

MÜHRING, W., Neubauamt Mittellandkanal, Osnabrück, BRD
SAATHOFF, F., Franzius-Institut, Hannover, BRD

PRÜFUNG DER FILTEREIGENSCHAFTEN VON VERBUNDSTOFFEN TESTING OF FILTER CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS TEST DES PROPRIETES DE FILTRAGE DES GEOTEXTILES COMPOSITES

Inhalt dieses Beitrages ist eine Beschreibung der Auswirkungen von mechanisch verfestigten Vliesstoff-Einzelkomponenten auf die mechanischen und hydraulischen Filterwirksamkeiten eines Verbundstoffes. Im Turbulenzversuch wird die Abhängigkeit des Bodendurchganges, der Bodeneinlagerung und deren Verteilung über die Filtrationslänge von der Lagenanzahl, von verschiedenen Faserfeinheiten und Bodenarten aufgezeigt. In den durchgeführten Untersuchungen der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte senkrecht zur Geotextilebene wird der Zusammenhang der k_v -Werte der Einzelkomponenten und der entsprechenden Verbundstoffe nachgewiesen. Das gleiche gilt für die Untersuchungen der wirksamen Öffnungsweite D_w . Der Einfluß der Vernadelung zum Verbundstoff konnte untersucht werden. Weiterhin zeigen die Untersuchungen den Einfluß der Stabilisierungsschicht auf die Filterwirksamkeiten des Geotextils.

1. EINLEITUNG

Aufgrund technischer und wirtschaftlicher Vorteile gegenüber konventionellen Baumethoden kommen Geotextilien im Erd- und Wasserbau zunehmend zum Einsatz.

Überall dort, wo ein Filter zum wesentlichen Bestandteil eines Bauwerkes gehört (Uferdeckwerke, Böschungssicherungen, Bühnen, Kolkschutz etc.), hängt die Lebensdauer dieses Bauwerkes von der Erhaltung der phasentrennenden Funktionen des Filters ab. Untersuchungen über die Langzeitbeständigkeit der verwendeten Filterprodukte haben positive Ergebnisse gebracht. Bemessungskriterien konnten erst aufgrund langjähriger Erfahrungen entwickelt werden, wie auch die geotextilen Filterprodukte aufgrund der gesammelten Erfahrungen und den daraus gestellten Anforderungen eine Entwicklung mit sich brachten, die vom Gewebe mit einer Porenverteilung in der Ebene, über die Vliesstoffe mit einer Porenverteilung in der Ebene und senkrecht zur dieser Ebene, zu den Verbundstoffen mit abgestuften Porenverteilungen der Einzelschichten führte.

Aufgrund von vorliegenden Erfahrungen haben sich z.B. im Verkehrswasserbau an stark beanspruchten Wasserstraßen in den letzten 10 Jahren Verbundstoffe zunehmend bewährt. Verbundstoffe sind zusammengesetzte Vliesstofflagen unterschiedlichen Titers und Dicke. Sie begünstigen zum Beispiel durch Abstimmung mehrerer Vliesstofflagen (Porenweitenverteilung und Dicke) die Filterwirksamkeiten insbesondere bei feinkörnigem und geschichtetem Boden. An Böschungen ($m \geq 1 : 4$) sind Verbundstoffe zur Bodenseite hin mit einer, verglichen mit der oberliegenden Filterschicht, sehr viel offeneren Vlieslage - der sogenannten Stabilisierungsschicht (Rauhigkeitsschicht) - ausgerüstet.

Auf den Geotextilkonferenzen in London (1984) und

Hydraulic and filter characteristics were determined for mechanically bonded non-wovens in order to investigate how the individual layers influence the properties of the composite material. The influence of the number of layers, varying fibre thicknesses, and type of soil on the soil penetration, incorporation, and distribution over the filter thickness was shown by turbulence tests as developed by the FEDERAL INSTITUTE OF WATERWAYS ENGINEERING (BAW). Permeability values normal to the plane, k_v , determined by tests conducted at the FRANZIUS-INSTITUT FOR HYDRAULIC RESEARCH AND COASTAL ENGINEERING show the relationship between k_v -values of the single components and that of the composite material. Similar interrelationships were determined for the effective opening size, D_w . The influence of the needle-punching was also investigated. The tests also showed the influence of the roughness layer on the filter effectiveness of geotextiles.

Dornbirn (1984) wurden Deckwerksschäden an Böschungen, wie sie in Amerika und den Niederlanden durch Bodenlagerungen unter dem Geotextil aufgetreten sind, diskutiert. Als Lösungsvorschlag hat die in der Bundesrepublik seit 1975 entwickelte Technik des Einsatzes von Verbundstoffen mit Stabilisierungsschicht zur Verhinderung der Bodenlagerung in Böschungsfalldirection und zur Stabilisierung von erosionsgefährdeten Flächen hohe Beachtung gefunden.

