



SEFRAG  
WASTE TO VALUE

Ein Jahr Betrieb

# Centro Uno

**SEFRAG – elektrodynamische  
Fragmentierung und Aufbereitung  
von KVA-Schlacke**

Dr. Alexander Weh, SEFRAG AG

28. Dreiländertreffen, Neuenburg (CH)



# Inhalt

## • Vorstellung SELFRAG & Anlage

1

- Unternehmen
- Kerntechnologie
- Zielsetzung für Centro Uno
- Centro Uno Entwicklung & Umsetzung



## • Erfahrungen nach 1 Jahr Betrieb

2

- Materiallogistik & Vorbereitung
- Trocken & Nassmechanische Aufbereitung
- Elektrodynamische Fragmentierung
- Wasseraufbereitung



## • Ergebnisse Centro UNO

3

- Metalle
- Minerale
- Rest



# 1.1 Wer ist SELFRAG - Unternehmen

SELFRAG wurde 2008 in Kerzers (FR) von einer Gruppe Schweizer **Investoren** gegründet mit der Motivation einen umsichtigen und nachhaltigen Umgang mit unseren Ressourcen voranzutreiben.

SELFRAG hat eine **einzigartige**, innovative und patentierte Technologie zum **selektiven** Brechen von Feststoffen entwickelt.

## Recycling



→ IBA ist unser Fokus

## Forschung

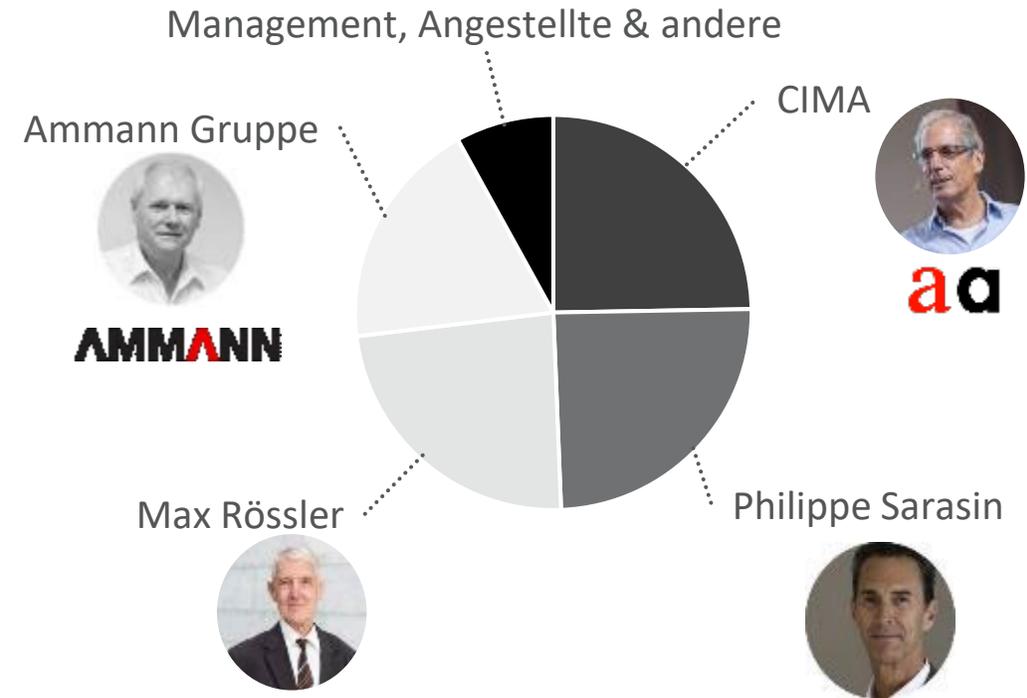


Probenvorbereitung

## Industrieprozesse



Hochreine Prozesse



Heute ist SELFRAG **Marktführer** in der selektiven Fragmentierung. Rund 30 Mitarbeiter sind damit beschäftigt, die Technologie in Recyclingprozesse zu integrieren, um neue Wege für eine bessere und vollständigere Kreislaufwirtschaft zu verwirklichen.

## 1.2 Kerntechnologie

### Selektive Fragmentierung durch gepulste HV-Entladungen



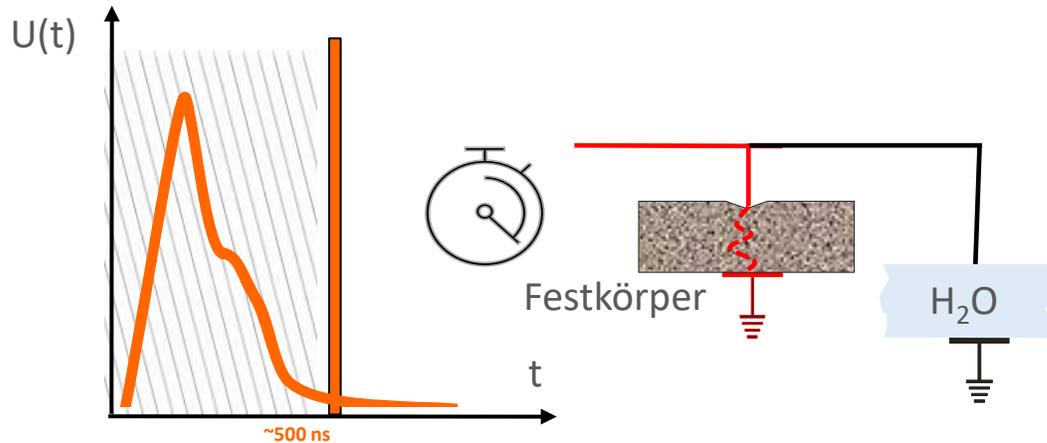
Von der Natur kopiert und in Prozesstechnik umgesetzt

