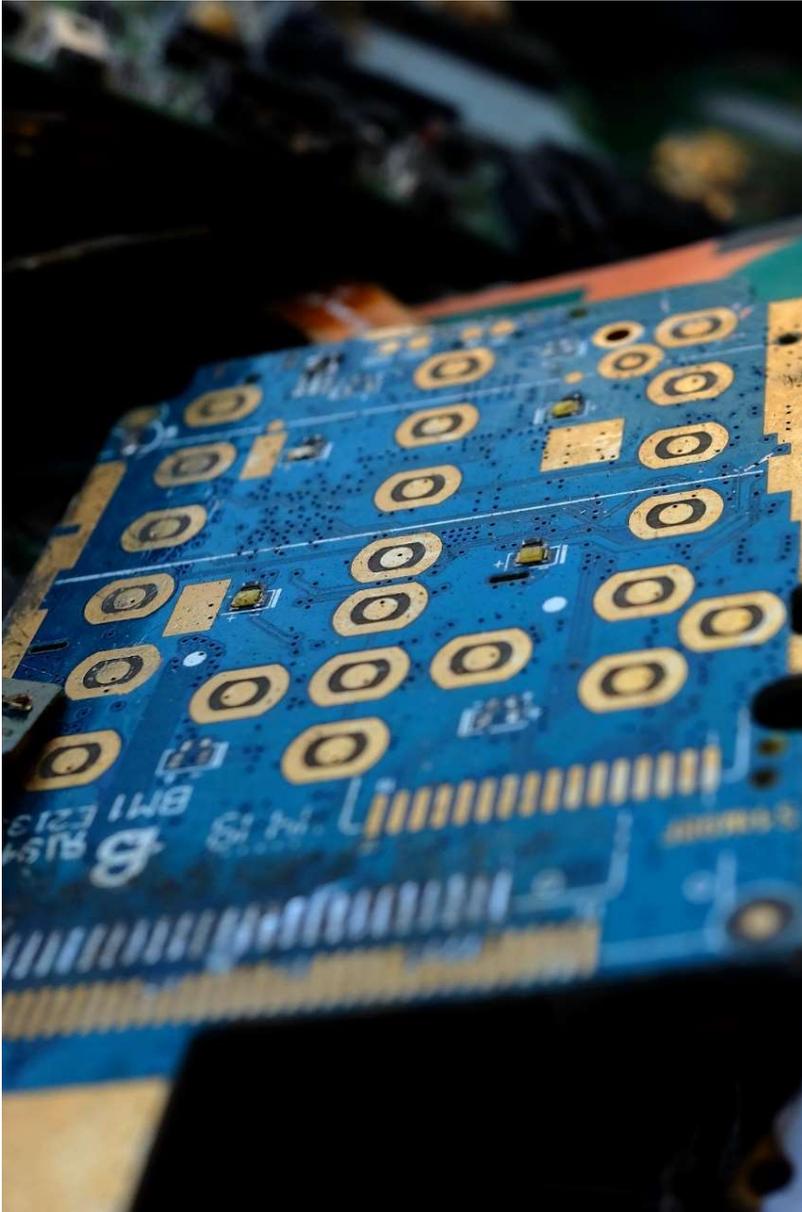




***Kupfer und mehr -
Multi-Metall-Gewinnung bei Aurubis***

*Andreas Nolte
Aurubis AG Lünen
Integrated Management Systems
Public Recycling Affairs*



- » Aurubis` Rolle im Bereich der kupferbasierten Metallerzeugung
- » Multi-Metall-Gewinnung am Standort Lünen
- » KRS-Badschmelzofen –wichtige erste Schmelz- und Raffinierstufe
- » Koppeleffekte der Multi-Metall-Gewinnung
- » Compliance
- » Schlussbetrachtung

Aurubis belegt führende Positionen in der Kupfer-Wertschöpfungskette

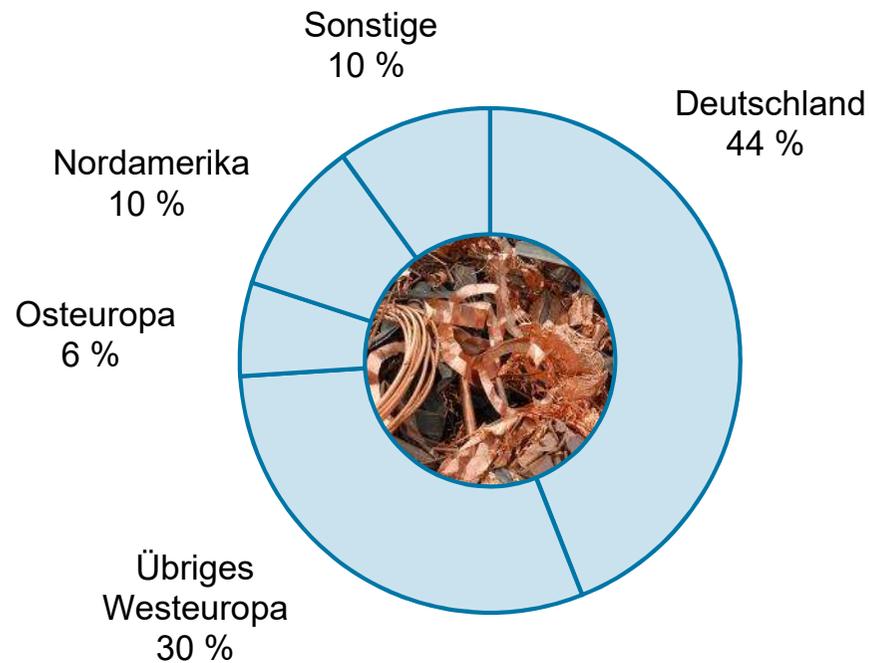
	GJ 2016/17	Veränderung ggü. Vorjahr	Position
 Konzentratverarbeitung*	2.424.000 t	+12 %	Nr. 1 weltweit
 Altkupfereinsatz	272.000 t	+8 %	Nr. 1 weltweit
 Kathodenproduktion	1.156.000 t	+7 %	Nr. 2 weltweit
 Gießwalzdrahtproduktion	719.000 t	-5 %	Nr. 1 weltweit
 Kupferformateproduktion	190.000 t	+11 %	Nr. 1 in Europa
 Flachwalzprodukte und Spezialdrahtproduktion	230.000 t	+6 %	Nr. 1 weltweit
 Schwefelsäureproduktion	2.364.000 t	+14 %	
 Goldproduktion	42 t	0 %	
 Silberproduktion	1.071 t	+11 %	

* Lohnhüttenproduktion

Prozesskompetenz, Effizienz, Umweltschutz sind Grundlage der Multi-Metall-Gewinnung

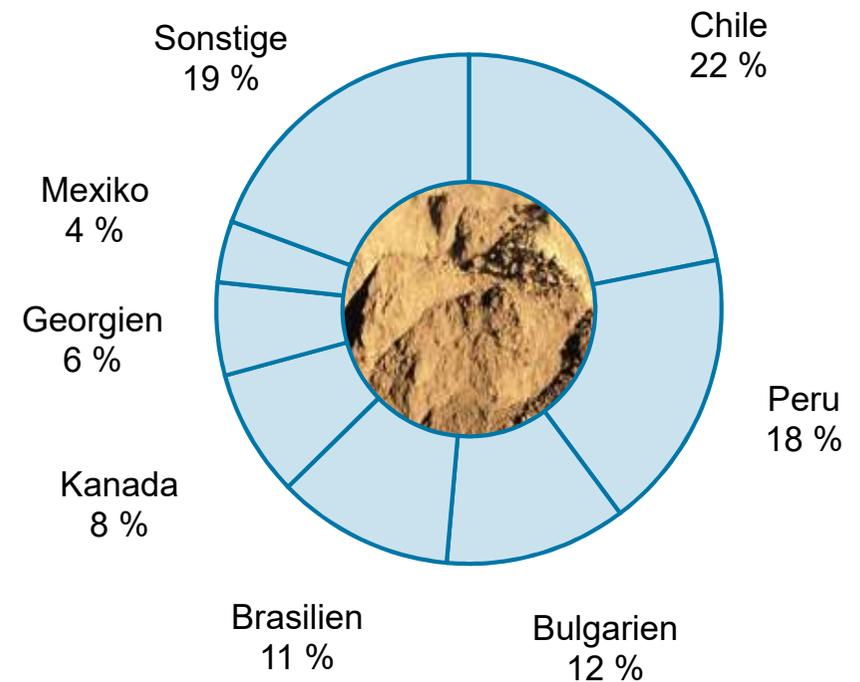


Herkunftsländer Recyclingmaterialien



Quelle: Aurubis GJ 2016/17

Herkunftsländer Kupferkonzentrate



Quelle: Aurubis GJ 2016/17, Sonstige: Lieferländer < 2 %

Recycling-Rohstoffe stammen von rund 500 Lieferanten aus 50 Ländern.
Im Gegensatz zu Konzentraten ist Recycling ein eher „kleinteiliges“ Geschäftsmodell

