ditch machine,
- 5) mole drainage of different kind,
- 6) clay tile and plastic drain pipe in peats,
- 7) securing of pipe location in peats,
- 8) drain filter in peats.

*) Anschrift des Verfassers: R. EGGELSMANN, Wiss. Rat im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, 28 Bremen, Friedrich-Mißler-Straße 46/48.

1. Einleitung

Die Dränung allgemein und im besonderen die der Moorböden hat sich in den vergangenen Jahrzehnten ständig verändert und weiter entwickelt. Dabei wurden nicht nur in der Technologie, sondern im gleichhohen Maße auch in der Bodenkunde und Kulturtechnik neue Erkenntnisse gewonnen. Über sie wird hier zusammengefaßt berichtet und daraus kurze Hinweise für die Dränpraxis im Moor abgeleitet. Dies erscheint notwendig, denn gerade die letzten Jahre haben gezeigt, daß als Abschluß vieler wasserwirtschaftlicher Maßnahmen sowie im Rahmen von Flurbereinigungen, aber auch vom landwirtschaftlichen Betrieb aus die Dränung von Moorflächen erheblich zugenommen hat. Die Tendenz scheint — wohl beeinflusst durch die starke Mechanisierung der Bodennutzung — eher anzuhalten, denn abzufallen. Am Rande sei erwähnt, daß fast ausschließlich schon mehr oder weniger lange als Grünland genutzte Moorflächen gedränt werden. Neue Entwässerungen und Kultivierungen von bislang noch nicht landwirtschaftlich genutzten Mooren gibt es schon seit Jahren kaum mehr. Unberührte Moore sollen künftig im Rahmen des Natur- und Landschaftsschutzes erhalten werden.

Soweit Moorgrünland durch Dränung verbessert werden soll, müssen die kulturtechnisch-wasserwirtschaftlichen Vorarbeiten die Besonderheiten des Moorstandortes entsprechend berücksichtigen. Das gilt vor allem für das Relief des mineralischen Untergrundes, für die Moorstratigraphie und für die zu erwartenden Höhenveränderungen (BADEN & EGGELSMANN, 1958).

2. Moorsackung

2.1 Allgemeines

Es ist eine bekannte Tatsache, daß im entwässerten Moor die Mooroberfläche sich senkt; damit einher geht eine entsprechende Konsolidierung des Moorbodens.

Die das Moor aufbauenden Torfe besitzen — im Gegensatz zu Mineralböden — kein stabiles Stützgerüst. Alle Torfe weisen vielmehr ein äußerst labiles, faserig-schwammiges Gefüge auf, bestehend aus 3—20 Volumenprozent fester Substanz. Der Porenraum von analog 97—80 Vol.-% ist im nicht entwässerten Zustand nahezu vollständig wassererfüllt. Das Porensystem der Torfe ist primär je nach Torfart, Zersetzungsgrad und Mineralstoffgehalt recht verschiedenartig in Makro-, Meso- und Mikroporen untergliedert.

Wird nun ein Moor entwässert, so ändert sich das Gefüge des Torfes. Die bisher wassererfüllten Makroporen werden entleert und nachfolgend zusammengedrückt. Ihr Anteil am Gesamtporenvolumen nimmt entsprechend ab, der von Meso- und Mikroporen steigt an; parallel dazu wird auch das Substanzvolumen größer. Dadurch verringert sich gleichlaufend wiederum die bisher vorwiegend von den Makroporen abhängige Durchlässigkeit für Wasser und Luft. Diese durch die Entwässerung ausgelöste Bodendynamik hört praktisch kaum mehr auf, sie ist als Moorsackung seit langem bekannt.

In Abb. 1 sind als Ordinaten die bodenmechanischen Zusammenhänge über der Abszisse als Entwässerungszeit graphisch wiedergegeben. Sie gelten generell für alle Torfe, lediglich die Größenordnung der einzelnen Faktoren und das Ausmaß ihrer gegenseitigen Beeinflussung ist variabel.

Zeitlicher Einfluß der Entwässerung im Moor auf Gefüge, Sackung und Durchlässigkeit

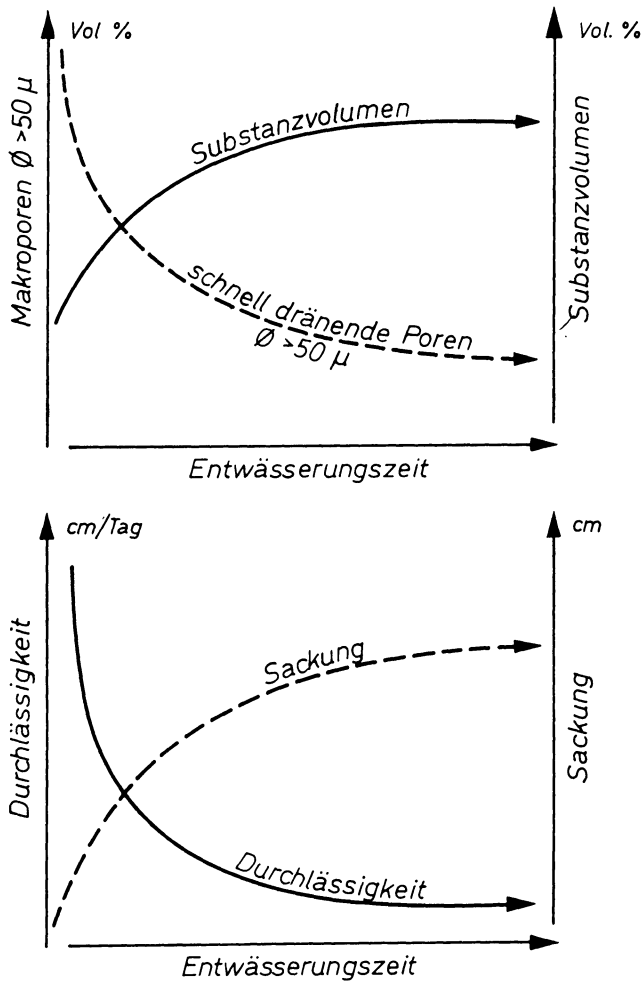


Abb. 1: Zeitlicher Einfluß der Entwässerung im Moor auf Gefüge, Sackung und Durchlässigkeit der Torfe.

Fig. 1: Temporal influence of drainage in peat on soil structure, subsidence and permeability of peats.

2.2 Sackung der Mooroberfläche

Seit mehr als zwei Jahrzehnten wird von uns (SEGEBERG, 1951) die nach Entwässerung im Moor zu erwartende Sackung nach der empirischen Sackungsformel von HALLAKORPI-SEGEBERG größenordnungsmäßig vorausberechnet. Sie lautet $S = a (0,080 T + 0,066)$, worin bedeuten $S =$ Sackung, $T =$ Moortiefe (beides in m) und $a =$ Faktor der Lagerungsdichte. Zwischen Lagerungsdichte und Substanzvolumen der Torfe sowie Sackungsformel ergeben sich die in Tab. 1 genannten Zusammenhänge.

