ZAR – Tagung vom 4. Juli 2025

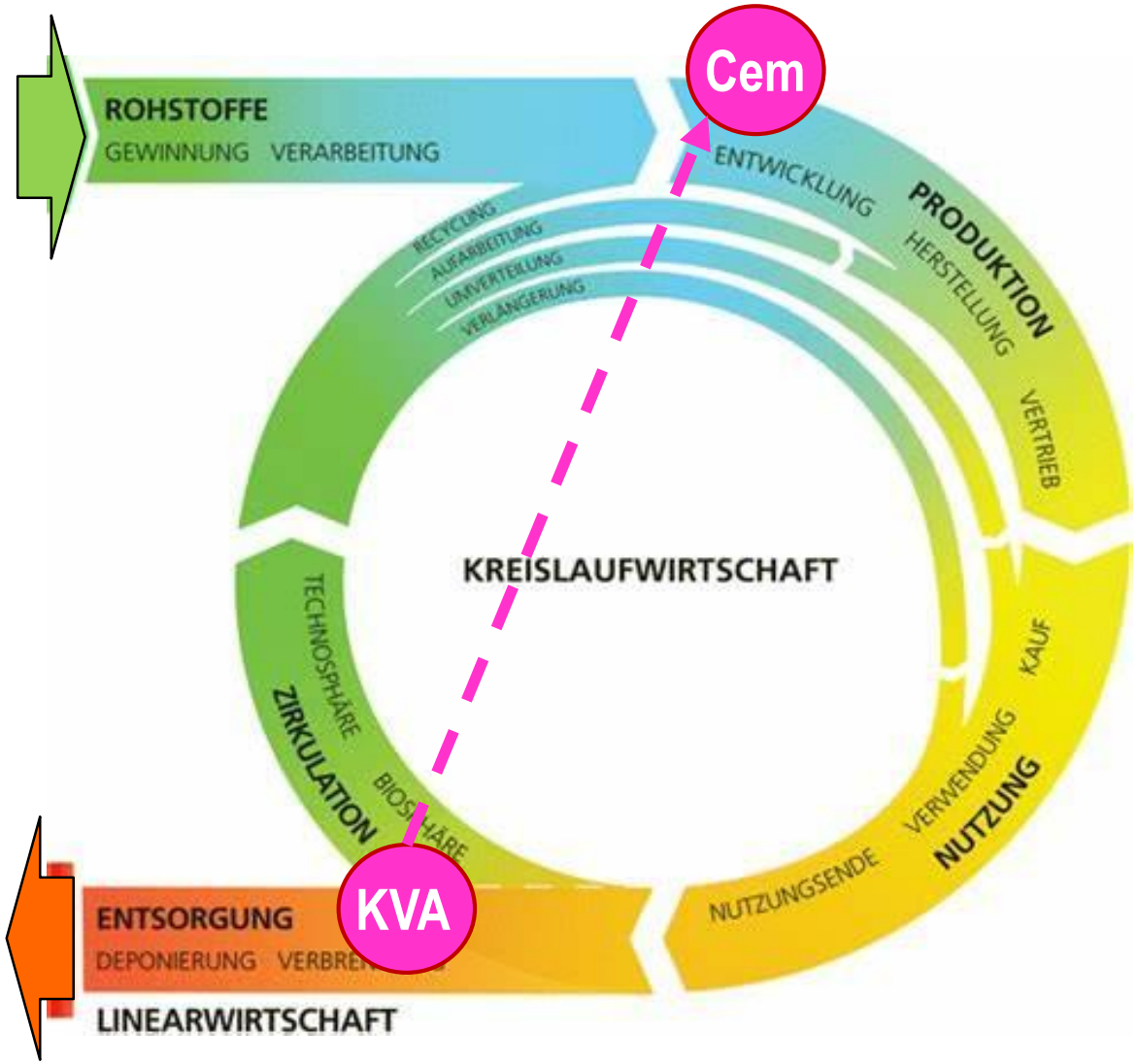
Verwertung von mineralischen Komponenten aus der thermischen Abfallbehandlung

Dr. Jürg Liechti, Neosys AG

Programm

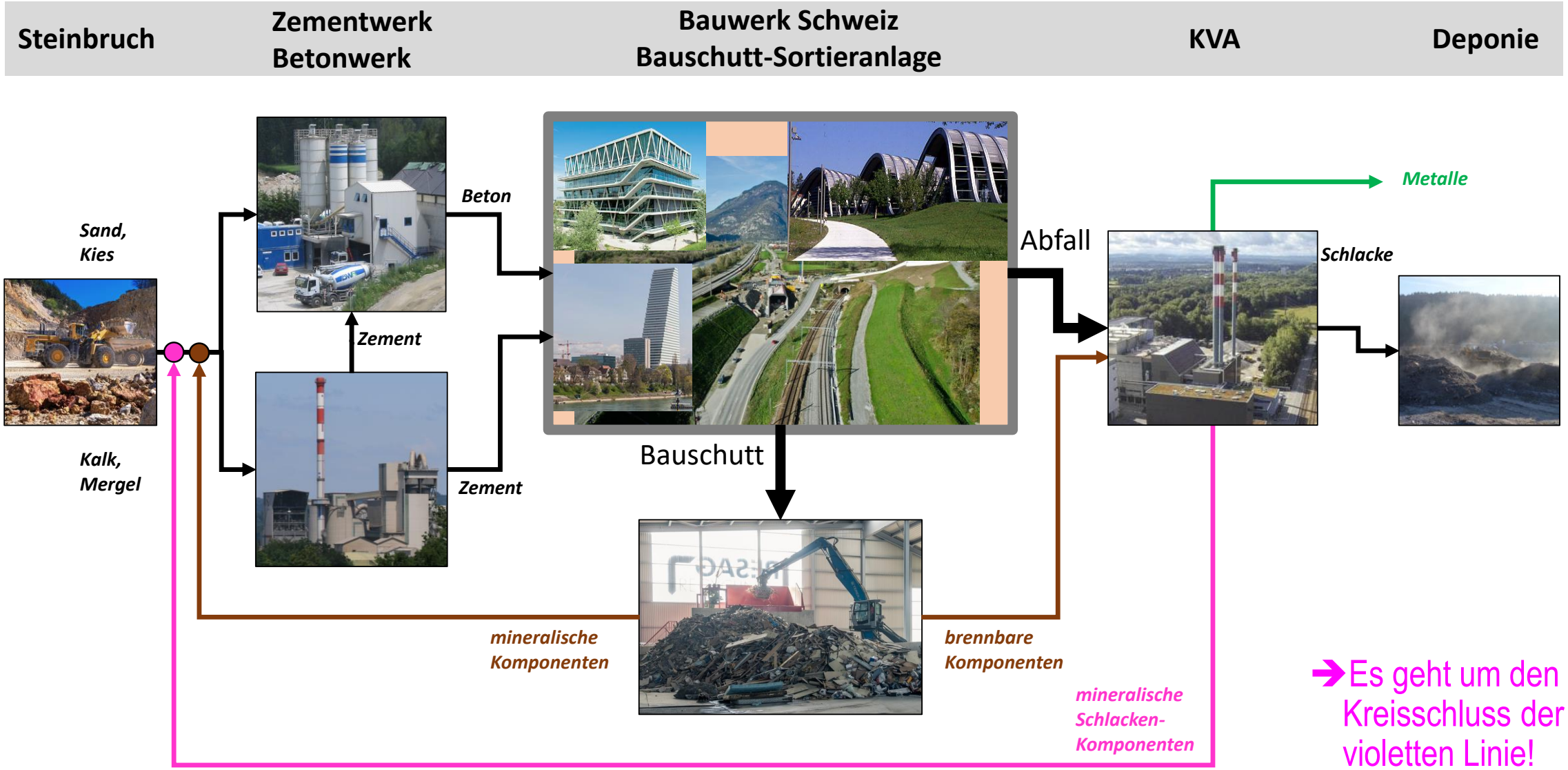
- Der anvisierte Beitrag zur Kreislaufwirtschaft
- Mineralische Komponenten in aufbereiteter Schlacke
- Einsatzmöglichkeiten in anderen Wirtschaftszweigen (Zement- & Betonwerke)
- Nutzenbilanz verschiedener Verwertungseinsätze
- Potenzielle Hinderungsgründe
- Sich ergebende Vorgehensvorschläge

Der anvisierte Beitrag zur Kreislaufwirtschaft



- Im Gegensatz zu Metallen werden mineralische Komponenten aus der Abfallverbrennung noch fast nicht wiederverwertet
- Die Materialien werden deponiert und verursachen einen grossen Bedarf an Deponiekapazität
- Für die Produktion von Baustoffen werden in grossem Umfang natürliche Ressourcen (Kies, Sand, Kalkstein, Mergel, …) abgebaut.
- In beiden Fällen sind die Materialien grundsätzlich chemisch ähnlich (Oxide von Calcium, Silizium, Aluminium und Eisen)

Der anvisierte Beitrag zur Kreislaufwirtschaft



➔Es geht um den Kreisschluss der violetten Linie!