Bei der Abstimmung eines geotextilen Filters mit Stabilisierungsschicht auf den Boden an einer Böschung geht es um die Bemessung der Anforderungen:

1. Lösung des Filterproblems, d.h. Bestimmung der Porenweitenverteilung in der eigentlichen oberliegenden Filterschicht bzw. den Filterschichten, so daß sich innerhalb der vorgegebenen Gesamtschichtdicke die erforderliche Filtrationslänge ausbilden kann.
2. Lösung des Grenzschnittproblems, d.h. Bestimmung der Öffnungsweite der Stabilisierungsschicht so, daß nach dem Überschreiten des kritischen Gefälles Bodenpartikeln aus der Böschung in die Stabilisierungsschicht einwandern und dort der Gleichgewichtszustand bis über das maximal möglich auftretende Druckgefälle erhalten bleibt.

Inhalt dieses Beitrages ist es, die Vorgänge im mehrschichtigen Verbundstoff unter Beachtung der komplexen Wechselwirkung zwischen dem Geotextil, Boden und strömendem Wasser durch Kennwerte zu beschreiben.

2. VERWENDETE GEOTEXTILIEN

Um zu ermitteln, in welcher Weise sich die Eigenschaften von Einzelkomponenten im Verbundstoff auswirken, wurden an mechanisch verfestigten Spinnfaser-

GEOTEXTIL	MASSE PRO FLÄCHE	DICKE	D_w
	g/m ²		
Typ A: 1 x 7 dtex	500	3,2	0,08
Typ B: 1 x 17 dtex	500	4,0	0,13
Typ C: Verbundstoff	1900	17,5	0,06
	820*	10,5*	0,58*
Typ D: Verbundstoff	1800	21,3	-
	950*	13,3*	1,34*
Typ E: Verbundstoff	1400	26,7	-
	560*	20,0*	etwa 6,0*

* der Stabilisierungsschicht (Abk.: Stab.)

Tabelle 1
Verwendete Geotextilen

vliesstoffen, die unterschiedlich miteinander kombiniert wurden, und Verbundstoffen mit Stabilisierungsschicht hydraulische und filtertechnische Kennwerte bestimmt. Einflüsse der Vernadelung zum Verbundstoff konnten jeweils durch den Vergleich der Werte des Verbundstoffes und der nur lose aufeinander liegenden Einzelkomponenten (im folgenden Nullverbundstoff genannt) untersucht werden.

Tabelle 1 zeigt einige Werte zur grundsätzlichen Einschätzung der gewählten Produkte, Abb. 1 zeigt einen Querschnitt vom Geotextil Typ D.

3. PRÜFVERFAHREN

Als Versuchseinrichtungen wurden der Turbulenzversuch nach BAW (BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU), die Prüfgeräte des FRANZIUS-INSTITUTS zur Bestimmung der wirksamen Öffnungsweite und der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte senkrecht zur Geotextilebene sowie ein eigens für diese Untersuchungen entwickeltes Versuchsgerät benutzt.

3.1 BESTIMMUNG DER WIRKSAMEN ÖFFNUNGSWEITE

Die wirksame Öffnungsweite D_w wird durch eine Naßsiegung mit einem vorgegebenen Testsand bestimmt. Im Versuch übernimmt das Geotextil die Funktion eines Siebes (Abb. 2).

Die wirksame Öffnungsweite D_w wird in der größten Fraktion der vorgegebenen Siebfractionen, in der der Filterdurchgang mehr als 10 % der maßgebenden Fraktion beträgt, über eine Interpolation nach festgelegtem Verfahren bestimmt.

3.2 BESTIMMUNG DER WASSERDURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTE SENKRECHT ZUR GEOTEXTILEBENE

Die auflastabhängigen Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_v senkrecht zur Ebene des Geotextils werden bei konstanter Druckhöhe im Prüfgerät an einem aus mehreren Lagen bestehenden Probenpaket in Anlehnung an das Gesetz von DARCY bestimmt (Abb. 3).

Neben dieser üblichen Bestimmung wurden die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zudem von aus dem Turbulenzversuch ausgebauten Proben und entsprechender Nullversuche (d.h. ohne Bodeneinlagerung) bei einer Belastung von 2 kN/m² ermittelt.

3.3 TURBULENZVERFAHREN

Der Prüfbehälter beim Turbulenzverfahren der BAW wird über einem Rotor, der eine turbulente Anströmung der

