

**BURGHARDT W.**

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, BRD

**Zur Theorie und Methodik der Untersuchung der Dränfilterwirkung**

**Theory and method of investigation of the drain filter function**

Summary

Drain filters consist of porous materials. The pore volume and the pore size distribution influence the filter function. It was distinguished between a mechanical and hydraulic filter function. The nature of the filter with a mechanical function depends on the particle size of the soil. The hydraulic filter function will be determined by the reduction of violence of water flow and water pressure in the filter. Filter can diminish the entrance resistance. It has to be differentiated between raising of discharge by filtering under the condition, that the drain is complete filled with water and, that the drain is only partly filled with water. Methods of determination of porosity and pore size distribution are described. The theory of drain filter function can be proved in a model tank.

1. Einleitung

Dränfilter haben die Aufgabe, den Boden am Eintritt in das Dränrohr zu hindern. Nach unseren heutigen Erkenntnissen eignen sich Dränfilter außerdem zur Verbesserung der Wasseraufnahme durch das Dränrohr. Daneben tritt noch die Funktion als Verockerungshemmer durch Absonderung von Chemikalien, was hier nicht weiter behandelt wird. Der Dränfilter kann somit mehrere Funktionen erfüllen. Dabei stellt sich zunächst die Frage nach der Wirkungsweise von Dränfiltern. Daraus sind die Bewertungskriterien und die Untersuchungsmethoden abzuleiten. Im Folgenden soll darüber berichtet werden.

2. Dränfilterwirkung

Heute werden zwei verschiedene Filtertypen unterschieden: das mechanisch und das hy-

draulisch wirkende Filter.

2.1. Die mechanische Filterwirkung

Unter Filterwirkung wird die Trennung von festen und flüssigen Bestandteilen verstanden. Dies ist ein mechanischer Vorgang, der zur Unterscheidung von der nachfolgend beschriebenen hydraulischen Filterwirkung als mechanische Filterwirkung bezeichnet wird.

Für die mechanischen Filterwirkung müssen die Porendurchmesser des Filters kleiner als die Durchmesser der Korngrößen sein, die zurückgehalten werden sollen. Die Porosität eines mechanischen Filters ist somit an die Korngrößenzusammensetzung anzupassen. Der

Filter sollte jedoch nicht unnötig feine Poren aufweisen, denn sehr feine Poren verringern die Wasserdurchlässigkeit des Filters.

## 2.2. Die hydraulische Filterwirkung

Bisher beruhten sämtliche Filteruntersuchungen auf der Annahme einer rein mechanischen Filterwirkung. Die Untersuchung des Porensystems einiger erfolgreich eingesetzter Filtermaterialien (BURGHARDT, 1976) ergab überraschend, daß vorwiegend sehr grobe Poren vorlagen (Abb. 1). Trotzdem tritt durch diese Filter allgemein kein Boden in das Dränrohr ein. Dabei ist festzuhalten, daß

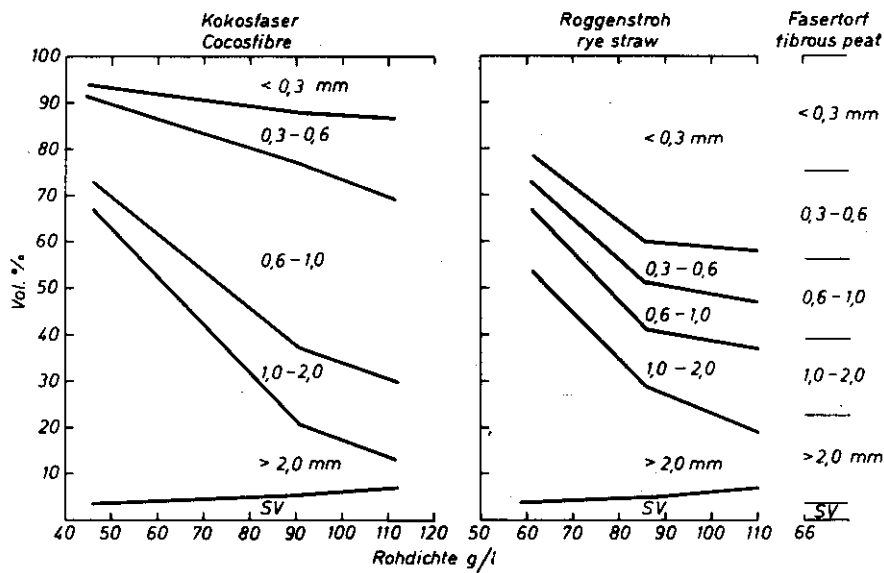


Abbildung 1: Porenraumgliederung einiger Dränfilter  
Figure 1: Pore size distribution of some drainfilter