Selektive Aufbereitung komplexer Verbundstoffe und Gemische durch elektrische Entladungen

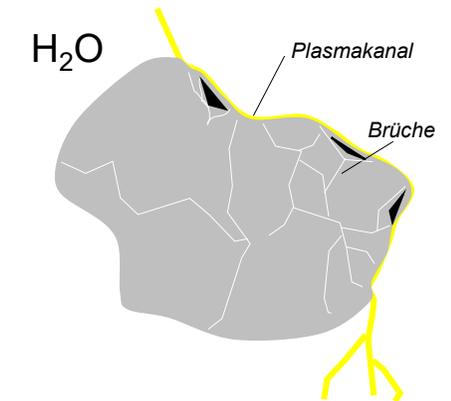
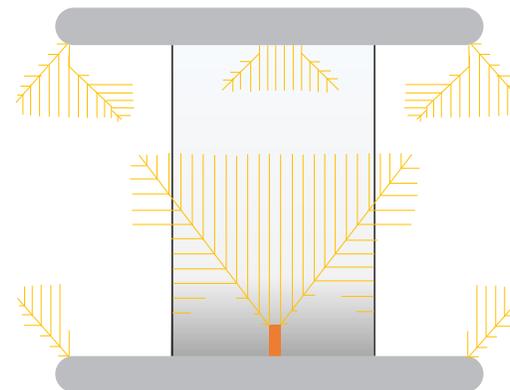
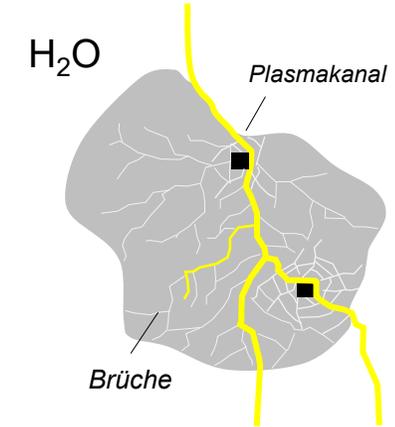
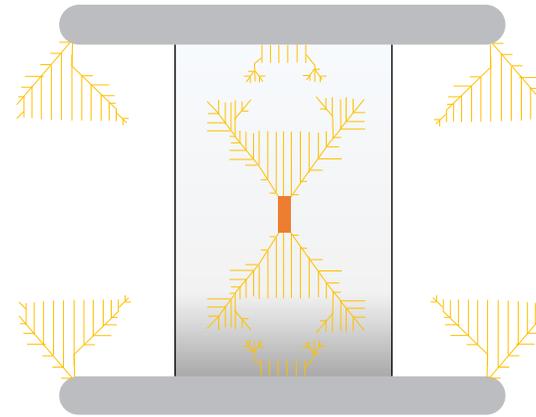
# 1.2 Kerntechnologie

## Kontrollierte Plasma-Überschläge

1. Geringe Energieabgabe  $< 6 \text{ kWh/t}$  bei  $< 200 \text{ kV}$
2. gepulste Entladungen ( $U(t)$ ) durch reduzierte Pulsanstiegszeit  $t = \text{Wasser isolierend}$
3. Aufgabegut zwischen 2 Elektroden
4. Materialaufbau kontrolliert Energieabgabe
5. kontinuierlichen Aufbau und Integration in Kreisläufe



## Durchschlags-Entwicklung bei unterschiedlichem Materialaufbau



# 1.3 Entwicklung zu Centro Uno

Ansatz zur Steigerung Rückgewinnungsquoten auf 50%



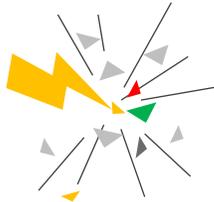
## KVA-Schlacke- Heterogener Input

Mischung/Verbund verschiedener Komponenten (unverbrannt, Mineralien, Schlacke, Glas, Metalle, Agglomerate...) mit unterschiedlichen Eigenschaften



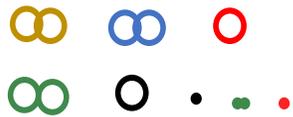
## Homogenisierung- Klassierung, Dichte- und Magnetabscheidung

Trennung in fundamentale Massenströme mit vergleichbarer Größe, Dichte und Beschaffenheit



## SELEKTIVE Fragmentierung- Freisetzung

SELFRAG-Bearbeitung zur Reduzierung von Schwankungen und Verunreinigungen durch bessere Freisetzung & Sortenabspaltung (grade splitting)



## Wertschöpfung- Sortierung

Mechanische Rückgewinnung von Rohstoffen in separate Produkte mit hoher Qualität: Metalle, Mineralien und Reste