Lünen ist das Recyclingzentrum des Konzerns auf 316.000 m² Fläche



Aus komplexen Recyclingrohstoffen werden in Lünen hochwertige Produkte gewonnen

Kupfer-
Schrotte



Rückstände,
Schlacken



Schredder-
Materialien,
MV-NE
Fraktionen



Leiterplatten



Kupfer-Eisen
Materialien



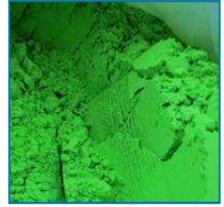
Schlämme,
Industrie-
Rückstände



Kupferkathoden
Grade A



Nickelsulfat



Zinn-Blei
Legierung



Edelmetalle
(finale Produktion
in Hamburg)



KRS-Oxid,
zinkhaltig



Eisensilikatsand



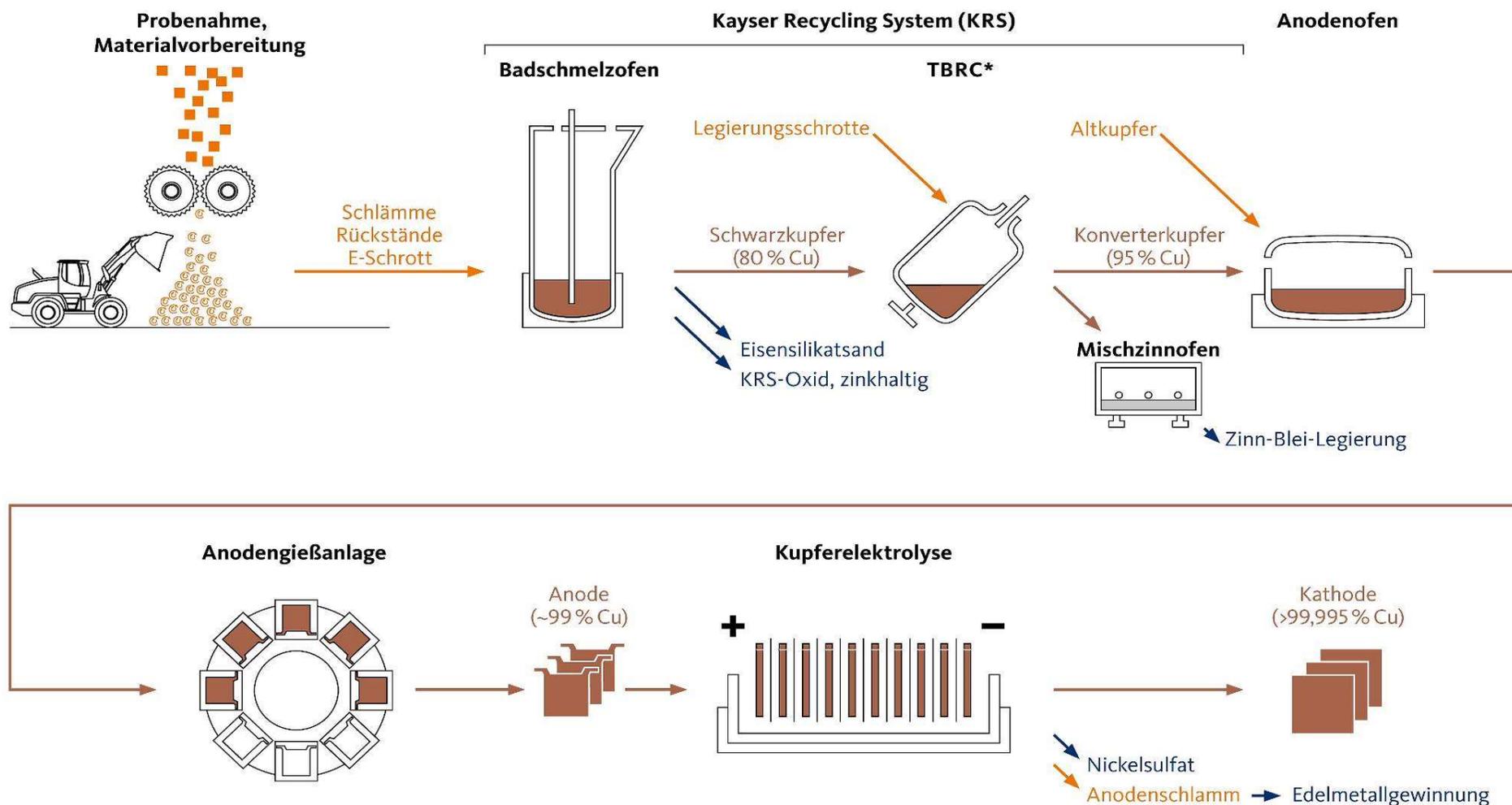
15 % bis 20 % der bei Aurubis eingesetzten Sekundärrohstoffe sind Elektro- und Elektronikschrotte



- » ca. 30.000 t p.a. Leiterplatten
 - » ca. 50.000 t p.a. Geräteschrotte wie PCs, Drucker, Kopierer, Schaltschränke, Telekommunikation, sonst. Elektrogeräte (schadstoffentfrachtet, über eigene Materialvorbereitungsanlage; Teil über Erstbehandlungsanlage E.R.N.)
 - » ca. 40.000 t Kupfer- und NE-Metallschredder bzw. Metallgranulate externer Aufbereitungsbetriebe
 - » ca. 5.000 t kupferhaltige FE-Metallschredder externer Aufbereitungsbetriebe
 - » ca. 20.000 t Kupfergranulate aus der E-Schrott- und Kabelaufbereitung
 - » ca. 25.000 t Kabel (über Cablo GmbH, E.R.N.)
- aber auch:
- » > 20.000 t NE-Fractionen aus der Aufbereitung von MV-Aschen

Allein der Aurubis Standort Lünen verarbeitet jährlich mehr als 100.000 t Sekundärrohstoffe aus dem Bereich Elektro- und Elektronikschrott

Vom Kupfer-Recyclingmaterial zur Kathode



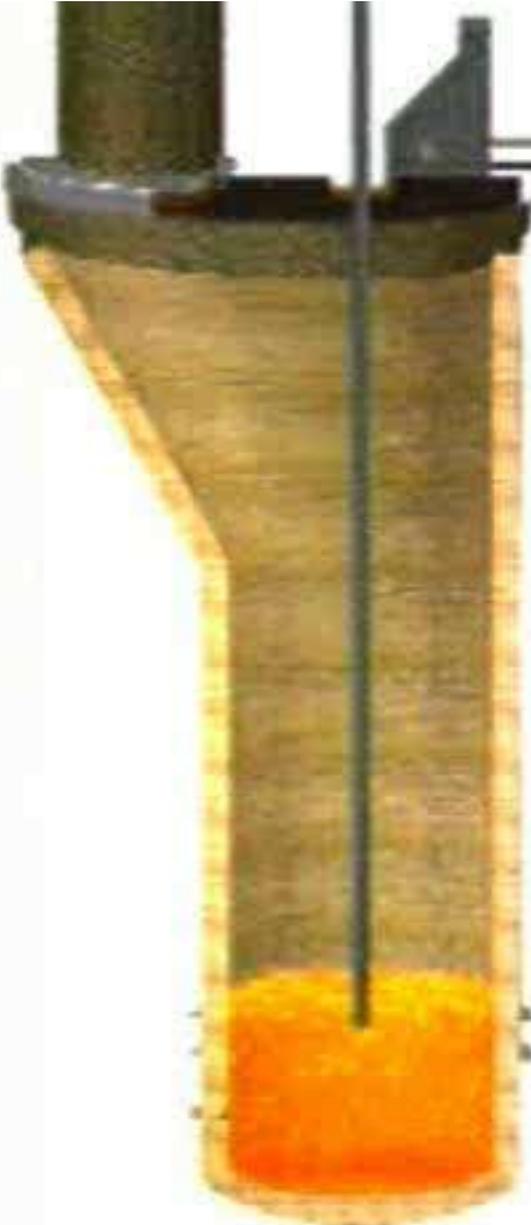
■ Rohstoffe und Recyclingmaterialien
 ■ Kupferprodukte
 ■ Begleitprodukte