das Porenvolumen der untersuchten Filterstoffe sehr hoch ist. Hieraus ergibt sich auch schon teilweise eine Erklärung der hydraulischen Filterwirkung. Das Porenvolumen, in dem das Wasser im Boden zum Drän hinfließt, beträgt je nach Bodenart, Lagerungsdichte des Bodens, etc., 4 bis 35 % (Tab. 1). Dieses geringe dränende Porenvolumen des Bodens mündet in das große Porenvolumen der Filterstoffe. Die Folge ist eine starke Verminderung der Fließgeschwindigkeit. Mit ihr geht die Abnahme der Schleppkraft einher. Die sonst im Wasserstrom mitgerissenen Bodenteilchen fallen hier beim Übertritt in das Filter aus oder werden erst gar nicht aus der angrenzenden Boden-

wand gelöst.

Der Filter erleichtert den Wasserübertritt vom Boden in das Dränrohr (WIDMOSER, 1972). Der Wasserübertritt aus dem Boden in das Rohr konzentriert sich beim Filter nicht wie z.B. beim nackten Rohr NW50 auf ca. 10-40, sondern auf über 1500 cm<sup>2</sup>/lfdm. Die Folge ist ein in Filternähe geringerer Wasserdruck und damit eine Abnahme der Fließgeschwindigkeit des Wassers.

Tabelle 1: Gehalt an schnell dränenden Poren (>50- $\mu$ ) einiger Böden

Table 1: Content of quick draining pores of some soils

Bodenart	Gehalt, Vol. %
Grobsand	20 - 35
Mittelsand	17 - 37
Feinsand	11 - 30
lehmiger Sand	8 - 19
sandiger Lehm	7 - 17
sandiger toniger Lehm	5 - 14
schluffiger Ton	4 - 12
Ton	1 - 7
Torf	10 - 25

Als weiteres Kriterium ist hervorzuheben, daß sich in Filtern aus grobporösen Stoffen keine Drücke infolge von Fließwiderständen aufbauen können, was den Transport von Boden durch den Filter in den Drän begünstigen würde.

Nach diesen Ausführungen hängt die hydraulische Filterwirkung vom Porenvolumen und vom Grobporengehalt ab. Der Porengröße sind jedoch bei der hydraulischen Filterwirkung auch Grenzen nach oben gesetzt. Das erklärt sich wie folgt. Dräne sind während der überwiegenden Zeit des Abflußgeschehens nur teilweise mit Wasser gefüllt. Das Wasser tritt aus dem Filter fast drucklos in den Drän über. Infolgedessen entspricht der Wasserspiegel im Filter etwa dem Wasserspiegel im Drän (Abb. 2). Über dem Wasserspiegel des Filters bildet sich dabei ein Kapillarsaum aus. In groben Poren

Dadurch kommt es zu einer Verringerung des für den Wassertransport nutzbaren Filterporenvolumens und der wirksamen Grobporen. Die hydraulische Filterwirkung nimmt somit bei nur teilweise mit Wasser gefüllten Dränen zum Dränscheitel hin ab. Dies stimmt mit eigenen Beobachtungen einer Einschlämmung in Filter am Dränscheitel bei gefügelabilen Böden überein. Bei voll laufendem Rohr, z. B. nach starken Niederschlägen oder bei Rückstau tritt diese Einschränkung nicht ein.

Eine volle Wassersättigung des Filters kann auch erreicht werden, in dem die Porengröße so gewählt wird, daß der kapillare Aufstieg am Dränscheitel endet. Die Folge ist allerdings ein etwas erhöhter Fließwiderstand.

