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

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 83 (1985)

Heft: 11

Artikel: Holzwollefilter in torfigen Böden

Autor: Hutzli, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-232631

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.02.2026

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

in Tabelle 2. Dabei könnte der Hersteller des geprüften ISS durch genaues Markieren des Zentrums des Systems (auf allen Seiten der Trägheitsmesseinheit), durch Anbringen von Autokollimationsspiegeln auf zwei Seiten der Trägheitsmesseinheit und durch ein Interface zwischen ISS-Rechner und Tachymeter einen wesentlichen Beitrag leisten.
Sogar eine Verbesserung der Lagegenauigkeit des LITTON Auto-Surveyor System II von 4 cm ist denkbar, durch Ersatz der horizontalen Beschleunigungsmesser mit dem Typ, der auch als vertikaler Beschleunigungsmesser benutzt wird, und durch Erweiterung der Eingabe, Berechnung und Ausgabe der Länge und Breite auf die vierte Kommastelle einer Bogensekunde (3 mm). Gleichzeitig wäre auch eine dritte Kommastelle (mm) bei der Ein- und Ausgabe der Höhen angebracht, nachdem das LITTON Auto-Surveyor System II bereits heute (und trotz einer Anzeigegenauigkeit von 10 mm) mittlere Fehler von 8 mm liefert.

Literatur

Brooks, D. A. 1983: Adjustment of Inertial Surveying System Traverses. Unpublished project report. School of Surveying, University of New South Wales, Sydney, Australia.

Rüeger, J. M. 1976: Trägheitsmesssystem für die Vermessung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 5/76, S. 125–128.

Rüeger J. M. 1983: Potential and Limitations of Inertial Surveying Systems. Proceedings, 25th Australian Survey Congress, 19–25 März 1983, Melbourne, p. 29–45 (vom Verfasser erhältlich).

Rüeger, J. M. 1984: Evaluation of an Inertial Surveying System. The Australian Surveyor, Vol. 32, No. 2, June 1984, p. 78–98 (vom Verfasser erhältlich).

Adresse des Verfassers:
Jean M. Rüeger
School of Surveying, UNSW
P. O. Box 1
Kensington NSW 2033, Australien

Holzwollefilter in torfigen Böden

P. Hutzli

Der Beitrag enthält eine kurze Zusammenfassung der Wirkungsweise des Drainfilters sowie die wesentlichsten Ergebnisse einer Untersuchung über die Eignung von Holzwolle als Drainfilter in torfigen Böden.
Die untersuchten Holzwollefilter sind in gutem unverfaultem Zustand. Im Thuner Westamt baut sich der Holzwollefilter durch Verrotten (nicht Faulen) langsam biologisch ab. Dieser Abbau ist notwendig, damit der organische Filter seine Wirkung aufrecht erhalten kann. Im Lüscherzmoos findet kein Abbau der Holzwolle statt, da der Filter wegen dem Kultureinstau und mangelnder Vorflut dauernd im mehr oder weniger gesättigten Bereich des Bodens liegt.
Vergleicht man die Infiltrationsraten in den verschiedenen Tiefen der Draingrabenprofile, so weisen die Holzwollefilter sowohl im Thuner Westamt wie auch im Lüscherzmoos die kleinsten Messwerte auf.
Die Durchlässigkeit der Holzwolle darf nicht isoliert betrachtet werden. Dort, wo das Füllmaterial des Draingrabens ein genügendes und stabiles Porenvolumen aufweist und zudem die Holzwolle nicht dauernd ‹im Wasser liegt›, funktioniert das System trotz dem in der Holzwolle eingelagerten Feinmaterial.

L'article résume brièvement les informations obtenues quant au mode d'action du filtre de drainage ainsi que les résultats essentiels d'un test sur l'efficacité de la laine de bois qui agit en tant que filtre de drainage dans les sols tourbeux.
Les filtres de laine de bois examinés ne présentent aucune pourriture et se trouvent dans un bon état. Dans la région du Westamt de Thoune, ils de décomposent lentement par le processus d'une fermentation aérobie, c'est-à-dire d'une manière biologique. Cette décomposition est indispensable pour maintenir l'efficacité du filtre organique. En revanche, aucune décomposition de la laine de bois n'a été constaté au Lüscherzmoos. Dans les canaux, la rétention de l'eau destinée aux cultures, et son écoulement insuffisant ont pour conséquence que les filtres se trouvent constamment dans un milieu plus ou moins saturé du sol.
Selon les tests effectués dans différentes couches des tranchées de drainage, les filtres de laine de bois présentent, aussi bien dans le Westamt de Thoune que dans le Lüscherzmoos, des valeurs d'infiltration nettement inférieures aux autres systèmes.
Le phénomène de la perméabilité de la laine de bois a plusieurs aspects. Lorsque le matériel de remblayage dans la tranchée de drainage présente un volume des pores suffisant et stable, et lorsque la laine de bois ne demeure pas constamment dans l'eau, le système en question donne de bons résultats, malgré la matière fine que la laine de bois renferme.