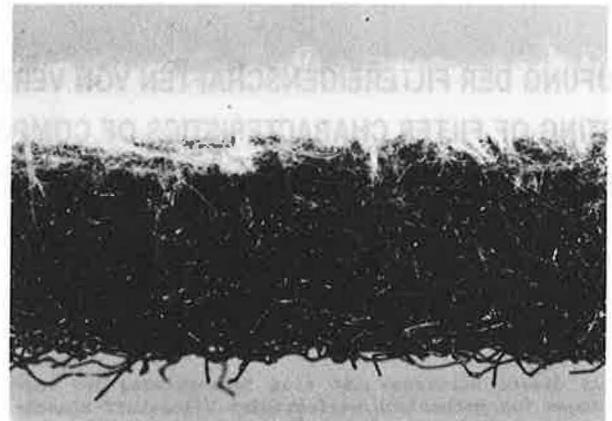


Abb. 1
Querschnitt Geotextil Typ D

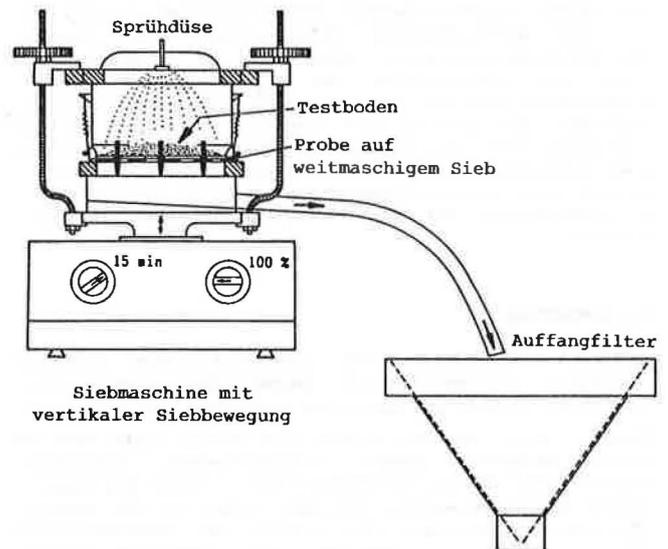


Abb. 2
Versuchseinrichtung zur Bestimmung der wirksamen Öffnungsweite

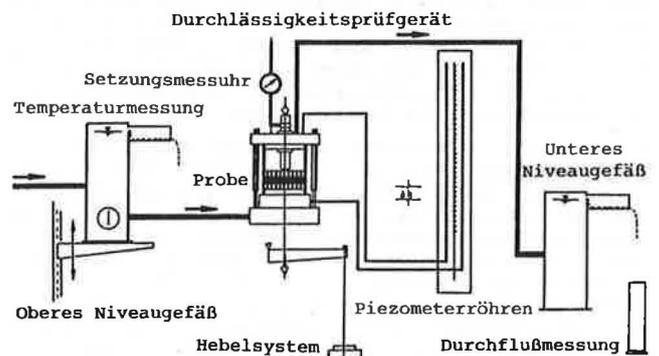


Abb. 3
Versuchseinrichtung zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte senkrecht zur Geotextilebene

Filterprobe bewirkt, so angeordnet, daß sich das Geotextil etwa 1,0 cm unter der Wasseroberfläche befindet (Abb. 4). Die Masse des Bodendurchganges wird nach 150 min Versuchsdauer bestimmt. Aus den von der BAW standardisierten Bodentypen, die jedoch üblicherweise nicht alle für den Turbulenzversuch herangezogen werden, wurden verschiedene Böden gemischt. Abb. 5 zeigt die Körnungslinien der verwendeten Böden.

Um den Einfluß der auf den Bodendurchgang unterstützend wirkenden Schwerkraft zu eliminieren, wurde zusätzlich eine Veränderung dahingehend vorgenommen, daß die Prüfbehälter in gleichem Abstand vom Rotor umgekehrt eingebaut wurden (Abb. 6).

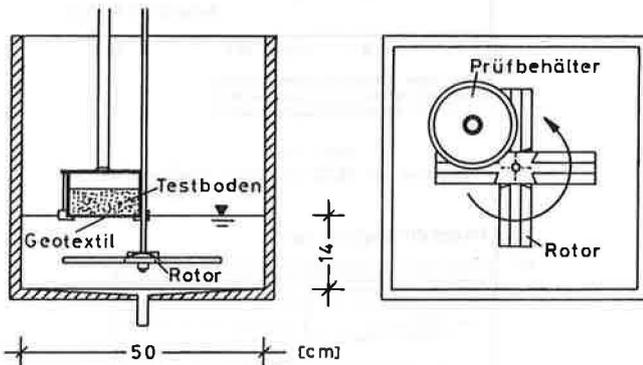


Abb. 4
Turbulenzverfahren der BAW

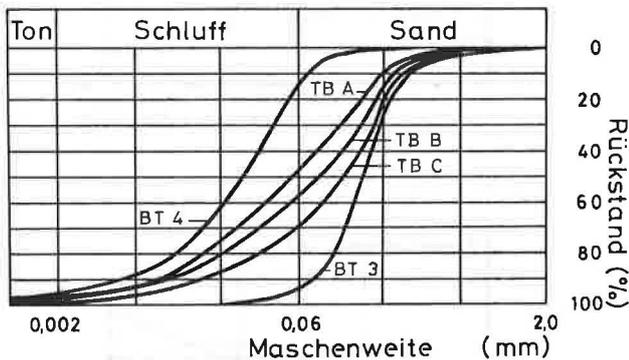


Abb. 5
Körnungslinien der verwendeten Bodentypen

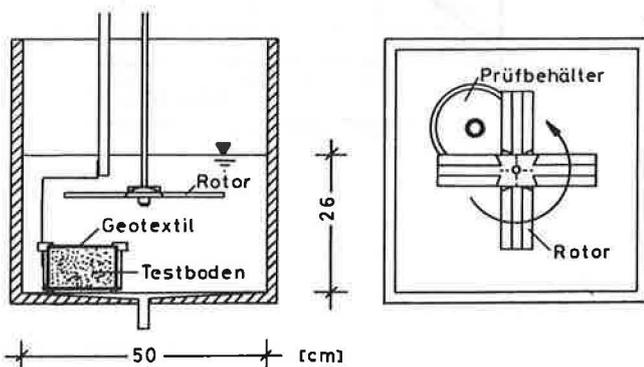


Abb. 6
Versuchsanordnung des Turbulenzverfahrens, Variante "Probe unter Rotor"

