

Wasserhaushaltsschichten aus Klärschlammkompost im Gemisch mit mineralischem Bodenmaterial zur Rekultivierung von Deponien und Halden sowie erste Erkenntnisse zum Anbau von Nutzpflanzen

Franziska Liemen und Sabine Bernsdorf

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Julius-Kühn-Str. 23, 06112 Halle/S.

franziska.liemen@landw.uni-halle.de

Einleitung und Zielstellung

Im Rahmen eines derzeit laufenden Forschungsprojektes wurde durch das Aufbringen von Klärschlammkompost (KSK) im Gemisch mit mineralischem Bodenmaterial eine Kulturschicht auf einer Kalirückstandshalde der Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft mbH aufgebaut.

In Sondershausen wurden Kalirohsalze für die Düngemittelproduktion gefördert. Der Haldenkörper nimmt mittlerweile eine Fläche von 65 ha ein. 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. Als oberste Schicht dient hierbei die Kulturschicht, die mit einer Mindestmächtigkeit von 30cm u.a. durch geringe Schadstoffbelastung, gute Durchwurzelbarkeit, eine hohe Wasserspeicherfähigkeit und optimale Nährstoffgehalte gekennzeichnet sein sollte. Dies stellt auch Ansatzpunkt des Vorhabens dar -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 Standorteseigenschaften 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, werden 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. Es wird untersucht inwiefern sich ein möglicher Einfluss von KSK in den Inhaltsstoffen der Pflanzen zeigt und ob eine Steigerung der Methanerträge erzielt werden kann. Somit kann eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Nutzung von Halden- und Deponieflächen stattfinden, die auch auf andere Standorte übertragbar ist.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche von 3600 m² wurde im Juni 2007 auf einem Plateau der Kalihalde errichtet. Aufgebaut wurden zwei verschiedene Mächtigkeiten (70 und 100 cm) und Mischungsverhältnisse von KSK mit einem sandigen Boden (SI2/SI3) von 50 und 75 Vol.%. Zusätzlich wurde eine Vergleichs- bzw. Nullvariante aus reinem Sand angelegt. Somit ergibt

sich ein Versuchsumfang von 6 Varianten. Auf diesen Flächen werden je 3 Fruchtfolgen angebaut, die sich unter energetischen Gesichtspunkten eignen:

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

In Tabelle 1 sind einige chemische Eigenschaften der verwendeten KSK-Varianten dargestellt. Die Gesamtstickstoffgehalte (N_t) steigen mit zunehmender Kompostbeimengung von 0,02 auf 0,97% an. Es ist allerdings anzumerken, dass der Hauptteil des N_t in organisch gebundener Form vorliegt. Weiterhin zeigt sich bei den KSK-Varianten eine gute Nährstoffversorgung der Substrate, die in der Gehaltsklasse E nach VDLUFA (1991) liegt.

Tabelle 1 Chemische Eigenschaften des Rekultivierungsmaterials - Nährstoffe

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_t	% TS	0,02	0,51	0,97
NH_4 -N	mg/100g	0,12	1,06	1,97
NO_3 -N	mg/100g	0,07	0,45	2,11
C_t	% TS	0,23	6,29	13,67
C/N		11,5	12,3	14,1
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

Es wurden ebenfalls die Schadstoffgehalte des Rekultivierungsmaterials analysiert, die in der folgenden Tabelle 2 aufgeführt sind. Die geltenden Grenzwerte nach BBodSchV (1999) werden eingehalten.

