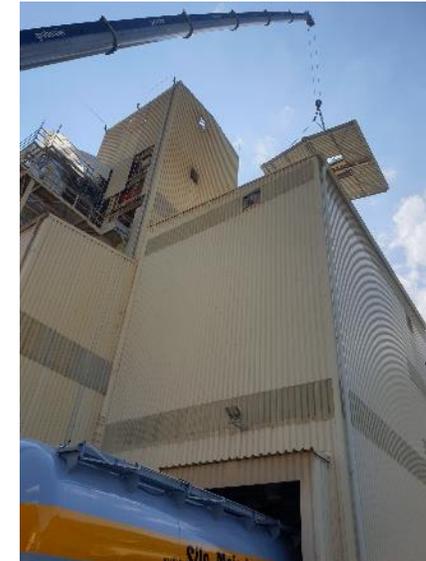


# Optimierung des $\text{MgCO}_3$ -Kalzinierungsprozesses in der Wirbelschichtanlage der STYROMAG

*Hochenergieeffizienter Kalzinierungsprozesses für Magnes-it!*



**STYROMAG**

DI Dr. techn. Bernhard Kronberger,  
Gabor Stefan Assessor juris, B.A

**12. Österreichisches IEA Wirbelschichttreffen, 09. September 2022**

# Agenda

-  **Über uns - VOIGT+WIPP Engineers**
-  Projektüberblick - Anspruch und Auftrag
-  Der Gesamtprozess
-  Schwerpunkte / Projektphasen
-  Verfahrenstechnische Highlights
-  Projektergebnisse

# VOIGT+WIPP Engineers – ein Unternehmen der CONENGA Group



## Unsere Mission:

### Echte Nachhaltigkeit für unsere Kunden - mittels Technologie und Managementsupport

- Die CONENGA Group verbindet als Holding das breite Kompetenz- und Leistungsangebot folgender eng zusammenarbeitender Gruppenunternehmen



Mit reicher Erfahrung und der außergewöhnlicher Verbindung unserer vielfältigen Kompetenzen haben wir die Voraussetzungen für substanziiell neue und mutige Lösungen

- Management Consulting & Strategie
- Process Engineering, Advanced Automation, Energie- und Leistungsmanagement
- Digitalisierung und Prozessoptimierung in der Industrie, IoT & Anwendungsforschung
- Quality, Safety, Legal & Compliance

# Leistungsbereiche der VOIGT+WIPP Engineers

- Fokus auf Prozessindustrie, viele Kunden mit „Brownfield“-Anforderungen
- Regelungstechnik, Verfahrenstechnik, Advanced Automation
  - Prozessberatung, Prozessgestaltung, eigene digitale Lösungen (i.e. EPOC)
  - Entwicklung komplexer regelungstechnischer Lösungen mit tief ausgeprägtem verfahrenstechnischem Know-how
- Energie- und Leistungsmanagement
  - Optimierung thermischer Verbrennungsanlagen – Müllverbrennung, Biomasse
  - Optimierung Energie- und Leistungsmanagement insbesondere auch in Verbindung mit dynamischen Bedarfen
  - Effizienzsteigerung in Prozessen durch Simulationen und Optimierung
- Quality, Safety, Legal & Compliance
  - Sicherheitsanalysen (VEXAT, HAZOP, ...)
- Service



# Agenda

-  Über uns - VOIGT+WIPP Engineers
-  **Projektüberblick - Anspruch und Auftrag**
-  Der Gesamtprozess
-  Schwerpunkte / Projektphasen
-  Verfahrenstechnische Highlights - Wirbelschichtverfahren
-  Projektergebnisse

# Projektüberblick STYROMAG WSO Optimierung - Anspruch und Auftrag

## Basis, Fakten:

Produktion von **Magnesiumoxid** mit **sehr hohem Reinheitsgrad** im **Wirbelschichtreaktor**

Gewachsene Produktion (mehr als 100 Jahre) mit **45 Jahre altem Anlagenbau**

**Hoher Energieaufwand** für den Kalzinierungsprozess (Erdgas/fossil, Elektrizität)

Vielfältiger Einsatzbereich des **Produktes MgO** (z.B. Food, Technical)

Alternativen / Ersatzprodukte primär aus Übersee / China (Transportaufwand, Abhängigkeiten)

Optimierung

## Anspruch / Ausprägungen der Optimierung:

### Ökologische Optimierung:

Reduktion CO<sub>2</sub>-Impact, Reduktion Emissionen, deutliche Verbesserung im Vergleich Branchen-BAT („best available technology“)

### Setzung neuer Branchenstandards (BAT):

Neue Standards für spezifischen Energieverbrauch, Kombination technischer, wirtschaftlicher und umweltbezogener Vorteile

### Wirtschaftliche Optimierung:

Reduktion Produktionskosten / Energiekosten durch optimale Nutzung von Abwärme / Minimierung Abgasverluste, Mengensteigerung