Durch die hydraulische Filterwirkung werden nicht sämtliche Bodenarten am Übertritt in das Dränrohr gehindert. Feinsande und Grob-

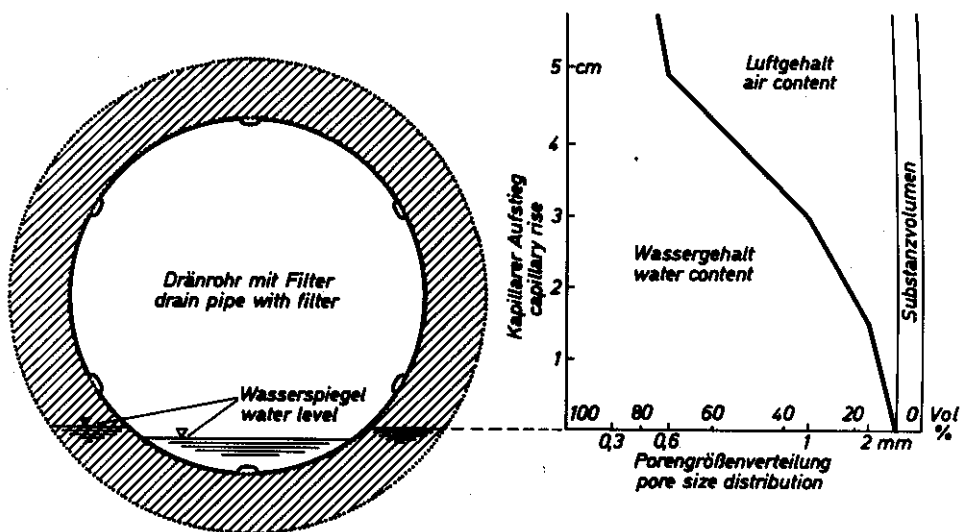


Abbildung 2: Einfluß der Porengrößenverteilung auf den Wassergehalt eines Filters aus Kokosfasern bei teilgefülltem Dränrohr

Figure 2: Influence of the pore size distribution on the water content of a cocofibre filter of a drain pipe partly filled with water

steigt nun das Wasser infolge der Kapillarwirkung nicht so hoch auf wie in feineren.

Die Beziehung gibt die Gleichung in Abb. 5

wieder. Die Folge ist, daß bei grobporösen Filtern zum Dränscheitel hin ein zunehmender Anteil an Poren luftgefüllt ist (Abb.2).

schluffe können im wassergesättigten Zustand allein schon durch die Schwerkraft in Bewegung geraten. Diese Art der Verschlämmung nennen wir Sekundärverschlämmung (KUNTZE, 1973). Dagegen schützt nur ein mechanisch wirkendes Filter. Daneben gibt es

die Primärverschlämmung. Sie tritt durch die Zerstörung des Bodengefüges bei der Dränung auf und führt zu ähnlichen Vorgängen wie bei der Sekundärverschlämmung. Auch hier muß ein mechanisch wirkendes Filter eingesetzt werden. Häufig regeneriert sich jedoch nach einer relativ kurzen Zeit das Bodengefüge, so daß dann ein hydraulisch wirkendes Filter ausreichen würde. Dies läßt sich erreichen, in dem man in ein hydraulisch wirkendes Filter abbaubare Fäden so einwebt, daß zunächst ein mechanisch wirkendes Filter entsteht. Nach der Zersetzung dieses zusätzlichen Gewebes bleibt ein hydraulisch wirkendes Filter übrig.

### 3. Die Erhöhung der Wasseraufnahme.

Das Wasser kann nur über die Eintrittsöffnungen in das Dränrohr eintreten. Diese sind in bestimmten Abständen angeordnet. Dadurch kommt es zu einer Konzentration der Stromlinien vor den Eintrittsöffnungen. Die Folge ist ein hoher Druckverlust. Wird das Dränrohr mit Filterstoffen ummantelt, dann wird das Wasser über die gesamte Filteroberfläche aufgenommen. Der Filter besitzt eine vergleichsweise zum Boden höhere Wasserleitfähigkeit. Das Wasser kann infolgedessen unter wesentlich geringerem Druckverlust zu den Eintrittsöffnungen fließen (Abb. 3). Diese abflußerhöhende Wirkung von Filterstoffen bei voll mit Wasser gefüllten Rohren ist schon länger bekannt (WIDMOSER, 1972).