Tabelle 2 Chemische Eigenschaften des Rekultivierungsmaterials - Schadstoffe

Parameter	Einheit	Zumischung KSK in Vol. %			
		0	50	75	100
As	mg/kg	5,2	5,3	5,2	4,4
Ni	mg/kg	33	23	29	20
Pb	mg/kg	9,5	22	18	43
Cr	mg/kg	49	48	48	77
Cu	mg/kg	11	37	35	87
Cd	mg/kg	<0,1	0,18	0,17	0,5
Hg	mg/kg	0,01	0,047	0,05	0,21
Zn	mg/kg	86	150	170	310
Summe PCB	mg/kg	n.n.			n.n.
Summe PCDD/PCDF	ng TE/kg	0,1			10
Summe PAK	mg/kg	0,06			1,89

Um hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes Aussagen treffen zu können, wurden 48 Sickerwassersammler auf der Versuchsfläche eingebaut, die monatlich sowohl qualitativ als auch quantitativ beprobt wurden. Wichtige untersuchte Parameter waren hierbei der N-Gehalt (NO₃-N, NH₄-N, N_t), Phosphat, Chlorid, pH-Wert und Leitfähigkeit.

Um eine Eignung der auf KSK angebauten Pflanzen bezüglich der Vergärung nachzuweisen, wurden wichtige pflanzliche Inhaltsstoffe wie Nähr- und Schadstoffe als auch Rohprotein, -fett und -faser untersucht.

Vegetationstest

Zur weiteren Charakterisierung des eingesetzten Materials wurde ein Vegetationstest 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 gegen die Ebene der 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 mit unterschiedlichen Anteilen an KSK (0, 20, 40, 60 und 80 Vol.%) versetzt. Die Wassergehalte bei FK und PWP wurden gravimetrisch bestimmt.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die durch den Vegetationstest ermittelten Ergebnisse nach Bodenart und Zumischung an KSK dargestellt. Es zeigt sich bei Sand mit steigender Zumischung von KSK eine deutliche Erhöhung sowohl der FK als auch der nFK. Bei einer Zumischung von 60 Vol.% KSK ist ein Anstieg der FK um 67% zu verzeichnen. Dies bedeutet, dass die Wasserspeicherfähigkeit des Substrates von 24,3 auf 42,4 mm je d m Bodentiefe zunimmt. Im Gegensatz dazu ist mit Ausnahme der PWP-Werte trotz hoher Glühverluste beim stark schluffigen Sand kaum eine Erhöhung der Wasserhaushaltsparameter durch Zumischung festzustellen, da durch den hohen Anteil von 43% Schluff bereits eine ausreichende Wasserspeicherfähigkeit des Bodens vorliegt. Der

schwach schluffige Sand verhält sich ähnlich dem Sand, hier ist durch die Zugabe von KSK eine Erhöhung von nFK und FK gegeben.

Durch die Verwendung von KSK kann die Wasserspeicherfähigkeit von Böden deutlich erhöht werden, dies gilt besonders für die sorptionsschwachen und ton- und schluffarmen Sande.

Tabelle 3 Kenngrößen des Wasserhaushalts (Vegetationstest)

Variante	FK	PWP	nFK	Trocken- rohdichte	Glühverlust
[Vol.% KSK]	[Vol.%]	[Vol.%]	[Vol.%]	[g/cm ³]	[%]
Sand					
0	24,3	2,2 ± 3,0	22,1 ± 3,0	1,5	2,6
20	31,2	2,8 ± 1,4	28,4 ± 1,4	1,3	4,7
40	34,5	3,0 ± 4,7	31,5 ± 4,7	1,2	7,4
60	42,4	5,5 ± 4,0	36,9 ± 4,0	1,0	19,4
80	48,4	10,3 ± 3,7	38,1 ± 3,7	0,7	30,9
Stark schluffiger Sand					
0	35,4	4,8 ± 4,2	30,6 ± 4,2	1,0	7,6
20	28,6	8,1 ± 2,4	36,6 ± 2,4	1,0	12,3
40	33,0	3,3 ± 2,6	29,7 ± 2,6	0,9	15,6
60	40,4	10,0 ± 2,6	30,3 ± 2,6	0,7	40,0
80	41,2	16,1 ± 4,0	25,1 ± 4,0	0,6	44,0
Schwach schluffiger Sand					
0	26,3	1,1 ± 3,5	25,2 ± 3,5	1,2	4,8
20	41,7	5,6 ± 2,7	36,1 ± 2,7	1,1	5,7
40	43,2	2,3 ± 0,8	40,9 ± 0,8	1,0	11,9
60	45,9	1,6 ± 1,4	44,3 ± 1,4	0,8	17,3
80	43,5	2,2 ± 1,4	41,3 ± 1,4	0,6	28,8

