

# Sickerwasserprognose einer Kulturschicht aus Klärschlammkompostgemischen am Beispiel der Kalirückstandshalde Sondershausen

Franziska Liemen<sup>1\*</sup>, Sabine Bernsdorf<sup>1</sup> und Ralph Meißner<sup>1,2</sup>

## Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes auf einer Kalirückstandshalde der Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH wurde durch das Aufbringen von Klärschlammkomposten (KSK) im Gemisch mit mineralischem Bodenmaterial eine Kulturschicht aufgebaut, um eine Auswaschung von salzhaltigen Sickerwässern in die angrenzenden Oberflächen- und Grundwässer zu verhindern. Gegenstand der Untersuchungen war unter anderem die Ermittlung des Einflusses von unterschiedlichen KSK-Mischungen auf den Bodenwasserhaushalt. Dazu wurde der Verlauf der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen im Sickerwasser analysiert und ausgewertet. Mit Hilfe des hydrologischen Modells BOWAHALD war es möglich die Sickerwassermengen zu modellieren. Weiterhin wurde die Eignung der auf den Flächen angebaute Fruchtarten für eine energetische Verwertung geprüft.

**Schlagwörter:** Rekultivierungsschicht, organische Rekultivierungsmaterialien, Energiepflanzen, Modell BOWAHALD

## Summary

The mining company, Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH (Germany), has its origin in the potassium and salt industry. The mining dumps have a high salt content and contain a high potential for the contamination of soil and water resources. An effective measure to protect the environment is to cover the dumps with suitable minerals to prevent saline water penetrating into the groundwater or to leach into the surrounding surface water. In our study, we set up a recultivation layer by mixing municipal sewage sludge compost with a sandy soil to investigate the influence of this material on the quantity and quality of seepage water and to analyze the growth of bioenergy crops. These crops can be used for biogas generation. Sewage sludge composts have a high water storage capacity and contain a huge amount of plant available nutrients.

**Keywords:** Recultivation layer, sewage sludge compost, seepage water, energy crops

## Einleitung und Zielstellung

In Sondershausen wurden Kalirohsalze für die Düngemittelproduktion gefördert. Aufgrund der hohen Wasserlöslichkeit der chloridischen und sulfatischen Salze können diese bei einem Jahresniederschlag von 452 mm in den angrenzenden Oberflächen- und Grundwässern wiedergefunden werden. Um dem Effekt der Auswaschung entgegen zu wirken, ist nach der Thüringer Kalihaldenrichtlinie (2002) eine dreischichtige Haldenabdeckung vorzunehmen. Ansatzpunkt des Vorhabens ist der Aufbau einer Kulturschicht aus einem Gemisch aus KSK und mineralischem Bodenmaterial, der die vorgegebenen Parameter nach Richtlinie erfüllt. Nach TAUCHNITZ (2006) eignen sich KSK aufgrund ihrer gegebenen chemischen und physikalischen Eigenschaften zur Verbesserung der Standorteigenschaften durch hohe verfügbare Nährstoffgehalte (Gesamtstickstoffgehalte bis 1,7%), nutzbare Feldkapazitäten bis 39 Vol%, Erhöhung der Puffereigenschaften und gute Durchwurzelbarkeit. Es kann somit eine enorme Wasserspeicherfähigkeit der Kulturschicht erreicht werden, die einen Austrag des Sickerwassers mit den darin enthaltenen Salzen unterbindet bzw. verringert. Um dieses Ergebnis noch zu unterstützen, wurden auf den Flächen Energiepflanzen angebaut, die

einen Wasserverbrauch bis 500 mm/a aufweisen können (BERNSDORF et al. 2008). Die angebaute Biomasse dient der energetischen Verwertung in Form von Biogas.

