

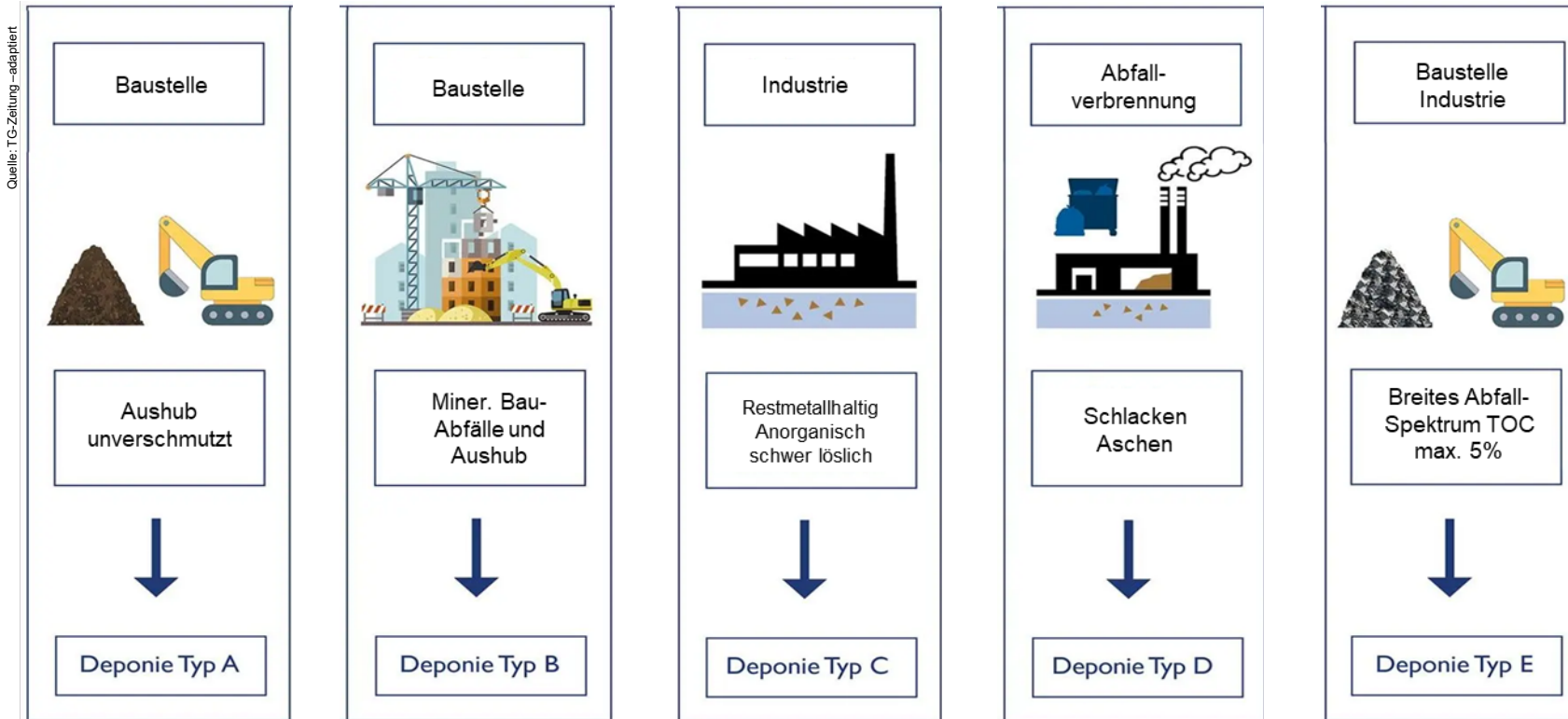
7. Nationale Deponietagung, 10. März 2026