Ergebnisse

Sickerwasser

Die Nitrat- wie auch die Ammoniumstickstoffausträge sind in dem zweijährigen Versuchszeitraum von anfänglich 1200 mg/l (50 Vol.% Zumischung KSK / 70 cm Mächtigkeit) in allen Varianten auf unter 200 mg/l gefallen (Diagramm 1). Deutlich wird, dass die Zumischung von 50 Vol.% KSK höhere NO₃-Werte aufweist als die 75 Vol.% Variante. Währenddessen sich die Ammoniumgehalte konträr verhalten und bei 75 Vol.% anfänglich bei 600 mg/l liegen. Die anfangs hohen 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.

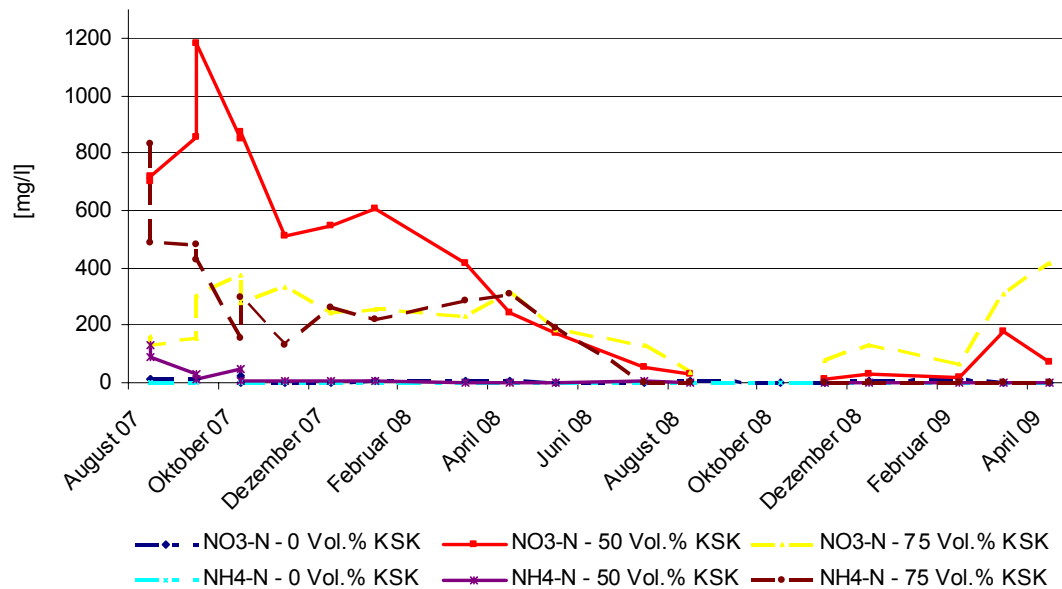


Diagramm 1 Verlauf der NO_3^- - und NH_4^- -N Konzentrationen im Sickerwasser [mg/l]

In Tabelle 4 sind die Schwermetallgehalte im Sickerwasser dargestellt. Hier wird deutlich, dass die Grenzwerte nach Verordnung zur Vereinfachung des Depo nierechts eingehalten werden.

Tabelle 4 Schwermetallgehalte im Sickerwasser (1 m Mächtigkeit, 50 Vol.% Zumischung KSK)

Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Fe gel.	Hg
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
0,01	<0,020	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,31	<0,03

Biomasse

Die erzielten Energiepflanzenenerträge sind in Tabelle 5 aufgeführt. Durch eine Kompostzumischung können die Erträge deutlich gesteigert werden. Verglichen mit mittleren Erwartungswerten der Literatur nach KTBL (2006) werden beispielsweise beim Energiegras sehr hohe Biomasseerträge erzielt. Bei den weiterhin untersuchten Pflanzen liegen die Erträge im mittleren Ertragsniveau, da im Versuch nicht alle agrotechnischen Maßnahmen, wie Pflanzenschutz oder intensive Bodenbearbeitung, ergriffen wurden.