*Top Blown Rotary Converter

1. Schmelzstufe: KRS - Badschmelzofen



- » **Ofenbauart:**
stehender Zylinderofen
- » **Ofendimension:**
13 m Höhe, 4,7 m Außendurchmesser
- » **Inbetriebnahme:**
2002
- » **Schmelz- und Raffinieraufgabe:**
Schmelzen unter reduzierenden Bedingungen
($\lambda < 1$, Eisen, Kohlenstoff)
- » **Eintrag:**
Sekundärmaterialien mit 1-80% Kupferinhalt
- » **Produkte:**
Schwarzkupfer (ca. 80 % Cu) zur Weiterverarbeitung im TBRC
Eisensilikatsand (Schlacke) als mineralischer Baustoff
KRS-Oxid (50% Zink-Inhalt) zur Weiterverarbeitung zu Zinksulfat
- » **Durchsatz:**
GJ 2002/2003: 120.000 t/a
aktuell: 250.000 bis 300.000 t/a



KRS – reduzierendes Schmelzen

- **Eintrag:** Sekundärmaterial 1-80%Cu, Schlacken, Rückstände, Galvanikschlämme, E-Schrott, Metall-schredder u. -Fraktionen
- Badtemperatur: ~1200 °C



MeO = Cu₂O, SnO, SnO₂, PbO, NiO, ZnO

Me = Cu, Sn, Pb, Ni, {Zn}

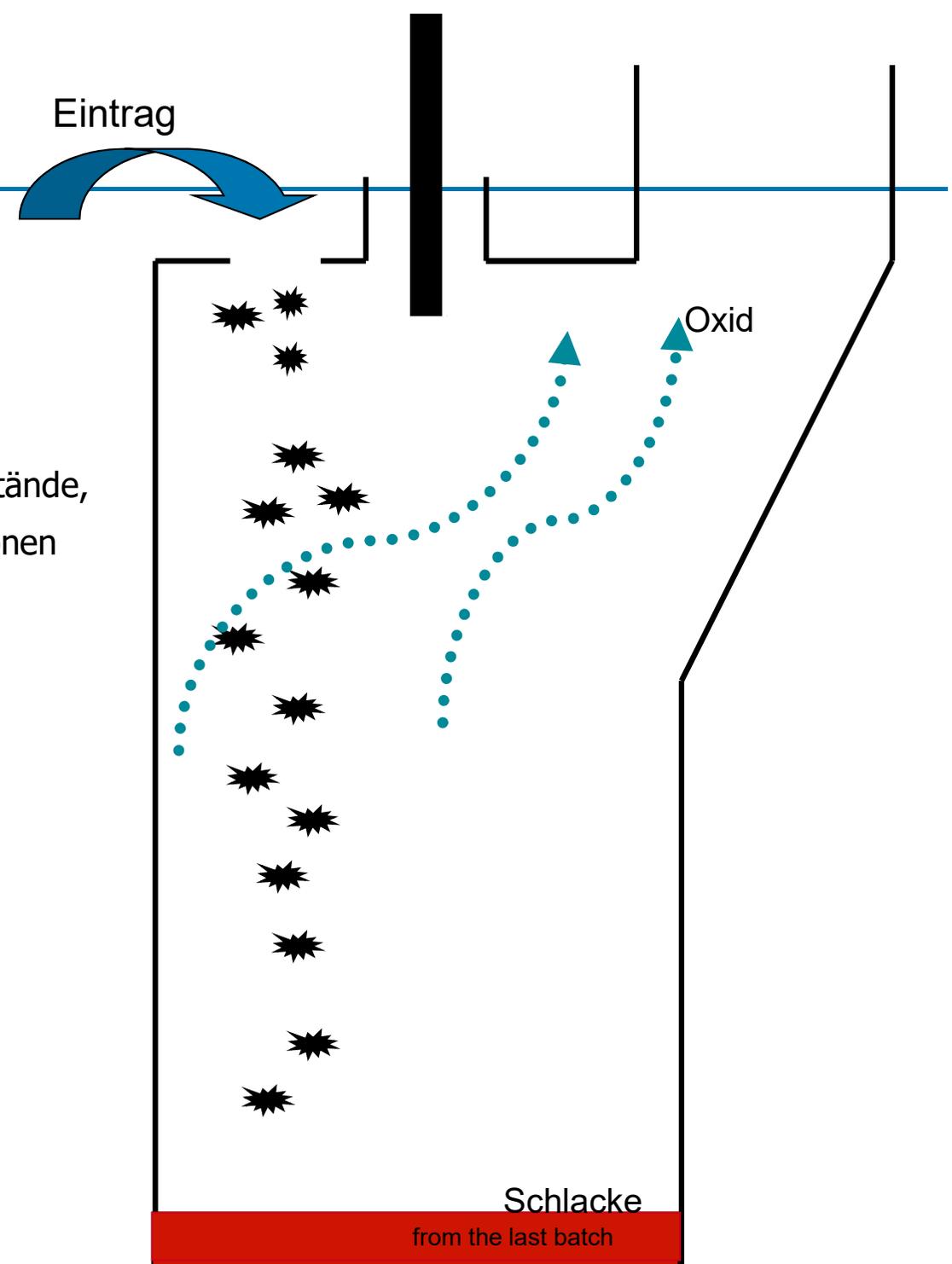
Austrag:

„saubere“ Schlacke (Cu<0,7%, Pb<0,3%) → Granulation

→ Eisensilikatsand

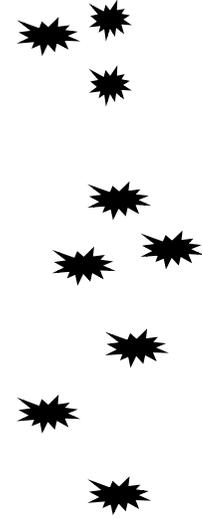
Metall → Schwärzkupfer

Flugstaub → Gewebefilter → Zinkoxid



Abstechen der Schlacke zur Granulation

Eintrag

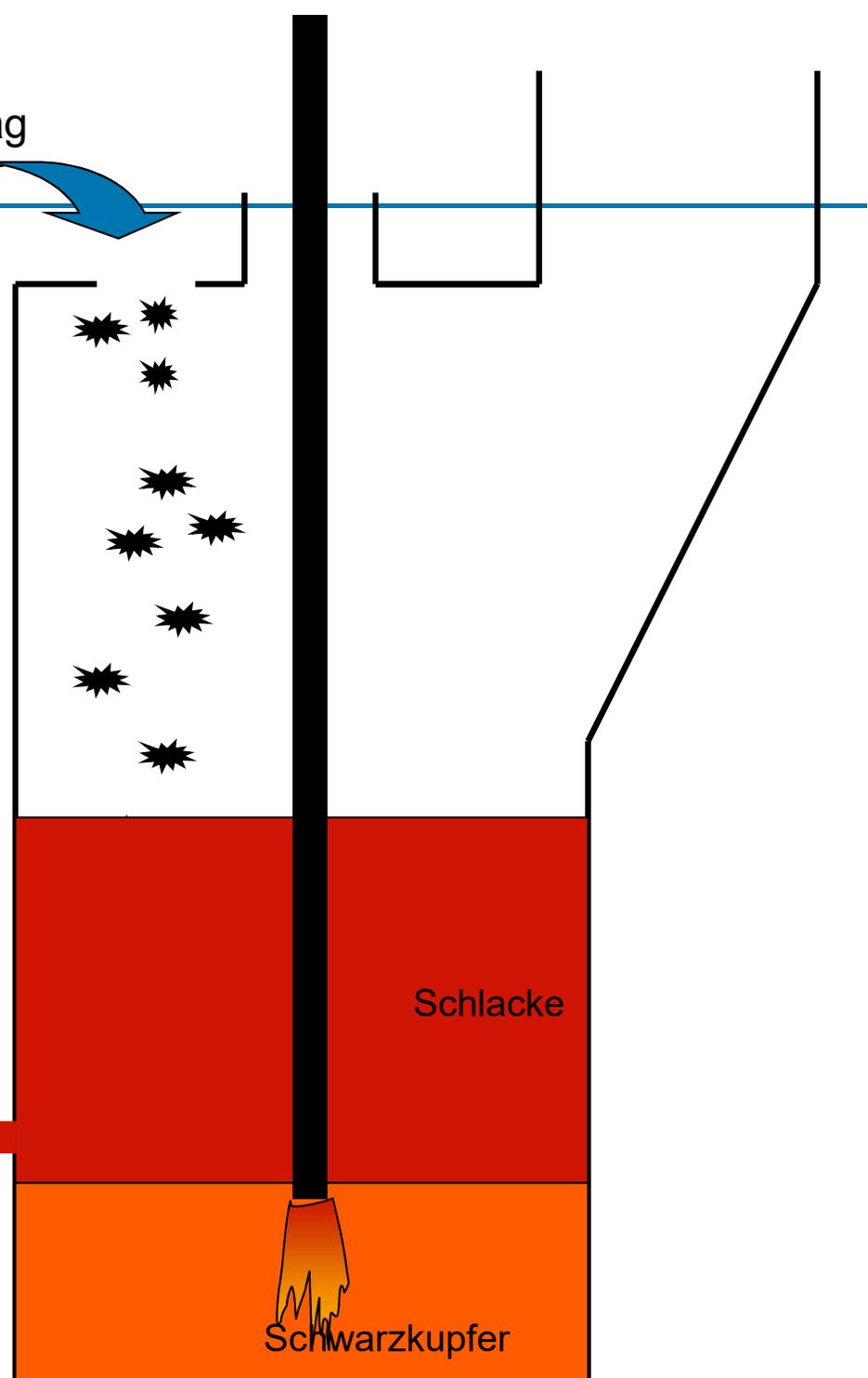


Abstich der Schlacke in Separationsofen, von dort aus: Granulation

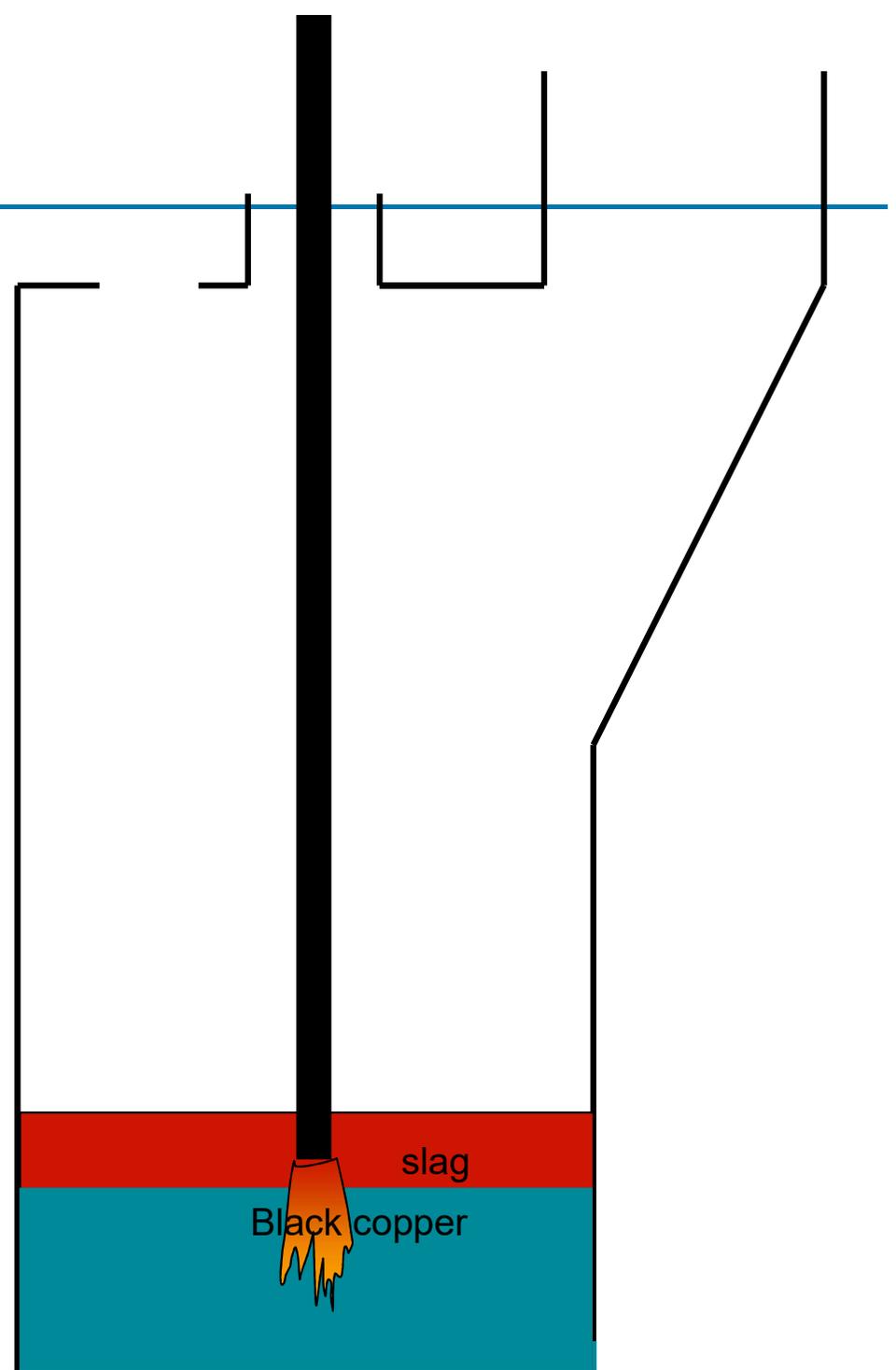


Schlacke

Schwarzkupfer



**Metallabstich und Start
der neuen Charge**



E-Schrotte sind Viel-Stoff Materialien – eine typische Analytik für Leiterplatten



» Pd	5-50 ppm	» Al	2-10 %
» S	0,1-0,3 %	» Ag	100-1.000 ppm
» Sn	1-2 %	» Au	20-200 ppm
» Zn	0,5-2 %	» Ba	0,2 %
» Si	10-25 %	» Cd	< 0,1 %
» B	1-3 %	» Cl	0,2-0,4 %
» K	0,2 %	» Co	0,1-0,35 %
» Na	0,2 %	» Cr	0,2-0,3 %
» Ca	2-7 %	» Cu	10-25 %
» C	25-35 %	» Fe	2-4 %
» Br	2-5 %	» Ni	0,2-1 %
» Sb	0,1-0,5 %	» Mn	0,5-1 %
» P	0,1-0,5 %	» Pb	1-3 %
		» Hg	1 ppm

Materialverbände von Leiterplatten sind extrem schwer mechanisch zu trennen
- ein wert- und stoffinhaltsbezogener Recyclingprozess ist notwendig

Kupferkonzentrate sind Viel-Stoff Materialien – eine typische Analytik für Konzentrat



» Pd	✓	» Al	1%
» S	28-32 %	» Ag	100 ppm
» Sn	n.n. ppm	» Au	10-20 ppm
» Zn	1 %	» Ba	✓
» Si	4-6 %	» Cd	30 – 40 ppm
» B	✓	» Cl	120 ppm
» K	✓	» Co	ist drin (ppm)
» Na	✓	» Cr	✓
» Ca	✓	» Cu	30 %
» C	0,1-0,5%	» Fe	25 %
» Br	✓	» Ni	0,04 % %
» Sb	0,01 %	» Mn	✓
» P	✓	» Pb	0,1 %
» Bi	0,01%	» Se	140 ppm
» F	140 ppm	» Hg	3-4 ppm
» As	0,04 %		

Materialverbände von Kupferkonzentraten sind nur metallurgisch/chemisch zu trennen - ein aufwändiger High-Tech Prozess ist notwendig. Die frühe Kombination mit E-Schrott ist limitiert.

