



Wolfgang Reiter, Klaus Doschek-Held, Christoph Gatschlhofer, Johannes Rieger, Christoph Thaler

Leoben, 14th of November 2024

- **Einleitung**
- **Projekt ReMFra**
- **ReMFra – RecoDust**
 - Pilotanlage am Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik
 - Adaptierungen im Projekt
 - Versuche
 - Ergebnisse
- **Schlussfolgerungen**
- **Ausblick**

Stahlproduktion in der europäischen Union im Jahr 2023 betrug **126,3 Mio. Tonnen [1]**

- 55,2 % Hochofen/Konverter-Route
- 44,8 % Elektrolichtbogenofen-Route

LD-Konverter: Staubanteil von **18 kg pro Tonne Rohstahl [2]**

- Eisengehalte von ca. 50 % [3]
- Zinkgehalte von (0 – 10) % üblich [4]
- Bei Anreicherung durch Wiedereinsatz Zinkgehalte bis zu 25 % [2]

 0,63 Mio. Tonnen Eisen pro Jahr

EAF: Staubanteil von **15 – 23 kg pro Tonne Stahl [5]**

- Eisengehalte von (15 – 30) %
- Zinkgehalte von (15 – 40) %

 0,24 Mio. Tonnen Eisen pro Jahr

[1] World Steel Association, World-Steel-in-Figures-2024-1.

[2] Pilz, K., Online-Analytik zur Prozesskontrolle in der voestalpine Stahl GmbH, Berg Huettenmaenn Monatsh 157 (2012), 6-7, 250–257. DOI: 10.1007/s00501-012-0015-x.

[3] Vereš, J., Šepelák, V. and Hredzák, S., Chemical, mineralogical and morphological characterisation of basic oxygen furnace dust, Mineral Processing and Extractive Metallurgy 124 (2015), 1, 1–8. DOI: 10.1179/1743285514Y.0000000069.

[4] Stewart, D. J. and Barron, A. R., Pyrometallurgical removal of zinc from basic oxygen steelmaking dust – A review of best available technology, Resources, Conservation and Recycling 157 (2020), 104746. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104746

[5] Antrekowitsch, J. and Hanke, G., Potenziale von Nebenprodukten der metallurgischen Industrie als sekundäre Rohstoffquelle, Berg Huettenmaenn Monatsh 165 (2020), 11, 572–577. DOI: 10.1007/s00501-020-01043-5.

Abfallverzeichnis gemäß § 4 AWG 2002

- Filterstäube, NE-,metallhaltig
- 31217 Filterstäube, NE-metallhaltig 19.200 1,3 [1]

Rückgewinnung von Eisen und Zink aus gefährlichem Abfall

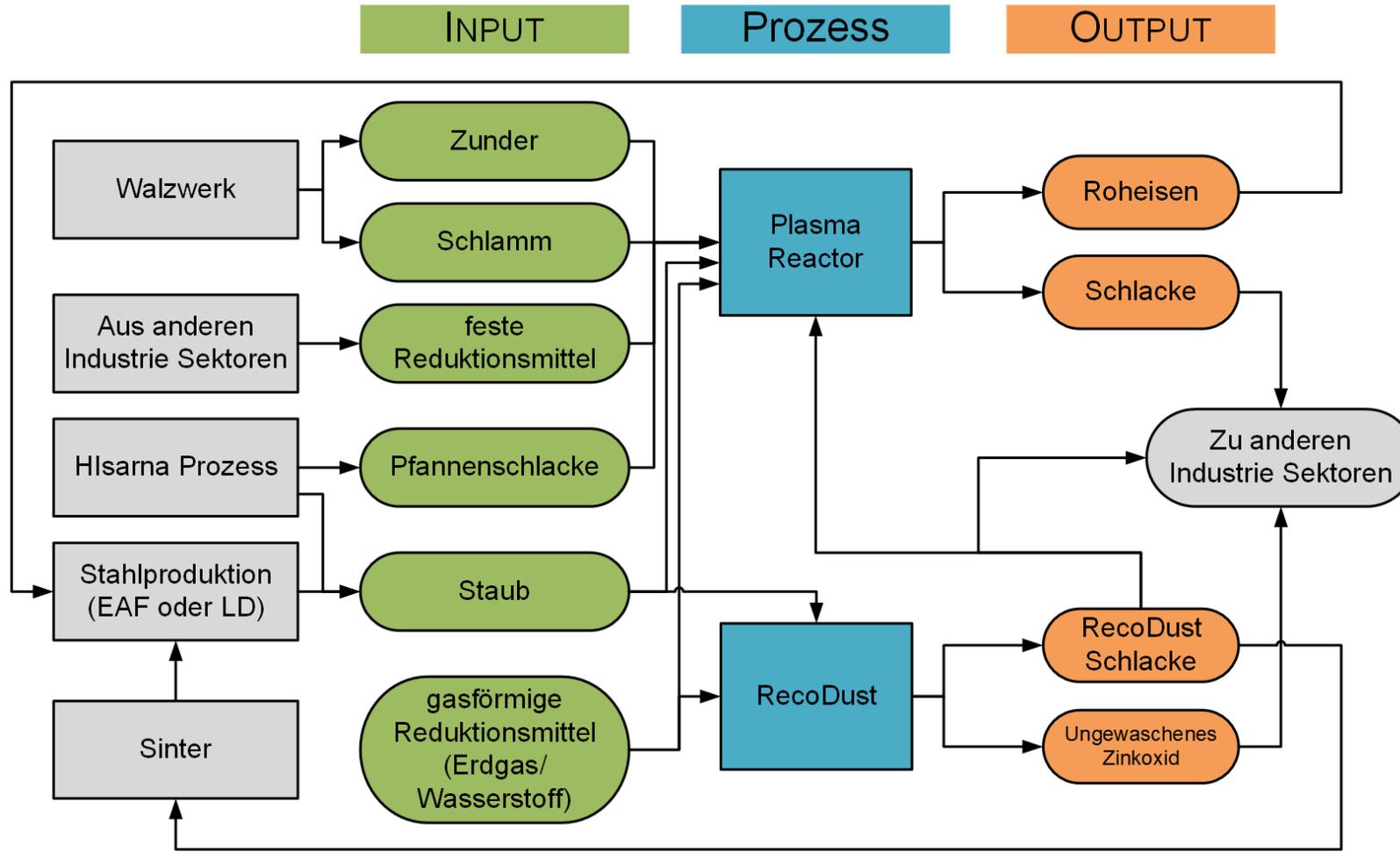
[1] Neubauer, C., et al. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich-Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022. 2024.