1. Einleitung

Die fortschreitende Mechanisierung hat auch die Arbeit der Draineure grundlegend verändert. Bedingt durch die neuen Rohrverlegetechniken, sollte der Wahl des Drainfilters vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden.
Die Wirkung von Holzwollefiltern bei Drainagen in Torfböden wurde verschiedentlich angezweifelt. Teilweise trat sogar die Meinung auf, die Holzwolle behindere den Wassereintritt in das Drainrohr. Das Kantonale Meliorationsamt Bern liess deshalb eine kleine Untersuchung zum Problem Holzwollefilter in Torfböden durchführen. Um möglichst aussagekräftige Resultate zu erhalten, wurden funktionierende Drainagen im Thuner Westamt (Gurzelen- und Delimoos, ausgeführt 1968) und ‹nicht› oder ‹schlecht› funktionierende Drainagen im Gebiet von Brüttelen–Hagneck (Lüscherzmoos, ausgeführt 1972) untersucht und miteinander verglichen. Es handelt sich um gefräste Drainagen mit Holzwollefilter.

2. Versuchsmethoden

Bodenphysikalische Feldmessungen am gewachsenen Erdboden und am Draingrabenfüllmaterial lassen genügend aussagekräftige Ergebnisse erwarten, um die gestellten Grundsatzfragen für den Praktiker zu beantworten.

2.1 Infiltrations- und Durchlässigkeitsmessungen

Doppelringinfiltrometer
Die DIN-Norm 19 682 beschreibt den Messwert wie folgt:

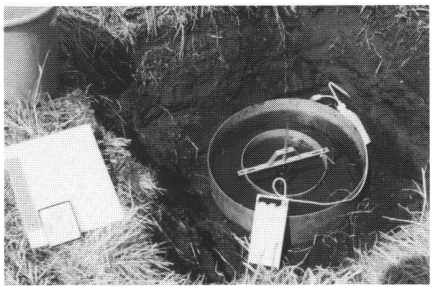

Abb. 1 Doppelringinfiltrometer und pH-Messgerät.

‹Unter Versickerungsintensität, ermittelt mit dem Doppelzylinder-Infiltrometer, wird die Wassermenge verstanden, die in der Zeiteinheit je Flächeneinheit senkrecht in den Boden eintritt. Sie wird im Felde im ungestörten Profil in mm Wasserhöhe je Sekunde gemessen.›

Hydrologische Tracer (Farbstoffe)
Rhodamin B (rot) und Fluorescein (gelb) wurden eingesetzt, um
a) die durchflossenen Poren zu färben und
b) festzustellen, ob das infiltrierte Wasser wirklich in die Drainage gelangt. Die Beurteilung erfolgte visuell.
Der erfolgreiche Ensatz von Tracern ist sehr zeitaufwendig, da im gleichen Sondiergraben nur einmal gefärbt werden kann.

Übertragbarkeit der Messwerte
Die Infiltrationswerte I sind untereinander gut vergleichbar, da bei allen Messungen die gleiche Methode angewendet wurde. Mit Labor-k-Werten nach Darcy und Feld-k-Werten, welche im Bohrloch oder mit einer anderen Methode gemessen wurden, sind sie aber aus verschiedenen Gründen nicht vergleichbar.

2.2 Torfprofilvergleich
An jeder Versuchsstelle wurde in einem Sondiergraben ein typisches Torfprofil aufgenommen. Damit ist ein erster Vergleich zwischen dem Torf im Lüscherzmoos und demjenigen im Gurzelen- und Delimoos möglich.

Aufgenommene Merkmale
– *pH-Messung*
Bestimmung des pH-Wertes der verschiedenen Schichten mit dem elektronischen pH-Meter.
– *Feuchtigkeit*
Die Unterscheidung erfolgt in vier Stufen: trocken, feucht, nass, gesättigt.
– *Zersetzungsgrad des Torfes*
mittels Quetschmethode (nach DIN 19 682)
– *Farbe*
Visuelle Beurteilung der Farbunterschiede im Torfprofil
– *Struktur*
Bodengefüge, Lagerungsdichte
– *Bemerkungen*
Pflanzenreste, sichtbare Bodenlebewesen, Bearbeitungstiefe, Schichtgrenzen, mineralisierte Horizonte.

3. Drainfilter und Rohre
Der Drainfilter hat zwei gegensätzliche Anforderungen zu erfüllen.

1. Hydraulische Filterwirkung
Der Filter soll ein grosses und stabiles Porenvolumen bilden, damit das Wasser mit möglichst wenig Druckverlust zum und ins Drainrohr fliessen kann. Durch einen guten Drainfilter wird die spezifische Eintrittsfläche gegenüber einem Rohr ohne Filter, wo nur die Fläche der Rohrschlitze wirkt, um ca. 50- bis 100mal vergrössert.

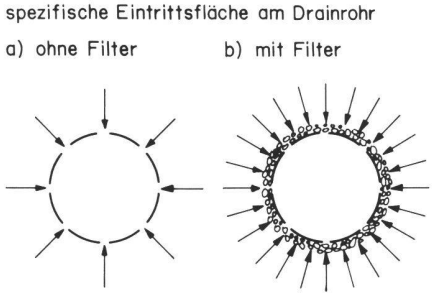

Abb. 2 Vergrösserung der spezifischen Eintrittsfläche mit einem Drainfilter.

2. Mechanische Filterwirkung
Die äussere Filterschicht soll die Einschlämmung von feinen Bodenteilchen verhindern. Um die gewünschte Siebwirkung zu erreichen, benötigt man ein Material mit kleineren Poren. Vor allem in nicht bindigen Böden kann sich mit der Zeit auf dieser Filterschicht durch Anlagerung von Feinteilchen ein ‹Filterkuchen› bilden. Damit diese neu entstandene Verdichtung nicht einen zu grossen Druckverlust bewirkt, sollte die Oberfläche des Filters möglichst gross sein.