# Strategien für die langfristige Nutzung des vorhandenen Deponieraums Schweiz

Gisela Weibel • Fachstelle Sekundärrohstoffe • Universität Bern

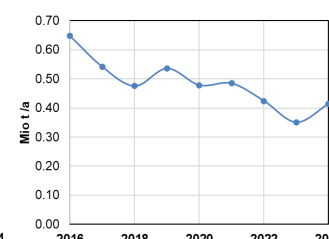
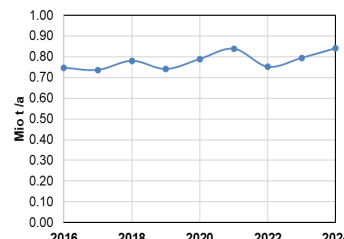
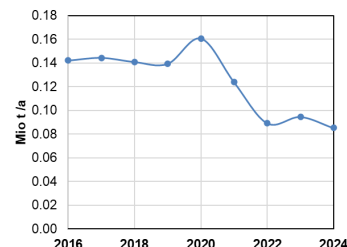
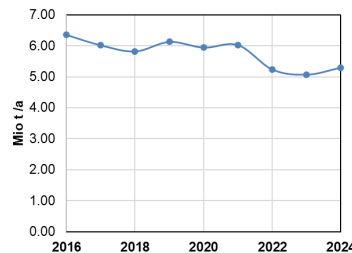


# Deponierte Abfälle in der Schweiz



8 Mio t/a\*

\*Schätzung BAFU



- **Müssen alle diese Abfälle überhaupt auf die Deponie?**
- **Wie können wir den Deponieraum optimal nutzen?**

**Jährlich deponierte Mengen**

Quelle: BAFU

# Wie wir Deponieraum sparen und Ressourcen gewinnen

**Deponierung**

**Vorbehandlung zur Volumen- und Schadstoffreduktion**

**Vermeidung**

**Reduktion mineralischer Abfälle im Input der KVA**

**Verwertung**

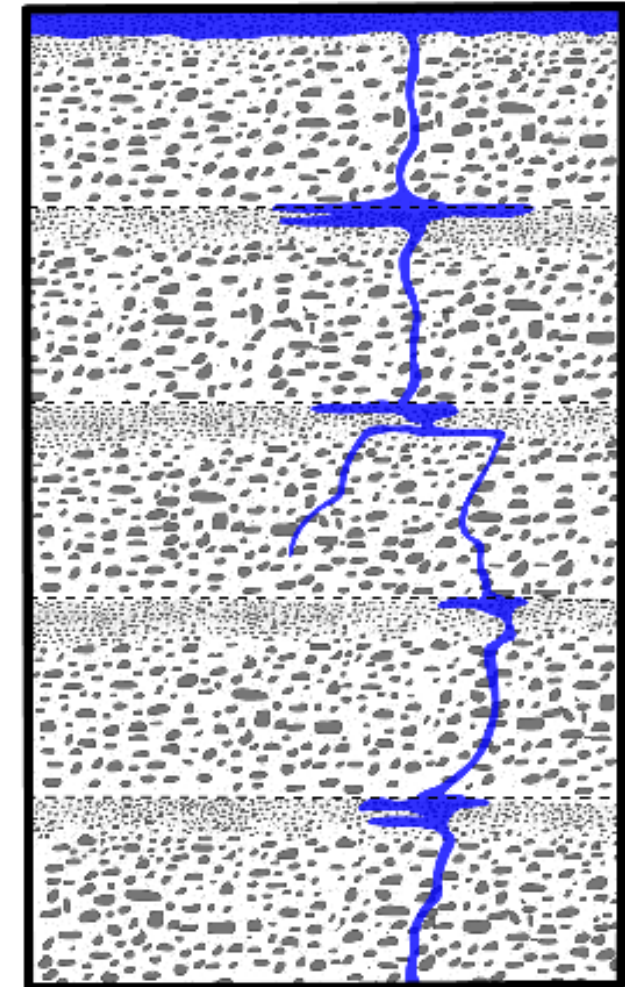
**Aufwändige Aufbereitung mineralischer Abfälle zur Erhöhung des Verwertungsanteils**

**Gesetzgebung**

**Neue Ansätze zur Beurteilung von Umweltbelastungen**

# Eigenschaften von Deponien

- Horizontale Einbausequenzen durch alternierende Ablagerung der Abfälle und Verdichtungshorizonte
- Skelettgestützte Schüttung
- Ungesättigtes System mit hoher Wasserspeicherkapazität aufgrund der hohen Porosität
- Heterogenes Fließfeld des Wassers





### Ausgangslage Typ D-Deponie:

Ohne Gegenmassnahmen werden die Typ D-Volumina bis 2035 an Kapazitätsgrenzen stossen  
→ daher massives nationales Problem