## Material und Methoden

Die Versuchsfläche von 3600 m<sup>2</sup> wurde im Juni 2007 auf einem Plateau der Kalihalde errichtet. Die Rekultivierungsschichten bestehen aus zwei verschiedenen Mächtigkeiten (70 und 100 cm) und Mischungsverhältnissen von KSK mit einem sandigen Boden (SI2/SI3) von 50 und 75 Vol%. Zusätzlich wurde eine Vergleichsvariante aus mineralischem Bodenmaterial angelegt. Somit ergibt sich ein Versuchsumfang von 6 Varianten. Auf diesen Flächen wurden folgende 3 Fruchtfolgen angebaut, die sich unter energetischen Gesichtspunkten eignen:

- Senf – Winterweizen - Sommerraps
- Winterroggen – Sudangras – Mais
- Energiegrasmischung (Knautgras, Rotschwingel, Glatt- hafer) mit zwei- bis dreimal jährlicher Mahd

Im Folgenden bezieht sich die Auswertung ausschließlich auf das angebaute Energiegras.

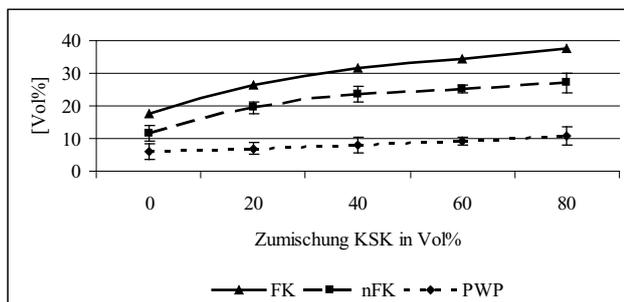
<sup>1</sup> Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Julius-Kühn-Str. 23, D-06112 HALLE/S.

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Department Bodenphysik, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

\* Ansprechpartner: Dipl. Agr.-Ing. Franziska Liemen, [franziska.liemen@landw.uni-halle.de](mailto:franziska.liemen@landw.uni-halle.de)

**Tabelle 1: Chemische Eigenschaften des Rekultivierungsmaterials**

Parameter	Einheit	Zumischung KSK in Vol%		
		0	50	75
pH		7,5	7,3	7,4
Salzgehalt	mg/100g	46,1	105	177
OS	% TS	0,40	9,30	21,60
N <sub>t</sub>	% TS	0,02	0,51	0,97
NH <sub>4</sub> -N	mg/100g	0,12	1,06	1,97
NO <sub>3</sub> -N	mg/100g	0,07	0,45	2,11
C <sub>t</sub>	% TS	0,23	6,29	13,67
P	mg/100g	1,6	56,0	79,1
K	mg/100g	6,4	59,9	101,0
Mg	mg/100g	6,4	87,8	104,0



**Abbildung 1: Darstellung von FK, nFK und PWP der Bodenart S bei Zumischung von unterschiedlichen Anteilen an KSK**

In *Tabelle 1* sind einige chemische Eigenschaften der verwendeten KSK-Varianten dargestellt. Die Gesamtstickstoffgehalte (N<sub>t</sub>) stiegen mit zunehmender Kompostbeimengung von 0,02 auf 0,97% an. Es ist allerdings anzumerken, dass der Hauptteil des N<sub>t</sub> in organisch gebundener Form vorliegt. Weiterhin zeigte sich bei den KSK-Varianten eine gute Nährstoffversorgung der Substrate, die in der Gehaltsklasse E nach VDLUFA (1991) liegt. Es wurden ebenfalls die Schadstoffgehalte des Rekultivierungsmaterials analysiert. Die geltenden Grenzwerte nach BBodSchV (1999) wurden eingehalten.

Um hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes Aussagen treffen zu können, wurden 48 Sickerwassersammler auf der

Versuchsfläche eingebaut, die monatlich sowohl quantitativ als auch qualitativ beprobt wurden. Untersuchte Parameter waren hierbei der N-Gehalt (NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, N<sub>t</sub>), Phosphat, Chlorid, pH-Wert und Leitfähigkeit.

