

# VERHALTEN VON METALLEN IN MV-SCHLACKEN UNTER HOCHTEMPERATURBEDINGUNGEN UND DIE FOLGEN FÜR IHRE RÜCKGEWINNUNG

## 12. VDI-Fachkonferenz Feuerung und Kessel Beläge und Korrosion in Großfeuerungsanlagen

Köln, 12.06.2013

R. Deike<sup>1</sup>, D. Ebert<sup>1</sup>, D.Schubert<sup>1</sup>, R.Ulum<sup>1</sup>, R.Warnecke<sup>2</sup>, M.Vogell<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Metallurgie und Umformtechnik, Universität Duisburg-Essen

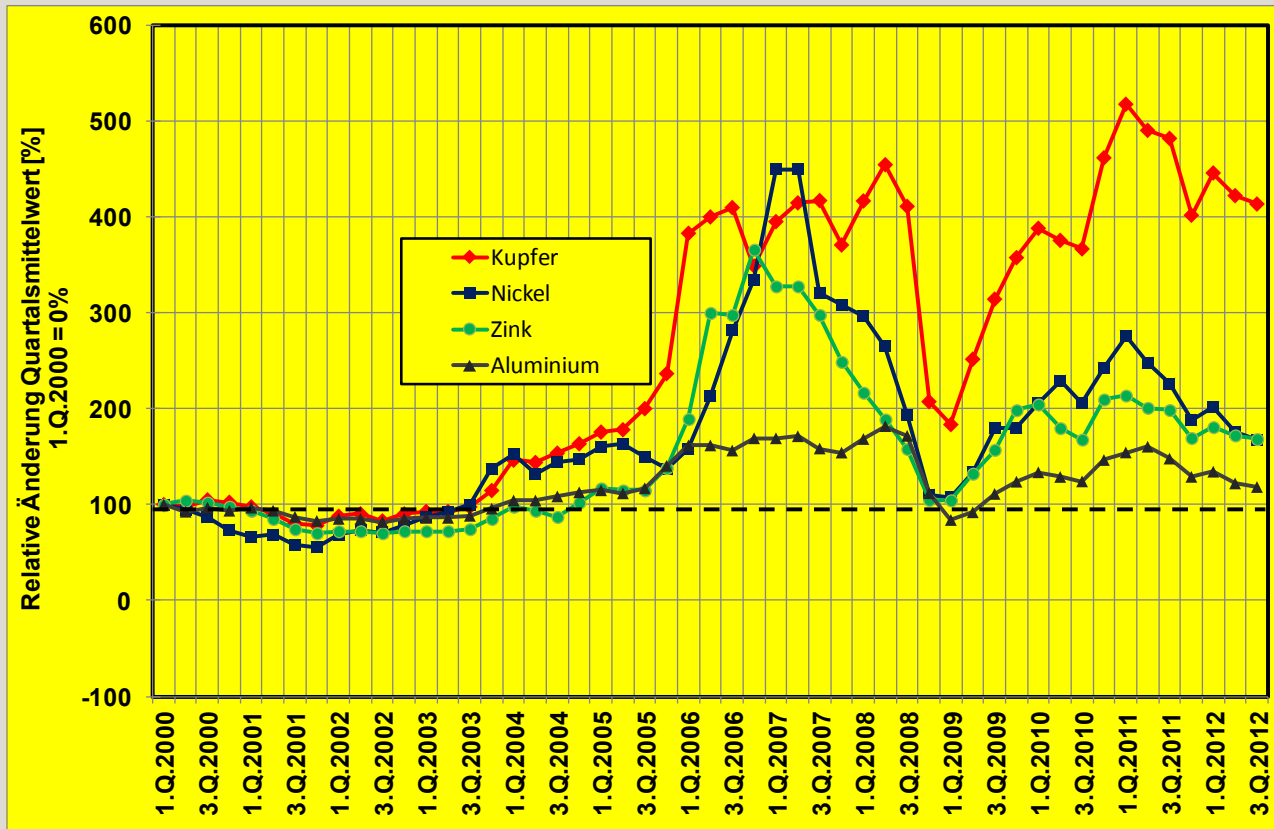
<sup>2</sup>Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH, Schweinfurt

<sup>3</sup>C.C. Reststoff-Aufbereitung GmbH, Würzburg

## INHALTSVERZEICHNIS

- 1. Einleitung**
- 2. Recyclingpotenziale für Metalle aus MV-Schlacken**
- 3. Thermodynamische Daten von Metallen und Metallverbindungen**
- 4. Das Oxidationsverhalten verschiedener Metalle**
- 5. Verfahren zum Recycling von Metallen**
- 6. Zusammenfassung**

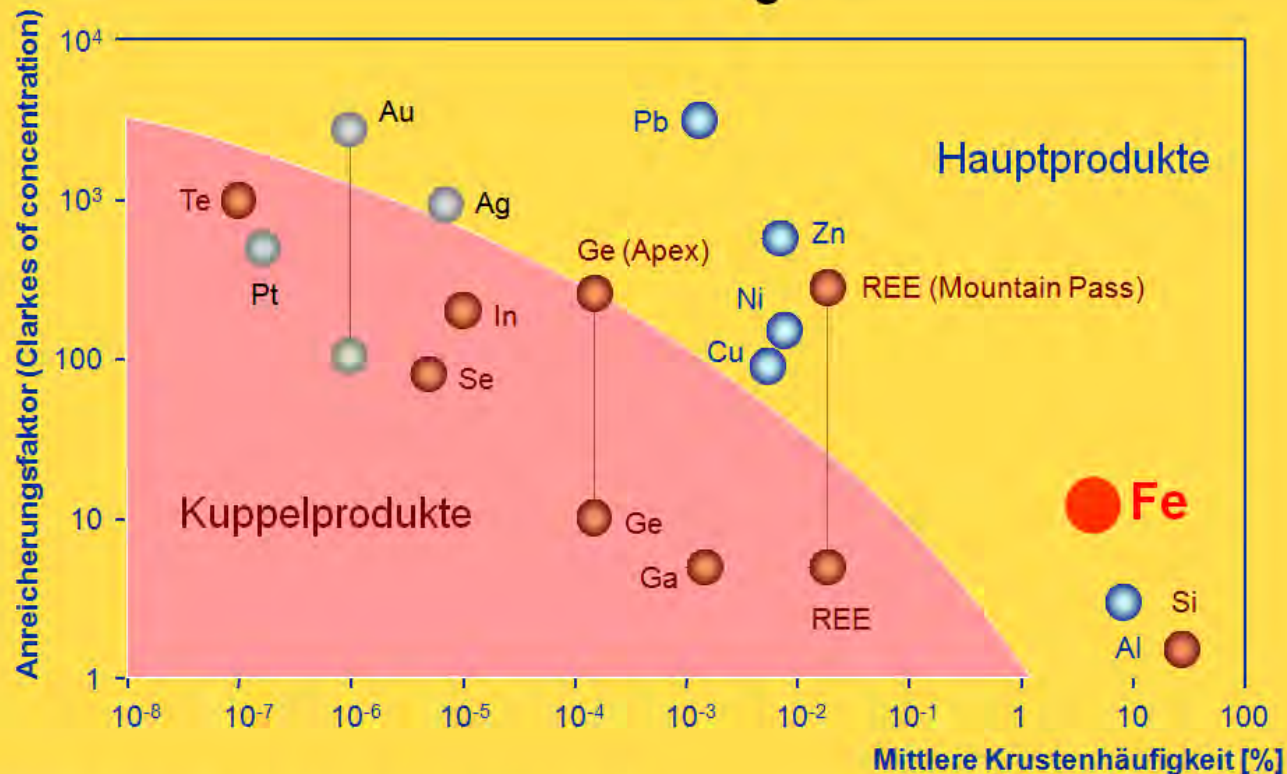
# PREISENTWICKLUNGEN WICHTIGER INDUSTRIEMETALLE



Data of LME

Deike, R.: CastTec 2012, Krefeld, 08.11.2012

# ELEMENTGEHALTE VON ABBAUWÜRDIGEN ERZEN IN DER ERDKRUSTE



Datenquelle: GUILBERT & PARK 1986, MASON & MOORE 1982

Stribny, B.; Wagner, M.: Geowissenschaftliche Aspekte der Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Stahlindustrie, Stahltag, Düsseldorf 10./11.11.2005

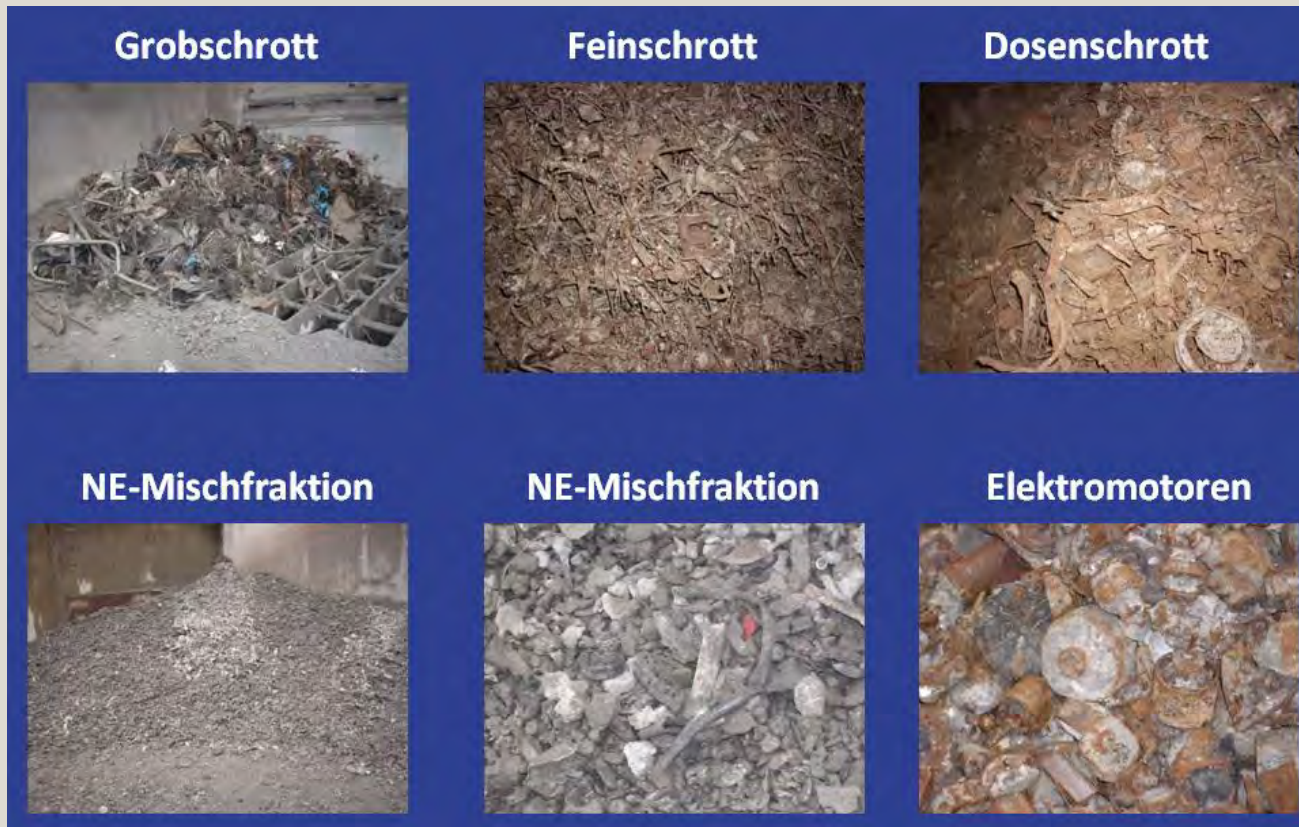
## DURCHSCHNITTliche MÜLLZUSAMMENSETZUNG DES GEMEINSCHAFTSKRAFTWERKS SCHWEINFURT GMBH