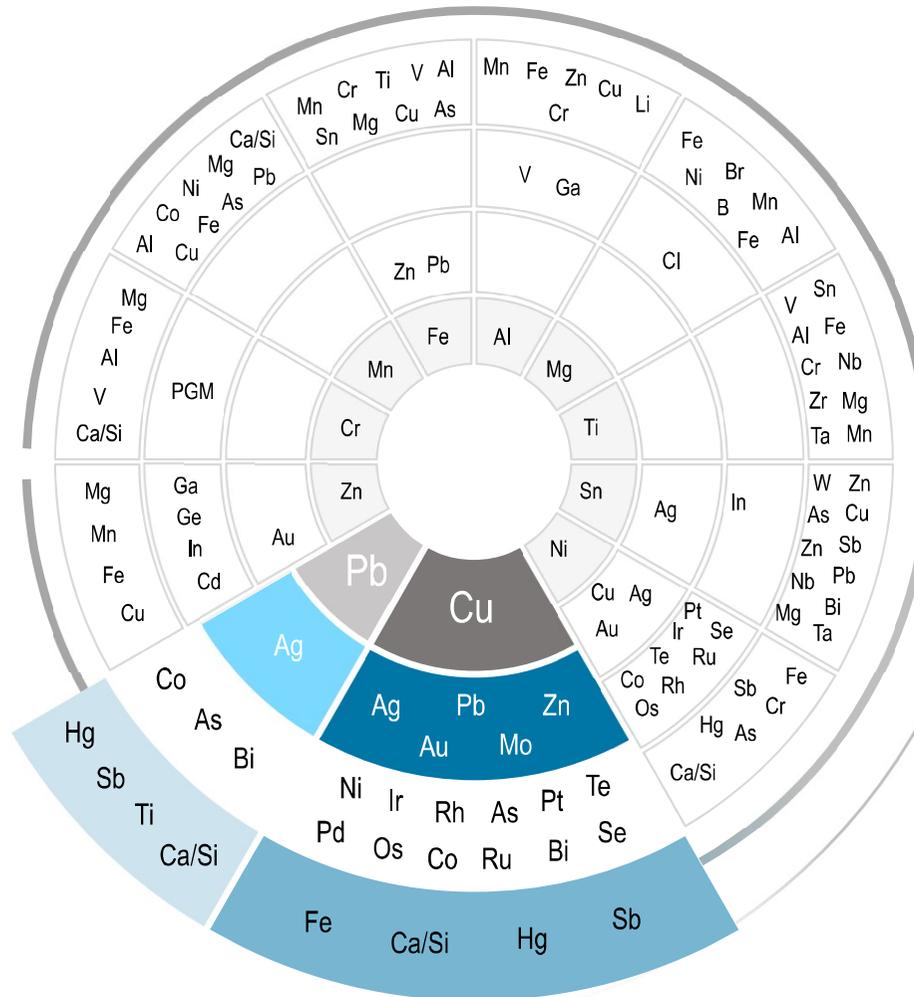
Typische Metallinhalte von NE-Fraktion aus der Aufbereitung von MV-Aschen



- » Pd 1-30 ppm
- » Pt 1-5 ppm
- » Sn 0,2-1 %
- » Zn 10-30 %
- » C ca. 2 %
- » Sb 0,05-0,1 %
- » Al 1-2 %
- » Ag 1.000-3.000 ppm
- » Au 30-150 ppm
- » Cu 40-70 %
- » Fe 0,5-2 %
- » Ni 0,1-2 %
- » Pb 2-3 %

Die Selektivität der vorgelagerten Trennschritte von MV-Aschen in Bezug auf Abtrennen von Fe und Al ist hoch. Cu, Zn sind Hauptinhalte, Edelmetalle sind wertvolle Begleitmetalle.

Basismetalle und ihre Begleitelemente

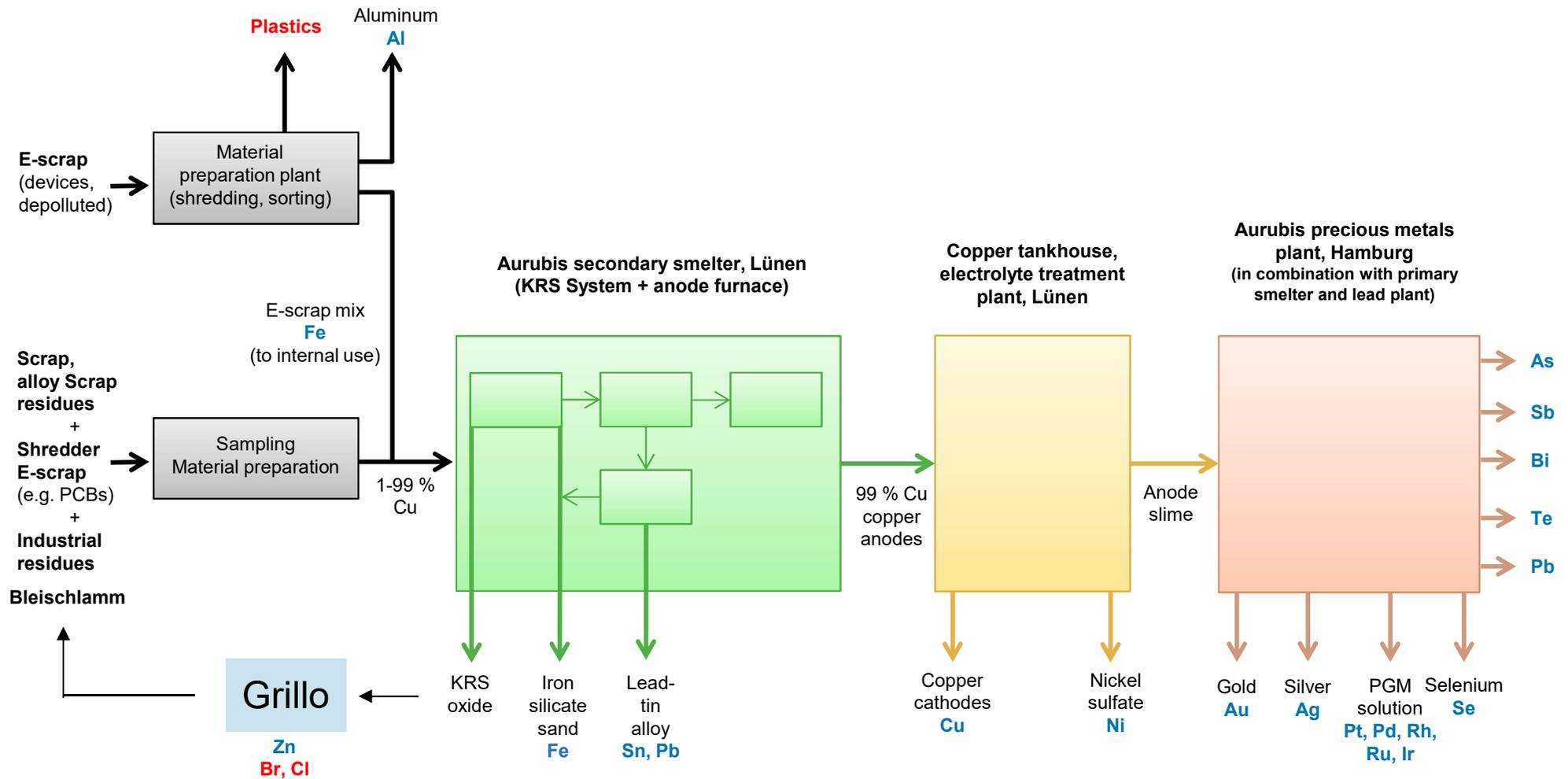


Differenzierung durch Kompetenz

- ✓ **Exzellentes metallurgisches Know-how**
- ✓ **Ausgeprägte Erfahrung bei der Nutzung von Synergien zwischen Prozessschritten und in der Kupfer-/Blei-Metallurgie**
- ✓ **Internationales Standort-Netzwerk bietet optimale Infrastruktur für Investitionen**

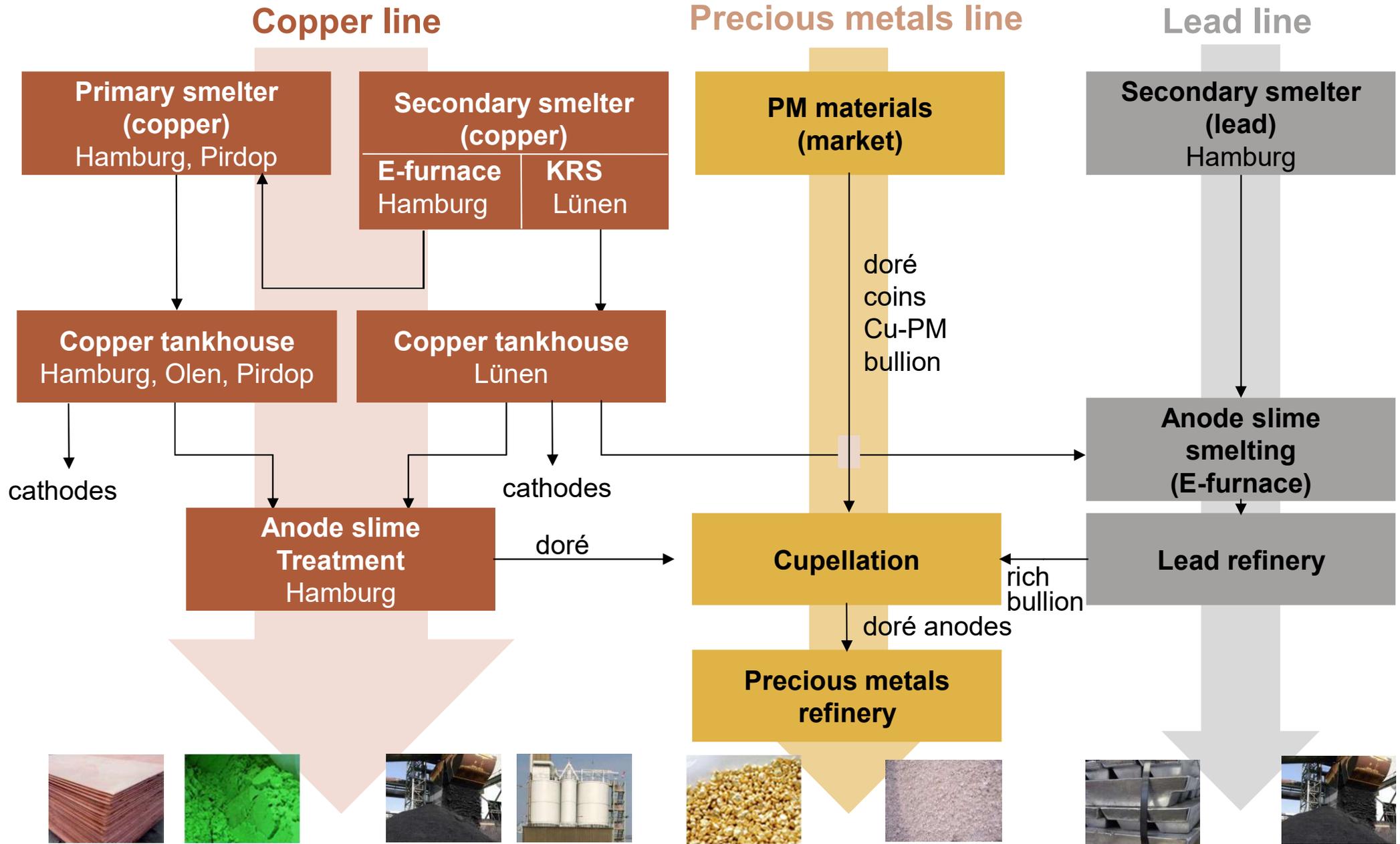
Aurubis ist hervorragend aufgestellt, das Multi-Metall-Potenzial von Kupfer als Trägermetall voll zu nutzen

