

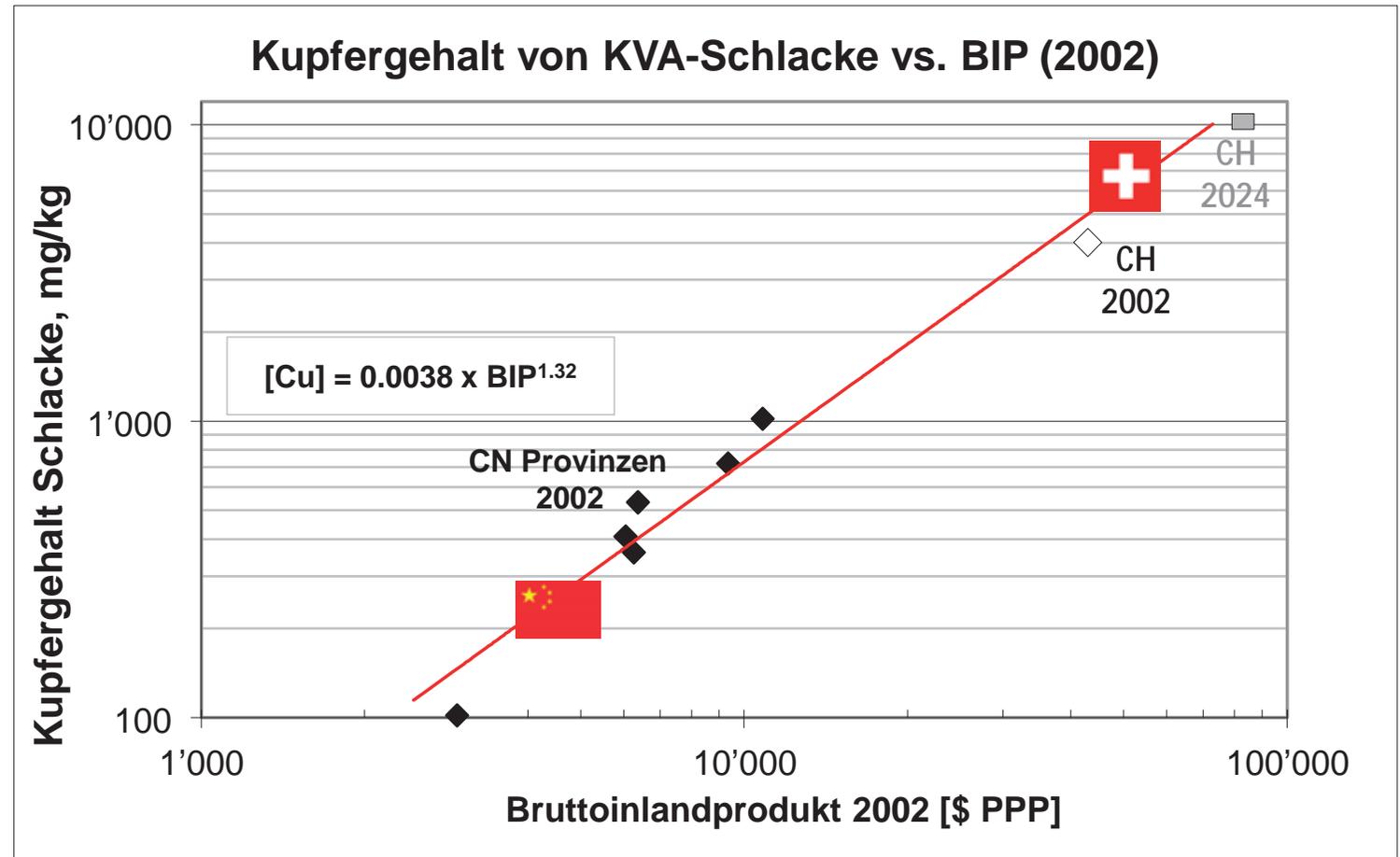
KVA-Schlacke: Der Abfall vom Abfall

Rainer Bunge, Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil

KVA-Schlacke: Ein Indikator für Wohlstand

In einer Studie hatte das UMTEC 2002 festgestellt, dass die Kupfergehalte in chinesischen KVA-Schlacken mit dem Bruttoinlandprodukt der Provinz korrelierten.

Die Schweiz lag 2002 ebenfalls auf diesem Trend. Und sie liegt 2024 immer noch dort. Trotz Separatsammlung von Elektro(nik)geräten...