Wesentlich stärker macht sich jedoch die Filterwirkung beim nur teilweise mit Wasser gefüllten Dränrohr bemerkbar. Das Bodenwasser tritt überwiegend dort in den Drän über, wo es Kontakt mit dem im Drän frei fließenden Wasser hat (Abb.4). Der Wasserübertritt in den Drän erfolgt daher je nach Füllungsgrad vorwiegend von unten oder von den Seiten. Beim Dränrohr ohne Filter werden sich damit die Stromlinien vor den wenigen Eintrittsöffnungen der mit Wasser gefüllten Dränrohrhälfte konzentrieren. Dadurch ent-

steht vergleichsweise zum voll mit Wasser gefüllten Drän beim teilgefüllten Drän ein zusätzlicher Druckverlust.

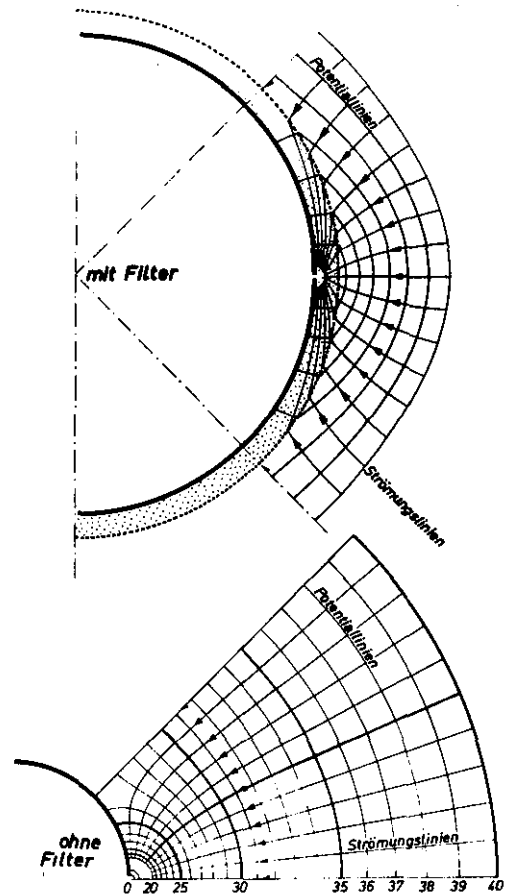


Abbildung 3: Potential- und Strömungslinien am wassergefülltem Drän mit und ohne Filter (nach WIDMOSER, 1972)

Figure 3: Potential and stream lines of a water filled pipe with and without filter

Filterstoffe können nun auch in mit Wasser teilgefülltem Drän auf der gesamten Filteroberfläche das Bodenwasser aufnehmen (Abb. 4). Infolge ihrer guten Wasserleitfähigkeit sind die Filterstoffe in der Lage, dieses Wasser ohne große Druckverluste an die untere wasserführende Dränrohrhälfte abzugeben. Durch den niedrigen Wasserstand im Dränfilter tritt noch zusätzlich ein Druckgewinn auf. Die höhere Wasserleitfähigkeit des Filters und der niedrigere Wasserstand im Filter verbessern die Wasseraufnahme der Dräne aus dem Boden. Vor-

aussetzung sind grobporöse Filterstoffe mit Porengrößen, wie sie auch bei hydraulisch wirkenden Filtern erforderlich sind. Die Anforderungen an den Filter sind soweit für die beiden Funktionen hydraulische Filterwirkung und Verbesserung der Abflußleistung identisch. Allerdings erreicht die hydraulische Filterwirkung ihr Optimum bei voll mit Wasser gefülltem Drän, während die stärkste Förderung des Wasserübertrittes in den Drän bei fast leerlaufendem Drän zu erwarten ist.