Aurubis Multi-Metall Gewinnung bringt bis zu 19 Metalle in Produkten und Zwischenprodukten aus



Materialvorbereitung, Probenahme, Raffination – Schritt auf Schritt Scheiden der Elemente entlang der chemischen Wertigkeit mit Aurubis` integriertem Verfahrensablauf

Aurubis multi-metal production recovers up to 19 metals from complex metals and intermediates





- » $\text{Nd}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Nd} \quad -2,32 \text{ V}$
- » $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Al} \quad -1,66 \text{ V}$
- » $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn} \quad -0,76 \text{ V}$
- » $\text{Ga}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Ga} \quad -0,52 \text{ V}$
- » $\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Fe} \quad -0,44 \text{ V}$
- » $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cd} \quad -0,4 \text{ V}$
- » $\text{In}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{In} \quad -0,34 \text{ V}$
- » $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Ni} \quad -0,236 \text{ V}$
- » $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Sn} \quad -0,136 \text{ V}$
- » $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Pb} \quad -0,126 \text{ V}$
- » $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu} \quad +0,345 \text{ V}$
- » $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag} \quad +0,799 \text{ V}$
- » $\text{Pd}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Pd} \quad +0,83 \text{ V}$
- » $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Au} \quad +1,42 \text{ V}$

Recycelt ist ein Stoff erst dann, wenn am Ende der Aufbereitungskette ein marktfähiges Produkt steht.
Das muss keine Reinsubstanz sein.

	<u>2013</u> (in t)	<u>2017</u> (in t)		
» Gold	4,7	5,4	+ 14,8%	Metall (über Werk HH)
» Silber	136	160	+ 17,6%	Silber (über Werk HH)
» Zinn	1.600	1.800	+ 12,5%	Blei-Zinn-Legierung
» Nickel	900	1.470	+ 63,3%	Roh-Nickelsulfat
» Zink	10.000	11.000	+ 10%	„Roh“-Zinkoxid
» Antimon	170	190	+ 11,7%	Glätte (über Werk HH)
» Kupfer	196.169	192.516	- 1,9%	
» Primärenergie	512 GWh	557 GWh	+ 8,8%	
» CO ₂ -Emission*	169.994	183.738 (e)	+ 8,1%	
» dv. CO ₂ aus Rohstoffen	74.250	80.661 (e)	+ 8,6%	

* nur direkte Emissionen gem. TEHG

Über einen kurzen Zeitraum von 5 Jahren betrachtet stagniert die Kupferproduktion bei gleichzeitig signifikantem Anstieg der Begleitmetallproduktion.



» Leiterplatten, Handys
E-Mix_geschreddert

- » Recyclingquote: 70%
- » Stoffl. Verwertung: 30%
- » Therm. Verwertung: 0%
- » Beseitigung: 0%

» = Direkteintrag Schmelzprozess



» Metallische NE-Fractionen
z.B. aus MV-Aschen

- » Recyclingquote: 98%
- » Stoffl. Verwertung: 2%
- » Therm. Verwertung: 0%
- » Beseitigung: 0%



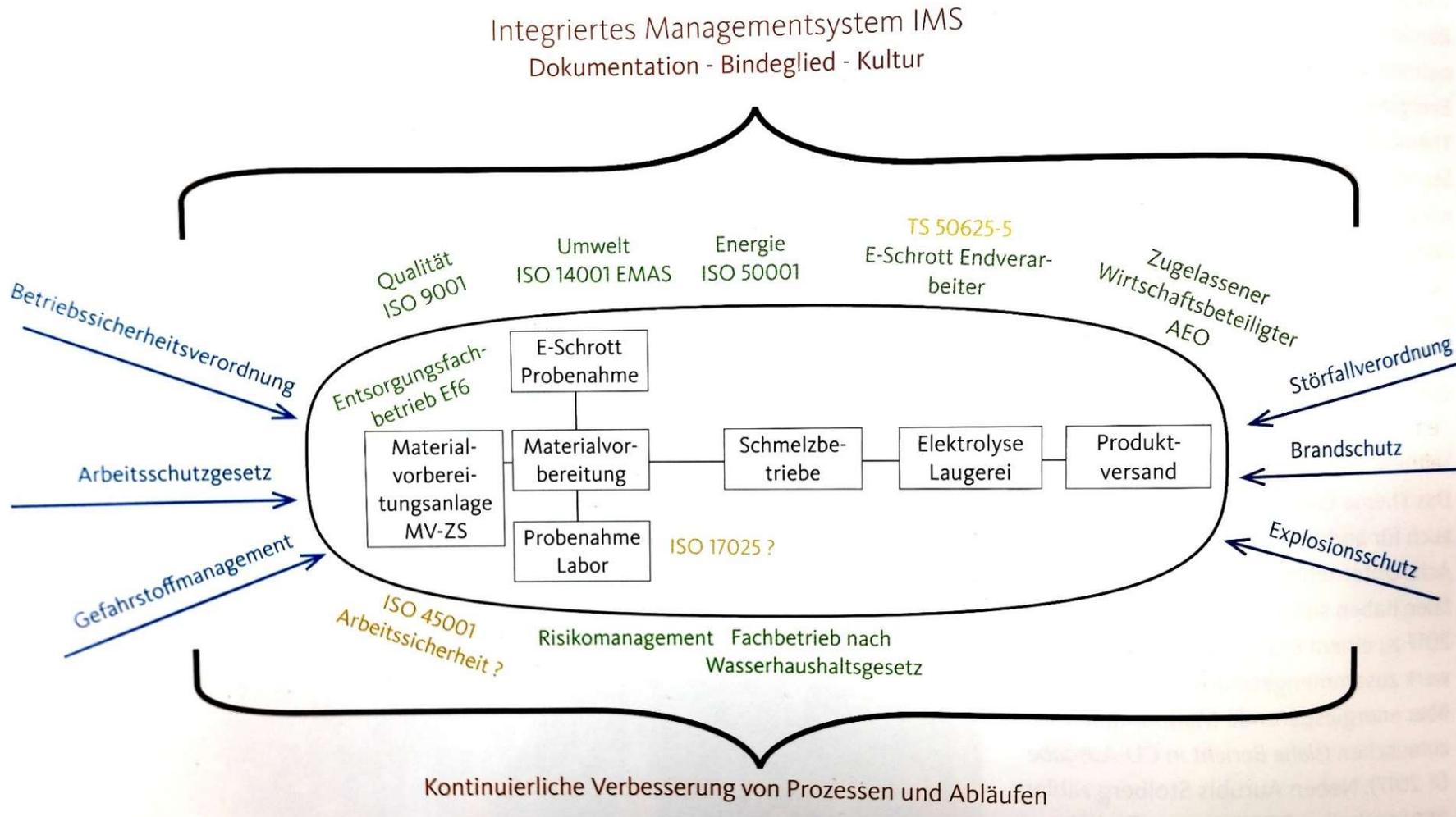
» PCs, Drucker, Kopierer
sonst. schadstoffentfr. Geräte