- Hochreaktive Abfälle mit stark heterogenen physikalisch-chemischen Eigenschaften
- Direkter schichtweiser Einbau der Abfälle (derzeitige Praxis)

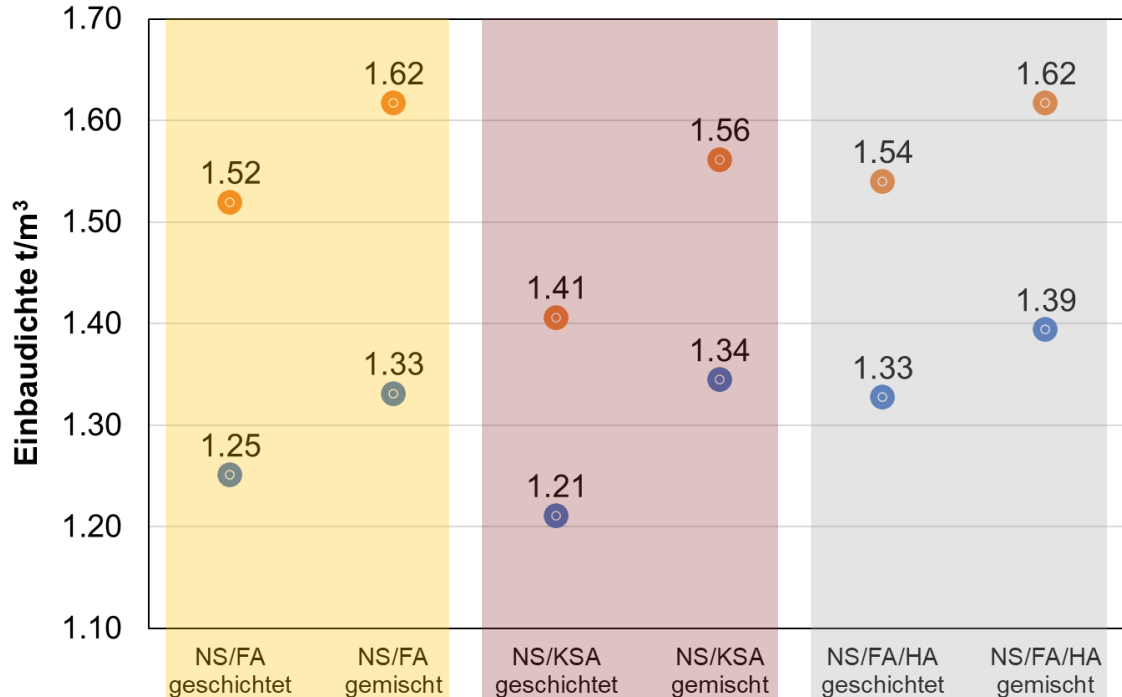
<b>Mittlerer Wassergehalt:</b>	<b>17 Gew.%</b>
<b>Mittlere Einbaudichte:</b>	<b>1.50 t/m<sup>3</sup></b>
<b>Mittlere Porosität:</b>	<b>50 Vol.%</b>

Parameter	Einheit	Schlacke	Gewaschene Filterasche	Klärschlamm-asche	Holzasche
<b>Mengen pro Jahr</b>	t/a (trocken)	710'000	50'000	50'000	70'000
<b>Trockensubstanz</b>	%	85-99	60-70	70-80	80-90
<b>Korngrössenbereich</b>	mm	0.2-40	<0.2	<0.2	<0.2
<b>Antimon</b>	mg/kg	150	4'000	14	13
<b>Blei</b>	mg/kg	900	3'500	120	600
<b>Kupfer</b>	mg/kg	4'000	1'000	900	500
<b>Zink</b>	mg/kg	3'500	20'000	2'000	1'200
<b>Aluminium</b>	mg/kg	55'000	33'000	40'000	35'000
<b>Calcium</b>	mg/kg	150'000	170'000	110'000	200'000
<b>Eisen</b>	mg/kg	70'000	18'000	160'000	30'000
<b>Schwefel</b>	mg/kg	8'000	48'000	8'000	4'500