- **Projektziel:** Demonstration und Qualifizierung eines kompletten Systems zur Rückgewinnung und Verwertung der in den Nebenprodukten der Stahlindustrie enthaltenen metallischen und mineralischen Fraktionen, um die Ausbeute der Metallrückgewinnung zu verbessern, eine vollständige Kreislaufwirtschaft zu erreichen und die Umweltauswirkungen des Stahlsektors in ganz Europa zu reduzieren.
- **Teilnehmer:** Tenaris Dalmine (Koordinator), Tenova (IT), RINA-CSM (IT), ESTEP (BE), K1-MET (AT), voestalpine Stahl (AT), Montanuniversität Leoben (AT), FEhS (DE), thyssenkrupp Steel Europe (DE), Tata Steel Nederland (NL), Celsa (ES)



ReMFra

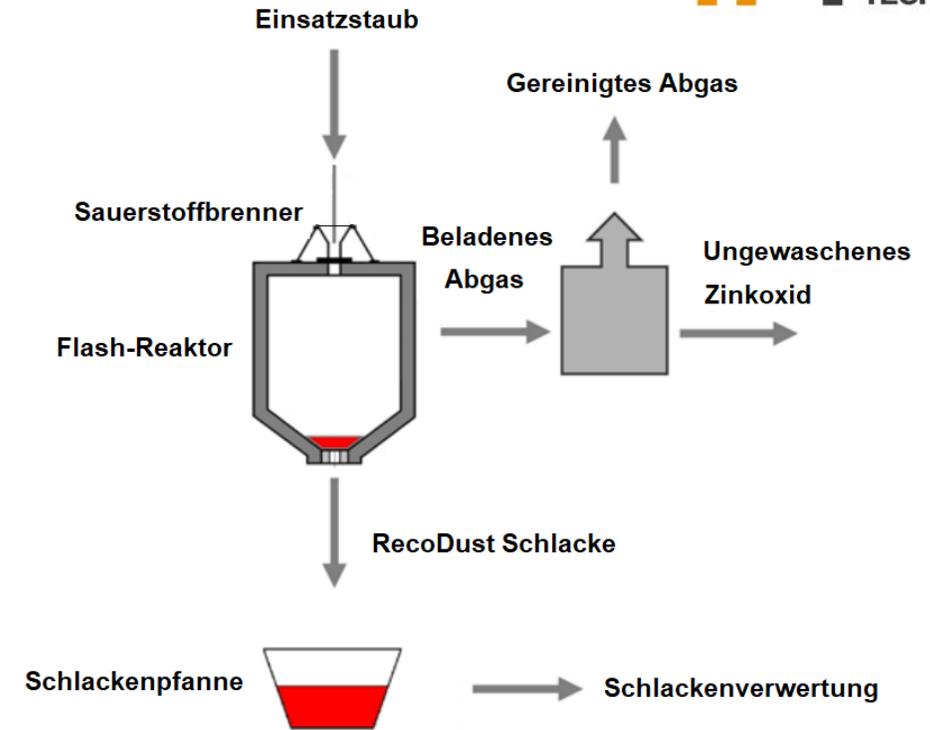
Projekt ReMFra



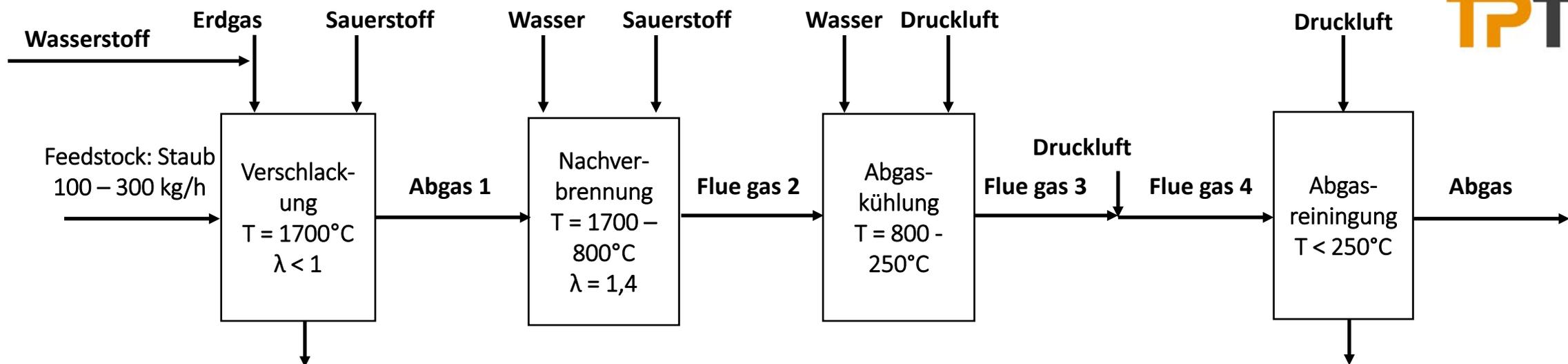