Kreislaufwirtschaft: Die konkreten Vorteile

➔ Verbesserung der Rohstoffsicherung für die Zementindustrie

1/3 der Schlacke aus Siedlungsabfällen als Sekundär-rohstoff verwertbar ➔ Anteil von gut 5% an den benötigten Rohstoffen

➔ Entspannung der Deponieraum-Situation

➔ Wirtschaftliche Einsparungen

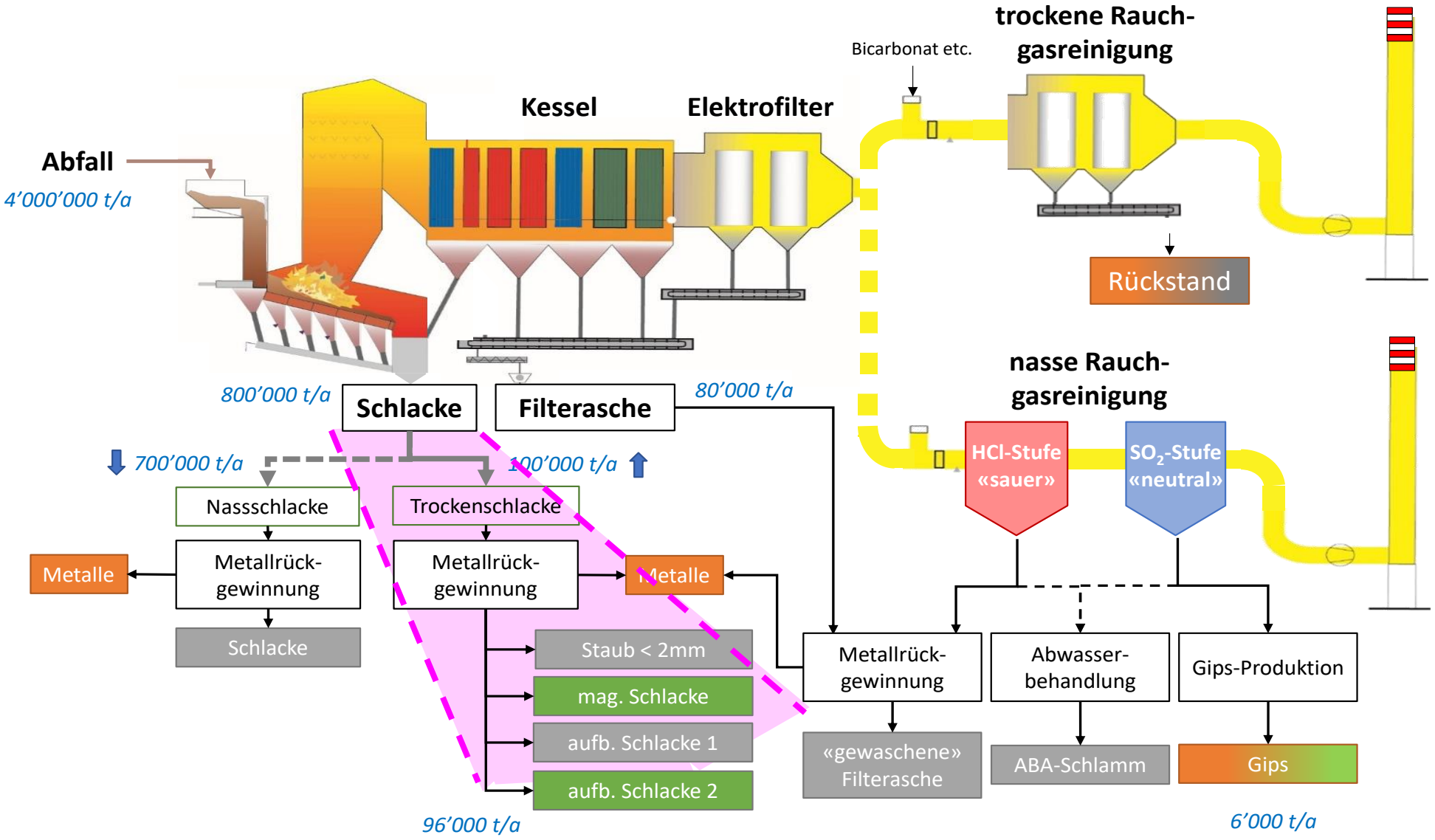
Ablagerung von Kehrichtschlacke: ca.80 CHF/t.
Kosten für die Gewinnung der Rohstoffe im Steinbruch: 10-20 CHF/t liegen. ➔ Pro Tonne Schlacke, die verwertet werden kann, können bis zu CHF 100 gespart werden.

➔ Einsparungen von Energieverbräuchen und CO2-Emissionen

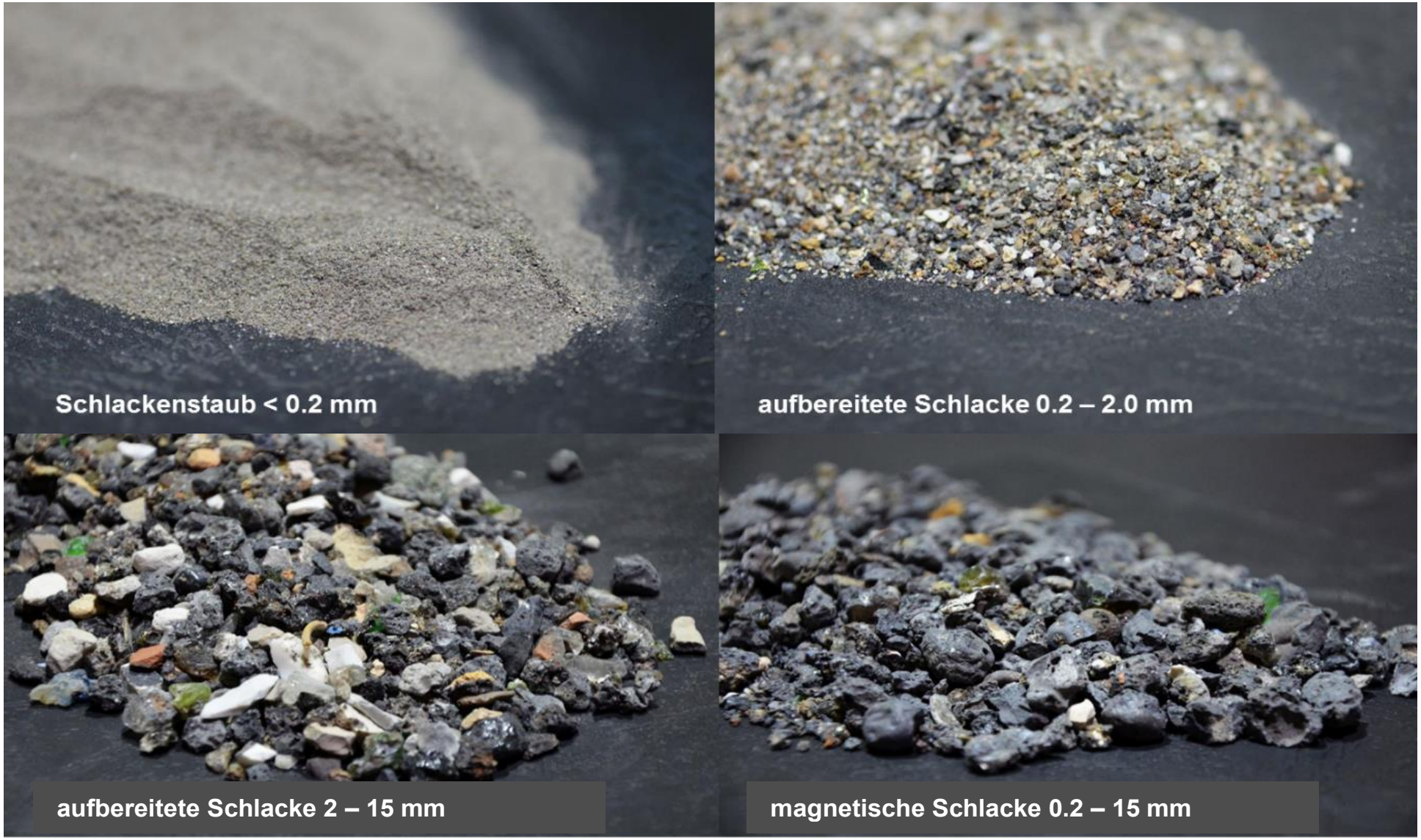
Wenn CaO Kalkstein (CaCO3) ersetzt, entfällt die geogene CO2-Emission beim Calzinieren des Materials