### Gute Mischung und optimaler Wassergehalt der Verbrennungsrückstände hat Vorteile bei der Ablagerung

**Einbaudichte geschichtete vs. gemischte Ablagerung**

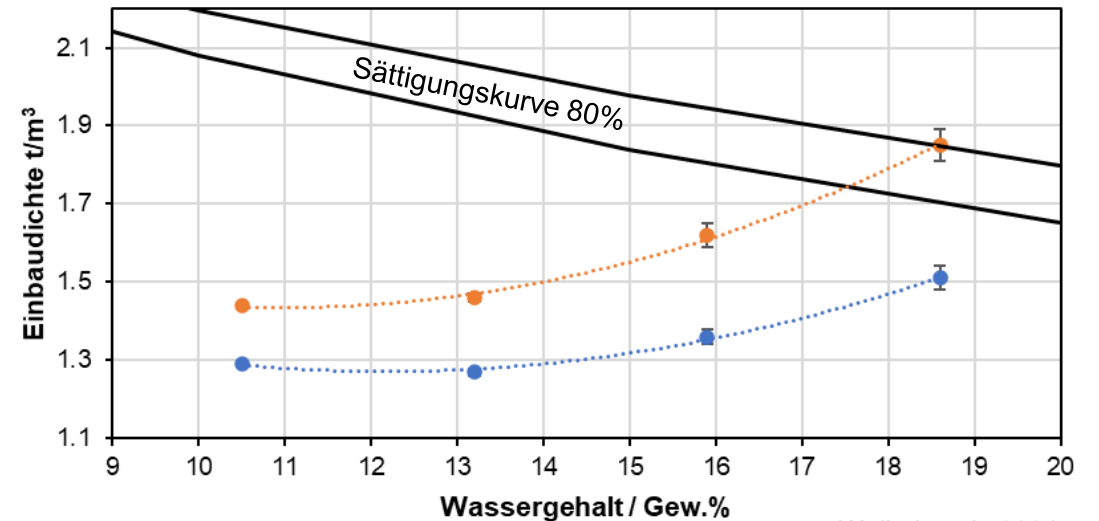


Weibel et al., 2024

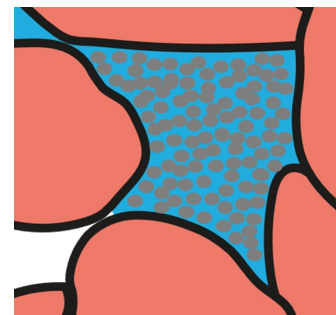
NS: Nassschlacke  
FA: Sauer gewaschene Filterasche  
KSA: Klärschlammasche  
HA: Holzasche