Doschek-Held, K., Wolfgang, R. (2024). ReMFra: REcovering Metals and Mineral FRAction from steelmaking residues. Postersitzung präsentiert bei Science 4 Technology @MUL, Leoben, Österreich. https://www.unileoben.ac.at/fileadmin/shares/science4tech/poster/10_Department_of_Environmental_and_Energy_Process_Engineering/Table_Poster_10-3_01.pdf

Verfahren arbeitet nach dem Prinzip der selektiven Verflüchtigung

Unterstöchiometrische Verbrennung mit Sauerstoff liefert eine reduzierende Atmosphäre



Geier, B., Raupenstrauch, H., Reiter, W. and Pilz, K., Verwertung zinkhaltiger Stäube der metallurgischen Industrie, Österr Wasser- und Abfallw 66 (2014), 11-12, 398–402. DOI: 10.1007/s00506-014-0188-5.



RecoDust-Slag = Produkt # 1 (RDS)



Crude Zinc Oxide = Produkt # 2 (CZO)



ReMFra

Part RecoDust

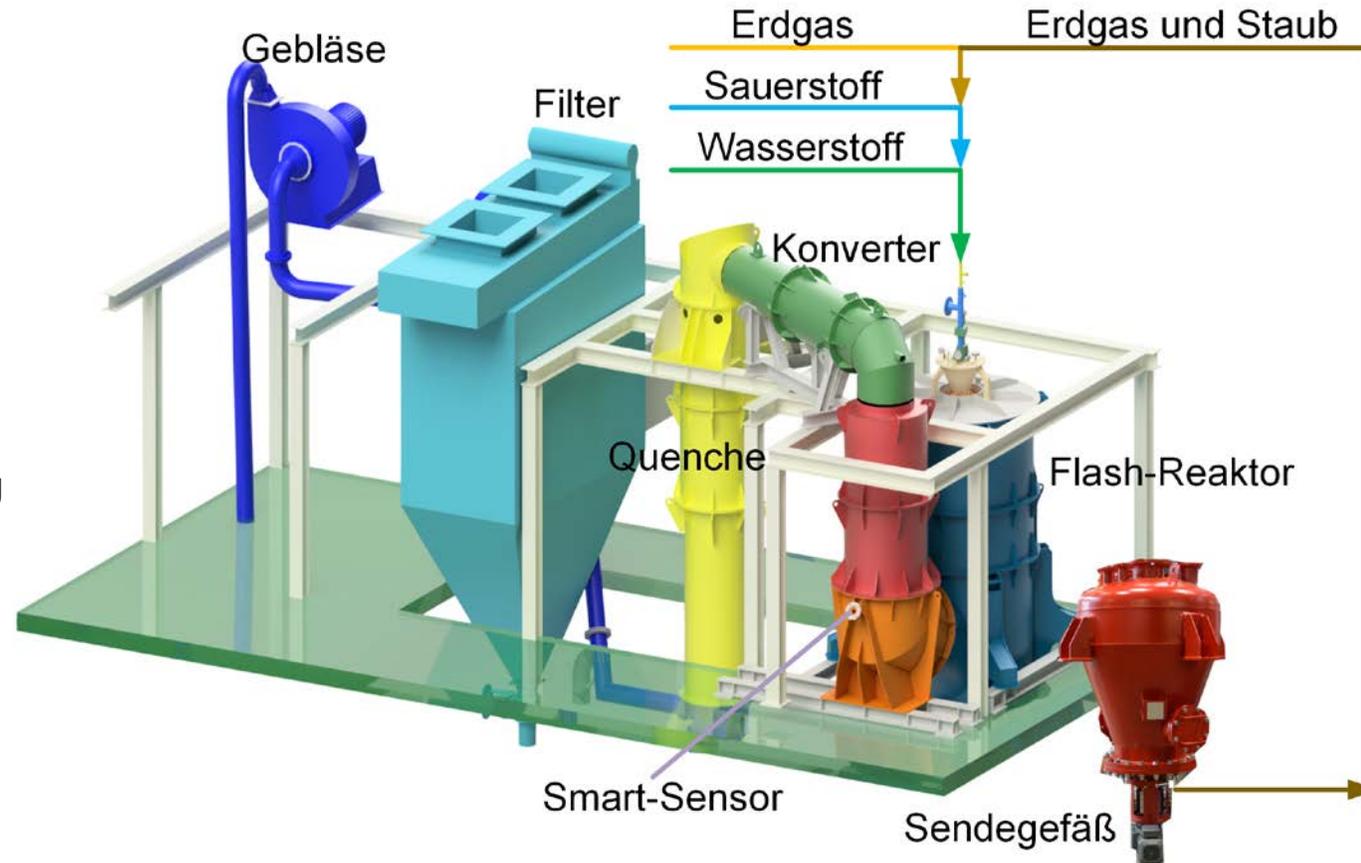
Pneumatisches
Sendegefäß mit Erdgas
als Fördermedium