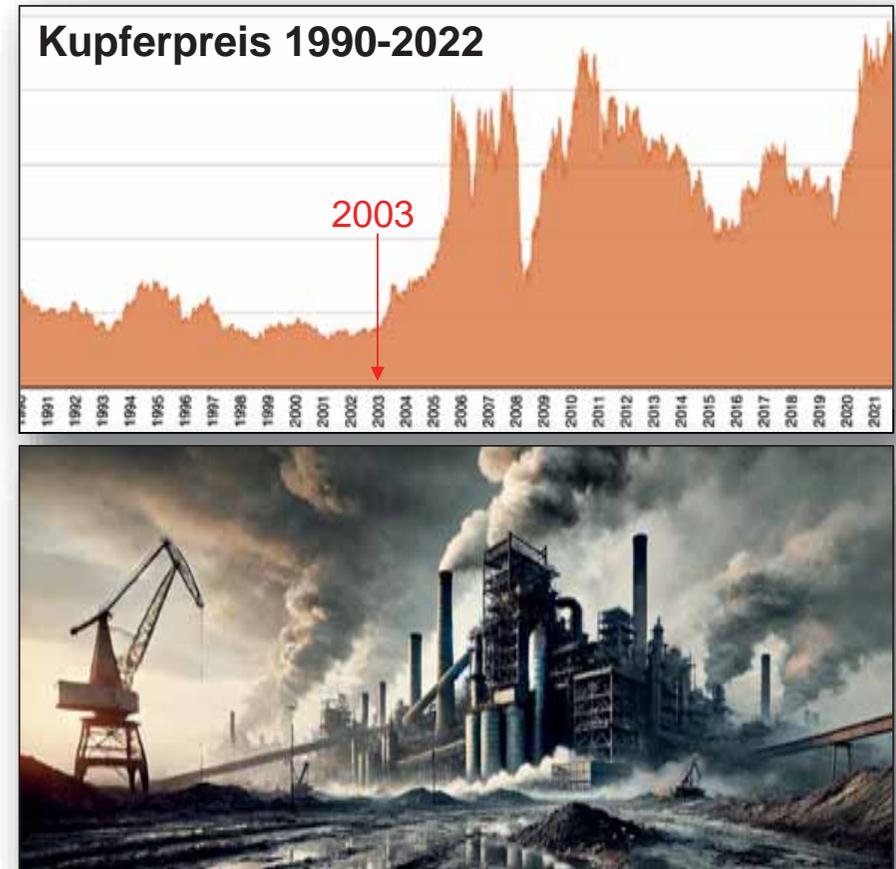


KVA-Schlacke: Ein Indikator für Wohlstand



Treiber der KVA-Schlackenaufbereitung

- **Erlöse für NE-Metalle**
 - Steigende Metallpreise
- **Umweltnutzen durch Metalle ex Schlacke**
 - Substitution von Erzen, die in Schwellenländern gewonnen werden
- **Neue und verbesserte Technologien**
 - Wirbelstromscheider, Sensorsortierer
 - Trockenausstrag
 - nasse Aufbereitung
- **Ansteigende Deponiepreise**
 - Limitierte Deponievolumen
 - Druck zur Verwertung der Schlackenmineralik