	<b>Fraktionen:</b>	<b>Massenanteile</b> [Mas.-%, f.]
1	Feinfraktion (bis 8 mm)	10,84
2	Mittelfraktion (8 - 40 mm)	16,31
3	Organik	25,20
4	Papier, Pappe, Kartonagen	4,93
5	Hygieneprodukte	13,21
6	Kunststoffe	7,03
7	Textilien	4,13
8	Verbunde	6,41
9	Holz	0,75
10	Sonstige Abfallarten	1,94
11	Problemabfall	0,22
12	Sperrmüll	0,00
13	Glas	4,04
14	<b>Metalle</b>	<b>2,34</b>
15	Inertes	2,64
	<b>Gesamt</b>	<b>100,00</b>

Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: 17. Internationaler Erfahrungsaustausch für Betreiber thermischer Abfallbehandlungsanlagen „Dreiländertreffen“, Linz, 14.-16.10.12



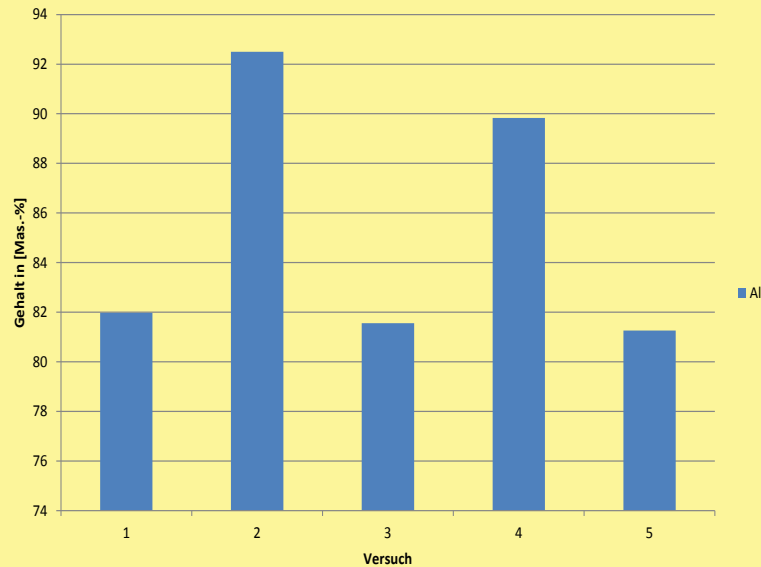
## UNTERSCHIEDLICHE SCHROTTE AUS MV-ANLAGEN DIE MIT KONVENTIONELLEN AUFBEREITUNGSANLAGEN GEWONNEN UND IN DEN WERTSTOFFKREISLAUF ZURÜCKGEFÜHRT WERDEN



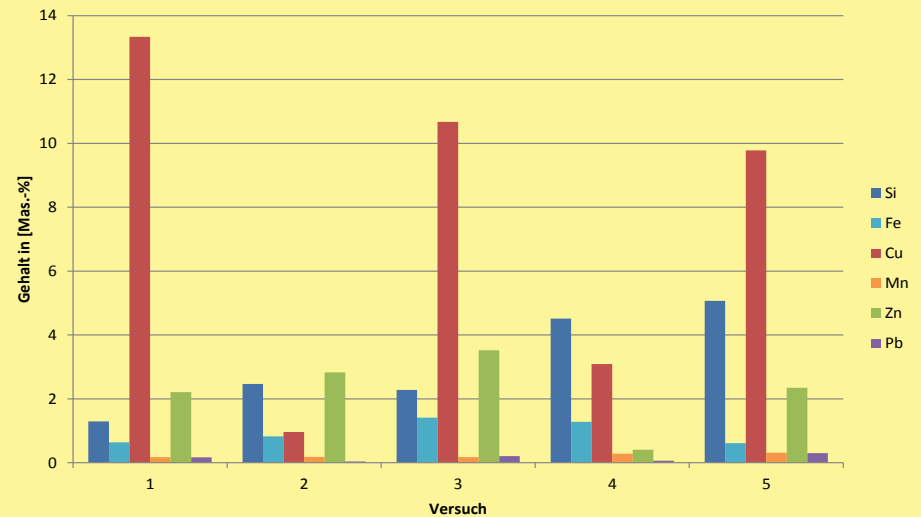
Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, DECHEMA, Frankfurt, 20.02.13

# ANALYSEN DIVERSER NE-MISCHFRAKTIONEN, DIE IM VERLAUF EINER KONVENTIONELLEN SCHLACKENAUFBEREITUNG ÜBER EINE WIRBELSTROMTRENNUNG ABGESCHIEDEN WURDEN.

Aluminiumgehalt der umgeschmolzenen NE-Fraktion

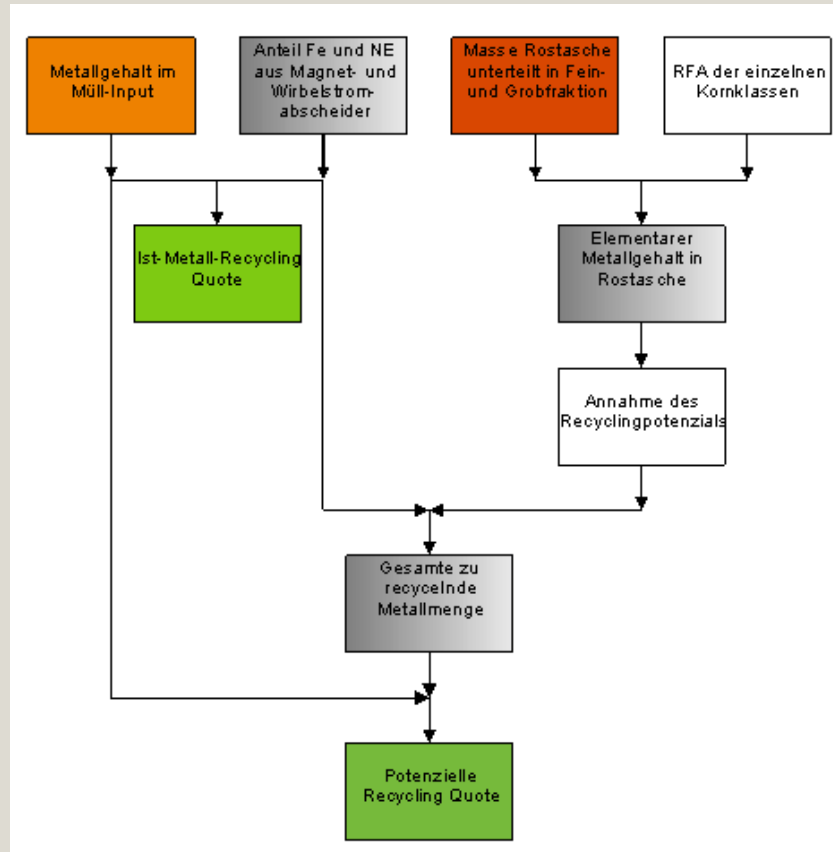


Gehalt der dominierenden Elemente der umgeschmolzenen NE-Fraktion



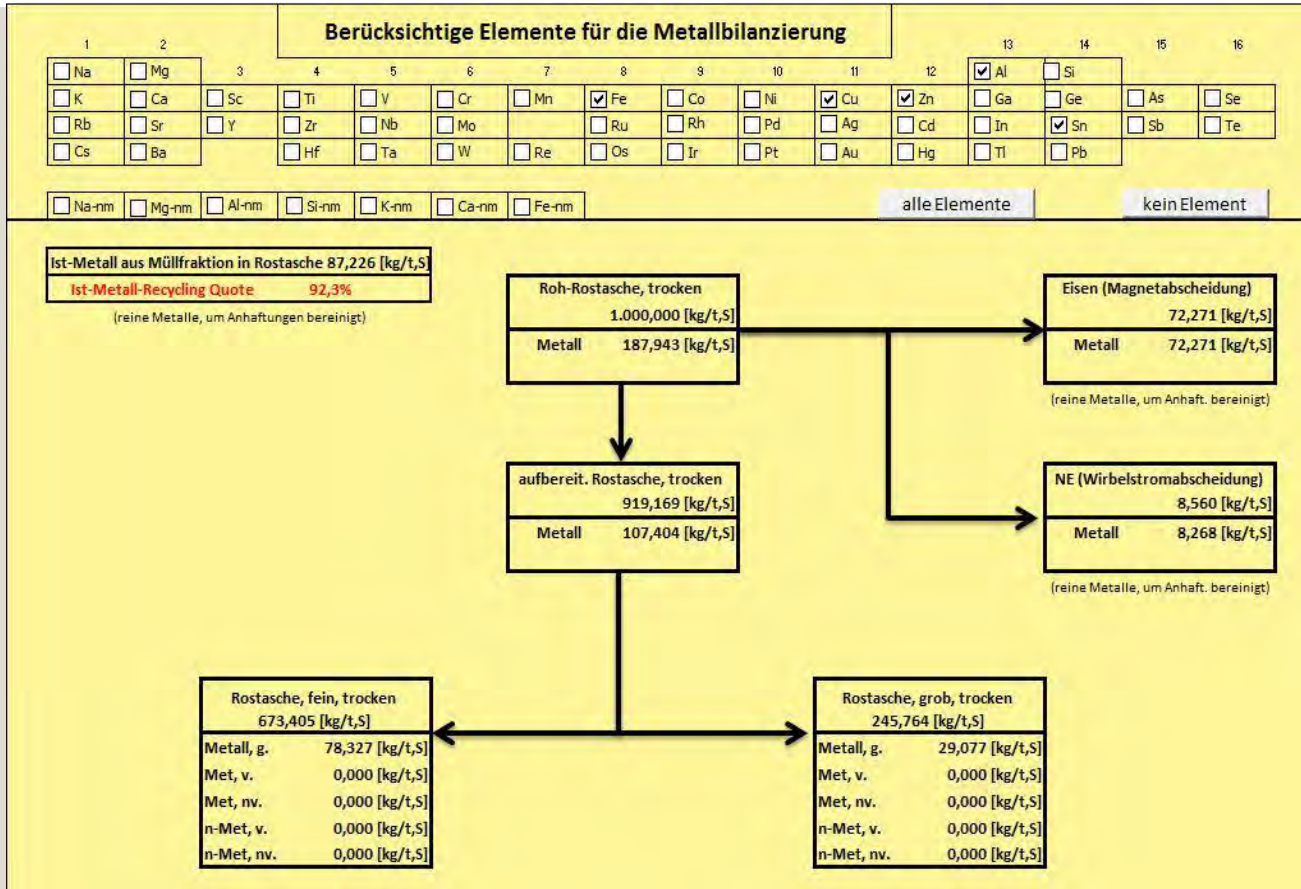
Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, DECHEMA, Frankfurt, 20.02.13