### Zukunftssicherung des Standortes:

Anlagen-Refit, Investition, Prozessoptimierung

# Agenda

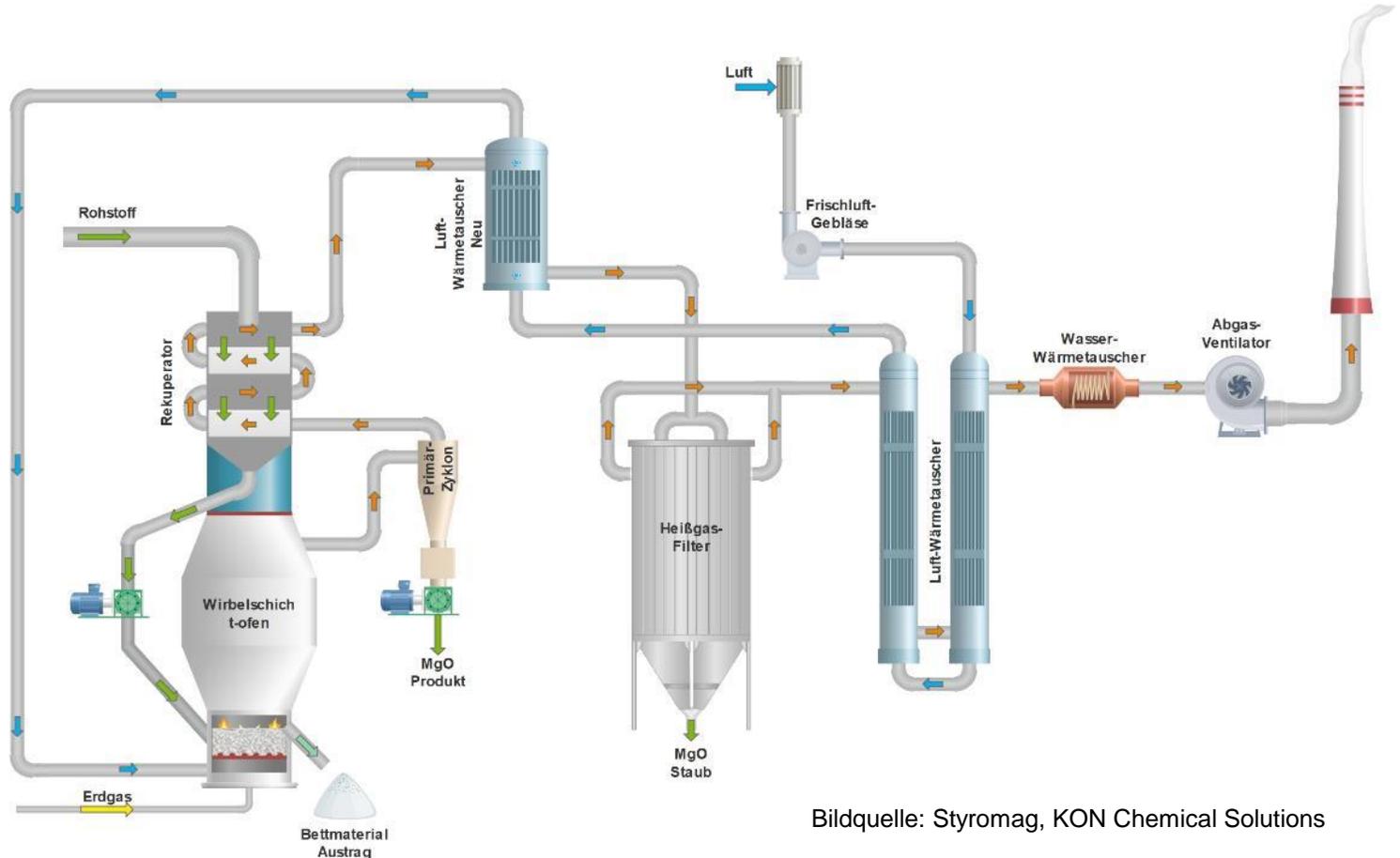
-  Über uns - VOIGT+WIPP Engineers
-  Projektüberblick - Anspruch und Auftrag
-  **Der Gesamtprozess**
-  Schwerpunkte / Projektphasen
-  Verfahrenstechnische Highlights
-  Projektergebnisse

# Der Gesamtprozess

**Prozess:** MgO Kalzinierung aus Rohstein ( $MgCO_3$ ) mit Körnung < 8mm in Wirbelschichtreaktor (auch FBO – Fließbettreaktor) – weltweit einzigartiges Verfahren

## Anwendung kaustischer MgO

- Industriefußböden
- Bremsbeläge
- Bergbauverfüllung und -sicherung
- Dünge- und Futtermittel
- Zellstoff
- Brandschutz
- Kläranlagen



Bildquelle: Styromag, KON Chemical Solutions

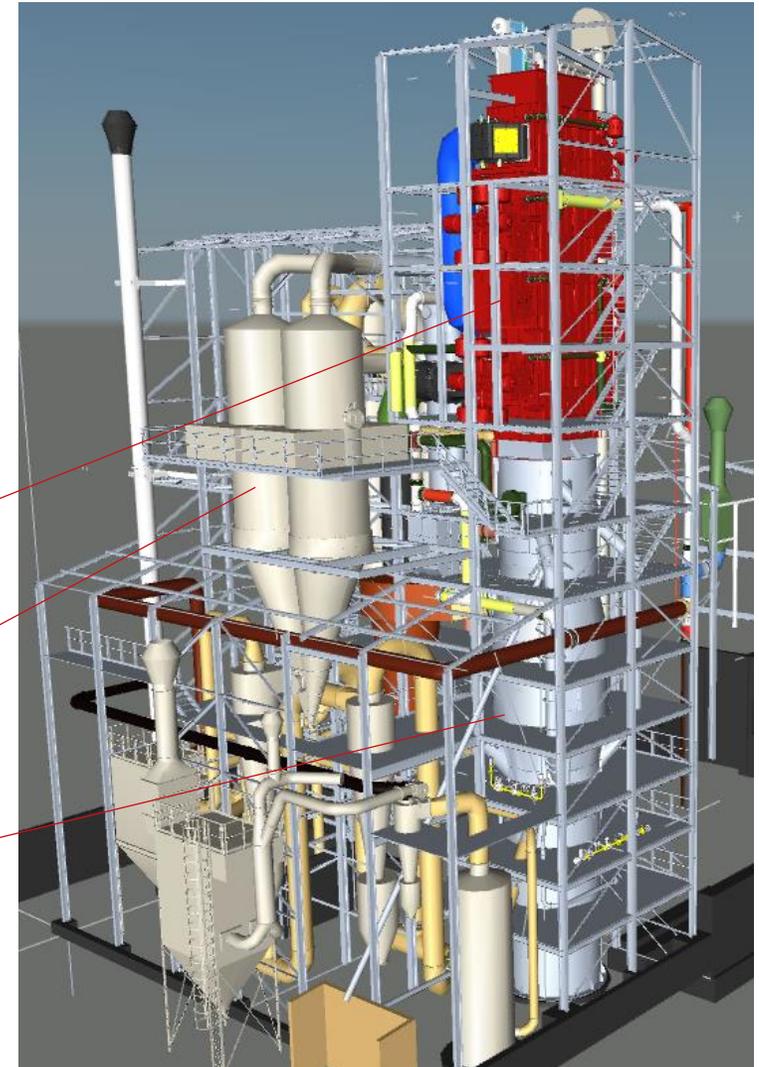
# Der Gesamtprozess – 3D-Modell

## Anlagendaten

Korngröße:	0,3 - 8 mm
Betttemperatur:	750 - 800 °C
Freeboardtemperatur:	800 – 840°C
Erdgasleistung:	4,5 MW

## Prozessschritte und Änderungen zur Optimierung

- Rohsteintrocknung
- Rohsteinvorwärmung / Rekuperator
- 2-stufige Luftvorwärmung (NT und HT-Luvo)
- Produktabscheidung im Heißgaszyklon
- Heißgasentstaubung (Sinterfilterkerzen)
- Kalzinierung im Wirbelschichtreaktor
- Produktkühlung
- Abwärmenutzung im Abgaswärmetauscher