Gesetzgebung

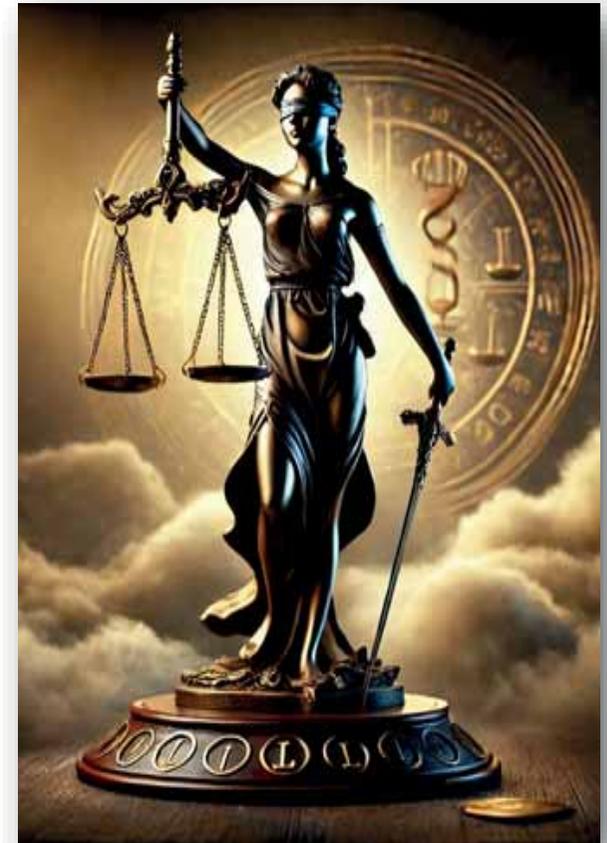
Abfalleitbild 1986

- Organische Stoffe durch Verbrennung mineralisieren → KVA
- Aufbereiten der Mineralik auf «Erdkrustenqualität» → Deponierung
- Zurückgewinnung von Wertstoffen

TVA 1990: ...sofern technisch möglich, wirtschaftlich tragbar, ökologisch sinnvoll

Kt. ZH Verwertungsverbot 1997: ...keine Schlacke im Strassenbau

VVEA 2016: ...Verwertung/Vermeidung gemäss dem Stand der Technik
→ «bewegliches Ziel»



Schlackenszene Schweiz

Rahmenbedingungen

- Die KVA werden von der öffentlichen Hand betrieben (Zweckverbände)
- Politisches Bekenntnis zu Deponie als letzter Senke
- Engagierte und kompetente Umweltbehörden
- Engagierte und kompetente Betreiber
- Starker Dachverband



Schweizer Schlackenaufbereitung im Wandel der Zeit

...bis ca. 1995: Verwertung der KVA-Schlacke im Strassen- und Wegebau; Entfernung von magnetischen Eisenteilen aus der Schlacke (Störstoffe); keine NE-Metallgewinnung

1998 NF-Schwerpunktprogramm Umwelt/IP-Abfall; Fokus: Schlackenverglasung; Metalle ex Schmelze...

2002 Grossversuch selektive Zerkleinerung in Kugelmühle; Fokus: NE-Metallgewinnung

2008 Trockenaustrag KEZO, SATOM; Fokus: maximierte Metallausbeute

2015 Gründung IGENASS; Fokus: gleiche Metallausbeute wie Trockenaustrag

2019 Schlackenaufbereitung Elbisgraben; Fokus: selektive Zerkleinerung der Mineralmatrix im geschlossenen Kreislauf

2023 Nassaufbereitung SELFRAG «Centro Uno»; Fokus: saubere Mineralik zur Baustoffherstellung

Spannender Lesestoff: Markus Franz «KVA-Schlackenaufbereitung in der Schweiz»

Grossversuch selektive Zerkleinerung in Kugelmühle

Projekt UMTEC, Eberhard Recycling, vonRoll (2002): Zerkleinerung der Schlackenmineralik in einer Kugelmühle auf <4mm, wobei die Metallstücke intakt bleiben und anschliessend ausgesiebt werden. Aus der Fraktion <4mm wurden mittels Wirbelstromscheider die Nichteisenmetalle gewonnen.