## VORGEHENSWEISE ZUR BERECHNUNG VON POTENZIELLEN RECYCLINGQUOTEN



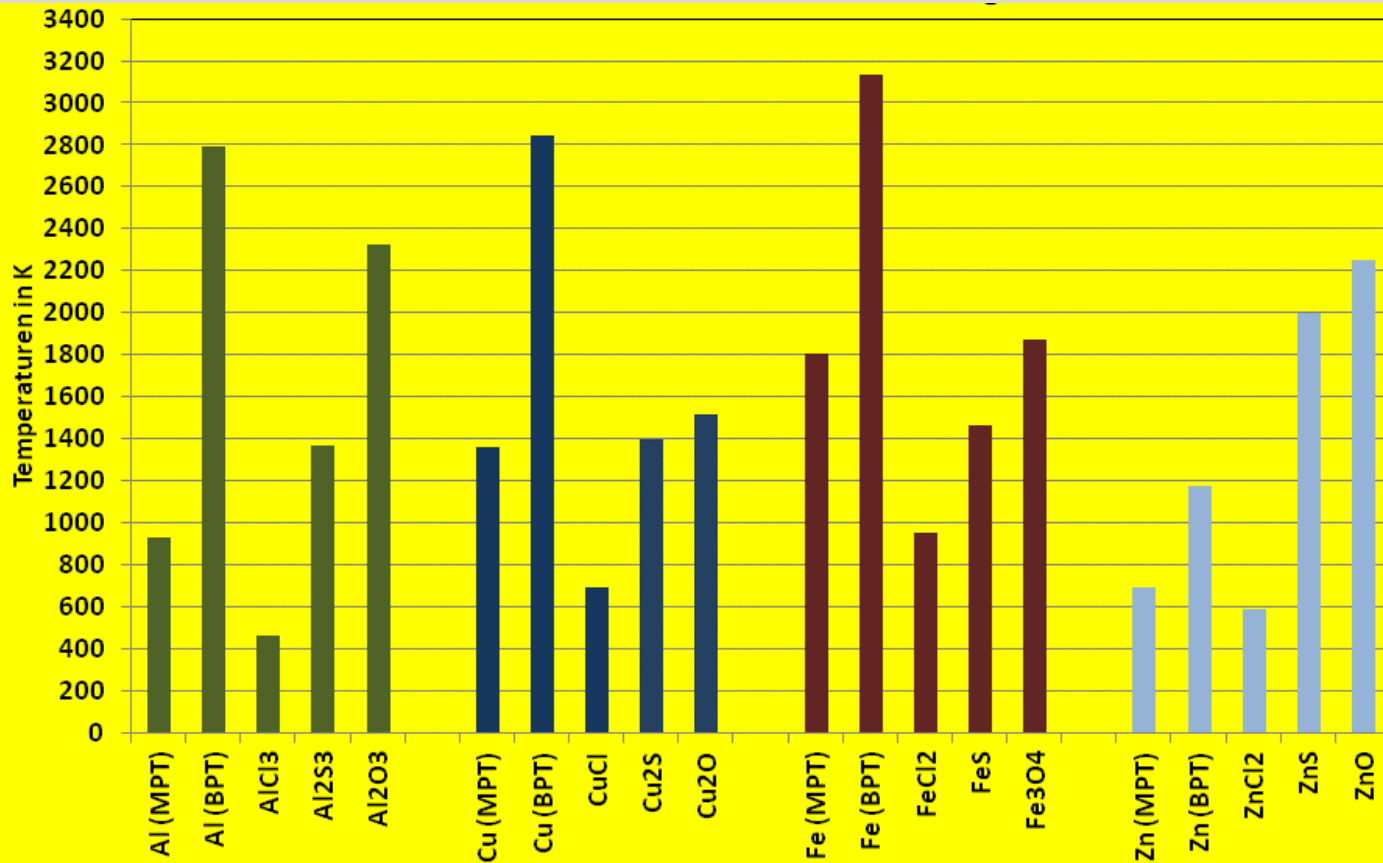
Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, DECHEMA, Frankfurt, 20.02.13

# METALLGEHALTE EINER MV-SCHLACKE UND DIE RECYCLING-QUOTE NACH DERZEITIGEM STAND DER TECHNIK



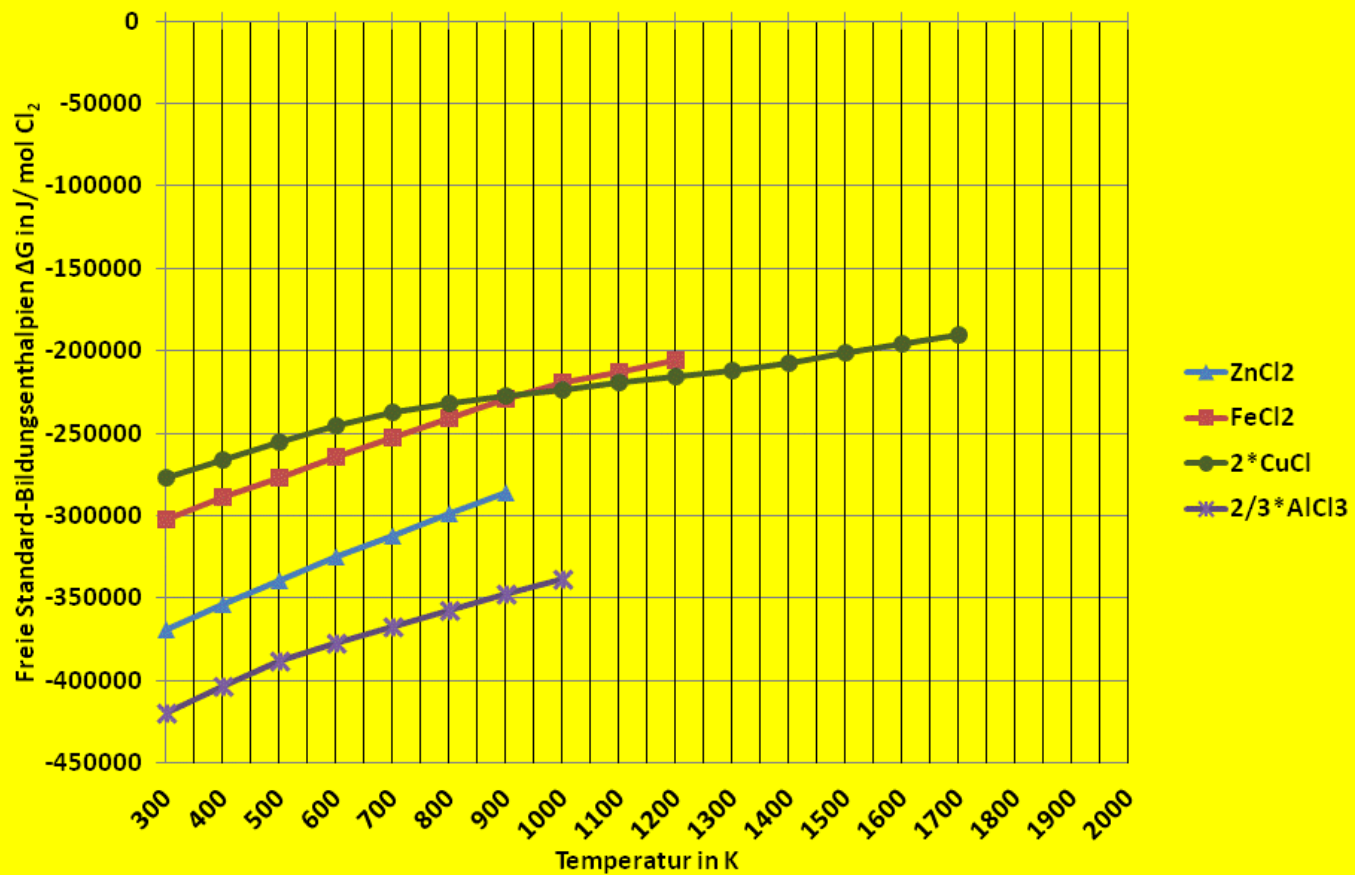
Deike, R.; Ebert, D.; Warnecke, R.; Vogell, M.: 24. VDI Fachkonferenz, Thermische Abfallbehandlung, Würzburg, 11.-12.10. 2012

## SCHMELZPUNKTE (MPT) UND VERDAMPFUNGSPUNKTE (BPT) VERSCHIEDENER METALLE UND VERBINDUNGEN



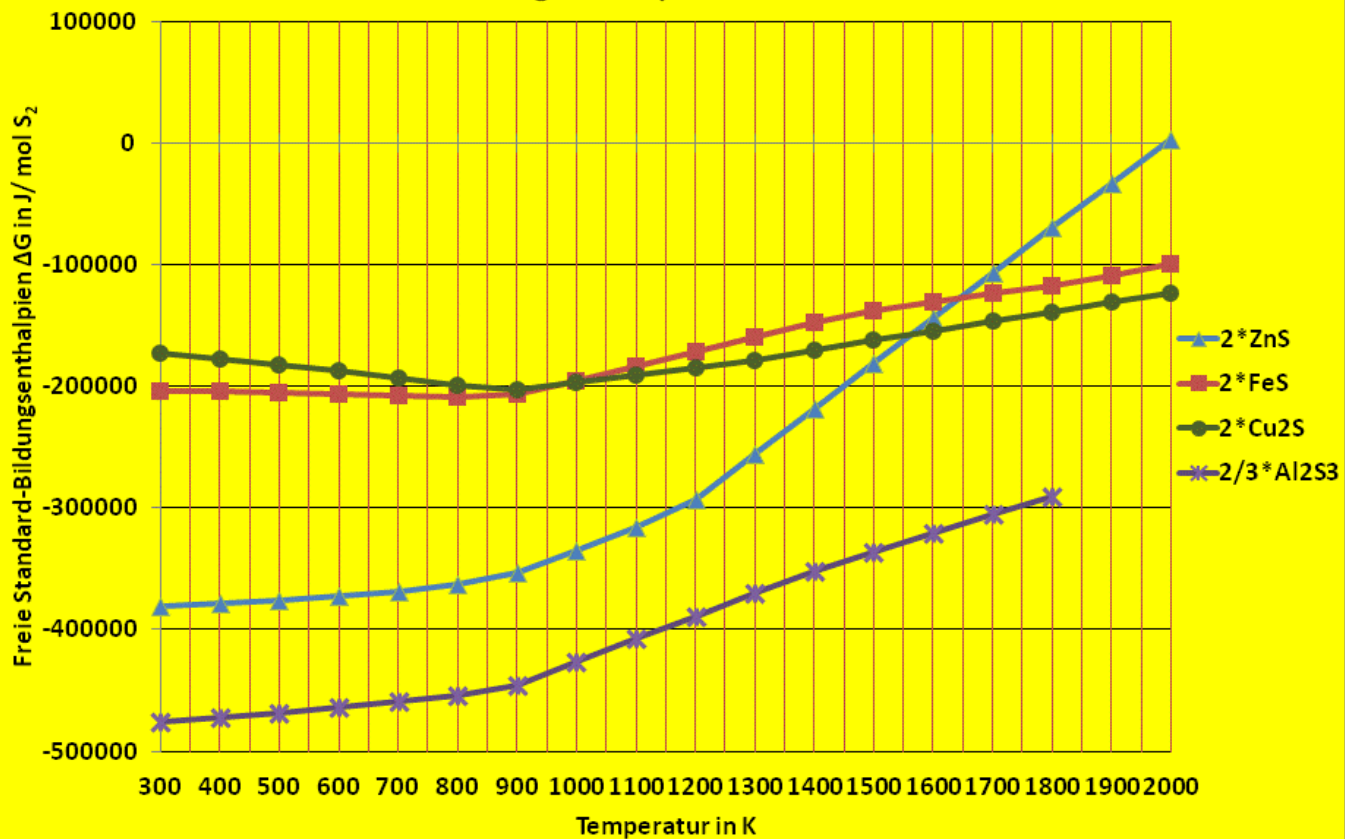
Nach Werten von Barin, I.: Thermochemical Data of Pure Substances, 3rd Ed., VCH Verlag Weinheim, 1994/1995

