INSTITUT FÜR BAUSTOFF FORSCHUNG

FEhS

Fraunhofer UMSICHT

SAVE CO_2

Heidelberg Materials

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

thyssenkrupp

05/2021 – 04/2025

Schaffung einer alternativen Verwendung einer auf DRI-Basis erzeugten Elektroofenschlacke für die Zementindustrie zur Verringerung der CO_2-Emissionen

David Algermissen

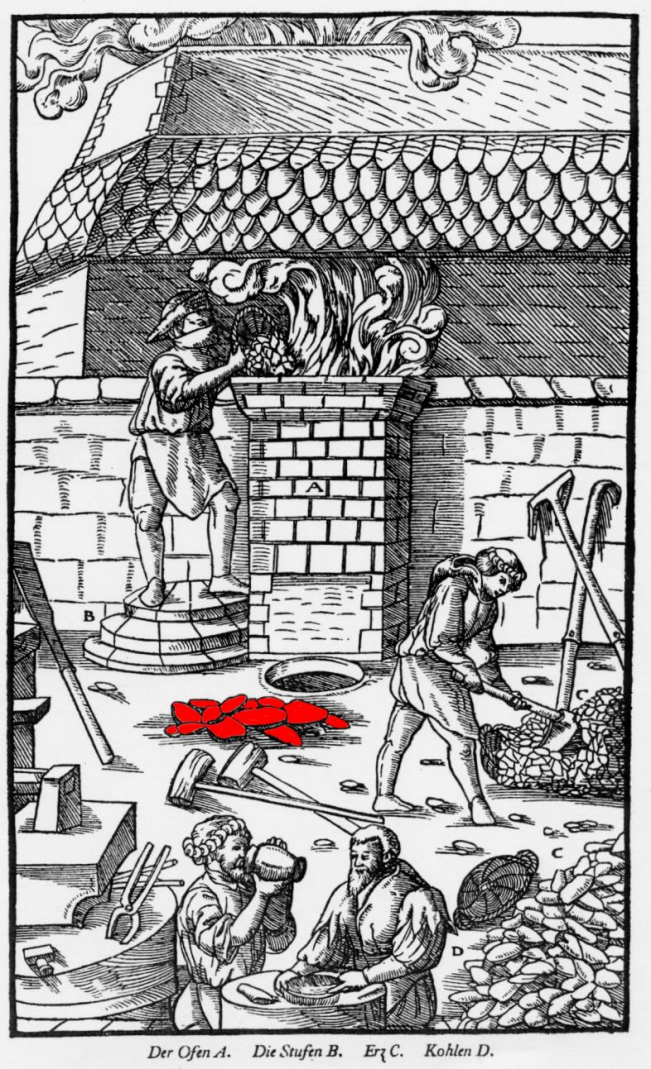
GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Funded by the European Union NextGenerationEU

Motivation

Eisenhüttenschlacke

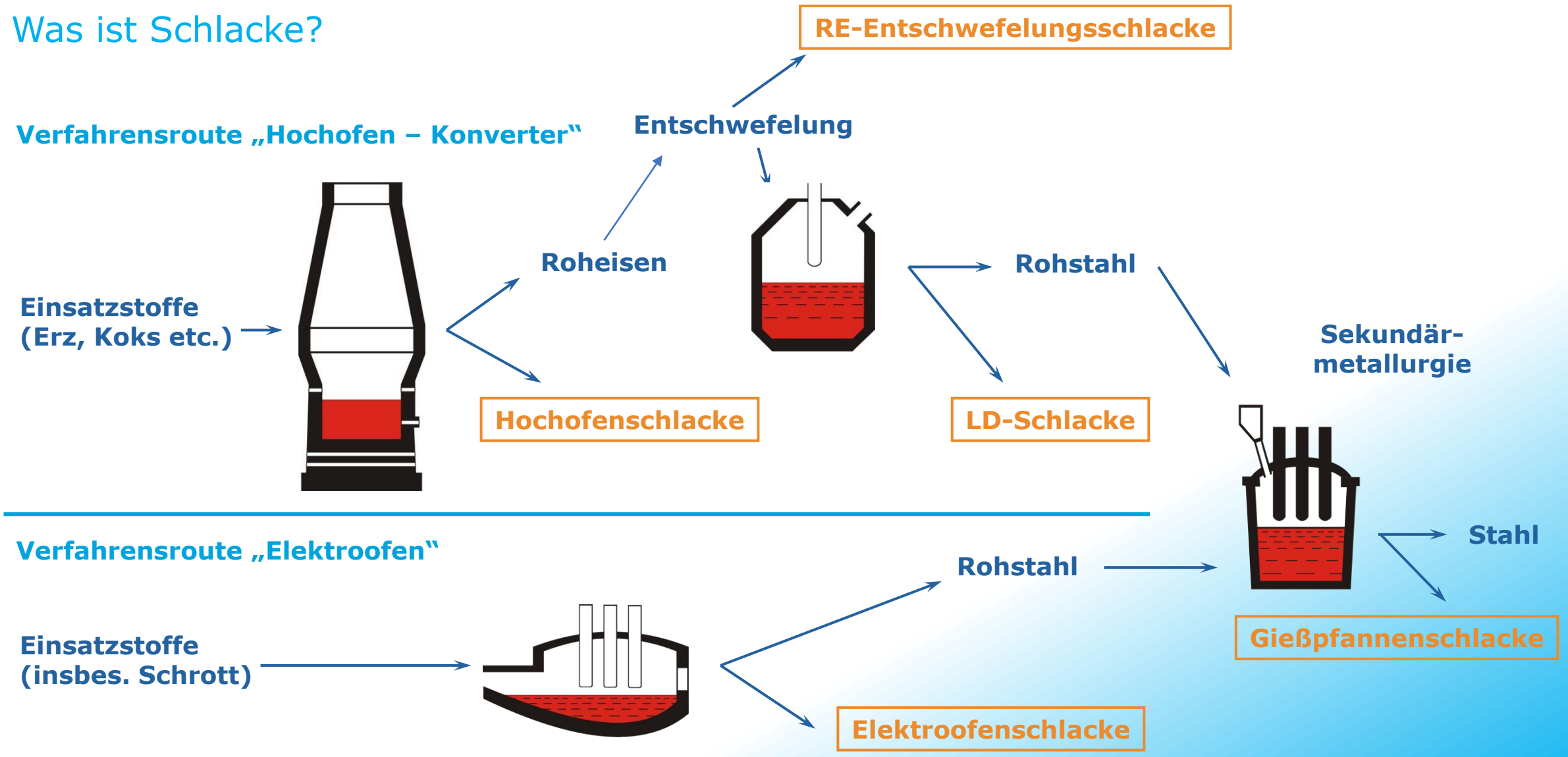


Schlacken sind Gesteinsschmelzen, welche bei Gewinnung von Metallen erzeugt werden und als metallurgisches Werkzeug fungieren. Sie sind für den Produktionsprozess zwingend notwendig ist.

Schlacken sind keine Aschen!

Aschen sind nichtmetallische Rückstände aus Verbrennungsprozessen, z.B. Hausmüllverbrennungsasche. Sie haben keine „metallurgische Aufgabe".

Was ist Schlacke?