● Trockendichte  
● Feuchtdichte

**Einbaudichte in Abhängigkeit des Wassergehalts**  
Trockenschlacke / sauer gewaschene Filterasche (73/27 Gew.%):



Weibel et al., 2024

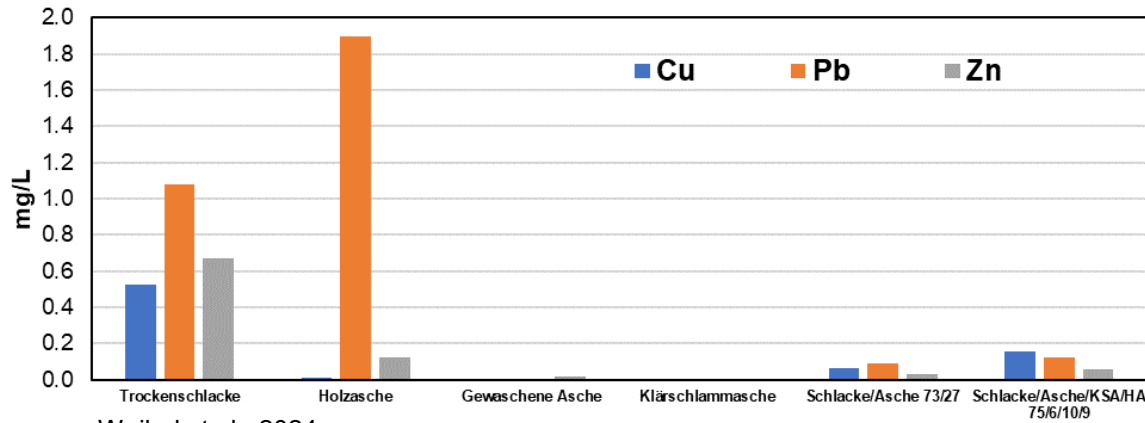


**Einsparung von Deponieraum**

### Reduzierte Sickerwasseremissionen

#### Eluatversuche im Labor (VVEA Test 2)

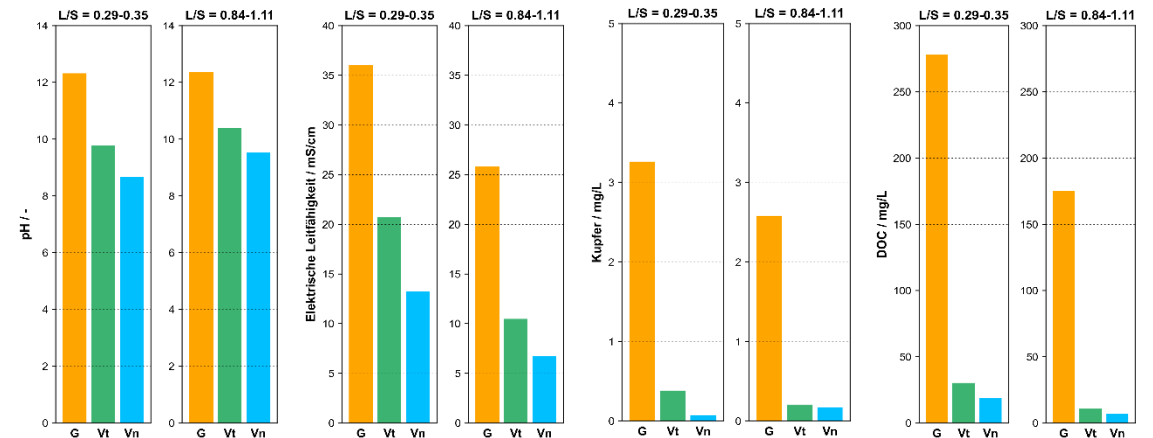
Trockenschlacke, sauer gewaschene Filterasche, Klärschlammasche, Holzasche und Mischungen davon



Weibel et al., 2024

#### Sickerwasser aus Muldenversuchen im Feld

Trockenschlacke / sauer gewaschene Filterasche (73/27 Gew.%)



Geschichtet (G); Vermischt, trocken (Vt); Vermischt, nass (Vn)

Weibel et al., 2025

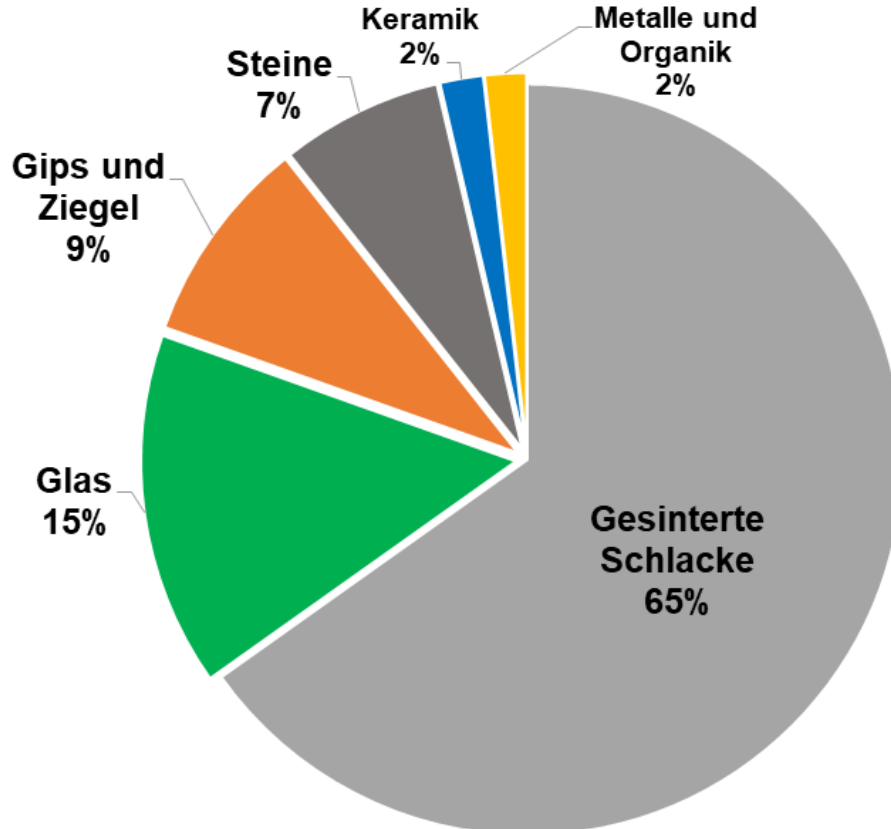
Metall-Rückhalteeffekte beim Mischen der Abfälle → Sorptionseffekte und Mineralneubildungen