Durchsatz bis zu 300 kg/h

Chargengröße ca. 250 kg

Reaktortemperatur bis zu
1800°C

Steuerung per SPS



Doschek-Held, K., & Wolfgang, R. (2024). ReMFra: REcovering Metals and Mineral FRAction from steelmaking residues. Postersitzung präsentiert bei Science 4 Technology @MUL, Leoben, Österreich. https://www.unileoben.ac.at/fileadmin/shares/science4tech/poster/10_Department_of_Environmental_and_Energy_Process_Engineering/Table_Poster_10-3_01.pdf

Bis zu 250 kg Einsatzstaub pro Charge

Bis zu 8 Abstiche pro Versuchskampagne

Abstich der RecoDust slag (RDS) diskontinuierlich

Entleerung des Filters diskontinuierlich

Beprobung von Einsatzstaub, RDS und Crude Zinc Oxide (CZO)



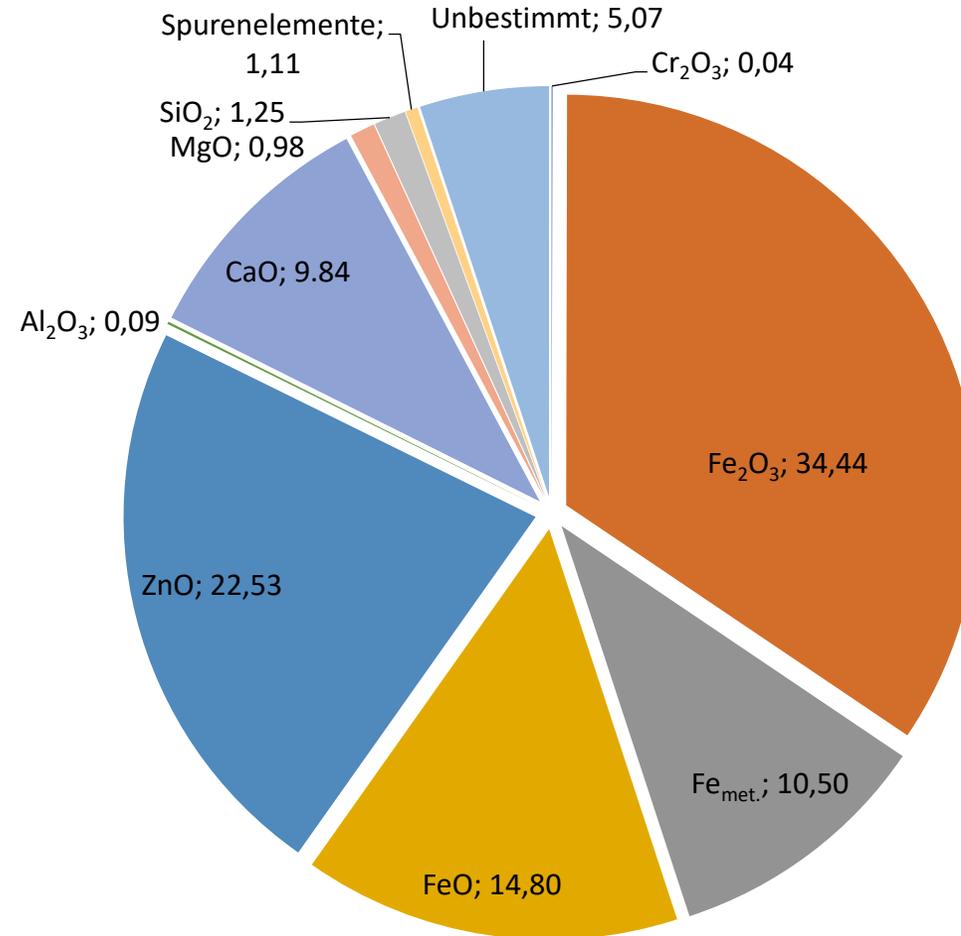
Wesentliche Steuergrößen:

- Dosierrate, Brennstoffmenge (Erdgas und Wasserstoff), Sauerstoffmenge

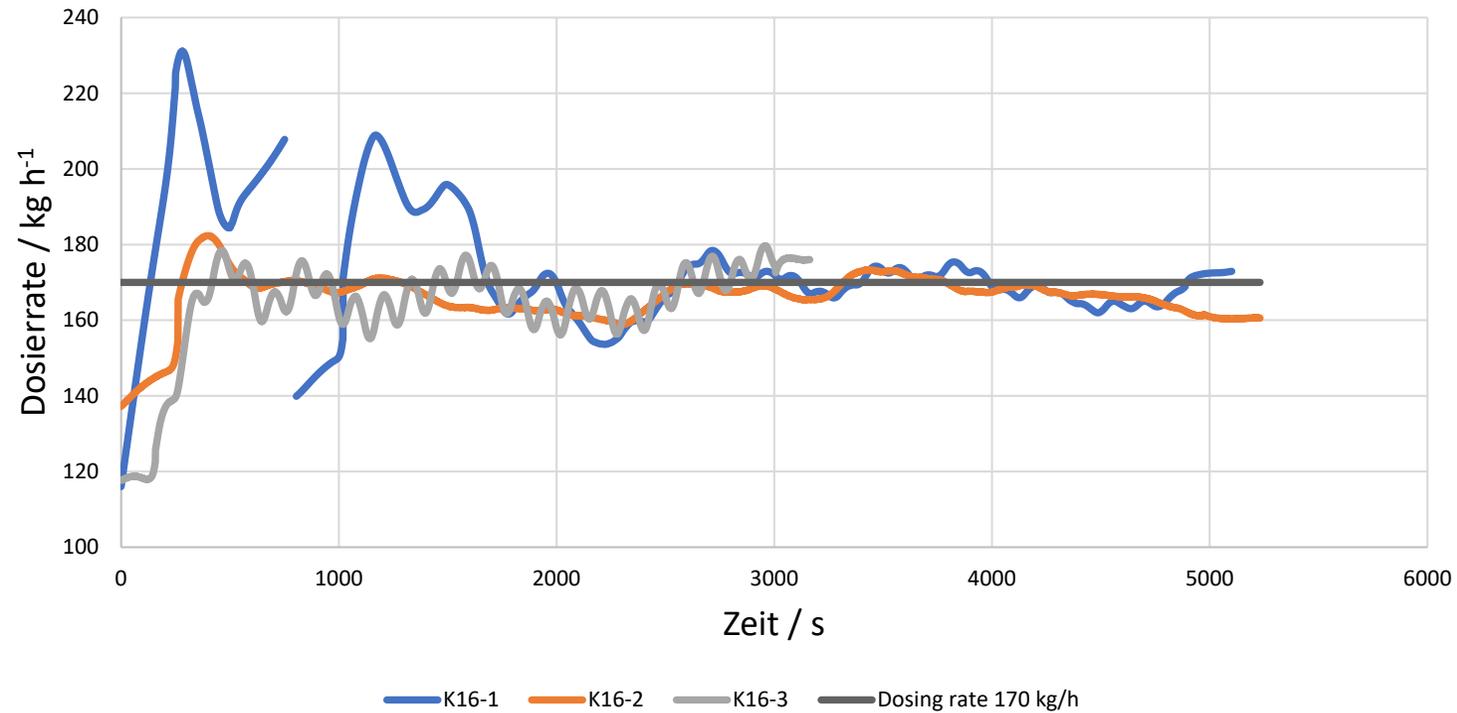
Versuchsziele:

- Stabile Versuchsbedingungen (konstante Dosierrate und Temperatur, usw.)
- Zinkentfernung in Abhängigkeit von Brennstoffzusammensetzung und Luftzahl
- Zumischung von Wasserstoff zum Erdgas

- Chemische Analyse des Einsatzmaterials Konverterfeinstaub
- Korngröße < 400 µm
- Trocken
 - Wichtig für die pneumatische Förderbarkeit