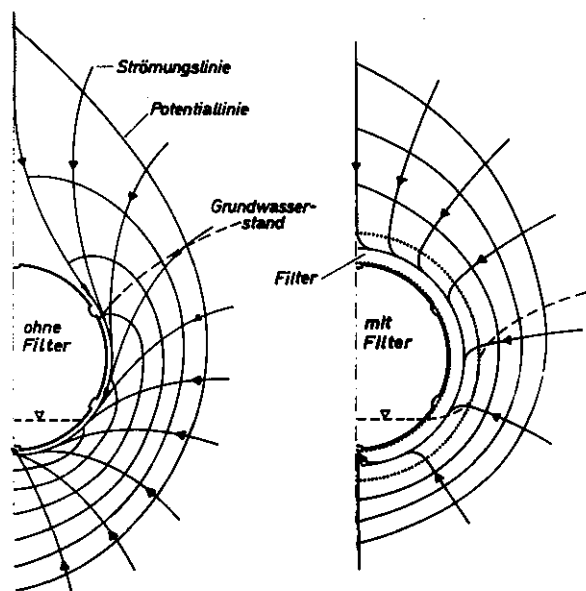


Abb. 4: Potential- und Strömungslinien am teilgefüllten Drän - Fig. 4: Potential- and stream lines of a partly with water filled pipe

4. Schlußfolgerung für die Dränfilteruntersuchung

Zwei Kriterien sind nach den obigen Ausführungen für die Dränfilterwirkung wesentlich:

- 1.) das Gesamtporenvolumen
- 2.) die Porenraumverteilung

Das Porenvolumen von Filtern läßt sich bei Kenntnis der Reindichte des Filtermaterials aus der Rohdichte errechnen. Dazu sind Wägungen und Umfangsmessungen an den mit Filtern ummantelten Dränrohren erforderlich.

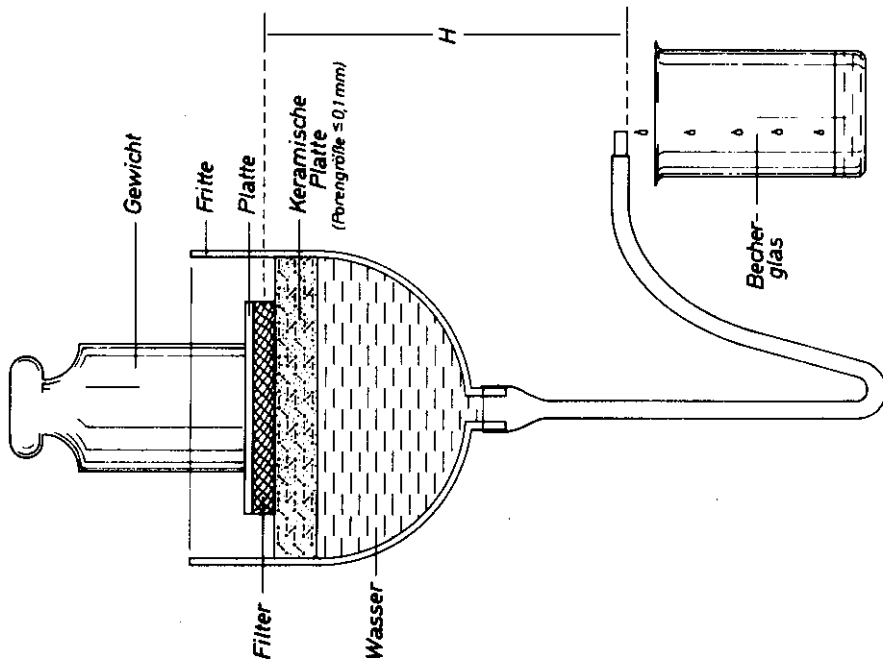
Die Porengrößenverteilung kann nach dem in Abb. 5 dargestellten Versuchsaufbau ermittelt werden. Dazu wird das Filter auf die

poröse keramische Platte einer Fritte gelegt und dort mit Wasser gesättigt. Infolge der Befestigung der Filter an das Dränrohr durch Fäden und verlegetechnisch in einer Tiefe von 100 cm bedingten Drücke des Bodens wird das Filter bis zu  $100 \text{ g/cm}^2$  belastet. Entsprechend wird das Filter bei der Untersuchung mit einem Gewicht belastet. Durch Anlegen eines Unterdruckes wird nach der in Abb. 5 angegebenen Formel ein Teil der Poren mit bestimmten Porendurchmesser entwässert. Die dem Filter entzogene Wassermenge wird aufgefangen und bestimmt. Durch schrittweise Vergrößerung des Unterdruckes kann der Volumenanteil verschiedener Porengrößenbereiche ermittelt werden.