3.4 VERSUCHSEINRICHTUNG ZUR UNTERSUCHUNG DER KONTAKTFLÄCHENEROSION BEI GEOTEXTILIEN

Um das Einwandern von Bodenpartikel in die Stabilisierungsschicht und etwaige Transportphänomene und Umlagerungsprozesse in der Ebene des Geotextils zu beschreiben, wurde folgender Versuchsstand im FRANZIUS-INSTITUT entwickelt (Abb. 7).

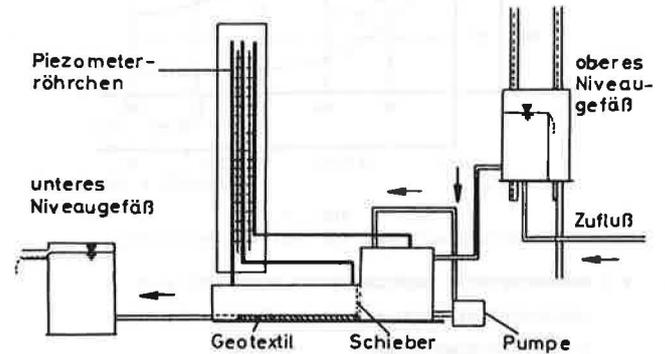


Abb. 7
Versuchseinrichtung zur Erfassung von Transportphänomenen

Aus einem oberen Überlauf gelangt das Wasser unter konstanter Druckhöhe in ein mit Boden gefüllten, quaderförmigen Behälter, an dem für Durchmischungszwecke eine Pumpe angeschlossen ist. Die Wasser-Boden-Suspension gelangt durch Öffnen eines Schiebers in die eigentliche Versuchskammer, wo das zu untersuchende Geotextil (50 x 10 cm) eingebaut wird. Der Ablauf wird wiederum durch einen Überlaufbehälter gebildet.

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

4.1 EINFLUSS DER FILTRATIONS-LÄNGE (DICKE) HOMOGEN AUF-GEBAUTER VLIESTOFFE AUF DEN BODENDURCHGANG

Zur Ermittlung des Filterdurchganges in Abhängigkeit von der Dicke wurden einige der verwendeten Geotextilien als Nullverbundstoffe in die oben beschriebenen Versuchsgeräte eingebaut. Abb. 8 zeigt beispielhaft für Testboden B den Zusammenhang zwischen Bodendurchgang (vgl. Abschnitt 3.3) und der Lagenzahl. Eine Verdoppelung der Lagenzahl bringt eine wesentlich geringeren Bodendurchgang mit sich. Neben diesem Einfluß der Filtrationslänge muß auch festgestellt werden, daß dickere Produkte die turbulenten Anströmungen, die vom Rotor erzeugt werden, besser abschirmen. Durch eine Erhöhung der Lagenzahl ist die wirksame Öffnungsweite (vgl. Abschnitt 3.1) nur unwesentlich zu beeinflussen.