## FREIE STANDARD-BILDUNGSENTHALPIEN VERSCHIEDENER METALLCHLORIDE



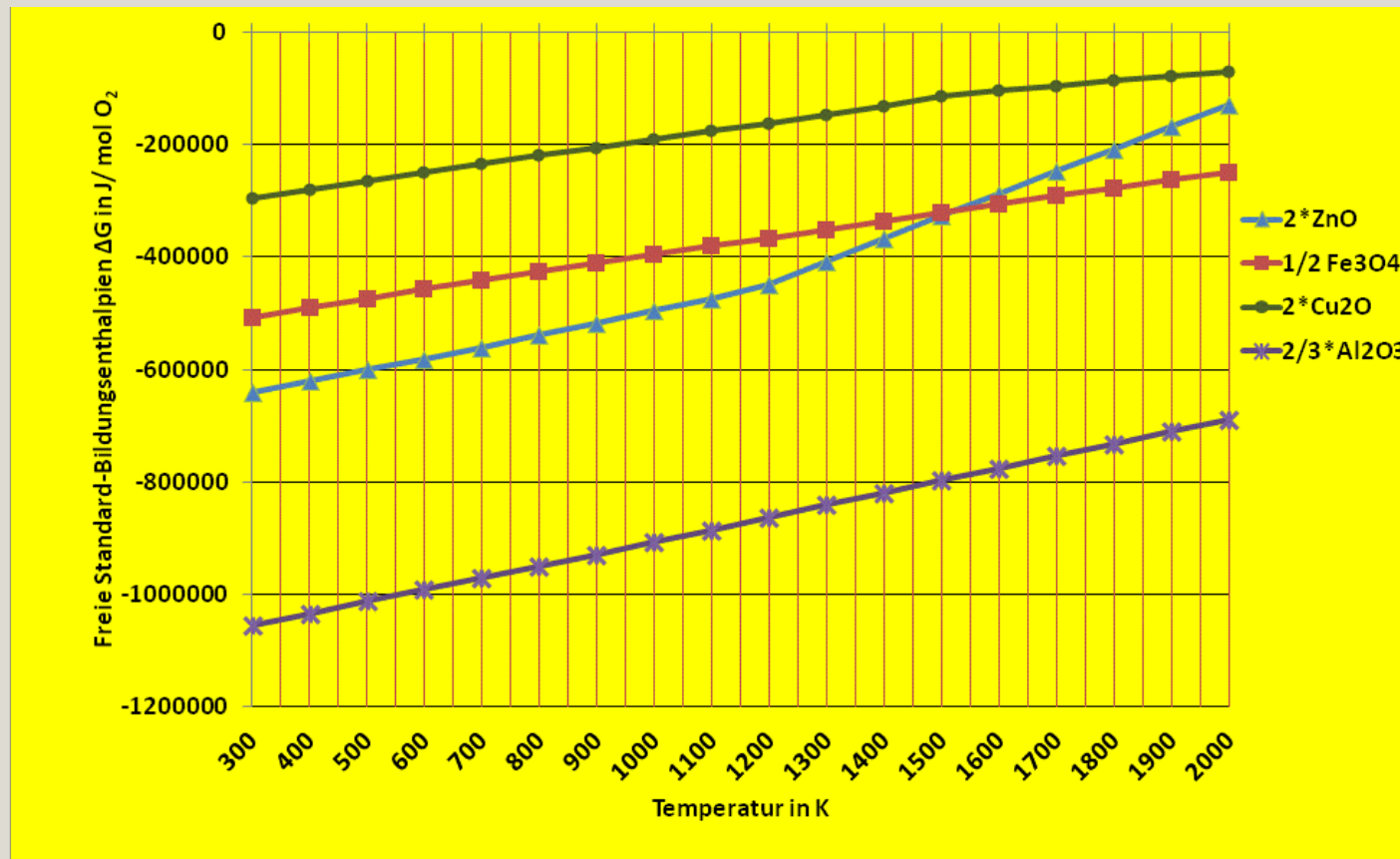
Nach Werten von Barin, I.: Thermochemical Data of Pure Substances, 3rd Ed., VCH Verlag Weinheim, 1994/1995

## FREIE STANDARD-BILDUNGSENTHALPIEN VERSCHIEDENER METALLSULFIDE



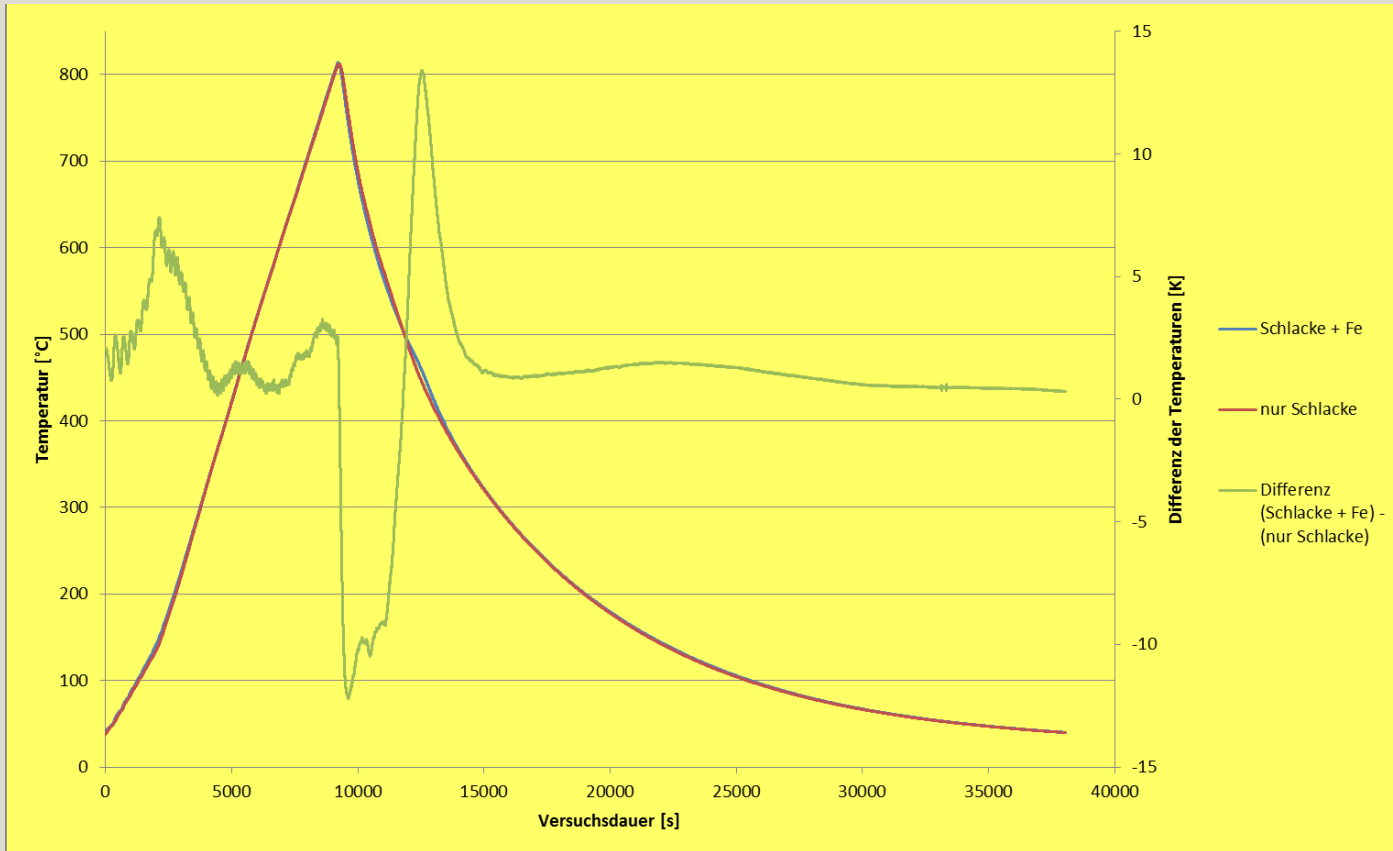
Nach Werten von Barin, I.: Thermochemical Data of Pure Substances, 3rd Ed., VCH Verlag Weinheim, 1994/1995

## FREIE STANDARD-BILDUNGSENTHALPIEN VERSCHIEDENER METALLOXIDE



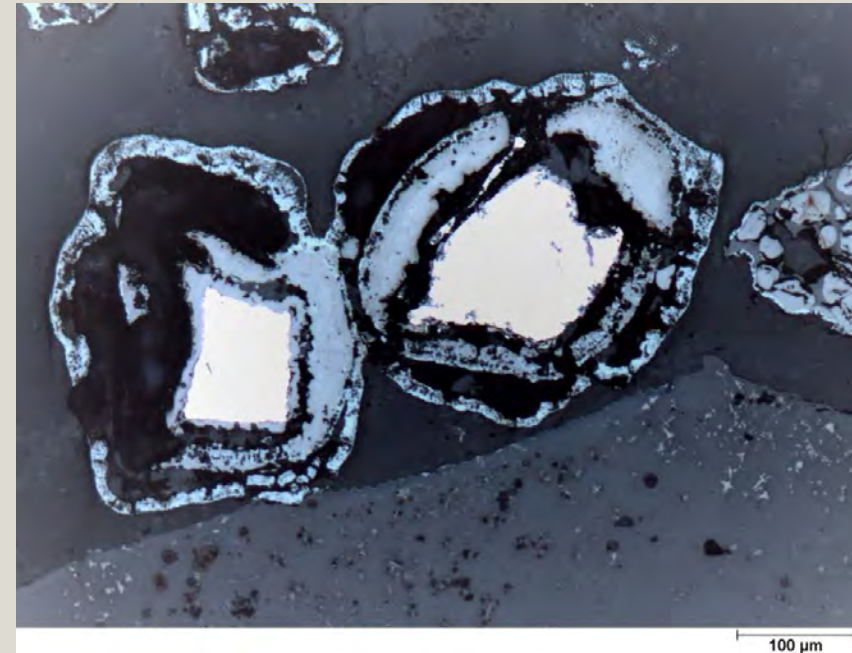
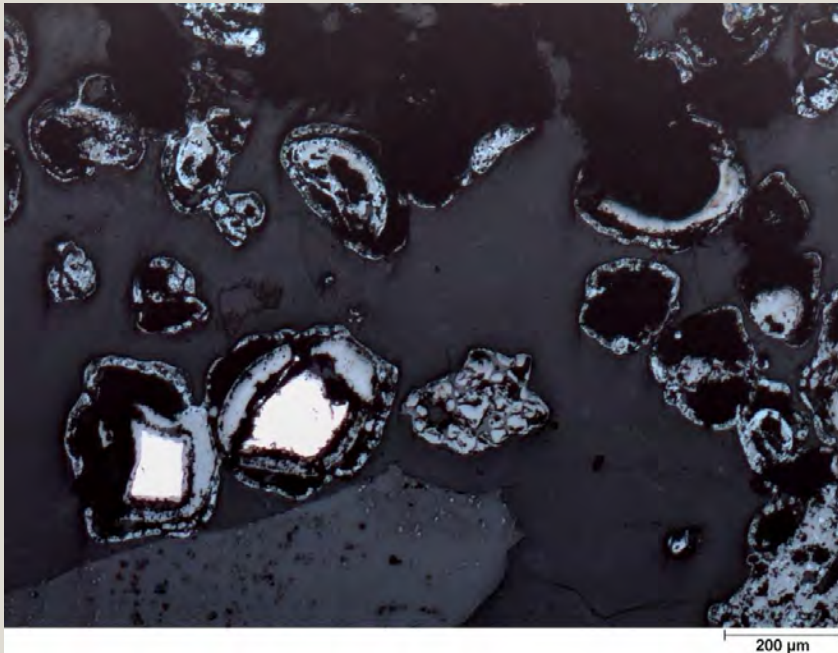
Nach Werten von Barin, I.: Thermochemical Data of Pure Substances, 3rd Ed., VCH Verlag Weinheim, 1994/1995

