

Ressourcenknappheit bei Edelmetallen und seltene Metalle ?

Christian Hagelüken
Umicore Precious Metals Refining



„Schließung von Stoffkreisläufen - vom frommen
Wunsch zur dringenden Notwendigkeit ?
EMPA Akademie Dübendorf, CH
12. April 2007



Zeichen von Ressourcenknappheit ? Kunstdiebstahl nur wegen Kupfer & Zinn?

Metal Bulletin **daily** Friday 19 January 2007 ISSUE NO: 8979.5

Two detained in Rodin sculpture theft probe

LONDON — Dutch police have detained two men in connection with the theft of a cast of Auguste Rodin's *The Thinker*, along with six other sculptures, from the Singer Laren museum in the Netherlands last week, according to reports.

The seven statues — all made of bronze — were in display in the garden of the museum alongside several iron sculptures.

Although the bronze statues are worth hundreds of thousands of pounds as art, the fact the iron sculptures were left untouched suggests the thieves were less interested in cultural artefacts than in their metal content.

The *Thinker* was originally intended to represent the poet Dante in front of the gates of Hell, and a fiery end may await the sculpture if it is melted down as scrap.

[Click here for full story](#)

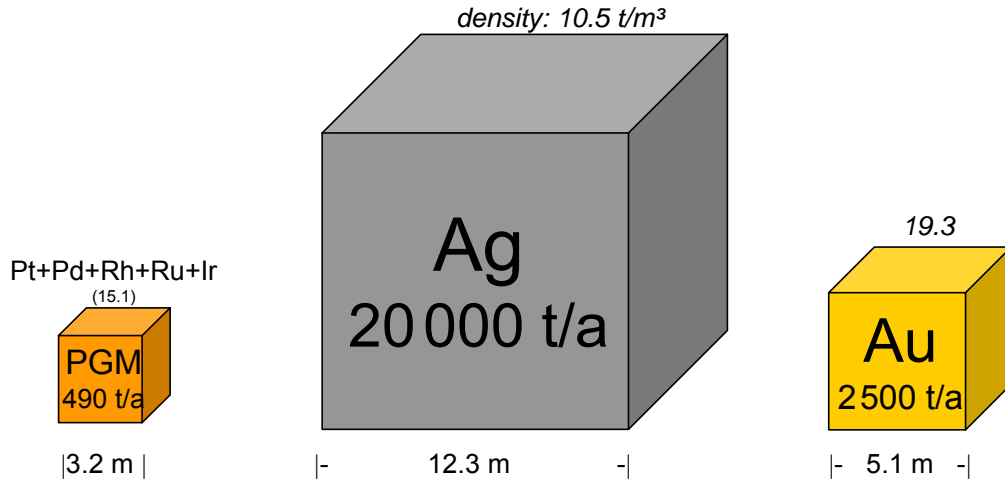


Page 6 Friday 19 January 2007 Issue No: 8979.5

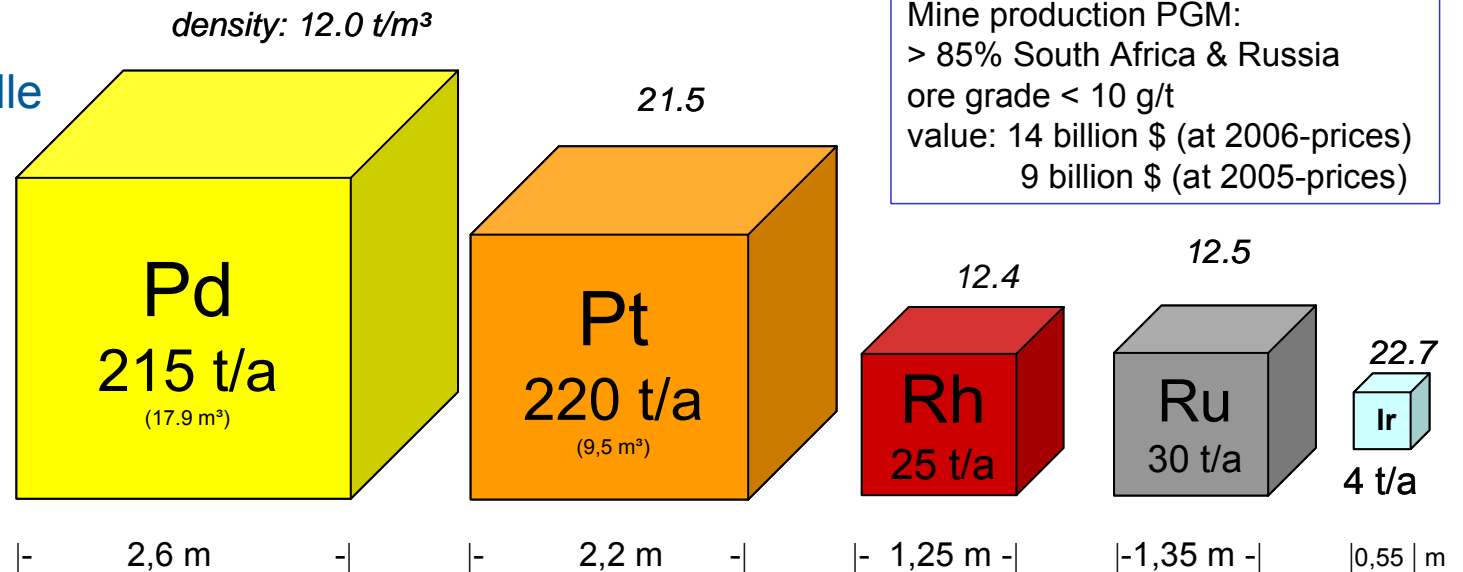


- **Primärproduktion, Nachfrage- & Preisentwicklung**
 - Beispiel Edelmetalle
 - Ressourcen & Reserven
 - Koppelproduktion
- **Einsatz in Automobil & Elektronik**
- **Potentielle Verlustquellen und strukturelle Defizite der Kreislaufwirtschaft**
- **Beispiel: Recycling von Sonder- und Edelmetallen bei Umicore**

