

Rohstoffsicherung durch Recycling

– Chancen, Herausforderungen & Grenzen

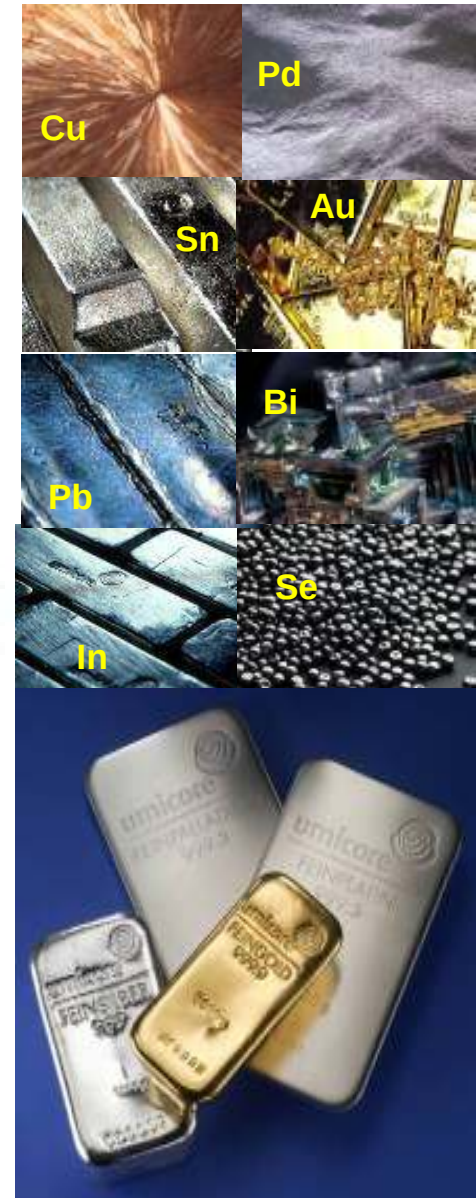


Dr. Christian Hagelüken
Umicore, Hanau

Sind wir die „Raupe Nimmersatt“ mit unstillbarem Rohstoffhunger?



- Gibt es genug von diesen Rohstoffen?
- Welche „Risiken & Nebenwirkungen“ sind mit Ihrem Abbau verbunden?



Beispiel Elektronik – die Masse macht's

Weltweite Verkäufe 2010

a) Mobiltelefone

1600 Mio. Stück/a

X 250mg Ag $\approx$ 400 t Ag

X 24 mg Au $\approx$ 38 t Au

X 9 mg Pd $\approx$ 14 t Pd

X 9 g Cu $\approx$ 14.000 t Cu

1600 Mio. Li-Ion Akkus

X 3,8 gCo $\approx$ 6100 t Co



b) PCs & Laptops

350 Mio. Stück/a

X 1000mg Ag $\approx$ 350 t Ag

X 220 mg Au $\approx$ 77 t Au

X 80 mg Pd $\approx$ 28 t Pd

X ~500 g Cu $\approx$ 175.000 t Cu

~180 Mio Li-Ion Akkus

X 65 gCo $\approx$ 11.700 t Co



a+b) "Urban mine"

Minenproduktion / Anteil

Ag: 21.000 t/a $\blacktriangleright$ 4%

Au: 2.500 t/a $\blacktriangleright$ 4%

Pd: 220 t/a $\blacktriangleright$ 19%

Cu: 18 Mt/a $\blacktriangleright$ <1%

Co: 75.000 t/a $\blacktriangleright$ 23%



Kumulierte weltweite Handy-Verkäufe bis 2010: 10 Mrd. Stück!

Viele weitere Elektronikanwendungen (& Autos!) kommen dazu

Viele weitere Technologiemetalle enthalten $\rightarrow$ großer Gesamtbedarf

Metallwert pro Handy $\sim$ 1 € $\Rightarrow$ nur geringer ökonomischer Anreiz für das Recycling



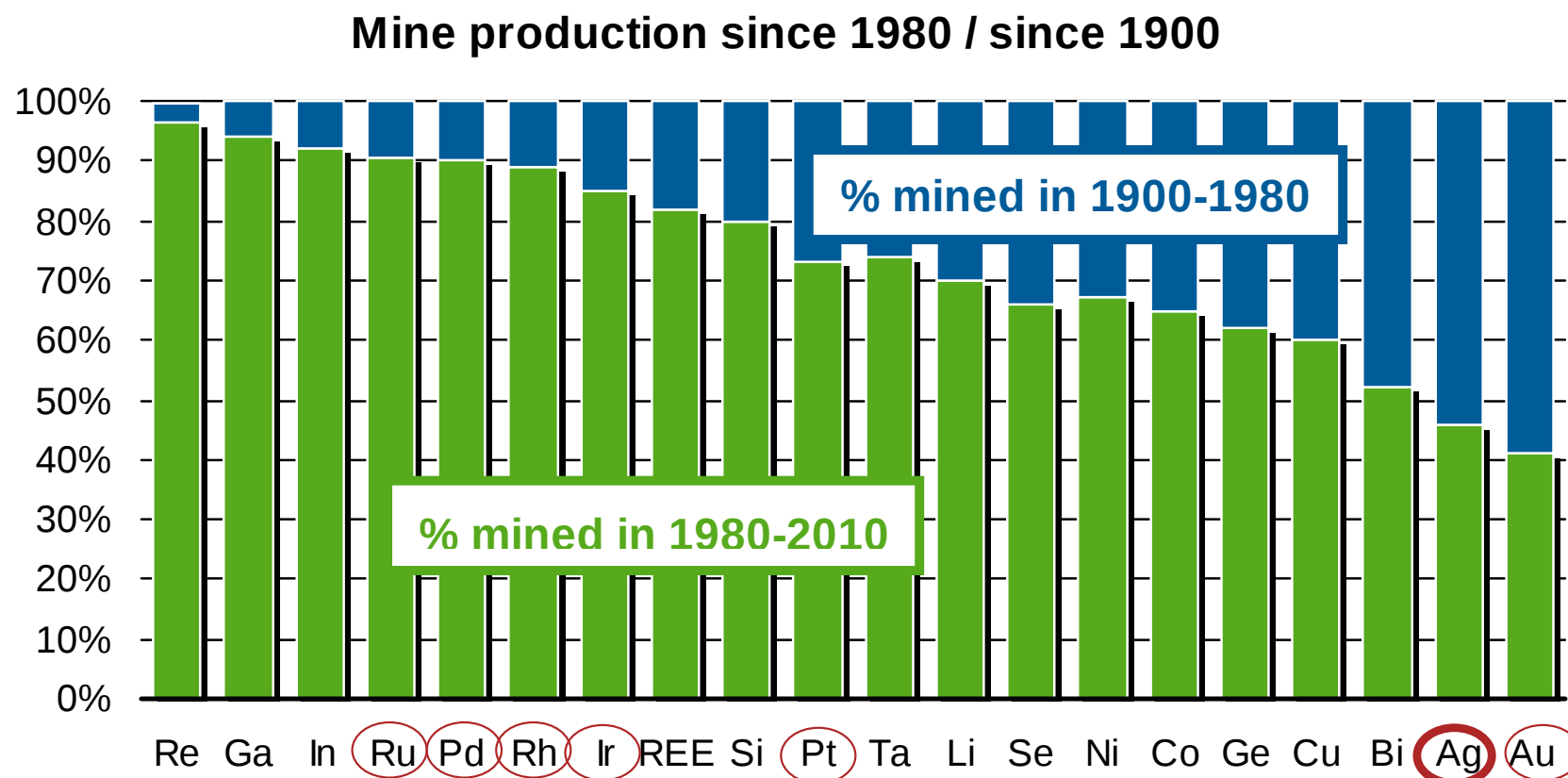
Technologiemetalle - Schlüssel für High-Tech & Clean-Tech ➡ Konkurrenz um Rohstoffe?

	Bi	Co	Ga	Ge	In	Li	REE	Re	Se	Si	Ta	Te	Ag	Au	Ir	Pd	Pt	Rh	Ru
Pharmaceuticals																			
Medical/dentistry																			
Super alloys																			
Magnets																			
Hard Alloys																			
Other alloys																			
Metallurgical*																			
Glass, ceramics, pigments**																			
Photovoltaics																			
Batteries																			
Fuel cells																			
Catalysts																			
Nuclear																			
Solder																			
Electronic																			
Opto-electric																			
Grease, lubrication																			

* additives in smelting, ..., plating. ** includes Indium Tin Oxide (ITO) layers on glass

Nachfrageboom „Technologiemetalle“

- Hauptförderung erst in den letzten 3 Dekaden

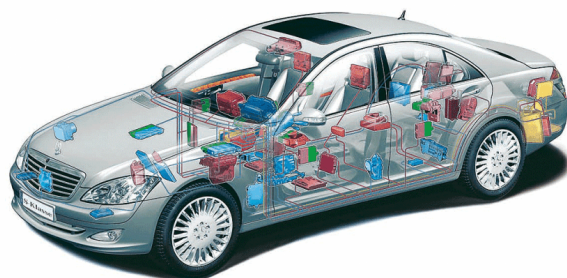


Große Teile dieser Förderung sind noch in der „Technosphäre“ gebunden.