### Wege zur praktischen Umsetzung:

- Entwickeln und Testen der technischen Umsetzbarkeit im industrienahen Massstab → Feldstudie Projektserie «SENKATO»
- Formulierung praxistauglicher Empfehlungen für den Umgang mit Verbrennungsrückständen und anderen mineralischen Abfällen

## Ausgangslage:

ca. 30% der aufbereiteten KVA-Schlacke besteht aus Glas, Gips, Ziegel, Steine und Keramik



## Wege zur praktischen Umsetzung:

- Einsatz kreislauffähiger Materialien → Monomaterialien, einfache Trennbarkeit
- Bauabfallsortierung statt Bausperrgutproduktion → Ausbau der Kontrollen auf Baustelle und bei Input KVA
- Weiterentwicklung von Recyclingoptionen für aussortierte mineralische Abfälle (z.B. Gipskartonplatten)



## Verwertung

Aufwändige Aufbereitung mineralischer Abfälle zur Erhöhung des Verwertungsanteils

### Ausgangslage:

- Hohe Deponiepreise schaffen finanziellen Spielraum für aufwändige Aufbereitung und stoffliche Verwertung
- Bautechnische Normen geben Materialqualitäten vor

### Beispiele von Störstoffen in KVA-Schlacke bei einer Verwertung als Gesteinskörnung in Beton:

#### Gips und Ziegel:

poröse, schwefelhaltige Komponenten  
→ tiefe Druckfestigkeit, Volumenausdehnung

#### Glas und Keramik:

plattige, spröde Komponenten  
→ tiefe Biegezugfestigkeit, Risiko der Alkali-Silika-Reaktion

#### Salze:

wasserlösliche Bestandteile  
→ tiefe Frost-Tausalz-Beständigkeit, Rissbildung, Korrosionsrisiko von Armierungseisen



## Wege zur praktischen Umsetzung:

### Märkte schaffen

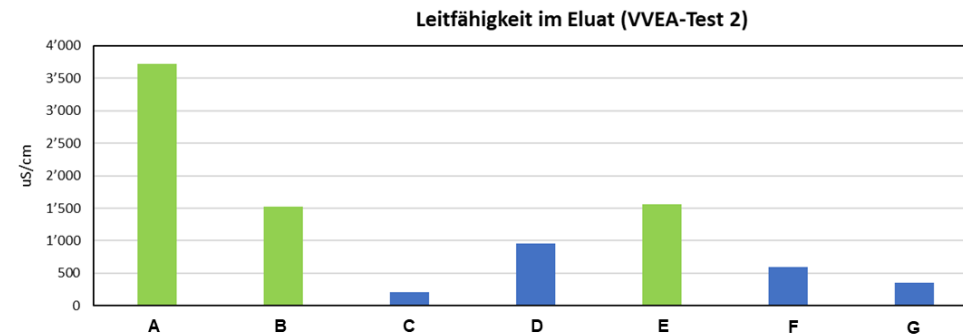
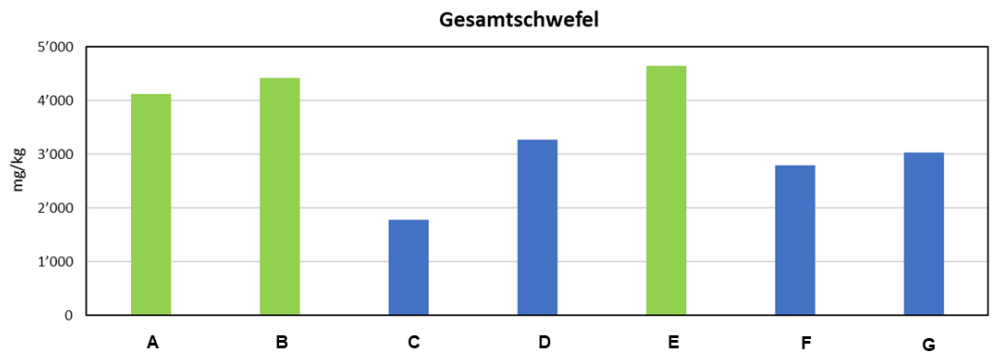
- Sensibilisierung der Abnehmer
- Normen und Vorschriften müssen den Einsatz von Sekundärrohstoffen verbindlich regeln und kontrollieren