➔ Landschaftsschutz

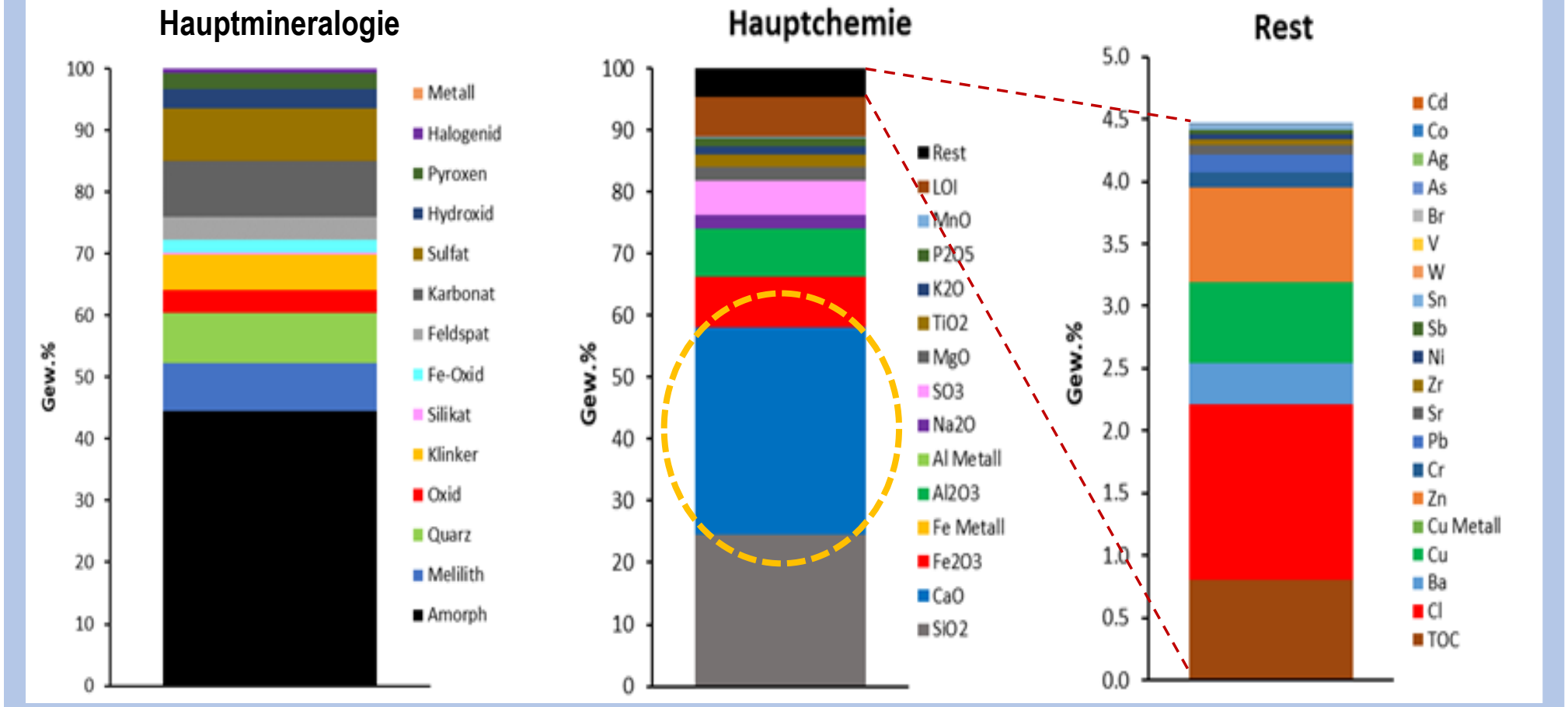
Mineralische Komponenten in aufbereiteter Schlacke