Tabella 1: Beziehung zwischen Lagerungsdichte und Substanzvolumen der Torfe sowie empirischer Sackungsformel nach SEGEBERG (1960)

relative Lagerungsdichte der Torfe	Substanz-Vol. % der Torfe	Faktor a der Formel	Sackungsformel
fast schwimmend	< 3	4,0	$S = 0,32 T + 0,26$
locker	3 — 4,9	2,85	$S = 0,23 T + 0,18$
zieml. locker	5 — 7,4	2,0	$S = 0,16 T + 0,13$
zieml. dicht	7,5 — 12	1,4	$S = 0,11 T + 0,10$
dicht	> 12	1,0	$S = 0,08 T + 0,07$

Tabella 1: Relationship between relative peat density and solid matter content of peat and empirical formula of subsidence by SEGEBERG (1960).

Der wechselnde physikalische Zustand der Torfe findet in dem analytisch bestimmten Substanzvolumen eine für praktische Zwecke befriedigende Festlegung, so daß danach die jeweilige Sackungsformel gewählt werden kann. Alle Sackungsformeln sind graphisch in Abb. 2 wiedergegeben.

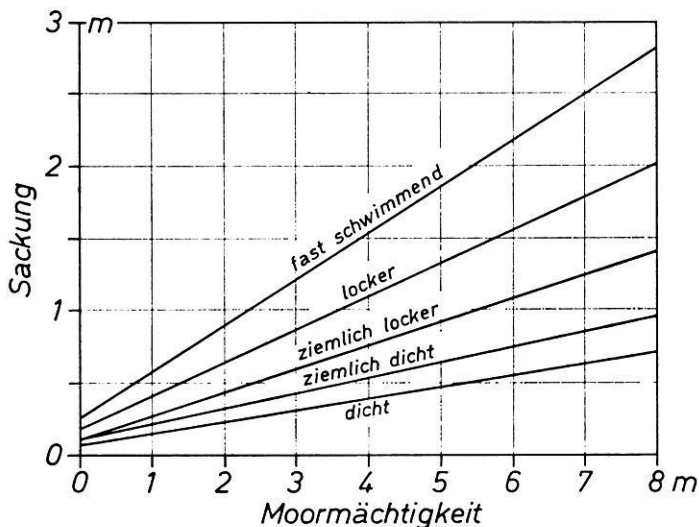


Abb. 2: Sackung in Abhängigkeit von Moormächtigkeit und relativer Lagerungsdichte der Torfe nach HALLAKORPI-SEGEBERG.

Fig. 2: Subsidence depending on peat layer thick and relative peat density by HALLAKORPI-SEGEBERG.

Bei Moorprofilen mit geschichteten Torfen wechselnder relativer Lagerungsdichte sind die Schichtsackungen schrittweise zu bestimmen. Da die (empirische) Formel sich auf gemessene Oberflächen-sackungen stützt, müssen Schichtsackungen tieferer Torflagen stets als Differenz aus Oberflächen- minus Teilsackung der darüber liegenden Schicht ermittelt werden. Das nachstehende Beispiel veranschaulicht den Rechengang, der sich auch aus dem Gebrauch des Diagramms (Abb. 2) ergibt. Die Summe der Schichtsackungen stellt dann die Gesamtsackung der Mooberfläche dar.

- a) 0 —1,5 m; ziempl. dicht; $S = 0,11 \cdot 1,5 + 0,10 = 0,27$ m
 b) 1,5—3,0 m; ziempl. locker; $S = (0,16 \cdot 3,0 + 0,13) - (0,16 \cdot 1,5 + 0,13) = 0,24$ m
 c) 3,0—5,0 m; locker; $S = (0,23 \cdot 5,0 + 0,18) - (0,23 \cdot 3,0 + 0,18) = 0,46$ m
- Gesamtsackung = 0,97 m

Ogleich die Sackungen auf Zentimeter genau errechnet werden, können sie die zu erwartenden Moorsackungen nur größenordnungsmaßig angeben. Die in der Praxis tatsächlich auftretenden Sackungen können von diesen Ergebnissen um $\pm 25\%$ abweichen.

Die vorausberechneten Moorsackungen gelten für eine Grundwasserabsenkung auf 1,1 m, d. h. für eine Entwässerung auf normale Dräntiefe. Wird das Grundwasser um b m weniger oder mehr abgesenkt, so vermindert oder vergrößert sich die vorausberechnete Moorsackung proportional etwa nach der Formel:

$$S' = S_x \frac{1,1 \mp b}{1,1}$$

Nicht erfaßt in den Moorsackungen sind ggf. zu erwartende Höhenverluste infolge Planierung, Rodung, Abtorfung o. ä. Diese müssen den örtlichen Verhältnissen entsprechend veranschlagt werden.

Des weiteren ist als spätere Nutzungsform Grünland unterstellt. Werden Moorflächen langjährig geackert, so kann für jedes Jahr der Ackernutzung im humiden Klima ein zusätzlicher Höhenverlust infolge Humus-(Torf-)schwund durch Oxydation von etwa 1 cm für Hochmoor und von rund 2 cm für Niedermoor erwartet werden (EGGELSMANN, 1960, a).

Bei vielen Mooren konnte die so vorausberechnete Moorsackung mit der nach Entwässerung tatsächlich eingetretenen, gemessenen Moorsackung verglichen werden. Sie stimmen größenordnungsmäßig gut überein.

2.3 Dränsackung

Wasserentzug vermindert den Auftrieb und vergrößert dadurch den Druck der oberen durch die Entwässerung spezifisch schwerer werdenden Torfschichten auf die unteren. Im tiefgründigen Moor senkt sich nach einer Entwässerung daher nicht nur die Mooberfläche, sondern es sacken alle Torfschichten, wie Abb. 3 darlegt.

