



## Doctoral Thesis

# Modellrechnungen zur Beschreibung der Wasserbewegung durch eine Müllschlackendeponie unter besonderer Berücksichtigung der Porenstruktur

**Author(s):**

Hartmann, Frank Alwin

**Publication Date:**

2000

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003924675> →

**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](#).

Diss. ETH Nr. 13732

**Modellrechnungen zur Beschreibung der Wasserbewegung  
durch eine Müllschlackendeponie unter besonderer  
Berücksichtigung der Porenstruktur**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

vorgelegt von

FRANK ALWIN HARTMANN  
Dipl. Kultur-Ing. ETH (Fachrichtung Umweltingenieur) Zürich  
Mag. rer. nat. Technische Universität Graz  
geboren am 24. Juni 1967  
von Vorarlberg in Österreich

angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. P. Baccini, Referent  
Dr. H.-P. Bader, Korreferent  
Prof. Dr. P. Germann, Korreferent

Zürich und Dübendorf 2000

## ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit werden Modelle verwendet, mit denen die Wasserbewegung durch einen Schlackendeponiekörper untersucht und dabei speziell das zeitliche und örtliche Sickerwasseraufkommen bestimmt wird. Dies geschieht auf Basis von Informationen über die hydraulische Struktur einer solchen Deponie. Schlacke, der feste Rückstand von Müllverbrennungsanlagen, hat Gesteinsähnlichkeit. Im Vergleich sind allerdings die Anteile an Schwermetallen um Grössenordnungen zu hoch. Da es zu Mobilisierung und Auswaschung dieser Schwermetalle kommen kann, ist die Untersuchung des Sickerwassers als zentrales Stofftransportmittel von grundlegender Bedeutung. Wie bei gewöhnlichen Siedlungsabfalldeponien sind auch für Schlacke nur wenig Informationen über die hydraulische Struktur bekannt. Untersuchungen an Schlacke haben ergeben, dass die Porosität in einem Bereich von 35-50% variiert (vergleichbar mit einem Sand). Dabei machen Grobporen (Durchmesser > 50 µm) zwei Drittel der gesamten Porosität aus [Lichtensteiger; 1996]. In diesen Poren herrschen andere Fliessbedingungen als in Mittel- und Feinporen.

Deshalb werden hier mehrere Modellansätze getestet, um zu prüfen, welcher Ansatz den Wassertransport am besten beschreibt. Die spezifischen Eigenschaften und Eigenheiten des untersuchten Systems bzw. des Produkts Schlacke bestimmen dabei die Auswahl dieser Modellansätze. Um die Güte der gewählten Modellansätze zu prüfen, werden die Modelle kalibriert. Der dazu benötigte Datensatz stammt von der Deponie Riet bei Winterthur. Dort wurde 1994 von der Abteilung "Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik" der EAWAG/ETH ein Messprogramm gestartet, bei dem wichtige Grössen wie meteorologische Parameter, Niederschlag und Sickerwasser laufend erfasst werden. Die Zeitperiode 1994-1997 dieser Messreihe wird ausgewertet und publiziert [Bader, H.-P.; Lichtensteiger, T.; Scheidegger, R.; in Bearbeitung].

Es zeigt sich, dass mit einem kombinierten Mikro-Makroporenmodell (implementiert im Computerprogramm "MACRO" [Jarvis et al., 1998]) eine gute Übereinstimmung zwischen berechnetem und gemessenem Sickerwasserfluss erreicht werden kann. Dieses Modell wird in dieser Arbeit erfolgreich an einer einjährigen Sickerwassermessreihe der Deponie Riet validiert.

Mit verschiedenen Szenariorechnungen werden sowohl Fragestellungen aus der Deponiepraxis beantwortet als auch Aussagen über das Langzeitverhalten von solchen Deponien gemacht. Dabei wird zwischen **2 Gruppen** unterschieden:

Die erste Gruppe betrifft Änderungen der meteorologischen Voraussetzungen wie die Variation der Verdunstung oder die Vorgabe von speziellen Regenereignissen wie Dauerregen (bzw. künstliche Bewässerung) oder extreme Niederschlagsereignisse.

Bei einer abgedeckten, bepflanzten Deponie ergibt sich mit den hier getroffenen Annahmen eine starke Erhöhung des Verdunstungsanteils gegenüber der offenen, nicht abgedeckten Deponie.