3.1 Rohrverlegearten und ihre Auswirkungen
Die Arbeit der Draineure hat sich durch die fortschreitende Mechanisierung grundlegend verändert.
Früher wurde mit dem Drainspaten ein sich nach unten verjüngender Graben mit dem typischen Absatz oberhalb des Rohres ausgehoben. Die Draingrabenwände konnten ausbluten, und das ausgehobene Material, welches weitgehend sein stabiles ursprüngliches Gefüge behielt (s. Abb. 4), trocknete vor dem Wiedereinfüllen mindestens teilweise ab.
Das Füllmaterial, aus den mit dem Spaten gestochenen Schollen, baute beim Wiedereinfüllen über dem Rohr eine Art Gewölbe auf. Es entstand so ein verhältnismässig stabiles Hohlraum- und Sickersystem.
Seit dem Aufkommen der Grabenfräse ist es nun möglich, auch bei ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen Drainagearbeiten durchzuführen. Die Fräse zerstört das natürliche Bodengefüge. Das Wiedereinfüllen des so zerkleinerten und homogenisierten Materials erfolgt dann meistens sofort in noch nassem Zustand. Je nach Bodenart hat das nasse Füllgut, welches keine Grobporen mehr aufweist, die Tendenz, sich stärker als der natürliche Boden zu setzen und zu verdichten.
Sofern es die bodenphysikalischen Randbedingungen zulassen, kann nach einigen Jahren durch biologische Aktivität, Austrocknung usw. wieder eine gewisse Erholung und Strukturverbesserung des Fräsmaterials stattfinden.

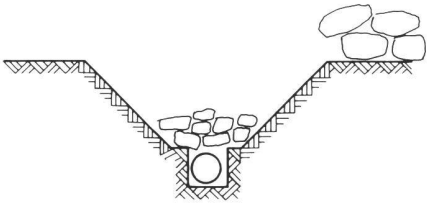

Abb. 3 Prinzipskizze eines von Hand hergestellten Draingrabens.

3.2 Filterwahl
Damit über dem Drainrohr eine optimale Wassersenke entstehen kann, sollte die Durchlässigkeit des Materials im Draingraben grösser oder aber mindestens gleich gross wie im ungestörten Boden sein. Um diese Forderung zu erfüllen, muss das Füllmaterial unter Wassereinwirkung eine gewisse Strukturstabilität aufweisen. Unter dieser Voraussetzung ist die Erhaltung der Durchlässigkeit bei angepasster Bewirtschaftung gewährleistet, weil:
- sich keine allzu grossen Setzungen ergeben
- sich keine unzulässigen Verdichtungen aufbauen
- keine andauernde innere Erosion des Füllmaterials stattfindet.

Natürlicher Filter
Wenn das Aushubmaterial trotz dem Wiedereinfüllen, auch nach immer wiederkehrenden Durchnässungen, ein stabiles, genügend durchlässiges Aggregatgefüge behält, ist kein spezieller, hohlraumbildender Filter notwendig.

Abb. 4 Altes Tonrohr im Lüscherzmoos. Das Füllmaterial des Draingrabens kann vom ungestörten Torf nicht unterschieden werden.

Hingegen sind die feinen Anteile des Einzelkorngefüges nicht bindiger, gestörter Böden bei Wasserdurchfluss fliessgefährdet. Es findet also eine Verlagerung des Feinmaterials in Richtung Drainrohr statt. Wenn keine oder nur eine beschränkte natürliche ‹Entsandung› (wie beim Horizontalfilterbrunnen) durch das Drainrohr möglich ist, baut dieses verlagerte Material rund um das Drainrohr eine dichte Schicht auf, welche den Wassereintritt zunehmend behindert. Als Folge davon nimmt die Wirkung der Drainage allmählich ab. Bei funktionierender ‹Entsandung› durch das Drainrohr sind zwei Fälle zu unterscheiden:

a) Besteht der Füllboden aus einem gut abgestuften Einzelkorngefüge, spült sich mit der Zeit ein natürlicher Filter aus, womit die gewünschte Funktion gewährleistet ist. Diese erwünschte Erosion des Feinmaterials findet nach Untersuchungen von Feichtinger/Leder (4) hauptsächlich im Bereich von 3–4 cm um das Drainrohr statt.

b) Handelt es sich aber um ein Material, welches sich aus einem feinen, in der Grösse kaum variablen Einzelkorn zusammensetzt, entsteht eine ununterbrochene innere Erosion. An der Oberfläche manifestiert sich dieser Vorgang durch andauernde Setzungen des Füllmaterials über dem Drainrohr. In solchen Fällen ist ein ‹künstlicher› Filter vorzusehen.

‹Künstlicher› Filter

Unter ‹künstlich› ist alles Material zu verstehen, das zugeführt werden muss. Ein mindestens teilweiser Bodenaustausch im Draingraben (= Grabenfilter) ist in jedem Fall erfolgreich, aber auch dementsprechend kostspielig. Das eingefüllte Ersatzmaterial muss strukturstabil und/oder biologisch regenerierbar sein.

Soll ein weniger aufwendiger Filter nur im Bereich des Rohres (Drainfilter) verlegt werden, ist darauf zu achten, dass sich durch innere Erosion zum Filter transportiertes Feinmaterial nicht im Filter selbst ablagert und ihn damit abdichtet. Ein allzu feinporiger Filter ist deshalb abzulehnen.

Bei Verwendung von wenig voluminösen Filtern sind grundsätzlich Rohre zu verwenden, welche aussen gewellt sind. Zusammen mit dem Filter ergibt sich so ein wesentlich grösseres Volumen als mit glatten Rohren.