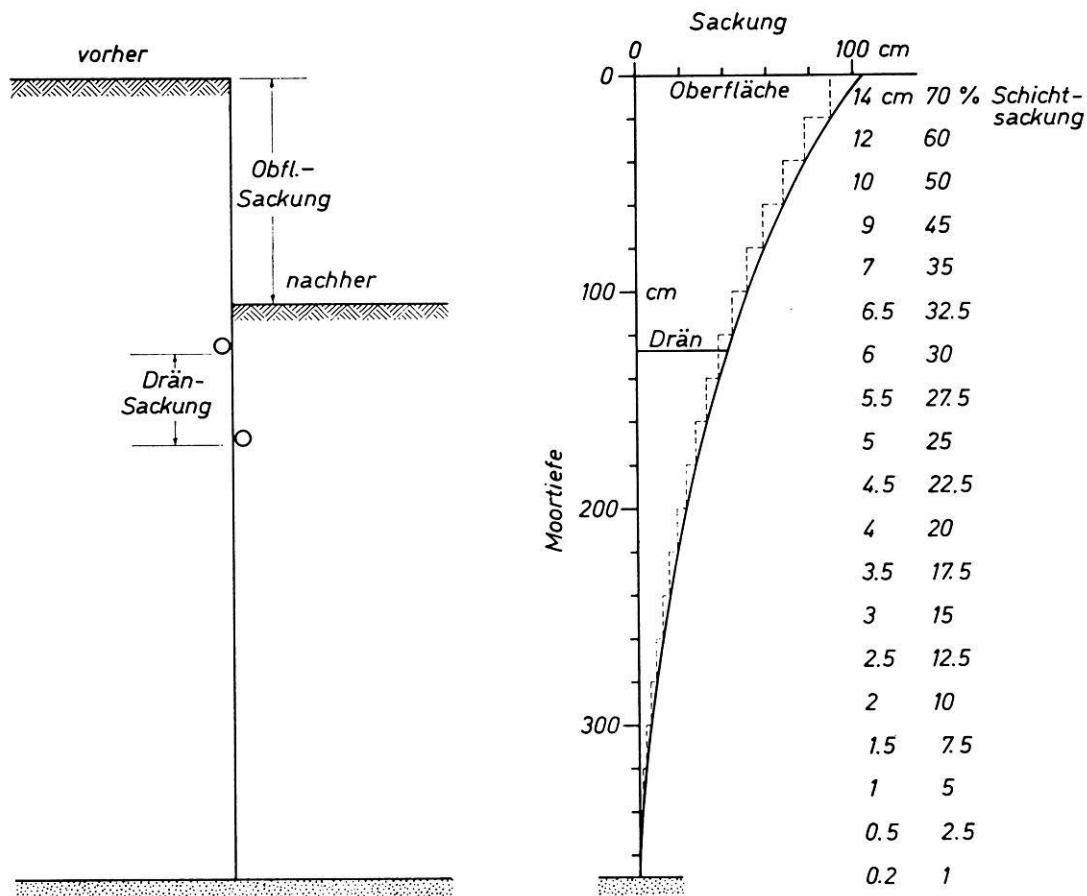


Abb. 3: Oberflächen- und Dränsackung und daraus abgeleitete Schicht-sackungen im Königsmoor nach 4 1/2 Jahrzehnten Entwässerung.

Fig. 3: Surface, drain and stratum subsidence after 4,5 decades of drainage at Koenigsmoor.

Sie gibt die in der Versuchswirtschaft Königsmoor bei Tostedt/Hann. nach 4 1/2 Jahrzehnten wirksamer Entwässerung gemessene Oberflächen- und Dränsackung für Moorgrünland wieder. Die daraus abgeleitete Sackungskurve ist praktisch eine Summenlinie, die jeweils die summierten Schicht-sackungen für alle darunter liegenden Schichten wiedergibt. Die aus der Sackungslinie entnommenen Einzelsackungen zeigen — in % der ursprünglichen Schichtstärken ausgedrückt — die kontinuierlich mit der Tiefe abnehmenden Schicht-sackungen an (EGGELSMANN, 1960, b).

Die obersten Torfschichten sacken am stärksten, hier tritt auch der größte Wasserentzug ein; hinzu kommt der Einfluß durch die Nutzungsmaßnahmen (Druckverstärkung). Da nun die Schicht-sackungen oberhalb der Drän- und Grabensohlen größer sind als unterhalb, verringern sich die Drän- und Grabentiefen gegenüber den Ausgangswerten (Dräntiefenverlust). Für die Projektierung und Ausführung interessieren daher besonders die erforderlichen Übertiefen, damit nach Ablauf der Sackungen die sollmäßigen Einschnittstiefen weitgehend verbleiben. In Abhängigkeit von der Lagerungsdichte der Torfe oberhalb der Drän- und Grabensohlen ergeben sich in Anlehnung an SEGERBERG (1960) die in Tab. 2 verzeichneten prozentualen Zuschläge zu den erwünschten Drän- oder Grabentiefen.

Tabelle 2: Zuschläge in % zu den erwünschten Drän- oder Grabentiefen in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte der Torfe

relative Lagerungsdichte der Torfe	Erwünschte Sohlentiefe t_n nach der Sackung					
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8 m
			prozentuale Zuschläge			
dicht	10	12	14	16	18	20
zieml. dicht	15	17	20	23	25	28
zieml. locker	21	26	30	34	38	42
locker	31	38	45	51	58	65
fast schwimmend			keine Rohrdränung			

Tabelle 2: Addition % for desired depths of drains depending on relative peat density.

Aus den Werten von Tab. 2 zeigt sich, daß schon bei lockerer und erst recht bei fast schwimmender Lagerungsdichte der Torfe sich eine Rohrdränung verbietet, da die notwendigen Anfangs-Dräntiefen in einem Arbeitsgang nicht erreicht werden können. In Handarbeit wurde in solchem Fall früher der Drängraben schrittweise vertieft und erst nach 4- bis 6jähriger Vorentwässerung wurden die Rohre verlegt.

3. Dräntiefe

Die Dräntiefe im Moor sollte bei stark durchlässigen Torfen im Mittel 1,2 m, bei schwach durchlässigen 0,9—1,0 m betragen. Unterschiede im Hinblick auf die Nutzungsart sollten nicht mehr gemacht werden, da das Moor — von Sandmischkulturen *) abgesehen — heute kaum mehr als Acker genutzt wird. An die Tragfähigkeit des Grünlandes auf Moor werden heute hohe Anforderungen gestellt, einerseits im Hinblick auf die vollmechanisierte Heu- und Silagegewinnung und andererseits wegen des dichten Viehbesatzes auf der Weide. Mangelnde Vorflut ist kein Grund, die Dräntiefen zu verringern; ein solcher Kompromiß zahlt sich im allgemeinen nicht aus, da dann schon geringe Sackungen genügen, um den Dränerfolg zunichte zu machen.

Die gewählten Dräntiefen sind um die Zuschläge nach Tab. 2 zu vergrößern, um dadurch den Dräntiefenverlust infolge Sackung auszugleichen.

4. Dränabstand

4.1 Rohrdränung

Rohrdräne sind im Moor nur dann empfehlenswert, wenn die Torfe noch ausreichend durchlässig sind und bleiben; d. h. bei k_f -Werten $\geq 0,1$ m/Tag. Diese Moore kann man im weiteren Sinne zu den Grundwasserböden zählen. Die erforderlichen Abstände von Rohrdränen können dafür generell nach der Durchlässigkeit des Bodens bemessen werden. Diese kann auch im Moor im allgemeinen mit ausreichender Genauigkeit im Felde mittels der Bohrlochmethode bestimmt werden (van BEERS, 1962). Die Dränabstände können dann auf der Grundlage eines stationären Strömungszustandes nach der Durchlässigkeit berechnet werden (EGGELSMANN, 1965; EYLERS, 1968; MÜLLER, 1965, 1967, 1969).

*) Über die Entwässerung der Sandmischkulturen (Tiefpflugkulturen) im Moor wird gesondert berichtet.

Am bekanntesten ist die Dränabstandsformel von HOOGHOUTT.

Sie lautet:
$$a^2 = \frac{8 k_{f2} d h}{q} + \frac{4 k_{f1} h^2}{q}$$

hierin bedeuten:

- a = Dränabstand in m
- q = Dränabflußspende ausgedrückt als Abflußhöhe in m/Tag
- k_{f1} = Durchlässigkeit des Bodens o b e r halb Drän in m/Tag
- k_{f2} = Durchlässigkeit des Bodens u n t e r halb Drän in m/Tag
- h = Druckhöhe des Grundwassers in Beetmitte über Dränsohle in m
- d = äquivalenter Wert für die Mächtigkeit der durchströmten Bodenschicht unterhalb Dränsohle in Abhängigkeit von Dränabstand, Sauger-Radius und Tiefenlage der undurchlässigen Schicht unterhalb der Dränsohle in m.