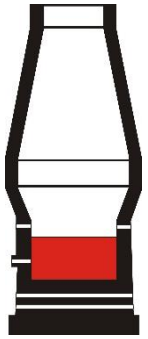


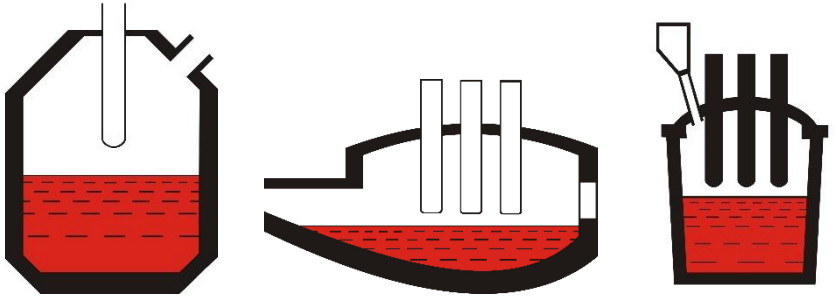
Typische chemische Zusammensetzungen

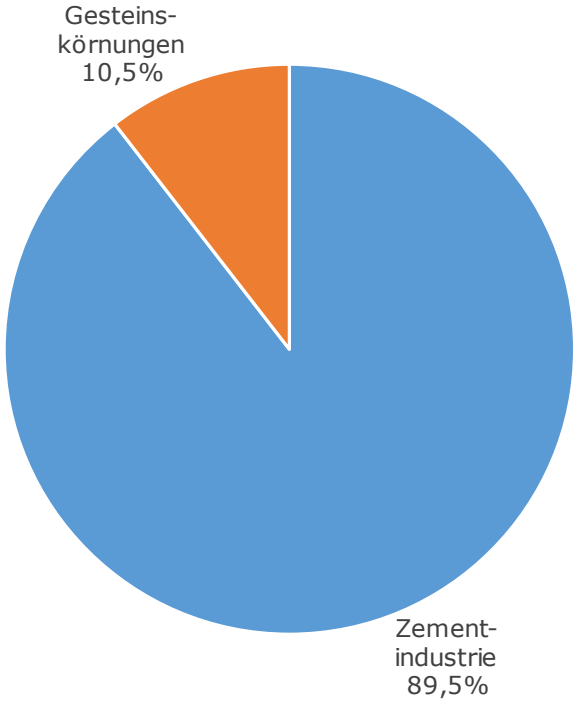
	Hochofenschlacke	LD-Schlacke	Elektroofen-Schlacke	Gießpfannen-Schlacke
CaO	34 – 43	43 – 53	20 – 36	25 – 60
SiO_2	35 – 40	11 – 18	10 – 18	3 – 30
MgO	7 – 16	1 – 8	3 – 7	2 – 20
Al_2O_3	8 – 12	1 – 5	4 – 9	3 – 40
Fe_2O_3	0,1 - 1,0	20 – 31	29 – 48	0,7 – 42
MnO	0,1 - 1,0	2,5	4,8	0,1 – 6

FGSV: Merkblatt über die Verwendung von Eisenhüttenschlacken im Straßenbau, 2013
Merkblatt über die Verwendung von Hüttenmineralstoffgemischen, sekundärmetallurgischen Schlacken sowie Edelstahlschlacken im Straßenbau, 1998

Status Quo der Schlackennutzung



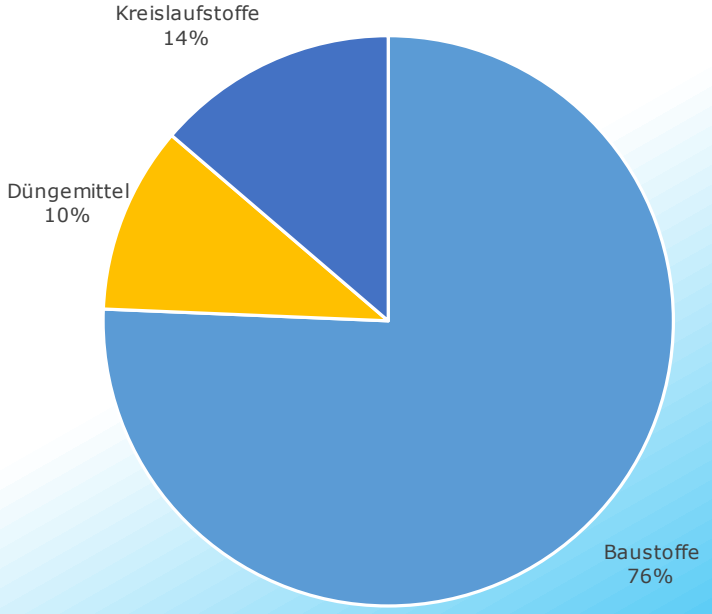




Erzeugung 2021

Hochofenschlacken
7,62 Mio t.

Stahlwerksschlacken
4,98 Mio. t



Die Abkühlung macht's!

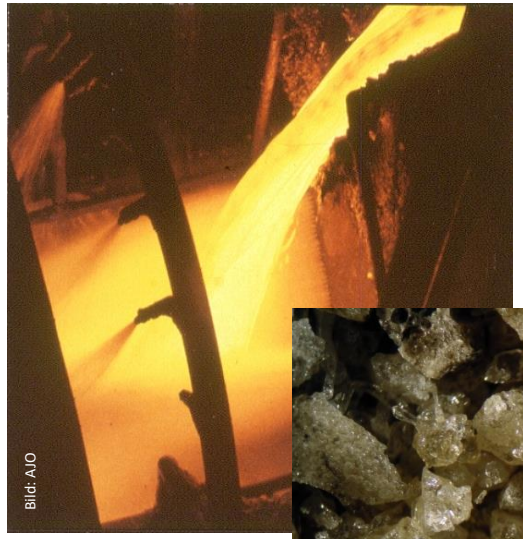


Bild: AJO

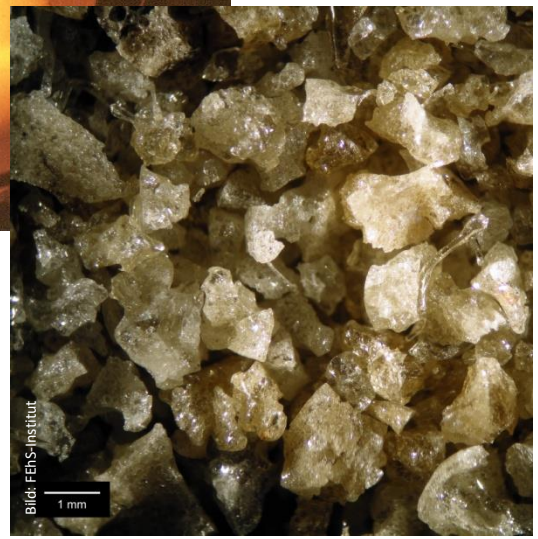


Bild: FEhS-Institut

➔ nahezu 100%ig glasig
➔ latent hydraulisch

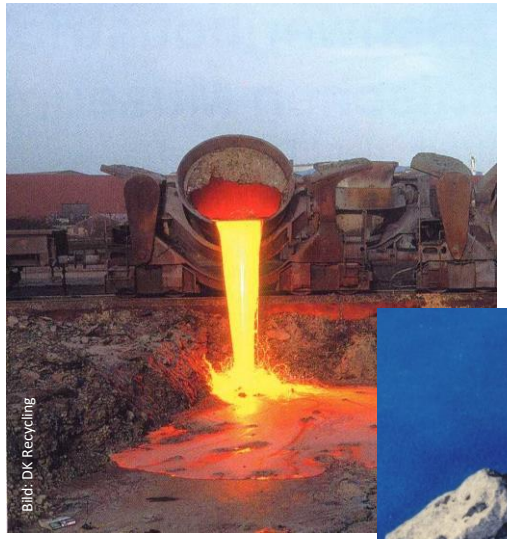


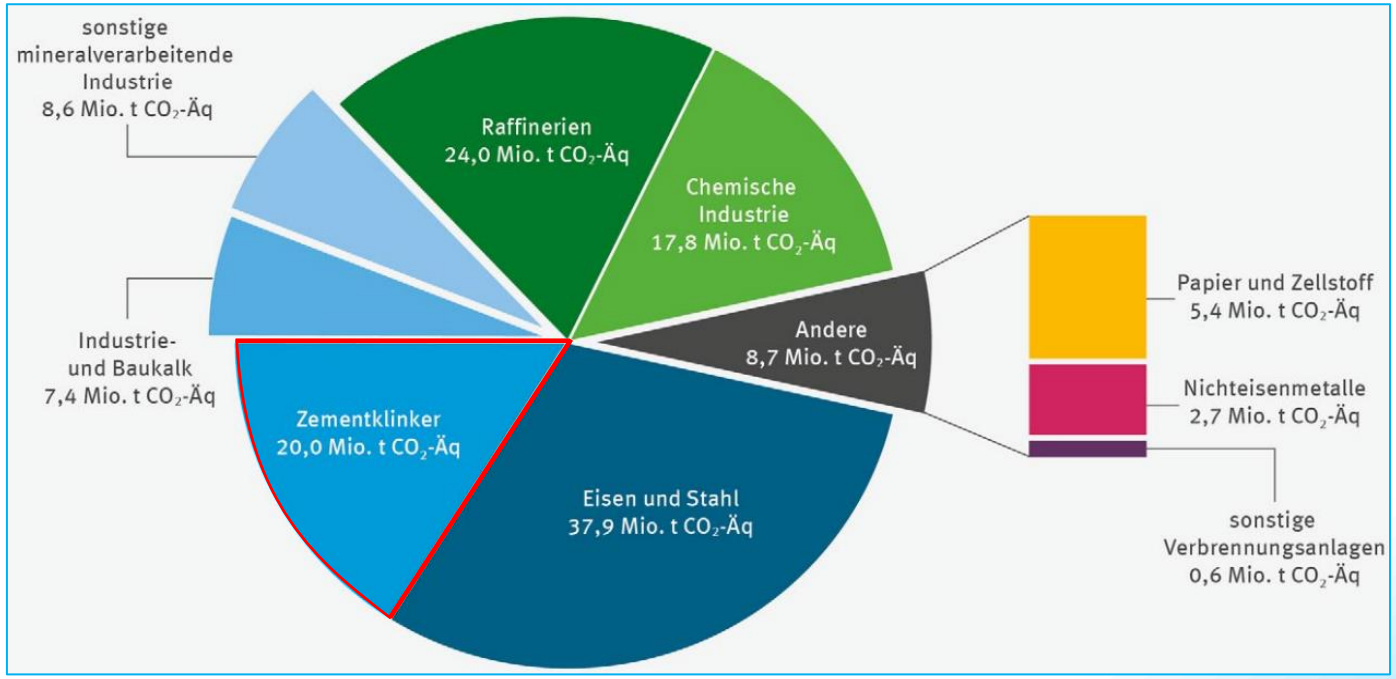
Bild: DK Recycling

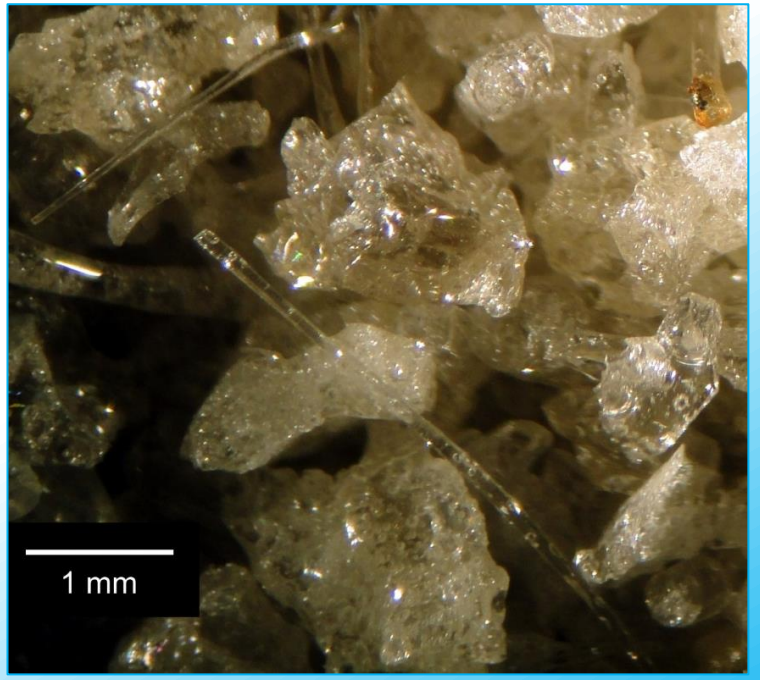
Bild: FEhS-Institut

➔ 100%ig kristallin
➔ inert

Heutige Nutzung von Eisenhüttenschlacken als Zementbestandteil

- Zementindustrie ist für 5-8 % der anthropogenen CO_2-Emissionen verantwortlich
- Emittieren von ca. 800 kg CO_2 je Tonne Portlandzementklinker (davon 60 % unvermeidbar rohstoffbedingt)
- Verwendung von Hüttensand senkt CO_2-Fußabdruck um **rd. 5 Mio. t/a** (also etwa 20 % der zementbedingten Emissionen) sowie den Bedarf natürlicher Rohstoffe um rd. 10 Mio. t/a
- Stand heute: Von den Eisenhüttenschlacken ist **nur granulierte Hochofenschlacke** (Hüttensand) als Zementbestandteil etabliert und gestattet

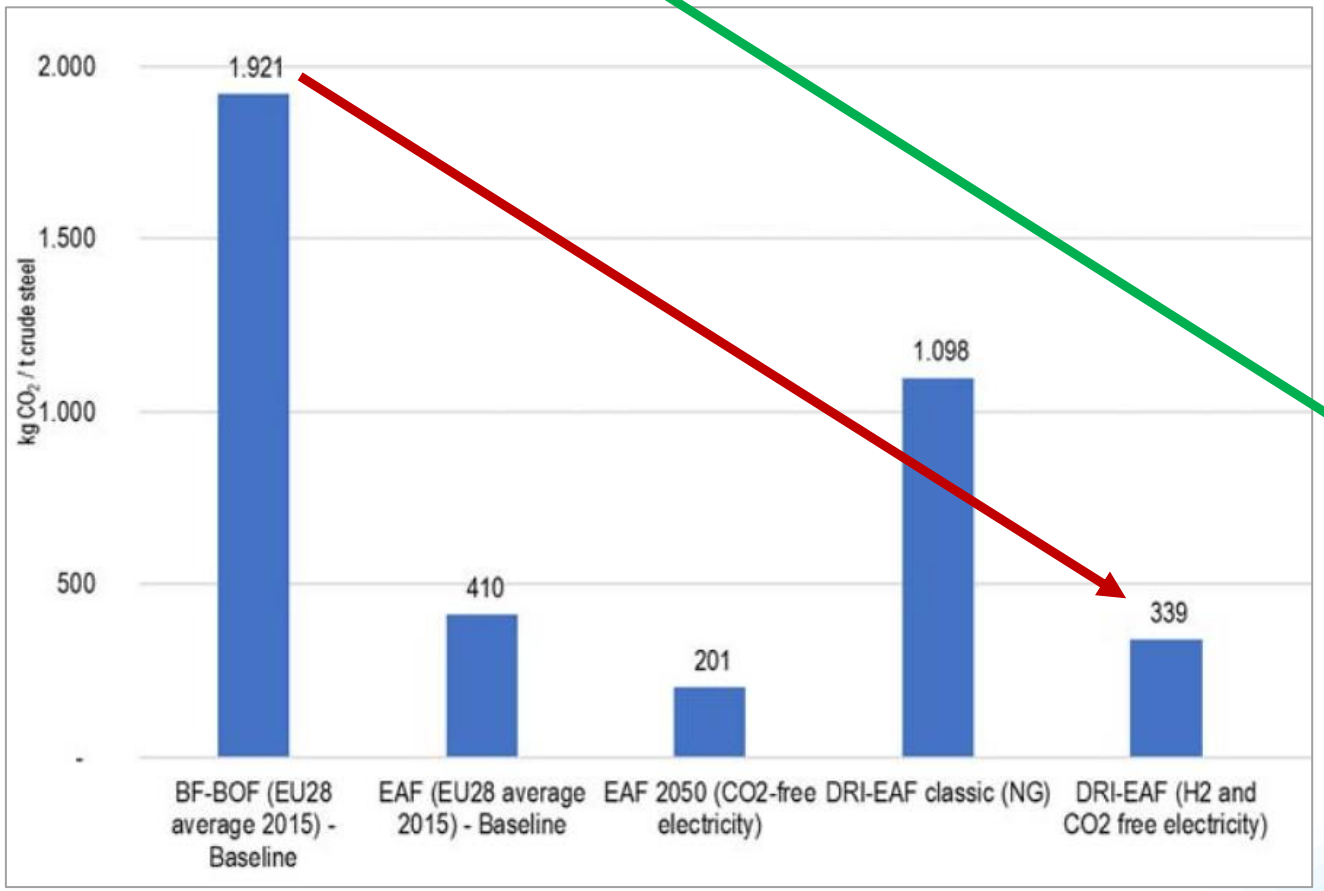




Quelle: UBA (2019): Deutsche Emissionshandelsstelle, Treibhausgasemissionen 2018

CO_2 Emissionen in kg CO_2 / t Rohstahl unterschiedlicher Prozessstufen

(inkl. Emissionen für Pellets und DRI/HBI)



Quelle: Lüngen, Hans Bodo: Wege zur Minderung von CO_2-Emissionen in der Eisen- und Stahlindustrie in Europa, VDEh, Mai 2021

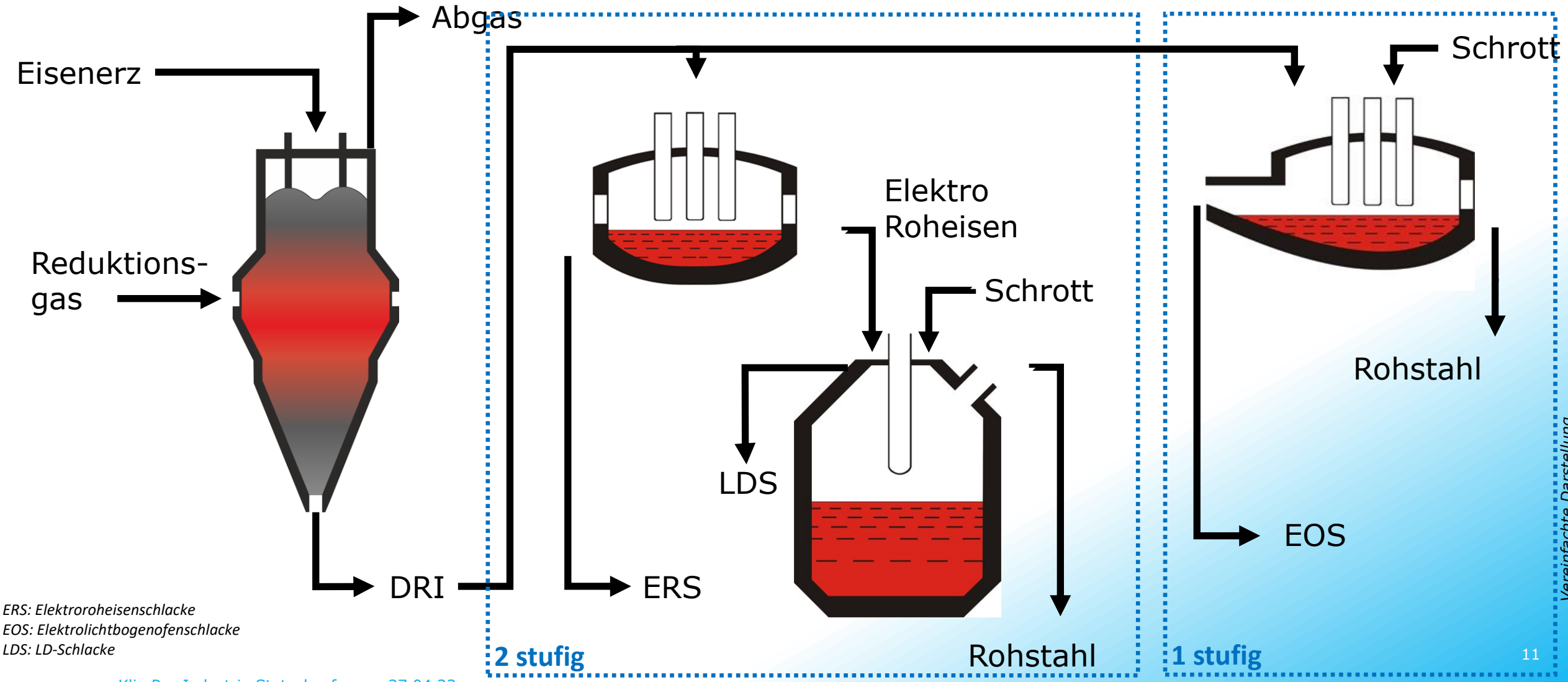
Bei Umstellung der Hochofen-Konverter-Route auf DRI-Elektroofen-Route

Keine erhöhte Aufwendungen nötig bei Nutzung eines Einschmelzers

Neue Schlacken

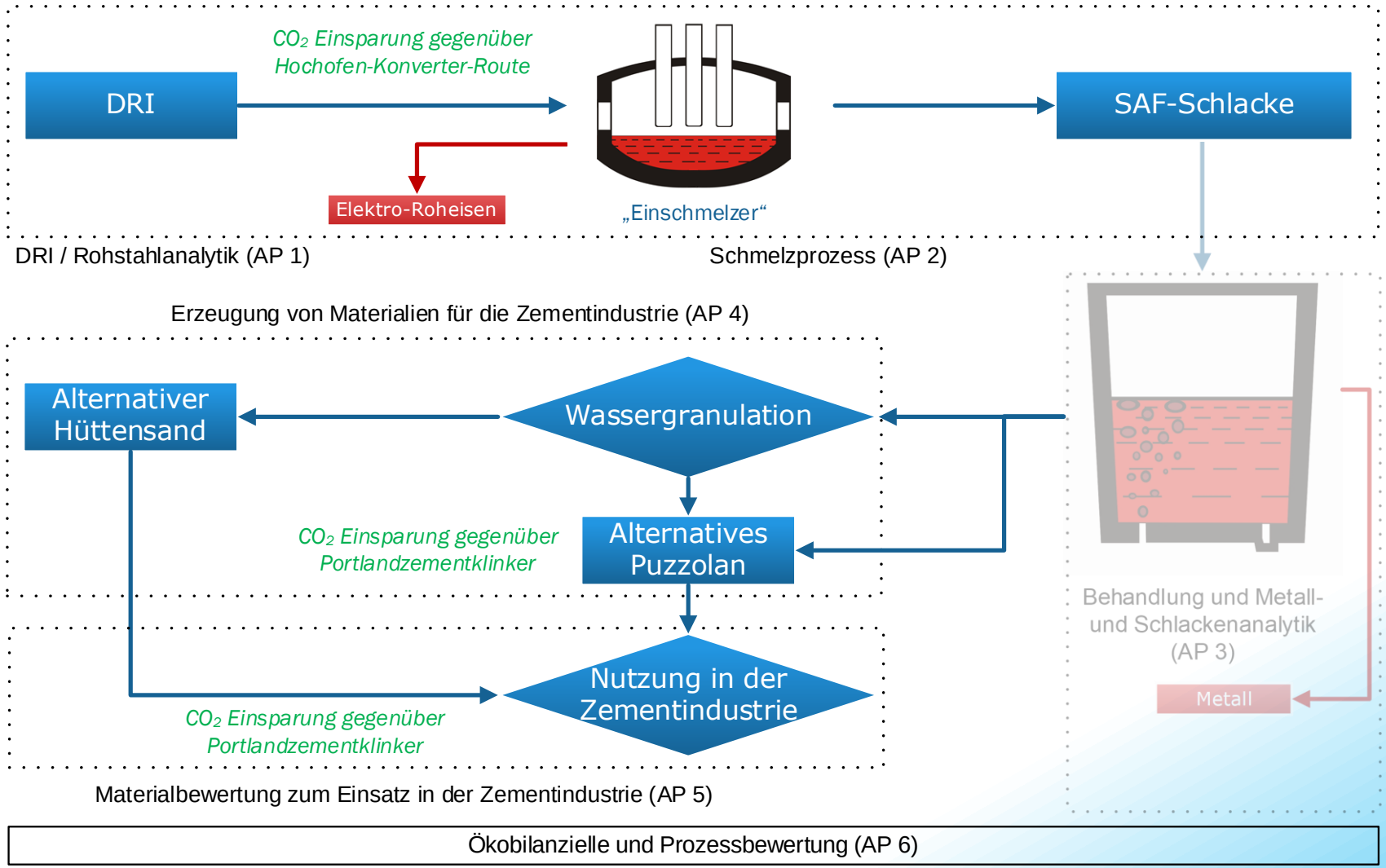
Das Projekt SAVE CO_2

Rohstahlerzeugung via DRI/HBI



ERS: Elektroroheisenschlacke
EOS: Elektrolichtbogenofenschlacke
LDS: LD-Schlacke

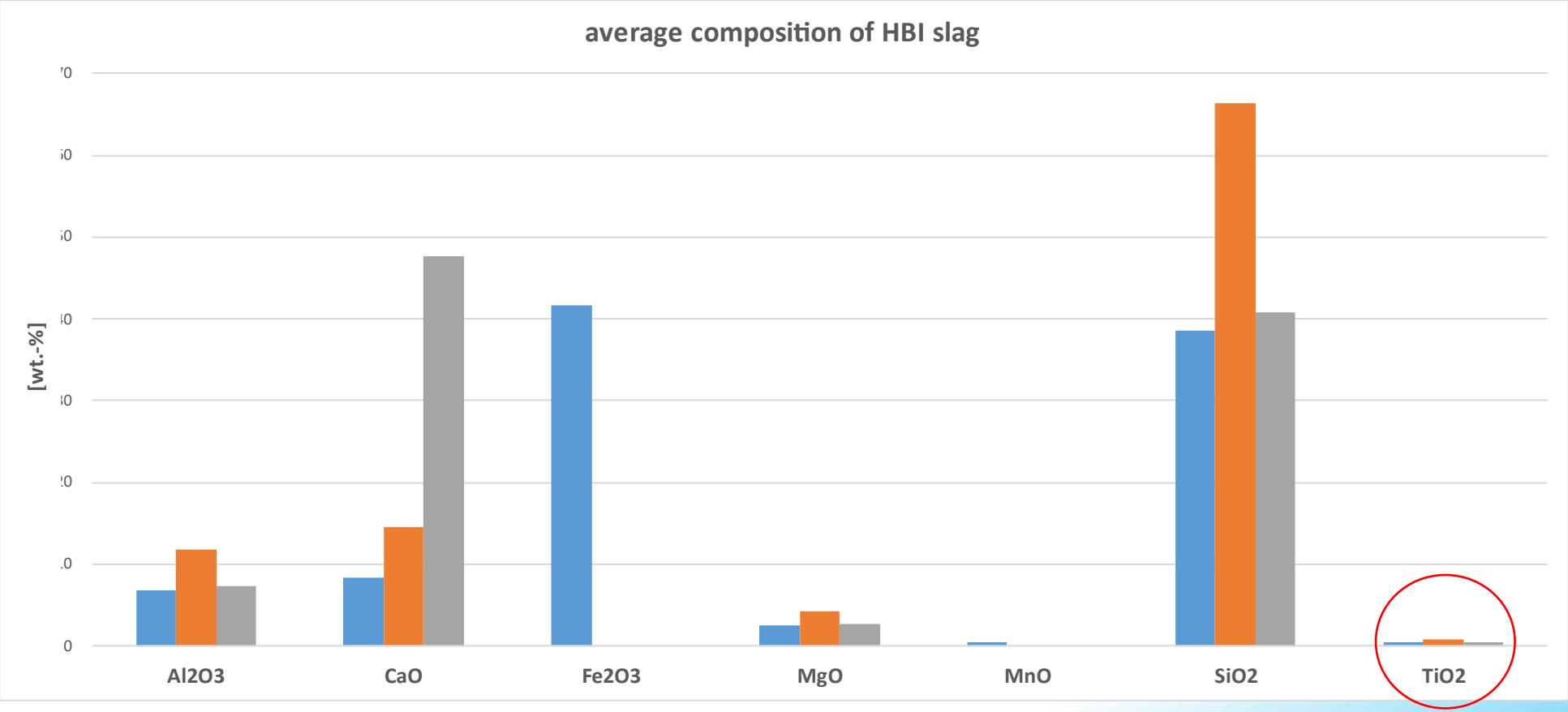
SAVE CO_2 – Das Projekt



Interdisziplinärer Ansatz

- Aufwendungen in der Stahlindustrie
- CO_2 Einsparungen in der Zementindustrie

SAVE CO_2 - Schlackenzusammensetzung und -modellierung

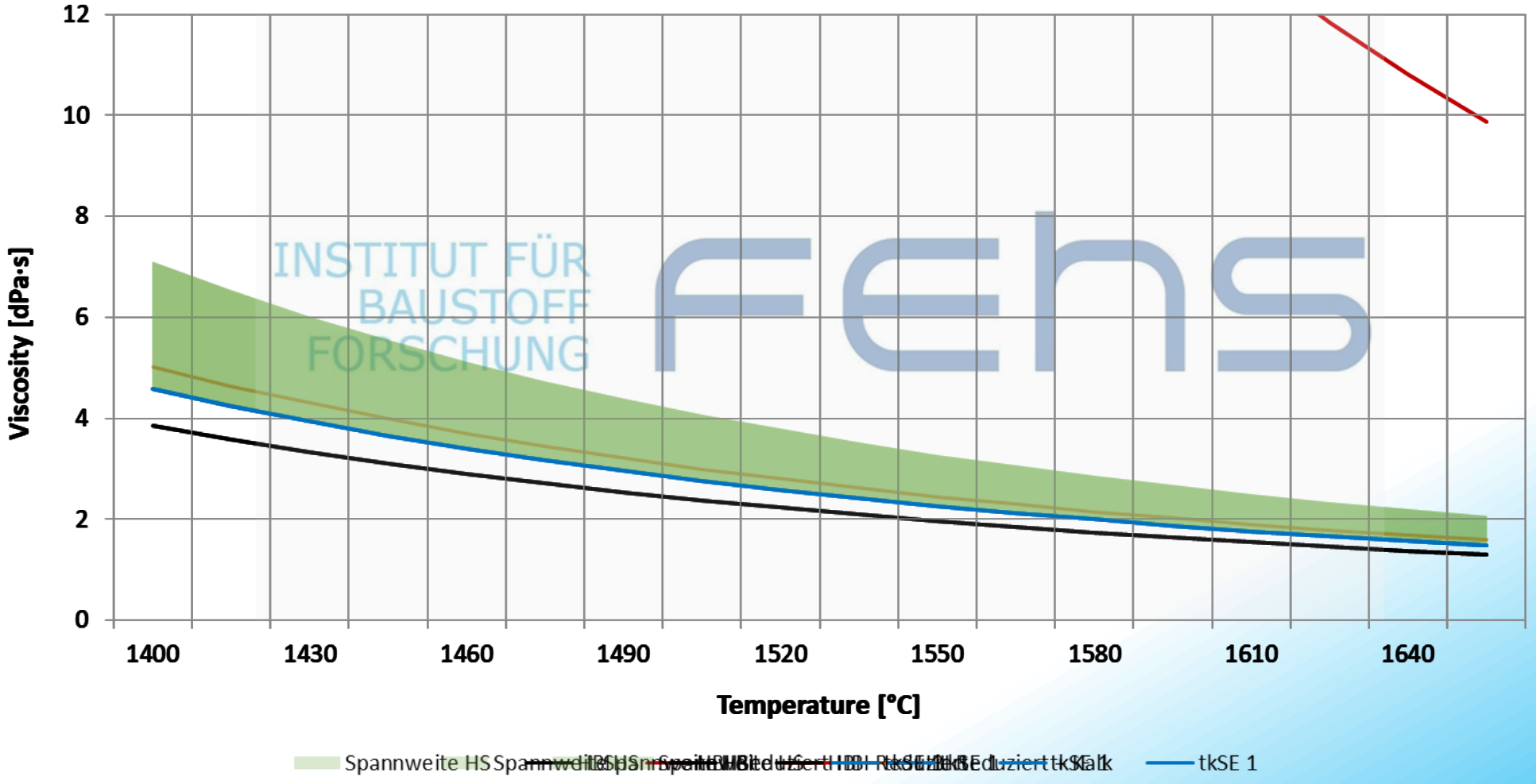


Neutrales Aufschmelzen von HBI

Nach Reduktion

Mit Kalkzugabe

SAVE CO_2 - Viskositäten



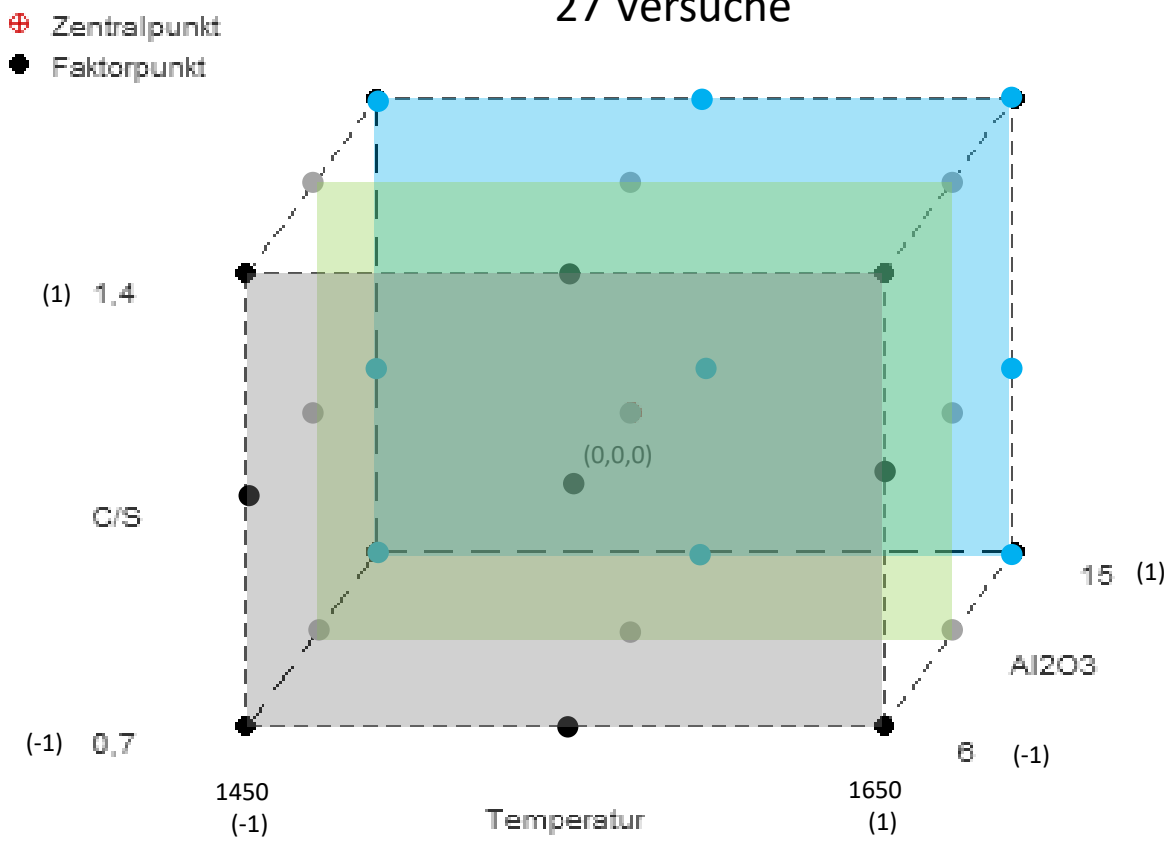
SAVE CO_2 - Grenzen der statistischen Versuchsplanung

- Einflussgrößen müssen unabhängig sein
- Variationsbreite muss das mögliche Szenario abdecken
  - Interpolation ist abhängig von der Modellgüte sehr gut möglich
  - Extrapolation über die Systemgrenzen hinaus birgt Ungenauigkeiten

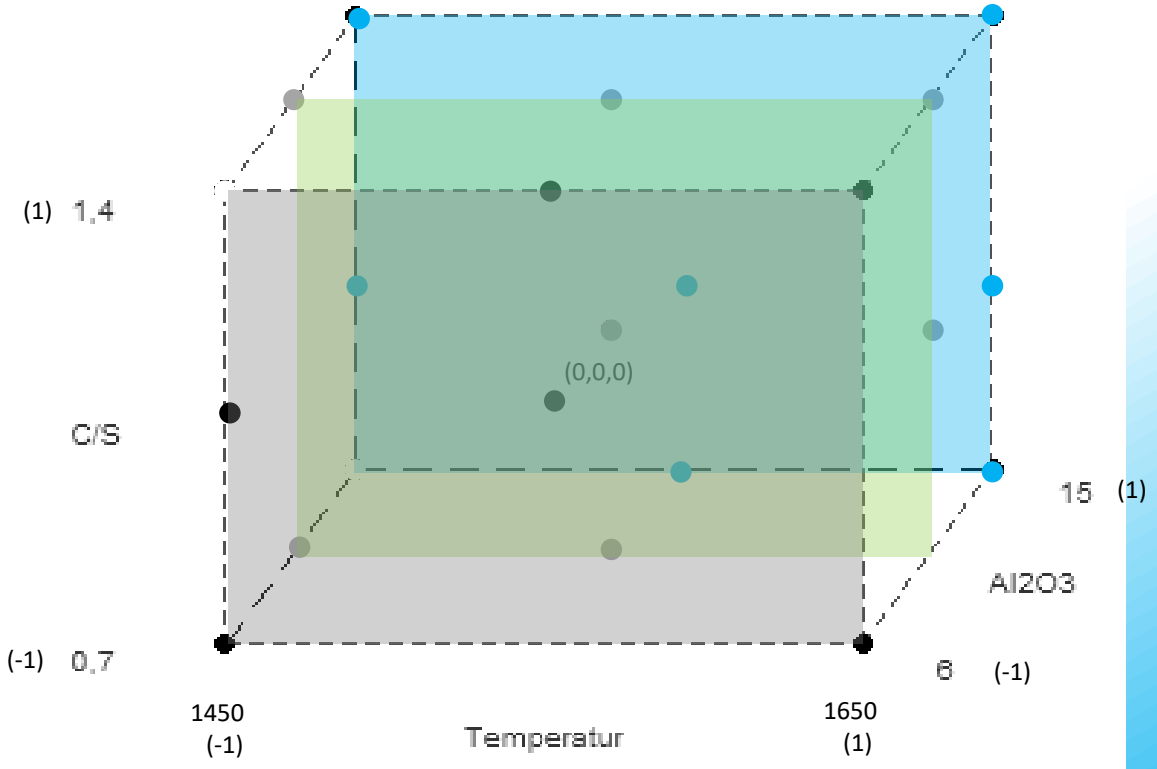
Einflussgröße	Einheit	Variationsbreite / Systemgrenze		
Schlackentemperatur	°C	1450	(1550)	1650
Einfache Basizität C/S	-	0,70		1,40
Aluminiumoxidgehalt (Al_2O_3)	M.-%	6,0	(10,5)	15,0
Magnesiumoxidgehalt (MgO)	M.-%	2,0		10,0

SAVE CO_2 - Versuchsplanstrategie – vollfaktorieller, dreistufiger Versuchsplan

3 x 9 Versuche
27 Versuche



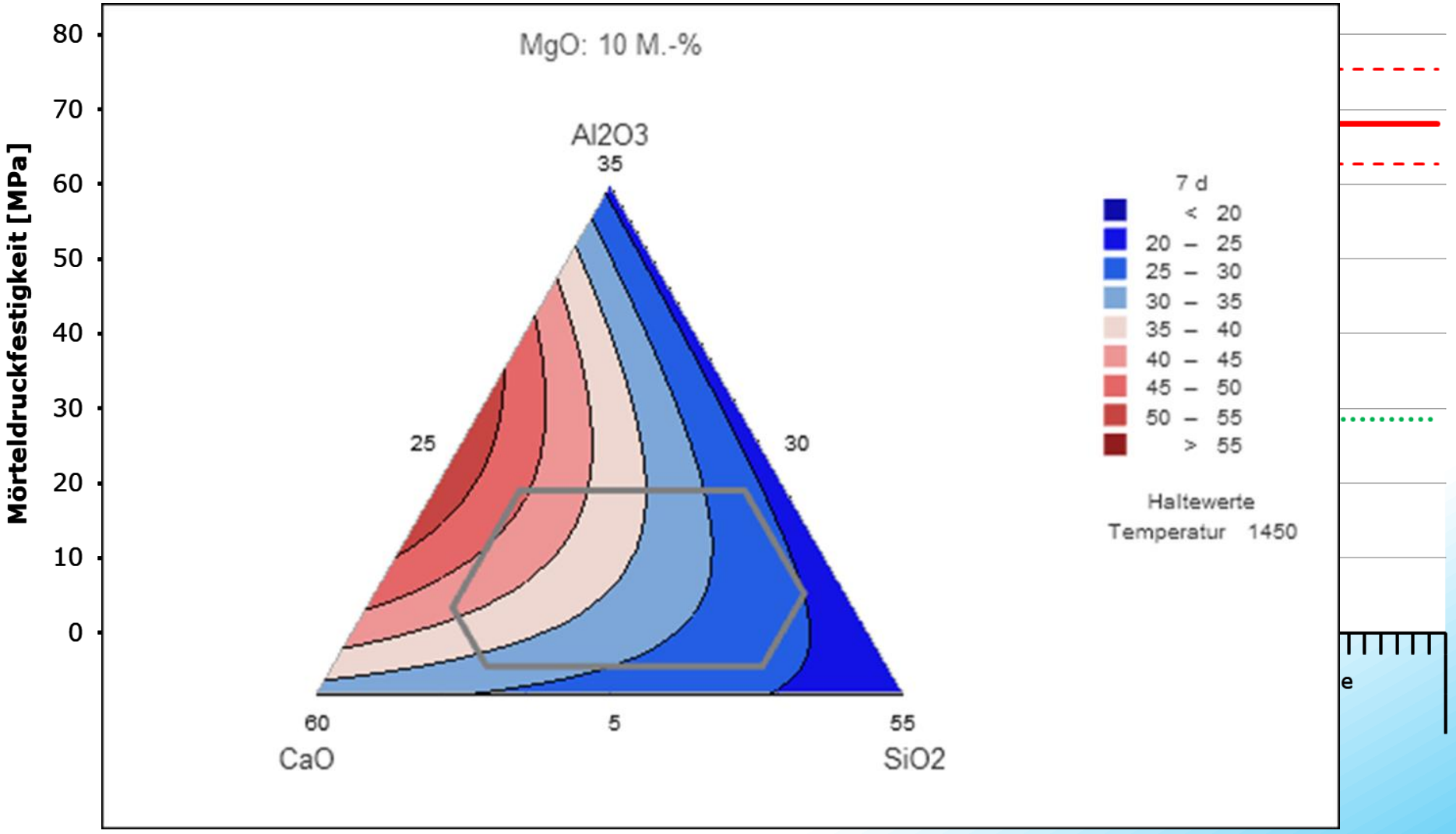
Optimaler Versuchsplan
mit 20 Versuchen



Wassergranulation FEhS-Institut

1 mm

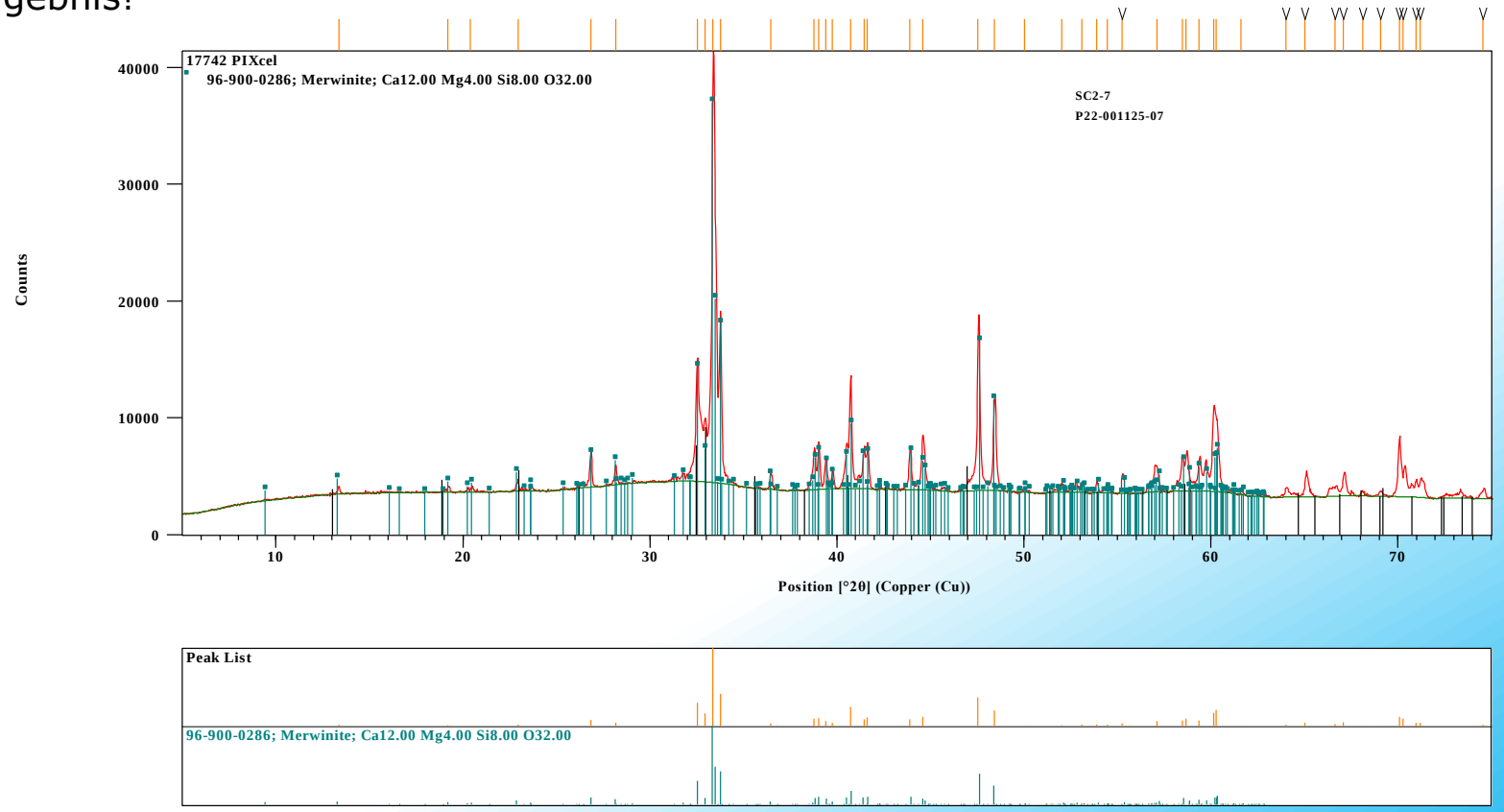
Vergleich mit HS-Monitoring



Versuche in Hinblick auf Merwinit

- Probe SC2-7 trifft gut die Zusammensetzung von Merwinit
- Probe SC2-18 reproduziert das Ergebnis!

Gew.%	SC2-7	SC2-18	Merwinite ideal
CaO	50,1	49,0	50,0
MgO	10,4	10,6	11,6
SiO2	32,6	32,6	35,5
Al2O3	6,7	6,6	0,7
Fe2O3	0,07	0,2	1,2



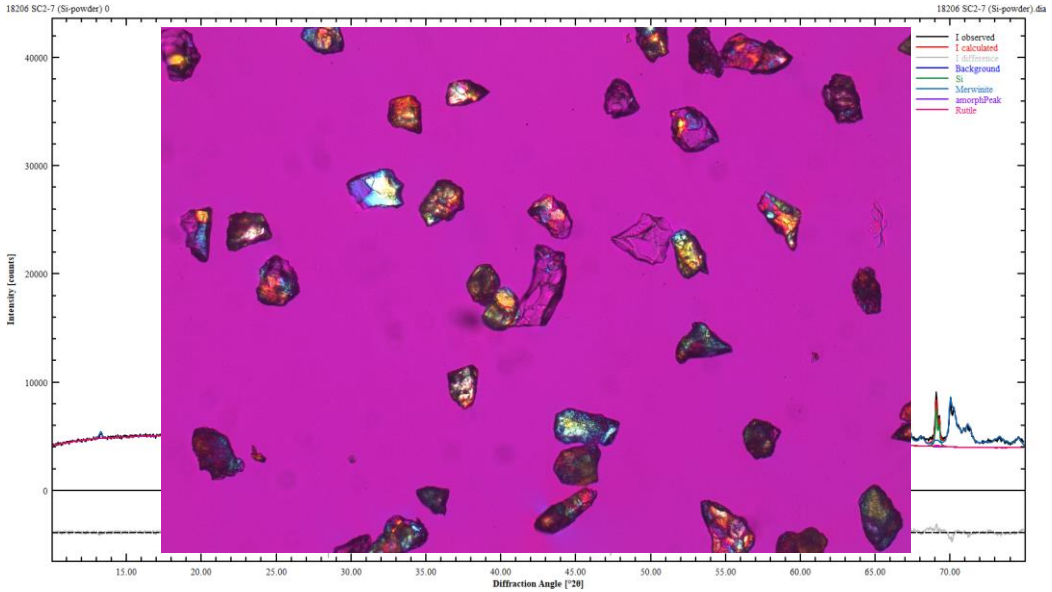
Versuche in Hinblick auf Merwinit

- Differenz Glasgehalt Mikroskop <-> XRD evtl. durch selektive Zerkleinerung

SC2-7

Glas: 8,2 Vol. %

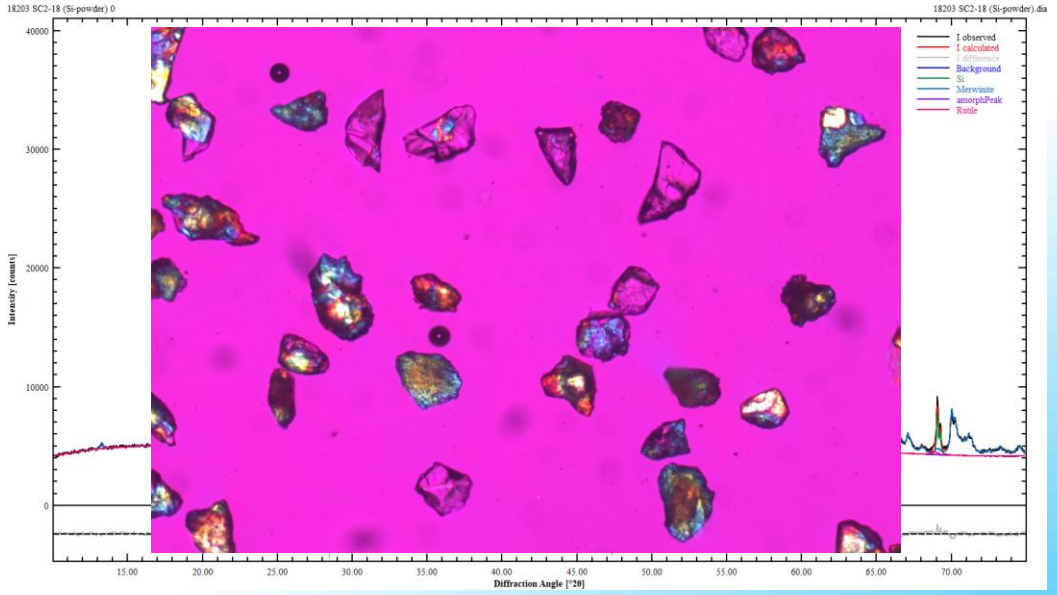
qXRD: 53,8 Gew.%



SC2-18

20,3 Vol. %

58,3 Gew. %



→To do: Auszählen bei 40-63 µm Fraktion, XRD gesamtes Spektrum → qXRD an 40-63 µm und < 40 µm

Weitere Schritte

- Untersuchung weiterer DRI-Qualitäten und Abbilden des Einflusses auf die Schlacke
- Einfluss von unvermeidbaren Gangart-Bestandteilen auf den Einfluss im Zement (z.B. TiO_2)
- Erzeugung von Schlacke im 100 kg-Maßstab für Betonuntersuchungen;
  dazu Nutzung eines Elektroofen-Aufbaus an der Universität Duisburg

SAVE CO_2

INSTITUT FÜR BAUSTOFF FORSCHUNG fehs

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Funded by the European Union NextGenerationEU

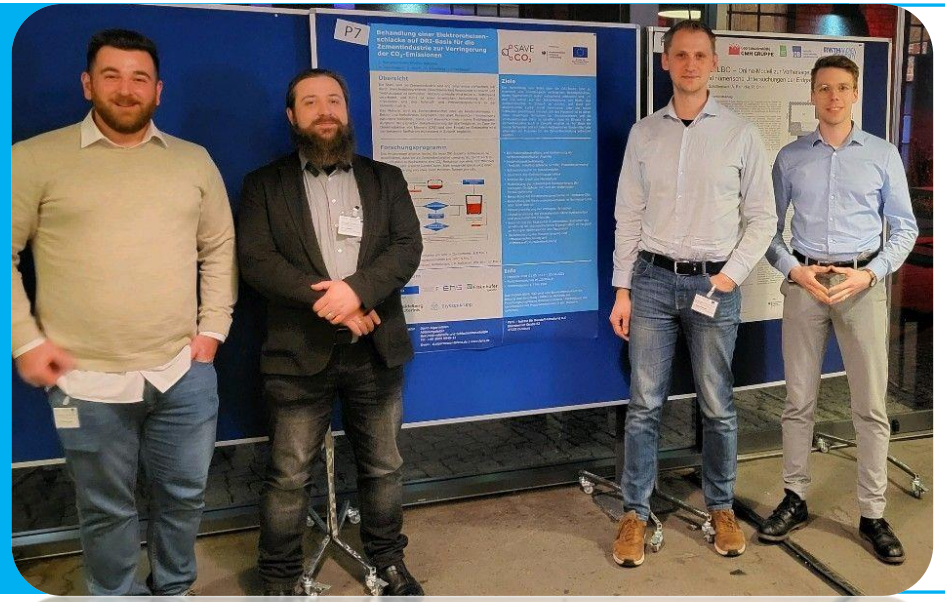
David Algermissen, M.Sc.

Abteilungsleiter
Sekundärrohstoffe / Schlackenmetallurgie

Tel.: +49 2065 9945-12

eMail: d.algermissen@fehs.de

Web: www.fehs.de



Glück Auf

INSTITUT FÜR BAUSTOFF FORSCHUNG fehs

Fraunhofer UMSICHT

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN Offen im Denken

Heidelberg Materials

thyssenkrupp