





Neue Wege beim Einbau von Verbrennungsrückständen auf Deponien – was ist der Nutzen?

Gisela Weibel, Fachstelle Sekundärrohstoffe, Universität Bern

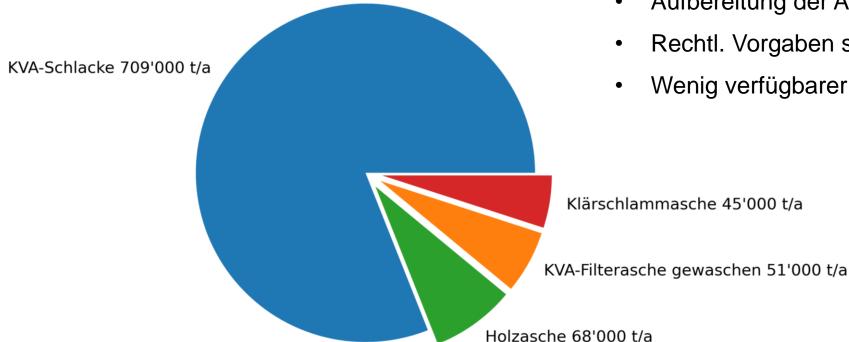




Warum Fokus Verbrennungsrückstände?



Verbrennungsrückstände zur Deponie



- Art der Abfälle ist bekannt
- Mengen bekannt, aber nicht harmonisiert
- Aufbereitung der Abfälle ist bekannt
- Rechtl. Vorgaben sind bekannt (VVEA)
- Wenig verfügbarer Typ-D Deponieraum





Heutige Ablagerung von Verbrennungsrückständen

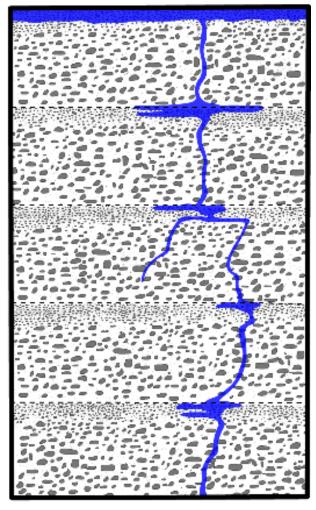


Eigenschaften eines Typ D-Deponiekörpers

- Horizontale Einbausequenzen durch alternierende Ablagerung der Verbrennungsrückstände und Verdichtungshorizonte
- Skelettgestützte Schüttung
- Heterogenes Fliessfeld des Wassers
- Mittlerer Wassergehalt: w = 17.2 Gew.-%
- Mittlere Einbaudichte: $\rho_{trocken} = 1.50 \text{ t/m}^3$
- Mittlere Porosität: φ = 50 Vol.-%

Optimale Einbaudichte und Stabilität des Deponiekörpers

- Schlacken 2-40 mm: Skelett des Deponiekörpers
- Feinkörnige Schlacken und Aschen <2 mm: Füller für Porenraum und Beitrag an Verfestigung



Ingold et al., 2024



Deponie Typ D der Zukunft



Ziel: Optimale Volumennutzung, minimale Emissionen

Umsetzung: Angaben zu Materialmischungen für die bau- und emissions-

technisch optimale Ablagerung

Projekt Senkato@FSSR

Durchführung von Versuchen mit heutigen Abfällen

Verbrennungsrückstände: Nassschlacke, Trockenschlacke, Gewaschene Filterasche, Klärschlammasche, Holzasche

- Ausarbeitung von Grundsätzen für den Deponiebau, Deponietyp unabhängig (Korngrössen, Wassergehalte, Art des Einbaus etc.)
- Testen der Umsetzung an Deponiestandorten





Deponie Typ D der Zukunft



Untersuchte Deponiestandorte









Varianten für Ablagerung

- A: Direkter Einbau der Abfälle (heutige Situation)
- **B**: Konditionierung und Einbau (Mischen und Befeuchten der Abfälle)





UNIVERSITÄT

Optimale Volumennutzung - Einfluss Mischung



Beispiel:

Schlacke 73% / gewaschene Filterasche 27%

Durchführung Proctorversuche



Feldproctor mit 25 Liter Einbau in 50-60 cm Schicht



Verdichtung mit Vibroplatte (620 kg)



Verdichtung von 6-10 cm

→ ca. 10% höhere Einbaudichte bei vermischtem Einbau von Schlacke und Asche verglichen zu geschichtetem Einbau