- » Recyclingquote: 83%
- » Stoffl. Verwertung: 16%
- » Therm. Verwertung: 0%
- » Beseitigung: 1%

» = Eintrag über mechanische
Aufbereitung incl. Sortierung

Die Summe aus Recycling- und Verwertungsquoten
-die Gesamtverwertungsquote- beträgt 99-100%

Das Integrierte Managementsystem Aurubis Lünen ist die Klammer um Verarbeitungsprozesse und Anforderungen aller Stakeholder



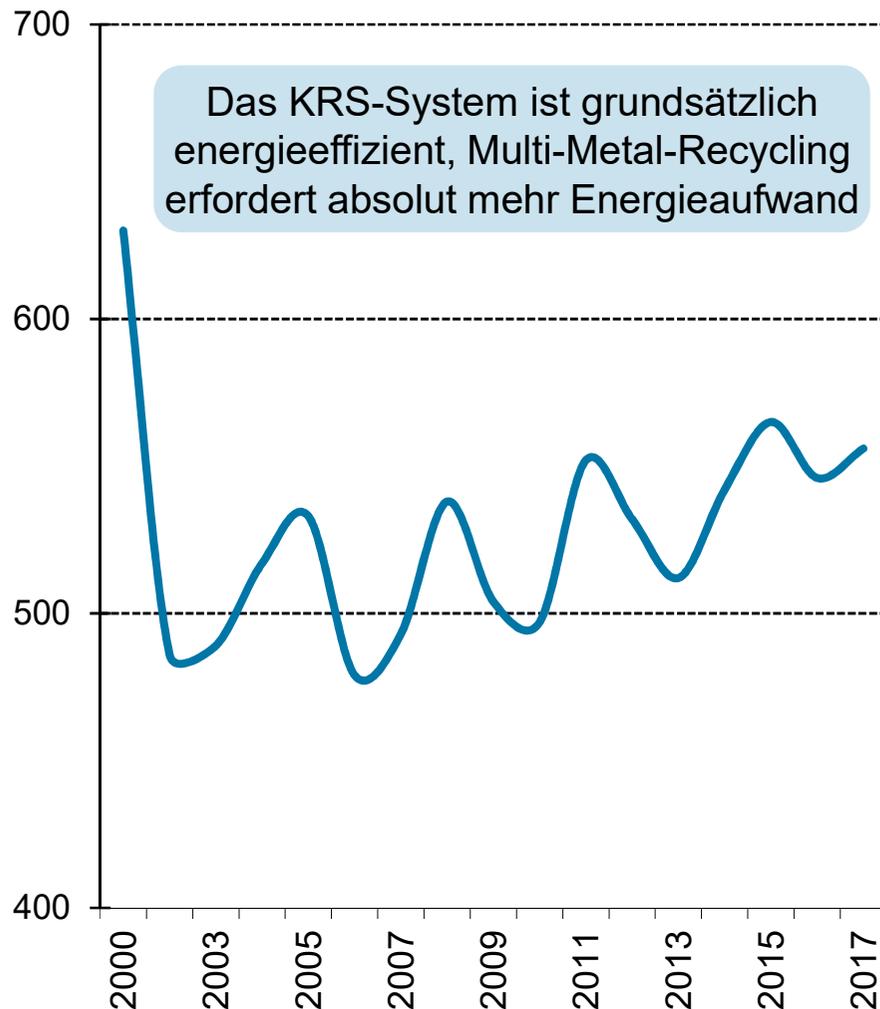
Compliance, Nachhaltigkeit, Kundenaudits ...

Unterschiedliche Perspektiven, ähnliche Fragestellungen, eine Systematik

- » Standortbeschreibung, Umfeld, Geschichte (u.a. Altlasten)
- » Prozessbeschreibung
- » (Umwelt)-Genehmigungen
- » Umwelt-, Arbeitssicherheits- und Gesundheitsmanagement
- » Recycling- und Abfallmanagement
- » Umweltaspekte
 - » Emissionen, Abwasser
 - » Gefahrstoffmanagement incl. Lagerung,
 - » Lärm, Gerüche
 - » Boden- und Grundwasser
 - » Umwelthaftpflichtversicherungen
- » Arbeitssicherheits- und Gesundheitsaspekte
 - » Organisation, Risikoanalysen, Information
 - » Persönliche Schutzausrüstung, Monitoring
 - » Notfallplanung
 - » Unfallstatistik
- » Soziale Verantwortung
 - » Arbeitsverhältnisse, Versicherungen, Kinderarbeit, Ausbildung

Compliance Audits für die Lieferkette und das Recycling – ähnliche Fragestellungen auf Basis von EPEAT, ERP, R2, WEEELABEX

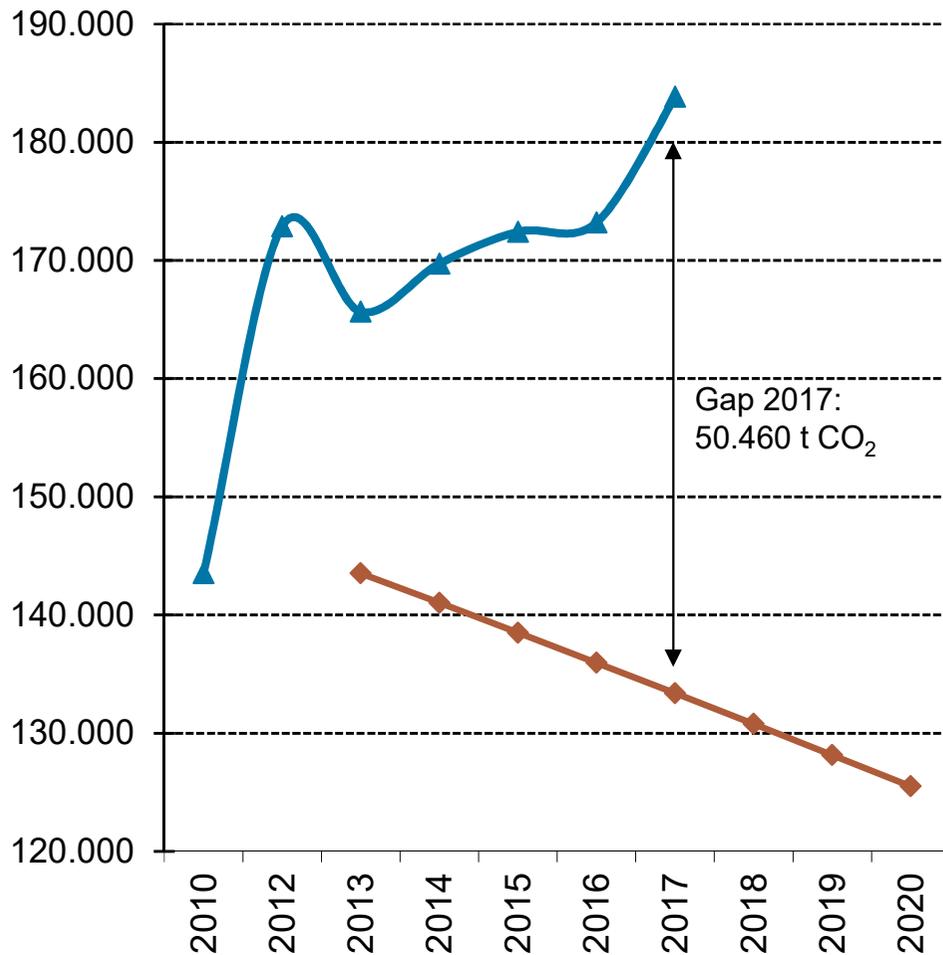
Primärenergieeintrag Werk Lünen (GWh)



- » Der stetig ansteigende Durchsatz von komplexen Sekundärrohstoffen mit niedrigen Kupferinhalten, gleichzeitig aber höheren Begleitmetallinhalten, erfordert einen höheren Energiebedarf als das Raffinieren von “nur” Kupferschrotten
- » Etwa 30 % des Strombedarfs wird für den Umweltschutz aufgewandt, mit steigender Tendenz. Jeder zusätzlich Trenn- und Aufbereitungsschritt erfordert Energie
- » Begleitende Energieeffizienzmaßnahmen, wie z.B. der Betrieb einer 2-stufigen Kondensationsturbine mit Kraft-Wärme-Kopplung können den Trend nur verlangsamen
- » Die Entwicklung aussagekräftiger Energiekennzahlen, welche die Multi-Metall-Gewinnung nachvollziehbar und mit einheitlichem Verständnis abbilden, muss forciert werden