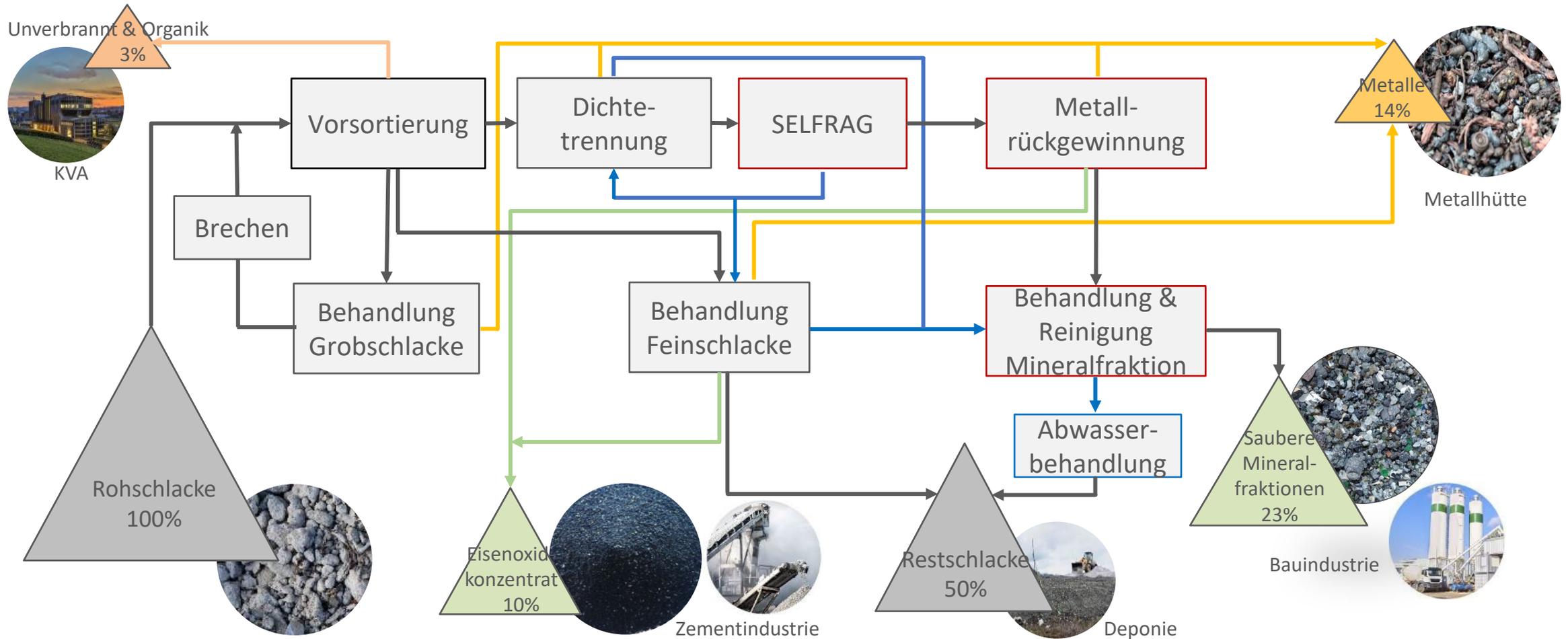


## Upgrading – Reinigen

Aufwertung von Metallkonzentraten und Saure Wäsche von Mineralfraktionen zur Erzielung homogener und stabiler Qualitäten