3.3 Verockerung

Hat ein Boden die Tendenz zur Verockerung, können sich mit der Zeit Probleme beim Wassereintritt ins Rohr ergeben.

Tritt im Bereich des Rohres ein allzu grosser Druckverlust auf und ist zudem die Schlitzweite des Drainrohres an der unteren Grenze des Zulässigen, fördert dies die Verockerungsgefahr der Eintrittsöffnungen.

Bei Verockerungsgefahr empfiehlt Kuntze (7) aufgrund von Versuchen eine Mindestbreite der Drainschlitze von 1,4 mm. Bei dieser Schlitzgrösse lösen sich die Wassertropfen schneller ins Rohr ab als bei kleineren Öffnungen. Der Ocker bildet sich somit nicht in der Eintrittsöffnung, sondern erst im Drainrohr.

4. Ergebnisse der Untersuchung

4.1 Torfprofile

Beim Vergleich der Torfprofile aus dem Thuner Westamt (Gurzelen- und Delimoos) und dem Lüscherzmoos fallen beim pH, dem Zersetzungsgrad, den sichtbaren Bodenlebewesen und den Pflanzenresten bemerkenswerte Unterschiede auf.

pH-Werte

Im Gurzelen- und Delimoos liegt der mittlere pH-Wert zwischen 6.1. und 6.4. Diese Werte sind sehr wahrscheinlich durch die Torfart und den Untergrund bedingt. Interessant ist hier, dass der pH-Wert auf derjenigen Parzelle, die von einem ‹Hobby-Bauer› mit einer Dauergrünlandkultur bewirtschaftet wird, im Durchschnitt um $\Delta pH = 0.6$ und in den obersten 10 cm sogar um $\Delta pH = 1.0$ höher liegt als auf den übrigen Parzellen. Die Bewirtschaftungsart beeinflusst also den pH-Wert erheblich.

Im Lüscherzmoos liegt der mittlere pH-Wert bedeutend tiefer als im Thuner Westamt. In den obersten 20 cm beträgt der mittlere pH-Wert ca. 5.0 und weist eine abnehmende Tendenz auf. In einer Tiefe von 50 cm, d. h. beim Beginn der weicheren, weniger stark zersetzten Torfschicht, wurde der tiefste mittlere pH-Wert von 4.4 gemessen. Mit zunehmender Tiefe steigen dann die Messergebnisse wieder an und erreichen beim Drainrohr ein mittleres pH von 5.3 bis 5.6. Es handelt sich im Lüscherzmoos also um einen sauren Torf.

Zersetzungsgrad und Struktur

Im Vergleich zum Lüscherzmoos sind die Torfböden im Thuner Westamt stärker zersetzt. Der sonst total zersetzte, locker gelagerte Torf enthält aber noch viele kleinere angemoderte Holzstücke. Auch die grosse Anzahl Regenwürmer ist bemerkenswert. Die Pflanzenreste weisen auf Moos und holzige Sträucher hin.

Im Lüscherzmoos ist zwischen den unzersetzten Schilf- und Moospflanzenteilen feiner stark zersetzter Torf eingelagert. Es ergibt sich daher ein relativ dichter Aufbau. Die geöffneten Profile enthielten weder Holzteile noch Regenwürmer.

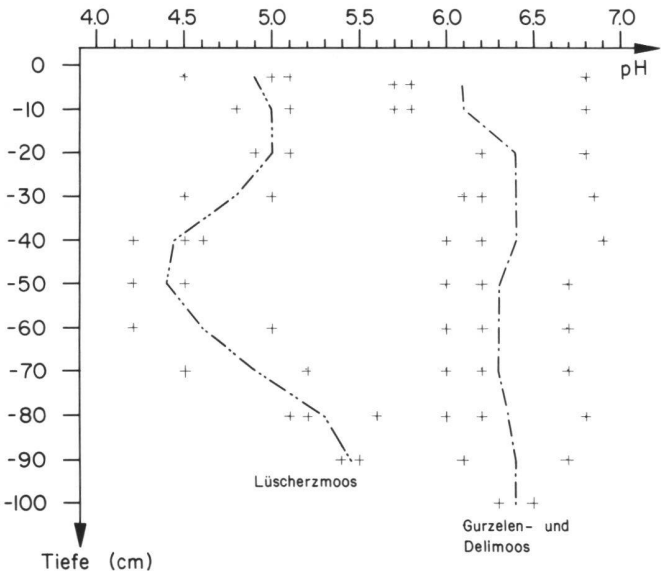

Abb. 5 Mittlere pH-Werte der untersuchten Torfprofile.

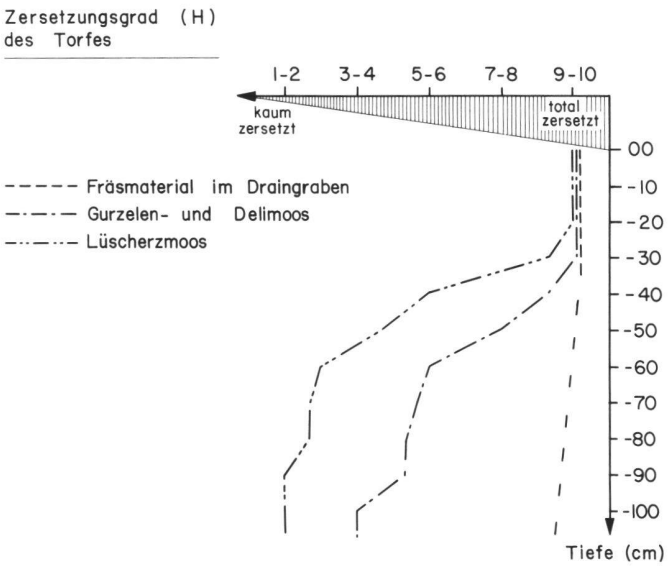

Abb. 6 Mittlerer Zersetzungsgrad der untersuchten Torfböden.