## Ergebnisse und Diskussion

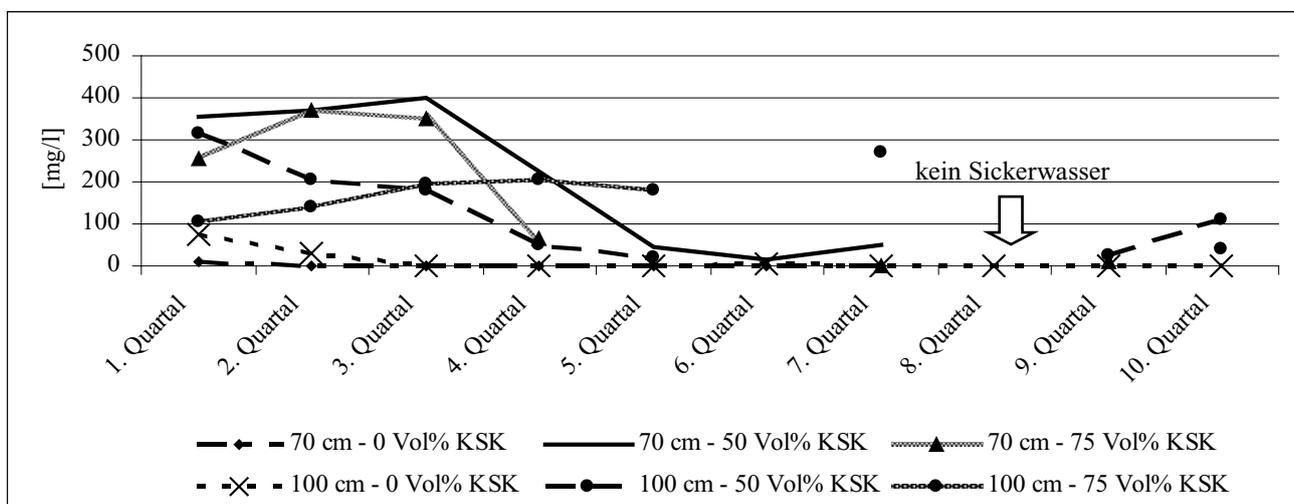
### *Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität bei organischen Rekultivierungsmaterialien - Vegetationstest*

Zur weiteren Charakterisierung des eingesetzten Materials wurden mit Hilfe eines Vegetationstests unter Nutzung von Sonnenblumen die Wasserhaushaltsparameter des Bodens (Feldkapazität - FK und Permanenter Welkepunkt - PWP) bestimmt.

Bei Rekultivierungsmaterialien mit hohen Anteilen an organischer Substanz ist die Anwendung der DIN ISO 11274 durch die gegebene Struktur des Klärschlammkompostes als problematisch zu bewerten. Ein wesentlicher Grund hierfür ist der ungenügende kapillare Kontakt der hydrophilen grobstrukturierten Bestandteile im Substrat (FREDE et al. 1983).

Zur Durchführung des Vegetationstests wurden drei textuell voneinander abweichende Bodenarten (S, Su2, Su4) mit unterschiedlichen Anteilen an KSK (0, 20, 40, 60 und 80 Vol%) versetzt. Die Wassergehalte bei FK und PWP wurden gravimetrisch bestimmt.

In der *Abbildung 1* sind die durch den Vegetationstest ermittelten Ergebnisse beispielhaft für die Bodenart S und Zumischungen an KSK dargestellt. Es zeigte sich mit steigender Zumischung von KSK eine deutliche Erhöhung sowohl der FK als auch der nFK. Bei einer Zumischung von 60 Vol% KSK war ein Anstieg der FK um 67% zu verzeichnen. Die nFK stieg bei einer Zumischung von 80 Vol% KSK bis zu einem Maximum von 38 Vol% an. Bei Betrachtung der PWP des reinen Sandes, lagen diese bei 6 Vol% und stiegen mit zunehmender Zumischung an KSK bis auf einen Wert von 11 Vol% (80 Vol% KSK) an. Durch die Verwendung von KSK kann die Wasserspeicherfähigkeit



**Abbildung 2: Verlauf der NO<sub>3</sub>-N Konzentrationen im Sickerwasser (Energiegras)**

**Tabelle 2: Simulierte langjährige mittlere Restdurchsickerungsmengen**

Mächtigkeit	[cm]	70			100		
Zumischung KSK	[Vol%]	0	50	75	0	50	75
Mittleres Jahr	[mm/a]	142	59	54	126	35	31

von Böden deutlich erhöht werden, dies gilt besonders für die sorptionsschwachen, ton- und schluffarmen Sande.