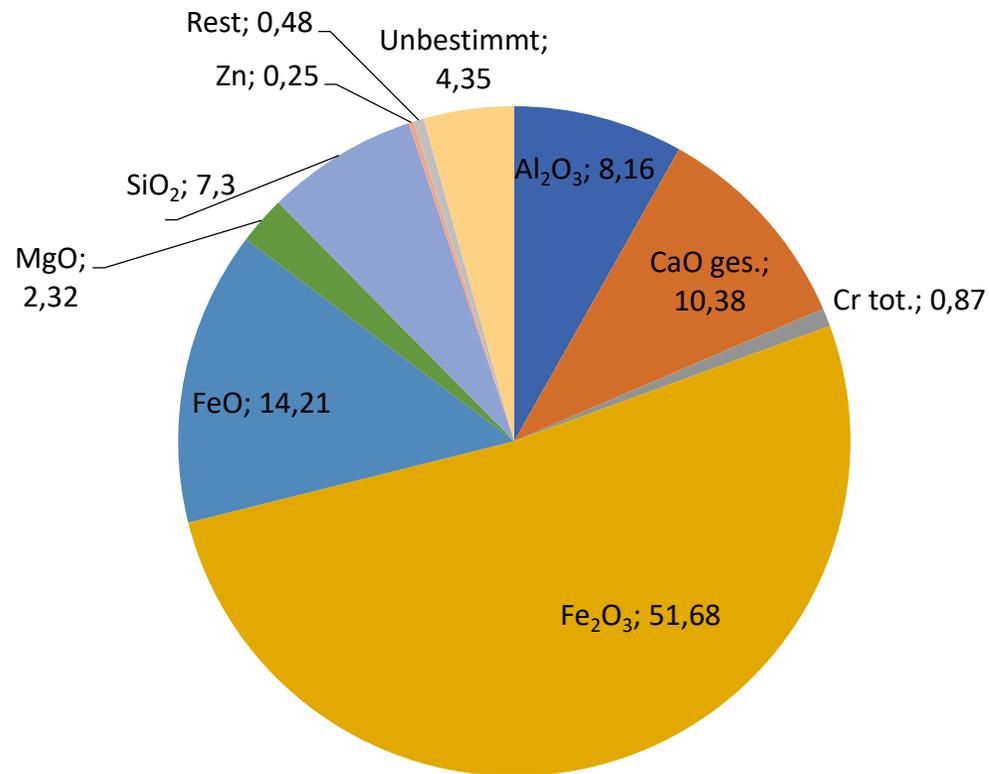


- Dosierrate über die Zeit

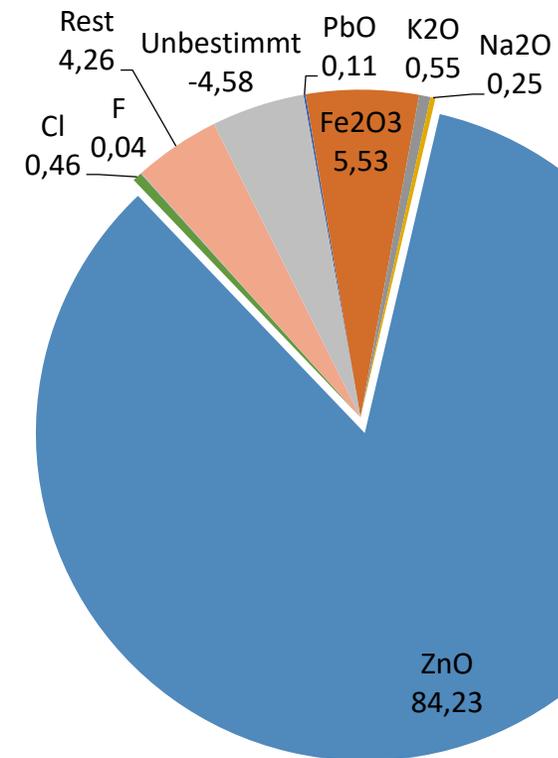


Beispielhafte chemische Analyse der Produkte

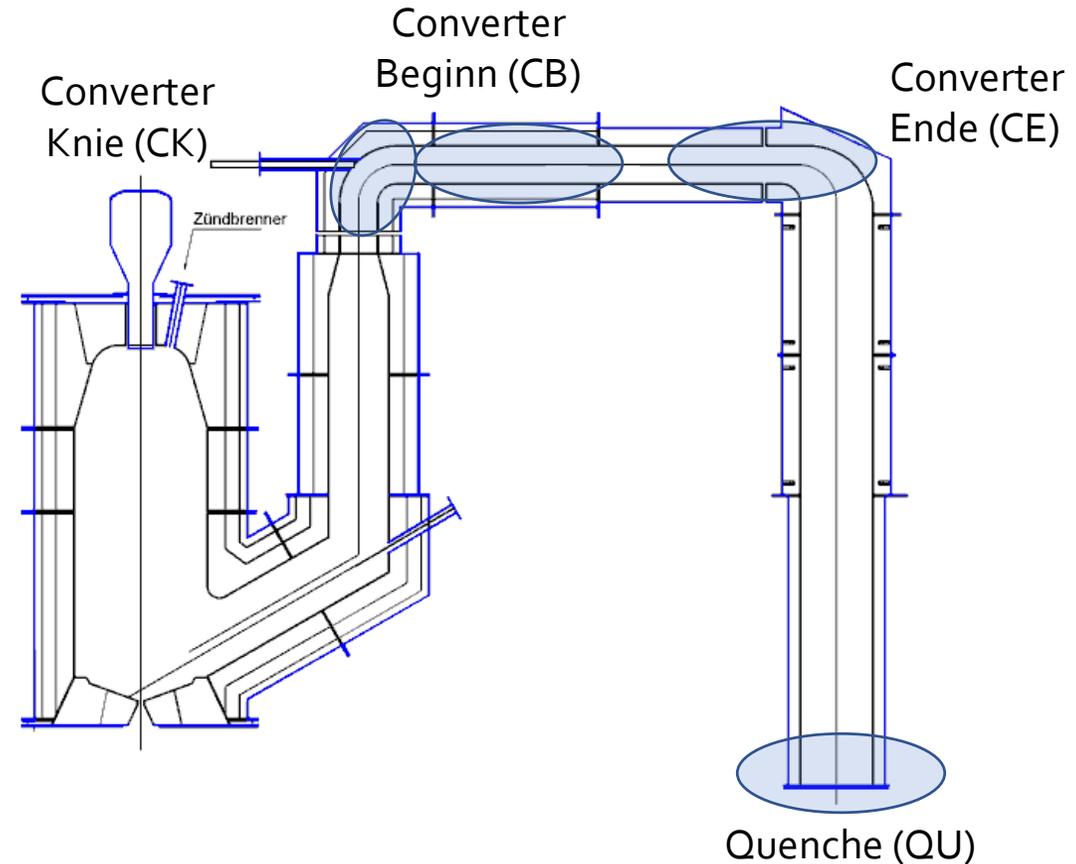
- RDS



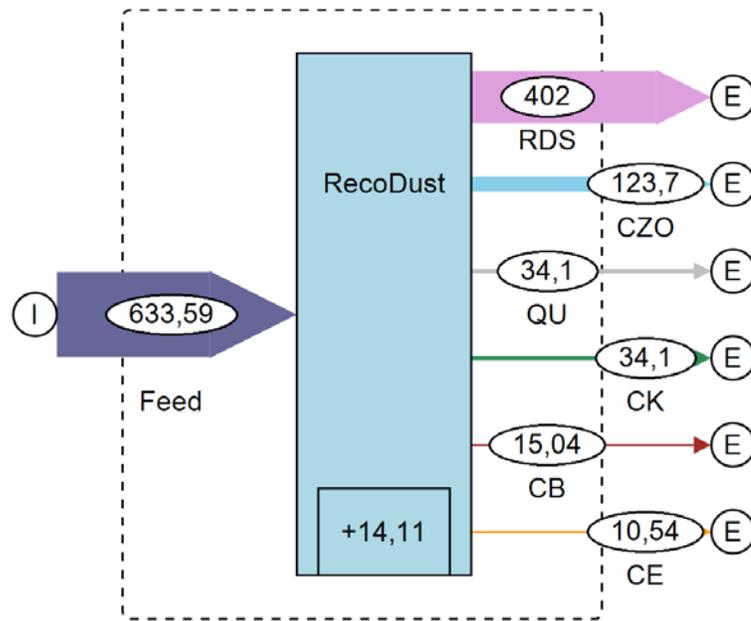
- CZO



- Erfassung der Anbackungen in der Abgasstrecke