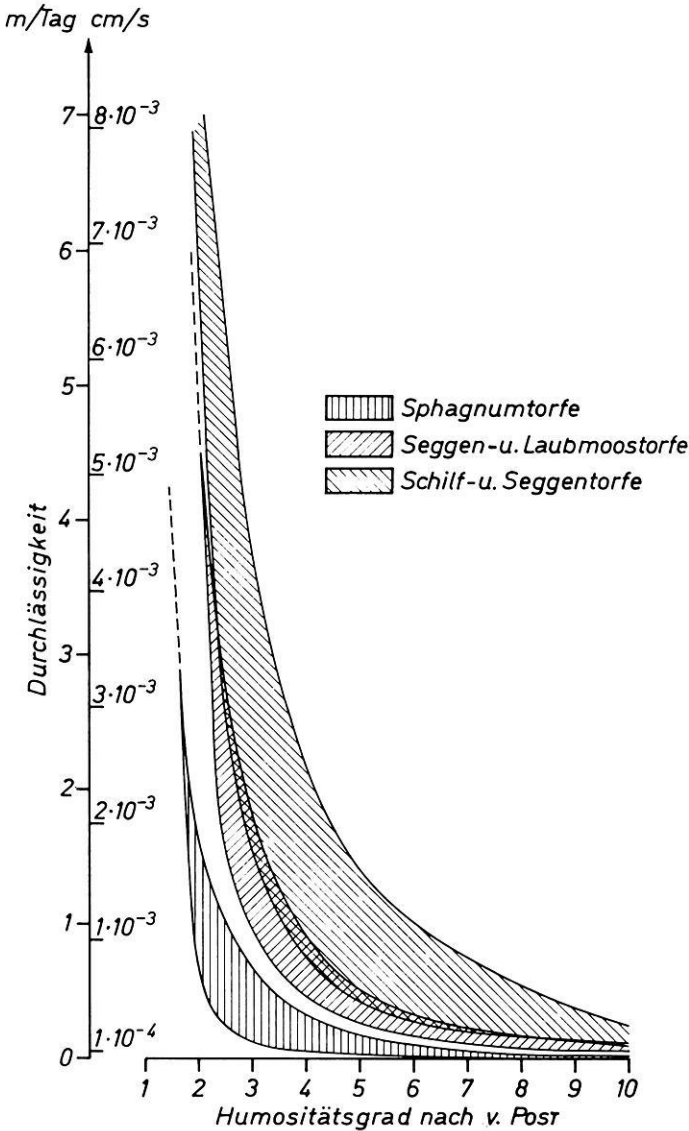


Abb. 4: Beziehung zwischen Durchlässigkeit und Humositätsgrad der Torfe.

Fig 4: Relationship between permeability and degree of peat humification.

Der Gebrauch der Formel wird durch Nomogramme sehr vereinfacht (van BEERS, 1969). Es ist jedoch stets zu beachten, daß die durch die Dränung ausgelöste Sackung die Durchlässigkeit des Moores stark verringert (Abb. 1), was wiederum später einen geringeren Dränabstand bedingt.

Die in mehr als fünfzehn Jahren (BADEN & EGGELSMANN, 1963) in vielen Mooren des In- und Auslandes gemessenen über 2000 Durchlässigkeitswerte lassen für die verschiedenen Torfe einerseits eine deutliche Abhängigkeit vom Zersetzungsgrad erkennen (Abb. 4) und zeigen andererseits eine asymptotische Abnahme mit der Entwässerungszeit (Abb. 1).

Diese Tatsache veranlaßte uns, für nordwestdeutsche Moore mit einer wasserdurchlässigen Torfauflage $\geq 1,7$ m die anfangs und später angemessenen Dränabstände nach der Formel von HOOGHOUTD zu berechnen. Dafür wurde neben den bekannten Durchlässigkeiten eine Abflußspende $q = 0,58$ l/s ha (= 7 mm/Tag), eine Druckhöhe zwischen den Dränen von $h = 0,5$ m und die Tiefenlage einer undurchlässigen Schicht (= Moorbasis) von $D = 0,5$ m unterstellt (Einzelheiten zu D siehe van BEERS, 1969).

Die so erhaltenen Dränabstände wurden für Hochmoor und Niedermoor getrennt zum Zersetzungsgrad der Torfe in Beziehung gesetzt und weiter zwischen schwacher, mittlerer und starker Vorentwässerung unterschieden (Abb. 5). Die Dränabstände gelten für Nordwestdeutschland mit mittlerem Jahresniederschlag von 700 mm. Für je 100 mm mehr bzw. weniger Jahresniederschlag sind die Dränabstände um 1 m zu verringern bzw. zu erweitern. Je mächtiger die durchlässige Torfschicht ($D > 0,5$ m) unterhalb Dränsohle und je höher der Holzanteil der Torfe ist, desto mehr darf der Dränabstand erweitert werden. Das Ausmaß der Vorentwässerung kann örtlich nach Dauer, Tiefe und Intensität geschätzt werden.

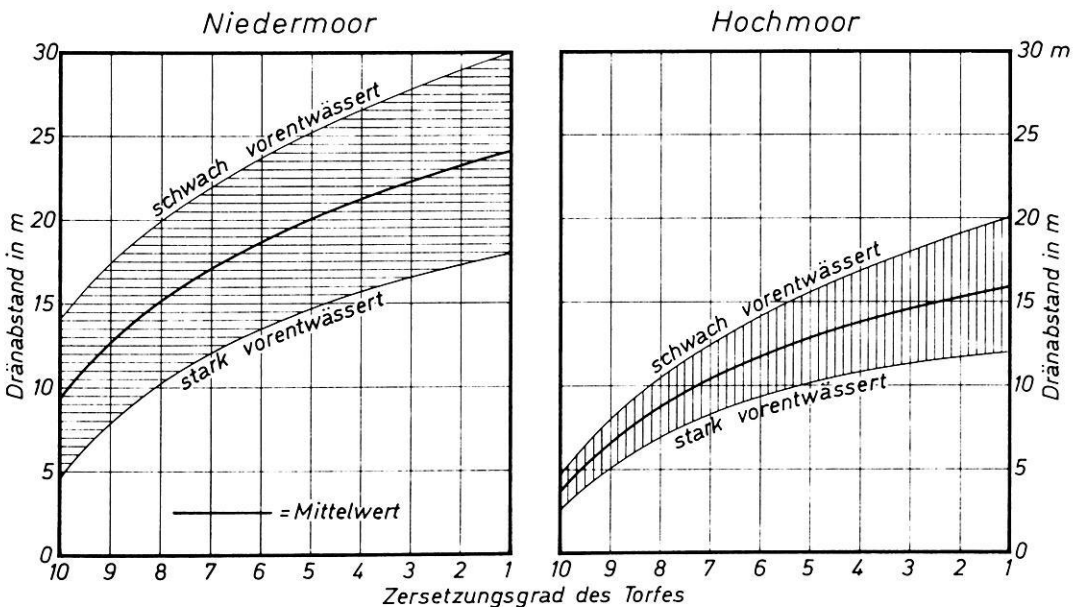


Abb. 5: Dränabstand für Nieder- und Hochmoor in Abhängigkeit von Zersetzung des Torfes und dem Ausmaß der Vorentwässerung(s. Text).