4 aufbereitete Fraktionen

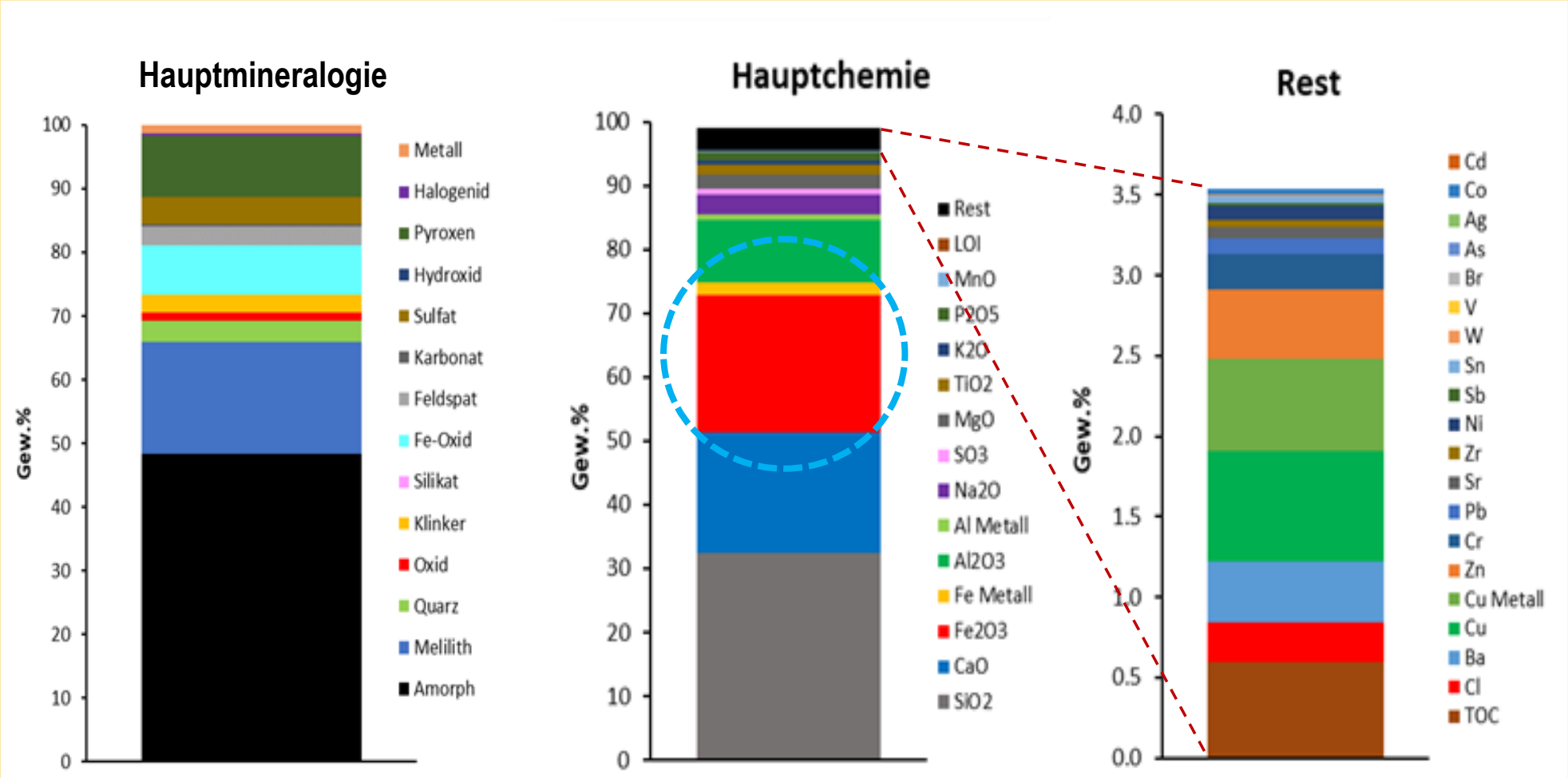


A – Schlackenstaub <0.2mm



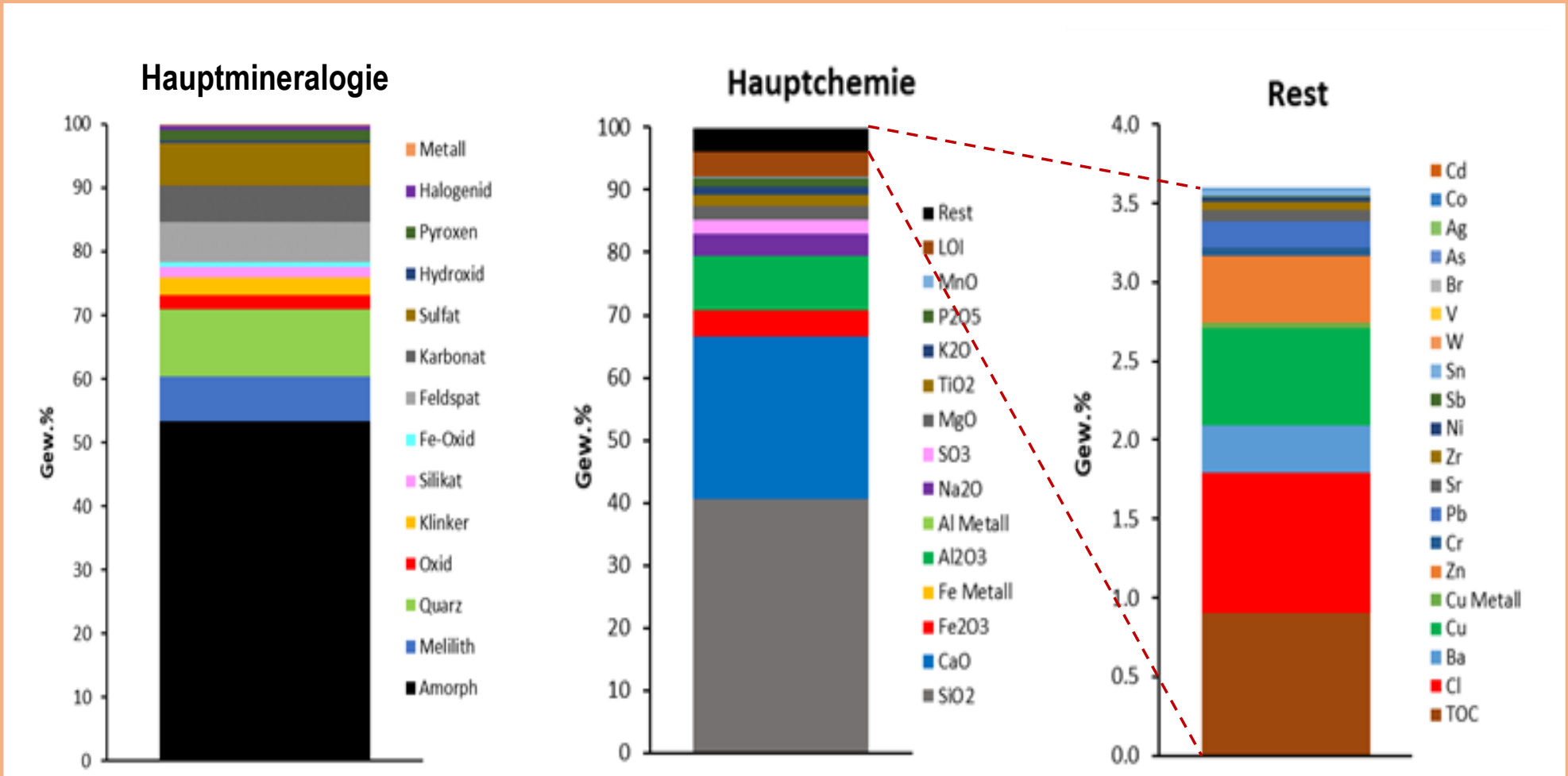
Schlackenstaub < 0.2mm

B – «Magnetische Schlacke» 0.2 – 15 mm



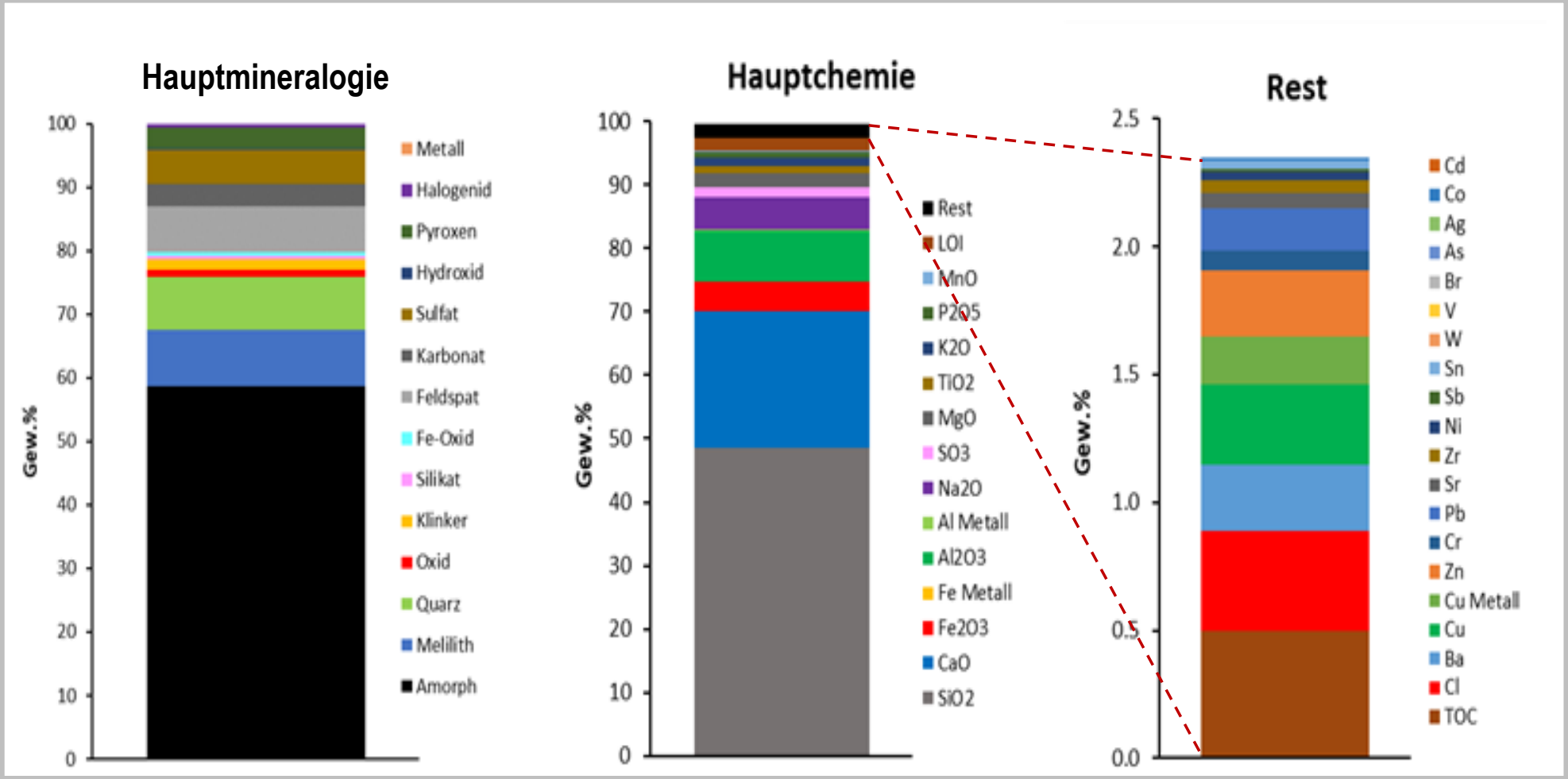
Magnetische Schlacke

C – Feinschlacke 0.2 – 2 mm



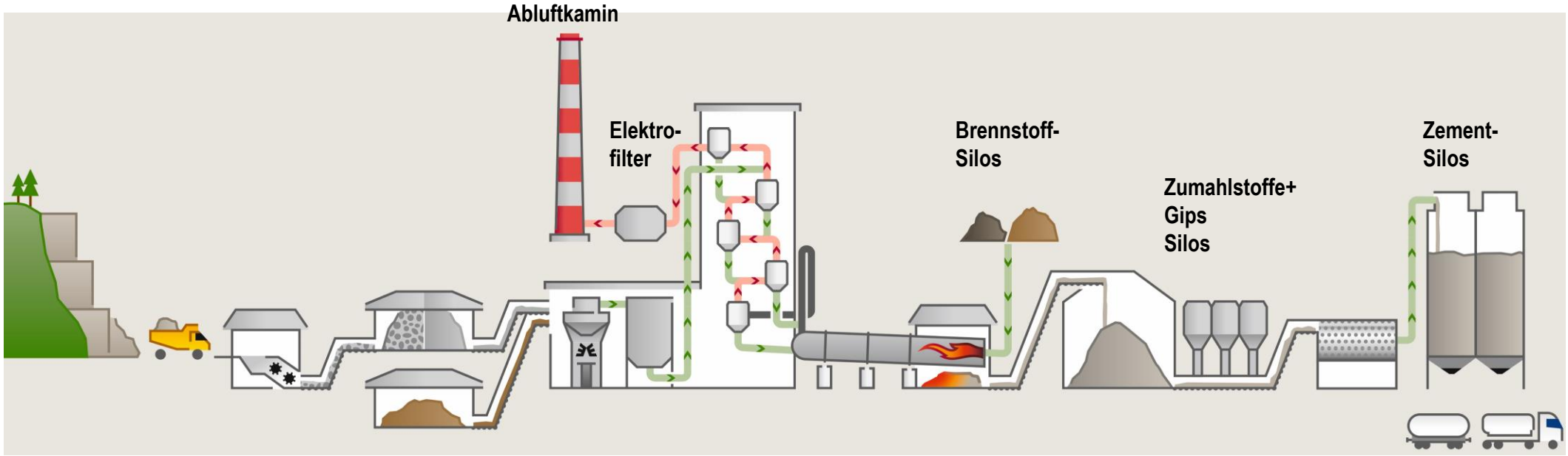
Aufbereitete Feinschlacke

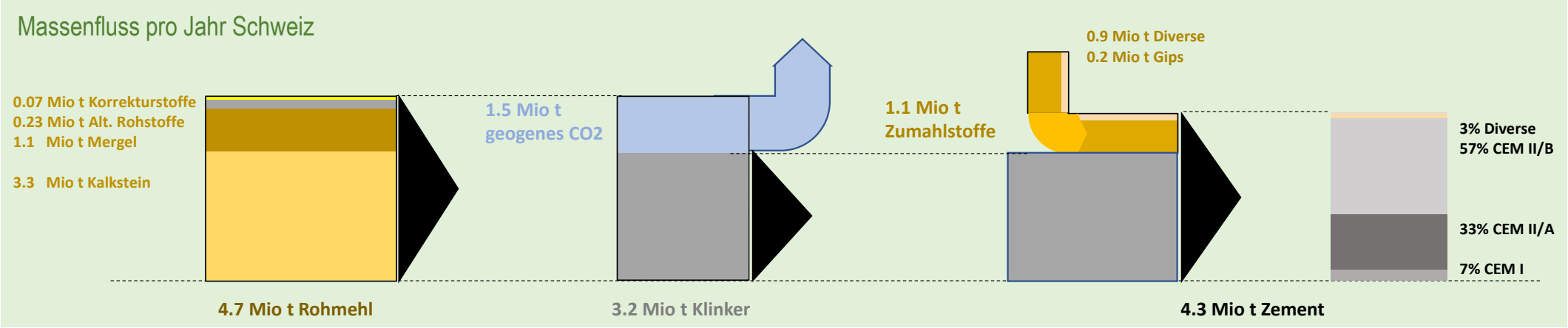
D – Grobschlacke 2 – 15 mm



Aufbereitete Schlacke 2 - 15mm