Die Vorgabe eines einzelnen, extremen Niederschlagsereignisses innerhalb von 24 Stunden zeigt gute Übereinstimmung der Simulation mit den entsprechenden Messergebnissen bezüglich der Verzögerungszeit des Sickerwasseraufkommens an der Deponiebasis im Vergleich mit dem Niederschlagsinput.

Mit dem Szenario "Dauerregen (künstliche Bewässerung)" lässt sich das Fließverhalten unter konstanten äusseren Bedingungen studieren.

In einer zweiten Gruppe von Szenarien werden Änderungen der hydraulischen Struktur über längere Zeiträume untersucht. Dabei wird von den Annahmen reine Mikroporosität, reine Makroporosität und gemischte Porosität ausgegangen. Unter diesen Annahmen werden wieder wichtige Ereignisse wie Dauerregen und extreme Niederschlagsereignisse studiert. Es zeigt sich, dass die hydraulische Struktur die Quantität und die Qualität der Sickerwasserflüsse entscheidend beeinflusst. Darunter versteht man die Form, Zahl und Verzögerungszeit der einzelnen Sickerwasserpeaks. Genauso verhält es sich bei einer Reduktion der ursprünglichen Porosität von 43% auf 30%, die auf Grund von Zementationsprozessen über längere Zeiträume eintreten kann.

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass zuverlässige Aussagen über die Wasserbewegung in solchen Deponiekörpern nur möglich sind, falls man die Struktur, das "Innenleben" einer solchen Deponie, besser verstehen lernt. Mit Modellrechnungen können Veränderungen der Meteo- und Strukturparameter und damit verschiedenste Szenarien und Zukunftsprognosen zeit- und kostengünstig angegeben werden.

## ABSTRACT

This thesis presents models for describing the water movement in a bottom ash landfill from a Municipal Solid Waste Incinerator ("MSWI"). Especially the temporal and spatial leachate production is investigated. These investigations are based on informations about the internal structure of such landfills.

Bottom ash, the solid residue of MSWI, is comparable with normal stones and minerals. On the other hand the percentage of heavy metals is much to high. Since these heavy metals can be mobilized and washed out furthermore, the investigation of the leachate, which is responsible for the solute transport, is of special interest.

Similar to solid waste landfills only a few information exists about the structure of such landfills.

Experiments have shown that the porosity of bottom ash varies between 30 and 50% (similar to a sand). Large pores, normally called "macropores" (with diameter  $>50\mu\text{m}$ ) make up about 2/3 of the total porosity [Lichtensteiger, 1996]. In those macropores different flow patterns are assumed than in smaller ones. Therefore several model approaches are presented in order to describe the water movement in such a landfill best. The properties of the landfill and especially of bottom ash influence the choice of an appropriate approach. By calibrating the model the quality of the approach is tested. As test site the landfill Riet near Winterthur in Switzerland has been used. In 1994 the department "S+E" from EAWAG/ETH started a measuring programme, where precipitation, leachate and meteorological parameters have been measured every 15 minutes. The time series have been analysed and will be published [Bader, H.-P.; Lichtensteiger, T.; Scheidegger, R.; in preparation]. It can be shown that with the model "Combined Micro-Macroflux" (implemented in the computer-program "MACRO" [Jarvis et al., 1998]) there is a good correspondence between measured and simulated leachate fluxes. This model is successfully validated at a time series for one year.

With different scenarios problems concerning landfill practice can be discussed and additional information about the long term behaviour of such landfills is provided. In the thesis two groups of scenarios are presented:

The first group deals with changes of the meteorological parameters, e.g. variation of the evaporation or providing extreme precipitation events.

Comparing a closed, planted landfill with an active one evaporation increases very strong.

By providing one single, extreme precipitation event within 24 hours there is a good correspondence between simulation and measurements concerning the delaying time of the leachte at the bottom of the landfill compared with precipitation.

Leachate behaviour within large time periods is investigated with the scenario "constant precipitation (irrigation)".

In a second group of senarios changes of the structure of the landfill within large time periods are discussed. Porosity with macropores or micropores only and also mixed porosity are discussed. Again constant precipitation and extreme precipitation events

are studied. It can be shown that the structure of the landfill strongly influences the quality and the quantity of the leachate fluxes, which means number, shape and delaying time of the leachate fluxes.

By reducing the total porosity because of cementing processes over long time periods similar results are received.

In this thesis it could be shown that serious information about the water percolation in such landfills can only be provided by learning more about the structure of those landfills. With model simulations changes of the meteorological and structural parameters and therefore different scenarios and information about the long term behaviour can be provided with little time and money.