Fig. 5: Subdrain spacing for fen and highbog depending on peat humification and dimension of pre-drainage.

4.2 Rohrlose Dränung

Mit einer rohrlosen Dränung, früher auch Maulwurf- oder Erddränung genannt, sollen vor allem solche vernäßten Böden entwässert werden, die eine Durchlässigkeit $k_f < 0,1$ m/Tag aufweisen. Dazu zählen die Moore mit stark zersetzten Torfen ($H \geq 6$) und intensiver Vorentwässerung. Solche Moore weisen alle Eigenschaften eines Stau-nässebodens auf.

Der Dränabstand rohrloser Dräne (Maulwurfdräne, im besonderen auch Fräsdräne) kann nach unseren Erfahrungen im Moor allgemein nach dem Zersetzungsgrad des Torfes bestimmt werden (Abb. 5). Die für stark zersetzte Torfe ($H \geq 6$) angezeigten geringen Dränabstände erfordern schon aus wirtschaftlichen Überlegungen eine Maulwurfdränung (vgl. Abschnitt 5.3).

5. Dränart

Die Dräntechnologie hat sich während der letzten beiden Jahrzehnte stark verändert. Gute Erfahrungen stehen neben negativen. Beide sollten künftig mehr als bisher — auch bei Moordränungen — berücksichtigt werden.

5.1 Rohrdränung mit Grabenaushub

Mit den gegenwärtig gebräuchlichen Dränmaschinen werden Grabenaushub, Rohrverlegung und Grabenverfüllung weitgehend rationalisiert. Das Sohlgefälle kann von zuverlässigem Maschinenpersonal einwandfrei gesteuert werden. Große Dränmaschinen benötigen im Moor allerdings überbreite Raupen.

Moore mit *l o c k e r* bis *f a s t s c h w i m m e n d* gelagerten Torfen lassen sich durch Rohrdränung mit Grabenaushub *n i c h t* entwässern. In solchen Torfen wie auch noch bei ziemlich dicht gelagerten Torfen ist das Verfüllen der Drängräben sehr schwierig, da sie ihren Querschnitt durch Quellung rasch und stark verengen. Bei mangelhafter Drängrabenverfüllung liegen die Dränrohre hohl im Boden, wodurch Kunststoffrohre aufschwimmen können oder die Rohrlage gestört werden kann, so durch einsinkende Fahrzeuge oder infolge durchtretender Weidetiere.

5.2 Grabenfreie Rohrdränung

Dieses Verfahren ist für Moordränungen besonders geeignet (WÖBKEN & REICHEL, 1969). Die Rohre werden hierbei ohne Drängrabenaushub und -verfüllung in den Boden eingezogen, wobei der für den Rohrstrang benötigte Hohlraum durch Anheben eines Bodenkeiles erzeugt wird. Die bei diesem Verfahren schwierige Kontrolle und Steuerung des Rohrgefälles erscheint nunmehr befriedigend gelöst. Es sollte trotzdem viel häufiger als sonst üblich kontrolliert werden. Der Zugkraftbedarf ist im Moor besonders gering. Vorerst nur für Einzeldräne zu empfehlen, ist dies Verfahren vor allem für Moorgrünland angebracht, weil die Grünlandnarbe nur wenig geschädigt wird. Für die grabenlose Dränung eignen sich besonders gewellte PVC-Dränrohre; es sollte auch möglich sein, vollumfilterte PVC-Wellrohre zu verlegen. Neuerdings können auch Tonrohre (Dränomat) grabenlos verlegt werden, ob dies im Moor notwendig und möglich ist, muß noch näher geprüft werden.

5.3 Rohrlose Dränung (Erddränung)

In Hoch- und Niedermooren des In- und Auslandes wird mit Erfolg seit langem die rohrlose Dränung (Maulwurfdränung) eingesetzt (BADEN & EGGELSMANN, 1961; TITZE, 1965; SCHOLZ, 1967).

Rohrlose Dränung (Erddränung) im Moor setzt voraus:

- a) Moormächtigkeit $>$ Dräntiefe;
- b) keine störenden Hartholzreste oder -horizonte (Kiefer, Eiche), und
- c) Ausführung als Einzeldräne mit Längen \leq 150 m.

Einem Vorschlag von SCHOLZ (1967) folgend wird bei der rohrlosen Dränung nach der Art der Herstellung unterschieden zwischen Maulwurf-Frädränung, -Schnittdränung und -Preßdränung.

5.3.1 Maulwurf-Frädränung



Abb. 6: Ausmündung eines Fräsdränes im Moor.

Fig. 6: Outlet of mole milling subdrains in peat.

In der Bundesrepublik Deutschland hat sich seit fast 20 Jahren die Fräsdränung im Moor hervorragend bewährt (BADER & EGGELSMANN, 1961). Sie wurde 1952 erstmalig von der Torfwerk-Vehne-moor GmbH entwickelt. Die Dränfräse kann mit Gefälle bei Tiefen von 0,8—1,6 m rechteckig geformte Dräne mit einem Querschnitt von 20 x 15 cm (Höhe x Breite) ziehen (Abb. 6). Der herausgefräste Torf wird im Schwert mittels einer Kette bzw. Schnecke an die Oberfläche befördert.

Die Dränfräse läuft auf Rau-pen und weist daher nur einen sehr geringen Bodendruck auf.

Es wurden in fast zwei Jahrzehnten überschläglich 30 000 km Fräsdräne hergestellt, das entspricht einer gedränten Moorfläche von etwa 25 000 ha. Diese Dränmethode hat ihre Bewährung im In- und Ausland längst bestanden; wegen ihrer geringen Herstellungskosten von etwa 0,20—0,35 DM/m wird sie auch künftig von Bedeutung bleiben.

Tabelle 3: Dauer der Wirksamkeit rohrloser Maulwurf-Fräsdräne im Moor in Abhängigkeit von der relativen Lagerungsdichte der Torfe

relative Lagerungsdichte	Substanz Vol. %	Dauer der Wirksamkeit
dicht	> 12	> 8 Jahre
zieml. dicht	7,5 — 12	5 — 8 Jahre
zieml. locker	5 — 7,4	3 — 5 Jahre
locker	3 — 4,9	1 — 3 Jahre
fast schwimmend	< 3	< 1 Jahr

Tabelle 3: Duration of effectiveness for mole milling subdrains without pipe in relation to relative peat density.