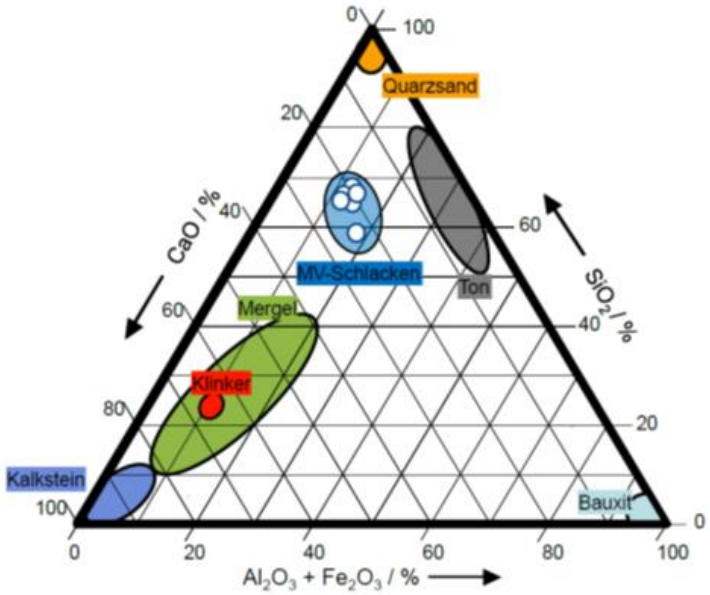
Zementproduktion





Zementproduktion: Nutzstoffe / Störstoffe

Bestandteile		Konzentration
Hauptbestandteile (Forderungen aus Produktgründen)	SiO_2	40 – 80%
	Al_2O_3	5 – 50%
	Fe_2O_3	5 – 50%
	CaO	0 – 50%
Nebenbestandteile (Forderungen aus Prozess- und Produktgründen)	MgO	< 5.0%
	K_2O	< 2.5%
	Na_2O	< 1.0%
	TiO_2	< 2.5%
	P_2O_5	< 4.0%
	SO_3	< 1.0%
	Cl	< 1.0%
Organische Bestandteile (Forderungen aus Prozessgründen)	TOC	< 2.0%