## AUFHEIZZYKLUS EINER MV-SCHLACKE OHNE EISENPULVER UND EINER MV-SCHLACKE, DIE MIT EISENPULVER DOTIERT WURDE



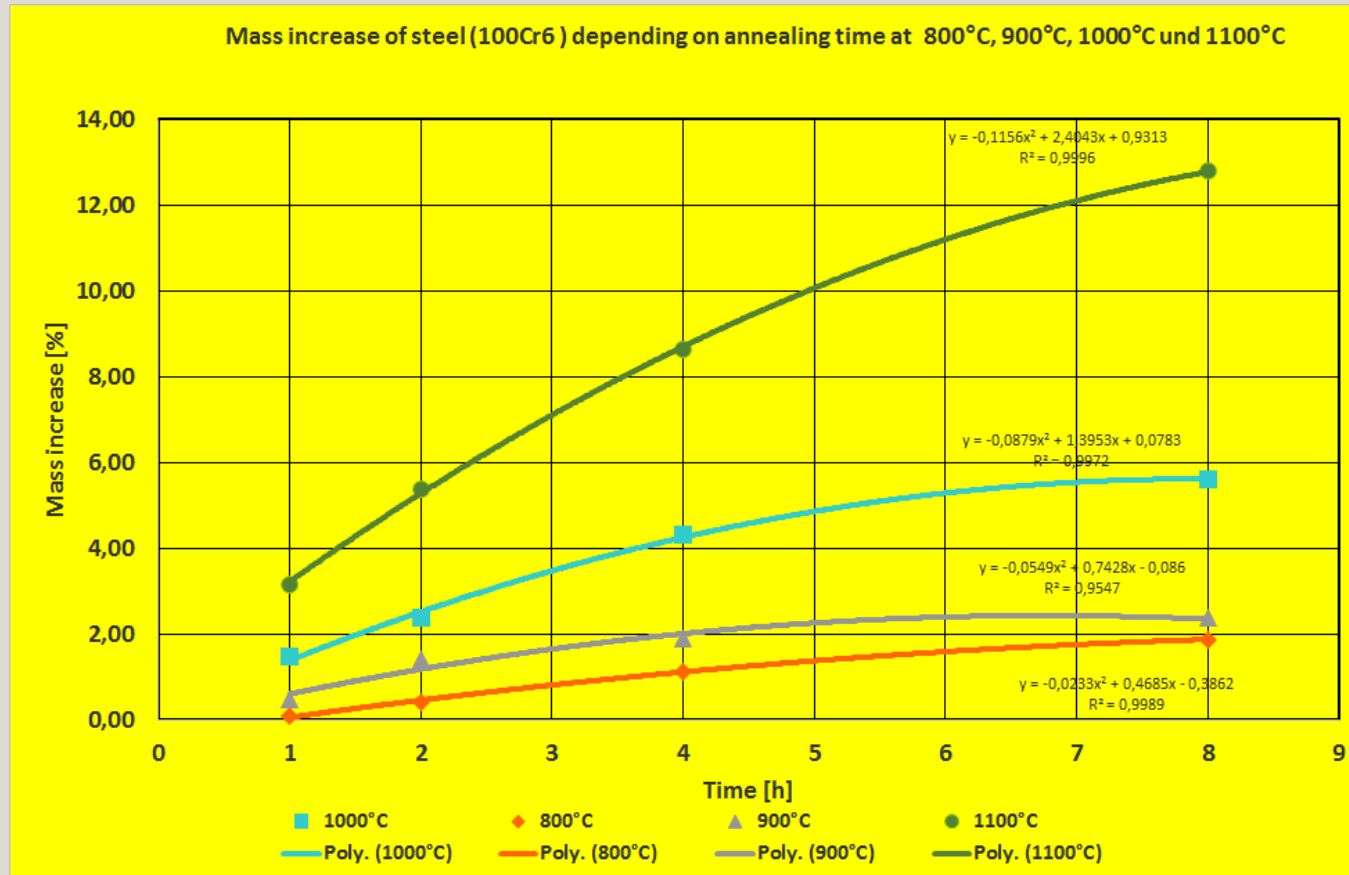
Deike, R.; Ebert, D.; Warnecke, R.; Vogell, M.: 6<sup>th</sup> CEWEP Congress 2012, Würzburg, 06.-07.0. 2012

## LICHTMIKROSKOPISCHE AUFNAHMEN (AUFLICHT) VON OXIDIERTEN EISENPARTIKELN BEI EINER AUFHEIZUNG BIS AUF 850° C



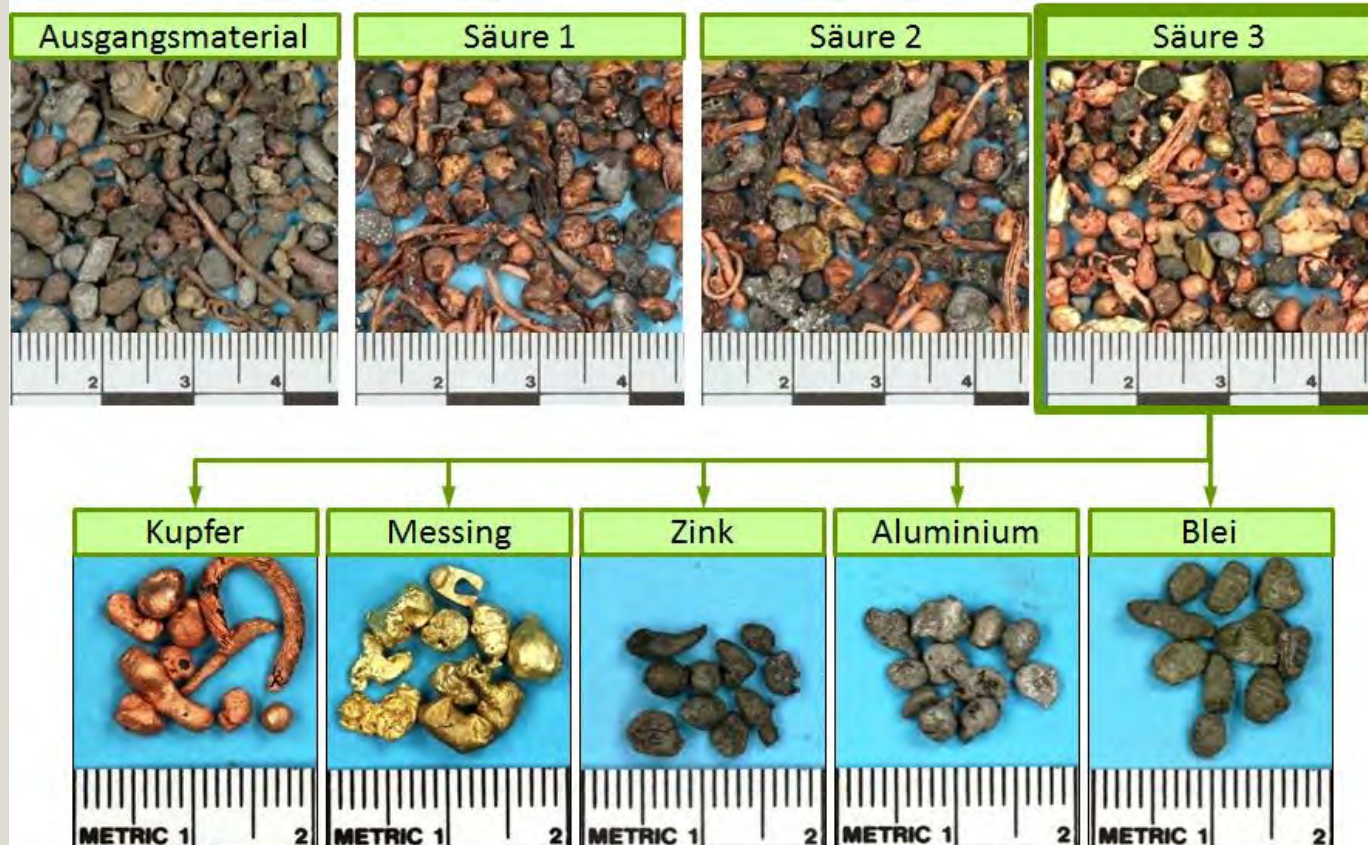
Deike, R.; Ebert, D.; Warnecke, R.; Vogell, M.: 6<sup>th</sup> CEWEP Congress 2012, Würzburg, 06.-07.0. 2012

# OXIDATIONSVERHALTEN VON STAHL BEI UNTERSCHIEDLICHEN TEMPERATUREN



Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: International VDI Conference 2013, ENERGY AND MATERIALS FROM WASTE, Frankfurt, 15.05.2013

## METALLPARTIKEL AUS DER AUFBEREITUNG EINER TROCKENEN MV-SCHLACKE



Deike, R., Brümmer, A.: Qualitätssicherung bei der Schlackenaufbereitung – neue Herausforderung, ZAR –Stiftung Zentrum für Nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung, Hinwil, 21.03.2012

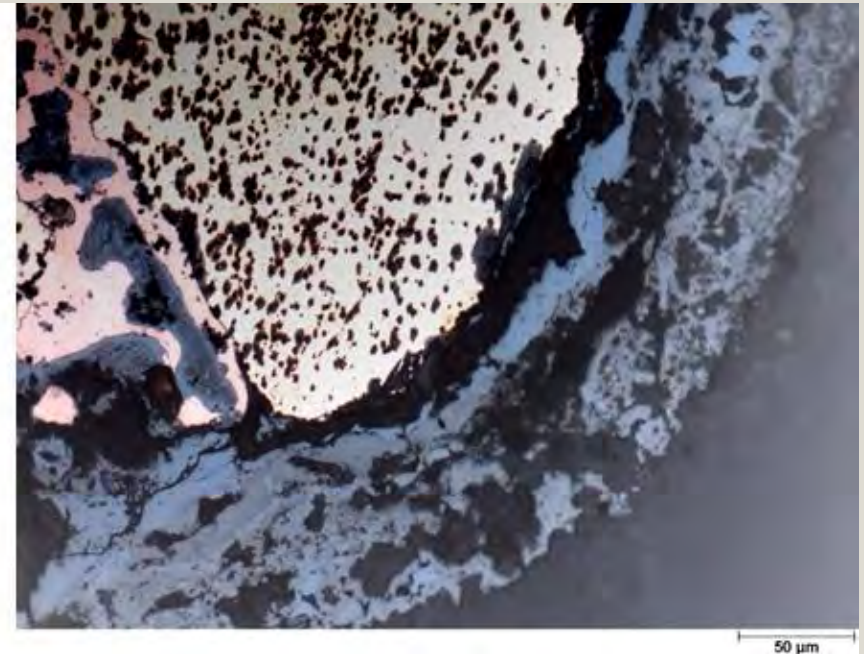
## DIE BILDUNG VON OXIDSCHICHTEN AUF CU-PARTIKELN AUS EINER NASS AUSGETRAGENEN SCHLACKE



Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: International VDI Conference 2013, ENERGY AND MATERIALS FROM WASTE, Frankfurt, 15.05.2013

