

Herausforderungen an das Metallrecycling im All Metals Age

Andreas Nolte

Leiter Environment, Risk and Energy Aurubis AG, Lünen

REWIMET Symposium 2021 Ressourcenmanagement

25. – 26.08.2021 Clausthal Zellerfeld



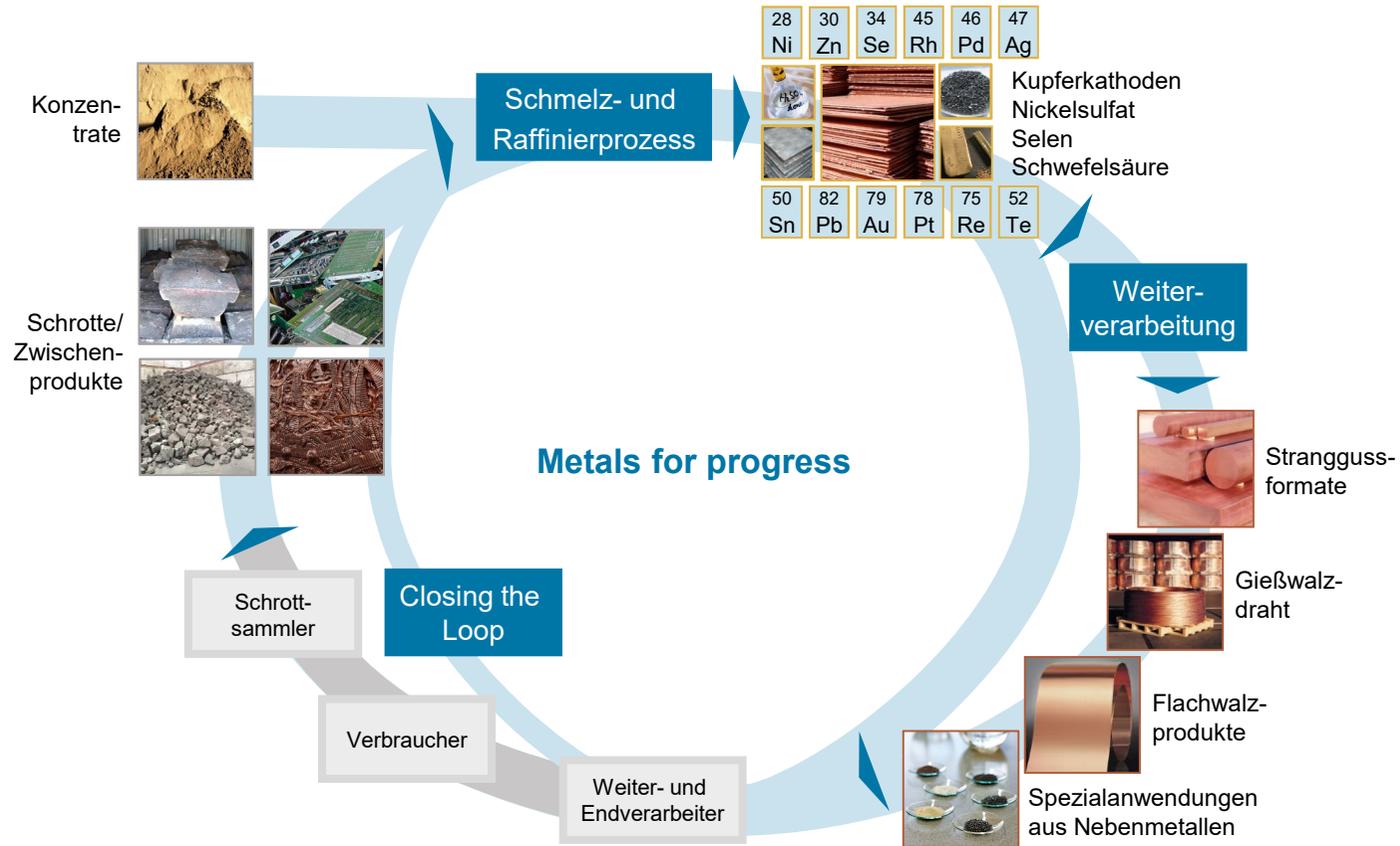
1. All Metals Age und CE
2. Was ist (Metall-) Recycling?
3. Recycling@Aurubis
4. Recycling Statements



All Metals Age? Ist das übertrieben?

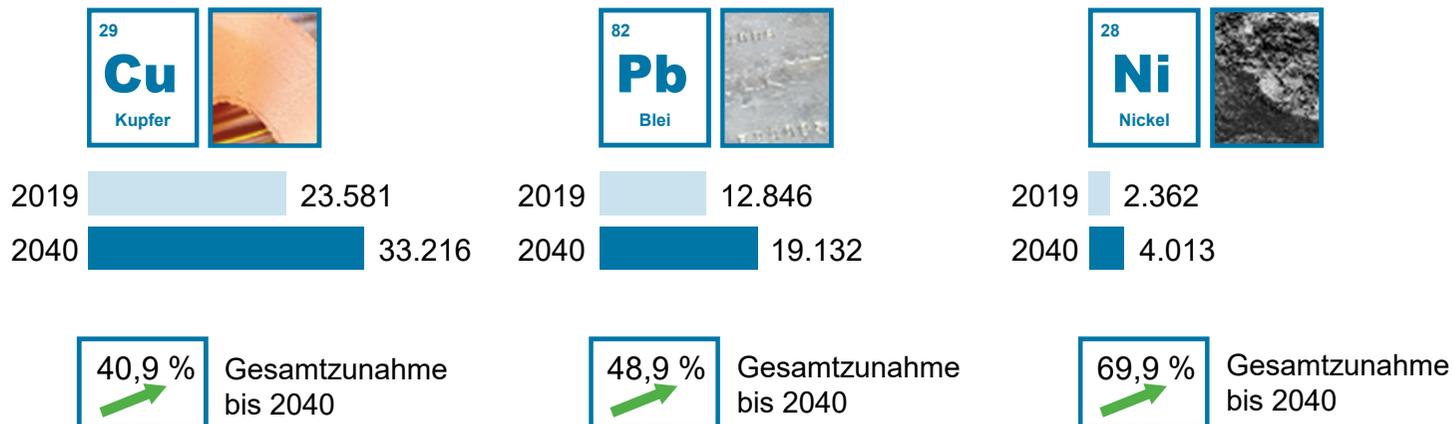
- » Rund 80 % (95 der bislang 118 bekannten Elemente) sind Metalle
 - » Somit geht an Metallen eh kein Weg vorbei
- » Metalle sind seit dem Bronzezeitalter nicht mehr aus unserem Alltag wegzudenken
- » Metalle bestimmen technische Funktionen sind aber auch als Hilfsmittel wie z.B. als Katalysator genutzt
- » Vorkommen, Gewinnung, Bedarf, Anwendungen, Zweck sind aber höchst verschieden
- » Der Einsatz von Metallen in Zukunftstechnologien ist gekennzeichnet durch hohe Anzahl genutzter Metalle, Komplexität der Verbauung (auch mit Nicht-Metallen) und teils dissipative geringer Verwendung in ihren Anwendungen
 - » Die Aufgabe Recycling und Circular Economy von Metallen ist somit absolut nicht trivial

Aurubis: Multimetall-Schnittstelle für Produktion und Recycling



Und die Nachfrage steigt. Klimawandel. Energiewende. Mobilitätswende.

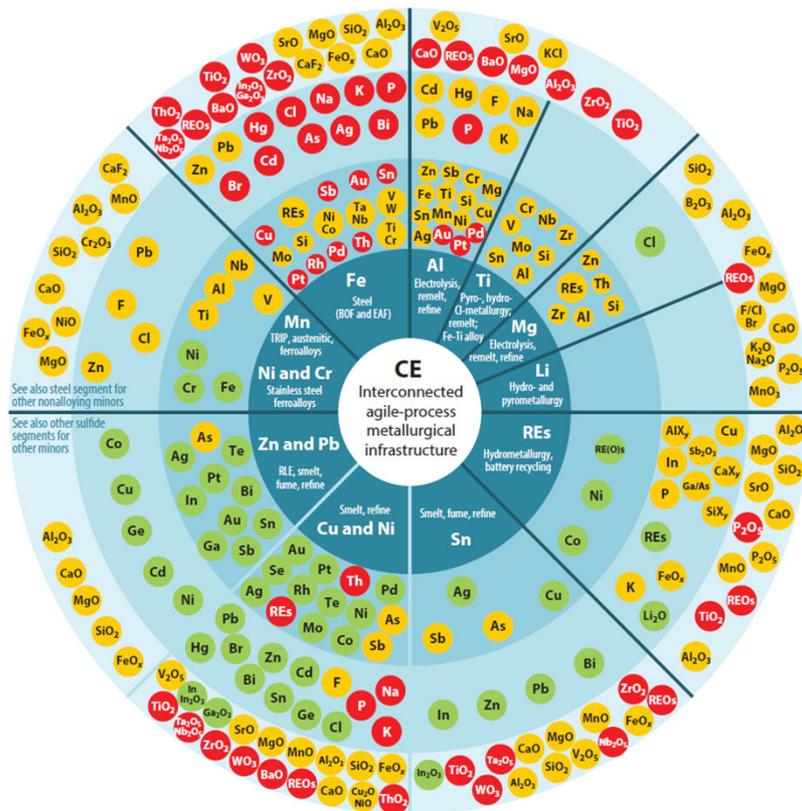
Wachsende Metallnachfrage bis 2040 (in Tsd. T)



Quelle: Wood Mackenzie 2019

Mobilität, Luft- und Raumfahrt; Digitalisierung, Industrie 4.0; Energietechnologie, Dekarbonisierung; Kreislauf- und Wasserwirtschaft; Strom- und Datennetzwerke

Das Metallrad: Visualisierung der Recyclingfähigkeit von Metallen aus Multimetal-Systemen



Quelle: Prof. Dr. Markus Reuter



Die Basis-Metallsektoren stellen die Circular Economy der Metalle sicher. Gelöste Metalle im Carrier-Metall sind durch pyro- und hydrometallurgische Verfahren abtrennbar.

Das theoretische Potenzial der Metallrückgewinnung wird (noch) nicht genutzt



- » Für die wesentlichen Metalle wie Fe (Stahl), Al, Cu, Pb, Zn und Edelmetalle gibt es eine **Vielzahl von etablierten** (ökologisch und ökonomisch) **Verfahren**
- » **Metall-Recycling-Verfahren der Basismetalle** bzw. auf Grundlage von Basismetallen ist Multimetall-Recycling
- » Aber: Das **theoretische Potential der Metallrückgewinnung wird nicht genutzt**
 - » Fokussierung und Gewinnung der „Low-Hanging-Fruits“
Wobei die Früchte schon heute recht hoch hängen und die Metallurgie recht anspruchsvoll ist
 - » Es gibt gute Gründe für diesen etablierten Stand der Technik
Thermodynamik und Chemie, Design von Geräten
- » Gleichzeitig ist die **Erfassung, Sammlung und Aufbereitung** von metallischen Materialien aus EoL absolut unbefriedigend.
(z.B. Sammelquote bei E-Schrott ca. 45 %)
- » **Logistik von Entfallstelle bis End-Verwerter** – Scope-3-Emissionen sind nicht vernachlässigbar



1. All Metals Age und CE
2. Was ist (Metall-) Recycling?
3. Recycling@Aurubis
4. Recycling Statements



Was ist Kreislaufwirtschaft? Ist Abfallwirtschaft = Kreislaufwirtschaft?

KrWG §3 Begriffsbestimmungen

- » Kreislaufwirtschaft im Sinne dieses Gesetzes sind die **Vermeidung und Verwertung von Abfällen**
- » **Vermeidung** im Sinne dieses Gesetzes ist jede Maßnahme, die ergriffen wird, bevor ein Stoff, Material oder Erzeugnis zu Abfall geworden ist, und dazu dient, die Abfallmenge, die schädlichen Auswirkungen des Abfalls auf Mensch und Umwelt oder den Gehalt an schädlichen Stoffen in Materialien und Erzeugnissen zu verringern. Hierzu zählen insbesondere die anlageninterne Kreislaufführung von Stoffen, die abfallarme Produktgestaltung, die Wiederverwendung von Erzeugnissen oder die Verlängerung ihrer Lebensdauer sowie ein Konsumverhalten, das auf den Erwerb von abfall- und schadstoffarmen Produkten sowie die Nutzung von Mehrwegverpackungen gerichtet ist.
- » **Verwertung** im Sinne dieses Gesetzes ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen. Anlage 2 enthält eine nicht abschließende Liste von Verwertungsverfahren.
- » **Abfallhierarchie: Re-Use - Re-Cycling - Re-Covery - Beseitigung**



Was ist Recycling?

KrWG §3 Begriffsbestimmungen

- » Recycling im Sinne dieses Gesetzes **ist jedes Verwertungsverfahren**, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

Frage: Was soll man in diesem Zusammenhang unter

Up-Cycling
Down-Cycling
funktionalem/nicht funktionalem

Recycling verstehen?

Recycling im Sinne des KrWG sind in erster Linie Verwertungsverfahren

Verstehen wir alle das Gleiche unter „Recycling“? Wo ist „Recycling“ zu Ende?

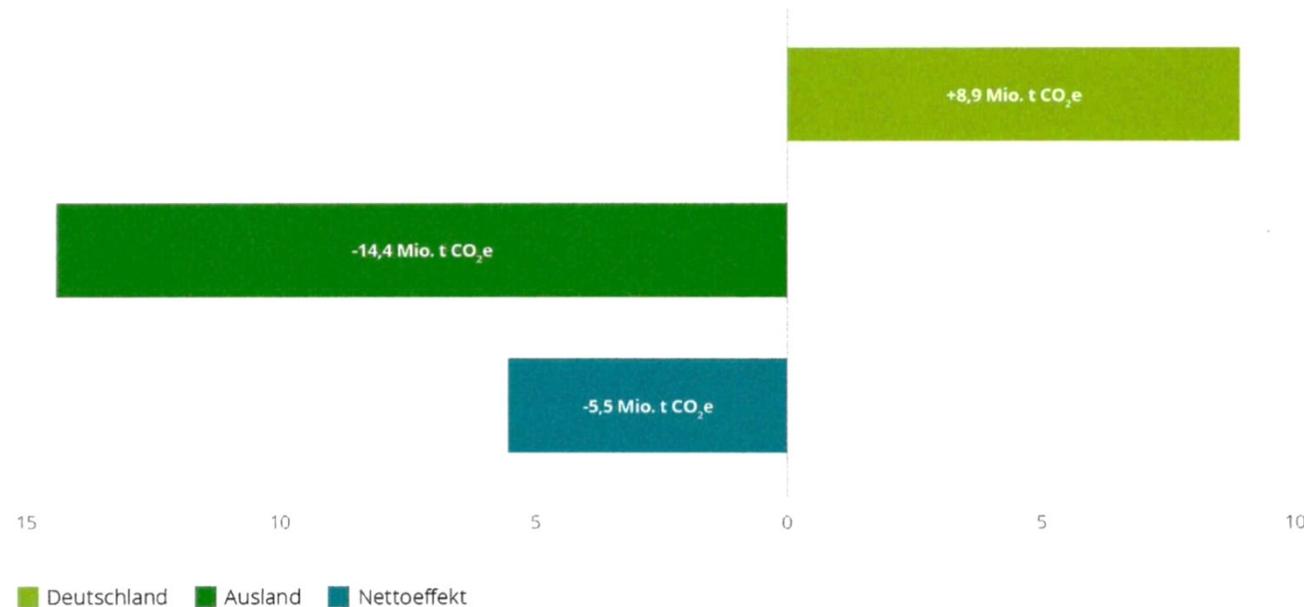


- » **End of Waste** (Definition u.a. für Kupfer, Aluminium...)
- » Universell einsetzbare **Commodity** (Reinzinn, Kupferkathode) bzw. Basischemikale (Metallsalz)
- » Und was ist mit **Rezyklaten**?
 - » **Rezyklate** im Sinne dieses Gesetzes [KrWG] sind sekundäre Rohstoffe, die durch die Verwertung von Abfällen gewonnen worden sind oder bei der Beseitigung von Abfällen anfallen und für die Herstellung von Erzeugnissen geeignet sind
 - » **Sekundärrohstoff**: Werk-, Hilfs- oder Betriebsstoff, der durch Aufbereitungsvorgänge aus stofflichen Rückständen von Produktion oder Konsum gewonnen wird [Gabler Lexicon]
 - » Zumindest diese Definition scheint nicht präzise genug zu sein um den Endpunkt von Recyclingprozessen festzulegen
- » Warum ist eine präzise Definition so wichtig?
 - » Sprachlich: Gemeinsames Verständnis
 - » Bilanzen: Endpunkt von Recyclingprozessen bestimmt alle Bilanzierungen für Energie, CO₂, sonst. Umwelteinflüsse ...



Recycling hier, bei uns, bedeutet: Emissionen werden hier „freigesetzt“

Umwelteffekte einer stärker zirkulären Wirtschaft pro Jahr nach Region: Treibhausgase



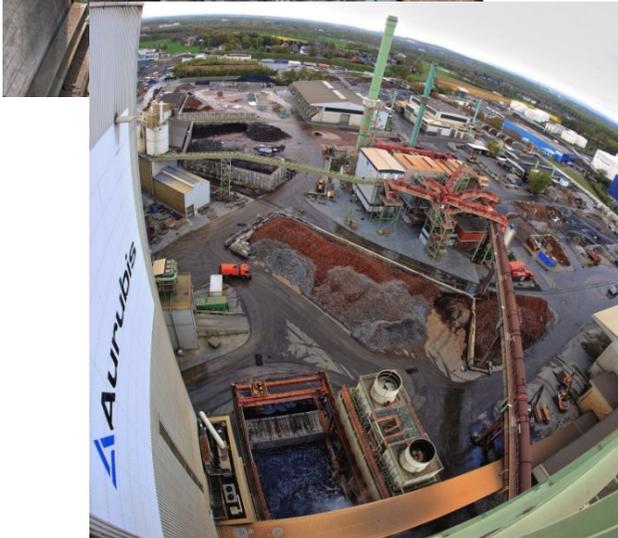
Studie zirkuläre Wirtschaft Deloitte und BDI

Recycling gibt es energetisch nicht zum Nulltarif. Wer Recycling „hier“ fordert, muss ein Mindestmaß an Energiebedarf und Emission „hier“ akzeptieren



1. All Metals Age und CE
2. Was ist (Metall-) Recycling?
3. Recycling@Aurubis
4. Recycling Statements

Aurubis Recycling steht für



- » Best verfügbare Technologie
- » Hohe Ausbringungs- und Verwertungsraten
- » Multimetall-Recycling
- » Effizienter Einsatz und Nutzung von Energie
- » Nachhaltigkeit
- » Gesetzeskonformität (“Compliance”) und Auditierbarkeit
- » Faire Bewertung von Rohstoffen auf Basis etablierter Verfahren
- » Dienstleister sowohl für Erst- und Weiterbehandler als auch für industrielle Entfallstellen

» **Kupferroute „Direct Melt“** zu Produkten

- » Sortenreine Rücklaufschrotte direkt zu Gießdraht/Strangguss
- » 85-90 % Energieersparnis gegenüber primärer Erzeugung; „nur“ 1x Schmelzen, ohne Elektrolyse

» **Kupferroute zu Kupferkathoden**

- » Primäre Prozesse HH und Pirdop; Im Wesentlichen Kühleisenschrott von Nr2 Qualität; Nutzen der exothermen Prozesswärme im Konverter
- » Sekundärer Prozess in Olen; Schwerpunkt Nr2 Schrott incl. Schmelzen, Raffinieren, Elektrolyse
- » Sekundäre Prozesse in Beerse, Berango, Lünen; Schwerpunkt komplexe Low Grade Materialien; aufwändige, mehrstufige Raffination als Basis zur Multimetall-Gewinnung

» **Bleiroute**

- » Einsatz von bleihaltigen Materialien in der Sekundärhütte/Bleiraffination HH und Beerse

» **Edelmetallroute**

- » Direkteinsatz von z.B. Scheidgütern in der Edelmetallhütte HH

» **Zinnroute**

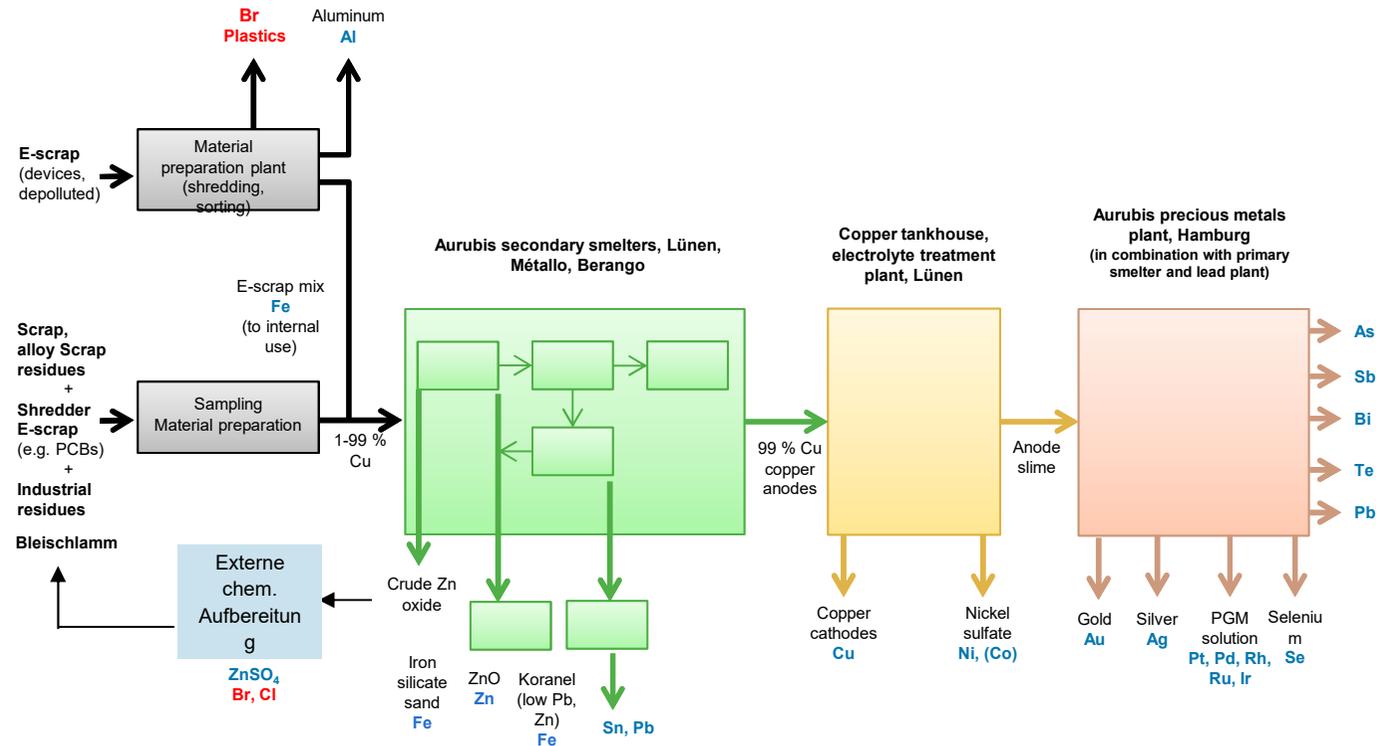
- » Einsatz von zinnhaltigen Sekundärrohstoffen in Beerse

» **Antimonroute**

- » Einsatz von antimonhaltigen Rohstoffen in der Sekundärhütte/Bleiraffination HH

Das Aurubis Hüttenetzwerk bietet unterschiedliche Schwerpunkt-Routen der Metallgewinnung an. Synergien werden durch „Austausch“ von Zwischenprodukten innerhalb des Netzwerkes genutzt.

Aurubis Multimetall-Gewinnung bringt bis zu 20 Metalle/ Halbmetalle in Produkten/Zwischenprodukten aus



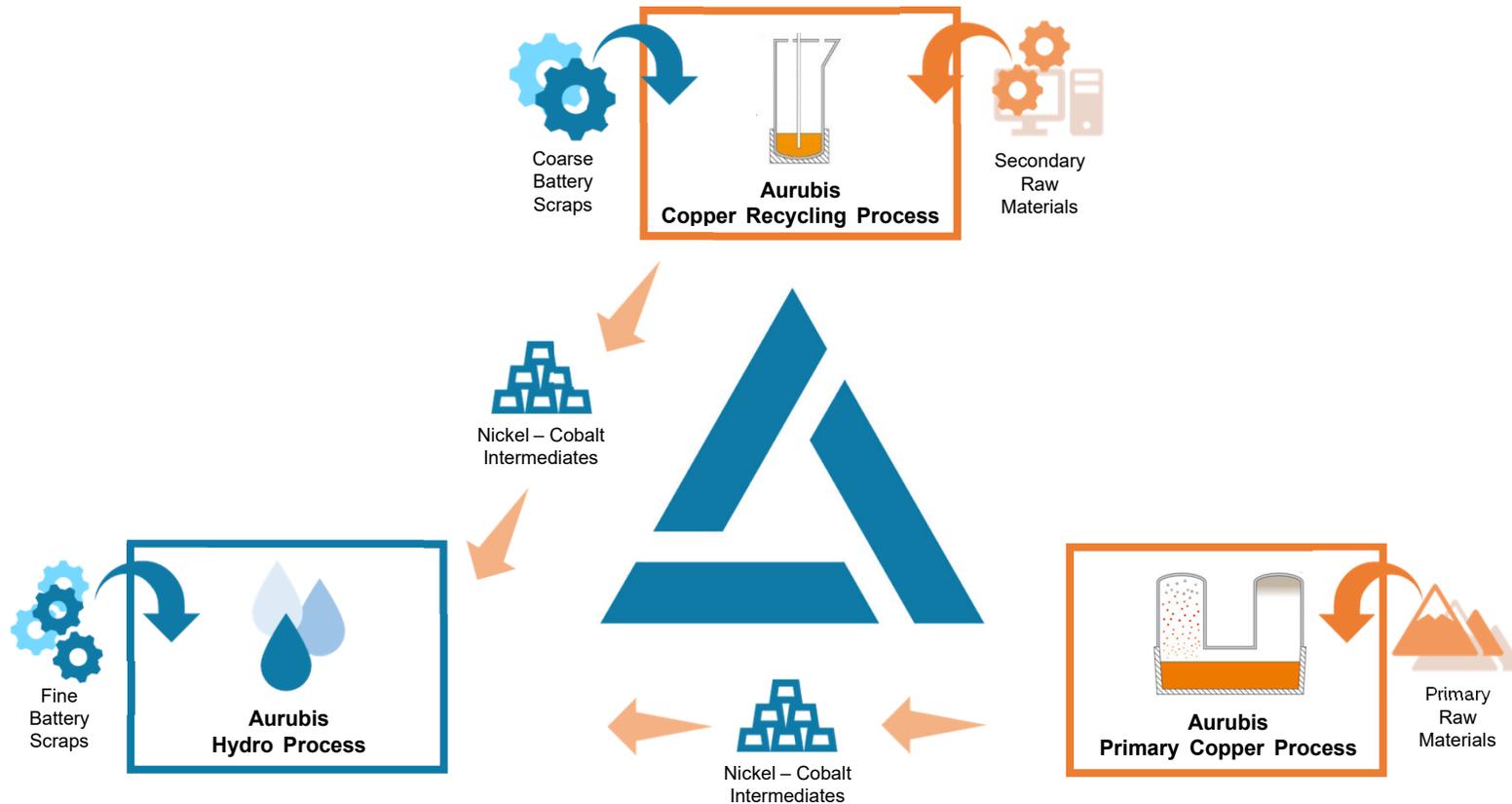
Materialvorbereitung, Probenahme, Raffination – Schritt auf Schritt Scheiden der Elemente entlang der chemischen Wertigkeit mit Aurubis` integriertem Verfahrensablauf

Kreislaufschließung innerhalb „der Branche“ – Beispiel eines Rohstoffverbundes zwischen der Aurubis AG und der Grillo Werke AG



Gerade auch im Metallrecycling ist die Verzahnung mit anderen, spezialisierten Unternehmen aus Chemie und Metallurgie wichtig. Kaum ein Unternehmen kann „**Alles**“ zu Ende Recyceln

Zukünftige Aurubis Landkarte für nachhaltige und effiziente Verarbeitung von Batterieschrott-Materialien





1. All Metals Age und CE
2. Was ist (Metall-) Recycling?
3. Recycling@Aurubis
4. Recycling Statements



- » **Verbundwerkstoffe** erfordern neue/alternative Trenn- und Aufbereitungsverfahren (mechanisch und chemisch)
 - » „Design for Recycling“ muss eine größere Rolle spielen
- » Das anthropogene Lager besteht aus **Werksstoffkombinationen der Vergangenheit**
 - » Metall-Recycling muss diese für aktuelle Anwendungen aufarbeiten
- » **Koppel-, Begleit- und Nebenprodukte brauchen Märkte**
- » Steigerung der Metallausbeute bei geringem Energie- und Ressourceneinsatz; **Klimaneutralität**
- » Metall-Recycling ist oft energie-intensiv. Es braucht verlässliche **Rahmenbedingungen**
- » Es gibt kein Level-Playing-Field mit verlässlichen, weltweiten **Standards für Metall-Recycling**



- » **Unstimmige Gesetzgebung** mit oft gegenläufigen Zielsetzungen erschweren eine zirkuläre Metall-Kreislaufwirtschaft
 - » Ressourceneffizienz, Ressourcenschutz
 - » Rohstoffsicherung
 - » Transparente Lieferkette (kritische Rohstoffe)
 - » Abfallmanagement incl. Transporte, Lagerung....
 - » Betreiber-Zuverlässigkeit
 - » Umwelt- und Klimaschutz
 - » Design for Recycling
 - » Stoff(verbots)Politik, CLP, REACH, ROHS
- » **Planbarkeit von Mengen und Qualitäten** aus dem anthropogenen Lager ist äußerst schwierig



» Weiterentwicklung von metallurgischen Prozessen

- » Autotherme Prozesse auch mit Al, Fe, Si als Energieträger und Reduktions- bzw. Entschwefelungsmittel, CO₂-frei
- » E-Metallurgie im Gleichschritt mit grüner Stromerzeugung
- » Prozesssynergien mit Carbon-to-Chem, KWK, H₂-Technologie

» Weiterentwicklung von Trenn- und Sortierprozessen

- » Bei Neuschrotten: Selektives Entfernen von Beschichtungen (Zinn, Zink, Nickel, Chrom...) und auch Kunststoffen
- » Separationstechniken auf Basis von
 - XRF Röntgenfluoreszenz
 - XRT Röntgentransmission
 - LIBS Laserinduzierte Plasma-Spektroskopie
 - NAA Neutronen Aktivierungsanalyse

» Integrierte und Branchenübergreifende Recycling-Dienstleistungskonzepte (Bündelung)

- » Wir brauchen **begeisterte Menschen**, welche diese anspruchsvolle Grundstoffindustrie voranbringen wollen (und sich nicht zu schade sind, „vor Ort“ die Hände schmutzig zu machen)

Was ist Voraussetzung für heutige und zukünftige Metall-Recyclingprozesse?



- » Insbesondere im Bereich NE-Metallrecycling braucht es eine **Basismetallindustrie**
- » Komplexe EoL-Fractionen benötigen ein **tiefes metallurgisch-chemisches Wissen** um die richtige Technologie, den richtigen Einsatzort festzulegen um in jeder Hinsicht effizient zu recyceln
- » Das Modell des geschlossenen Kreislaufs darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die die Aufbereitung und Trennung der Stoffe **Energie benötigt**
- » Unsere Vorstellung von Recycling und Circular Economy basiert auf dem Verständnis die Stoffe/Metalle in die **Reinheit bzw. Qualität** zurückzuführen um wieder neue High-Tech-Produkte herzustellen
- » Erhebliche Potentiale stecken auch in **Bündelungslogistik und Bündelungsmetallurgie**. Das kann in Einzelfällen auch mit wettbewerbsrechtlichen Themen „kollidieren“

Verstehen wir alle das Gleiche unter „Recycling“? (2)



- » Was ist die **Bilanzgrenze für Recycling**?
- » Gibt es ein Optimum? **Was ist 100%**?
- » Einsatz **zum gleichen Zweck**? (Dose zu Dose)
- » Was ist in diesem Kontext eine **Recycling-Quote**?
- » Sind Vorgaben für **Recycled-Content** in Produkten „immer“ sinnvoll und zielführend?
- » Reicht die **Basis-Metall-Commodity**? (Kupfer-Kathode)
- » Wo fängt „**Down-Cycling**“ an? Definition?
 - » Bei der „abgekürzten“ Herstellroute von Legierungen (ohne vorher Reinstmetalle hergestellt zu haben)
 - » Sind alle Legierungen technisch notwendig oder werden Legierungen „erfunden“ um qualitativ weniger hochwertiges Recycling zu promoten?
 - » Aber auch z.B. die Nutzung von Fe als CO₂-freies Reduktionsmittel in der Kupfermetallurgie

Aurubis Multimetall-Produktion: Essenzieller Teil von Circular Economy im All metals Age



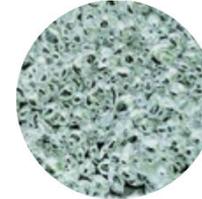
Kupfer



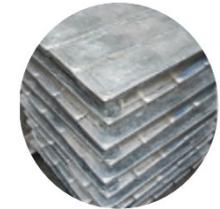
Gold



Silber



Blei



**Multimetall-
Ausbringen**

- » ist der effektivste Weg des Metallausbringens, auch für komplexe Materialien
- » schafft zusätzliche Synergien: energieeffizient, ressourcenschonend und CO₂-mindernd
- » Steht für erheblichen Mehrwert

Zink



Nickel

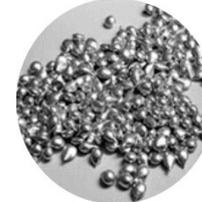


PGM

Platin
Osmium
Iridium
Ruthenium
Rhodium
Palladium



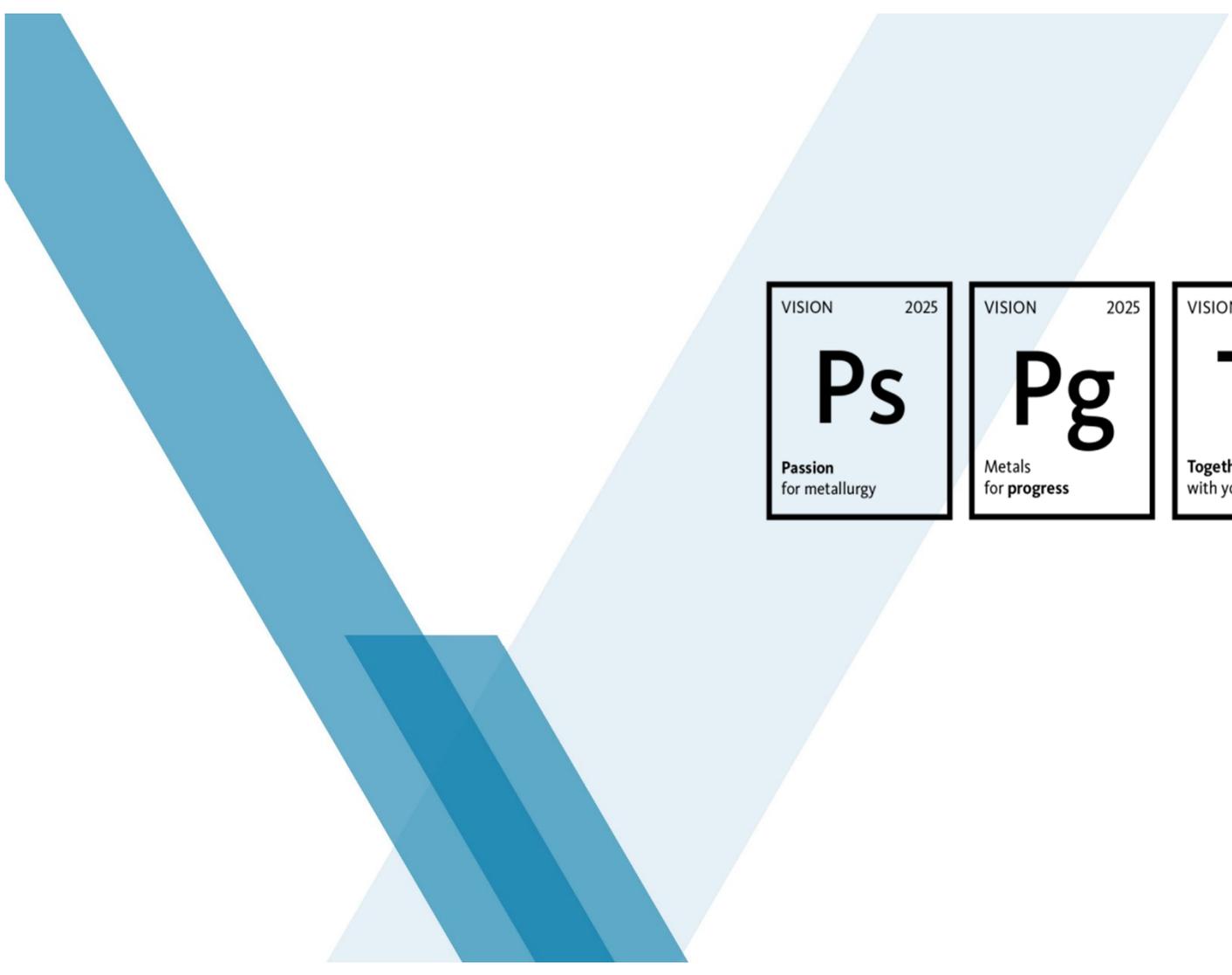
Zinn



Nebenmetalle

Selen
Tellur
Rhenium
Antimon
Wismut





VISION 2025
Ps
Passion
for metallurgy

VISION 2025
Pg
Metals
for **progress**

VISION 2025
Tg
Together
with you