Quelle: Tec-Solution

# Agenda

-  Über uns - VOIGT+WIPP Engineers
-  Projektüberblick - Anspruch und Auftrag
-  Der Gesamtprozess
-  **Schwerpunkte / Projektphasen**
-  Verfahrenstechnische Highlights
-  Projektergebnisse

# Die Schwerpunkte - Projektphasen

## Schaffung eines **verfahrenstechnischen Fundaments** (2019)

- Prozesssimulation, Aufbau digitaler Zwilling (IPSE-Pro)
- Erweiterung des verfahrenstechnischen Konzeptes durch Integration eines Hochtemperaturluftvorwärmers
- Verbesserung bestehender Rohsteinvorwärmer (Reku) um Wärmetauschergrädigkeiten zu minimieren
- Reduzierung der thermischen Belastung für Apparate

## **Anlageninnovation**, Basic- und Detailengineering (2019)

- Entwicklung eines Hochtemperaturluftvorwärmers

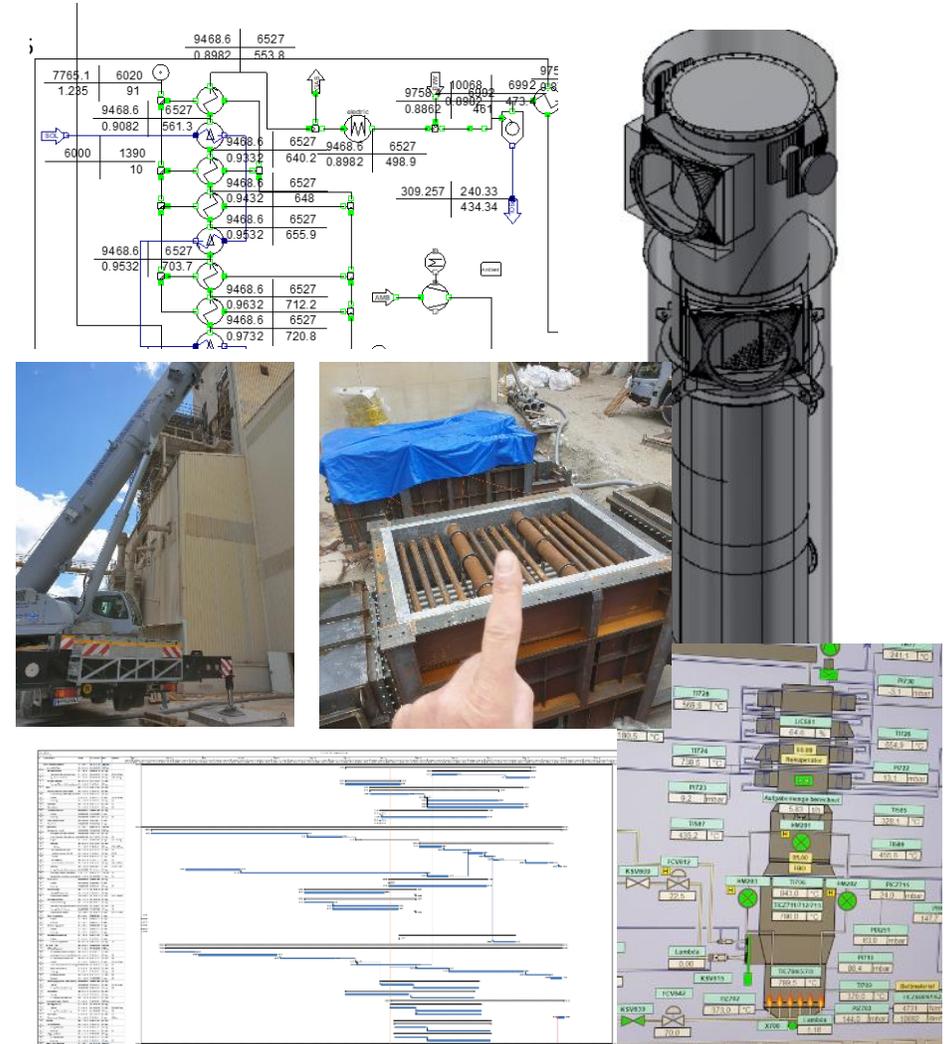
## **Projektentwicklung** zum Umbau der Anlage (2019/2020)

Erarbeitung Umbaukonzept (Engineering, Wirtschaftlichkeit)

- Risikoanalyse, Risikobewertung
- Gestaltung Finanzierung, Erarbeitung Förderung

## Begleitung der **Projektumsetzung** (09-10/2020, 2021, 2022)

- Koordination von Beschaffung, Fertigung, Montage, Umbau (ohne GU), Inbetriebnahme, Optimierung



Bildquellen: Styromag, VWE

# Agenda

-  Über uns - VOIGT+WIPP Engineers
-  Projektüberblick - Anspruch und Auftrag
-  Der Gesamtprozess
-  Schwerpunkte / Projektphasen
-  **Verfahrenstechnische Highlights**
-  Projektergebnisse

# Verfahrenstechnische Highlights

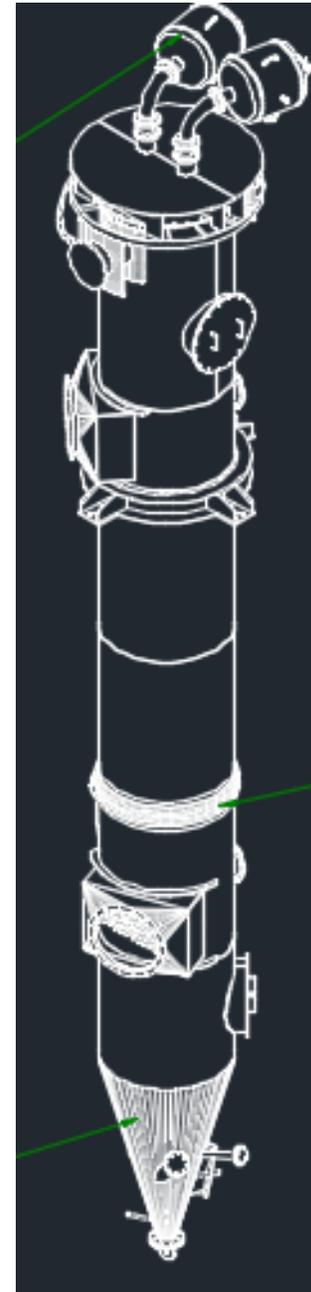
## ■ Hochtemperatur - Luvo

- Hohe Temperaturen – niedrige Grädigkeiten
  - Rohgaseintritt ca. 500°C
  - Luftaustritt ca. 450°C
- Hohe Staubbelastung (ca. 2,7 m-% bzw. 37 g/m<sub>N</sub><sup>3</sup>)
- ➔ Ausführung ohne Schamottierung, aus hitzerbeständigem Edelstahl
- ➔ Abreinigungssystem mittels Druckluftkanonen

## ■ Heißgasfilter

- Änderungen am Staubsammeltrichter
- Anpassung der Abreinigung zur Reduktion des Druckverlustes und des Druckluftverbrauchs
- ➔ Druckluftlanzen wurden durch Jet-puls System ersetzt

## ■ Anpassungen am **Wirbelschichtreaktor**



# Wirbelschichtreaktor

## Prinzip / Reaktion in der Wirbelschicht:



Rohstein + Hitze (Erdgasverbrennung)  $\rightarrow$  MgO-Staub im Abgas (ca. 90 w%) + Inertmaterial



Bildquellen: Styromag, VWE

**Themenfelder:** Fluidisierung, Beschickung, Rohgasabzug, Energiezufuhr, Anfahrbrenner, Bettmaterialabzug,...

# Fluidisierung des WSO Reaktors

- Lockerungsgeschwindigkeit  $u_{mf}$ :
    - Unbekannt - Rohstein / MgO Staub / Mischung
  - Fluidisierungsgasgeschwindigkeit (Leerrohr):
    - 1 bis 1,5 m/s
- 
- **Düsenboden**
    - Geschlossener Düsenboden als gemauertes Gewölbe (ca. 2,5 m Durchmesser)
    - 1 Bettmaterialabzug seitlich
    - 72 Stk Fluidisierungsdüsen
      - Ca. 20 Stk. Luftlöcher / Düse
      - Gaszufuhr innerhalb der Düsen

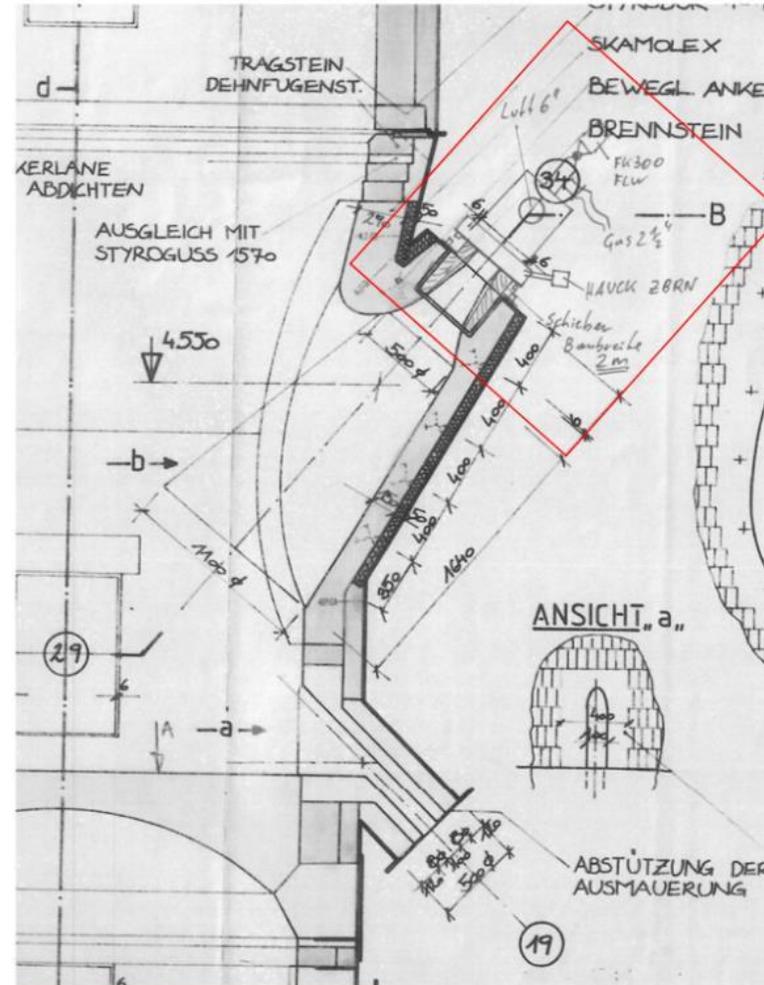
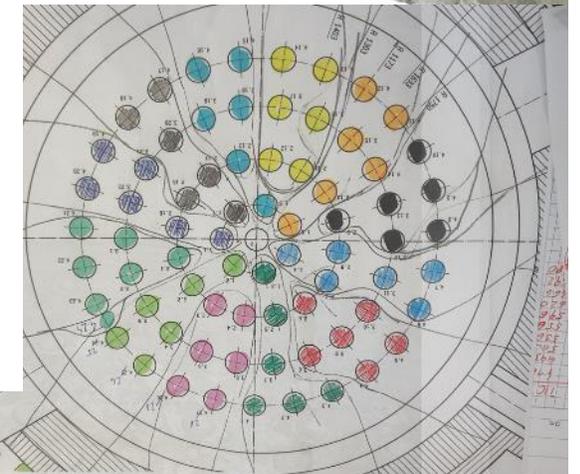


Abbildung 1: Lage des Anheißbrenners am Wirbelschichtofen



Bildquellen: VWE, Styromag

# Beschickung des WSO Reaktors

- Beschickung und Dosierung der Menge erfolgt über nun 3 Linien
- Keine Verteilung, Zerstäubung des Aufgabematerials (möglich)

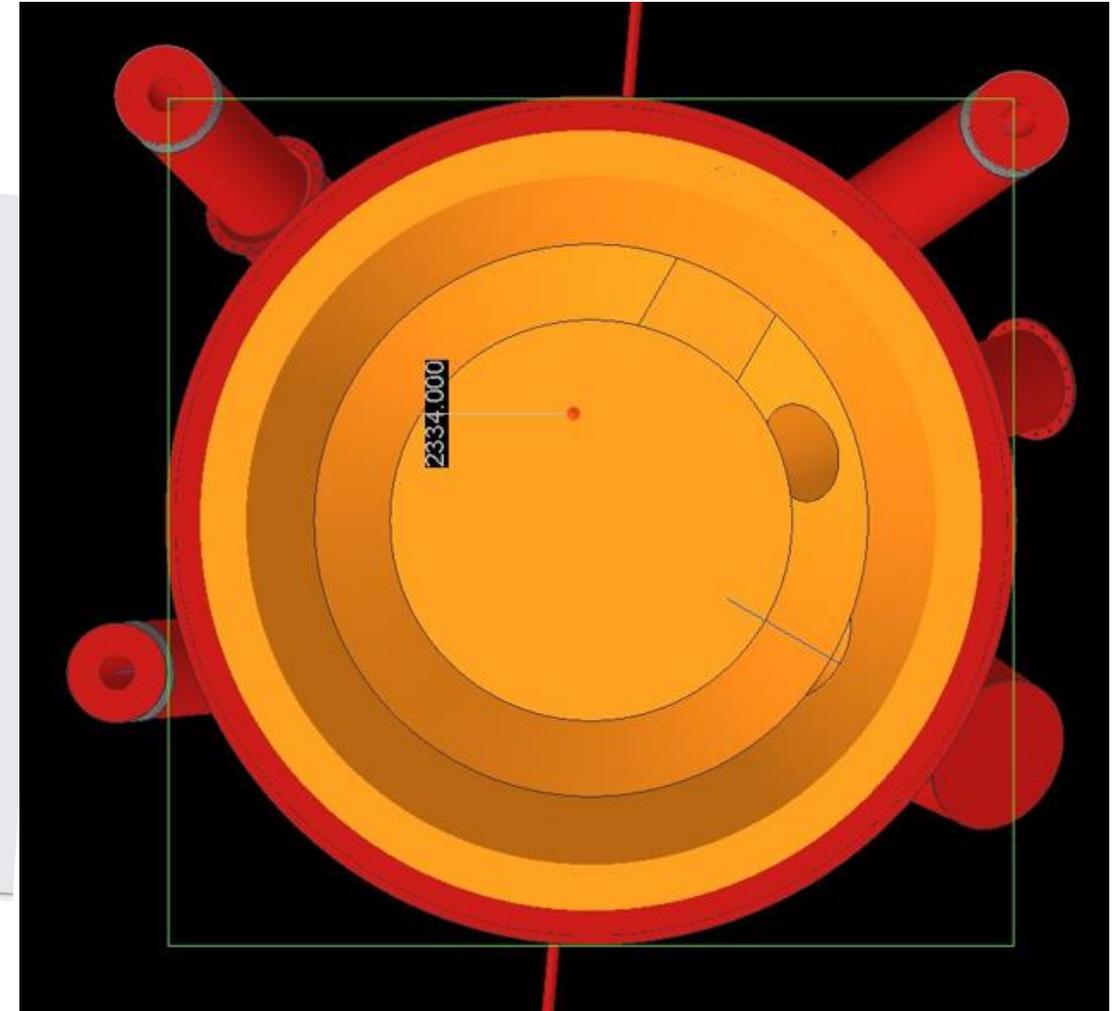
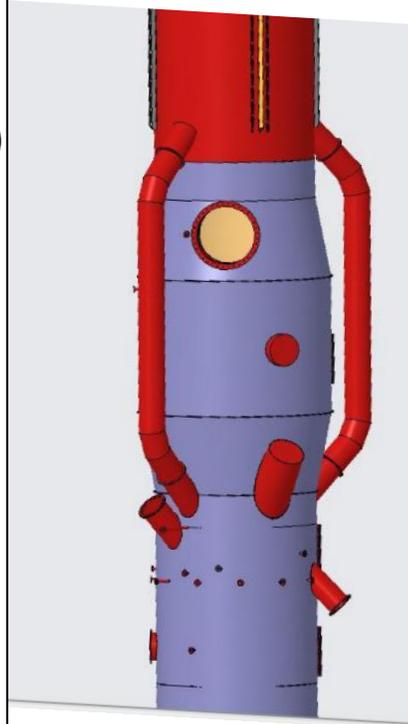
Was passiert mit grobkörnigem Rohmaterial im Einlaufbereich?

- Haufenbildung / Defluidisierung?

→ Tests im Kaltmodell mit BOKU Wien

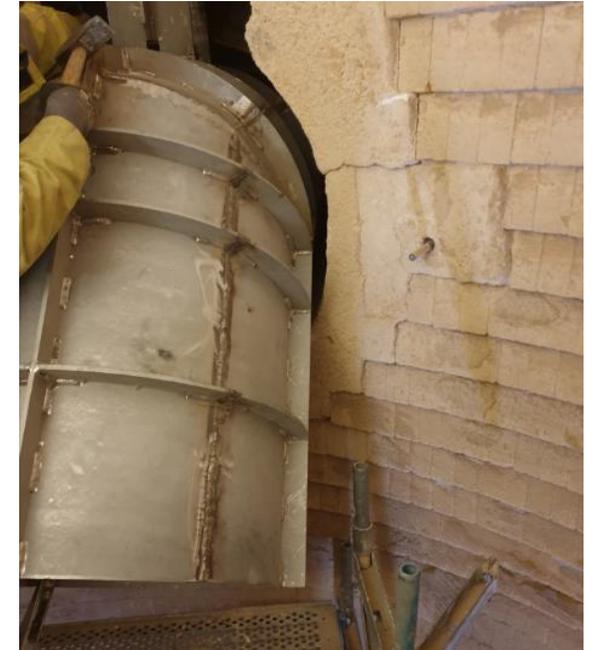
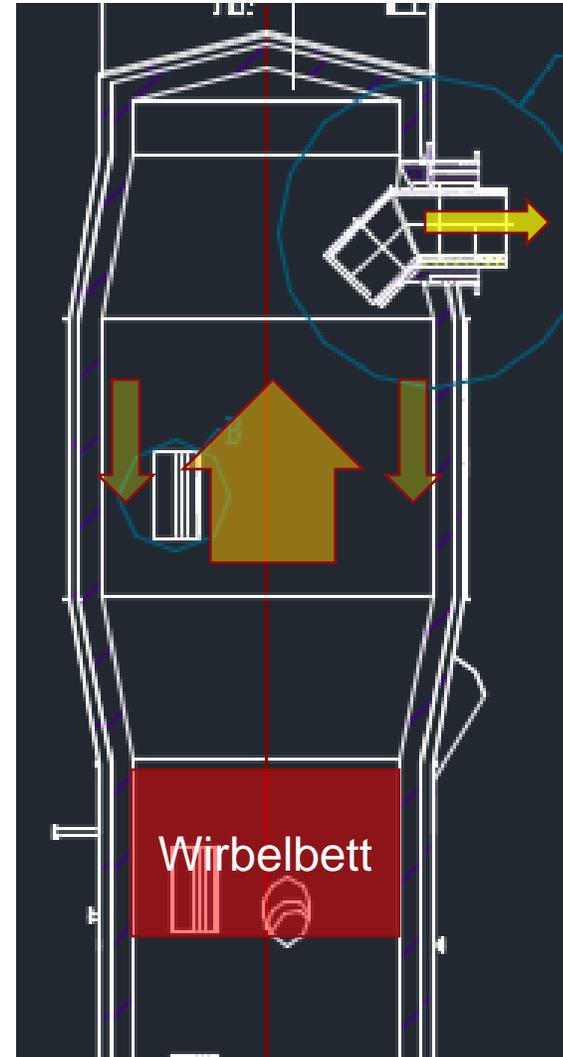
→ 3 statt 1 Aufgabelinien

→ Gleichmäßig über dem Bettquerschnitt



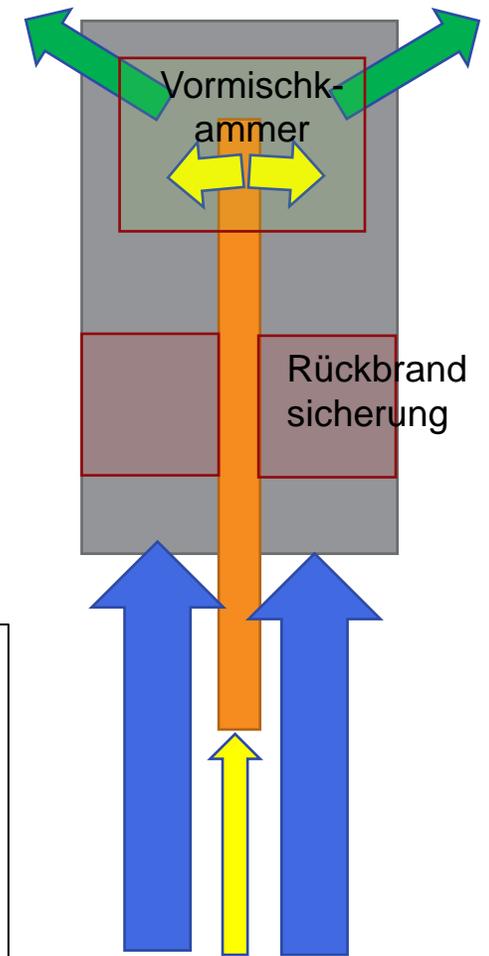
# Rohgasabzug / Tauchrohr / Sekundärluft

- Akkumulation von feinem Produkt im Freeboard-Bereich führt zu reduzierter Aktivität des MgO-Produkts für bestimmte Anwendungen
- ➔ Ziel: Rascher Abzug von „fertigem“ MgO
- Umsetzung:
  - Nachrüstung eines „Tauchrohrs“ um Feinanteil im Reaktorzentrum vermehrt abzuziehen (und nicht im Wandbereich den Grobanteil des Betauswurfs; vgl „Core-Annulus-Model“)



# Brennerdüsen 1/3

- Jede Düse stellt einen eigenen „Brenner“ dar
- Aufgaben
  - Vormischung von Erdgas und Luft in der Düse
  - Zünden außerhalb der Düsen
  - Rückbrandsicherung, Rückströmverhinderer in die Windbox
  - Möglichst geringer Luftüberschuss an den Düsen
    - Lambda 1,1 – 1,2 aber mit sehr hoher adiabaten Verbrennungstemperatur (> 2.000°C)



Luft + Erdgas

Bildquelle: VWE

- Hauptherausforderung
  - Luftvorwärmung auf bis zu 450°C
  - Zündtemperatur Erdgas liegt bei ca. 600°C
  - Düsenbeheizung aus Wirbelbett mit Temperatur von 800°C
  - ➔ Vermeidung von Zündung in der Düse (thermische Beständigkeit der Düsen)
  - ➔ Gasschlupf durch Wirbelbett und Energiefreisetzung im Freeboard

## Brennerdüsen 2/3

- Bilder nach erster Inbetriebnahme
  - Thermisch zerstört, abgebrannte Düsen
  - Beschädigung der seitlichen Ausmauerung
  - Verschlackungen
  
- **Ursache?**
  - Ungenügende Wärmeabfuhr durch Wirbelbettmaterial – lokale Defluidisierung im Randbereich des Reaktors



## Brennerdüsen 3/3

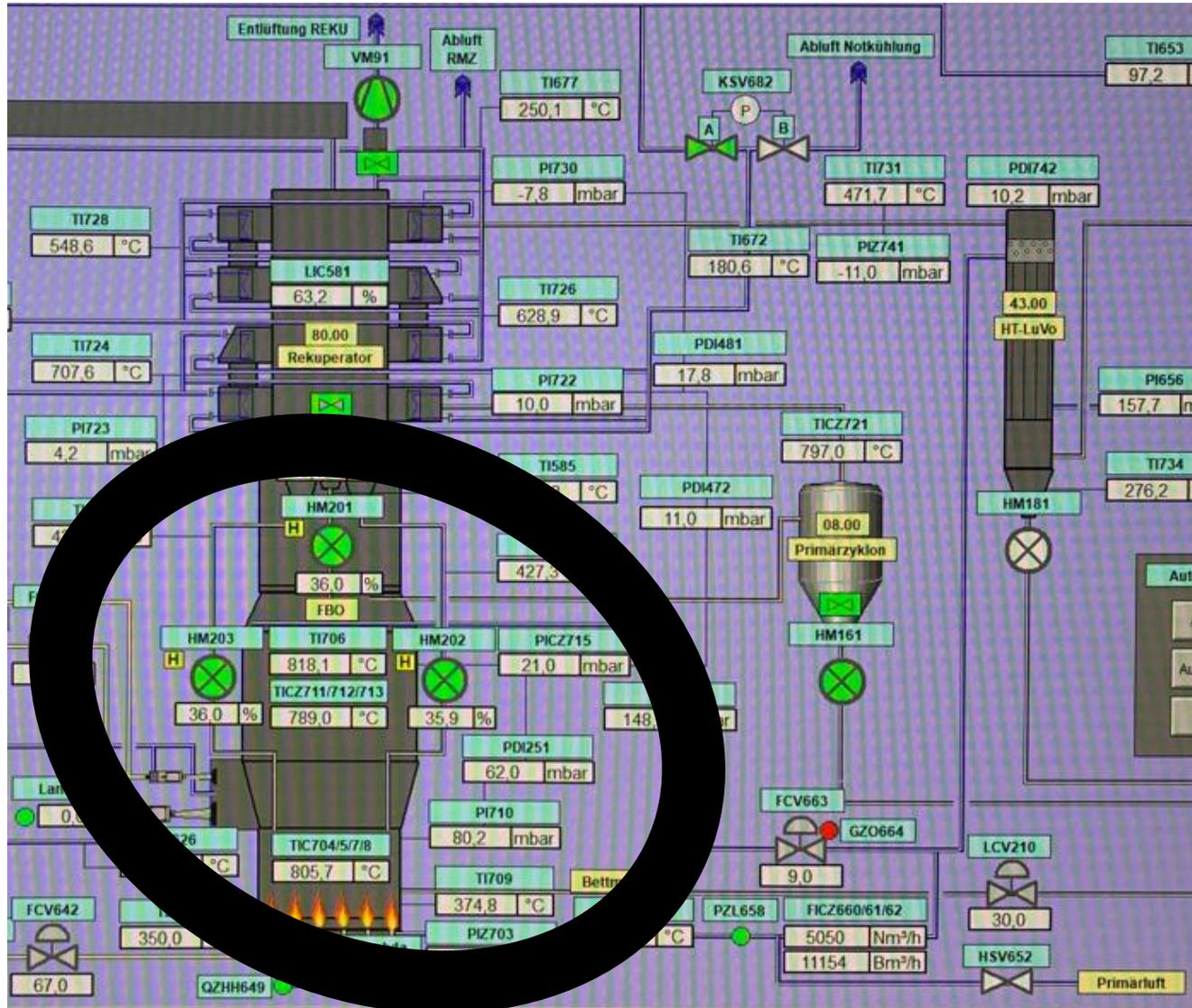
- Lösungsansätze
  - Abrunden der Außenecken des Wirbelbettes
    - Vermeiden von Ablagerungen
  - Düsen mit Austrittsöffnung nur nach innen – Öffnungen nach außen wurden geschlossen
    - Nettoimpuls nach innen
  - Leicht erhöhter Luftüberschuss im Außenbereich des Düsenbodens
    - Reduktion Verbrennungstemperatur
  - Temperaturüberwachung jeder Düse (durch den Düsenboden sind Thermoelemente bis in Düsenköpfe durchgeschoben)
    - Temporärer Stopp der Gaszufuhr bei Überhitzung



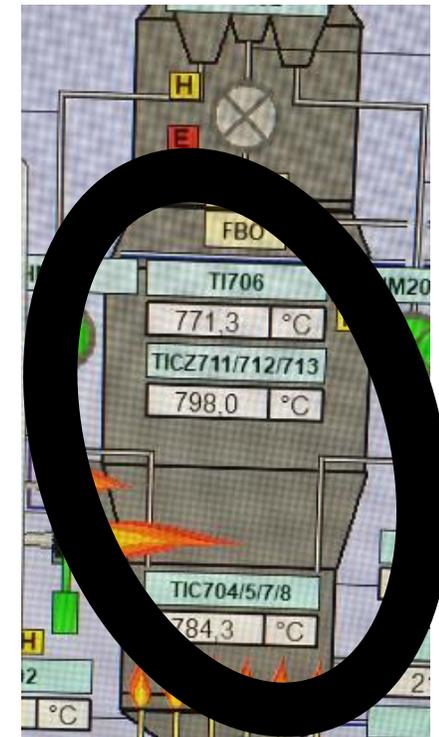
# Agenda

-  Über uns - VOIGT+WIPP Engineers
-  Projektüberblick - Anspruch und Auftrag
-  Der Gesamtprozess
-  Schwerpunkte / Projektphasen
-  Verfahrenstechnische Highlights
-  **Projektergebnisse**

# Ergebnisse der Düsenoptimierung



Freeboardtemperatur liegt teilweise UNTER der Betttemperatur!!



# Ausgezeichnete Ergebnisse – betreffend Energieeinsparung

## Reduktion Brennstoffenergieaufwand

- auf 86,7 % vom BAT/BVT min-Level
- auf 82,5 % vom Basis-Wert

Brennstoffenergieaufwand		[GJ / to MgO]	
Quelle / Brennstoff	min		max
BVT - Dokument	6		12
Erdgas	6.3		11.2
Fuel oil	7.9		13.8
Petcoke	8.1		13.8
WSO 2014 - 2018	6.3		6.3
Zielbereich WSO gem. KPC Antrag	5.0		5.2
<b>WSO Stand Oktober 2021</b>	<b>5.2</b>		<b>5.5</b>

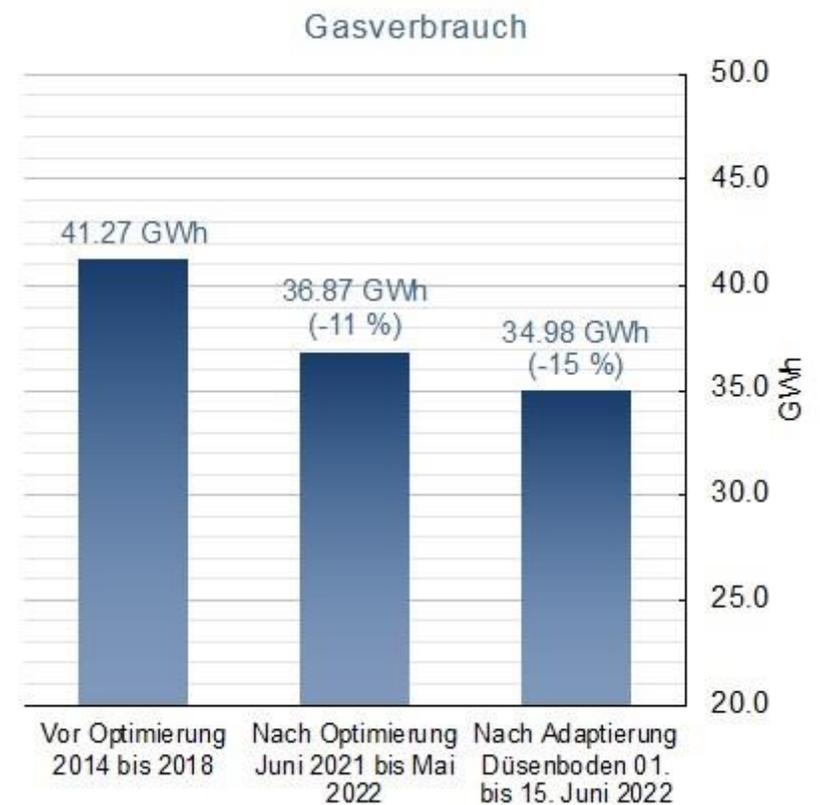
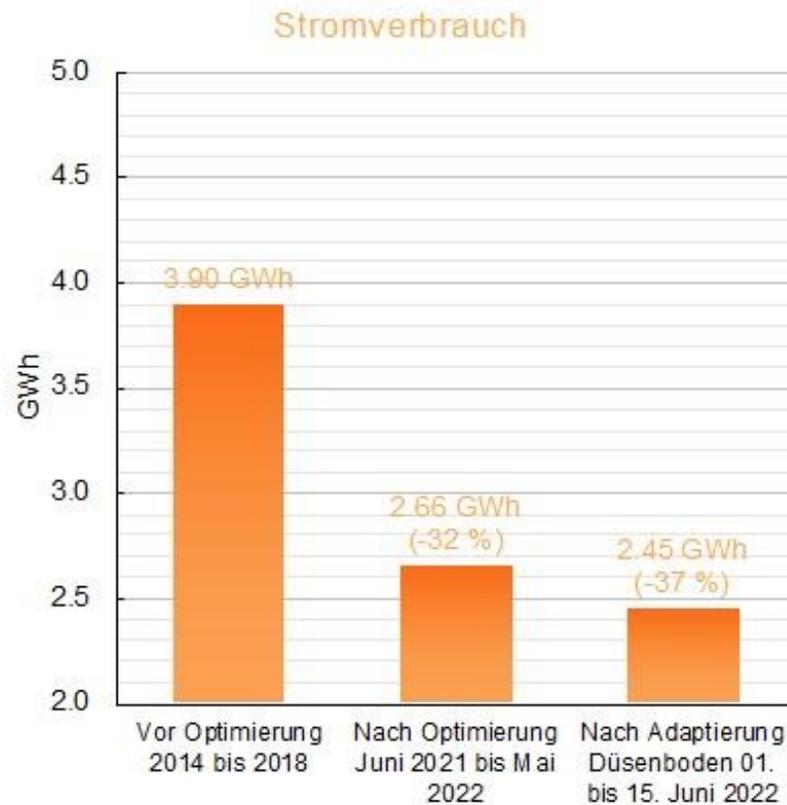
## Reduktion Eigenstromverbrauch

- auf 74,7 % vom BAT/BVT min-Level / Basis

Elektrische Energie		[kWh/ to MgO]	
Wert aus	min		max
BVT - Dokument	75		180
WSO 2014 - 2018		75	
Zielbereich WSO gem. KPC Antrag		60	
<b>WSO Stand Oktober 2021</b>		<b>56</b>	

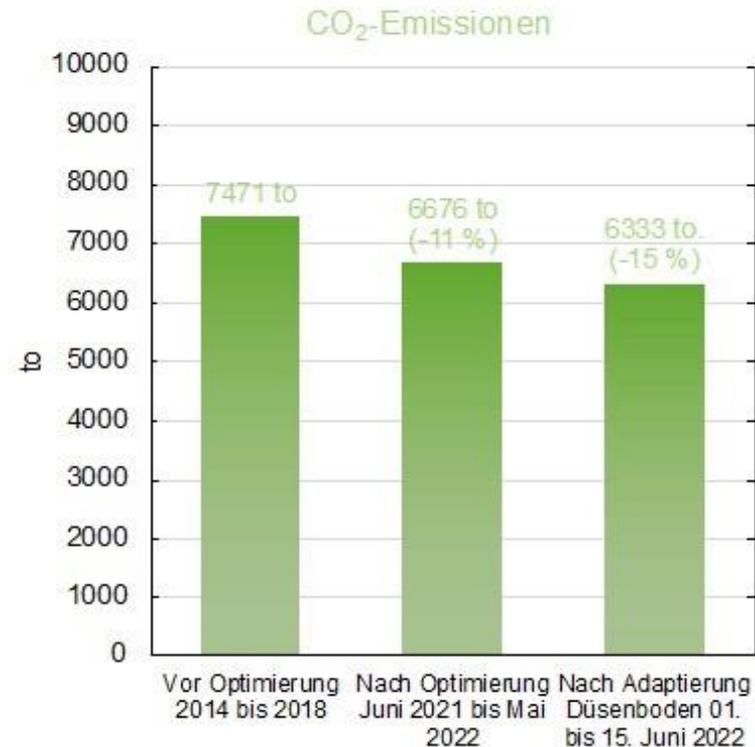
# Ausgezeichnete Ergebnisse – betreffend Energie-Einsparung

Vergleich von **Strom- und Gasverbrauch** für die Betriebsphasen vor der Optimierung, nach der Optimierung sowie Hochrechnung des aktuellen Betriebszustandes nach der Adaptierung des Düsenbodens.



# Beeindruckende Ergebnisse – betreffend CO<sub>2</sub> und Emissionen

**Reduktion CO<sub>2</sub>-Emissionen** des Abgases  
CO<sub>2</sub>-Emissionen (Jahressumme) aus  
Energieaufwand zur MgO Produktion



## Reduktion weitere Emissionen

CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub im Vergleich zu den  
Grenzwerten lt. BAT/BVT auf...

- 20 % Grenzwert CO
- <1 % Grenzwert NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub>
- <1 % Grenzwert SO<sub>2</sub>
- 36 % Grenzwert Staub

	Gasförmige Emissionen [mg/m <sup>3</sup> ]	
	Grenzwert lt. BVT Dokument *	Analyse Mai 2021 **
CO	< 50	10
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub>	< 500 (80)	< 1
SO <sub>2</sub>	< 50 - 250	0.3
Staub	< 20 - 35	7.2
	* Tagesmittelwert	** Höchster Beurteilungswert

BAT Beste Verfügbare Technologie, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries ... BVT-Merkblatt für die Zement-,  
Alk- und Magnesiumoxidindustrie

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub) am Fließbettofen (FBO) Anm.:  
Grenzkonzentrationen sind auf das Volumen des wasserfreien Gases bei 0 °C, 1.013 mbar und O<sub>2</sub> = 10 % Vol. bezogen.

Grafikquellen: VWE

# Aknowledgement

## ■ Projektteam der Umsetzung

- Styromag
- Tec-Solution
- SAS
- VWE
- ...

## ■ Unterstützung

- Kpc kommunalkredit public consulting



KOMMUNAL  
KREDIT  
PUBLIC CONSULTING

## Übersicht Bild & Grafikquellen:

- Styromag [www.styromag.at](http://www.styromag.at)
- KON Chemical Solutions (David Konlechner)
- Tec-Solution (Dieter Liebisch)
- VOIGT+WIPP Engineers - VWE (Bernhard Kronberger, Ralf Ohnmacht)



## Kontakt

**Dr. techn. Bernhard Kronberger**  
VOIGT+WIPP Engineers GmbH  
Auhofstraße 1/10  
1130 Wien

E-Mail: [kronberger@voigt-wipp.com](mailto:kronberger@voigt-wipp.com)  
Web: [www.voigt-wipp.com](http://www.voigt-wipp.com)