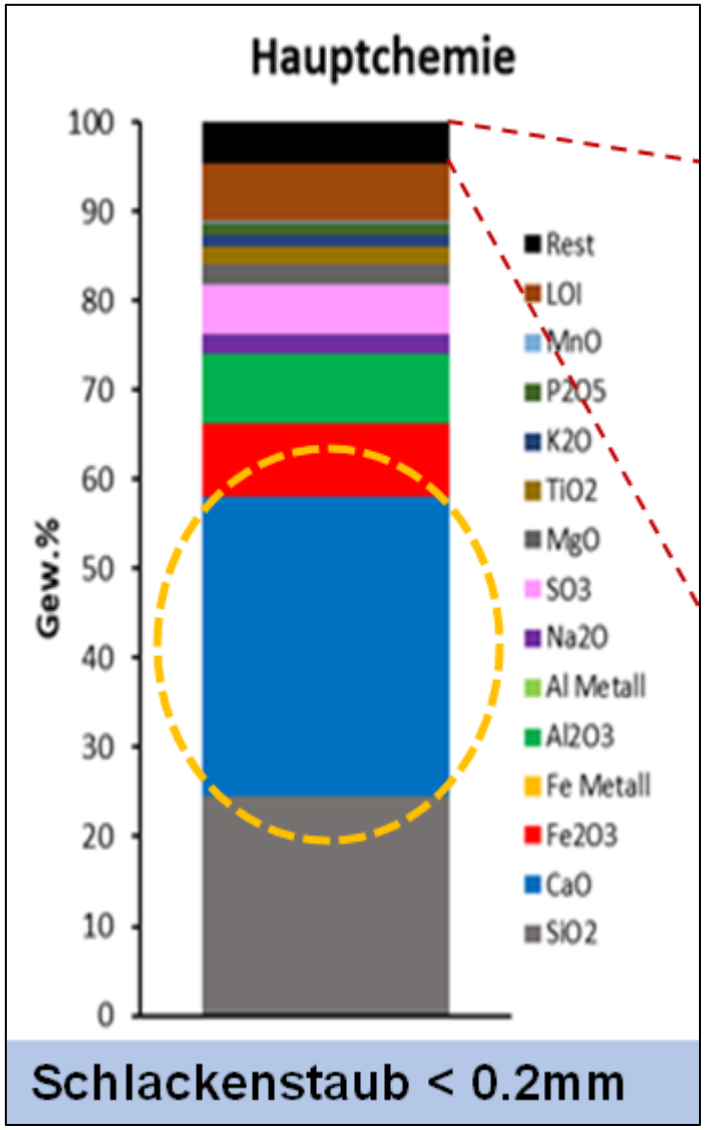


nutzen

stören

nutzen (Brennstoff)
stören (Rohmehl)

Verwertungs-Option #1: CaO im Rohmehl



Vorteile:

A Die dem CaO entsprechende Menge Kalkstein muss nicht im Steinbruch abgebaut werden. Damit werden die Rohstoffvorräte des Zementwerks geschont und ein entsprechender Beitrag an den Landschaftsschutz geleistet.

B Bei der Klinkerproduktion wird weniger CO_2 freigesetzt, weil die Calzinierungs-_ Reaktion $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ unterbleibt, da Calzium bereits als CaO vorliegt.

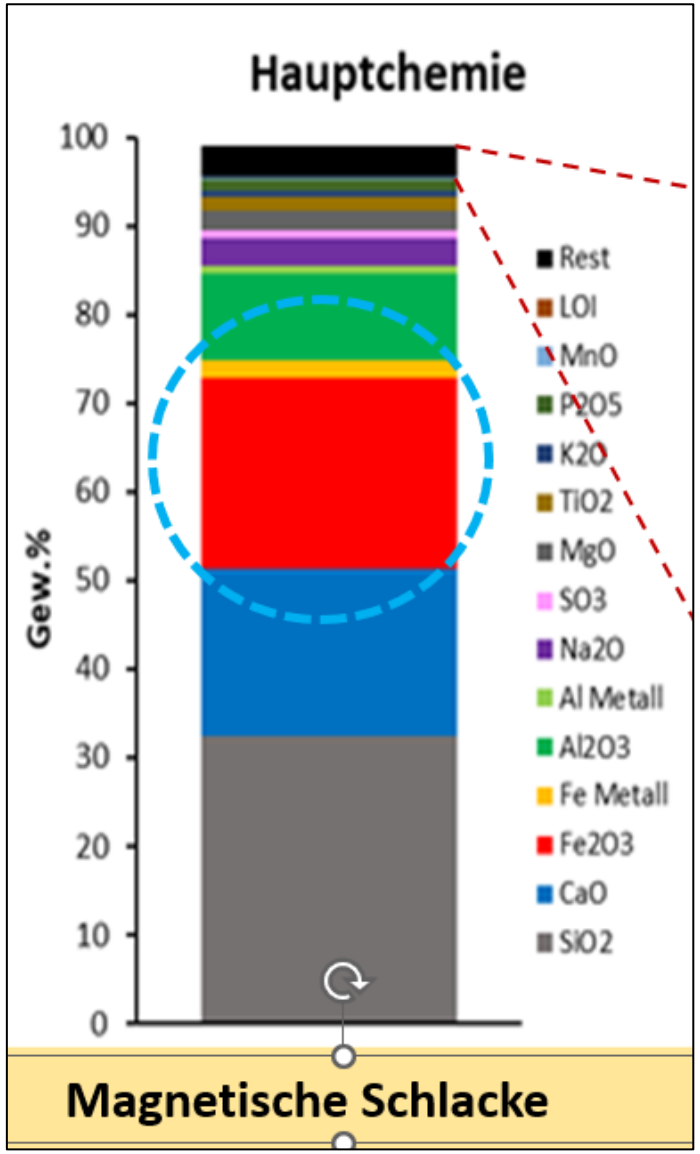
C Die entsprechende Menge KVA-Schlacke muss nicht auf einer Schlackendeponie abgelagert werden, was die Deponiereserven schont und ebenfalls einen entsprechenden Beitrag an den Landschaftsschutz leistet.

Oekobilanzierung:

Bilanzierter Vorgang	Menge	Dimension	Kommentar
Minderabbau von Kalkstein	285'714	t/a	entspricht stöchiometrisch 160'000 t CaO pro Jahr
Abbau von Kalkstein, Umweltbelastung	10'916	UBP/t	
Abbau von Kalkstein, CO2-Belastung	0.00222	t CO2/t	
Minderemission von CO2 beim Klinkerbrennen	125'714	t CO2/a	entspricht stöchiometrisch 160'000 t CaO pro Jahr
Minder-Ablagerung von KVA-Schlacke	160'000	t/a	
Deponierung auf Schlackendeponie, Umweltbelastung	10038	UBP/t	
Deponierung auf Schlackendeponie, CO2-Belastung	0.00465	t CO2/t	
Gesamtnutzen in Umwelbelastungspunkten	**4'724.9**	**Mio UBP/a**	
Gesamtnutzen als CO2-Emissionsminderung	**127'092**	**t CO2/a**	

NB.: Dieselben Vorteile entstehen auch bei der Verwertung von Holzaschen!