Beispiel Auto – Einfluss auf Metallnachfrage



Globale Verkäufe 2008 (2009)
52,2 (50,9) Mio.
Bestand ~ 1,3 Mrd.



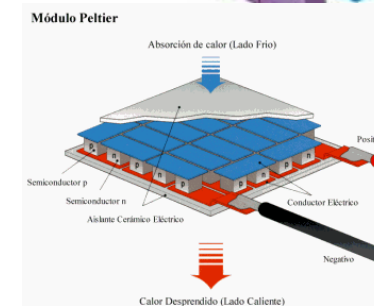
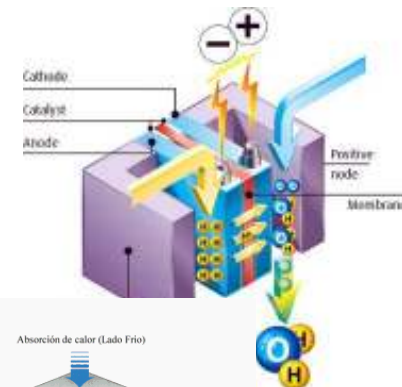
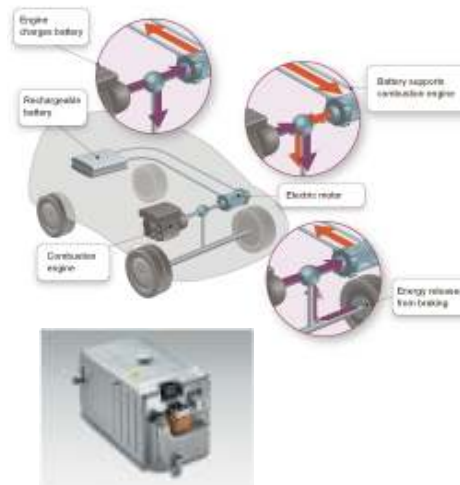
Moderne Fahrzeuge: steigender Bedarf an
Technologiemetallen (Elektronik, EV/HEV, ...)

Metallnachfrage Automobilindustrie		
	in 1000 t/a	Anteil an Primärproduktion**
Stahl	100 000	10%
Al	7 300	30%
Pb*	7 000	170%
Cu	1 900	12%
Ni	140	10%
...		
Pt	0,12	65%
Pd	0,14	>60%
Rh	0,03	110%
2008 Daten (gerundet)		
* Einsatz in Bleiakkus (v.a. im Auto)		
Pt, Pd, Rh v.a. im Kat		
** > 100% = zusätzl. Versorgung aus Recycling		

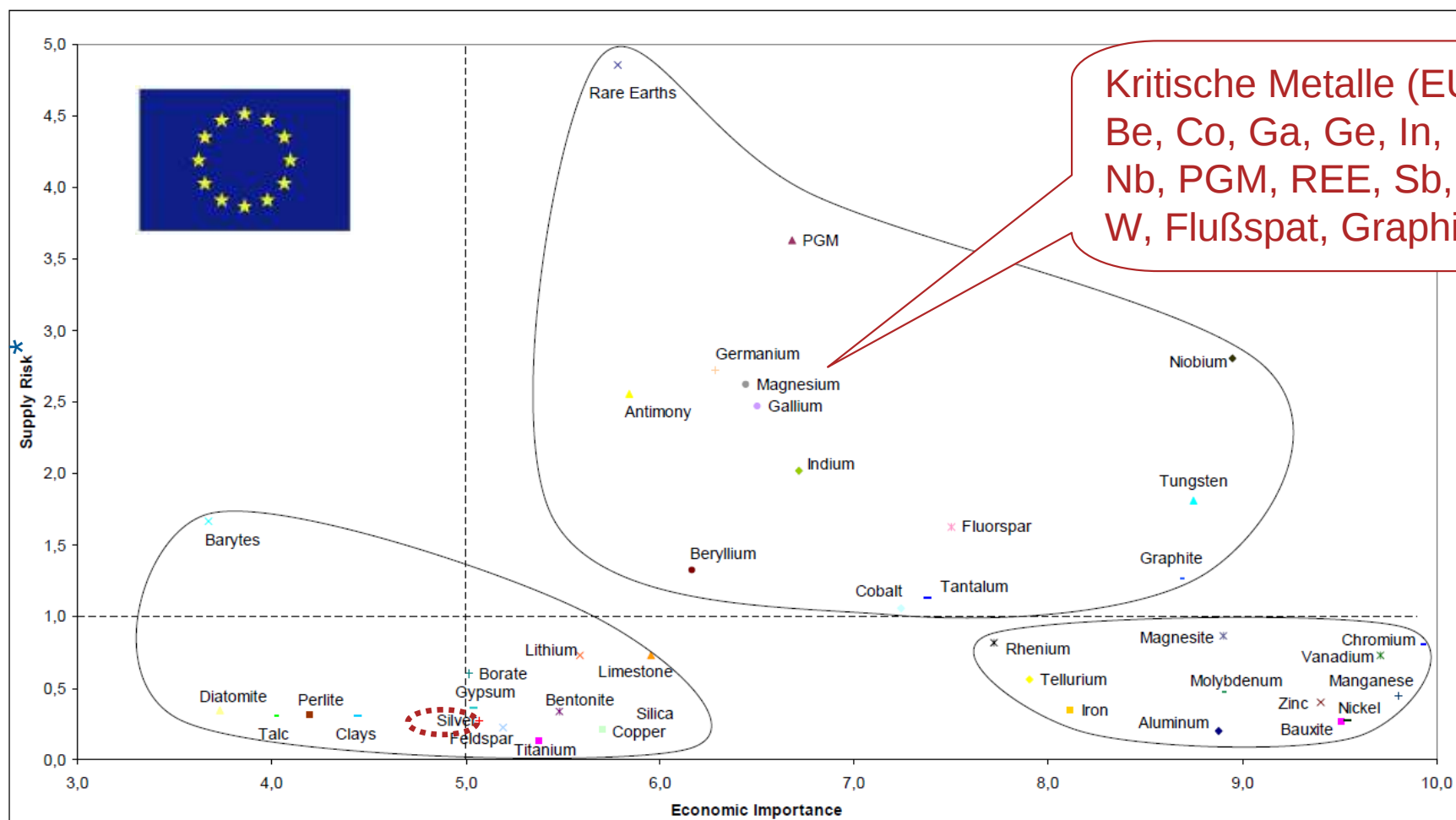
Zukunftstechnologien beschleunigen die Nachfrage

Beispiele:

- **Elektro- /Hybridfahrzeuge:**
Co, Li, Seltene Erden, Cu
- **Brennstoffzellen:**
Pt, (Ru, Pd, Au)
- **Thermoelektrik, Opto-Elektronik, LEDs, ...:**
Bi, Te, Si, In, Ga, As, Se, Ge, Sb, ...
- **Photovoltaik:**
Si, Ag, In, Ga, Se, Te, Ge, (Ru)



EU-Rohstoffinitiative identifiziert 14 kritische Rohstoffe für Europa



* Abhängig von: Kombination aus Konzentration Primärproduktion (HHI), World Bank "wv governance indicator", Substitutionspotenzial, derzeitigen Recyclingraten

Quelle: DEFINING CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU: A Report from the Raw Materials Supply Group ad hoc working group defining critical raw materials; July 30, 2010

„Urban Mining“

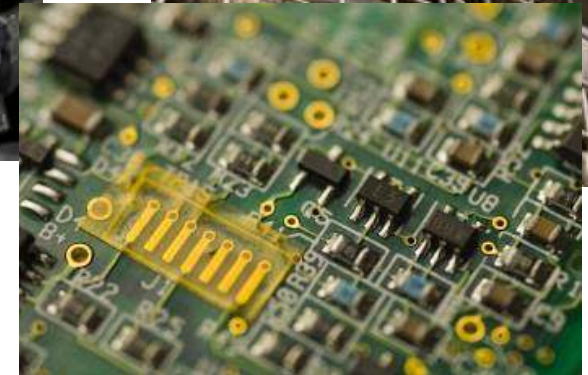
– Altprodukte als hochwertige Lagerstätten

Bergbau ≈ 5 g/t Gold (Au) im Erz
ähnlich bei PGM (Pt, Pd, Rh, ...)



Recycling

≈ 200 g/t Au & 80 g/t Pd in PC Leiterplatten,
 ≈ 300 g/t Au & ≈ 100 g/t Pd in Handys (ohne Akku)
 ≈ 2000 g/t PGM in Autokat-Monolithen



Problem: “the good, the bad and the ugly”

- Wertstoffgewinnung ohne Schadstoffemissionen



E-Schrott, **ein hochkomplexer Mix** ...

- Ag, Au, Pd... (Edelmetalle)
- Cu, Al, Ni, Sn, Zn, Fe, Bi, Sb, In... (Basis- & Sondermetalle)
- Hg, Be, Pb, Cd, As, ... (Schadstoffe)
- Halogene (Br, F, Cl...)
- Kunststoff & andere Organik
- Glas, Keramik, Holz, ...

Composition of mobile phones

mobile phone substance (source Nokia)

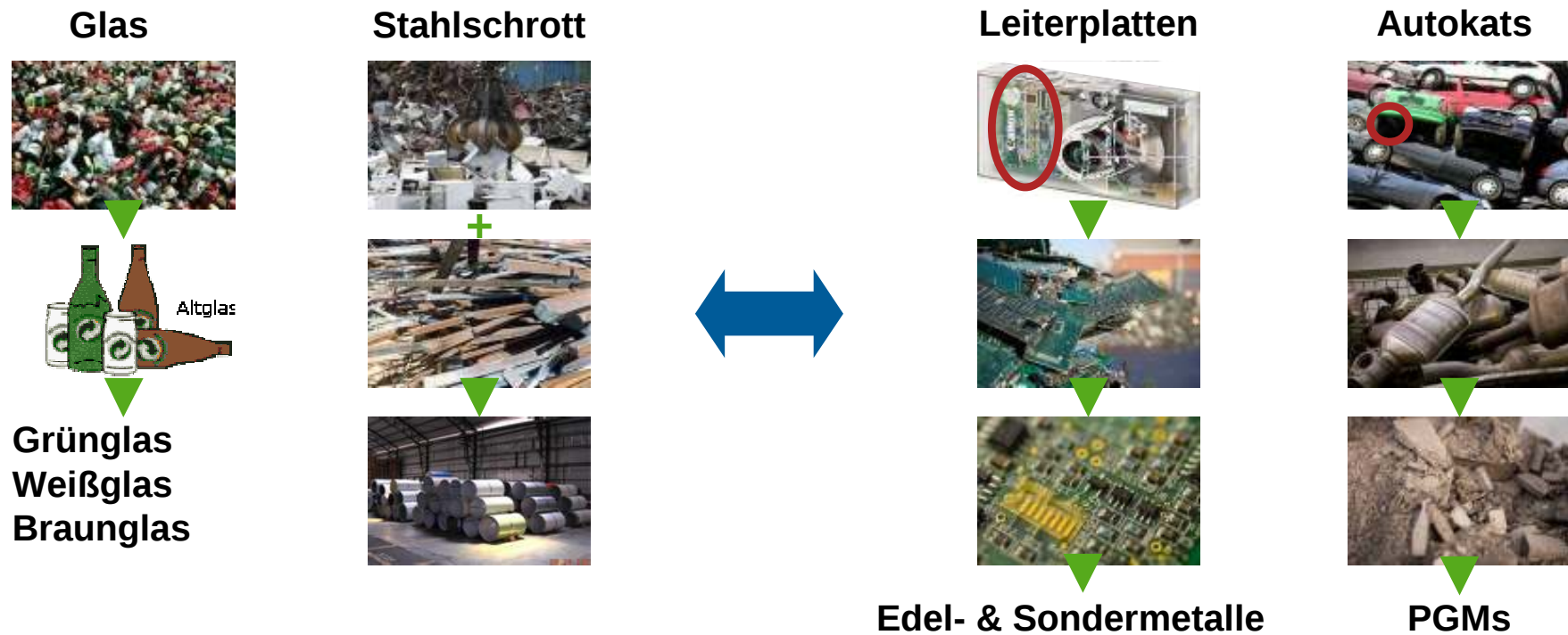
⇒ **Umweltrisiko** bei Deponie oder schlechtem Recycling

⇒ **Wichtige Rohstoffquelle**



Smart Recycling: Qualität vor Quantität

- Massenstrom-Recycling für Technologiemetalle ungeeignet



- “Mono-Substanz” Material ohne Schadstoffe
- Spurenelemente verbleiben in Legierung/Glas

Fokus auf Durchsatz & Kosten

- “Poly-Substanz” Material mit Schadstoffen
- Komplexe Komponenten als Teil komplexer Bauteile

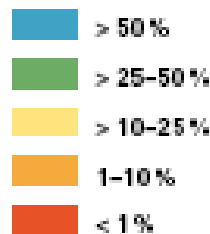
Fokus auf „Spurenelemente“ & Wert

Großes Recyclingpotenzial vor allem für Technologiemetalle



End-of-Life Recycling Rates for 60 metals (global average)

End-of-Life Recycling Rates for 60 metals (global average)																		1 H	2 He
3 Li	4 Be													5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg													13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uug	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo		
																			
* Lanthanides		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
** Actinides		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			



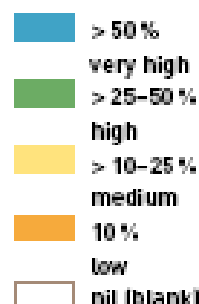
* Lanthanides

** Actinides

Source: UNEP (2011) Recycling Rates of Metals – A Status Report, A Report of the Working Group on the Global Flows to the International Resource Panel- Graedel, T.E.; Alwood, J.; Birat, J.-P.; Buchert, M.; Hagelüken, C.; Reck, B.K.; Sibley, S.F.; Sonnemann, G.

Bei Elektronik schlechte Recyclingraten selbst für Edelmetalle

Relevance of end use sector per metals [% of total gross metal demand]*



EOL Recycling Rates		Sector-specific EOL recycling rates					Jewel- lery, coins
1)		Vehicles 2)	Electronics	Industrial applications 3)	Dental	Others 4)	5)
Ru	5–15		0–5	40–50		0–5	
Rh	50–60	45–50	5–10	80–90		30–50	40–50
Pd	60–70	50–55	5–10	80–90	15–20	15–20	90–100
Ag	30–50	0–5	10–15	40–60		40–60	90–100
Os	no relevant end use sectors						
Ir	20–30	0	0	40–50		5–10	
Pt	60–70	50–55	0–5	80–90	15–20	10–20	90–100
Au	15–20	0–5	10–15	70–90	15–20	0–5	90–100

Table E1.

Estimated end-of-life recycling rates for precious metals for the main end use sectors (global averages, percent, functional recycling only).

1) Total without jewellery, coins (no typical end-of-life management for these products)

2) Autocatalysts, spark plugs, conductive Ag-pastes, excluding car-electronics

3) incl. process catalysts/electrochemical, glass, mirror (Ag), batteries (Ag). In some cases, the available EOL metal is reduced due to prior in-use dissipation (e.g., homogeneous Pt-catalysts).

4) incl. decorative, medical, sensors, crucibles, photographic (Ag), photovoltaics (Ag)

5) incl. medals & silverware

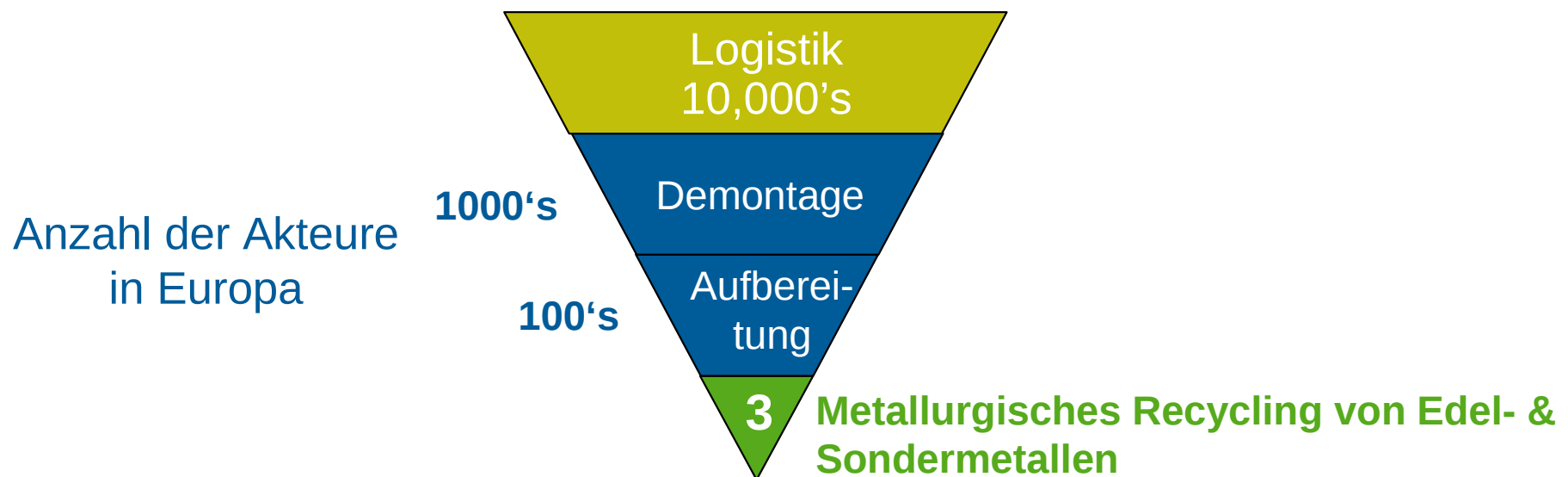
* including metal demand for closed loop systems (e.g., process catalysts, glass and other industrial applications)

Source: UNEP 2011, The Recycling rates of metals, appendix E

Recyclingkette – der Systemansatz entscheidet

- erfordert High-Tech & große Investitionen v.a. am Ende der Kette

Beispiel WEEE-Recycling Recycling von Technologiemetallen aus Leiterplatten



Gesamtwirkungsgrad bestimmt durch schwächstes Glied
Sicherstellen, dass relevante Fraktionen zu High-Tech Prozessen gelangen

Beispiel: 30% x 90% x 60% x 95% = 15%

Recycling von Edel- & Sondermetallen

➔ erforderlich sind Hi-Tech & Economies of Scale

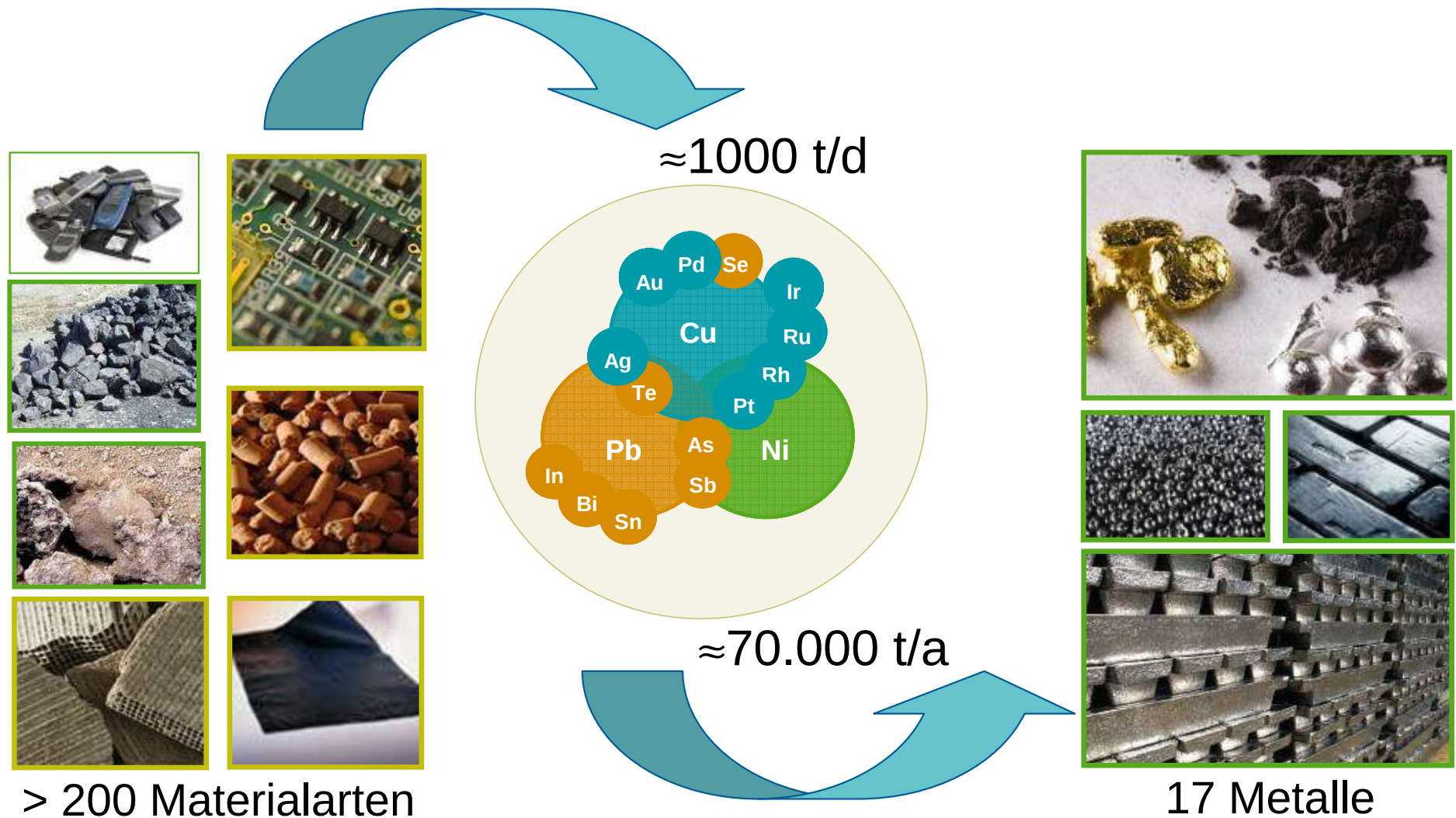


Umicore's integrierte Metallhütte in Hoboken/Antwerpen



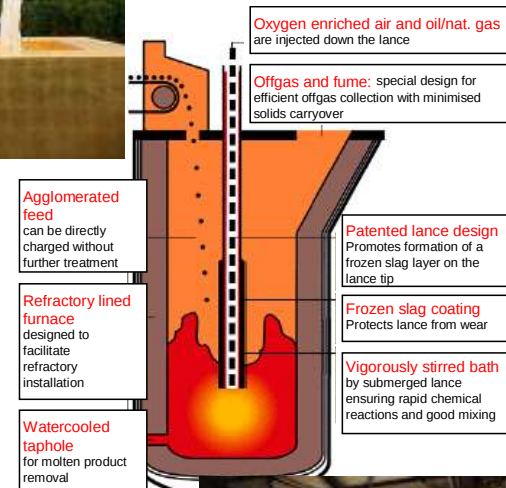
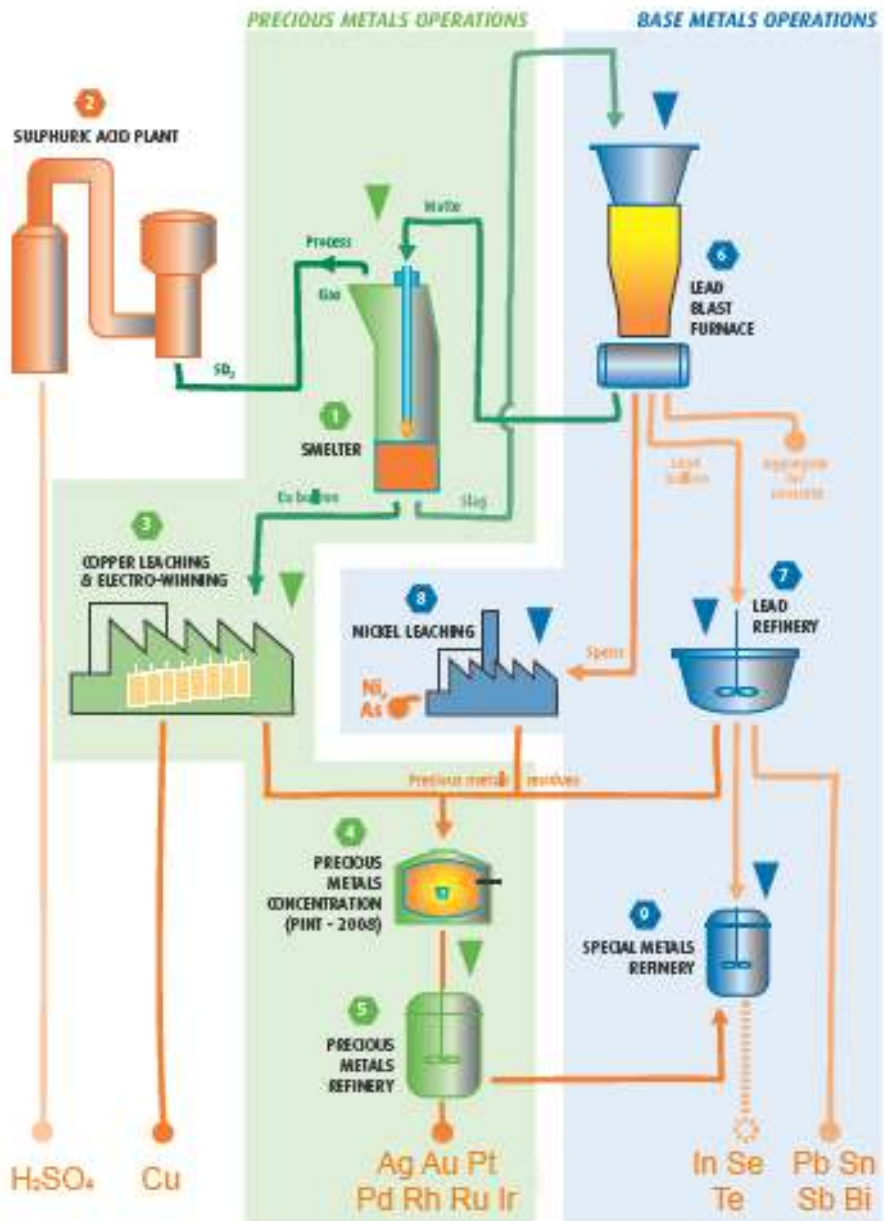
- Recycling: > 300 000 t/a komplexes EM-haltiges Sekundärmaterial (Mix aus WEEE, Katalysatoren, Nebenprodukte von NE-Metallhütten, ...), minimale Abfallmenge, globale Kundenbasis
- Gewinnung von 17 Metallen Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Cu, Pb, Ni, Sn, Bi, Se, Te, Sb, As, In (Universalprozess)
- Weitere Metalle in neuen Spezialprozessen: Akku-Recycling → Co, (Li, SE); CIGS-PV Scrap → Ga
- Neu-Investitionen seit 1997: 500 Mio €; Invest. für vergleichbare Anlage: >> 1 Mrd €!
- Hohe EM-Ausbeuten >> 95 %, Wert der EM ermöglicht Koppelrecycling von weiteren Technologiemetallen

Recycling von Edel- & Sondermetallen durch innovative Cu-, Pb-, Ni-Metallurgie (Umicore „Universalprozess“)



Der Wert der Edelmetalle ermöglicht „Huckepack-Recycling“ weiterer kritischer Metalle

Komplexe Verfahrenstechnik mit hohem Umweltstandard

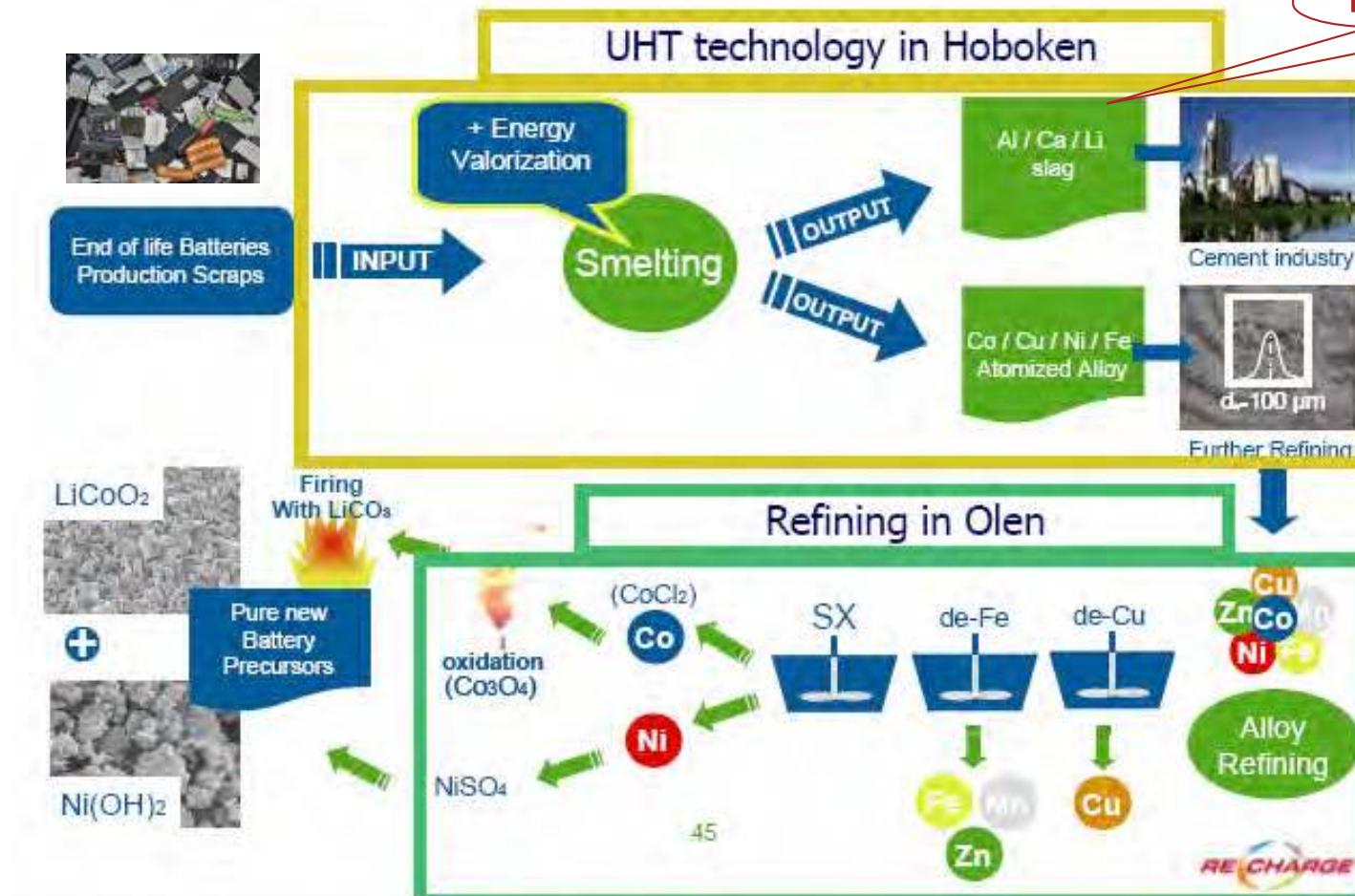


Spezialprozesse zum Recycling weiterer Metalle

– Beispiel Umicore Prozess für Li-Ionen & Ni MH Akkus

Overview of the complete process

F&E zur Li & SE
Rückgewinnung



Hauptprobleme beim Recycling in Europa

- relevante Fraktionen gelangen nicht zu geeigneten Anlagen

a) Geringe Erfassung



b) “Umleitung” gesammelter Produkte ⇒ dubiose Exporte ⇒ Hinterhof-”Recycling”



Au Ausbeute $\approx$ 25%

Beispiel “Low Tech” – Gold Recycling in Indien ...

Sicher, dass Ihr Produkt hier nicht dabei ist?



Gold-Ausbeute $\approx$ 25%,
dramatische Umwelt- &
Gesundheitsauswirkungen
(Rochat, Keller, EMPA 2007)

foto: EMPA/CH

... “Standard” in vielen Hinterhofbetrieben

Beispiel Mobiltelefon

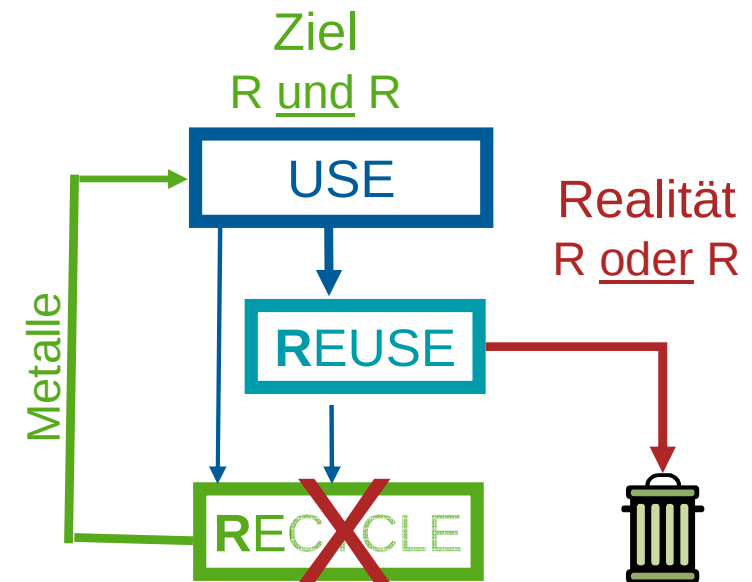
– kaum Recycling trotz etablierter Technik

Recycling Potenzial (2009, global): 800 Mio. Stck. bzw. 80.000 t

- Realität < 2.000 t
- Größter Teil wird nicht gesammelt (“Schublade & Mülleimer”)
- Die meisten gesammelten Handys werden als “Reuse”-Geräte in Entwicklungs-/Schwellenländer exportiert



Abfallhierarchie

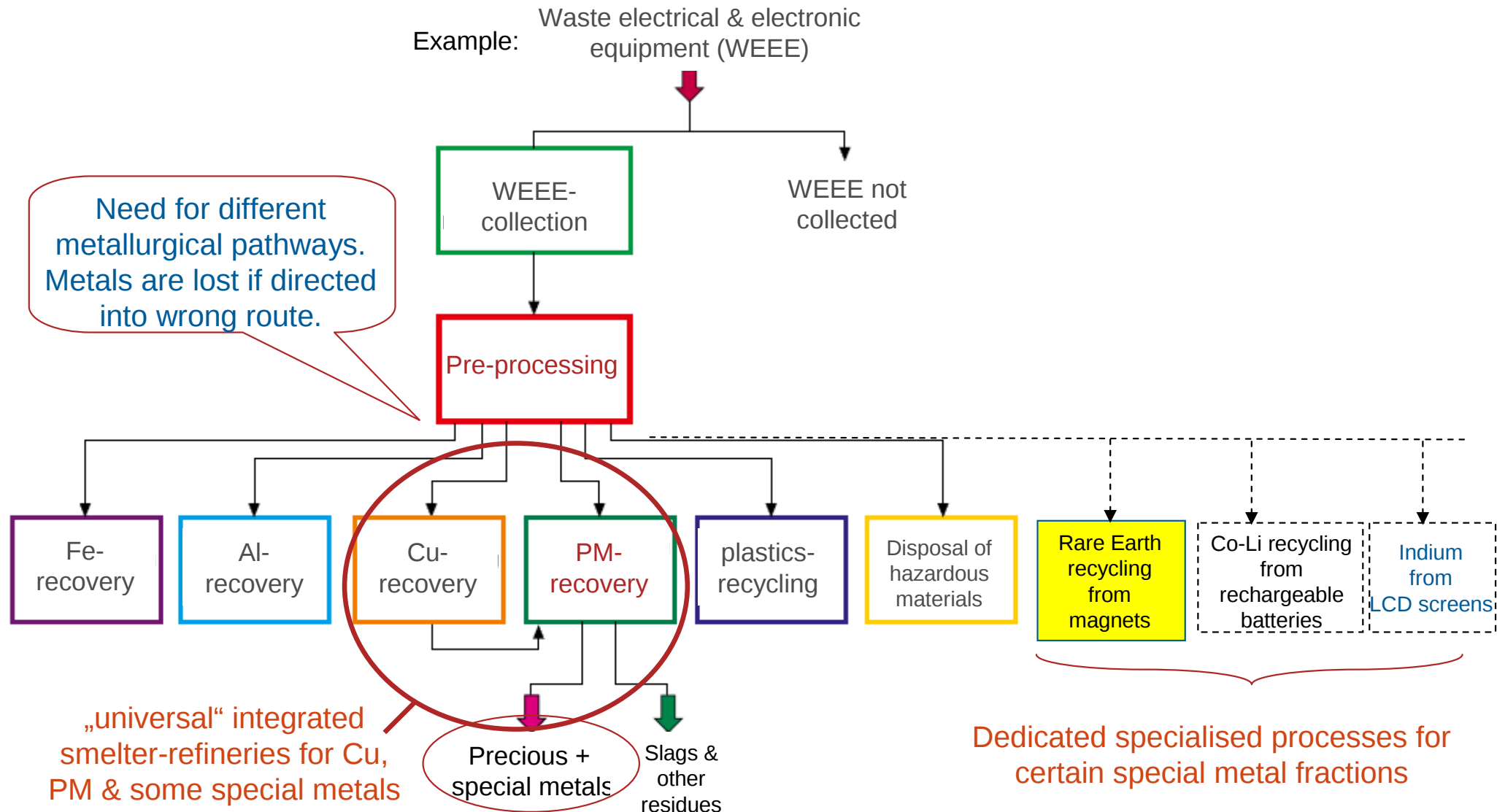




Qualität der Metallurgie, thermodynamische (& ökonomische) Grenzen

Großes Optimierungspotential auch in Europa

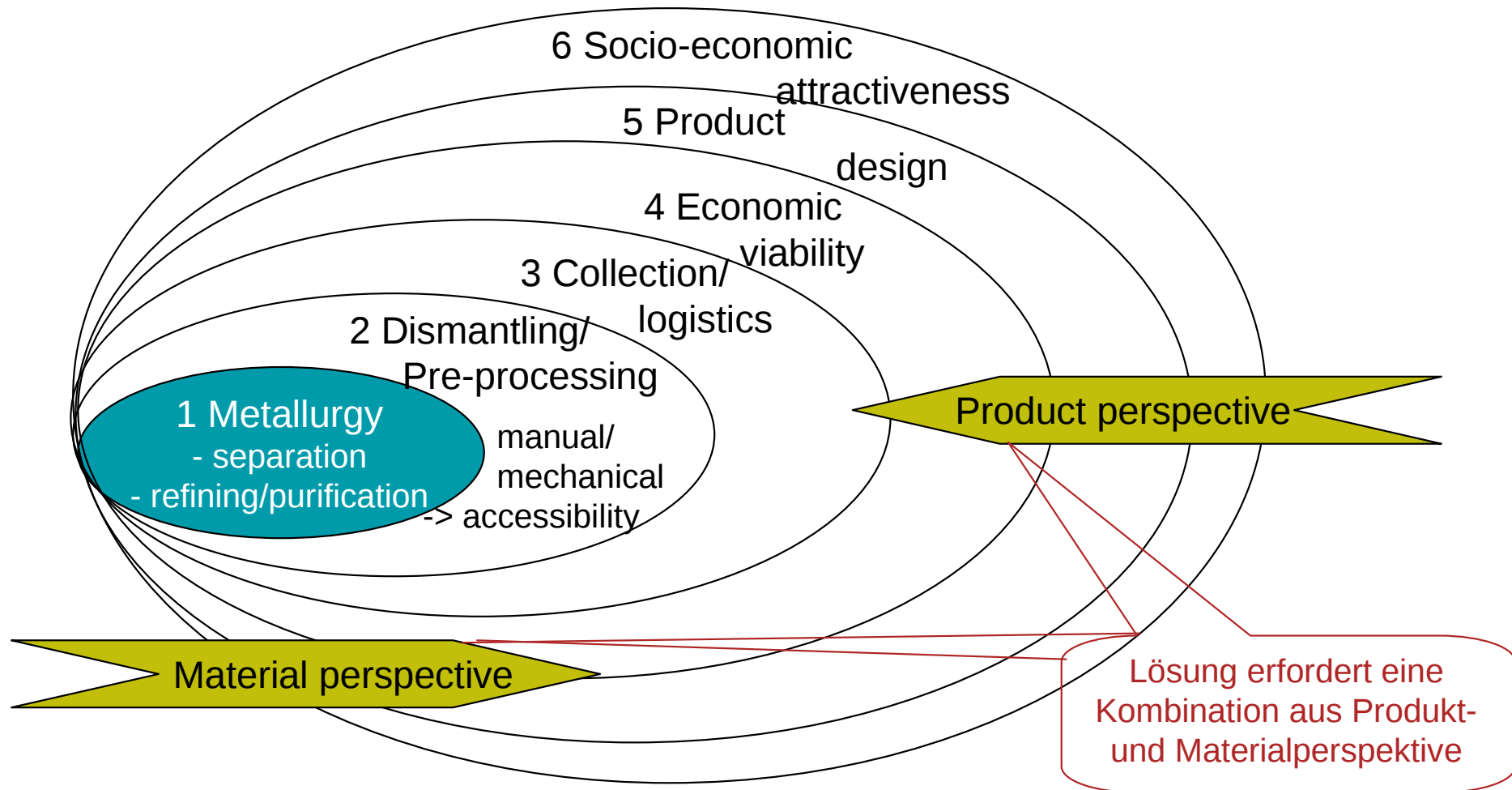
- Aufbereitung: Nichts für Amateure



Recyclingerfolg – abhängig von vielfältigen Einflussfaktoren auf unterschiedlichen Ebenen

1. Technische Recyclierbarkeit (Grundvoraussetzung)
2. Zugänglichkeit des relevanten Bauteils
3. Ökonomische Recyclierbarkeit:
 - Intrinsisch (z. B. Autokatalysator) oder
 - (durch Politik) extern geschaffen (z. B. Bierflaschenpfand oder Hausmüll)
4. Der "Erfassungstatbestand", d. h. die Sammlung
5. Die Einsteuerung und der Verbleib in eine geeignete Recyclingkette
6. Die optimale technisch-organisatorische Auslegung dieser Recyclingkette
7. Das Vorhandensein ausreichender Recyclingkapazitäten

Recycling Erfolgsfaktoren



Impact factors include:

- 1 element combination, metallurgical sophistication (range & yields of metals recovered, energy efficiency), management of hazards, ...
- 2 identification of relevant subassemblies, process sophistication (technical, organizational), mass balances ...
- 3 take back infrastructure, number of collection categories, product sorting, global flows, transparency & monitoring, formal-informal, ...
- 4 intrinsic <-> externally created, metal prices, process costs, economies of scale, legislative framework, level playing field, ...
- 5 material combinations, accessibility, connection types, identifiability, traceability, ...
- 6 awareness/education, business models (deposit, leasing, product service systems), ...

Was tun ? - Anreize & Instrumente

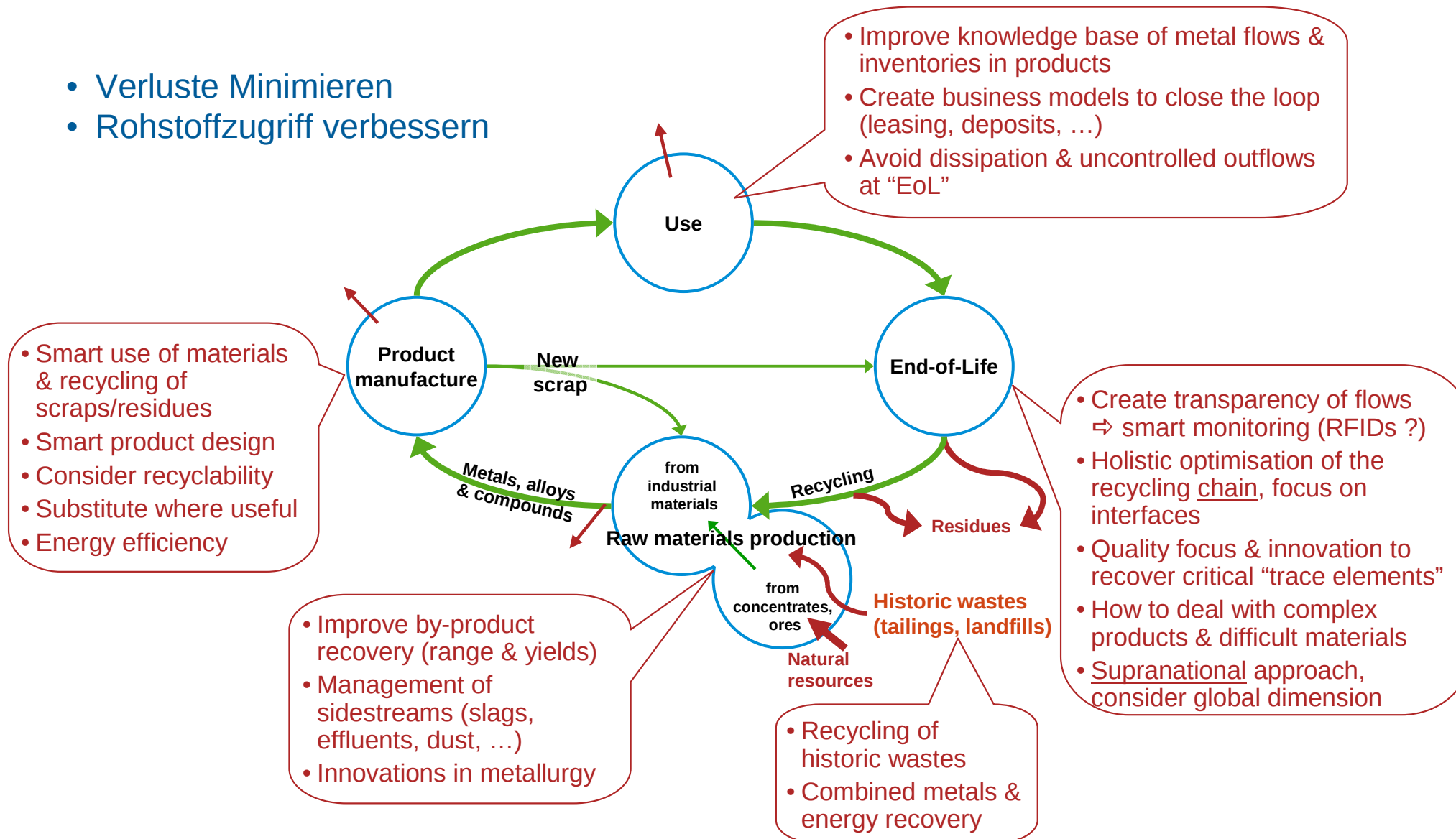
1. Mehr & besser sammeln; Kreisläufe schließen
 - ➔ Geschäftsmodelle (z.B. Handypfand), Infrastruktur, Aufklärungskampagnen, ...
2. Dubiose/illegale Exporte unterbinden
 - ➔ Monitoring, Zertifizierung von Recyclingketten, Kontrollen & Strafen, ...
3. Qualitativ hochwertiges Recycling sicherstellen
 - ➔ weniger Fokus auf Massenquoten, Zertifizierung, transparente Recyclingketten
 - ➔ Optimierung der Recyclingkette, Schnittstellenmanagement, Produktdesign, ...
4. Innovative Verfahren entwickeln für technisch schwierige Metalle
(z.B. Seltene Erden, Lithium, Indium, Gallium etc.)
 - ➔ F&E Förderung, Pilotanlagen
5. Datenbasis verbessern
 - ➔ Produktzusammensetzung, Inventare, „Stocks & Flows“ von Sekundärrohstoffen)
6. Recyclingförderung durch Gesetzgebung
 - ➔ Bei hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung bestimmter kritischer Rohstoffe ggfls. Recyclinganreize schaffen
7. Verstärkte Ausbildung zu Rohstoff- & Recyclingthemen;
interdisziplinäre Forschung fördern

Recycling ernst nehmen, mehr als Marketing Tool. Kommunen, Hersteller, Rücknahmesysteme müssen Qualität der Recyclingkette überprüfen, nicht nur Kostenminimierung & „Persilscheine“

Ressourceneffizienz entlang des Lebenszyklus

– Ansätze in einem interdependenten System

- Verluste Minimieren
- Rohstoffzugriff verbessern



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

For some reason, there is e-scrap
that never reaches us




umicore
Precious Metals
Refining

**So what we do get, we
recycle to the maximum**

Umicore Precious Metals Refining, as one of the world's largest companies in electronic scrap recycling, is proud to offer its clients the best overall value in recycling and refining of precious metals. Our service includes a high-quality customized benefit package (ready metal pricing, financing, metal account management, ...), high business standards and ethics. It lays the basis for a beneficial long-term relationship.

But we're even more proud of our eco-efficient and total quality approach, our advanced and environmental sound technology, our openness and transparency towards our customers, employees and society. This is how we view our responsibility in the field of sustainable development: We understand our real job: recycling all your electronic scrap, components, printed circuit boards, mobile phones, etc. ... to the maximum and putting the precious metals back in the cycle for a better life. A better life for you and for nature.




www.electronicrecycling.umicore.com
Contact: christian.hagelueken@eu.umicore.com

zur Vertiefung: Hagelüken, C., C.E.M. Meskers: Complex lifecycles of precious and special metals, in: Graedel, T., E. van der Voet (eds): Linkages of Sustainability. Strüngmann Forum Report, vol. 4. Cambridge, MA: MIT Press, 2010

Kontakt:
christian.hagelueken@eu.umicore.com
www.umicore.com

Herausforderungen & Grenzen der Aufbereitung

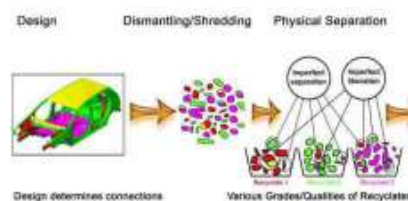
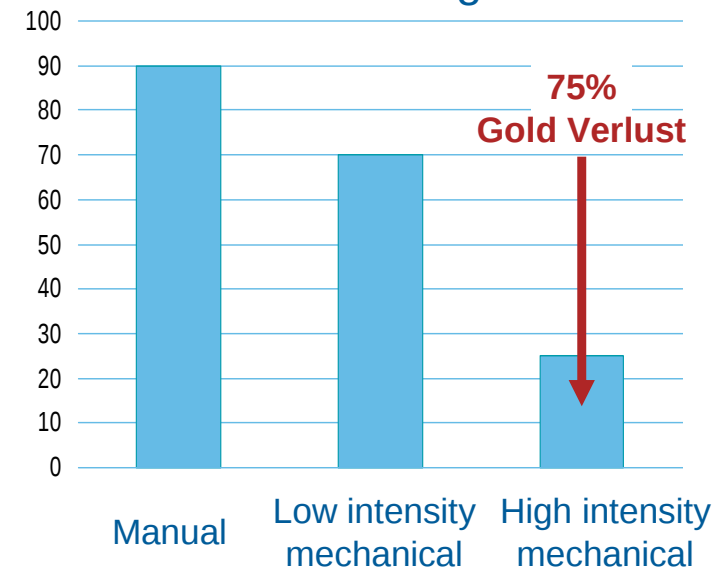
– Prozessauslegung ist entscheidend

Wahl von Zerlege- & Aufbereitungstechnologie ausschlaggebend für erzielbare Metallausbeuten

Erzeugung geeigneter Output-Fractionen und Einsteuerung in die passenden metallurgischen Refiningprozesse

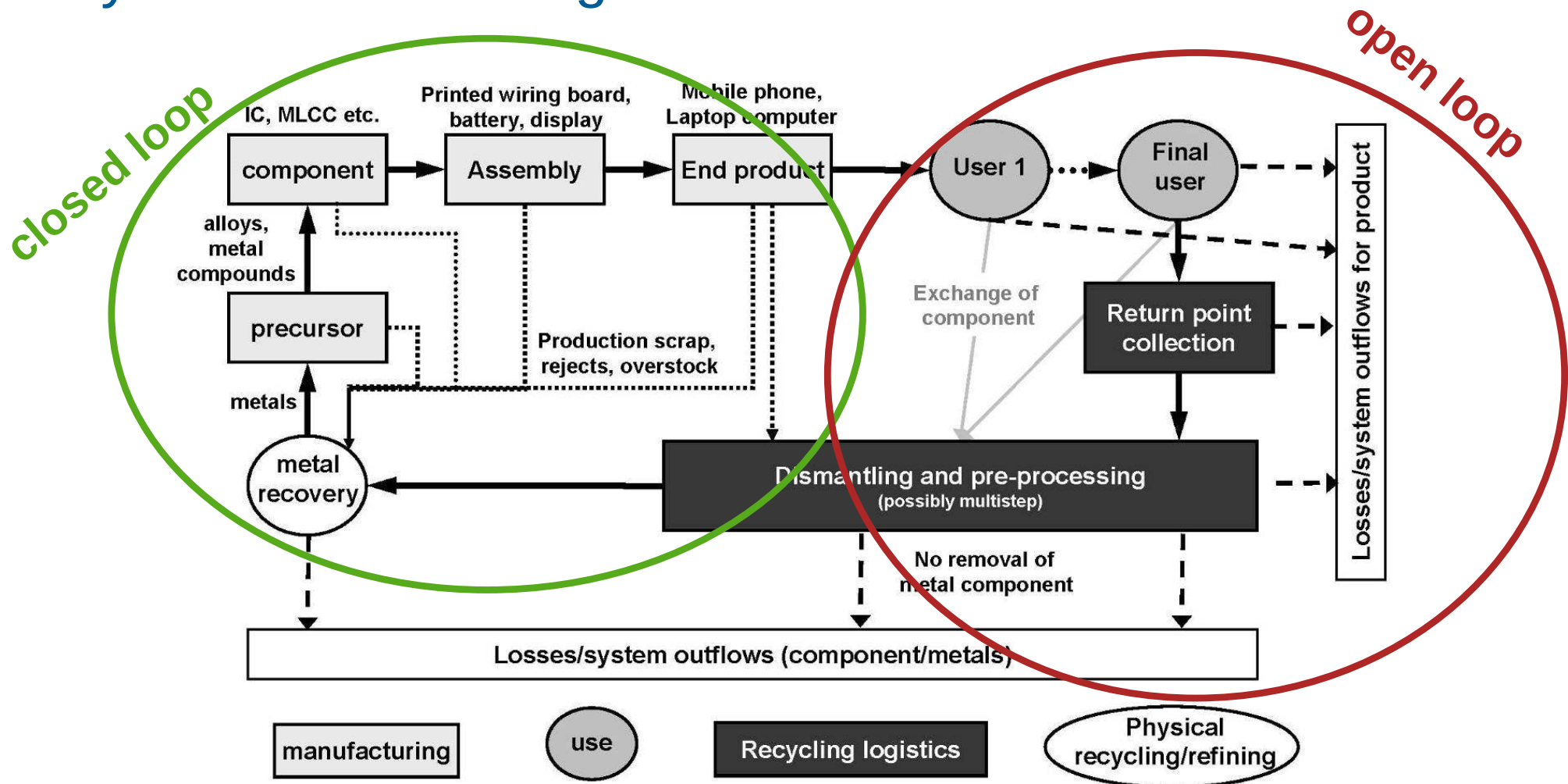
- Schwierig bei komplexen Produkten
- Intensive mechanische Aufbereitung ungeeignet, um Spurenelemente “vollständig” aus komplexen Verbünden abzutrennen.
- **Edel- & Sondermetalle gehen verloren, sofern Sie nicht in die EM-/Cu Metallurgie eingesteuert werden.**
- Gewisse Verluste von Basismetallen & Kunststoff müssen akzeptiert werden, um gute Rückgewinnungsraten für Technologiemetalle zu sichern.

Gold-Ausbeute aus Leiterplatten nach der Aufbereitung



Quelle: Rotter et al. Elektronik Ecodesign Congress München (10/2009)

Kreislaufführung bei Konsumgütern – Offene Systeme führen zu großen Verlusten



- Vielfacher Eigentumsübergang
- Produkte sind hoch mobil, globale Stoffflüsse
- Intransparenter Materialfluss, "informelle" Akteure zu Beginn der Recyclingkette

- Hohe Exporte von Altprodukten (Autos, PCs etc.) in Länder ohne adäquate Recyclinginfrastruktur
- Hoch komplexe Strukturen → hohe Fehlerwahrscheinlichkeit

Beispiel Palladium

– Hauptprobleme bei Consumer-Produkten



Recycling rates of palladium

- Current global mine production about 220 tons/year; high regional concentration
- Main applications are automotive catalysts (> 60%) and electronics (> 16%); further applications industrial catalysts, dental, jewellery

Current end-of-life recycling rate 60-70% (global average)

- Excellent rates for industrial applications: 80-90%

← Closed industrial loops

- Moderate rates for automotive applications: 50-55%

← Open consumer loops

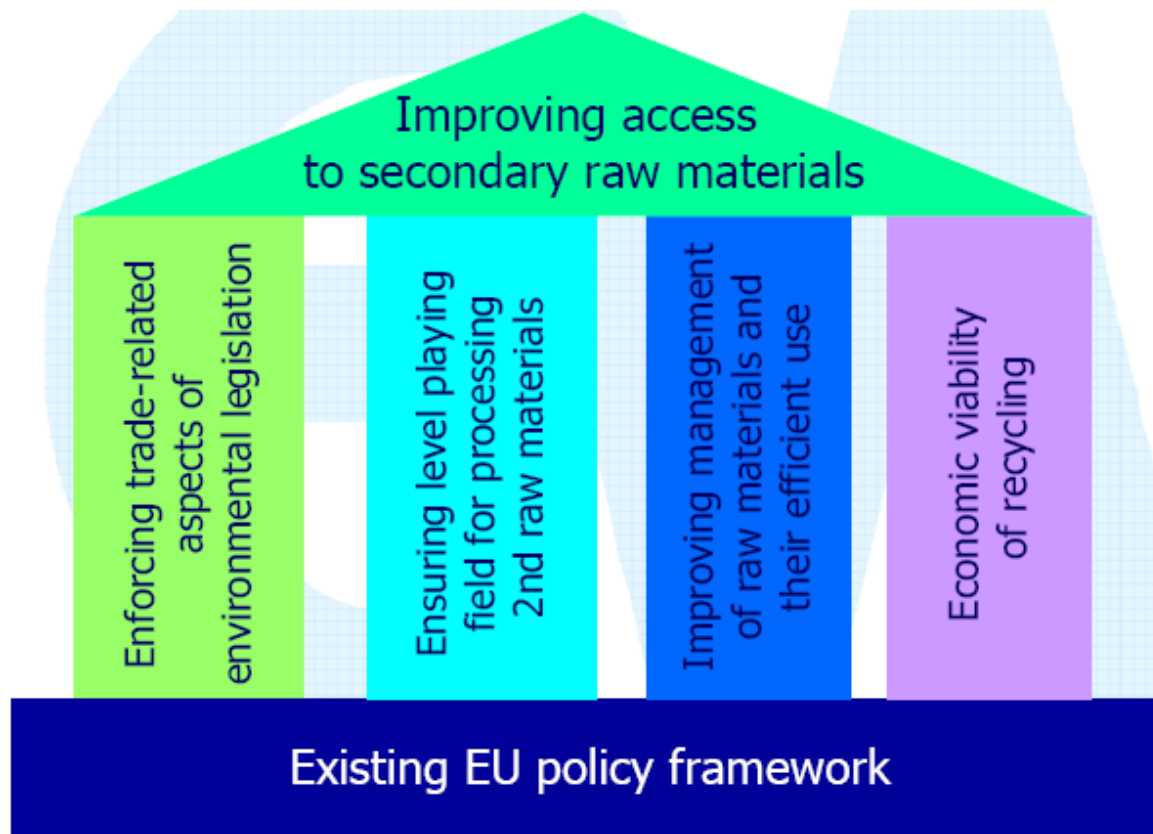
- Poor rates for electronic applications: 5-10%

Increasing problems due to lack of recycling infrastructure for consumer goods

- Less than 10% of post-consumer cell phones are recycled in an appropriate way
- The main problems are insufficient collection and pre-treatment schemes in the most countries of the world

source: UNEP Resource Panel, press conference presentation, New York City, May 13, 2010

Recycling-spezifische Empfehlungen der Eurometaux RMI Task Force*



*Eurometaux's proposals for the Raw Materials Initiative, Darmstadt / Brussels, 11th June 2010,
Jointly prepared by:

10 concrete proposals under 4 pillars:

(1): Trade aspects

- Customs identification of second hand goods
- Improved enforcement of Waste Shipment Regulation
- End-of-Waste

(2) Level playing field

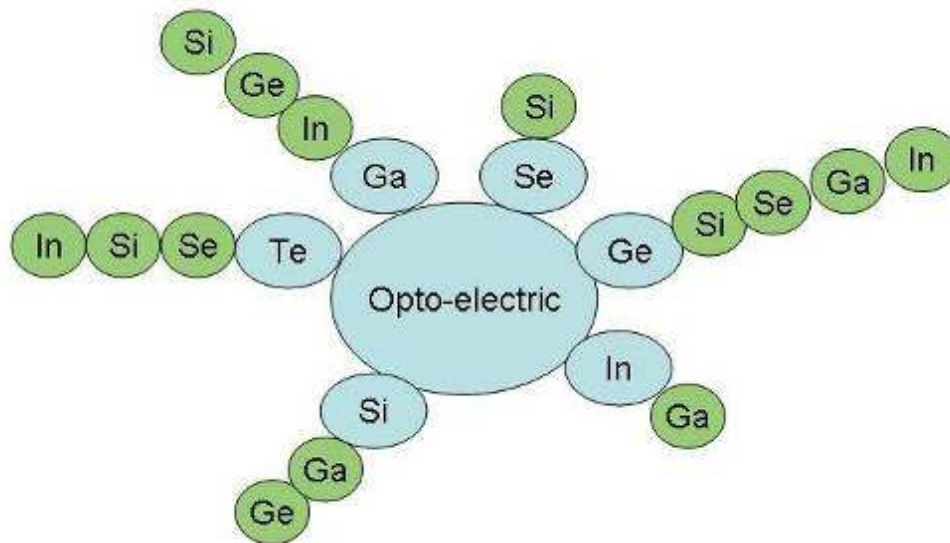
- Certification scheme of collectors, pre-processors & refiners of waste & secondary RM
- Facilitate & encourage the re-shipping of complex materials to BAT-recycling plants in Europe

(3) Improved EoL management

- Promote the Efficient Collection and Recycling of Rechargeable Batteries
- The eco-leasing concept
- Better recycling data
- Research on recyclability

(4) Economic viability of recycling

Substitution vs Recycling



Substitution:

- keine nachhaltige Lösung bei Substituten aus gleicher Metallfamilie
→ Problemverlagerung
- Schwierig für High Tech Anwendungen auf Basis spezieller Werkstoffeigenschaften
- Kann Engpässe & Preissprünge beim Substitut bewirken

Komplementäre Lösungsansätze, aber richtige Schwerpunkte setzen:

- Recyclingpotentiale oft leichter realisierbar als Substitution (z.B. PGM in Autokats)
- Fokus Substitution bei dissipativen Anwendungen kritischer Metalle
- Substitute mit großer Verfügbarkeit suchen