Die Lebensdauer der Wirksamkeit von Fräsdränen kann nach der relativen Lagerungsdichte der Torfe geschätzt werden. Aus den Werten in Tab. 3 ergibt sich zugleich, daß bei fast schwimmender bis lockerer Lagerungsdichte der Torfe keine ausreichende Wirksamkeit der Fräsdräne zu erwarten ist. Dies deckt sich mit Beobachtungen in der Praxis, wonach Fräsdränungen zur Vorentwässerung weicher Moore nur beschränkt geeignet sind; ggf. sollte zunächst sehr flach gedränt werden ($t \sim 0,7$ m), um die nachfolgende Fräsdräne im gesackten und konsolidierten Moor jeweils entsprechend tiefer anzusetzen.

5.3.2 Maulwurf-Schnittdränung

In den großen Niedermoorgebieten der DDR (im Havel und Rhinluch sowie in Mecklenburg) werden seit mehr als 8 Jahren unverrohrte Maulwurfdräne mit schneidenden und pressenden Werkzeugen hergestellt. In den dort bisher weniger lange und intensiv entwässerten Mooren beträgt nach SCHOLZ (1967) die Wirkungsdauer in stark zersetzten Niedermoortorfen, vorwiegend in Seggen- und Laubmoostorf, weniger als 3 Jahre. Bei den dortigen Versuchen hat sich weiter gezeigt, daß gepreßte Maulwurfdräne sich nicht bewährt haben. Sie verschlammten zu schnell und werden daher in der DDR nicht mehr empfohlen. Praktische Erfahrungen über Maulwurf-Schnittdräne fehlen in nordwestdeutschen Mooren.

5.3.3 Maulwurf-Preßdränung

Dies ist die älteste Art der Maulwurfdränung, bei der mit einem Schwert in der gewünschten Tiefe ein torpedoförmiger Schleppkegel durch den Boden gezogen wird. Wegen der federnden Wirkung des Moorbodens muß der am Schwertmeißel angehängte Schleppkegel einen größeren Durchmesser aufweisen, als er in Mineralböden für notwendig erachtet wird (Tab. 4).

Tabelle 4: Durchmesser des Schleppkegels bei Maulwurf-Preßdränung in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte der Torfe

relative Lagerungsdichte der Torfe	Substanz Vol. %	Schleppkegel ϕ in cm
dicht	> 12	8
zieml. dicht	12 — 7,5	10
zieml. locker	7,4 — 5	12—15
locker	4,9 — 3	(20—30)
fast schwimmend	< 3	nicht geeignet

Tabelle 4: Diameter of mole press subdrains in relation to relative peat density.

Bei locker bis fast schwimmend gelagerten Torfen ist jedoch die Gefahr der Dränverschlämzung sehr groß, so daß nur eine sehr kurze Wirksamkeitsdauer (< 1 Jahr) zu erwarten ist (Tab. 3). In Hoch- und Niedermooren mit ausreichender Vorentwässerung und damit ausreichend dicht gelagerten Torfen hat sich die Maulwurf-Preßdränung sehr gut bewährt, so in den USA und der UdSSR, in Polen, Österreich und anderen moorreichen Ländern (BADEN & EGGELSMANN, 1961).

6. Dränrohrarten

6.1 Allgemein

Die Dränrohrarten haben sich während des letzten Jahrzehntes beträchtlich gewandelt. Nach einer Umfrage von KUNTZE (1969) bei der Dränrohrindustrie der Bundesrepublik Deutschland ergab sich bei einer Produktion von nahezu 80 000 km Dränrohr je Jahr ein stetig steigender Anteil an PVC-Dränrohren, er dürfte heute 50 % erreicht oder überschritten haben.

Die heute in automatisierten Tonrohrwerken hergestellten Dränrohre lassen sich bei palettiertem Transport vom Werk bis zur Maschine schon ebenso rationell einsetzen wie endlose PVC-Rohre (MEIMBERG & KOWALD, 1969). Dabei ist das anfangs längs geschlitzte glatte PVC-Dränrohr von dem gewellten und damit flexiblen PVC-Dränrohr weitgehend verdrängt.

Die hydraulischen Versuche von SAXEN & KARGE (1968) haben gezeigt, daß Tonrohre und gewelltes PVC-Rohr (NW 50) in ihrer Abflußleistung sehr ähnlich sind (Abb. 7). Beide Rohrarten können im Moor verlegt werden, wozu im einzelnen folgendes bemerkt wird.

Rel. Abflußleistung verschiedener Dränrohrtypen (Tonrohr = 100) bei steigendem Gefälle

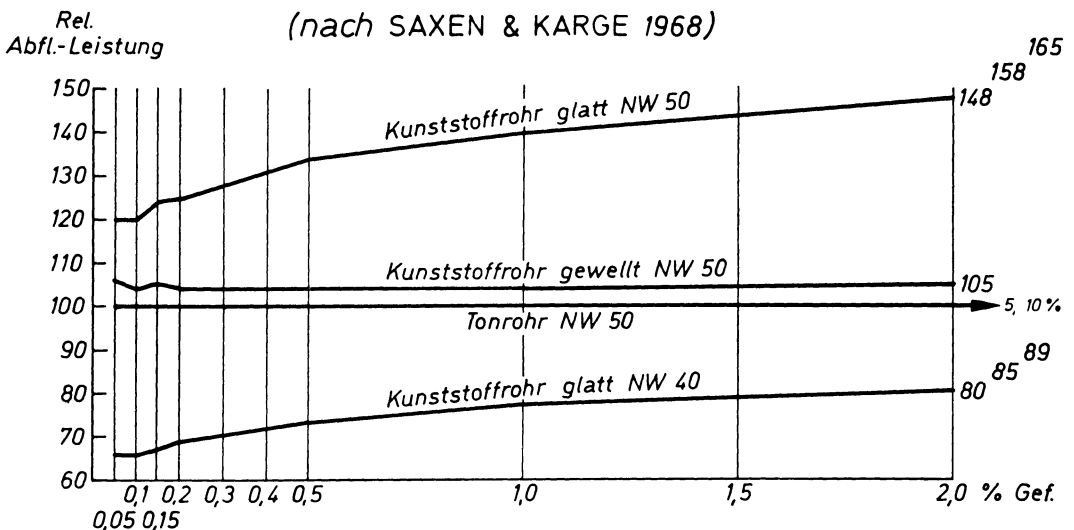


Abb. 7: Relativer Abfluß verschiedener Dränrohrarten (Tonrohr = 100) bei steigendem Gefälle.

Fig. 7: Relative run-off of different kind of drain pipes (clay tile drain = 100) by increasing slope.