- Carry-over (= nicht flüchtige Bestandteile, die im Filter abgeschieden werden)



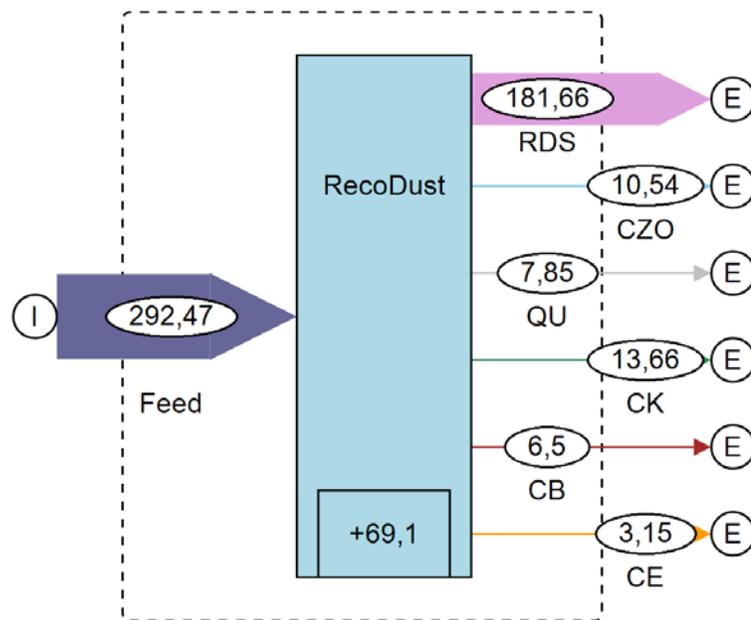
Massenstrom (Gesamtbilanz)



K16-1 - K16-3
 Import [kg]: 633,59
 Change in existing stock [kg]: 14,11
 Export [kg]: 619,48

RDS...RecoDust slag
 CZO...Crude Zinc Oxide
 QU...Quench
 CK...Converter knee
 CB...Converter beginning
 CE...Converter ending