Verwertungs-Option #2: Magnet. Schlacke als Korrekturstoff



Vorteile:

Unter der Voraussetzung, dass der heute eingesetzte Pyritabbrand der Zementwerke durch magnetische KVA-Schlacke ersetzt wird, werden zwei Nutzeffekte erzielt:

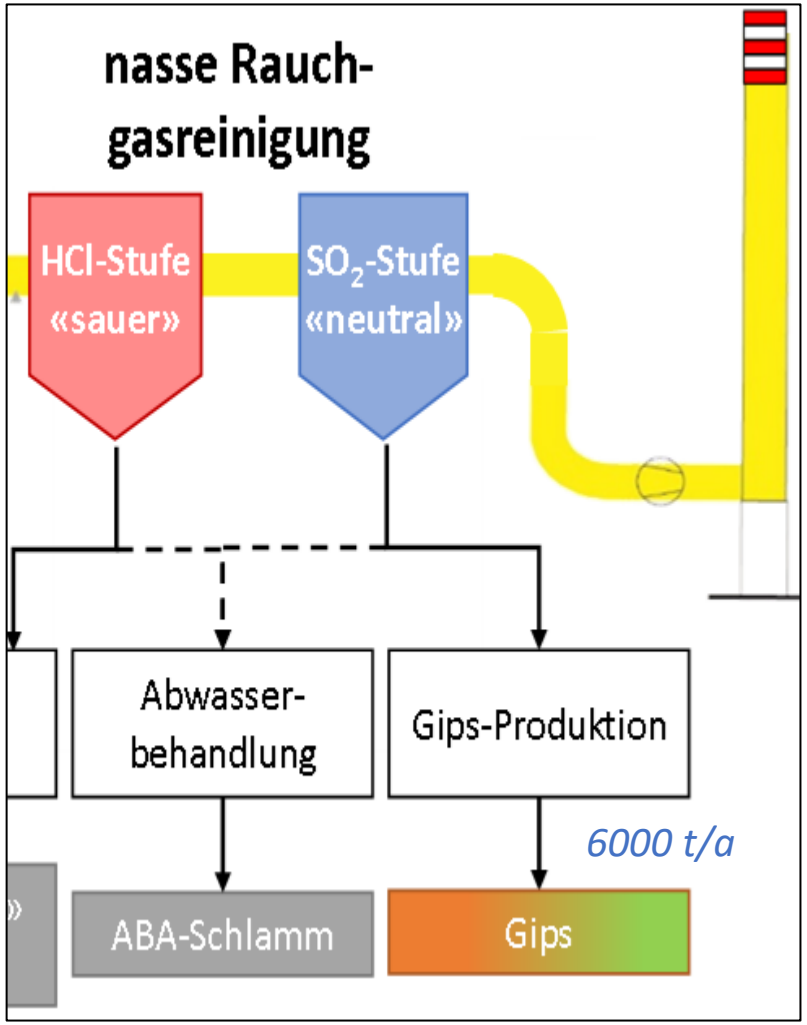
A Die entsprechende Menge magnetische Schlacke muss nicht auf einer Schlackendeponie abgelagert werden, was die Deponiereserven schont und einen entsprechenden Beitrag an den Landschaftsschutz leistet.

B Die Umweltauswirkungen der Transporte des Pyritabbrands werden durch jene der Fe-Konzentrat-Transporte ersetzt. Dabei ist die Masse des Konzentrats grösser, aber seine Transportdistanz vermutlich kürzer.

Oekobilanzierung:

Bilanzierter Vorgang	Menge	Dimension	Kommentar
Minder-Ablagerung von KVA-Schlacke	37'326	t/a	benötigte Eisenmenge: 4'400 t/a
Deponierung auf Schlackendeponie, Umweltbelastung	10'038	UBP/t	
Deponierung auf Schlackendeponie, CO2-Belastung	0.00465	t CO2/t	
Nicht transportierte Menge Pyritabbrand	8'800	t/a	
Mittlete Transportdistanz Pyritabbrand	300	km	
Mittlere Transportdistanz Schlacke	50	km	
Transportbelastung 32-40 t LKW Mittel (Mobitool)	152	UBP/tkm	
Transportbelastung 32-40 t LKW Mittel (Mobitool)	115	g CO2/tkm	
Gesamtnutzen in Umwelbelastungspunkten	**492**	**Mio UBP/a**	
Gesamtnutzen als CO2-Emissionsminderung	**262**	**t CO2/a**	

Verwertungs-Option #3: Gips aus der RGW als Zumahlstoff



Vorteile:

Wenn der Gips aus der KVA im Zementwerk als Zumahlstoff eingesetzt würde, so würden damit folgende Nutzeffekte erzielt:

A Die entsprechende Menge Gips muss nicht hergestellt, d.h. nicht abgebaut werden. Damit werden Rohstoffvorräte geschont und ein entsprechender Beitrag an den Landschaftsschutz geleistet. Dabei wird angenommen, dass die Alternative tatsächlich 'neuer' Gips und nicht Gips-Abfall aus anderen Prozessen ist.

B Die entsprechende Menge sauer gewaschene Filterasche bzw. ABA-Schlamm muss nicht deponiert werden, was die Deponiereserven schont und ebenfalls einen entsprechenden Beitrag an den Landschaftsschutz leistet.

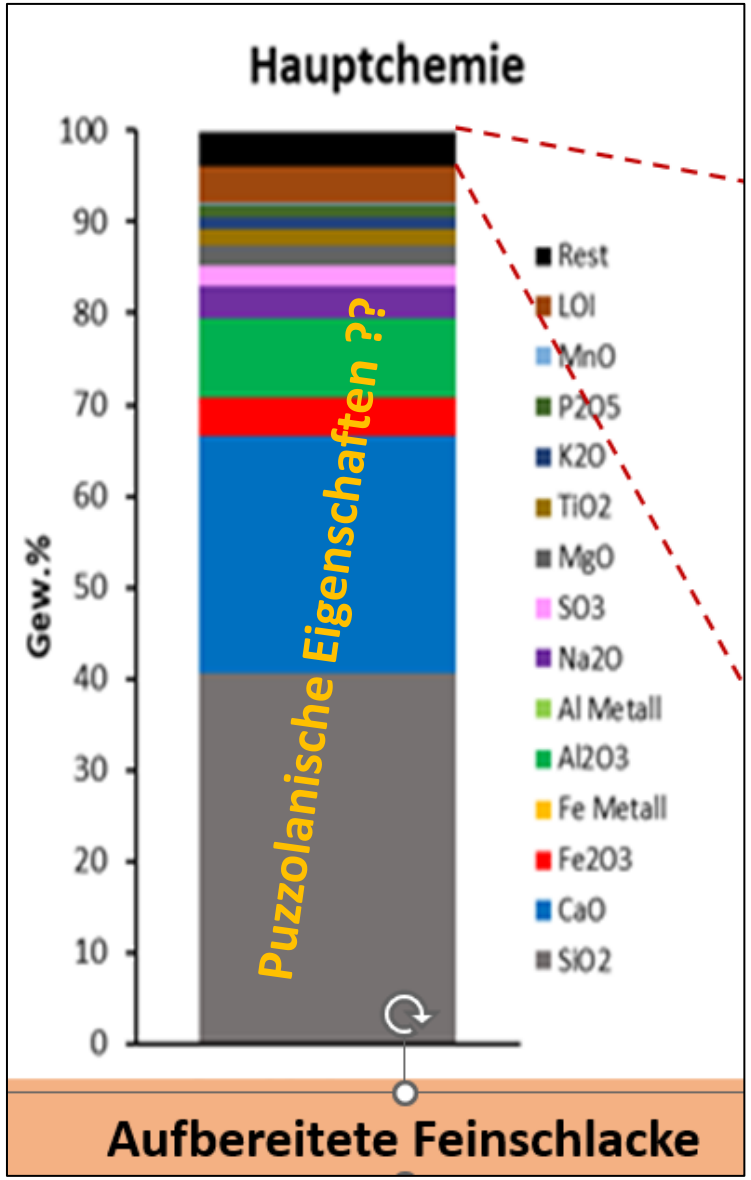
Oekobilanzierung:

Bilanzierter Vorgang	Menge	Dimension	Kommentar
Minder-Abbau von Rohstoffen / Gips	6'000	t/a	
Umweltbelastung des Abbaus: Gips	77'917	UBP/t	
CO2-Belastung des Abbaus: Annahme: äquivalent Kies, Sand	0.00232	t CO2/t	
Minder-Ablagerung von ABA Schlamm	9'000	t/a	
Deponierung in Untertagedeponie, Umweltbelastung	27'000'000	UBP/t	
Deponierung in Untertagedeponie, CO2-Belastung	0.09200	t CO2/t	
Gesamtnutzen in Umwelbelastungspunkten	**243'468**	**Mio UBP/a**	
Gesamtnutzen als CO2-Emissionsminderung	**842**	**t CO2/a**	