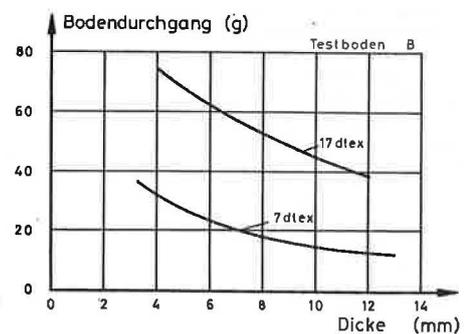


Abb. 8
Bodendurchgang als Funktion der Dicke

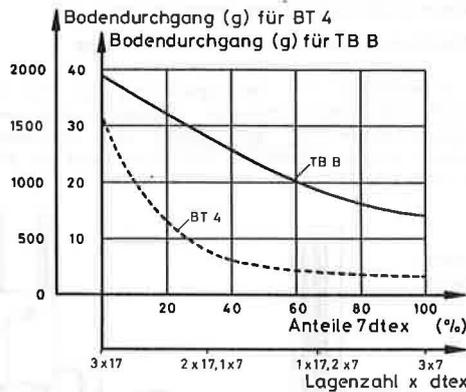


Abb. 9
Bodendurchgang für Nullverbundstoffe

4.2 MEHRSCHTIG AUFGEBAUTE VLIESSTOFFE MIT
UNTERSCHIEDLICHEN WIRKSAMEN ÖFFNUNGSWEITEN
DER EINZELKOMPONENTEN

In Abb. 9 ist der Bodendurchgang für Nullverbundstoffe in Abhängigkeit von der Faserfeinheit und dem Bodentyp dargestellt. Deutlich ist die Abnahme des Bodendurchganges bei zunehmender Faserfeinheit zu erkennen. Die Abbildungen 10 und 11 zeigen den Einfluß der Stabilisierungsschicht auf den Bodendurchgang. Bei allen Mischböden (Testboden A, B und C) liegt der Bodendurchgang der Verbundstoffe mit Stabilisierungsschicht höher als bei Verwendung des reinen Vliesstoffes (Abb. 10). Dies ist durch eine Zunahme des Feinkornanteils am Bodendurchgang zu erklären. Die Stabilisierungsschicht wirkt wie ein Sieb bzw. als Vorfilter, was ein Zurückhalten größerer Kornfraktionen zur Folge hat. Ein verstärktes Hindurchwandern feinerer Partikel wird durch das Fehlen der Grobbestandteile begünstigt; ein Blockieren einzelner Poren entfällt. Mit Zunahme an Feinkornpartikeln (anteilige Zunahme von BT 4) verliert die "Siebwirkung" an Bedeutung. Bei Bodentyp 4, dem Boden mit dem höchsten Schlammkornanteil, ist der Bodendurchgang des Vliesstoffes größer als derjenige des Verbundstoffes.

Durch eine zusätzliche Vorfilterschicht beim dreilagigen Verbundstoff wird der Bodendurchgang gegenüber einer zweilagigen Ausbildung verringert und zwar besonders stark für Bodentyp 4. Abb. 11 zeigt diesen Einfluß beispielhaft für das Geotextil 7 dtex. Bei den bisher diskutierten Geotextilien handelt es sich um die Verarbeitung reiner Fasern, d.h. keine Mischfasern. Ein Vergleich mit Geotextilien, wie sie in der Praxis verarbeitet werden, zeigt Abb. 12, wobei die Verbundstoffe C und D bis auf geringe Differenzen in den Faserfeinheiten genauso aufgebaut sind wie die Verbundstoffe 7 dtex, 17 dtex und Stab. C bzw. Stab. D. Die Versuchsergebnisse bestätigen eine teilweise Übereinstimmung. Demgegenüber zeigt der Verlauf des Bodendurchganges beim Verbundstoff E deutliche Differenzen. Aufgrund der sehr offenen Struktur der Stabilisierungsschicht ist eine Filterwirkung nicht zu erwarten. Der Verlauf ähnelt am ehesten dem eines reinen Vliesstoffes (vgl. Abb. 10).

Die Verbesserung der mechanischen Filterwirksamkeit durch eine abgestufte dreilagige Filterausbildung wird besonders im Bereich der feinkörnigen Böden durch die oben beschriebenen Versuche deutlich. Werden dreilagige Geotextilien mit (z.B. 1 x 7, 1 x 17, Stab. C) und ohne Stabilisierungsschicht (z.B. 1 x 7, 2 x 17) verglichen, so kann auch hier tendenziell festgehalten werden, daß der Bodendurchgang der Geotextilien mit Stabilisierungsschicht bei Bodentyp 4 verringert wird.