6.2 Tonrohr

Sowohl im Hochmoor als auch im Niedermoor haben sich die in mehr als fünf Jahrzehnten verlegten Tonrohre gut bewährt. Dem Verschieben der Rohre in schon ziemlich dicht gelagerten Torfen wurde früher durch dicke Heidekrautpackungen, später durch Lattenrost oder Kehllatte erfolgreich begegnet. Das mehrere Jahre lang verwendete PVC-Unterlegband sichert die Rohrlage zwar weitgehend, es behindert je

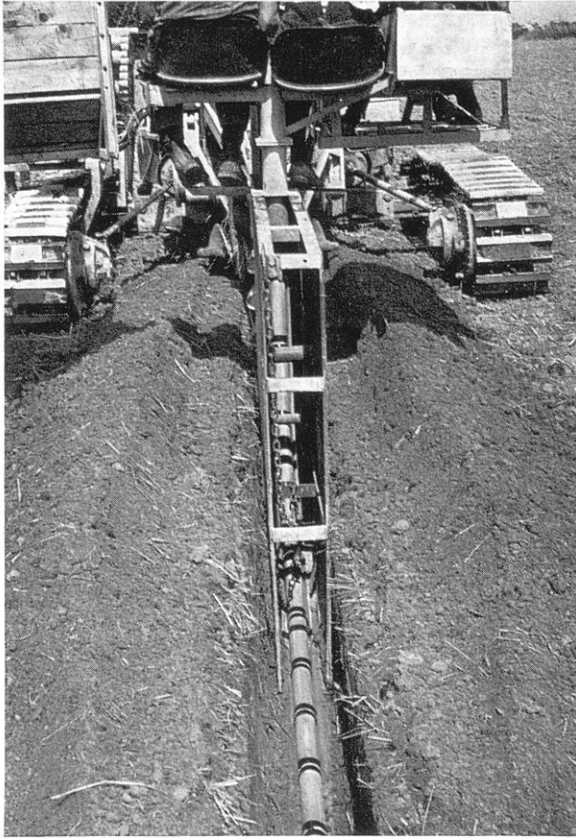


Abb. 8: Sicherung der Tonrohrlage im Moor durch Dränmuffen aus PVC.

Fig. 8: Bed securing of clay tile drain in peat by drain socket of PVC.

nach Breite allerdings sehr stark den Eintritt des Wassers in die Stoßfugen, die bei maschineller Verlegung ohnehin schon recht eng sind, wodurch hohe Eintrittswiderstände am Dränrohr auftreten (EGGELSMANN, 1969). Daraufhin eingeleitete Labor- und Feldversuche mit normalen Ton- und Tonrillenrohren (KOWALD, 1966) bei unterschiedlich gestalteten Stoßfugen und gelochtem PVC-Unterlegband müssen in ihrer Wirkung abgewartet werden.

Für die im Moor notwendige Sicherung der Rohrlage kann auch die seit einigen Jahren entwickelte Dränmuffe aus PVC eingesetzt werden (Ey, 1967). Sie greift beidseitig etwa 3 cm über das Tonrohr und verhindert damit ein Verankern oder Verschieben der Tonrohre (Abb. 8). Da im Moor bei sachgemäßer Bauausführung allgemein ein Verschlammen der Rohre nicht zu befürchten ist, kann der Filterstreifen aus geschäumtem Polyurethan im Moor entfallen. Die je Dränmuffe verhältnismäßig große Eintrittsöffnung ($\sim 10 \text{ cm}^2$) hat sich u. W. bisher in Moorböden hydraulisch recht günstig ausgewirkt. Weitere Untersuchungen dazu sind eingeleitet.

6.3 PVC-Dränrohr

Von den PVC-Dränrohren hat sich das gewellte flexible Rohr durchgesetzt, das gegenüber dem glatten PVC-Rohr neben einer wesentlich höheren Druckfestigkeit eine formbeständigere Perforation aufweist. Die guten statischen Eigenschaften des PVC-Wellrohres sind allerdings geringer als die des Tonrohres.

Das von der Wasserversorgung und Beregnung her bekannte PE-Rohr, das vor einigen Jahren gelocht versuchsweise auch als Dränrohr verlegt wurde, wird heute nicht mehr angeboten. Eine sichere Perforation ist beim PE-Rohr nicht gewährleistet.

Während die im labilen Moorboden zu verlegenden relativ schweren Tonrohre fast immer gegen Versackung und Verschieben gesichert werden müssen, erübrigt sich dies beim spezifisch leichteren PVC-Rohr völlig, worauf auch die Vergleichswerte in Tab. 5 hindeuten.

Tabelle 5: Rohrgewicht und Sohldruck von Tonrohr und PVC-Dränrohr im Verhältnis zu Torf

Material	spez. Gewicht g/cm ³	Sohldruck g/cm ²
Tonrohr	1,7	15
PVC-Dränrohr	1,3	3
Torf (naß)	1,0	1

Tabelle 5: Specific weight and soil pressure of clay tile drain and plastic drain (PVC) in relation to peat.

Die Schlitzweite der PVC-Rohre sollte — besonders nach den negativen Erfahrungen mit den sehr engen Schlitzten der glatten PVC-Rohre — stets $\geq 0,8$ mm gewählt werden. Im Moor müssen die Schlitzweiten mit abnehmender Zersetzung der Torfe größer werden (Tab. 6).

Tabelle 6: Schlitzweite von PVC-Dränrohr im Moor in Abhängigkeit vom Zersetzungsgrad des Torfes mit Hinweisen auf ggf. notwendige Dränfilter

Zersetzungsgrad gem. DIN 4220	Schlitzweite in mm	Dränfilter
H ≤ 4 schwach	1,6	—
H 4 — 6 mäßig	1,2	+ —
H ≥ 7 stark	0,8	+

Tabelle 6: Slit width of plastic drain in relation to degree of peat humification and reference to drain pipe filter.

Bei großer Verockerungsgefahr sollte nach den experimentellen Untersuchungsergebnissen von KUNTZE (1968) ggf. auf die Verlegung von PVC-Dränrohr verzichtet werden, vor allem wenn ein häufiges Spülen nicht gewährleistet erscheint. Neben praktischen Erfahrungen sollte vor allem auch die Verockerungsneigung durch Boden- und Grundwasseranalysen vorher untersucht werden.

6.4 Filterung

Tonrohre und PVC-Dränrohr sind in Mooren gegenüber Mineralböden bei sachgemäßer Verlegung durch Einschlammung nur wenig gefährdet, trotz des im allgemeinen geringen Rohrgefälles. Die hier bei maschineller Verlegung eingebrachten Filter sollen vor allem dem zuströmenden Bodenwasser das Einsickern in das Dränrohr erleichtern und so die hydraulische Leistung verbessern (WIDMOSER, 1966, 1968).

Im Moor ist sie im Drängrabenbereich vor allem vom Zersetzungsgrad der Torfe abhängig. Eine Umfilterung von Tonrohr und PVC-Dränrohr ist daher nur bei stark zersetzten, vielleicht noch bei mäßig zersetzten Torfen notwendig, sie kann bei schwach zersetzten Torfen dann unterbleiben, wenn er bereits ausreichend vorentwässert ist, d. h. wenigstens ziemlich locker gelagert ist (Tab. 6).

Eine Filterung sollte stets den ganzen Rohrumfang umfassen (Vollfilter). Dies ist heute möglich mittels Filtermatten, welche entweder vorgefertigt das PVC-Wellrohr umkleiden oder unter und über dem Tonrohr sich überlappend in den Drängraben von der Maschine aus mit eingeführt werden können. Ein voluminöser großporiger Filter setzt den Eintrittswiderstand am Rohr stärker herab als ein dünner. Dies ist besonders bei stark zersetzten Torfen bedeutungsvoll. Es muß hier erwähnt werden, daß gegen Verockerung kein Filter hilft. Im Gegenteil, gerade synthetische Filterstoffe können rasch durch Eisenocker verklebt und damit unwirksam werden. Bei Verockerungsgefahr sollte, wenn bodenbedingt ein Dränfilter notwendig ist (z. B. im flachgründigen Niedermoor), ein abbaufähiger organischer Filter gewählt werden.