Abtrennung Hg und weitere Schwermetalle

➔ Voraussetzung für Gewinnung v. sauberem Gips

Verwertungs-Option #4: Gemahlene Schlacke als Zumahlstoff



Vorteile:

Es ist denkbar, dass in ähnlicher Weise wie Hüttensand, Kohlekraftwerks-Flugasche, Silicastaub etc. auch fein gemahlene Schlackenanteile aus der KVA als Zumahlstoffe bei der Zementproduktion verwendet werden können. Das theoretische Potenzial liegt dabei bei rund 500'000 Tonnen aufbereiteter Schlacke. Daraus würden folgende Nutzeffekte erzielt:

A Die entsprechende Menge Produkte (Kalkstein, Puzzolan, Schiefer, ...) muss nicht hergestellt, d.h. abgebaut werden. Damit werden Rohstoffvorräte geschont und ein entsprechender Beitrag an den Landschaftsschutz geleistet.

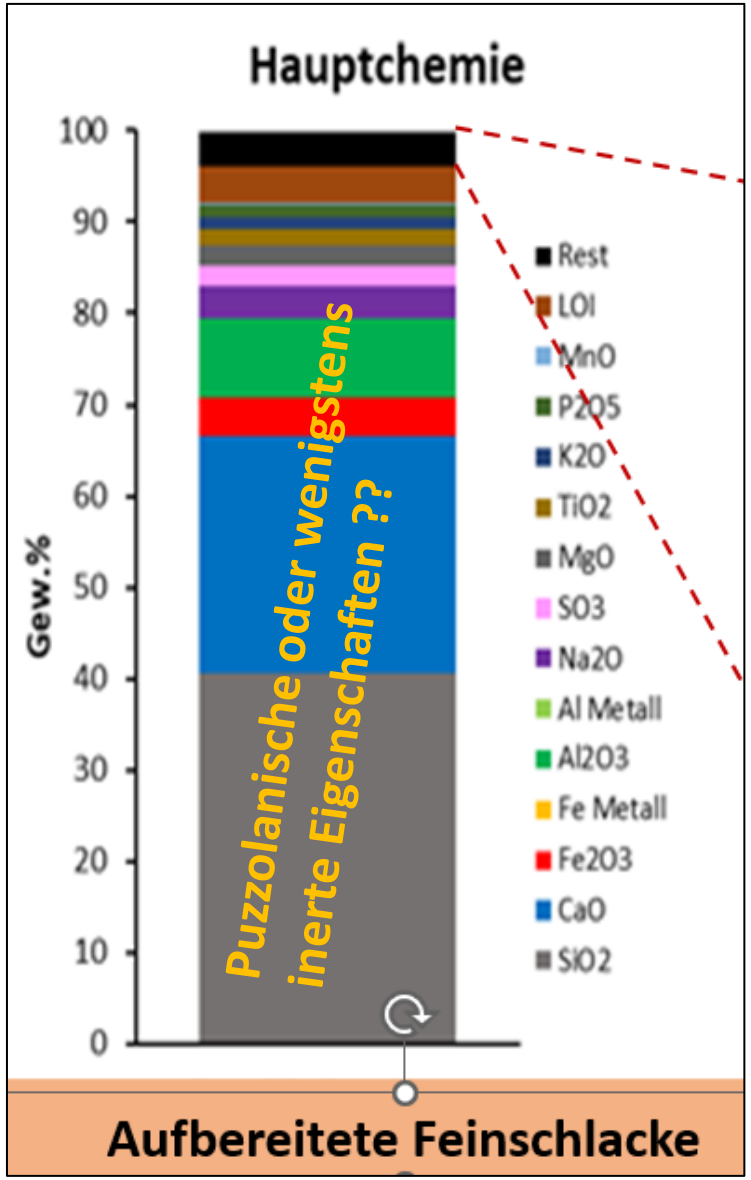
B Die entsprechende Menge KVA-Schlacke muss nicht auf einer Schlackendeponie abgelagert werden, was die Deponiereserven schont und einen entsprechenden Beitrag an den Landschaftsschutz leistet.

C Die Umweltauswirkungen der Transporte der Zumahlstoffe werden kleiner, da die Transportwege für die konventionellen Zumahlstoffe im Durchschnitt weiter sind

Oekobilanzierung:

Bilanzierter Vorgang	Menge	Dimension	Kommentar
Minder-Ablagerung von KVA-Schlacke	500'000	t/a	
Deponierung auf Schlackendeponie, Umweltbelastung	10'038	UBP/t	
Deponierung auf Schlackendeponie, CO2-Belastung	0.00465	t CO2/t	
Anteil der extra abgebauten Zumahlstoffe	0.50000		Schätzung
Umweltbelastung des Abbaus: Annahme: äquivalent Kalkstein	10'916	UBP/t	
CO2-Belastung des Abbaus: Annahme: äquivalent Kalkstein	0.00222	t CO2/t	
Mittlete Transportdistanz klassische Zumahlstoffe	300	km	
Mittlere Transportdistanz Schlacke	50	km	
Transportbelastung 32-40 t LKW Mittel (Mobitool)	152	UBP/tkm	
Transportbelastung 32-40 t LKW Mittel (Mobitool)	115	g CO2/tkm	
Gesamtnutzen in Umwelbelastungspunkten	**17'248.0**	**Mio UBP/a**	
Gesamtnutzen als CO2-Emissionsminderung	**17'253.8**	**t CO2/a**	

Verwertungs-Option #5: Schlacke als Zuschlagstoff (Beton)



Vorteile:

Anstatt dem Zement, könnte die Schlackenfraktion als Sand- / Kiesersatz der Betonmischung zugefügt werden. Dabei sind weniger normative Vorgaben zu berücksichtigen. Wenn das technisch gute Betons gibt, so werden damit folgende Nutzeffekte erzielt:

A Die entsprechende Menge Kies und Sand muss nicht hergestellt, bzw. abgebaut werden. Damit werden Rohstoffvorräte geschont und ein entsprechender Beitrag an den Landschaftsschutz geleistet.

B Die entsprechende Menge KVA-Schlacke muss nicht auf einer Schlackendeponie abgelagert werden (Schonen der Deponiereserven / Landschaftsschutz)

C Wenn der Zement-Anteil im Beton um einen bestimmten Anteil gesenkt werden kann, so entfällt die Umweltbelastung dieser Zementherstellung.

Oekobilanzierung:

Bilanzierter Vorgang	Menge	Dimension	Kommentar
Minder-Abbau von Rohstoffen (Kies + Sand)	500'000	t/a	
Umweltbelastung des Abbaus (Kies + Sand)	35'113	UBP/t	
CO2-Belastung des Abbaus: Annahme: äquivalent Kies, Sand	0.00249	t CO2/t	
Minder-Ablagerung von KVA-Schlacke	500'000	t/a	
Deponierung auf Schlackendeponie, Umweltbelastung	10'038	UBP/t	
Deponierung auf Schlackendeponie, CO2-Belastung	0.00465	t CO2/t	
Nutzen A und B in Umwelbelastungspunkten	**22'576**	**Mio UBP/a**	
Nutzen A und B als CO2-Emissionsminderung	**3'567**	**t CO2/a**	
Minder-Produktion von Zement	1'000	t/a	
Produktion Zement, Umweltbelastung	465'230	UBP/t	
Produktion Zement, CO2-Belastung	0.77129	t CO2/t	
Nutzen C in Umwelbelastungspunkten	**465**	**Mio UBP/a**	
Nutzen C als CO2-Emissionsminderung	**771**	**t CO2/a**	

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Fragen ??

- juerg.liechti@neosys.ch
- +41 32 674 45 25