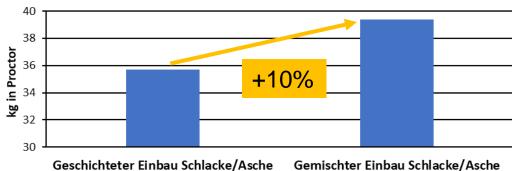
A: Geschichteter Einbau



B: Vermischter Einbau



Einbau mit Feldproctor







Optimale Volumennutzung - Einfluss Wassergehalt

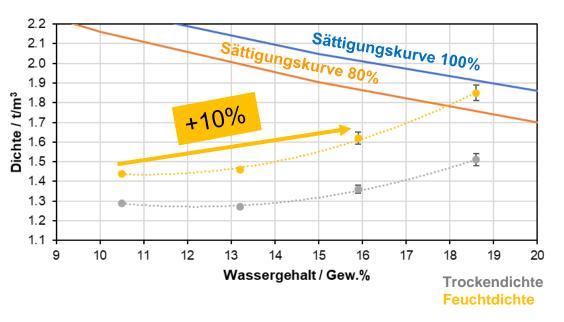


Wasserzugabe via gewaschene Filterasche









Versuch	Schlacke (Gew.%)	Gewaschene Filterasche (Gew.%)	Wasserzugabe via Filterasche (Gew.%)	Wassergehalt Filterasche (Gew.%)	Wassergehalt Mischung (Gew.%)
1	73	27	-	39	10.5
2	73	27	10	49	13.2
3	73	27	20	59	15.9
4	73	27	30	69	18.6

Ca. 10% höhere Einbaudichte bei Wassersättigung der Schlacke/Asche-Mischung





Feststoffcharakterisierung und Emissionsverhalten



Schadstoffpotential

Bindungsformen/Reaktivität

Totalkonzentrationen

Hauptmineralogie

Säurepufferkapazität

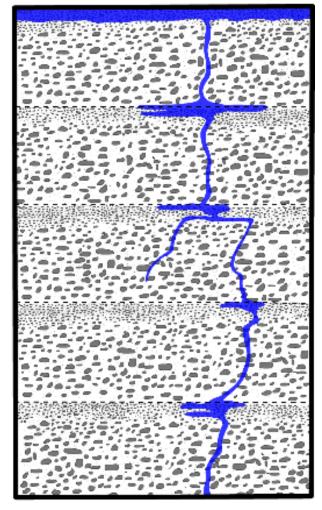
Schadstofffreisetzungspotential

Eluattests

- Batcheluattests
- Säuleneluattests







Ingold et al., 2024



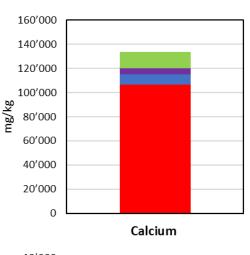


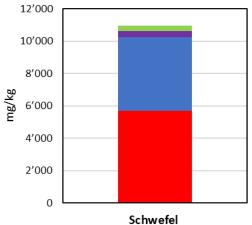
Schadstoffpotential der Verbrennungsrückstände



Parameter	Einheit	Schlacke	Gewaschene Filterasche	Klärschlamm- asche	Holzasche
Mengen pro Jahr	t/a	709'000	51'000	45'000	68'000
Antimon	mg/kg	140	4'000	15	15
Arsen	mg/kg	20	100	15	10
Blei	mg/kg	1'000	4'000	120	600
Cadmium	mg/kg	5	50	2	1
Kupfer	mg/kg	4'500	1'000	1'000	500
Zink	mg/kg	3'500	20'000	2'000	1'000
Aluminium	mg/kg	55'000	30'000	40'000	35'000
Calcium	mg/kg	150'000	170'000	110'000	200'000
Eisen	mg/kg	70'000	20'000	160'000	30'000
Schwefel	mg/kg	8'000	90'000	8'000	5'000

Fracht zur Deponie



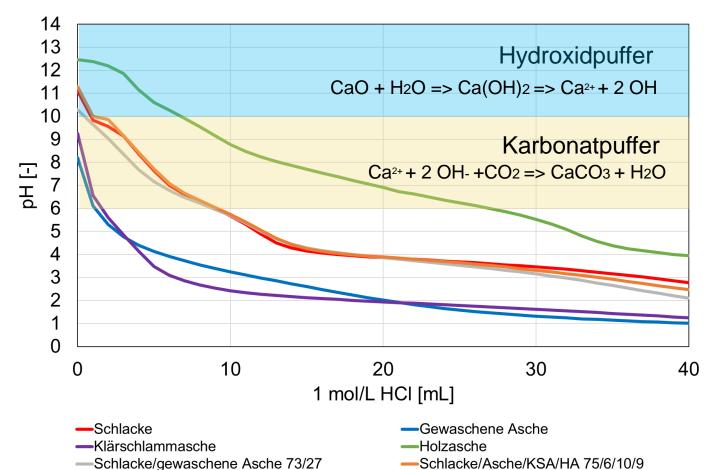






Reaktivität der Verbrennungsrückstände





- Säurepufferkapazität: Fähigkeit des Abfalls dem atmosphärischen Eintrag von Säure entgegenzuwirken.
- Säurepufferkapazität hängt von der mineralogischen Zusammensetzung der Abfälle ab.
- Unbehandelte Verbrennungsrückstände sind meist Gemische verschiedener Puffersubstanzen, die in bestimmten pH-Bereichen wirksam sind.