4.2 Füllmaterial des Draingrabens

Der Aushub der untersuchten Draingräben erfolgte mit einer Grabenfräse. Die Torfstruktur wurde dadurch zerstört. Das wiedereingefüllte Fräsmaterial ist heute im ganzen Graben zersetzt. Die Durchlässigkeit dieses Verfüllmaterials wurde in ungesättigtem wie auch in gesättigtem Zustand untersucht.

4.2.1 Thuner Westamt

Das Füllmaterial besteht aus einem verhältnismässig locker gelagerten Aggregatgefüge. Es weist, wie der ungestörte umgebende Boden, vergleichsweise viele kleine, angemoderte Holzstücke auf. Im Gurzelenmoos enthält es zusätzlich kleine Steine. Auffällig sind auch die vielen Regenwürmer, welche fast auf der ganzen Profiltiefe anzutreffen waren. Es scheint, dass das Füllmaterial biologisch aktiv ist. Bis in eine Tiefe von ca. 50 cm ist es auch kaum vom stark zersetzten ungestörten Torf unterscheidbar.

Die Differenz der Infiltrationsrate zwischen gesättigtem und ungesättigtem Füllmaterial ist sehr klein. In den obersten 40 cm war es mit vernünftigem Aufwand nicht möglich, eine totale Sättigung des Bodens zu erreichen. Das Füllmaterial des Draingrabens ist eher durchlässiger als der ungestörte Torf in der gleichen Tiefe.

4.2.2 Lüscherzmoos

Das Füllmaterial des Draingrabens besteht aus einem dicht gelagerten Einzelkorngefüge. Es weist weder Holzteile noch Steine und auch keine Regenwürmer auf. Unterhalb der Bewirtschaftungstiefe ist das Fräsmaterial sowohl in feuchtem wie auch in trockenem Zustand eindeutig vom ungestörten Torf unterscheidbar. Trocknet das Material aus, bilden sich bis in eine Tiefe von ca. 60 cm harte Blöcke mit ausgeprägten Schwundrissen an den Fräsgrabenwänden und ebenfalls vereinzelt im zusammengebackenen feinen, mineralisierten Füllmaterial.

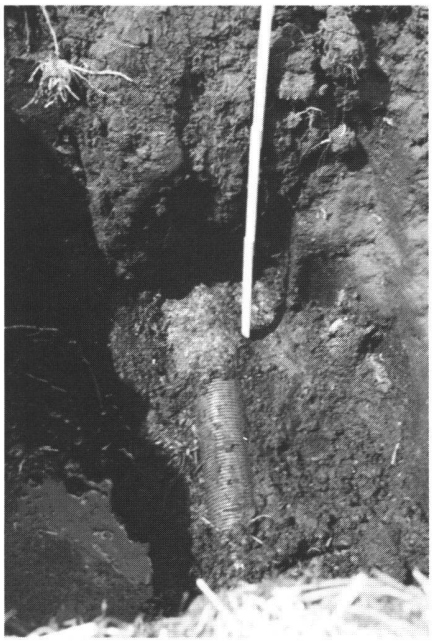

Abb. 8 Aus dem Füllmaterial des Fräsgrabens entstand ein ‹kompakter Block›.

Ist das Füllmaterial im Fräsgraben trocken, so fliesst das Wasser durch die erwähnten Schwundrisse. Dabei findet an der Oberfläche des kompakten, blockförmigen Füllmaterials eine fortlaufende Erosion des stark zersetzten Feinmaterials statt, welches im unteren Teil der Schwundrisse abgelagert wird. Das ausgetrocknete Material braucht bis zur Sättigung eine Infiltration von ein bis zwei Tagen. Mit zunehmender Durchnässung beginnt sich das Fräsmaterial wieder in ein dicht gelagertes Einzelkorngefüge aufzulösen, was mit einer stetigen Abnahme der Durchlässigkeit einhergeht.

Die Abnahme der Infiltrationsrate vom ungesättigten Zustand ist deutlich ersichtlich. Die mittlere Infiltrationsrate sinkt nach erfolgter Sättigung auf ca. ¼–⅙ des Anfangwertes. In gesättigtem Zustand liegen die mittleren Infiltrationswerte des Füllmaterials und des ungestörten Torfes mehr oder weniger im gleichen Bereich. Solange noch Schwundrisse einer Austrocknung vorhanden sind, ist die Infiltrationsrate des Draingrabens jedoch grösser.

In Gebieten, wo der Kultureinstau nicht sehr wirksam ist und sonst keine Vernässungsursachen vorliegen, können die Draingräben bei genügender Vorflut häufiger bis in eine gewisse Tiefe ‹abtrocknen›. Die Funktion der Drainagen ist dort dementsprechend ‹besser›. Darum ist auch der teilweise grosse Streubereich der Messungen leicht erklärbar.

4.3 Holzwollefilter und Drainrohre

4.3.1 Infiltrationskapazitäten

Die mit 2–6 cm unaufgelockertem Einfüllmaterial überdeckte Holzwolle weist sowohl im Lüscherzmoos wie auch im Thuner Westamt die absolut kleinste Infiltrationsrate (= Filterinfiltration) des Fräsgrabenprofils auf (siehe auch Abb. 7 und 9).