Tabelle 5 Biomasseerträge

Fruchtart	Ganzpflanzensilage [t/ha FM]		
	Eigene Ergebnisse		Ertragserwartung
	Kompost- zumischung	Nullvariante	mittel
W-Weizen	19	5	40
W-Roggen	27	4	28
Energiegras	53	10	28
Sudangras	45	2	56

Am Beispiel von Weizen werden im Folgenden die Inhaltsstoffe, die für die Vergärung von entscheidender Bedeutung sind, näher betrachtet. In Tabelle 6 sind einige untersuchte Nähr- und Schadstoffparameter ausgewiesen. Es zeigt sich, dass mit zunehmender Kompostbeimengung der Gehalt von Mg und P ansteigt, während z.B. Ca und Fe auf eine Zugabe nicht reagieren. Als positive Faktoren für die Methanbildung sind die Zunahme des $\text{NO}_3\text{-N}$ - und Rohproteingehaltes zu nennen, währenddessen der Rohfaseranteil sinkt. Verglichen mit Literaturwerten der KTBL (2006) ist kein Anstieg der Schwermetallgehalte zu verzeichnen.

Tabelle 6 Inhaltsstoffe Weizen

Parameter	Einheit	Zumischung KSK in Vol. %		
		0	50	75
Mg	mg/kg	1044	1428	1201
P	mg/kg	1970	2736	2222
S	mg/kg	934	1151	976
K	mg/kg	6968	11101	11154
Ca	mg/kg	1493	1147	905
Fe	mg/kg	168	134	154
$\text{NO}_3\text{-N}$	g/kg	<0,01	0,1	0,2
Rohprotein	% TS	5,9	6,3	8,4
Rohfaser	% TS	29,4	28,9	22,9
Rohfett	% TS	1,3	1,6	1,7
Fe	mg/kg			0,38
Cu	mg/kg			2,30
Zn	mg/kg			32,00
Cd	mg/kg			0,015
Hg	mg/kg			0,005
Pb	mg/kg			0,30

Zusammenfassung

Durch den Einsatz von KSK im Landschaftsbau kann aufgrund der Erhöhung der Wasserspeicherkapazität der Rekultivierungsschichten eine deutliche Abnahme der Sickerwassermengen um etwa 50 Vol.% 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. Hinsichtlich der auf KSK angebauten Biomasse lässt sich eine Eignung für die Vergärung herausstellen, da relevante Parameter wie Rohfaser und -pr oteingehalt positiv beeinflusst werden. Es konnte kein Nachweis erbracht werden, dass die Schwermetallgehalte in den Pflanzen durch Zugabe von KSK steigen. Weiterhin ist durch die hohe Nährstoffzufuhr mit einer Zunahme der Erträge zu verzeichnen.

KSK stellen in dieser Hinsicht ein geeignetes Material zur Verbesserung der Standorteigenschaften von degradierten Flächen dar, die durch den Anbau von Energiepflanzen ökonomisch bewirtschaftet werden können.

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

- Bernsdorf, S., Tauchnitz, S., Liemen F., Meißner, R. (2008). KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Nr. 55, 1323 – 1328.
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1999). BGBl.I, Nr 36, 1554 – 1582.
- 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.; Gäth, S.; Meyer, B. (1983): Saugspannungs- Wassergehalts-Beziehungen von Sandböden unterschiedlichen Humusgehaltes, ermittelt am Drucktopf- und in der Zentrifugenmethode. Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 38, 85-90.
- Richtlinie für die Abdeckung und Begrünung von Kalihalden im Freistaat Thüringen –Kalihalden-Richtlinie (2002). ThürStAnz Nr. 19: 1539 – 1560.
- Tauchnitz, S. (2006). Untersuchungen zum Wasserhaushalt und Stickstoffumsatz von Rekultivierungsschichten aus Klärschlammkomposten. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle.
- Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (1991). Methodenbuch Band I, 4. Aufl.: Die Untersuchung von Böden, VDLUFA-Verlag Darmstadt.