Schlacke und Holzasche nicht ausreagiert Vor- oder Nachteil?

Säurepufferkapazität dominiert von Schlacke

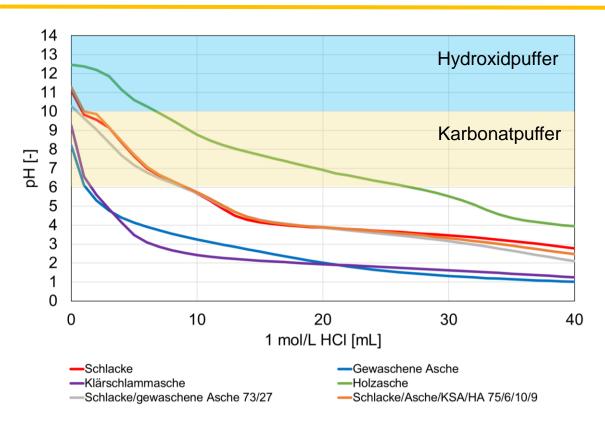
→ kaum Einfluss der diversen Aschen



UNIVERSITÄT BERN

Minimale Emissionen – Einfluss Mischung





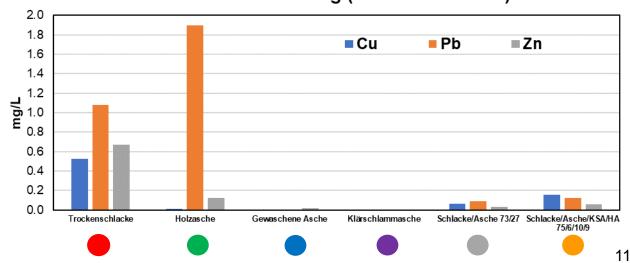
Deutlich reduzierte Mobilisierung von Cu, Pb und Zn aus der Trockenschlacke bei der Mischung mit Aschen

→ Generierung von Metall-Rückhalteeffekten beim Mischen der Abfälle

VVEA-Eluattest 2 (Wasser, 24h)



Metallmobilisierung (VVEA-Eluattest 2)





Fazit



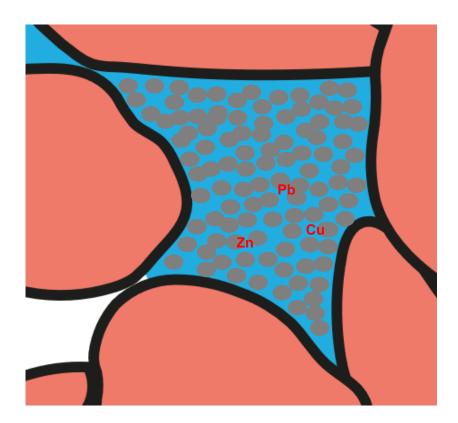
Eine Konditionierung der Abfälle hat Vorteile gegenüber der direkten Ablagerung bezüglich Volumen- und Emissionsverhalten

Mehr verfügbares Deponievolumen

- Gewaschene Filterasche, Holzasche und Klärschlammasche sind porenfüllende Materialien
- > Wasser hilft bei der Anordnung der Körner

Weniger Emissionen ins Sickerwasser

- Generierung von Metall-Rückhalteeffekten beim Mischen der Abfälle -> Vermutung:
 - Sorption an den Oberflächen der feinkörnigen Aschen
 - Mineralphasenneubildungen die Metalle einbinden (Karbonate/Sulfate)





Ausblick



- Tests auf Deponie sinnvoll → Machbarkeitsstudie: Konzept erstellt, Start 2024
- Ausarbeitung von Grundsätzen für den Deponiebau

Stoffstromentwicklungen bis 2030 zur Deponie

• **KVA-Schlacken:** Teilverwertung von mineralischen Fraktionen → Schlacken feinkörniger

• KVA-Filteraschen: Metall-Rückgewinnungspflicht → ca. 30% mehr gewaschene Aschen

• Holzaschen: Förderung von Holzfeuerungen → mehr Holzaschen

• Klärschlammaschen: P-Rückgewinnungspflicht → neue mineralische Abfallströme

→ Resultate aus dieser Studie dienen als Grundlage für die Beurteilung der Ablagerung der neuen Abfallströme





Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

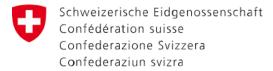


Projektgruppe









Bundesamt für Umwelt BAFU



Kanton Bern Canton de Berne



AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE







Sauber entsorgt.









Kontakt

Gisela Weibel, Dr. phil. nat. Geologin Bereichsleiterin Verbrennungsrückstände und Deponien

Fachstelle Sekundärrohstoffe

Universität Bern Institut für Geologie Baltzerstrasse 1+3 3012 Bern

Mobil: +41 79 588 61 80

Telefon: +41 31 684 89 53

gisela.weibel@unibe.ch

www.fachstelle-sekundaerrohstoffe.unibe.ch



b UNIVERSITÄT BERN