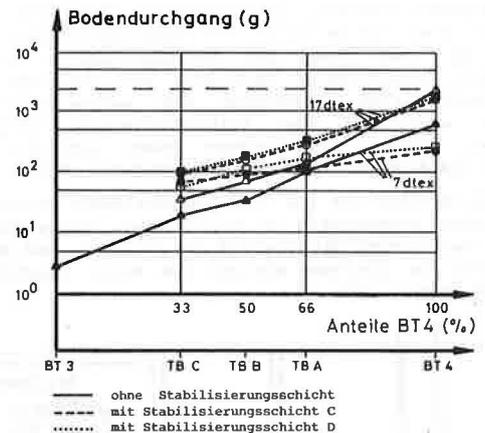


Abb. 10
Bodendurchgang in Abhängigkeit vom Bodentyp

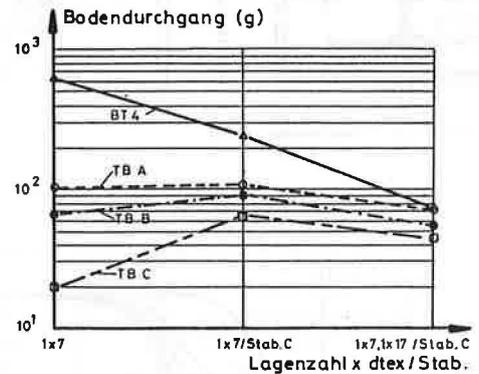


Abb. 11
Bodendurchgang des 7 dtex Vliesstoffes

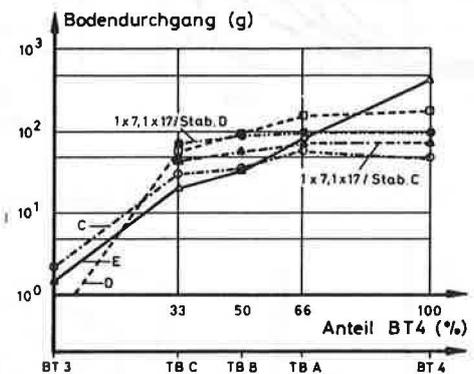


Abb. 12
Bodendurchgang in Abhängigkeit vom Bodentyp

Aufgrund der großen wirksamen Öffnungsweite der Stabilisierungsschichten Stab. C und Stab. D ($D_w = 0,58$ mm bzw. $1,34$ mm) und der 17 dtex Vorfilterschicht ($D_w = 0,13$ mm) ist das verstärkte Zurückhalten des Bodentyps 4 ($d_{50} = 0,03$ mm) dem Einfluß der Filtrationslänge bei abgestuften Porenstrukturen zuzuschreiben. Der Bodendurchgang wurde durch das Zusammenwirken dieser Komponenten von 652 g (1 x 7 dtex) über 173 g

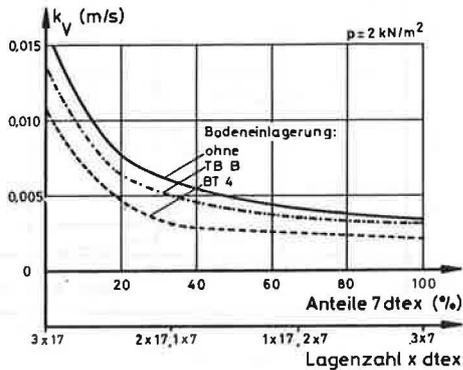


Abb. 13
Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte
mehrschichtig aufgebauter Nullverbundstoffe

(1 x 7, 2 x 17 dtex) auf bis zu 77 g (1 x 7, 1 x 17 dtex, Stab. C) reduziert. Jedoch nur bei richtiger Abstufung auf die Bodenverhältnisse kann die mechanische Filterwirksamkeit verbessert werden.

Die Versuche mit der Anordnung "Probe unter Rotor" (vgl. Abb. 6) wurden nur mit Bodentyp 4 gefahren. Der Bodendurchgang liegt i.a. in der Größenordnung 1 - 2 % bezogen auf den Bodendurchgang bei der standardisierten Prüfung. Die oben beschriebenen Tendenzen konnten bestätigt werden, wenngleich bedingt durch den Vergleich zu kleiner Zahlen und der Abschirmung turbulenter Strömung die Einflüsse einer Vorfilterschicht bei der dreilagigen Ausbildung nicht deutlich aufgezeigt werden konnten.

Abb. 13 zeigt den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert mehrschichtig aufgebauter Nullverbundstoffe mit unterschiedlichen wirksamen Öffnungsweiten von fabrikkneuen und aus dem Prüfbehälter des Turbulenzversuches ausgebauten Proben. Bereits bei Verwendung einer Lage 7 dtex wird der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert gegenüber 3 x 17 dtex um 50 % reduziert. Die bei Bodeneinlagerung ermittelte, vernachlässigbare Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit ist, bedingt durch die Versuchsanordnung und -dauer, auf Praxiswerte nicht übertragbar.

Die Abnahme der Wasserdurchlässigkeit der bodenbehafteten Geotextilien gegenüber den fabrikkneuen ergibt sich aus der Bodeneinlagerung, die abhängig ist von der Kornzusammensetzung des Bodens und der Struktur des Geotextils. So wurde z.B. beobachtet, daß mit Zunahme von feinen, eingelagerten Bodenpartikeln beim 7 dtex Vliesstoff (Proben aus dem Turbulenzbehälter ausgebaut) eine leichte Abnahme der Wasserdurchlässigkeit festzustellen ist (Abb. 14).

Durch die Stabilisierungsschicht werden grobe Kornbestandteile in dieser Schicht zurückgehalten. Durch die vergrößerte Filtrationslänge ist es außerdem möglich, auch Kornfraktionen mit vergleichsweise kleineren Korndurchmesser im Filter zu binden und damit den k_v -Wert zu verringern. Durch die Verwendung einer Vorfilterschicht ist eine verstärkte Abnahme der Wasserdurchlässigkeit, besonders für Böden mit hohem Schlammkornanteil, gegenüber den zweilagigen Verbundstoffen zu beobachten (Abb. 14). Die Filterwirkung dieser Produkte ist im Zusammenhang mit den Meßergebnissen des Turbulenzversuches (deutliche Abnahme des Bodendurchganges verglichen mit den Verbundstoffen ohne Vorfilterschicht) zu sehen.

Die tendenzielle Abnahme des k_v -wertes mit anteiliger Zunahme von Bodentyp 4 bestätigt sich auch für die in der Praxis eingesetzten Mischfaser-Verbundstoffe.