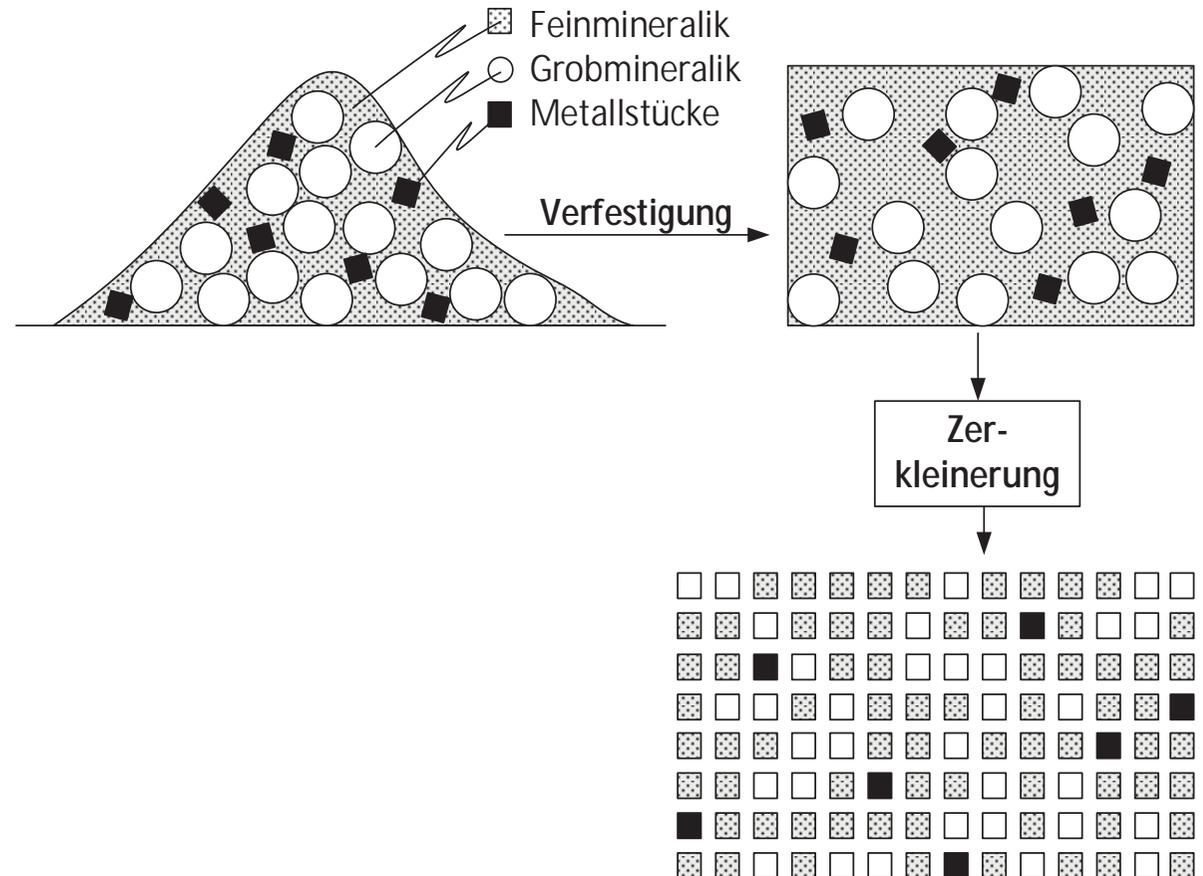
- Anfänglich grosse Skepsis...
- Georg Schons und Robert Lienhard betreiben eine Schlackenaufbereitung im Tüfentobel/SG
- Teuftal beschliesst den Neubau einer Schlackenaufbereitung mit Wirbelstromscheidern
- Abgelagerte Schlacke wird im Elbisgraben ausgebaut und aufbereitet (Treiber Metallergös)



Trockenaustrag

Der Feinkornanteil Schlacke $<0.25\text{mm}$ bindet nach dem Nassaustrag teilweise ab und verkapselt die Metalle in einer Mineralmatrix. Vor der Separation müssen diese Metallstücke durch Zerkleinerung freigelegt werden.

Idee: **Austrag der Schlacke aus dem Ofen ohne Wasserkontakt.** Durch den Trockenaustrag werden die Metallstücke nicht hydraulisch verkapselt und sollten viel einfacher zurückgewinnbar sein!



Die viel höheren Metallausbeuten übten massiven Druck auf den Nassaustrag aus!

- Nachtrag zur TVA: Begrenzung NE-Restmetallgehalt auf Schlackendeponien $<1.5\%$.
- VVEA-Grenzwert in der Pipeline: tolerierter Restmetallgehalt $NE < 1\%$. Nach dem SdT unmöglich mit Nassaustrag...
- Aber die meisten KVA wollen keinen Trockenausstrag...

- **Gründung der «Interessengemeinschaft Nassaustrag» 2015.** Zielsetzung: Metallausbeute wie beim Trockenausstrag. Laufzeit 4 Jahre.
- Aus den Projekten resultierten deutliche Verbesserungen bei der Metallausbeute: Die Schweizer Anlagen halten heute auch mit nass ausgetragener Schlacke den VVEA-Grenzwert $NE < 1\%$ locker ein und sind weltweit technologisch führend.
- Bericht MetExSlag 2023: Punkto Metallausbeute sind die besten Schweizer Anlagen zur Aufbereitung von Nassschlacke (Elbisgraben) mit denen für Trockenschlacke (ZAV-RE) etwa gleichwertig.