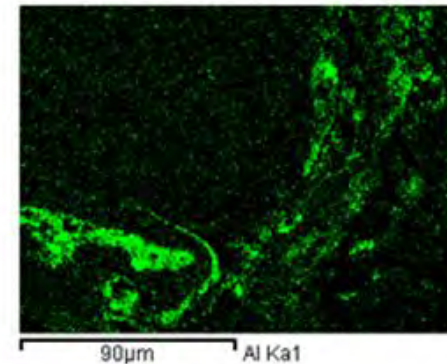
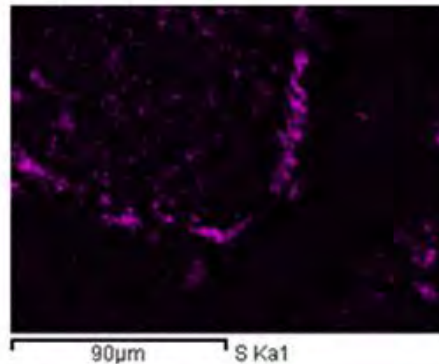
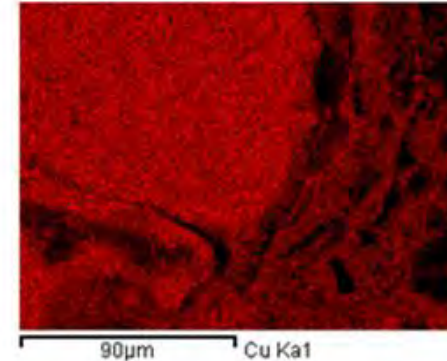
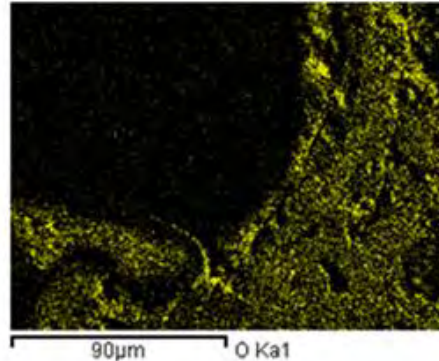
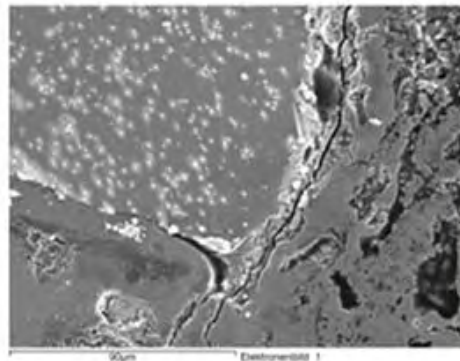
..

## KUPFERPARTIKEL AUS EINER NASS AUSGETRAGENEN SCHLACKE MIT EINER OXIDSCHICHT



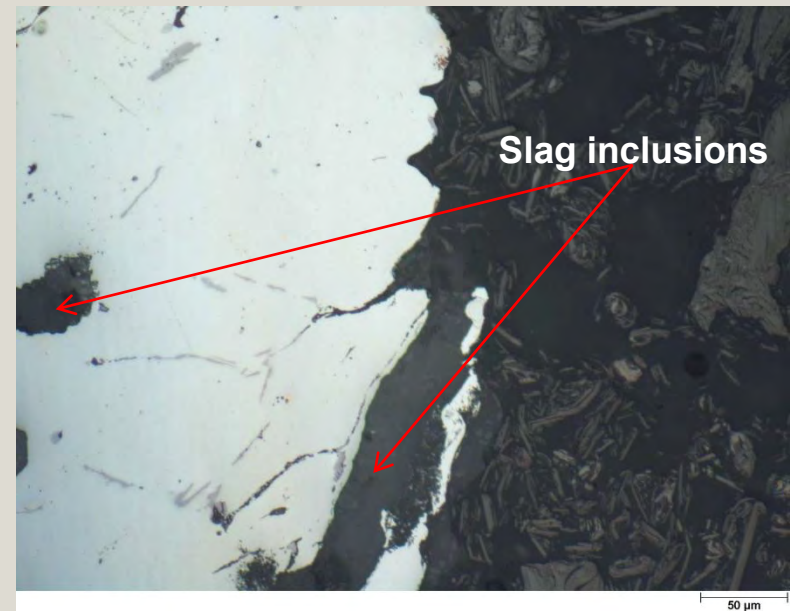
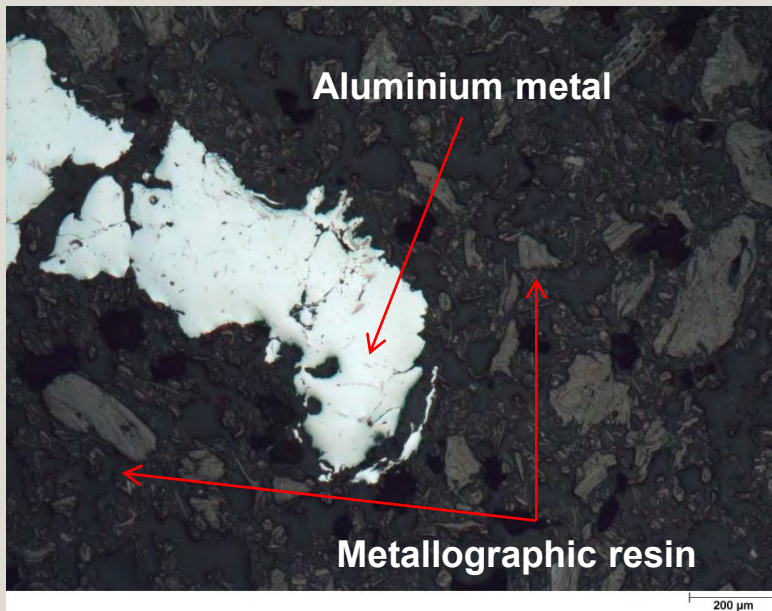
Deike, R.; Ebert, D.; Warnecke, R.; Vogell, M.: 6<sup>th</sup> CEWEP Congress 2012, Würzburg, 06.-07.0. 2012

## EDX-MAPPING DES KUPFERPARTIKELS MIT DER UMHÜLLENDE OXIDSCHICHT



Deike, R.; Ebert, D.; Warnecke, R.; Vogell, M.: 6<sup>th</sup> CEWEP Congress 2012, Würzburg, 06.-07.0. 2012

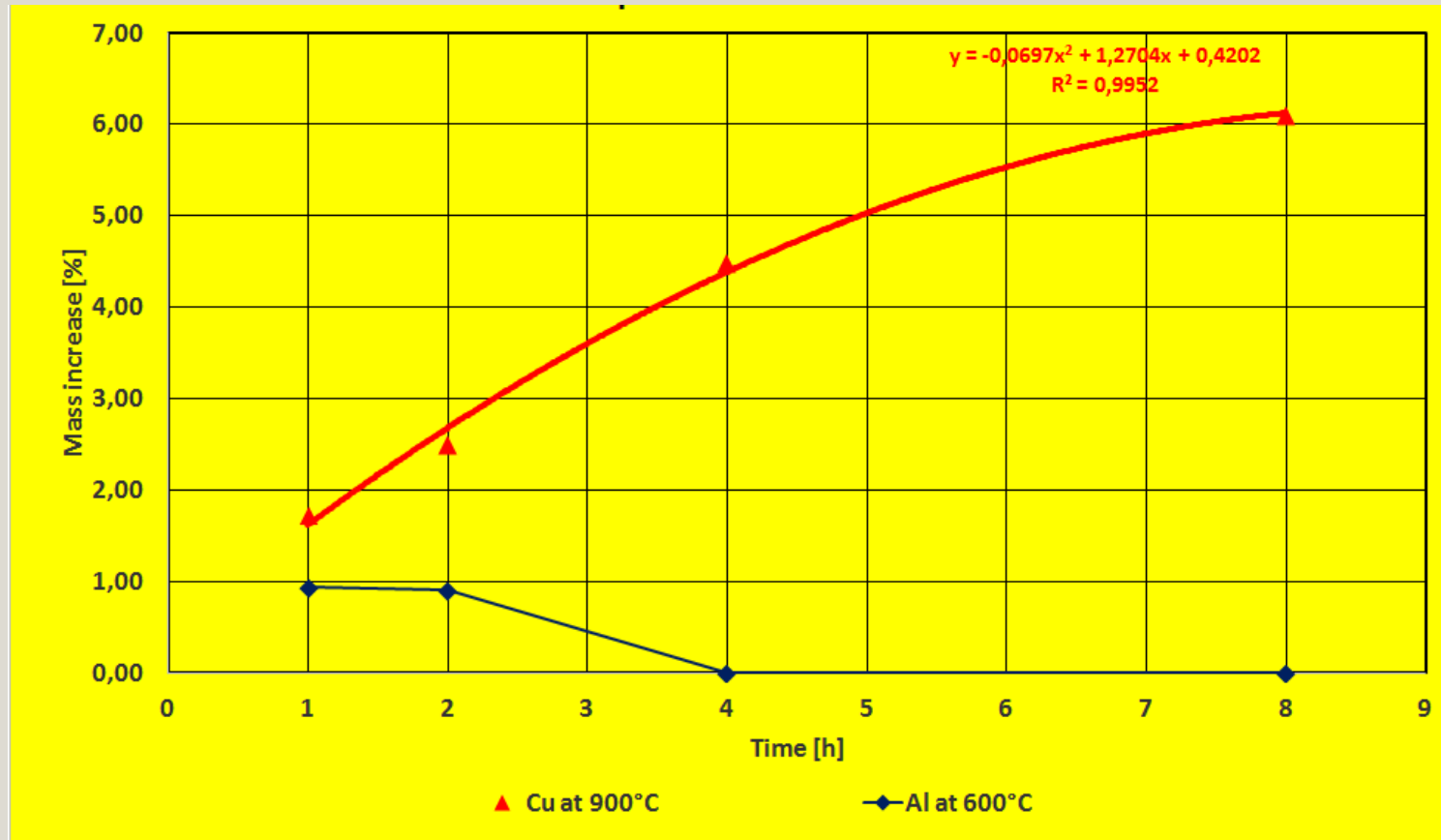
## ALUMINIUMPARTIKEL AUS EINER NASS AUSGETRAGENEN MV-SCHLACKE DAS STELLENWEISE SCHLACKENANHAFTUNGEN UND – EINSCHLÜSSE AUFWEIST



Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: International VDI Conference 2013, ENERGY AND MATERIALS FROM WASTE, Frankfurt, 15.05.2013

..

## OXIDATIONSVERHALTEN VON KUPFER UND ALUMINIUM

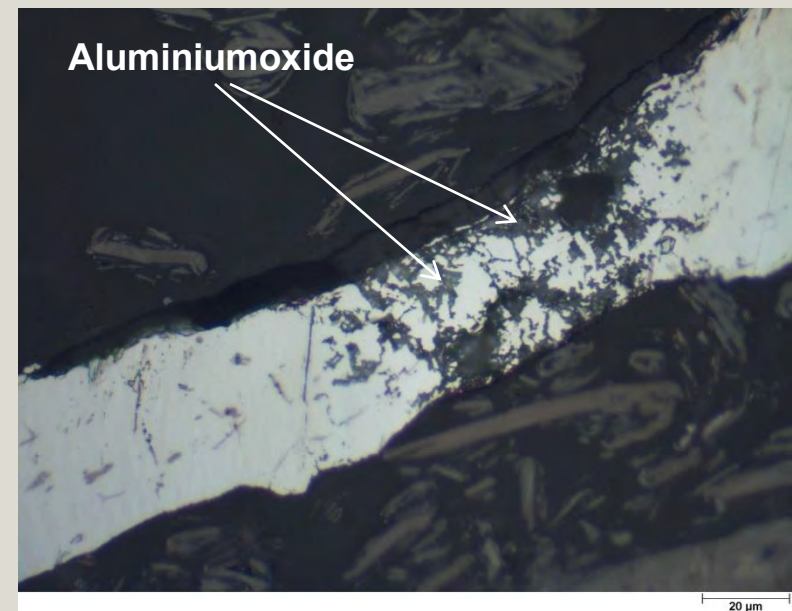
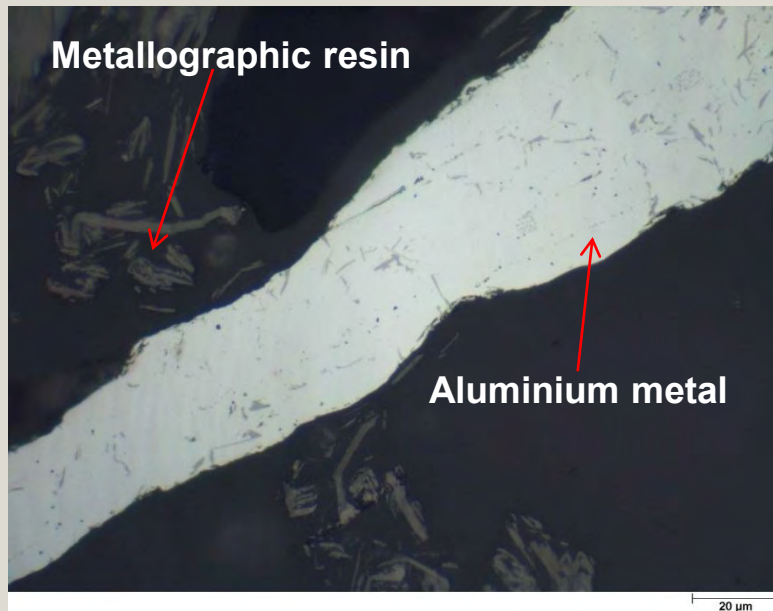


Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: International VDI Conference 2013, ENERGY AND MATERIALS FROM WASTE, Frankfurt, 15.05.2013

## DAS AUFSCHELZVERHALTEN EINER DÜNNEN ALUMINIUMFOLIE BEI TEMPERATUREN OBERHALB DES SCHMELZPUNKTES



## LICHTMIKROSKOPISCHE AUFNAHME DER AUFGEHEIZTEN FOLIE IN DEM ZERSTÖRTEM BEREICH

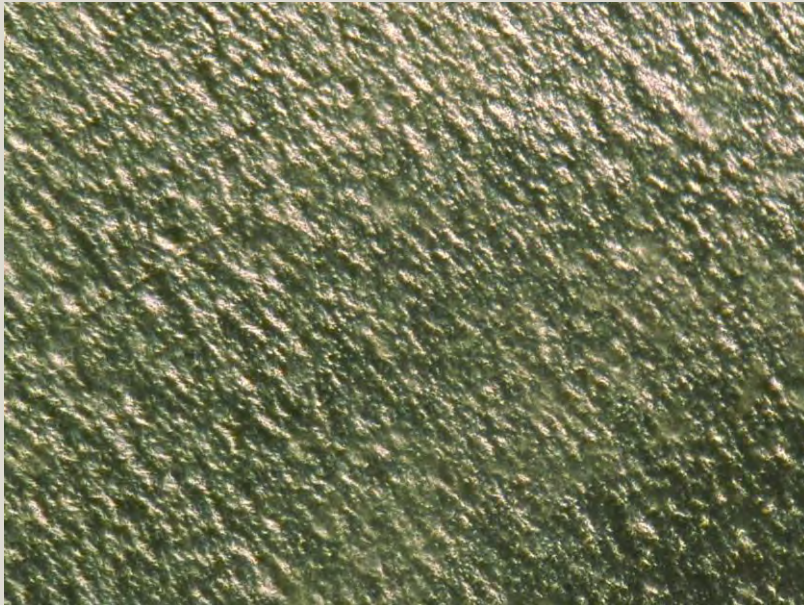


Warnecke, R.; Deike, R.; Ebert, D.; Vogell, M.: International VDI Conference 2013, ENERGY AND MATERIALS FROM WASTE, Frankfurt, 15.05.2013

∴

## MIKROSKOPISCHE AUFNAHME DER OBERFLÄCHE EINES THERMISCH UNBEHANDELTEN UND EINES THERMISCH BEHANDELTEN ALUMINIUMDECKELS EINER MILCHPRODUKTEVERPACKUNG

### Aluminiumfolie original



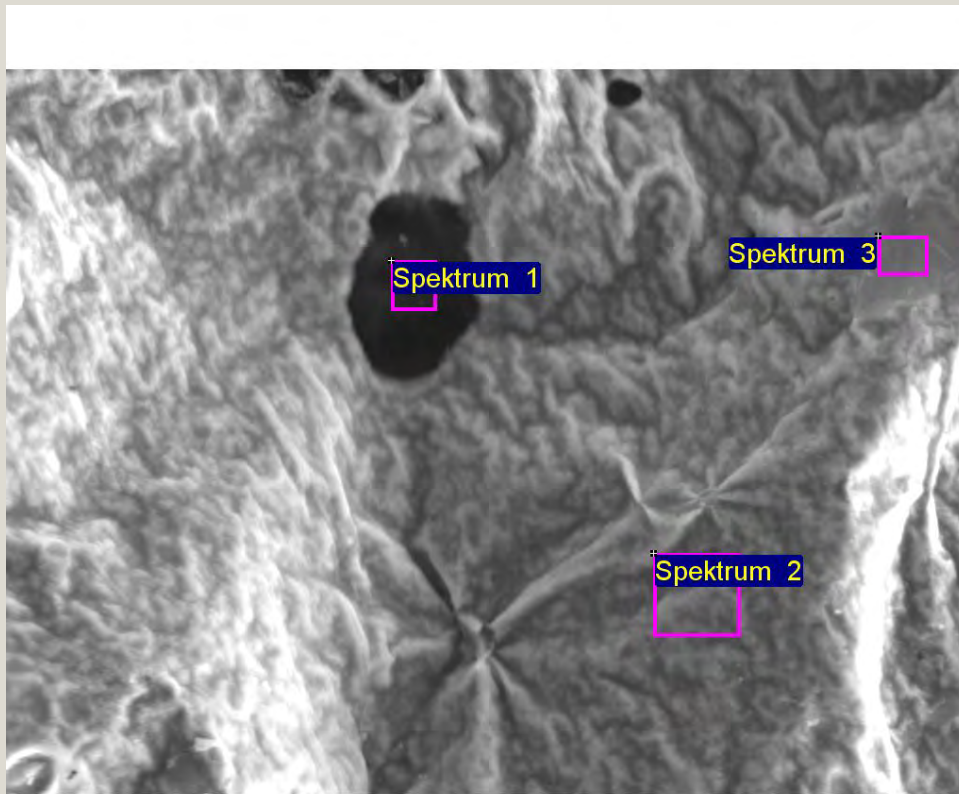
V. 500 fach

### Aluminiumfolie verbrannt



V. 500 fach

# REM-AUFNAHME UND EDX-ANALYSE EINES THERMISCH BEHANDELTEN ALUMINIUMDECKELS EINER MILCHPRODUKTEVERPACKUNG



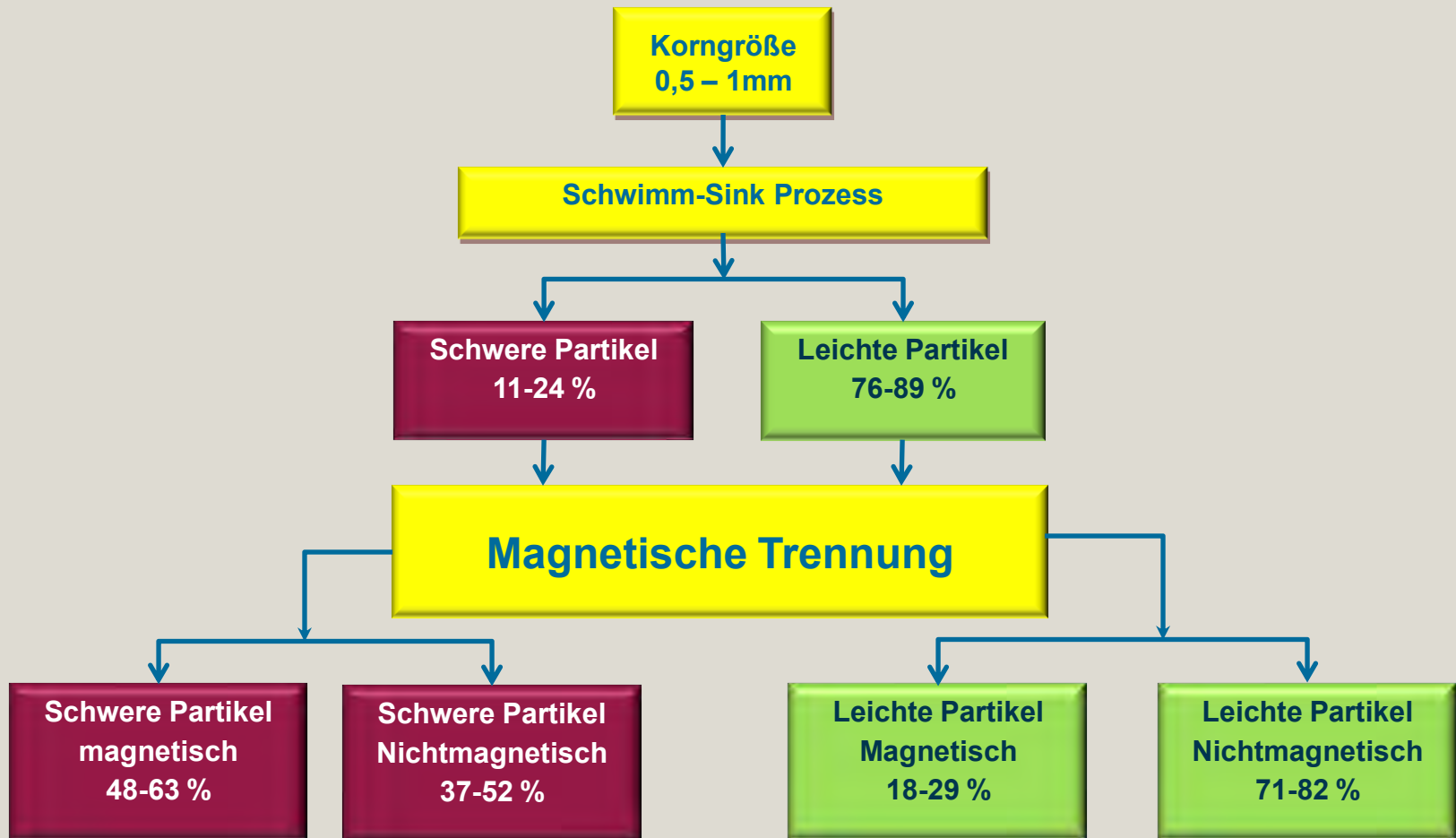
70µm

Elektronenbild 1

Prozessoption: Alle Elemente analysiert (Normalisiert)

Spektrum	In Statistik	O	Mg	Al	Si	Summe
Spektrum 1	Ja	48.17	4.27	47.00	0.56	100.00
Spektrum 2	Ja	16.14		83.86		100.00
Spektrum 3	Ja	13.69		86.31		100.00