Bei Verbundstoffen ohne Stabilisierungsschicht (hier

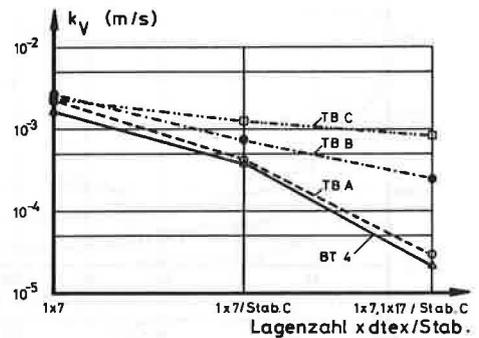


Abb. 14
Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte
des 7 dtex Vliesstoffes

getestet: 1 x 17, 2 x 7 und 2 x 17, 1 x 7 dtex) sind die k_v -Werte vom Bodentyp nahezu unbeeinflusst, was im Hinblick auf die hydraulische Filterwirksamkeit positiv zu bewerten ist. Bei der Frage nach der Ausbildung eines geotextilen Filters ist jedoch die mechanische Filterwirksamkeit zu berücksichtigen (siehe oben) und deswegen einer mehrlagigen Anordnung mit porenmäßig abgestuften Vliesstoffen mit Stabilisierungsschicht als Verbundstoff einer einfachen Vliesstofflage vorzuziehen.

Der Einfluß der Filtrationslänge (vgl. Abschnitt 4.1) des Vliesstoffes mit dem kleineren D_w ist in Abb. 15 zu erkennen. Aufgrund der Tatsache, daß eine Filterkuchenbildung zwischen zwei Geotextilien mit gleicher Faserfeinheit im Nullverbund nicht festgestellt wurde und bei Nullverbundstoffen mit unterschiedlichen wirksamen Öffnungsweiten gerade an der Grenzfläche zur Einzelkomponente mit geringerem D_w eine starke Bodenansammlung stattfindet, sind die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar.

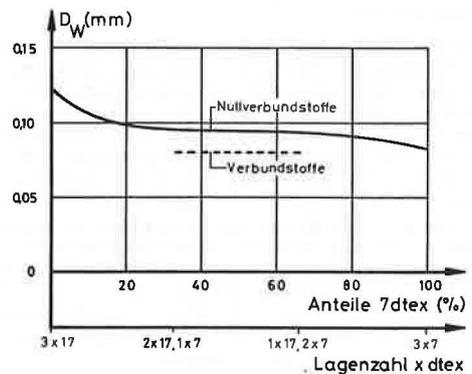


Abb. 15
Wirksame Öffnungsweite D_w

4.3 EINFLÜSSE DER VERNADELUNG ZUM VERBUNDSTOFF

Unter dem Einfluß der Vernadelung wird im folgenden der Vergleich der Meßwerte der Nullverbundstoffe mit denen der Verbundstoffe verstanden.

Durch die erneute Vernadelung werden die Verbundstoffe dünner (hier etwa um 20-25 % gegenüber den Nullverbundstoffen) und steifer, erhalten aber auch zusätzliche Öffnungen.

Auf den Bodendurchgang beim Turbulenzversuch hat die Vernadelung nur einen geringen Einfluß. Bei den Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten k_v fabrikkneuer Vliesstoffe

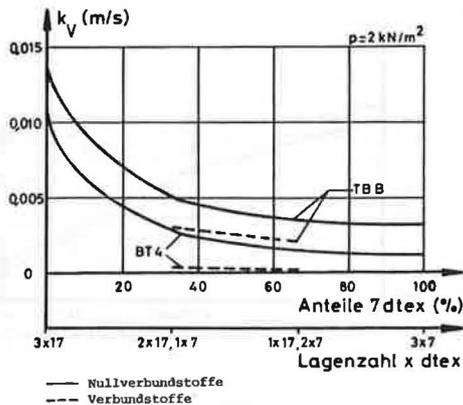


Abb. 16

Wasserdruchlässigkeitsbeiwerte mehrschichtig aufgebauter Vliesstoffe mit Bodeneinlagerung

bringt die Vernadelung eine vernachlässigbare Verringerung. Die Reduzierung der Wasserdruchlässigkeit der Verbundstoffe gegenüber den Proben im Nullverbund ist für die aus dem Turbulenzversuch ausgebauten, bodeneingelagerten Geotextilien in Abb. 16 aufgetragen. Eine vergleichsweise stärkere Abnahme ist dabei für den Bodentyp 4 zu erkennen. Werden die absoluten Werte betrachtet, so ist bezüglich dieses Bodentyps eine Abnahme um fast exakt eine Zehnerpotenz festzustellen. Ein Grund für die Abnahme der Wasserdruchlässigkeit von Verbundstoffen ist sicherlich neben der erneuten Vernadelung die erhöhte Bodeneinlagerung, die ungefähr doppelt so groß ist wie die der Nullverbundstoffe. Auch die vergleichsweise stärkere Abnahme der mit Bodentyp 4 eingelagerten Proben gegenüber den mit Testboden B kann durch die Bodeneinlagerung erklärt werden. Die beim Turbulenzversuch mit Bodentyp 4 ausgebauten Geotextilien weisen bis zu 6 mal größere Bodeneinlagerungswerte auf als die Proben, die mit Testboden B gefahren wurden.