# 1.4 CENTRO-UNO – Umsetzung

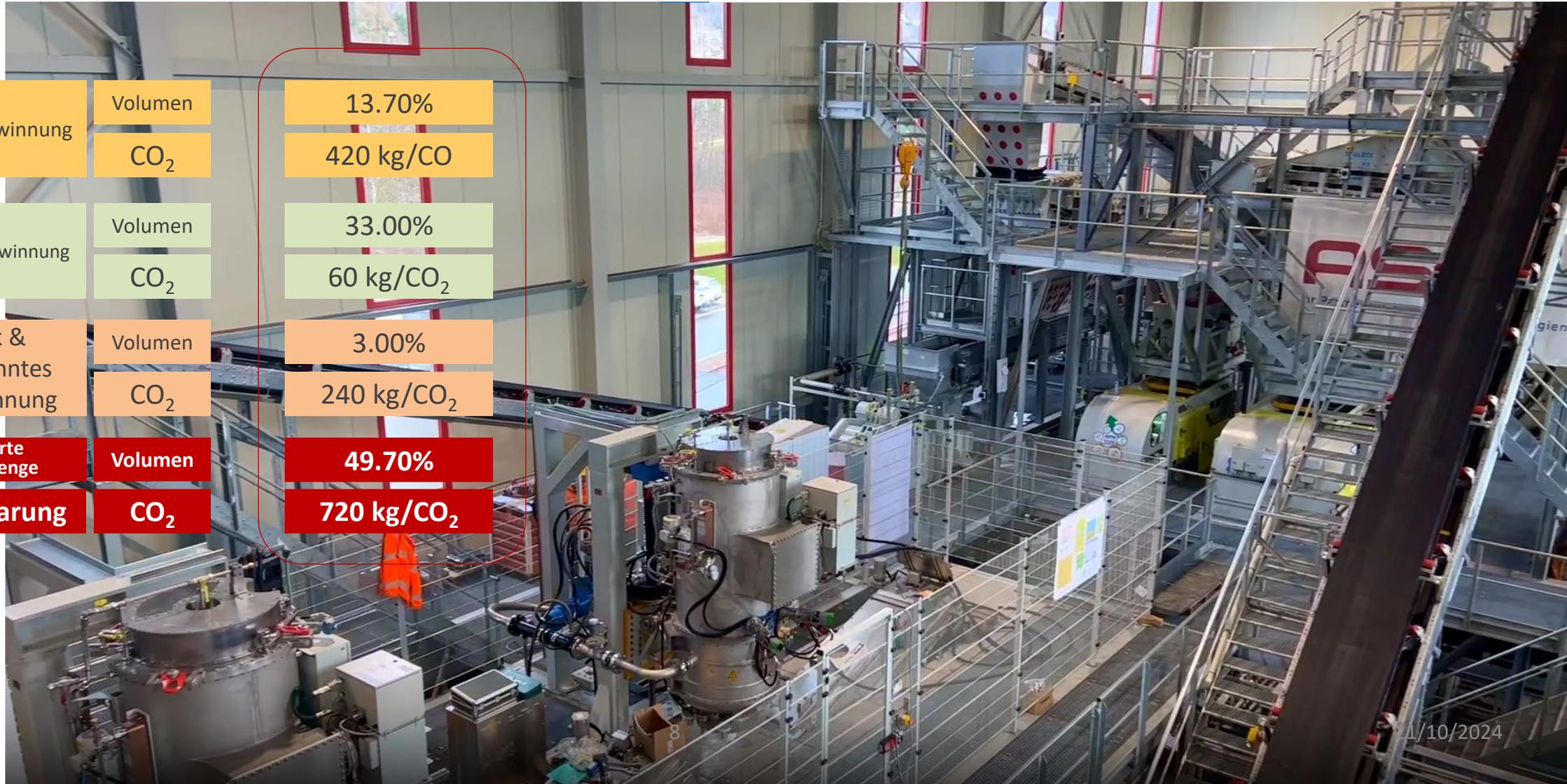
Kombination von trocken-&nassmechanischen, traditioneller & innovativer Aufbereitungskette



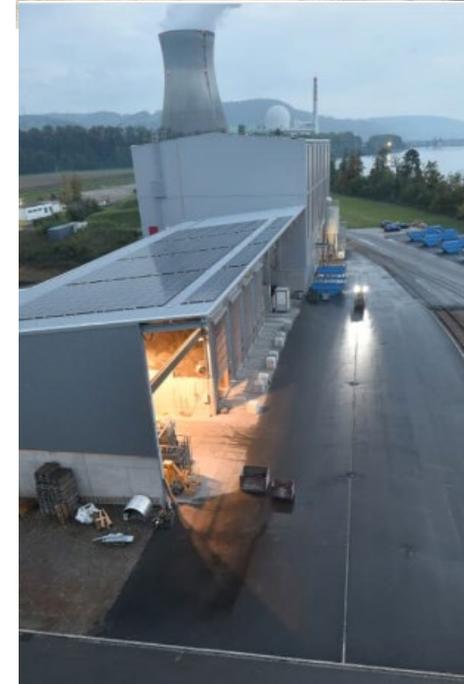
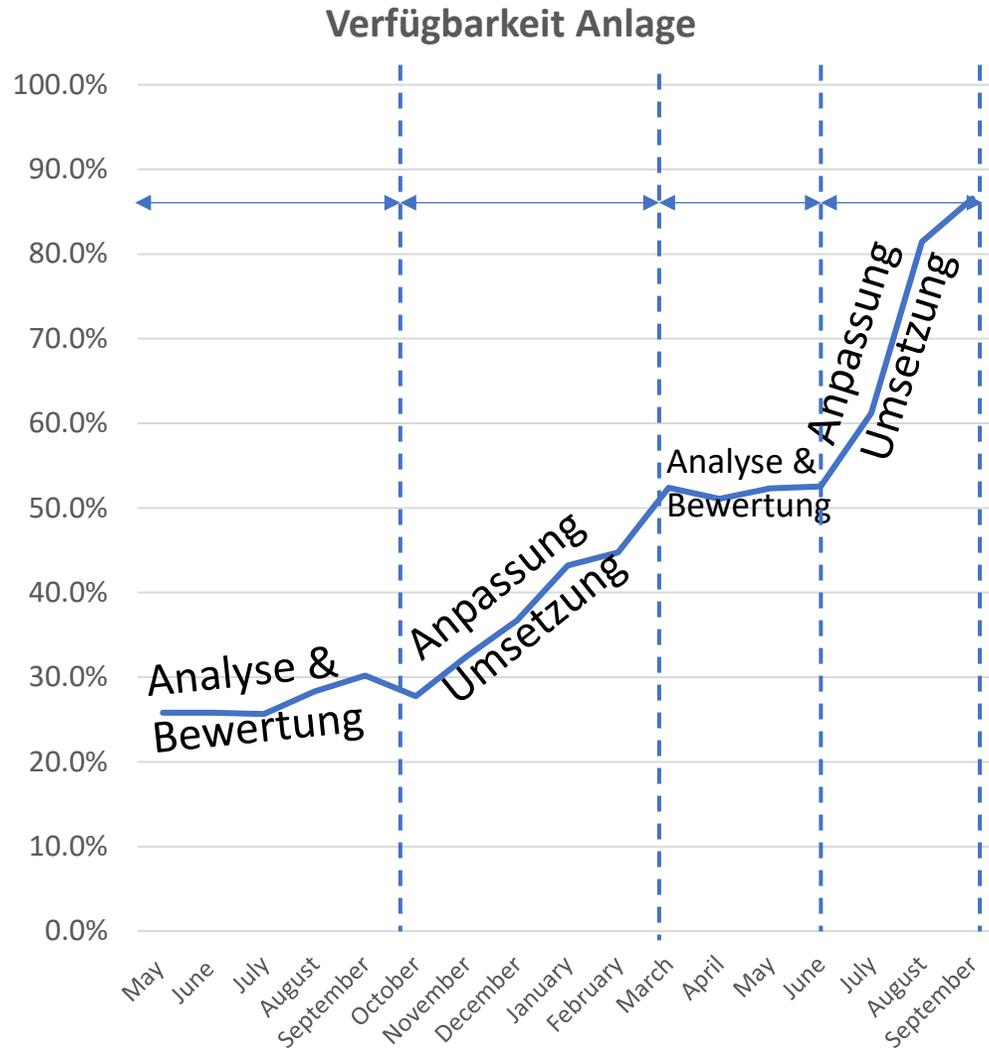
# 1.4 CENTRO-UNO - Realisierung