### Sickerwasser

Am Beispiel der Sickerwassersammler mit Energiegrasaufwuchs werden die  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen während des dreijährigen Versuchszeitraumes in *Abbildung 2* dargestellt. Anfänglich waren die höchsten Konzentrationen bis 400 mg/l (50 und 75 Vol% Zumischung KSK / 70 cm Mächtigkeit) zu beobachten, die sich bis zum Versuchsende in allen Varianten auf unter 100 mg/l verringerten. Währenddessen verhielten sich die  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte konträr und erreichten die höchsten Konzentrationen bei einer Schichtmächtigkeit von 100 cm. Die anfangs hohen  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Auswaschungen können durch hohe Gehalte an Stickstoff im Rekultivierungsmaterial erklärt werden. Die Schwankungen der N-Austräge sind begründet in der jahreszeitlichen N-Dynamik aufgrund von Feuchte, Temperatur und Durchlüftung.

Um den Wasserhaushalt von Klärschlammkomposten auf der Kalihalde nicht nur durch praktische Erfahrungen ausweisen zu können, wurden mit dem von DUNGER (2002) entwickelten Deponie- und Wasserhaushaltsmodell BOWAHALD die wesentlichen hydrologischen Prozesse in der wasserungesättigten Wasserhaushaltsschicht simuliert. In *Tabelle 2* sind die mittleren Restdurchsickerungsmengen bei Energiegrasbewuchs dargestellt. Es zeigt sich, dass eine Kulturschicht mit KSK-Zumischung wesentlich geringere Sickerwassermengen als die Nullvariante aufweist. Bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 596 mm am Standort Sondershausen tritt ohne KSK-Einsatz

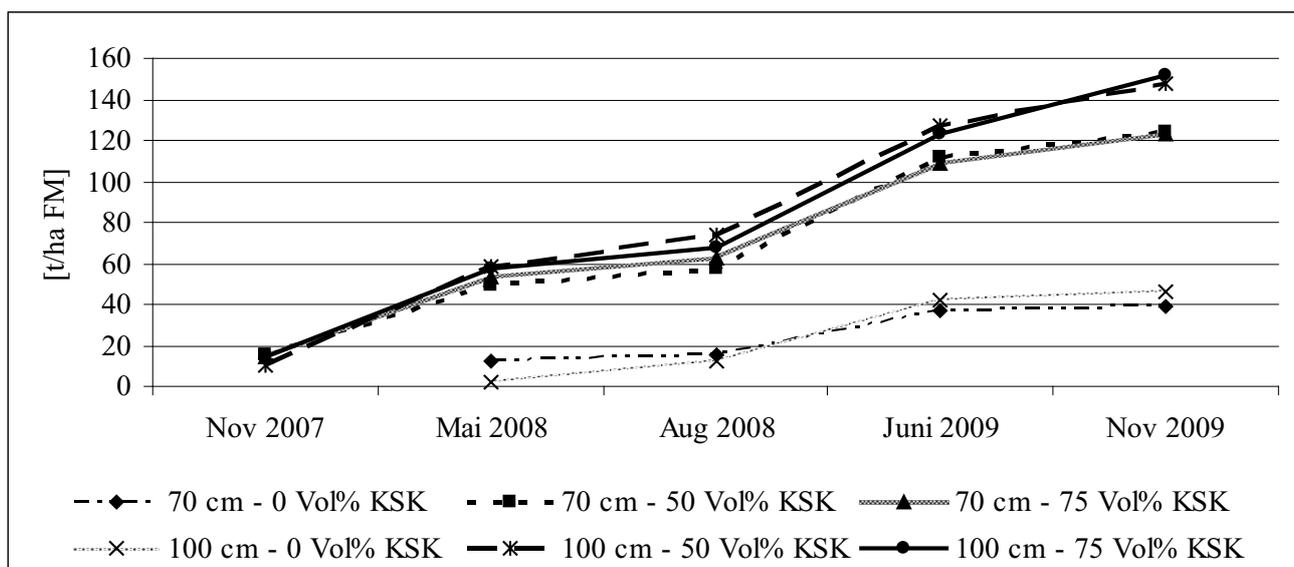
bis 142 mm Sickerwasser auf, während sich dieser Wert durch KSK-Beimengung auf maximal 42% reduziert. Es ist festzustellen, dass sich eine Zunahme der Mächtigkeit bei allen Zumischungsvarianten als positiv erweist und zu einer Reduzierung der Durchsickerung führt. Hingegen wirkt sich die höhere Zumischung bei den KSK-Flächen von 75 Vol% kaum aus.