## METALLGEHALTE IN DER FEINFRAKTION EINER NASS AUSGETRAGENEN MV-SCHLACKE



## MIKROSKOPISCHE 3D-AUFNAHMEN UNTERSCHIEDLICHER FRAKTIONEN NACH DER MAGNETISCHEN TRENNUNG

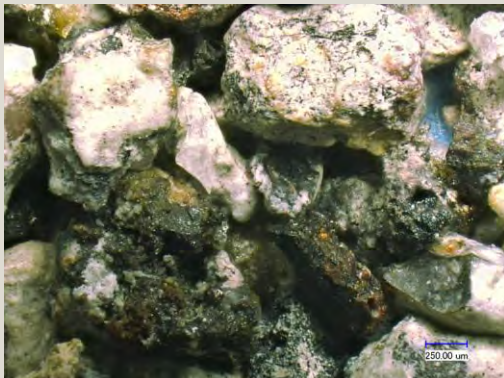
Schwere Partikel magnetisch



Schwere Partikel nichtmagnetisch



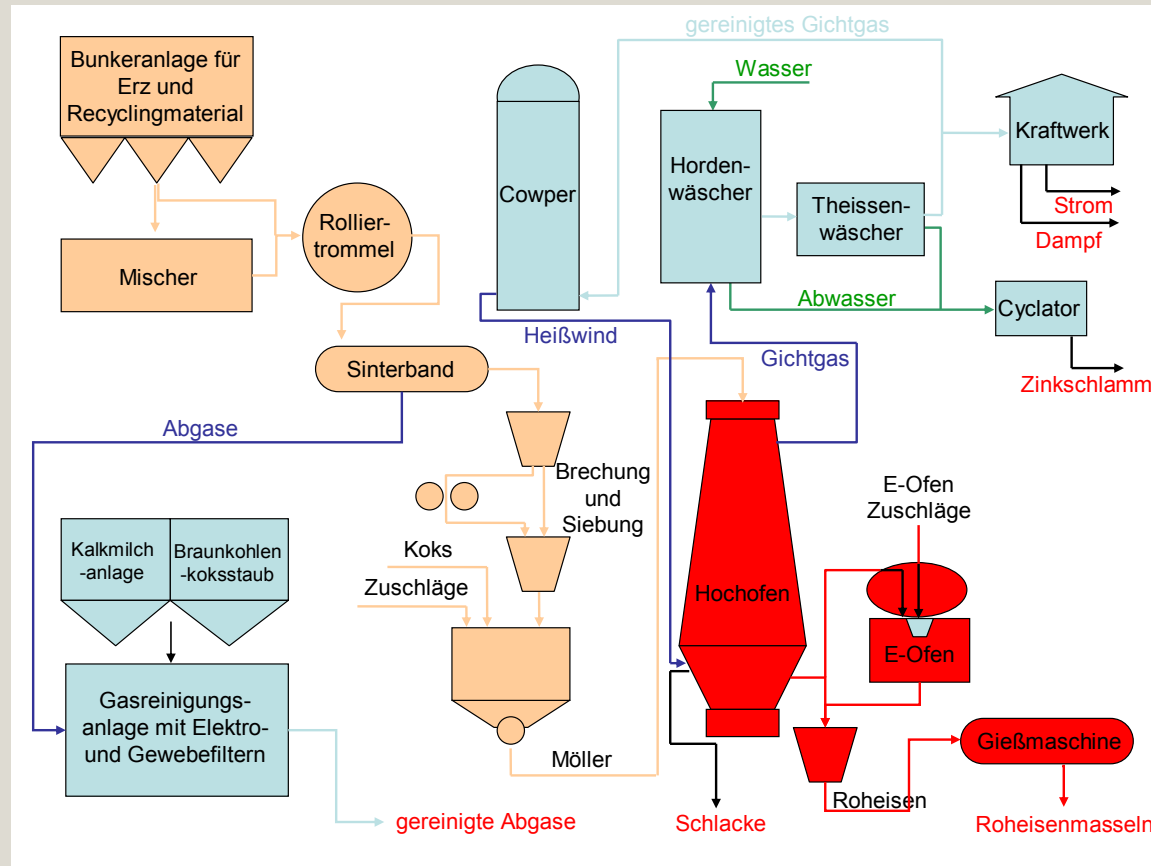
Leichte Partikel magnetisch



Leichte Partikel nichtmagnetisch

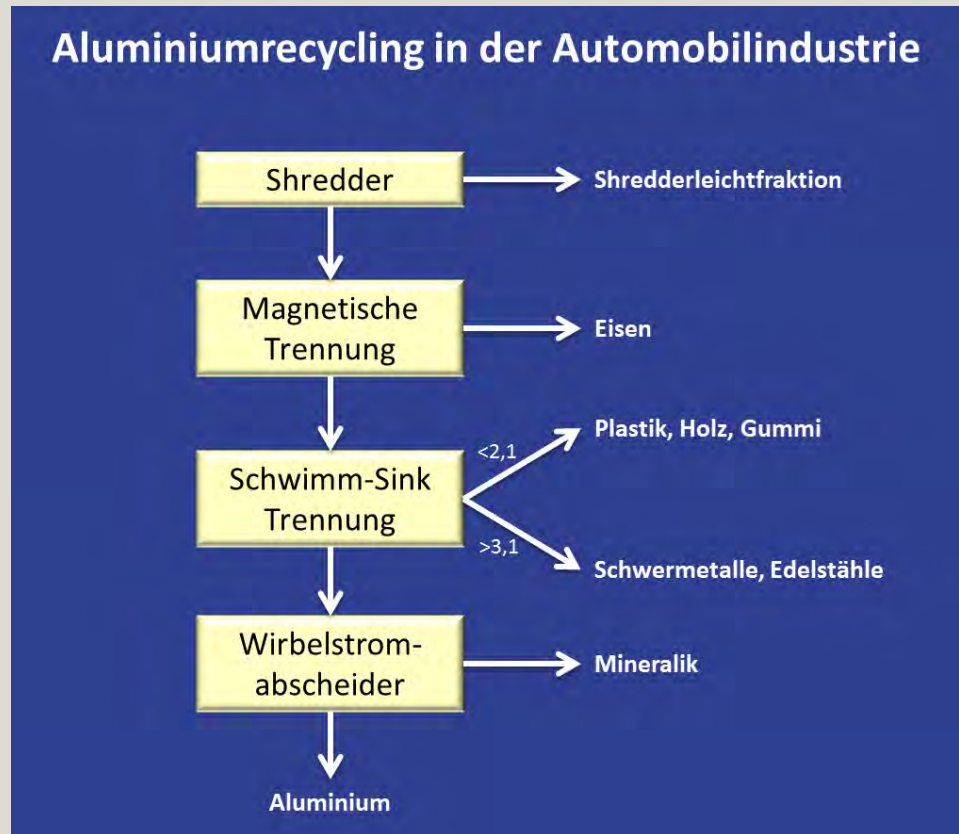


# FLIEßBILD DER HERSTELLUNG VON ROHEISEN AUS FILTERSTÄUBEN NACH DEM DK-VERFAHREN



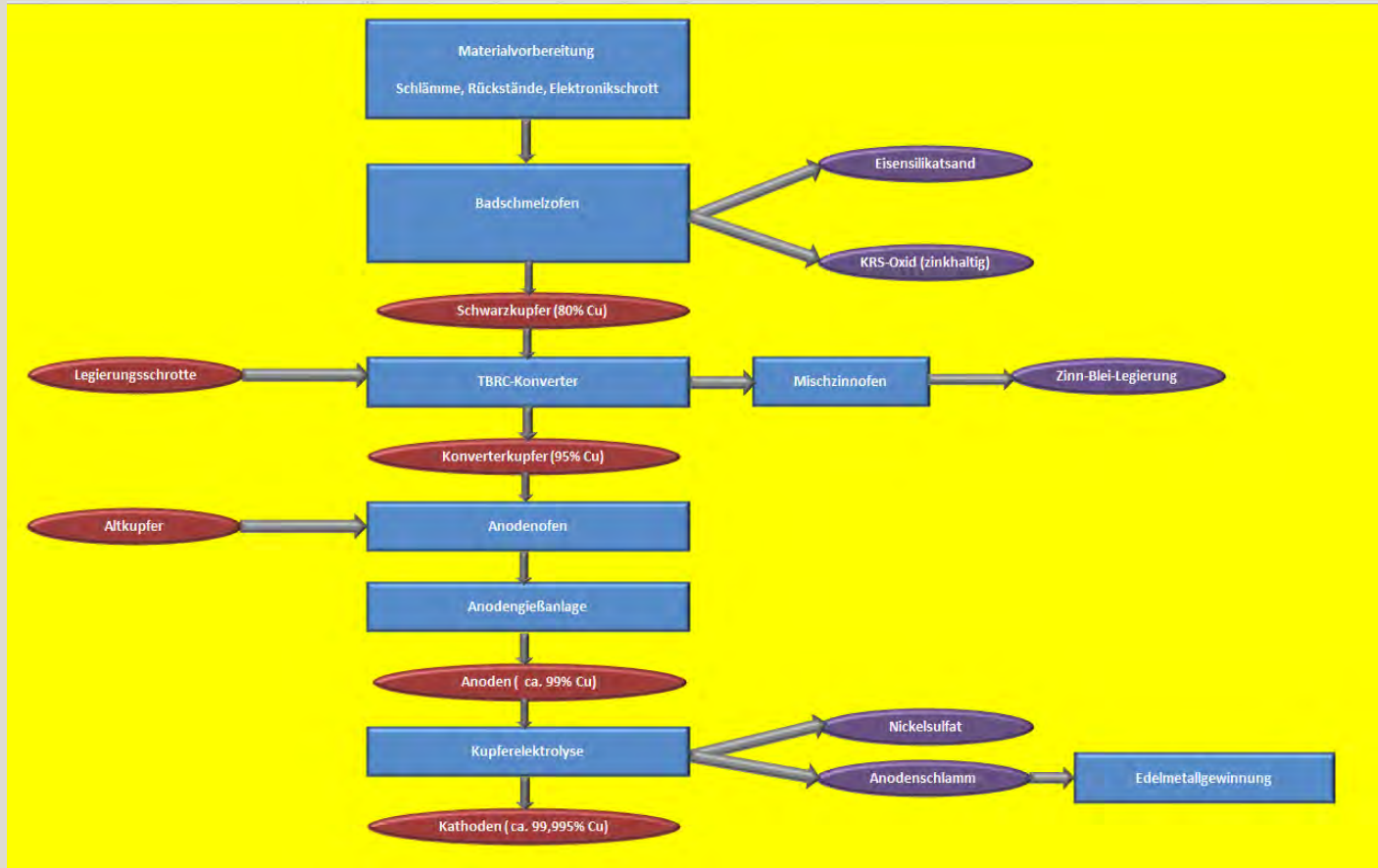
Deike, R., Dings, J.: Giesserei, vol. 94-06, pp. 198-205, 2007

## FLIEßBILD DES ALUMINIUMRECYCLINGS IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE



Nach Cui, J.; Roven, H.J.: Trans. Nonferrous Met. Soc. China 20 (2010) 2057-2063

## FLIEßBILD EINES PROZESSES ZUM KUPFERRECYCLING



Nach aktualisierter Umwelterklärung 2012, AURUBIS AG, Lünen, [www.aurubis.com](http://www.aurubis.com)

## ZUSAMMENFASSUNG

- 1. Die Wirtschaftlichkeit von Recyclingprozessen zur Rückgewinnung von Metallen hängt sehr wesentlich von der Entwicklung der Metallpreise ab.**
- 2. Bei der Realisierung bisher ungenutzter Potenziale sind für MV-Schlacken Recyclingraten  $> 100\%$  möglich, da in der Schlacke kleine Metallpartikel gesammelt werden, die mit einer Sortierung nicht zu erfassen sind. Diese Partikel können durch entsprechende Recyclingprozesse aus der MV-Schlacke zurückgewonnen werden.**
- 3. In der Feinfraktion von MV-Schlacken können Cu-Gehalte (0,3-0,4%) wie in armen Cu-Erzen vorliegen, womit die MV-Schlacke im Sinne des Urban Mining zukünftig eine kontinuierlich existierende Rohstoffquelle sein kann.**
- 4. Wie sauber die einzelnen Fraktionen getrennt werden können, wird entscheiden, ob die mineralischen Restfraktionen einer höherwertigen Verwertung zugeführt werden können.**