... in eine Anlage

Metallrückgewinnung	Volumen	13.70%
	CO <sub>2</sub>	420 kg/CO
Mineralrückgewinnung	Volumen	33.00%
	CO <sub>2</sub>	60 kg/CO <sub>2</sub>
Organik & Unverbranntes Rückgewinnung	Volumen	3.00%
	CO <sub>2</sub>	240 kg/CO <sub>2</sub>
Eingesparte Deponiemenge	Volumen	49.70%
CO <sub>2</sub> Einsparung	CO <sub>2</sub>	720 kg/CO <sub>2</sub>



## 2. Erfahrungen nach +1 Jahr Betrieb



# 2.1 Logistik

## Anlieferung, autonome Mischung, Beschickung und Abholung

**Grobsieb mit Puffervolumen**

**Definierte Ansteuerungsbereiche & Kran**

**Rückverlad**

**Automatisierte Produkt-Abholung**

**Anlieferung**

**Bunker 1-5** (Abräumen, Gaspernt, Reset Bunker, Füllstand, Leertab, Tor status)

**Kran Ablauf** (Schnitt einfügen, Schritt, Schritt loschen, Nächste Kranposition)

**Gewichtsmessung** (Bruttogewicht: 100WT08, Nettogewicht: 146 kg)

**100W10 Hubwerk** (Niveaupunkt, Nullpunkt, 100SS10 Hub, etc.)

**Jahresauswertung** / **CO<sub>2</sub>-Auswertung**

**Abfallbilanz**

**Lagersysteme**

Masch.-ID	Material	Füllgrad	Plandatum	Abholdatum
bw: 9025	KWA - Schrott, normal	100%	07.10.2024 23:50	07.10.2024 08:23 ✓
bw: 9020	Alu aus KWA 74%, normal	88%	10.10.2024 03:31	-
bw: 9021	KWA Schrott, normal	41%	09.10.2024 13:53	-

**Anforderungen** (aufbereiten, Handpicking, Umschichten, Rückverlad)

**Kran Umschichten** (Umschichten AUS, Aufnahme/Abwurfposition)

**Betriebsart** (Greife betriebl., Hakenbetriebl., Bunkerbereich, Gesamtbereich)

**Kranfahrt** (100M01, 100M03, 100M07, 100M10)

**Greif**

IBA - IN

Kran

Aufbereitung

Modul 1

IBA - OUT

## 2.1 Logistik & Vorbereitung

Ziel ist es Schlacke aus dem Bunker direkt zu verarbeiten

Vielfältige Erfahrungen im Betrieb

- Schlacke muss umgeschichtet werden – spezifischer Algorithmus
  - Platz für neue Schlacke
  - Schlacke muss +1 Woche altern (Reduktion von Feuchtigkeit & Reaktion)
  - Beschickung Anlage über Pufferkapazität
- Geschwindigkeit & Kapazität von Kran limitiert Anlagen-Durchsatz
  - beschränkte Puffer-Kapazität in Vorlage
  - Rückverlad konsumiert Kranverfügbarkeit (nicht planbar)
  - Einteilung von Feldern berücksichtigt nicht 3-D Bunker-Morphologie im Bunker durch Umschichtung. Reduzierte Menge pro Schaufel
  - Material verdichtet sich bei zuviel Auflast und Zeit (Oxidation & Zementreaktionen)
- Durch Kombinationen verschiedener Faktoren resultiert kein oder “falsches” Material in die Anlage – kann durch Betrieb mit 2. Kran verbessert werden