Verglichen mit den Einzelkomponenten im Nullverbund wird in Abb. 15 deutlich, daß die wirksame Öffnungsweite der Verbundstoffe geringer auftritt, was durch die schon erwähnte Bodeneinlagerung einerseits (Verbundstoffe weisen etwa doppelt so hohe Bodeneinlagerungswerte auf als entsprechende Nullverbundstoffe), andererseits aber auch durch die bei der Vernadelung erzielte geringe Dicke (größere Faserdichte) erklärt werden kann. Werden die Werte der wirksamen Öffnungsweite der Verbundstoffe mit dem des Nullverbundstoffes 3 x 7 dtex verglichen, so kann durch die Übereinstimmung die Schlußfolgerung gezogen werden, daß nicht die erneute Vernadelung für den D_w -Wert ausschlaggebend ist, sondern vielmehr dessen Einzelkomponente mit der kleinsten wirksamen Öffnungsweite.

4.4 TRANSPORT- UND GRENZFLÄCHENPHÄNOMENE

Für diese Untersuchungen standen die Versuchseinrichtung nach Abb. 7 sowie die Verbundstoffe C, D und E zur Verfügung. Als Parameter wurde eine Anfangskonzentration von 500 g/l gewählt.

Die Geotextilien C und D setzten sich bei Verwendung der Testböden B, C und BT 3 vor der festgesetzten maximalen Versuchsdauer von 60 min voll. Eine Versuchsreihe mit dem Geotextil E war nicht durchzuführen, da der Boden schon bei geringfügigem Druck durch die Stabilisierungsschicht hindurchgespült wurde und keinerlei Bodeneinlagerung erreicht werden konnte. Abb. 17 zeigt beispielhaft für den Verbundstoff D die tendenzielle Vergrößerung des Bodendurchganges bei einer

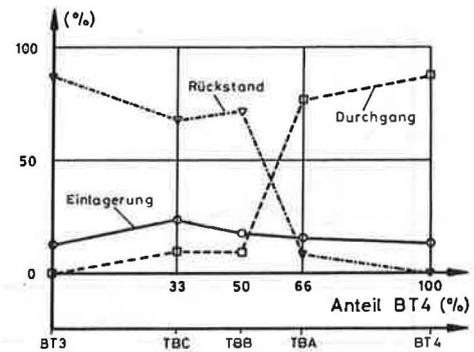


Abb. 17

Prozentuale Aufteilung der Testbodenmasse für Verbundstoff D

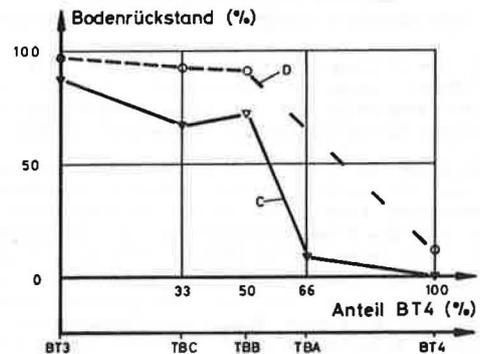


Abb. 18

Vergleich der Bodenrückstände

prozentualen Zunahme von BT 4-Anteilen im Testboden. Bei der visuellen Beobachtung der Versuche war deutlich zu erkennen, daß sich auch die Eintrittslänge der Bodenteilchen mit zunehmendem Feinkornanteil im Testboden erheblich vergrößert. Eine Erklärung für die grundsätzlich kleineren Einlagerungsanteile des Geotextils C gegenüber dem Verbundstoff D ergibt sich aus dessen kleinerer Öffnungsweite der Stabilisierungsschicht, die während der Untersuchungen - besonders mit grobkörnigen Böden - eher zur Einlagerung neigte. Dies begründet außerdem den größeren Bodenrückhalt und den kleineren Bodendurchgang gegenüber dem Verbundstoff Typ D (Stab. D: $D_w = 1,34$ mm) für die gröberen Bodentypen (Abb. 18).

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen zeigen, daß die mehrlagige Ausbildung eines geotextilen Filters als Verbundstoff mit Stabilisierungsschicht eine bessere Filterwirkung aufweist als eine einfache Vliesstofflage. Der Verbundstoff mit der dreilagigen Vliesstoffausbildung bietet gegenüber dem einlagigen Vliesstoff den Vorteil, daß er eine gute Filterwirkung über einen breiteren Körnungsbereich besitzt. Dies kann in Anbetracht der schwierigen Abstimmung der Geotextilstruktur auf den Boden eine zusätzliche Sicherheit bieten.

Unter Beachtung der Faktoren mechanische und hydraulische Filterwirksamkeit sowie Stabilisierung des Bodens ist eine mehrlagige, abgestufte Ausbildung eines geotextilen Filters als Verbundstoff anzustreben. Die Aufgliederung in Feinfilter, Vorfilter und Stabilisierungsschicht erscheint besonders sinnvoll, da die Stabilisierungsschicht (Rauigkeitsschicht) neben Stabilisierungsaufgaben auch die Filteraufgabe der übrigen Schichten unterstützen kann.