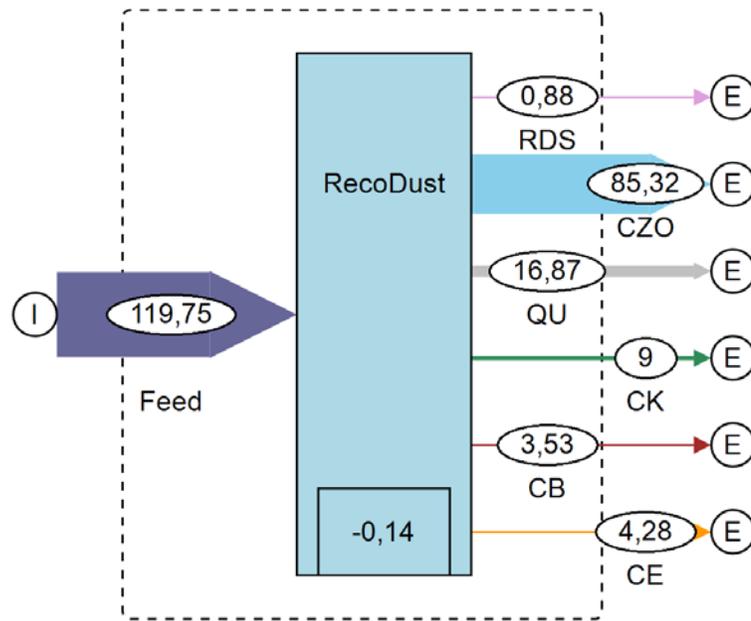
Massenstrom Eisen



K16-1 - K16-3
 Import [kg]: 292,47
 Change in existing stock [kg]: 69,1
 Export [kg]: 223,36

RDS...RecoDust slag
 CZO...Crude Zinc Oxide
 QU...Quench
 CK...Converter knee
 CB...Converter beginning
 CE...Converter ending

Massenstrom Zink



K16-1 - K16-3
 Import [kg]: 119,75
 Change in existing stock [kg]: -0,14
 Export [kg]: 119,89

RDS...RecoDust slag
 CZO...Crude Zinc Oxide
 QU...Quench
 CK...Converter knee
 CB...Converter beginning
 CE...Converter ending

Versuch	Einsatzstoff	Temperatur / °C	Luftzahl	Brennstoff	Dosierrate / kg h ⁻¹
K15-7 – K15-8	100 % LD* Feinstaub	1700	0,8	100 % Erdgas	170
K16-1 – K16-3	100 % LD Feinstaub	1700	0,8	90 % Erdgas 10 % Wasserstoff	170
K16-4, K16-5 und K16-8	100 % LD Feinstaub	1700	0,9	90 % Erdgas 10 % Wasserstoff	170

*LD...Linz-Donawitz (Konverterverfahren)

- Rückgewinnungsrate von Eisen bedingt durch carry-over niedrig
- Wasserstoffbeimengung vermindert Rückgewinnungsrate von Eisen

Versuch	$r_{RDS, Fe} / \%$
K15-7 and K15-8	73,8
K16-1 to K16-3	64,0
K16-4, K16-5 and K16-8	62,2

$$r_{RDS, Fe} = \frac{m_{Fe RDS}}{m_{Fe feed}} * 100$$

Reiter, W. (2023). Description of ReMFra Key Performance Indicators and other impacts (1.0). Zenodo.

- Entzinkungsrate über 99 % möglich mit und ohne Wasserstoffbeimengung
- Höhere Luftzahlen verringern Zinkabtrennung

Versuch	$r_{Zn} / \%$
K15-7 und K15-8	99,2
K16-1 bis K16-3	99,2
K16-4, K16-5 und K16-8	96,1

$$r_{Zn} = \left(1 - \frac{m_{Zn\ RDS}}{m_{Zn\ feed}} \right) * 100$$

Reiter, W. (2023). Description of ReMFra Key Performance Indicators and other impacts (1.0). Zenodo.

- **Wasserstoffversorgung erfolgreich installiert und in Betrieb genommen**
- **Entfernung von mehr als 99 % des Zinks möglich in Abhängigkeit der Versuchsbedingungen bezogen auf das verwendete Einsatzmaterial**
- **H₂ Zumischung: Veränderte Strömungsbedingungen liefern einen erhöhten carry-over**
 - **→ Verringerung des Anteils an Wasserstoff von 10 % auf 5 %**

- Die hohen Entzinkungsraten ermöglichen eine stoffliche Verwertung der RDS als Sekundärrohstoff
- CZO: Sekundärrohstoff für die Zinkproduktion
- Kompakte Anlagengröße
- Keine Staubvorbehandlung notwendig
- Einsatz von ausschließlich gasförmigen Reduktionsmitteln
- Flexibler Zinkgehalt im Einsatzstaub

- **Optimierungen und Versuche, um weitere Daten für den UpScale zu generieren**
- **Smarte Sensoren in der Abgasstrecke zur Erhöhung der Effizienz des Verfahrens**
- **Einsatz von Stäuben aus:**
 - LD-Konverter
 - Elektrolichtbogenofen
 - Hlsarna-Prozess (Schmelzreduktionsprozess zur kohlenstoffarmen Erzeugung eines roheisenähnlichen Materials, Entwicklung des Projektpartners Tata Steel)



metallurgical competence center



Recovering metals and mineral fraction
from steelmaking residues

Wolfgang Reiter

Wolfgang.reiter@k1-met.com

+4338424025824

Co-funded by the European Union – GA n. 101058362