### Gezieltes Produktdesign

- Materialien nach Produktspezifikationen herstellen statt als Abfall zu deklarieren
- Auswirkungen der Aufbereitungsschritte auf die Verwertungswege analysieren

→ **Brechen:** beeinflusst Kornform & Porosität

→ **Waschen:** beeinflusst Materialreinheit & chemische Stabilität



Schlacken mit Fokus Metallrückgewinnung und Deponierung

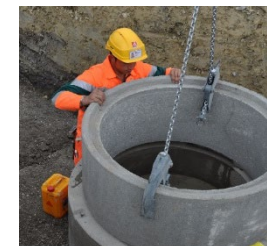
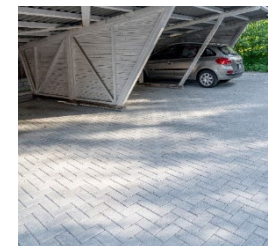
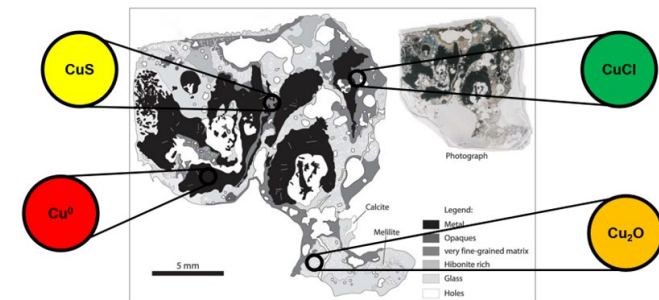
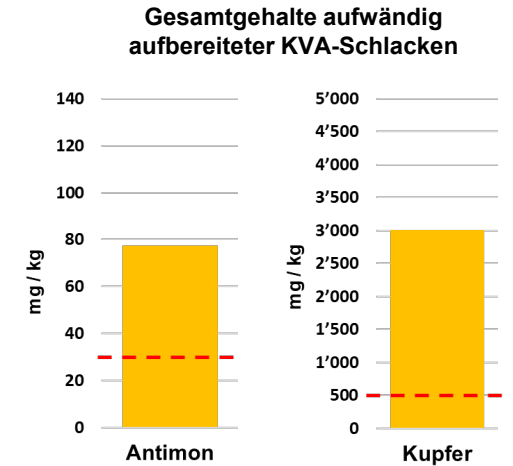
Schlacken mit Fokus Aufbereitung Mineralik für eine mögliche Verwertung (Wäsche, reduzierte Porosität)

## Ausgangslage:

- Trotz aufwändiger Aufbereitungsprozesse: KVA-Schlacken genügen den heutigen Anforderungen für eine Verwertung nicht
- Der technischen Aufbereitung mineralischer Abfälle sind Grenzen gesetzt → ökologisch und ökonomisch irgendwann nicht mehr sinnvoll

## Wie geht man mit Grenzwertüberschreitungen um?

- Sind neue Aspekte der Beurteilung von Belastungen sinnvoll?  
*z.B. Differenzierung zwischen gebundenen und mobilisierbaren Schadstoffanteilen*
- Standardisierte Tests für Umweltbelastung auf Basis von Exposition und Nutzung des Bauprodukts sowie für die Beurteilung der Rezyklierfähigkeit denkbar



## Wege zur praktischen Umsetzung:

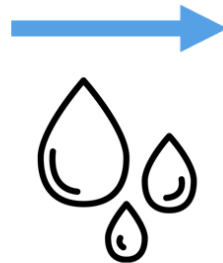
Die Bindungsform bestimmt die Mobilität von Metallen und könnte eine sinnvolle Ergänzung zu Gesamtgehalten sein.