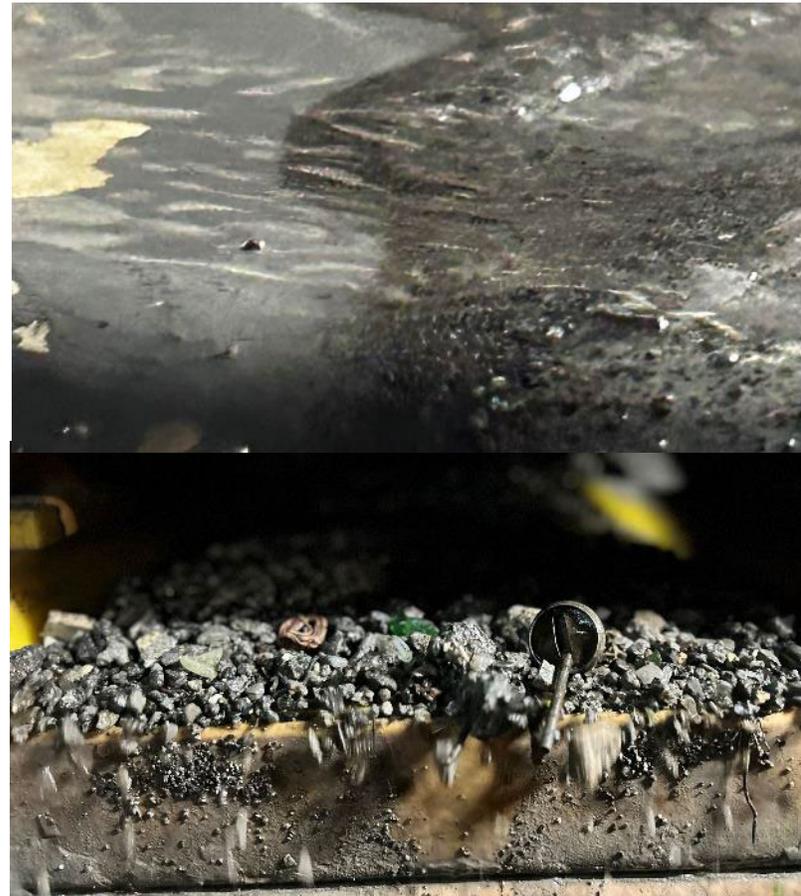
## 2.2 Trocken & Nassmechanische Aufbereitung

Aufbereitung in homogene Teilströme durch Klassifikation, Dichtentrennung und Fragmentierung,

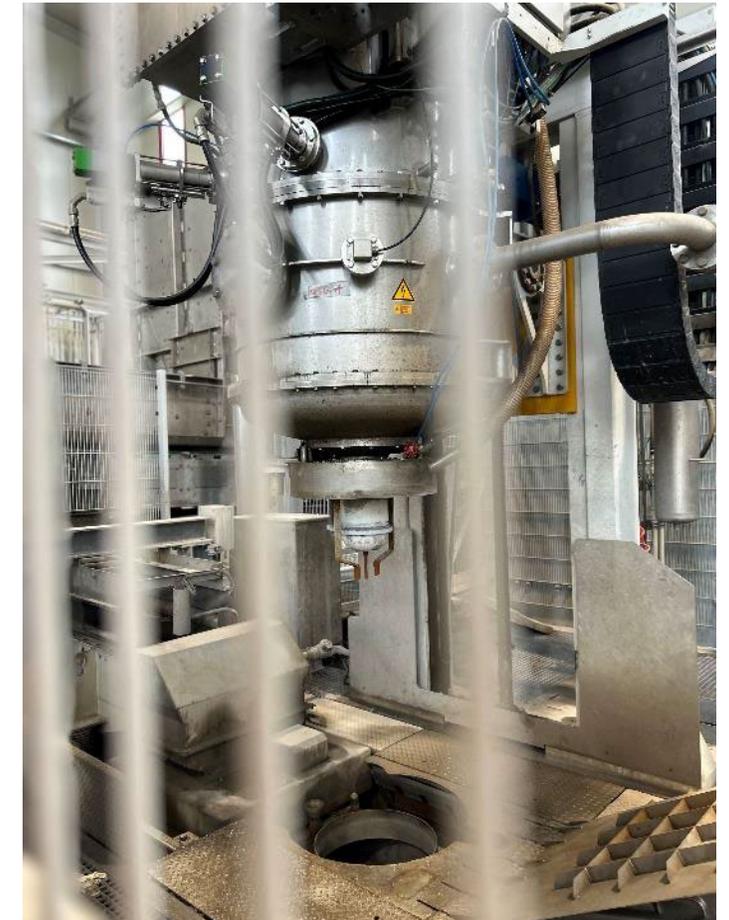
**Klassifikation**



**Dichtentrennung**



**ED Fragmentierung**



## 2.2 Herausforderungen in der Aufbereitung

Klassierung & Vorsortierung

- Langteile stören/verstopfen Siebe und Setztisch – **Langteilscheider & Anpassung Siebschnitte reduziert Risiko von Verstopfungen**
- Zu nasse und zu reaktive Schlacke blockieren Siebe oder Setzmaschine von oben und unten (Zementreaktionen)
- Reduzierte Siebeffizienz verunreinigt Anlage, verschleppen Feinstoffe und reduzieren Qualität aller Produkte

Erhöhter & regelmässiger Reinigungsbedarf durch Personal senkt sich durch vorgängige Lagerung der Schlacke