7. Schlußbemerkung

Dränungen werden auch im Moor nur noch maschinell ausgeführt. Da sie als Meliorationsmaßnahme lange wirksam bleiben sollen, kann der Auftraggeber verlangen, daß sich Unternehmer und Bauleitung auf die besonderen Verhältnisse im Moor entsprechend einstellen.

Da unsere Moore, besonders die schon lange genutzten, im weiteren Sinne zu den Naßböden (Grund- und Stauwassereinfluß) gerechnet werden müssen, sollte mehr als bisher von der grabenfreien Rohrdränung, in stark zersetzten Torfen auch von der rohrlosen Dränung (Erddränung) Gebrauch gemacht werden (EGGELSMANN, 1969).

Die grabenfreie Rohrdränung verlangt eine dauernde Bauüberwachung und häufigere Kontrolle als Dränungen mit Grabenaushub. Dabei sollte das Gefälle durch Sondierung + Nivellierung stichprobenweise oft im engen Abstand geprüft werden. Ebenso sollte der Dränrohrverbrauch überwacht werden.

Das früher in Hoch- und Niedermooren gebräuchliche Ein- und Rückstauverfahren u. a. mittels Dränstauventilen ist längst überholt. Es bringt, wie UHDE (1970) nachgewiesen hat, in unserem Klima keinen nennenswerten Nutzen, sondern eher Nachteile.

8. Schrifttum

- BADEN, W. & EGGELSMANN, R.: Über die Regelung des Wasserhaushaltes bei Moormeliorationen und die dafür notwendigen Vorarbeiten. Wasser und Boden, 10, S. 29—36, Hamburg 1958.
- : —: Maulwurfdränung im Moor. Z. f. Kulturtechnik, 2, 146—66, Berlin-Hamburg 1961.
- : —: Zur Durchlässigkeit der Moorböden. Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 4, S. 226—254, Berlin 1963.

- BEERS, W. F. J. van: Die Bohrlochmethode (Dt. Übersetzung: R. BINSACK). Int. Inst. f. Landgew. u. Kulturtechnik, Bull. 1 D, Wageningen 1962.
- : Einige Nomogramme für die Berechnung von Drän- und Grabenabständen (Dt. Übersetzung: R. EGGELSMANN). Herausgeber: Kuratorium für Kulturbauwesen. Verlag Wasser und Boden, 60 S., 10 Abb., 1 Tab., 6 Nomogramme, Hamburg 1969.
- Dränung heute (Dränvorführung vom 10. Nov. 1970 am Dümmer). Herausg. Bundesarb.-Gem. der Verbände land- und forstw. Lohnunternehmer e. V.
- EGGELSMANN, R.: Über die Höhenveränderung der Mooroberfläche infolge von Sackung und Humusverzehr sowie in Abhängigkeit von Azidität, Atmung und anderen Einflüssen. Mitt. d. Moor-Versuchsstation, 8. Ber., S. 99—132, Verlag Parey Hamburg-Berlin, 1960, a.
- : Untersuchungen über Dränsackungen im Moor. Z. f. Kulturtechnik, 1, 91—114, Berlin 1960, b.
- : Verlauf der Grundwasserströmung in entwässerten Mooren. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 2, S. 129—139, Göttingen 1965.
- : Akute Dränprobleme. Wasser u. Boden, 21, S. 1—8, Hamburg 1969.
- : & T. MÄKELÄ: Einfluß von Entwässerung und landwirtschaftlicher Nutzung auf die Durchlässigkeit des Moorbodens. Z. der Landw.-wiss. Ges. Finnland, 36, S. S. 77—84, Helsinki 1964.
- EY, R.: Neue Wege in der Dränmittelverwendung. Ldw. Bl. Weser-Ems, 114 (Heft 44), S. 12—13, Oldenburg 1967.
- EYCLERS, H.: Neue Bemessungsverfahren für den Dränentwurf und ihre Überprüfung im Feldversuch (Dränversuch Infeld). Mitt. Inst. Wawi u. Landw. Wasserbau. TU Hannover, Heft 12, S. 1—305, 1968.
- GALVIN, L. F.: Some principles and practical applications of drainage. Institution of Engineers of Ireland, Transactions Vo. 96. No. 2/2, 25 S., 2 Abb., 7 Tab., Dublin 1969/70.
- KAMINSKI, F.: Das Nordhastedter Dränschlitzgerät. Bericht Nr. 46, Nordhastedt 1970.
- KOWALD, R.: Ein neues Tondränrohr. Wasser und Boden, 18, S. 413—415, Hamburg 1966.
- KUNTZE, H.: Die Haftung von Eisenocker. Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 9, S. 165—174, Berlin 1968.
- : Verfahren der Unterbodenmelioration. Arbeiten der DLG, 126, S. 12—33, 8 Abb., 2 Tab., 25 Lit.-Zit., Frankfurt a. M. 1969.
- MEIMBERG, R. & KOWALD, R.: Die Verwendung von Tonrohrpaketen bei der Dränung. Wasser und Boden, 21, S. 8—14, Hamburg 1969.
- MÜLLER, G.: Der Felddurchlässigkeitswert k_f und seine Anwendung bei der Projektierung von Dränanlagen. Z. f. Landeskultur, 6, S. 141—170, 1965; 8, S. 153—170, 1967; 9, S. 27—44, 103—119, Berlin 1968.
- SAXEN, A. & KARGE, H.: Über die hydraulische Leistungsfähigkeit von Kunststoff-Dränrohren. Die Wasserwirtschaft, 58, S. 362—364, 1968.
- SCHOLZ, A.: Maulwurfdränung in Moorböden mit pressenden und schneidenden Werkzeugen. Z. f. Landeskultur, 8, S. 29—44, Berlin 1967.
- SEGEBERG, H.: Der gegenwärtige Stand des Problems der Moorsackung. Wasser und Boden, 3, S. 28—33, Hamburg 1951.
- : Moorsackung durch Grundwasserabsenkung und deren Vorausberechnung mit Hilfe empirischer Formeln. Z. f. Kulturtechnik, 1, S. 144—161, Berlin 1960.

- UHDEN, O.: Sind die Stauventile im Dränsystem der Hochmoore von Nutzen? *Wasser und Boden*, **22**, S. 92—96, Hamburg 1970.
- TITZE, E.: Ein Beitrag zur kombinierten Maulwurfdränung auf Niedermoor. *Z. f. Landeskultur*, **6**, S. 321—332, Berlin 1965.
- WIDMOSER, P.: Potentialströmung zu geschlitzten Rohren. *Schweiz. Bauzeitung*, **84**, Heft 52, Zürich 1966.
- : Der Einfluß von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drän- und Brunnenfilterrohren. *Schweiz. Bauzeitung*, **86**, Heft 9, Zürich 1968.
- WÖBKEN, K. & REICHEL, A.: Einsatz eines neuen Verlegegerätes für Dränungen in Stückhausen. *Wasser und Boden*, **21**, S. 40—41, Hamburg 1969.