Die Wirkung eines Dränfilters kann eingehend im Dränkasten (Abb. 6) untersucht werden. Der Dränkasten ist mit Piezometern und Tensiometern zur Messung des Wasserdruckes im Boden und am Drän ausgerüstet. Mit Hilfe eines Isolinenprogrammes (MUNDRY, 1970) ist es möglich, im Großrechner die Isolinenpläne zu erstellen, sowie Grundwasserstand und Saugspannung zu berechnen. Somit kann durch Dränkastenversuche ein genauer Einblick in die Wirkungsweise von Dränfiltern gewonnen werden.

5. Literaturverzeichnis

1. BURGHARDT, W., 1976: Porositätsmerkmale und Eigenschaften einiger Dränfilter. Wasser u. Boden 28, 35 - 38.
2. EGGELSMANN, R., 1973: Dränanleitung. Verlag Wasser und Boden, Axel Lindow & Co., Hamburg.
3. KUNTZE, H., 1973: Fortschritte der Drän-technik aus der Sicht der Bodenforschung. Wasser u. Boden 25, 325 - 328.
4. MUNDRY, E., 1970: Zur automatischen Herstellung von Isolinenplänen. Beih. geol. Jb. 98, 77 - 93
5. WIDMOSER, D., 1972: Einige Folgerungen aus der Theorie der Zuströmung zu Dränrohren. Wasser und Boden 24, 34 - 40.



$$H \text{ (cm)} \approx \frac{3}{d \text{ (mm)}}$$

H = Unterdruck, suction force, d = entwässerte Porengröße, drained pore size

Abbildung 5: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Porengrößenverteilung von Dränfiltern.

Figure 5: Experimental equipment for the analysis of pore size distribution of drain filter material

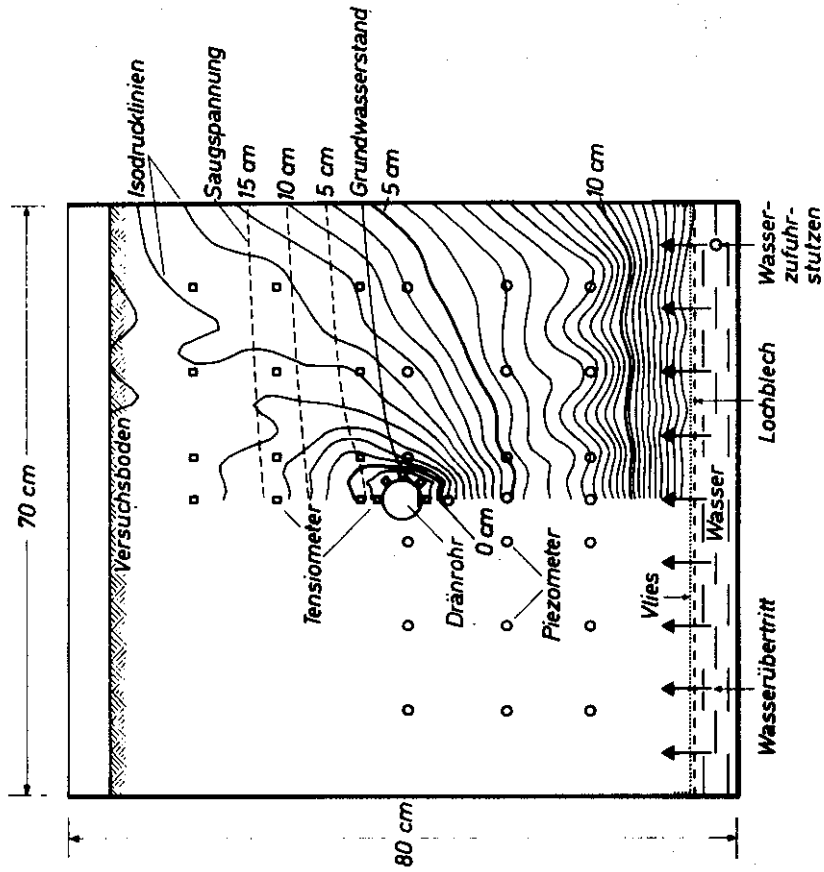


Abbildung 6: Versuchsanordnung im Dränmodellkasten und Auswertungs-schemata durch Isodruckliniendiagramme

Figure 6: Arrangements in the drain model tank and scheme of interpretation by iso-pressure line plans