In ungesättigtem Zustand ist die Durchlässigkeit des Holzwollefilters im Thuner Westamt etwa gleich gross wie im Lüscherzmoos. Die ungesättigten mittleren Infiltrationsraten liegen zwischen 5×10^{-3} mm/sec und 6×10^{-3} mm/sec.

Nach erfolgter Sättigung zeigen sich dann erst die grossen Unterschiede:

- Die höchsten Infiltrationsraten im Lüscherzmoos sind immer kleiner als die tiefsten Werte im Thuner Westamt.
- Die Infiltrationskapazität nimmt im Thuner Westamt nur geringfügig um 1×10^{-3} mm/sec auf $I_g = 4.6 \cdot 10^{-3}$ mm/sec ab.

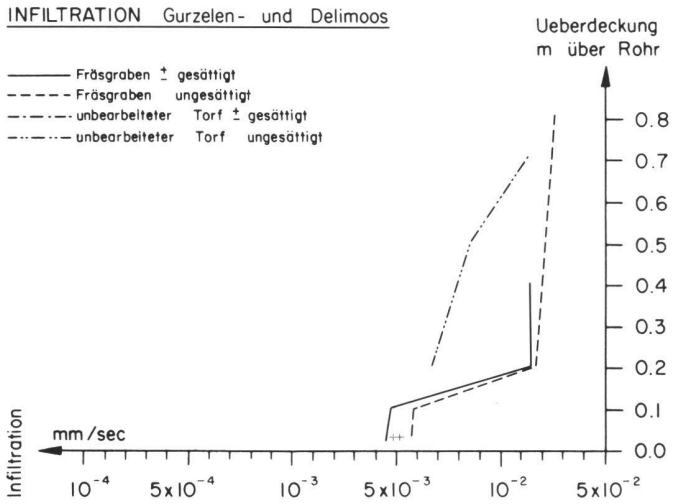

Abb. 7 Mittlere Infiltration im Gurzelen- und Delimoos (Thuner Westamt).

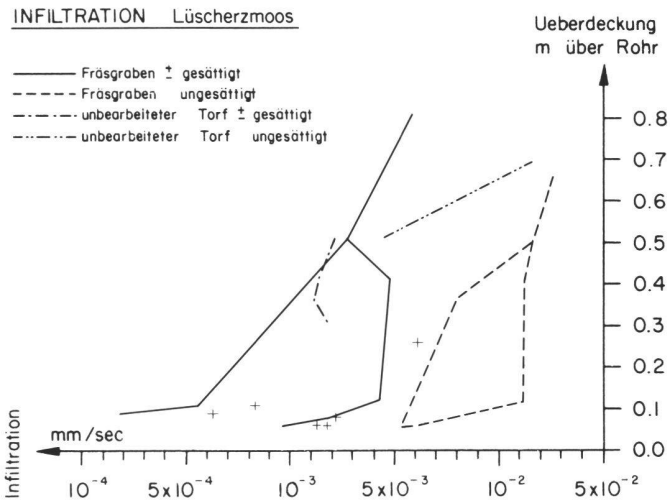

Abb. 9 Mittlere Infiltration im Lüscherzmoos (Berner Seeland).

Mittlere Infiltrationsraten der Holzwollefilter $\bar{I}$ mm/sec						
Versuchsort	ungesättigt		gesättigt		$\Delta_D = \bar{I}_g - \bar{I}_u$	$\Delta_f = \frac{\bar{I}_g}{\bar{I}_u}$
	$\bar{I}_u$	$\hat{s}_u$	$\bar{I}_g$	$\hat{s}_g$		
Thuner Westamt	5.6×10^{-3}	3×10^{-3}	4.6×10^{-3}	2×10^{-4}	-1×10^{-3}	0.8
Lüscherzmoos	5.7×10^{-3}	9×10^{-3}	9.1×10^{-4}	6×10^{-4}	-5×10^{-3}	0.16
Verhältnis Thun:Lüscherz	1:1		5:1			5:1

$\bar{I}$ = arithmetisches Mittel aus den gemittelten Messwerten

$\hat{s}$ = Standardabweichung bei einer kleinen Anzahl Stichproben

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma I_i^2}{n} - \bar{I}^2}$$

$$\hat{s} = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot s}$$

n = Anzahl Stichproben

u = ungesättigt

g = gesättigt

$\Delta_D = \bar{I}_g - \bar{I}_u$ = Abnahme der Infiltration nach der Sättigung

$\Delta_f = \frac{\bar{I}_g}{\bar{I}_u}$ = Verhältnis gesättigte zu ungesättigter Infiltrationsrate

Tab. 1 Infiltrationsraten von seit 10–15 Jahren verlegten Holzwollefiltern in Torfböden.

- Im Lüscherzmoos findet eine massive Verschlechterung der Infiltrationskapazität um 5×10^{-3} mm/sec auf $\bar{I}_g = 9.1 \cdot 10^{-4}$ mm/sec statt. Das entspricht einer Durchlässigkeitsabnahme auf ca. 1/6 des mittleren Wertes in ungesättigtem Zustand. Der Streubereich der Messungen ist im Lüscherzmoos jedoch dreimal so gross wie im Thuner Westamt.

4.3.2 Zustand des Holzwollefilters und der Rohre

Thuner Westamt

Die durchschnittlich 1,5 cm dicke Holzwolle ist visuell beurteilt in Ordnung und sauber. Bei mechanischer Beanspruchung ist sie aber brüchig. Die oberste Schicht ist bereits leicht angemodert, weist aber keine Fäulniserscheinungen auf.