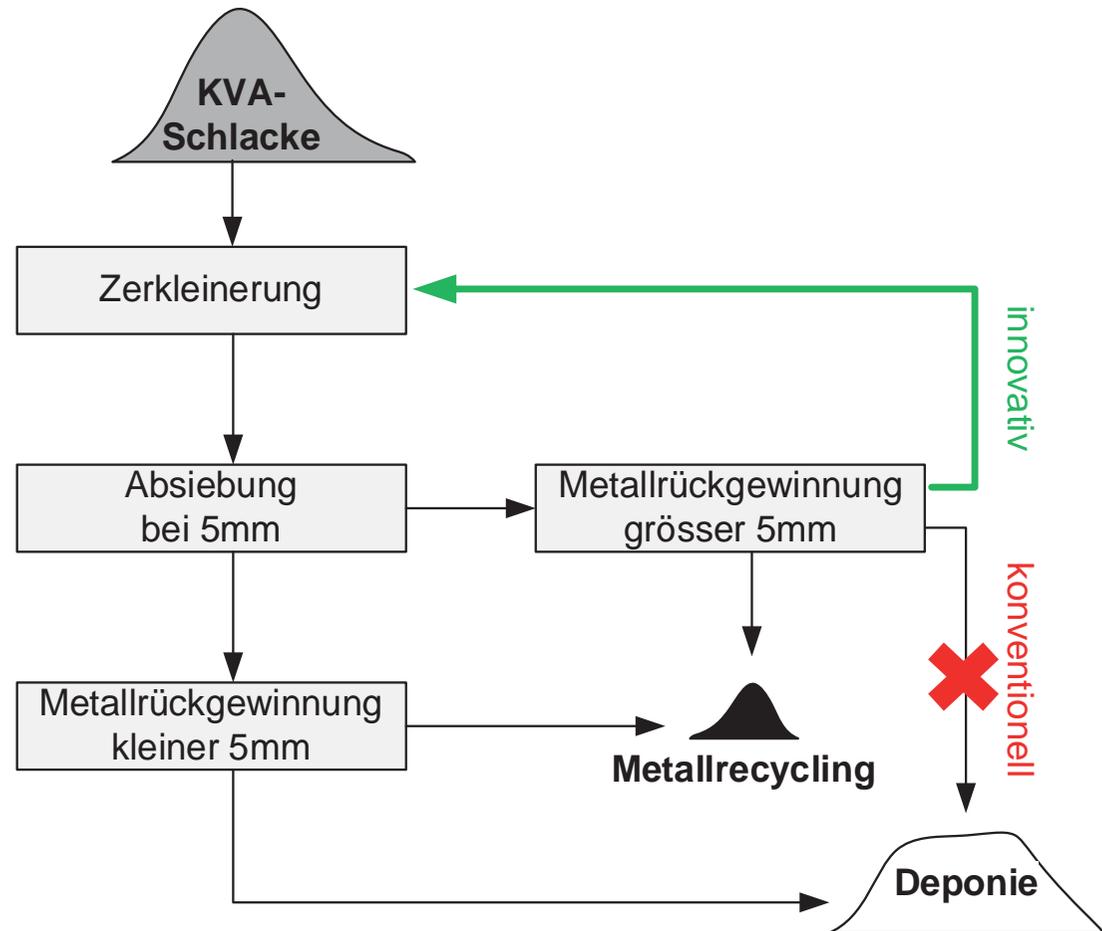
Hohe Metallausbeute durch clevere Verfahrensführung

Konzept Elbisgraben

low-tech & kostengünstig - aber ziemlich clever!

Anstatt in der Grobkornaufbereitung zahlreiche Wirbelstromscheider in Reihe zu schalten, werden die groben Agglomerate immer wieder via Zerkleinerung über den gleichen Wirbelströmer geführt.

Seit Inbetriebnahme Elbisgraben wurden alle neuen Anlagen nach dem gleichen Prinzip gebaut: VfA Buchs/SG, Lörrach/D, ZAKU/UR...