## 2.3 Elektrodynamische Fragmentierung

- Erfolgreiche Einstellung & Kombination Vorsortierung und der selektiven Fragmentierung im kontinuierlichen Betrieb
- Verbesserung der Betriebsparameter und Betriebskosten (Wasserverbrauch, Verbrauchsmaterial, Wartung und Reinigungsaufwand)
- 2-Schichtbetrieb 16/6 erfolgreich etabliert
- Sichtbare Verbesserung Produktqualität durch Prozess zur Verbesserung Deponieklasse/Verwertung



## 2.4. Wasseraufbereitung

- Aufsalzung des Prozesswasser über Zeit mit entsprechenden spontanen Folgen zu Schaumbildung oder auf Flockung/Sedimentation im Klärer
- Gelöste Stoffe aus “reaktiver, neuer” Schlacke reagieren sofort im Klärer und stören Flockung sowie Sedimentation.
- Hohe pH Werte im Prozesswasser und Material
- Ständige Weiterentwicklung zur Verbesserung des Wasserhaushalt mit Einspeisung, Kreislauf und Entsorgung.
- Saure Wäsche gegenwärtig in Inbetriebnahme – Mehrere erfolgreiche Testläufe

**Lagerung reduziert Feuchte und Reaktivität der Schlacke in der Aufbereitung, sowie die resultierende Lösungsfracht im Prozesswasserkreislauf.**

**Gegenwärtige Studien zur Vorbehandlung des Prozesswassers mit dem Ziel Lösungsfracht zu reduzieren, um eine ausreichend und stabile nasse Bearbeitung zu garantieren und Betriebskosten zu senken**

# 3 Ergebnis Centro Uno

Massenbilanz 2024 ca. 21000 t Schlacke verarbeitet

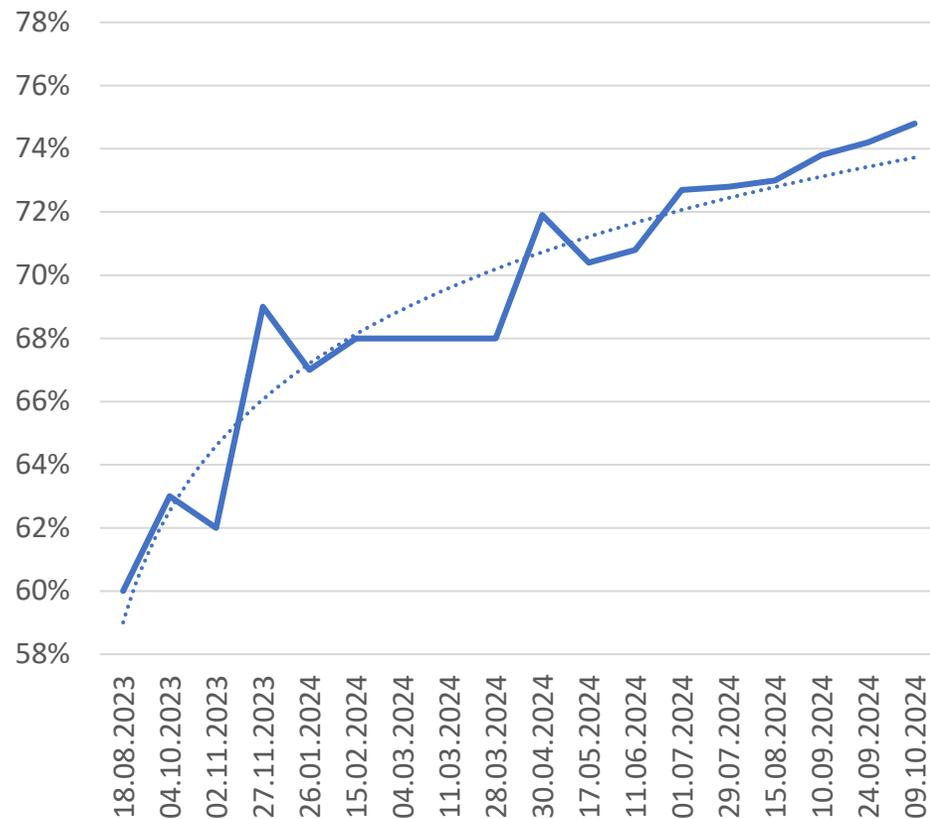
	FeO	FE	NE					-2mm Schwere- konzentrat	Unverbrannt	Minerals (Deponie)	Total recovered	Rest- schlacke	Total IBA (dry)
			Al	NE-Mix	Schwermetalle	Rostfrei	Total NE						
Anteil (%)	8.7%	12.4%	2.53%	0.75%	0.70%	0.32%	4.3%	0.17%	1.63%	22.7%	49.8%	50.2%	100.0%