Real and allocated annual CO₂ Emissions in Tonnes



- » Large Recycling Facilities are in Duty of Emission Trade (20 MW Thermal Power)
- » Although Carbon Leakage classified, there is a rising gap between real emissions and Allocation
- » The Energy Equivalent of PCB's replaces equivalent other primary energy sources
- » Multi-Metal-Recovery with rising throughput of low grade complex raw materials reflects increasing energy need and CO₂-Emissions
- » Emission Trade will develop to an additional cost factor processing WEEE fractions including PCB's
- » Metallurgical plants are in Duty of Emission Trade, Waste Incinerators aren't

Approximately 50% of the CO₂ Emission must be seen in context of WEEE materials with high organic contents, such as Printed Circuit Boards

Energetische Bewertung* der Begleitmetallproduktion zur Darstellung des Nutzens von Multi-Metall-Gewinnung

	<u>MJ/kg</u> (primär, spezifisch)	<u>GWh</u> (primär, absolut, bez. auf KJ 2017)	<u>Anteilstfaktor</u> (Lünen, e)	<u>GWh</u> (Lünen)
» Gold	208.000	312	0,75	234
» Silber	3.280	147	0,75	110
» Zinn	321	160	0,85	136
» Nickel	147	60	0,80	48
» Zink	53	160	0,80	128
» Antimon	141	7	0,75	5
Gesamt:		839		661
» Vergleich: Primärenergie Lünen		557		

* eine erste (noch) nicht wissenschaftliche Abschätzung

Die (fiktive) energetische Leistung des Lünen Multi-Metall-Recyclings konnte im Zeitraum 2013-2017 um fast 16 % verbessert werden. Absolut entspricht diese dem Gesamtbedarf des Werks.



„Klimaschutzpotenziale des Metallrecyclings und des anthropogenen Metalllagers“

Bericht im Auftrag von Metalle pro Klima, einer Unternehmensinitiative in der WVMetalle

Darmstadt, Juli 2016

Autoren

Dr. Matthias Buchert, Dr. Winfried Bulach, Dr. Hartmut Stahl
Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

> als 7 Mio. Tonnen CO₂-Einsparung durch Metallrecycling/Jahr

Wachsendes NE-Metalllager

- 2014: 76,5 Mio. Tonnen (950 kg/EW)
- 2050: 130 Mio. Tonnen (1600 kg/EW)

Wachsender Kapitalstock:

- 2014 132 Mrd. € (1.656 Euro/EW)
- 2050: 245 Mrd. € (3.065 Euro/EW)

CO₂-Einsparpotenzial Kompletterschliessung

- 2014: 390 Mio. t
- 2050: 634 Mio. t (ca. 3,9 x CO₂-Emissionen des Verkehrsbereichs)

Primärmetallproduktion aufgrund Leichtbau, erneuerbare Energien, Elektromobilität und beschränkter Schrottverfügbarkeit weiter nötig.

Ansatz



- » **Konsequente Weiterentwicklung der Multi-Metall-Verarbeitungsprozesse** mit Kupfer als Haupt-Trägermetall
- » **Entwicklung minenspezifischer Lösungen** für primäre Rohstoffe in enger Kooperation mit Lieferanten
- » **Entwicklung von Recyclinglösungen** für industrielle Rückstände und „end of life“-Schrotte gemeinsam mit Industriepartnern
- » **Etablierung neuer Vertriebskanäle** für Metalle mit stark wachsender Nachfrage



Ziele

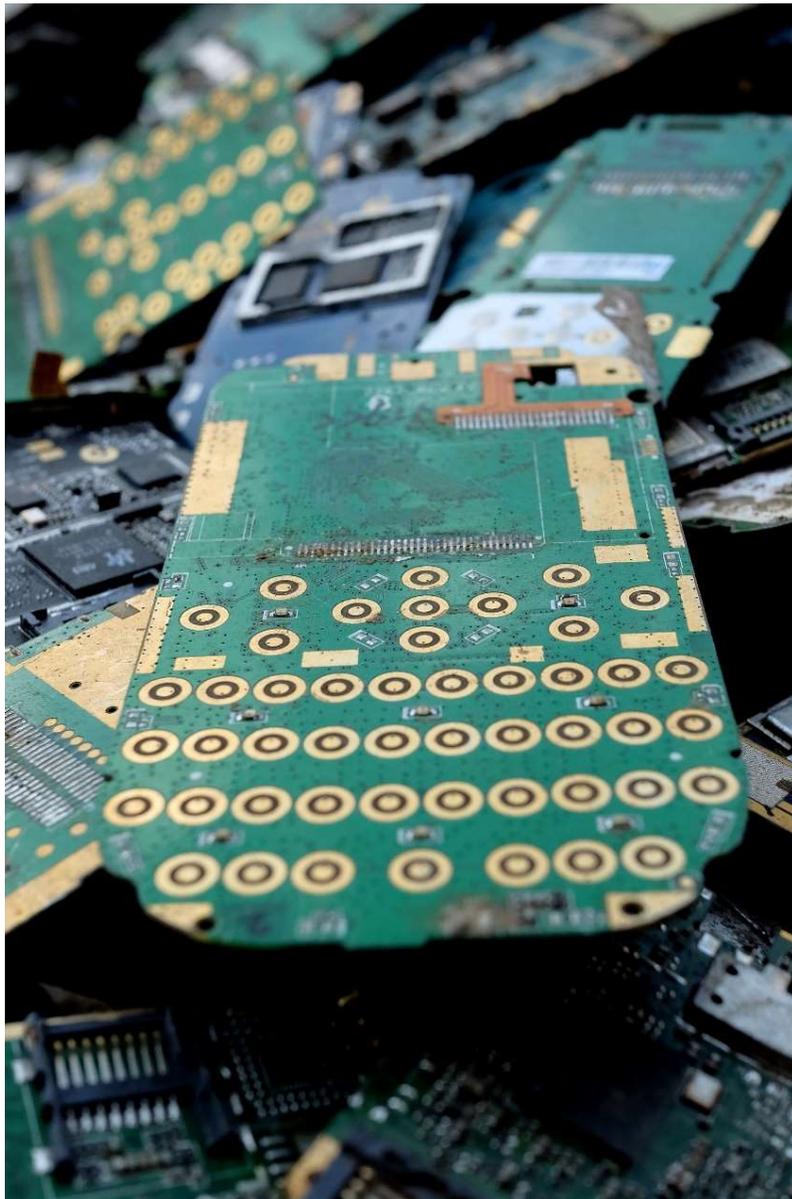


100 % Wachstum
beim Absatz anderer
Metalle (nicht Kupfer)
bis zum GJ 2022/23*

100 %
Mengenwuchs beim
direkten Bezug komplexer
Recyclingmaterialien bis
zum GJ 2022/23*

Etablierung **neuer**
Vertriebskanäle
für Metalle mit
stark wachsender Nachfrage

* Basis: GJ 2016/17



- » **Multi-Metall Gewinnung ist der effektivste Weg** der Rohstoffgewinnung aus primären und sekundären Rohstoffen
- » **Multi-Metall-Gewinnung schafft zusätzliche Synergien** bei der gemeinsamen Aufarbeitung von Stoffströmen aus primärer und sekundärer Herkunft. Solange das Recycling den Rohstoffbedarf nicht deckt, ist nicht ein Weg der grundsätzlich bessere.
- » **Multi-Metall-Gewinnung ist energieeffizient**, ressourcenschonend und reduziert CO₂-Emissionen. Der Nachweis gelingt aber nur bei globaler Betrachtung. Isoliert auf eine Anlage betrachtet, können Energiebedarf und Emissionen ansteigen.
- » **Multi-Metall-Gewinnung schafft bei Compliance und Nachhaltigkeit erheblichen Mehrnutzen.**
- » **Multi-Metall-Gewinnung auf Basis von Kupfer bevorzugt edlere Elemente.** Zur Erweiterung der Trennleistung müssen Separationsvorstufen integriert werden. Die Anreicherung der Elemente sowie der energetische, emissionstechnische und wirtschaftliche Aufwand sind dabei in einen besonderen Fokus zu setzen.

A decorative geometric pattern on the left side of the slide, composed of various colored triangles (blue, brown, gold, grey) arranged in a complex, overlapping structure.

Kupfer und mehr - Multi-Metall-Gewinnung bei Aurubis

*Andreas Nolte
Aurubis AG Lünen
Integrated Management Systems
Public Recycling Affairs*

A smaller version of the decorative geometric pattern from the left side, located at the bottom right of the slide.