- Entwicklung und Anwendung von Methoden, mit denen die Metallbindungsformen/Stoffgruppen und deren Auslaageverhalten in mineralischen Abfällen und Bauprodukten bestimmt werden können.

Haupt-/Spurenelemente (Gesamtgehalt)	Totalaufschluss & ICP-MS oder XRF
Hauptmineralogie (kristalline Anteile)	Röntgendiffraktion (XRD)
Sequenzielle Extraktion	Stufenweise Freisetzung von Anteilen nach chemischem Verhalten
Partikelmorphologie und Elementassoziationen	Optische Mikroskopie Rasterelektronenmikroskopie (REM-EDX)
Oxidationszustand und Bindungsform	Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS)

### Kupferspezifizierung in aufbereiteter Trockenschlacke

18%	Cu <sup>0</sup>
40%	Cu <sub>2</sub> O
25%	CuO
7%	CuS
<10%	CuCl
<5%	Cu <sub>2</sub> S
<5%	Cu in Spinellen



### Kupferspezifizierung nach Wasserzugabe (pH 12.5, Reaktionszeit 4 d)

45%	adsorbiertes Cu
10%	Cu <sub>2</sub> O
25%	CuO
<20%	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>
<10%	Cu <sup>0</sup>
<10%	CuCl
<5%	Cu <sub>2</sub> S
<5%	Cu in Spinellen

Welche Anteile von Metallen sind umweltrelevant?





## Kriterien schaffen

- Qualitätsstandards definieren: Klare Kriterien für Verwertung und Deponierung (z.B. Schadstoffgrenzwerte, Recyclingquoten)
- Umweltparameter messbar machen: Neue Testverfahren für mobilisierbare Schadstoffe (nicht nur Gesamtgehalte)
- Interkantonaler harmonisierter Vollzug bestehender Vorgaben (Einrichtung effektiver Kontrollmechanismen)

## Akzeptanz und Markt fördern

- Demonstrationsprojekte vorantreiben: z.B. Pilotprojekte für Schlackenaufbereitung oder Bauprodukte aus Recyclingmaterial
- Einsatz der eingesparten Deponiekosten zur Reduktion von Abfallmengen auf Deponien
- Aufnahme von Vorgaben zum Einsatz von Sekundärrohstoffen in Normen und Gesetzgebung
- Nationale Konsensbildung: Dialog zwischen Behörden, Wirtschaft und Forschung für einheitliche Standards

## Handlungsperspektiven aufzeigen

- Konkrete Empfehlungen für technische und wirtschaftliche Umsetzung



***Wir liefern Fakten  
und stehen bei der  
Umsetzung zur Seite***





## Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Weibel, G., Kämpfer, P., Schenk, K. (2024). Deponierung von Rückständen aus der Kreislaufwirtschaft auf Typ-D-Deponien – SENKATO Teil 1: Grundlagenergebnisse und Laborstudie.

Weibel, G., Ingold, P., Weh, A. (2024). Deponierung von Rückständen aus der Kreislaufwirtschaft auf Typ-D-Deponien – SENKATO Teil 2: Methodenevaluation.

Ingold, P., Weibel, G., Wanner C., Gimmi, T., Churakov, S. (2024). Hydrological and geochemical properties of bottom ash landfills. *Environmental Earth Sciences*, 83:180.

Ingold, P., Weibel, G., Kosakowski, G., Gimmi, T., Wanner C., Churakov, S. (2025). Water flow dynamics in bottom ash landfills. *Journal of Contaminant Hydrology*, 276, 104754.

Hänggi, P., Weibel, G., Wolffers, M., Dähn, R., Churakov, S. (2026). Cu and Zn Speciation in MSWI bottom ash: Effects of different treatment processes. Manuscript in Vorbereitung für Waste Management.



**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](mailto:gisela.weibel@unibe.ch)

[www.fachstelle-sekundaerrohstoffe.unibe.ch](http://www.fachstelle-sekundaerrohstoffe.unibe.ch)