**Massenbilanz bestätigt  
SELFRAG Rezept als  
industrielle Anwendung.**

## 3.1 Ergebnis für NE & FE Metalle – Qualität und Ausbeute

Schmelzausbeute Al-Smelter

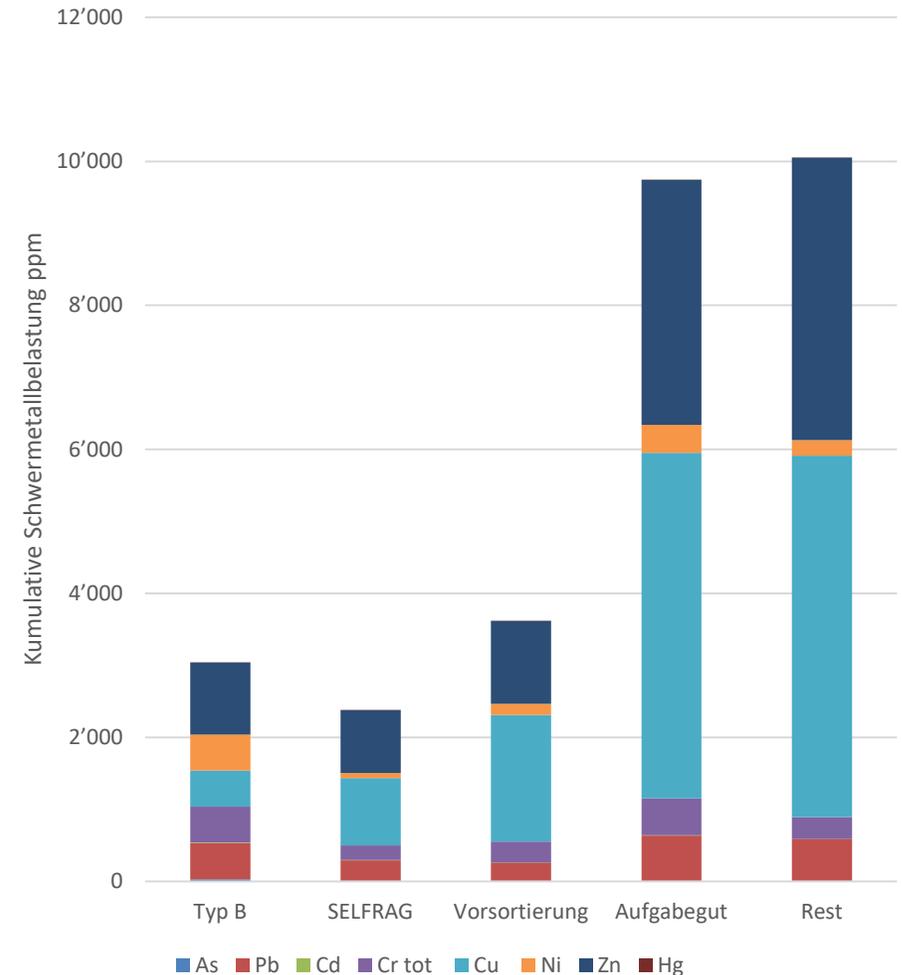


- 94% NE Rückgewinnungsrate (+2 mm)
- +90% FE Metalle (+5 mm)
- Bei 88-95% NE&FE Metallqualitäten  
*Hohes Qualitätsniveau mit geringsten Schlacke-Anteilen und reduzierten Verlusten durch Oxidation*
- Trennung in leichtes NE und schweres NE erhöht Wirtschaftlichkeit
  - Direkte Vermarktung an Kupfer-Hütte oder Al-Schmelze
  - Teilfraktionen über Händler
- Stetige Verbesserung der Metall-Qualitäten durch selektive Fragmentierung siehe Al-Schmelzausbeute
- Ca. 120 CHF/t<sub>IBA</sub> an Metallumsatz

## 3.2 Qualitätsentwicklung Minerale & Rest

- Effiziente Reduzierung der Schwermetallbelastung durch Gesamtprozess
- Nach mechanischer Bearbeitung nur Cu über Typ B Grenzwerte
- Fast alle anderen Werte = Typ B/2
- Verwertungspotentiale gegenwärtig in Untersuchung
- Inbetriebnahme & Optimierung saurer Wäsche
- Restschlacke VVEA-konform, deponiefähig und mit vergleichbarer Belastung wie Rohschlacke

Verteilung der Belastung durch den Prozess



## 3.2 Ergebnisse zum FeO

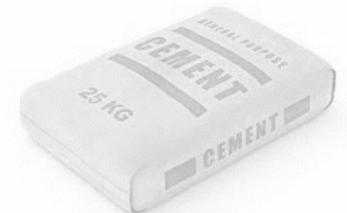
Eisenoxid-Konzentrat aus KVA-Schlacke erreicht Gehalte 47-55% FeO



Vorgaben zur Verwertung nach  
Schweizer Gesetzgebung (VVEA)

	Typ B	Rohmehl- korrekturstoff	Eisenoxid- konzentrat
Sb	30		58
As	30		16
Pb	500		284
Cd	10	10	0.5
Cr	500		848
Cu	500		3014
Hg	2	1	<0.1
Tl		3	<2
Ni	500		579
Zn	1 000		2140

Wird direkt verwertet bei führenden  
Zementhersteller vor Ort und ersetzt  
Walzzunder:



## Zusammenfassung

- SELFRAG Rezept erfolgreich industrialisiert und umgesetzt
- Betriebserfolgs im erwarteten Massstab erreicht
- Herausforderndes Material bleibt schwierig
- Metalle und Minerale in guter Qualität erreicht – weitere Anpassungen unterwegs
- Sinnvolle Verwertung der Minerale angestrebt

