



Doctoral Thesis

## Wasserspiegelabsenkung zwischen zwei Drainagegräben in natürlich gelagertem Boden am Hang

**Author(s):**

Schuster, Christian

**Publication Date:**

1974

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088733> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**WASSERSPIEGELABSENKUNG ZWISCHEN ZWEI  
DRAINAGEGRÄBEN IN NATÜRLICH GELAGERTEM  
BODEN AM HANG**

Abhandlung  
zur Erlangung der Würde eines Doktors  
der Technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von  
**CHRISTIAN SCHUSTER**  
dipl. Forsting. ETH  
geboren am 28. Januar 1943  
(von) Männedorf ZH

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. F. Richard, Referent  
Prof. Dr. Th. Dracos, Korreferent

## 8. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Drainage am Hang untersucht. Eine gemessene Wasserspiegelabsenkung in natürlich gelagertem Boden wird mit den Resultaten einer nichtstationären Modellrechnung nach Luthin und Richard (1965) verglichen. Ferner wird die Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen stationärer Dimensionierungsformeln und der Entwässerungswirkung im Freiland untersucht.

Die Versuchsanlage bestand aus zwei hangparallelen Gräben im Abstand von 270 cm, die einen tonreichen Boden bis auf die undurchlässige Schicht in 65 cm Tiefe entwässerten.

Im ersten Versuchsteil wurde der Bodenkörper bis zur Bodenoberfläche gesättigt und anschliessend während des Absinkens des Wasserspiegels die Druckverteilung im Boden an 28 Messpunkten mit hochempfindlichen Tensiometern registriert. Gleichzeitig wurde der Abfluss aus zwei verschiedenen Sektoren der beiden Grabenwände gemessen. Die Versuche wurden im Spätherbst 1970 bei regnerischem und kühlem Wetter durchgeführt. Der Einfluss der Vegetation auf die Messresultate konnte vernachlässigt werden, weil praktisch keine Evapotranspiration stattfand. Da keine grossen Temperaturschwankungen auftraten, die das Messsystem ungünstig beeinflussen, wurde bei den Druck- und Saugspannungsmessungen eine grosse Genauigkeit erreicht.

Die Messresultate der Wasserspiegelabsenkung zeigen gegenüber der Modellösung von Luthin und Richard folgende Unterschiede:

- Der Wasserspiegel ist weniger stark gekrümmt als in der Modellösung.
- Er sinkt bedeutend schneller ab als im Modell von Luthin und Richard.

Vachaud et al. (1972) stellten in einem Sandtank die gleichen Unterschiede gegenüber den Resultaten eines Fele-Shaw-Modelles fest.

Folgende Gründe verursachen die Differenzen zwischen Modellösung und Messung:

- Im Modell wird nur der Fluss im gesättigten Bereich berücksichtigt. Da ein erheblicher Teil des Drainagewassers durch den ungesättigten Bodenkörper in den Gräben fließt, sinkt der Wasserspiegel in Wirklichkeit schneller ab.
- Die Beziehung Saugspannung - Wassergehalt ist nach Smiles et al. (1971) während schneller Drainagevorgänge nicht statisch, sondern dynamisch. Dies bedeutet, dass während der Entwässerung bei gleicher Saugspannung höhere Wassergehalte auftreten als theoretisch erwartet werden. Dieser Effekt ist mit der Hysterese nicht identisch. Er verursacht ein schnelleres Absinken des Wasserspiegels, weil weniger Wasser ausfließen muss als angenommen wird. Aus diesem

Grund werden auch Modelle, die den ungesättigten Bereich berücksichtigen, gegenüber der Wirklichkeit zu hohe Wasserspiegellagen aufweisen.

Der mögliche Einfluss der Vegetation auf die Absenkung des Wasserspiegels wurde an einem Modell mit nur vertikaler Sickerung untersucht. Vorerst wurde die grösstmögliche kapillare Aufstiegsrate vom konstant gehaltenen Wasserspiegel unter stationären Bedingungen berechnet. Bei einem Nachschub von 0,5 mm/Tag stellte ich 40 cm über dem Wasserspiegel eine Saugspannung von ungefähr 300 cm WS fest. Bei grösserem Nachschub stiegen die Saugspannungen sehr stark an. In einem weiteren, nichtstationären Modell mit der Voraussetzung, dass dauernd 0,5 mm Wasser/Tag in den Wurzelraum nachgeschoben werden muss, resultierte nur eine unbedeutende Veränderung der Lage des Wasserspiegels. Der Spiegel wurde in 8 Tagen 10 cm abgesenkt. Das Resultat zeigt, dass die Vegetation im Versuchsboden den Wasserspiegel während einer Entwässerung kaum zu beeinflussen vermag.

Die dynamische Beziehung zwischen Wassergehalt und Saugspannung wurde an einem "eindimensionalen" Modell, d.h. an einem Modell mit nur vertikaler Sickerung untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass mit der Kontinuitätsgleichung bei gegebenem Potential als Funktion von Ort und Zeit die effektive Wassergehaltsverteilung berechnet werden kann. Die Ergebnisse stimmten mit den Messresultaten von Vachaud et al. (1972)

gut überein. Das Potential für Sickerströmungen dieser Art muss jedoch neu definiert werden.

In zweiten Versuchsteil wurde die gleiche Versuchsanlage und eine nicht entwässerte Nullfläche den natürlichen Wetterbedingungen ausgesetzt. Die Saugspannungsverteilung wurde während eineinhalb Monaten kontinuierlich gemessen. Bei stationären Dimensionierungsformeln wird stationäre Wasser-sickerung vorausgesetzt, d.h. bei gegebener, konstanter Infiltrationsrate und gegebener Geometrie des zu entwässern- den Bodenkörpers ergeben die Formeln einen genau definierten, stationären Wasserspiegel im Boden. Wenn ca. 30 bis 40 % des gemessenen Niederschlages als Infiltrationsrate angenommen wird, stimmen die Messresultate mit den Ergebnissen stationärer Dimensionierungsformeln überein.