### Biomasse

Die erzielten Erträge des Energiegrases sind in *Abbildung 3* aufgeführt. Durch eine Kompostzumischung konnte der Biomassezuwachs deutlich gesteigert werden. Es zeigte sich eine Abhängigkeit von der Mächtigkeit der Kulturschicht. Eine Schichtmächtigkeit von 100 cm wirkte sich auf das Pflanzenwachstum aufgrund erhöhter Durchwurzelungstiefe positiv aus. Es kann mit 20 t/ha Frischmassemehrertrag innerhalb von 3 Jahren gerechnet werden. Die Zumischungen von 50 und 75 Vol% lagen in Abhängigkeit von der Mächtigkeit auf einem annähernd gleichen Ertragsniveau. Ab dem 3. Anbaujahr wurden die Unterschiede deutlicher. Verglichen mit mittleren Erwartungswerten der Literatur nach KTBL (2006) wurden sehr hohe Biomasseerträge erzielt.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Durch den Einsatz von KSK im Landschaftsbau kann aufgrund der Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit der Rekultivierungsschichten eine deutliche Abnahme der Sickerwassermengen erreicht werden. Die anfangs mit den Sickerwässern ausgetragenen hohen  $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{NH}_4\text{-N}$  Konzentrationen gehen innerhalb eines Zeitraumes von einem Jahr deutlich zurück. Durch die hohe Nährstoffzufuhr und die erhöhte Wasserspeicherfähigkeit des Substrats KSK ist mit einer Zunahme der Erträge zu rechnen. Aufgrund der steigenden Erträge wird der Wasserverbrauch erhöht und somit der Sickerwasseraustrag zusätzlich minimiert. KSK stellen in dieser Hinsicht ein geeignetes Material zur Verbesserung der Standorteigenschaften von degra-



**Abbildung 3: Kumulierte Biomasseerträge des Energiegrases der unterschiedlichen Zumischungsvarianten und Mächtigkeiten über 3 Jahre**

dierten Flächen dar, diese können somit ökonomisch und ökologisch sinnvoll durch den Anbau von Energiepflanzen bewirtschaftet werden.

Gefördert wird dieses Projekt vom Land Sachsen-Anhalt, der Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH und der GEMES Abfallentsorgung und Recycling GmbH in Schöngleina.

## Literatur

- BBodSchV, 1999: Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung. Bundesgesetzbl. Teil I. Nr. 19. Verlagsges. Bonn, 1554.
- BERNSDORF, S., S. TAUCHNITZ, F. LIEMEN und R. MEISSNER, 2008: Eignung von Klärschlammkompost als Rekultivierungsmaterial im Landschaftsbau. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Nr. 55, 1323-1328.
- DUNGER, V., 2002: Dokumentation des Modells BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von wasserungesättigten Deponien/Halden und deren Sicherungssystemen. Nutzerhandbuch, Version 04/2002.
- Energiepflanzen - KTBL-Datensammlung mit Internetangebot, 2006: ATB Agrartechnik Bornim, Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt und Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam. Darmstadt.
- FREDE, H.G., S. GÄTH und B. MEYER, 1983: Saugspannungs-Wassergehalts-Beziehungen von Sandböden unterschiedlichen Humusgehaltes, erstellt am Drucktopf- und in der Zentrifugenmethode. Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 38, 85-90.
- Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen –Kali-Halden-Richtlinie, 2002: ThürStAnz Nr. 19: 1539-1560.
- TAUCHNITZ, S., 2006: Untersuchungen zum Wasserhaushalt und Stickstoffumsatz von Rekultivierungsschichten aus Klärschlammkomposten. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle.