

# **E-Schrottreycling – Eine ökologische Bewertung**

**Wertstoff Elektroschrott  
Hamburg T.R.E.N.D. 2013**

**Kontakt: Dr. Matthias Buchert  
m.buchert@oeko.de**

**Hamburg, 6. Februar 2013**

# Agenda

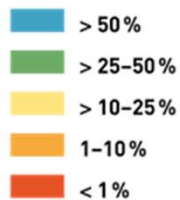
---

- **Einleitung**
- **Effizienz von Sammlung, Vorbehandlung und Refining**
- **Ökologische Vorteile des E-Schrott-Recyclings**
- **Situation und Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern**
- **Ausblick**

# Einleitung

## Globale End-of-Life Recyclingraten von 60 Metallen (Graedel et al. 2011)

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 Sg	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
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

# Beispiel Mobiltelefon

**Edel- & Sondermetalle = „Technologiemetalle“**  
 → entscheidend für Funktionalität

Materialzusammensetzung Mobiltelefon

mobile phone substance (Quelle Nokia)

PERIODEN	1 IA	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	55 Cs	56 Ba	57-71 La-Lu	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
7	87 Fr	88 Ra	89-103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub	114 Uuq					



- Energie intensive Primärproduktion (geringe Erzgehalte)
- Konzentration oft in bestimmten Bauteilen, z.B. Leiterplatten
- Komplexe Materialkombinationen, starke Verdünnung im Endprodukt (PC, Auto ...)
- Hohe Wachstumsraten (Katalyse, Elektronik, Batterietechnik, PV, ...)

# Beispiel Elektronik – die Masse macht's

## Weltweite Verkäufe, 2008:

### a) Mobiltelefone:



1300 Mio Stück

- x 250 mg Ag  $\approx$  325 t Ag
- x 24 mg Au  $\approx$  31 t Au
- x 9 mg Pd  $\approx$  12 t Pd
- x 9 g Cu  $\approx$  12,000 t Cu

1300 Mio x 20 g/Akku\*

- x 3.8 g Co  $\approx$  4900 t Co

\* Li-Ion Typ

### b) PC & Laptops



300 Mio Stück

- x 1000 mg Ag  $\approx$  300 t Ag
- x 220 mg Au  $\approx$  66 t Au
- x 80 mg Pd  $\approx$  24 t Pd
- x  $\approx$  500 g Cu  $\approx$  150,000 t Cu

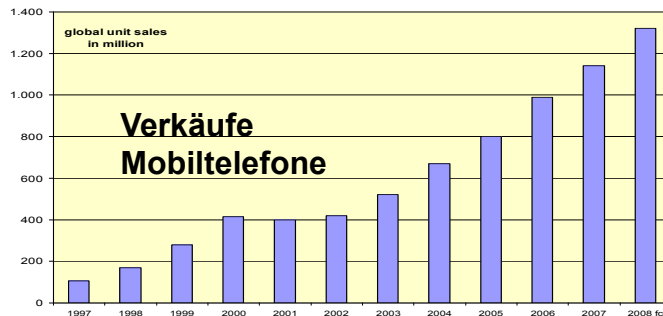
$\approx$ 140 M Laptop Akkus\*

- x 65 g Co  $\approx$  9100 t Co

\*\* Li-Ion Typ (heute Standard)

### Welt Minen / a+b Produktion / Anteil

- Ag: 21,000 t/a  $\blacktriangleright$  3%
- Au: 2,400 t/a  $\blacktriangleright$  4%
- Pd: 220 t/a  $\blacktriangleright$  16%
- Cu: 16 Mt/a  $\blacktriangleright$  <1%
  
- Co: 60,000 t/a  $\blacktriangleright$  23%



- Kleinstmengen pro Stück  $\Rightarrow$  signifikante Gesamt mengen
- Handy-Verkäufe kumuliert bis 2008: 7.2 Mrd mit 1800 t Ag, 170 t Au, 70 t Pd
- Wieviel dieser „Urban Mine“ wird wirklich recycelt?

# Agenda

---

- Einleitung
- **Effizienz von Sammlung, Vorbehandlung und Refining**
- **Ökologische Vorteile des E-Schrott-Recyclings**
- **Situation und Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern**
- **Ausblick**

# End-of-Life Recyclingraten



- Die schwächsten Glieder der Recyclingkette bestimmen entscheidend die EoL-Recyclingrate.
- Im Bereich E-Schrottreycling bestehen häufig Schwachpunkte in der Sammlung und / oder in der Vorbehandlung.
- Selbst effizienteste Refining-Prozesse können den Rückgewinnungsgrad für die Metalle nicht entscheidend verbessern, wenn die vorgelagerten Schritte starke Schwächen aufweisen.

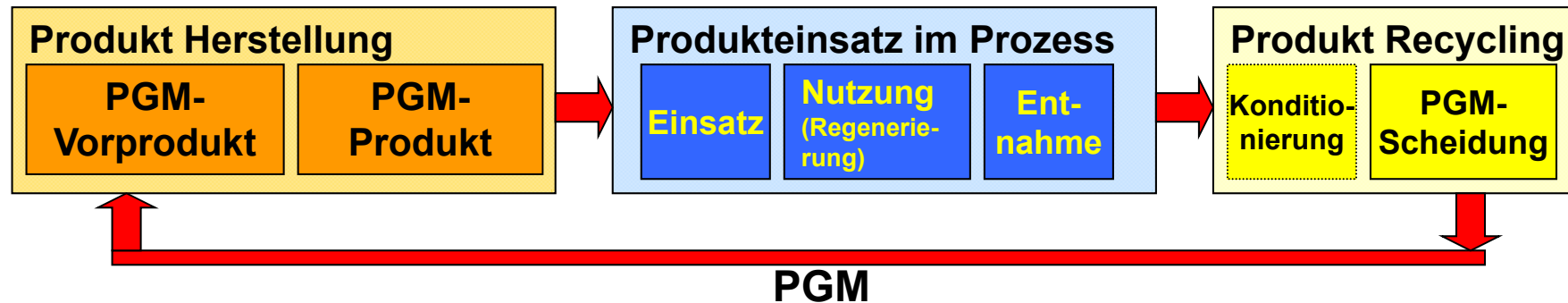
# Beispiel Notebooks

## EoL Recyclingraten für ausgewählte Metalle aus Notebooks in D





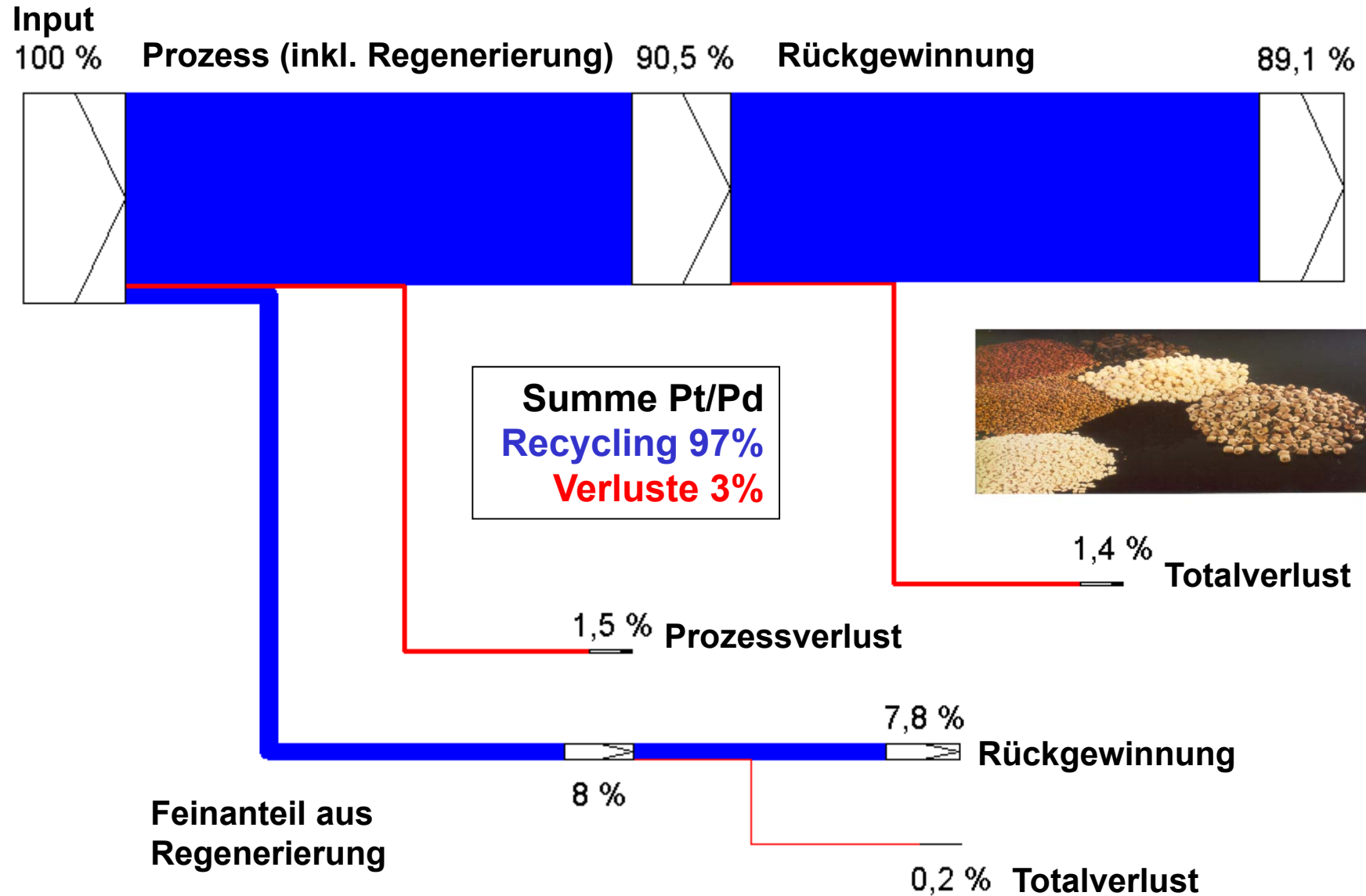
# Direkte Recycling-Kreisläufe



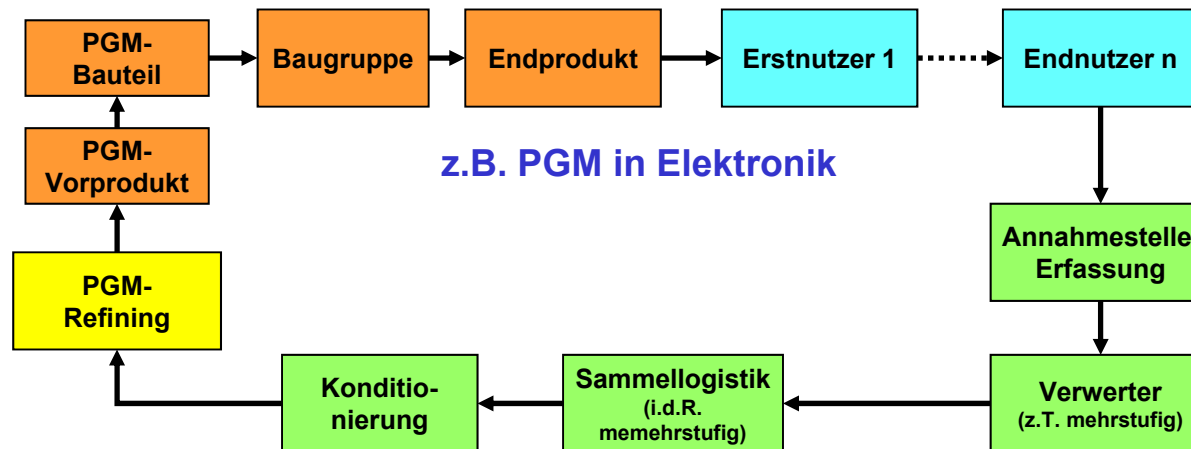
Z.B.: Katalysatoren in der Ö raffination, Chemiekatalysatoren, PGM in der Glasindustrie

- Direkte Geschäftsbeziehungen über Produktlebenszyklus (Hersteller - industrieller Nutzer - PGM-Refiner)
- Endnutzer behält i.d.R auch beim Recycling Eigentum an PGM (Gewichtskonto)
- Industrielle Akteure, professionelles Handling, transparente Stoffströme
- PGM Gehalte des Produktes sind Akteuren bekannt
- Hohe PGM Recycling-Quoten (i.d.R. > 90%)

# Raffineriekatalysatoren Pt/Pd



# Indirekte Kreisläufe



- Keine direkten Geschäftsbeziehungen der industriellen Akteure über Lebenszyklus; Kreislaufdurchbrechung durch private Nutzer und nicht-industrielle Akteure
- Professionelles Handling nicht über den ganzen Zyklus sichergestellt, Stoffströme nicht transparent, z.T. "graue" und "schwarze" Akteure in der Recyclingkette.
- PGM's und andere Edel- und Spezialmetalle werden durch unsachgemäße Vorbehandlung so stark verdünnt in Massenströmen, dass Totalverluste an Sekundärmetallen die Folge sind.

## Recycling Realität – Verlust wertvoller Rohstoffe durch dubiose Exporte (Elektronik, Altautos)



### WEEE aus Europa:

- > 60% WEEE nicht korrekt recycelt, Metalle verloren (Exports, Mülltonne, ...)\*
- 70% bei IT & Telecom, Haushaltskleingeräten\*
- Metallverlust > 5 Mrd. \$



- Hinterhof-“Recycling“ in Asien & Afrika
- Hohe Metallverluste (Au-Ausbeute  $\approx$  25%)
- Verheerende Umweltauswirkungen
- Mangelnder Vollzug der Gesetzgebung

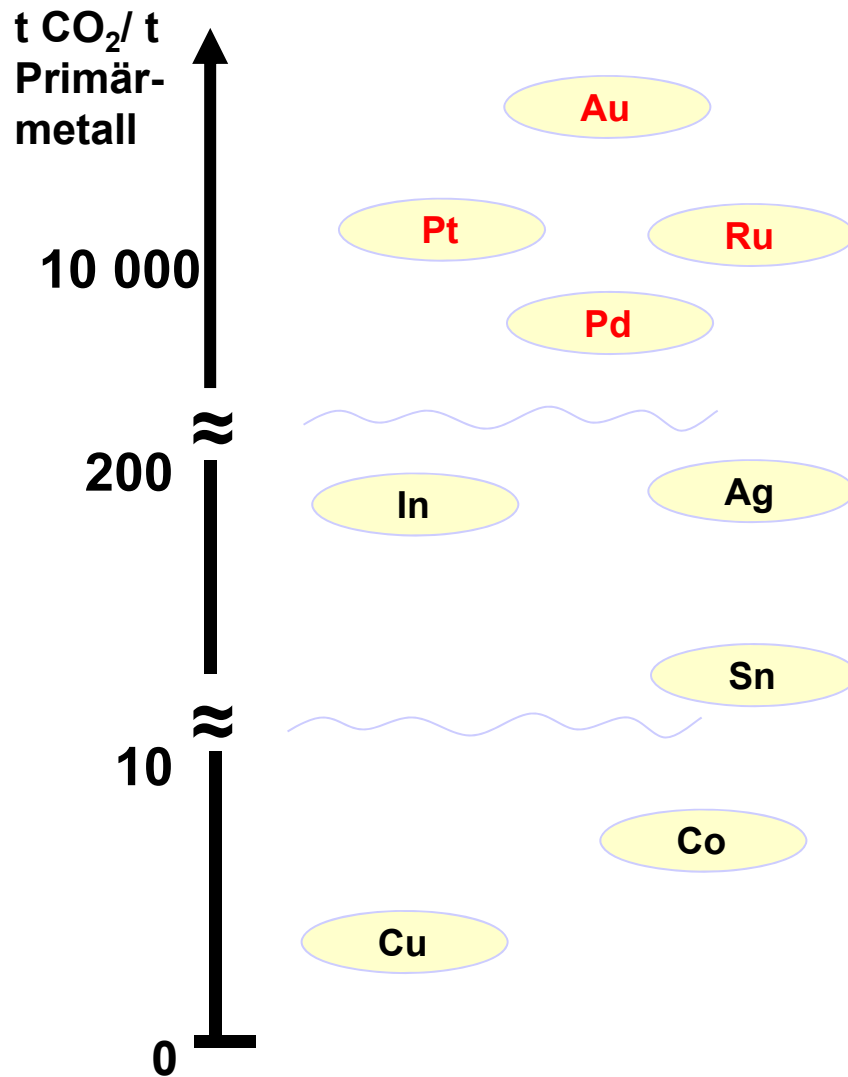
\*Quelle: Huisman, Kühr et. al: WEEE review report, 2007

# Agenda

---

- Einleitung
- Effizienz von Sammlung, Vorbehandlung und Refining
- **Ökologische Vorteile des E-Schrott-Recyclings**
- Situation und Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern
- Ausblick

# Umweltbelastung der Primärmetallherstellung



CO<sub>2</sub>-Emissionen der Primärproduktion:

Important EEE metals	demand for EEE t/a (2006)	data for primary production [t CO <sub>2</sub> /t metal]	CO <sub>2</sub> emissions [Mt]
Copper	4 500 000	3.4	15.30
Cobalt	11 000	7.6	0.08
Tin	90 000	16.1	1.45
Indium	380	142	0.05
Silver	6 000	144	0.86
Gold	300	16 991	5.10
Palladium	32	9 380	0.30
Platinum	13	13 954	0.18
Ruthenium	6	13 954	0.08
<b>CO<sub>2</sub> total [t]</b>			<b>23.41</b>

Quelle: ecoinvent 2.0, EMPA/ETH-Zürich, 2007

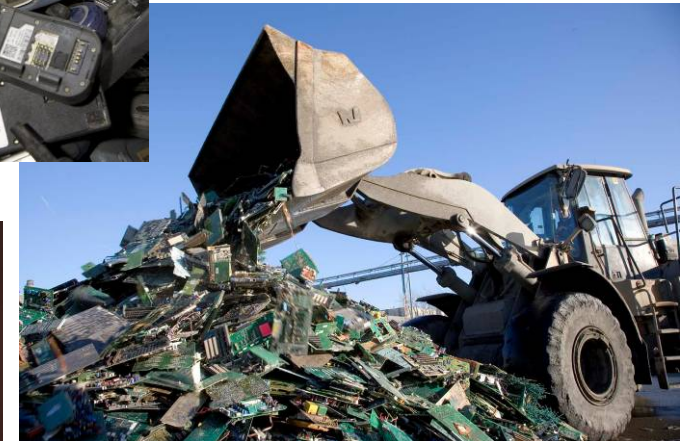
Zusätzliche Belastungen: SO<sub>2</sub>-Emissionen, Landinanspruchnahme, Abwasser, etc.

# Urban mining – Recycling sichert Versorgung

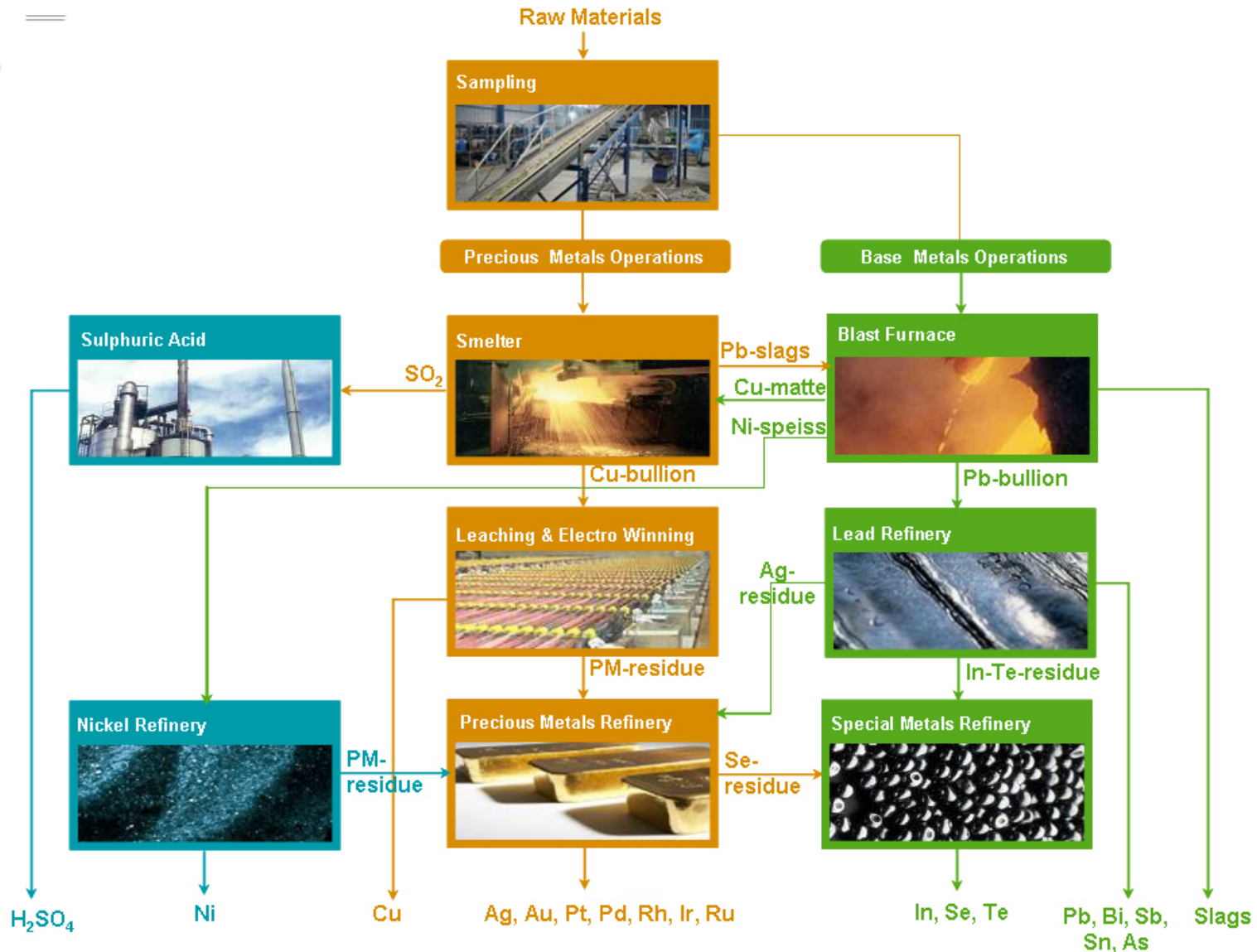
Primär Produktion  $\approx 5$  g/t Au im Erz



Recycling  $\approx 250$  g/t Au in Computer-  
Leiterplatten



# Rückgewinnung von PGM








# Metallrecycling bietet eine beträchtliche CO<sub>2</sub>-Einsparung

Beispiel:

Umicore Precious Metals Refining, Hoboken/Belgium (UPMR):

- Zurückgewonnene Metalle 2006:	75.000 t*	
- Gesamte CO <sub>2</sub> -Emissionen UPMR in 2006:	0,28 Mt	
- <b>Gesamte CO<sub>2</sub>-Emissionen Primärproduktion**:</b>	<b>1,28 Mt</b>	
▶ CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Recycling*:	1,00 Mt	

\* von dem Refining aus 300.000 t Sekundärmaterial und Hüttennebenprodukten  
Output: 1.100 t Ag, 32 t Au, 32 t PGM, 70.000 t Cu/Pb/Ni, 4.100 t Sn/Se/Te/In/Sb/Bi/As

\*\* Summe Primärproduktion der Metalle berechnet mit ecoinvent 2.0

Quelle: Hagelüken, Buchert, IREC Salzburg, 17. Januar 2008

# Agenda

---

- **Einleitung**
- **Effizienz von Sammlung, Vorbehandlung und Refining**
- **Ökologische Vorteile des E-Schrott-Recyclings**
- **Situation und Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern**
- **Ausblick**

# Schwellen- und Entwicklungs- länder

**Pilotprojekt:  
Global Circular Economy of Strategic Metals - Best-of-two-Worlds  
Approach (Bo2W)**

**Partner:**

**Öko-Institut, Industriepartner wie Umicore und VAC, lokale Projektpartner in  
Ghana und Ägypten**

**Weitere Informationen zu diesem Projekt finden Sie unter:**

[http://www.resourcefever.org/project/items/global\\_circular\\_economy\\_of\\_strategic\\_metals.html](http://www.resourcefever.org/project/items/global_circular_economy_of_strategic_metals.html)



# Kritische Metalle gehen verloren...



# unter desaströsen Bedingungen



# Herausforderung

Die Herausforderung ist

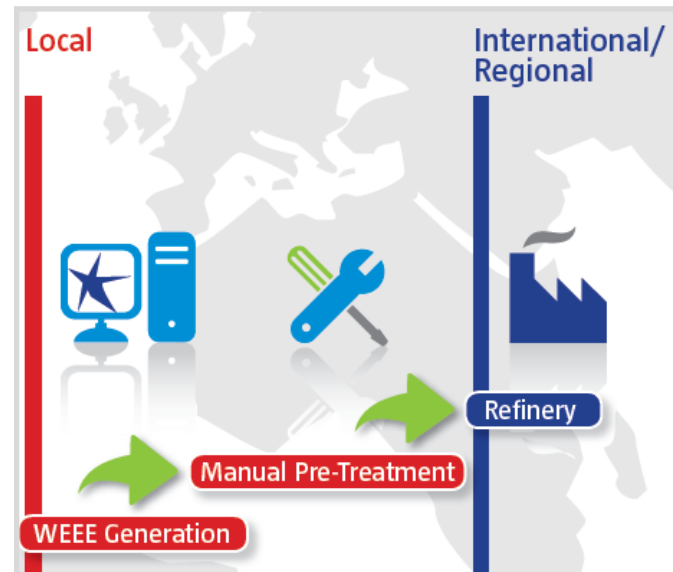
- höhere Wertschöpfung und soziale Entwicklung zu schaffen
- unter verbesserten Arbeitsbedingungen und der Reduzierung von Umwelt- und Gesundheitsgefährdungen.
- Kreisläufe für wertvolle Metalle zu schließen.
- Fokus des Projektes: E-Schrott und Altfahrzeuge



Quelle: A.Manhart, Öko-Institut

# Der Bo2W Ansatz

## Internationale Kooperation um die Stärken der Recycling-Systeme in Entwicklungs- und Industrieländern zusammenzubringen



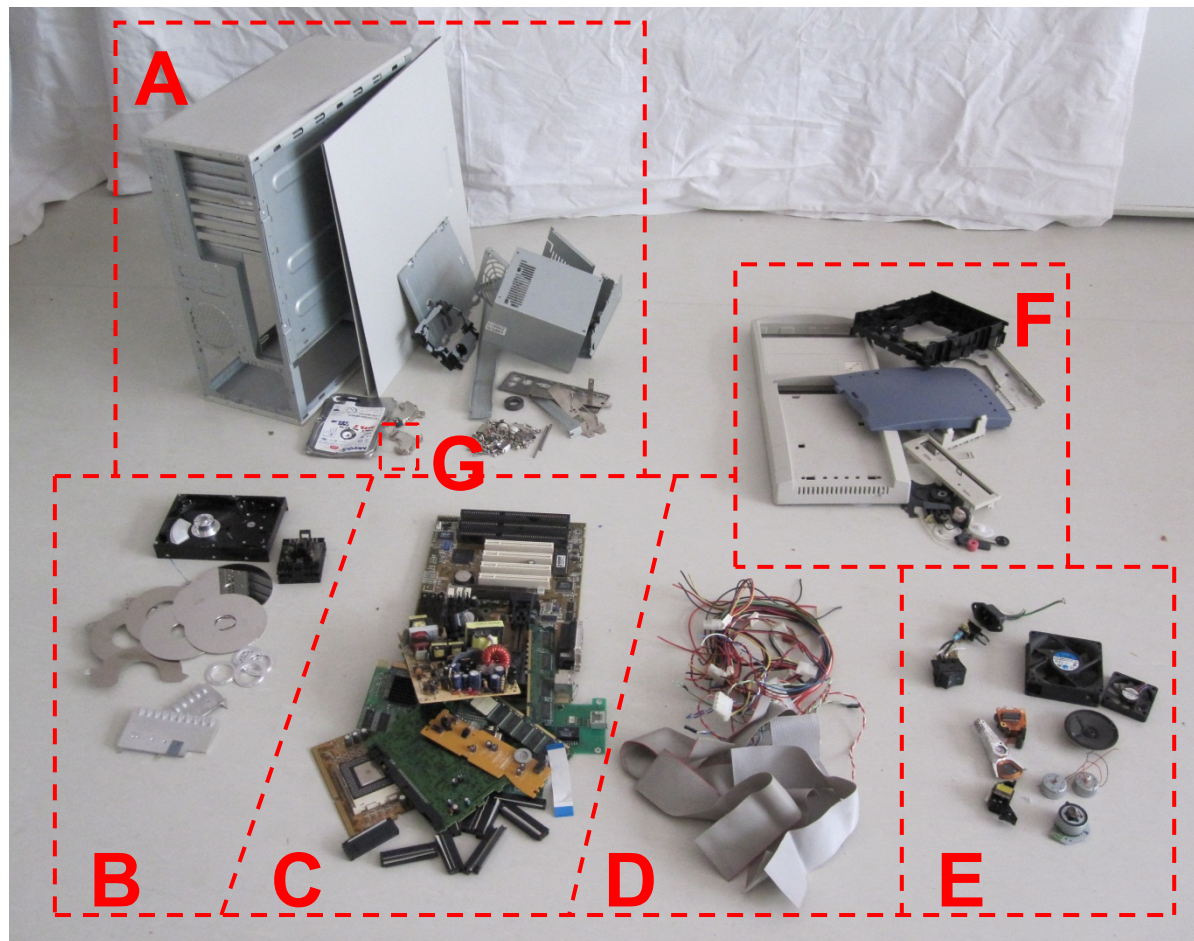
### Vorteile:

- Verbessertes Management von gefährlichen Stoffen
- Erhöhte Ressourceneffizienz / Schließung von Materialkreisläufen
- Verringerung von Treibhausgasemissionen
- Stärkung von Einkommen und Beschäftigungen in Ghana und Ägypten
- Steigende Investitionen in Sozial- und Umweltstandards

# Der Bo2W Ansatz

**Beispiel:**

**Lösungen für Information und Kommunikationstechnologien (IKT):  
Der Schlüssel liegt im sorgfältigen Zerlegen und Separieren**



- A: Stahlschrott**
- B: Aluminiumschrott**
- C: Leiterplatten**
- D: Kabel**
- E: Kupfer-Stahl-Schrott**
- F: Kunststoffe**
- G: Magnete**



# Entwicklung angepasster Verfahren



# Projektübersicht

---

- Projektdauer: Juni 2012 – Mai 2015
- 2-3 Aufenthalte in Ägypten und Ghana jährlich: Konsultationen von Stakeholdern wie Zerlegeunternehmen, NGO, Regierungsstellen
- Stakeholder Workshops werden in Ghana und Ägypten im Sommer 2013 stattfinden
- Fortwährende Netzwerkaktivitäten mit den Stakeholdern in Afrika und Europa
- Abschlussveranstaltung im Frühjahr 2015



**Benchmark für Projekterfolg:  
Solide, faire und nachhaltige Recycling-Kooperationen sind gestartet und sollen vertieft und ausgeweitet werden.**

# Agenda

---

- **Einleitung**
- **Effizienz von Sammlung, Vorbehandlung und Refining**
- **Ökologische Vorteile des E-Schrott-Recyclings**
- **Situation und Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern**
- **Ausblick**

- Schwachstellen beim Elektroschrottreycling liegen vor allem in der Sammlung und z.T. im nicht angemessenen pre-processing: unsachgemäße Shredderprozeduren von edelmetallhaltigem Platinen können zu starken diffusen Verlusten von Palladium sowie Gold und Silber führen.
- Verbesserungspotenziale liegen in Deutschland selbst bei Sammlung und Vorbehandlung; in Schwellen- und Entwicklungsländern bestehen zusätzlich erhebliche Defizite bei den Recyclingtechnologien.
- Ein professionelles und effizientes E-Schrottreycling liefert erhebliche Umweltentlastungspotenziale durch Vermeidung von Umweltbelastung der Primärmetallrouten.
- Das Recyclingpotenzial aus Elektroschrott nimmt im globalen Maßstab jährlich erheblich zu (gegenwärtiges globales Wachstum des E-Schrottaufkommens beträgt ca. 7% pro Jahr)



## News

**OCT** 15th of October 2012  
**15** **European Commission published the presentations of the EU-U.S. Expert Workshop on Raw Material Flows & Data**  
[Read more ...](#)

**AUG** 16th of August 2012  
**16** **The best of two worlds: Project launched on sustainable recycling of scrap metal in Africa**

## Resources Fever



Weitere Informationen unter  
[www.resourcefever.org](http://www.resourcefever.org)

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**[www.oeko.de](http://www.oeko.de)**