Im Filter befindet sich Feinmaterial. Ocker konnte weder im Filter noch an den Rohrschlitzen festgestellt werden.

Die Wellungen aussen am Rohr sind teilweise mit Feinmaterial aufgefüllt, welches beim Entfernen des Filters als Abbild der Rohrwellung am Holzwollefilter hängen bleibt. Dieses Feinmaterial weist bei den Sickerschlitzen freigespülte ‹Gänge› auf.

Die Drainflexrohre sind in den geöffneten Bodenprofilen in gutem Zustand und fast ablagerungsfrei. Sie wurden aber nicht auf eventuelle Ablagerungen bei den Einmündungen der Sauger in die Sammler untersucht.

Lüscherzmoos

Die 1,5 bis 2 cm dicke Holzwolle ist schmutzig und nass, jedoch weder zersetzt noch faul. Die Holzwollespäne sind zugfest. Im Filter ist feines Torfmaterial in relativ dichter Form eingelagert. Die Wellungen aussen am Rohr sind, wie im Thuner Westamt, teilweise mit Feinmaterial aufgefüllt. Hier erscheinen aber die wasserführenden, ausgespülten ‹Gänge› nicht so ausgeprägt. Die Sickerschlitze der Drainflexrohre sind teilweise mit einem dünnen weissen Schleim (s. w. Ockerschleim) verlegt. Es stellt sich die Frage, ob die Entstehung dieses Schleimes durch den verstärkten Lufteintritt bei der in das Rohr geschnittenen Kontrollöffnung begünstigt wurde. In den geöffneten Profilen waren die Rohre in gutem Zustand und fast frei von Ablagerungen. Die Einmündungen der Sauger in die Sammler wurden nicht untersucht.

Abb. 10 Aufgegrabenes Drainflexrohr mit Holzwollefilter im Lüscherzmoos.

5. Drainfilter in Torfböden

Für die Beurteilung der voraussichtlichen längerfristigen Durchlässigkeit des gefrästen und in den Draingraben wieder eingefüllten Torfes können die Torfböden nach ihrer Zusammensetzung grob in drei Kategorien unterteilt werden.

Das vorgeschlagene ‹vorläufige Beurteilungsschema für den Einsatz von Drainfiltern in Torfböden› basiert auf den Ergebnissen der ausgewerteten Feldversuche, ergänzt mit gewissen Angaben aus der Fachliteratur. Weitere Untersuchungen sind aber notwendig, um das Schema zu verfeinern und seine Übertragbarkeit auf andere Standorte zu überprüfen.

	Kategorie	1	2		3
unzersetzter Torf	Torfzusammensetzung	Rein organisches, schwammiges, saures Material aus eher feinen Pflanzen wie z.B. Schilf und Moos	Organisches Material aus stark bis gar nicht verholzten Pflanzen. Bäume, Sträucher, Moos		Mischung aus organischem mit bindigem und/oder grobkörnigem mineralischem Material
natürlich anstehender ± zersetzter Torf	Zersetzungsprodukt	gleichmässig, ± ohne unzersetzte Pflanzenteile, keine Holzresten	enthält mindestens in der Uebergangsschicht vom stärker zum schwächer zersetzten Torf mehrere angemoderte Holzteile		enthält im ganzen Profil angemoderte Holzteile, Steine und/oder bindiges mineralisches Material
	Biologische Aktivität : Merkmal Regenwürmer	-	-	+	+
langfristig zu erwartendes Verhalten des Präsmaterials im Draingraben	voraussichtliche Strukturstabilität	schlecht, Tendenz zu Verdichtung	genügend	gut	sehr gut
	Durchlässigkeit	dauernde Verschlechterung	unsicher	genügend	gut
	Teilweiser Grabenfilter	unbedingt	bedingt	nein	nein
	dünner Drainfilter um das Rohr reicht aus	nein	mit grossem beständigem Volumen; nicht zu feine Poren	(±) ja	ja

Tab. 2 Vorläufiges Beurteilungsschema für den Einsatz von Drainfiltern in Torfböden.

Literatur

[1] Bellin, Collins, Gallwitz: Entwicklung in der Dräntechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1950–1975.
Paul Parey, Hamburg: 1976 Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser- und Kulturbauwesen (KWK) Heft Nr. 24.

[2] Breichle, D.: Die Dränung von Grundwasserböden.
Paul Parey, Hamburg, 1976. (KWK) Heft Nr. 24

[3] Eggelsmann, R.: Dränanleitung.
Paul Parey, Hamburg, 1981

[4] Feichtinger, Leder: Zur Wirksamkeit von Filtermaterialien in der Dräntechnik. Petzenkirchen 1980. Mitteilung aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Nummer 26

[5] Jäggli, Juhasz: Verlauf und Grösse der Moorsackung im Berner Seeland. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 21 (314), 1982

[6] Kany, Heinisch: Wasserdurchlässigkeit und Filtereigenschaften fester poröser Körper. Verlag Ernst, Berlin, 1977

[7] Kuntze, H.: Verockerungen, Diagnose und Therapie. Paul Parey, Hamburg: 1978. (KWK) Heft Nr. 32

[8] Müller, U.: Möglichkeiten und Grenzen der Tiefenlockerung unter schweizerischen Verhältnissen. Publikation des Institutes für Kulturtechnik, ETH Zürich 1982

[9] Widmoser, P.: Der Einfluss von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drain- und Brunnenfilterrohren. Publikation des Instituts für Kulturtechnik, ETH Zürich 1972

Adresse des Verfassers:
Peter Hutzli, Dipl. Kulturing. ETH
Ing.- und Vermessungsbüro B. Kauter
Egliweg 6, CH-2560 Nidau

Angewandte Ingenieurbiologie

Th. Weibel

Wirkungsweisen, Einsatz und natürliche Grenzen der ingenieurbiologischen Verbauungen werden beschrieben. Da es keine schematischen und normierten Problemlösungen gibt, zeigen Beispiele die gebräuchlichsten Methoden. Für Steckhölzer, Buschlagen, Flechtzaun, Hangrost und Holzkasten werden auf Grund von Erfahrungswerten Planung und Ausführung inkl. Kosten und Faktoren, welche diese beeinflussen, beschrieben. Dazu soll die Grundlage für eine kreative Suche nach objektbezogenen Lösungen gelegt werden. Neben den unterschiedlichen Funktionen der Weiden wird auf den Aufwand für Pflege und Unterhalt eingegangen.
Künftig sollte bei den Ingenieuren das Verständnis für die biologischen Bauweisen gefördert werden, auch wenn für die konkrete Projektierung meistens ein Spezialist beigezogen werden muss. Entwickelnde Impulse sind von der Forschung und von Kleinversuchen zu erwarten, die jeder Praktiker an seinen Objekten durchführen kann. Dadurch wächst die Erfahrung, und die Ingenieurbiologie wird weiterentwickelt.

L'article décrit les manières de constructions du génie biologique et montre leurs limites dont il faut tenir compte. Des exemples montrent les méthodes habituelles et leurs applications. Il n'existent ni solution schématique ni normée. L'important est toujours une solution adaptée à l'objet. Ceci fait que les exemples sont caractérisés par leurs emplacements, les mesures prises, leurs planifications et les coûts d'exécution. Les calculations se basent sur des prix d'expérience et plusieurs facteurs peuvent les influencer (les boutures, le lit de plançon, le chayonnage et le caisson en bois).
Du but des constructions découlent les mesures et l'étendu de l'entretient et des soins. Il est important qu'à l'avenir les ingénieurs aient une plus grande compréhension du génie biologique. Pour la projection proprement dite cependant il faudra toujours faire recours à un spécialiste. Bien que les lignes directives principales soient fixées par la recherche chacun est libre (et appelé) de faire des expériences sur ses propres objets. C'est ainsi que l'expérience et le génie biologique luimême se développent.

1. Einleitung

Ingenieurbiologie ist die Wissenschaft von der Fähigkeit der Pflanzen, Boden gegen mechanische Angriffe zu schützen. Bei der Anwendung wird lebendes Pflanzenmaterial als Baustoff und Konstruktionselement eingesetzt. Die Verwendung lebender Pflanzen für verschiedenste Sicherungsaufgaben im Erdbau (= Grünverbau) und Wasserbau (= Lebendverbau) ist seit alters her bekannt, wurde jedoch wenig praktiziert. Das wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung verpflichtet den Ingenieur immer mehr zu solchen landschaftsschonenden Bauweisen. Die Ingenieurbiologie bietet ihm neue und wirksame Bauverfahren an. Auch wenn ihre Handhabung vorerst ungewohnt ist, sind sie bei richtiger Anwendung und Pflege in vielen Fällen vergleichbaren Bauweisen aus unbelebten Baustoffen überlegen. Im Unterschied zu diesen fehlen jedoch die technischen Grundlagen für die Berechnung einer Konstruktion. So ist nicht bekannt, wie die Vegetation rechnerisch einbezogen werden kann. Zudem muss man bei Anlage und Unterhalt von lebenden Bauten auf das vertraute Vorgehen verzichten und andere Wege gehen.
Die Pflanzen erbringen ihre bautechnische Leistung immer in Verbindung mit dem zu schützenden Bodensubstrat. Besondere Bedeutung kommt den bodenmechanischen Kennziffern dieses Materials zu. Ihre Beeinflussung durch Pflanzen ist sehr unterschiedlich. Generell kann gesagt werden, dass die Wurzeln einen wasserunabhängigen Kohäsionsanteil bewirken. Dadurch wird die Standsicherheit im Vergleich zum undurchwurzelten Material erhöht. Die Erhöhung der Festigkeit der oberflächlichen Bodenschicht verlagert mögliche Gleitfugen in grössere Tiefen, in Zonen also, die aufgrund ihrer geringeren Verwitterung oft grössere Stabilität aufweisen. Wie bei allen Ingenieurbauwerken darf die Kenntnis von neuen Methoden nicht dazu verleiten, diese immer und überall einzusetzen. Es ist ebenso unmöglich, jegliche Hartbauweise mit lebenden Bauten zu ersetzen, wie es sinnlos ist, jede noch so kleine Blösse von wenigen Quadratmetern intensiv mit ingenieurbiologischen Mitteln zu verbauen. Die sanfteste und auch billigste Sanierung kleinster Objekte realisiert die Natur, indem sie mit der Zeit von selbst überwachsen. Auch die sanften Baumassnahmen müssen aus der Sicht der Verhältnismässigkeit angewandt werden. Grundlage dazu ist selbstverständlich, dass Schutzbedürfnis und Sicherheitsanspruch vorgängig festgelegt sind. Als weiterer Teil der Zielvorgabe muss das spätere Erscheinungsbild fixiert sein. Grünland, Gebüsch und Wald bedingen unterschiedliche Bauweisen und erfordern andersartige und unterschiedlich intensive