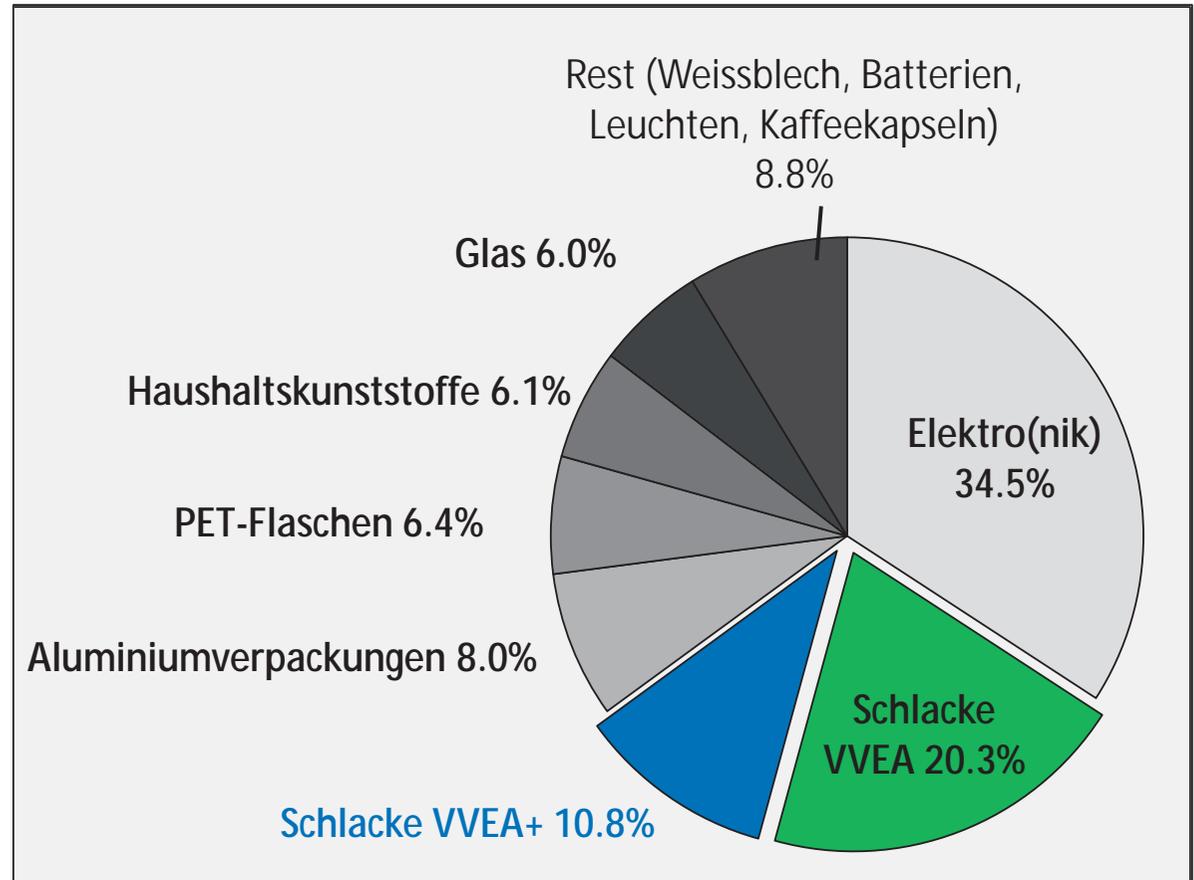
Beitrag KVA-Schlackenaufbereitung zur Recyclingwirtschaft

«Königsweg» der Umwelttechnik:
gleichzeitig ökologischen Nutzen
stiften und Geld verdienen!

Schlacke VVEA: Umweltnutzen der Schlackenaufbereitung CH gegenüber der marktgetriebenen Metallrückgewinnung (EU). Vorgabe VVEA: 1% NE-Restmetallgehalt.

Schlacke VVEA+: Bei Verschärfung auf 0.3% NE-Restmetallgehalt. Dies ist technisch machbar sowohl mit Trocken- als auch mit Nassaustrag.

Der Beitrag der Schlackenaufbereitung zum Umweltnutzen des Recyclings von Siedlungsabfällen ist erheblich.



Blick in die Zukunft...

- **CO₂-Begasung**
 - Carbon Capture and Storage
 - bessere Schlackenqualität («Erdkrustenqualität»)
- **Aufbereitung KVA-Schrott (Treiber: Umweltbilanz, Erlös)**
 - Entfernung Batterien (Zinkemissionen in Schwellenländern)
 - Entfernung Kupfer (Stahlschädling)
 - Separation Zink aus NE-Konzentrat (erhöhte Wertschöpfung)
- **Schlacke als Baustoff (Treiber: Deponieraumverknappung)**
 - Zementgebunden (Kiesersatz im Beton)?
 - Unter dichter Deckschicht (Strassenkoffer unter Asphalt)?
 - PFAS?
- **Evolution erfordert genetische Vielfalt. Auch bei der Schlackenaufbereitung! (Trockenausstrag, SELFRAG...)**



Vielen Dank....