Sind teure Edelmetalle grundsätzlich knapp ? Ihre jährliche Minenproduktion passt in eine kleine Halle



PGM = Platingruppenmetalle



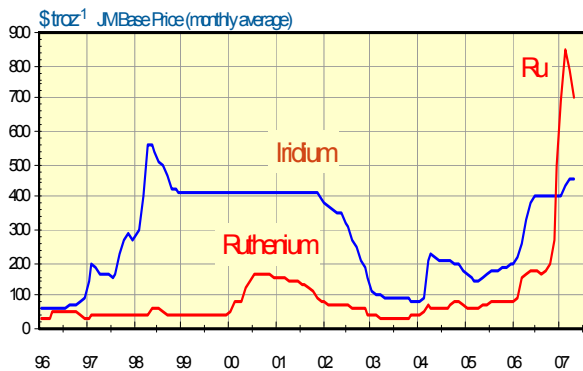
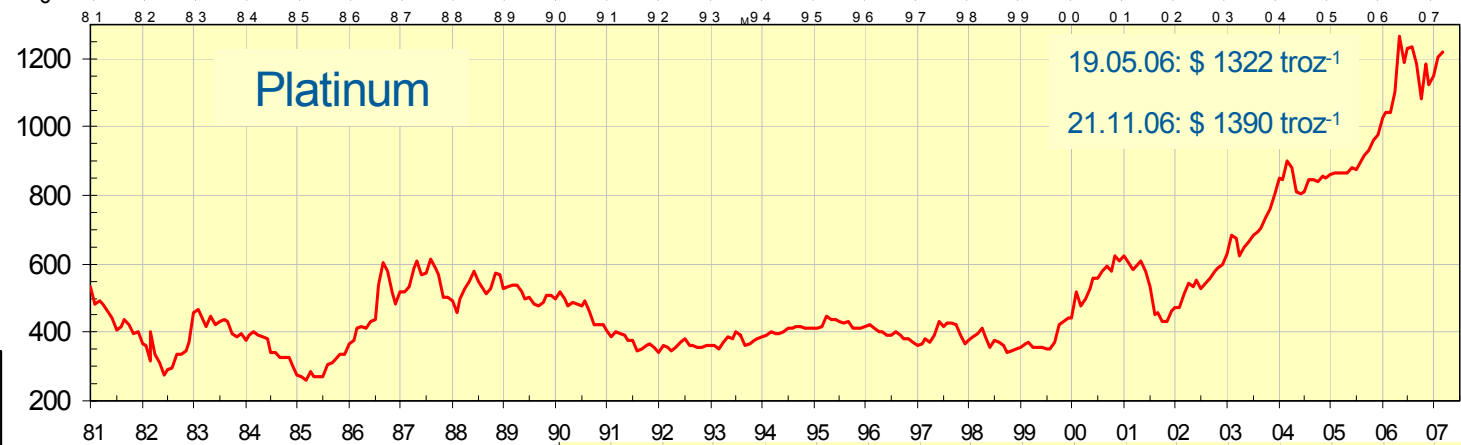
Mine production PGM:
> 85% South Africa & Russia
ore grade < 10 g/t
value: 14 billion \$ (at 2006-prices)
9 billion \$ (at 2005-prices)

\$/g	Pd	Pt	Rh	Ru	Ir		M \$	Pd	Pt	Rh	Ru	Ir	total M \$
2006	10,29	36,81	144,13	5,37	11,09	Jan-Nov.	2006	2263	7915	3603	161	44	13987
2005	6,46	28,84	66,01	2,38	5,43		2005	1422	6200	1650	71	22	9365
2004	7,39	27,20	31,51	2,06	5,98		2004	1627	5848	788	62	24	8348
2003	6,43	22,22	17,04	1,13	2,99		2003	1415	4776	426	34	12	6663

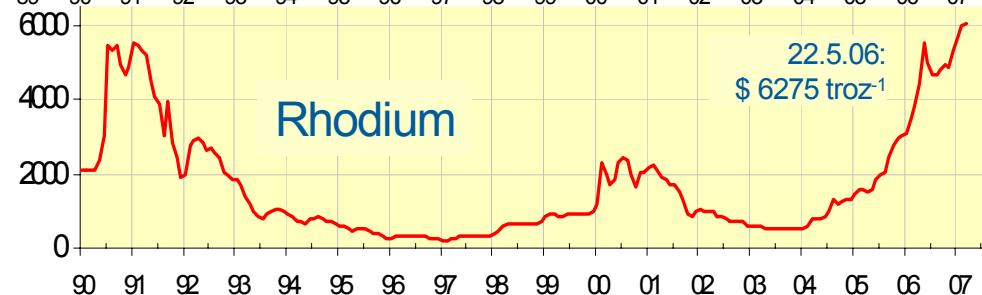
Hohe Volatilität & aktueller Aufwärtstrend der PGM-Preise – Knappheitsindikator ?

- Hohe Recyclingraten entlasten Angebots-/ Nachfrage Bilanz und dämpfen Preisentwicklung
- Recycling verbessert Versorgungssicherheit
- ... hat erhebliche ökologische Vorteile

\$ troz⁻¹ Pt/ Pd: London fixing, Rh:JM-base

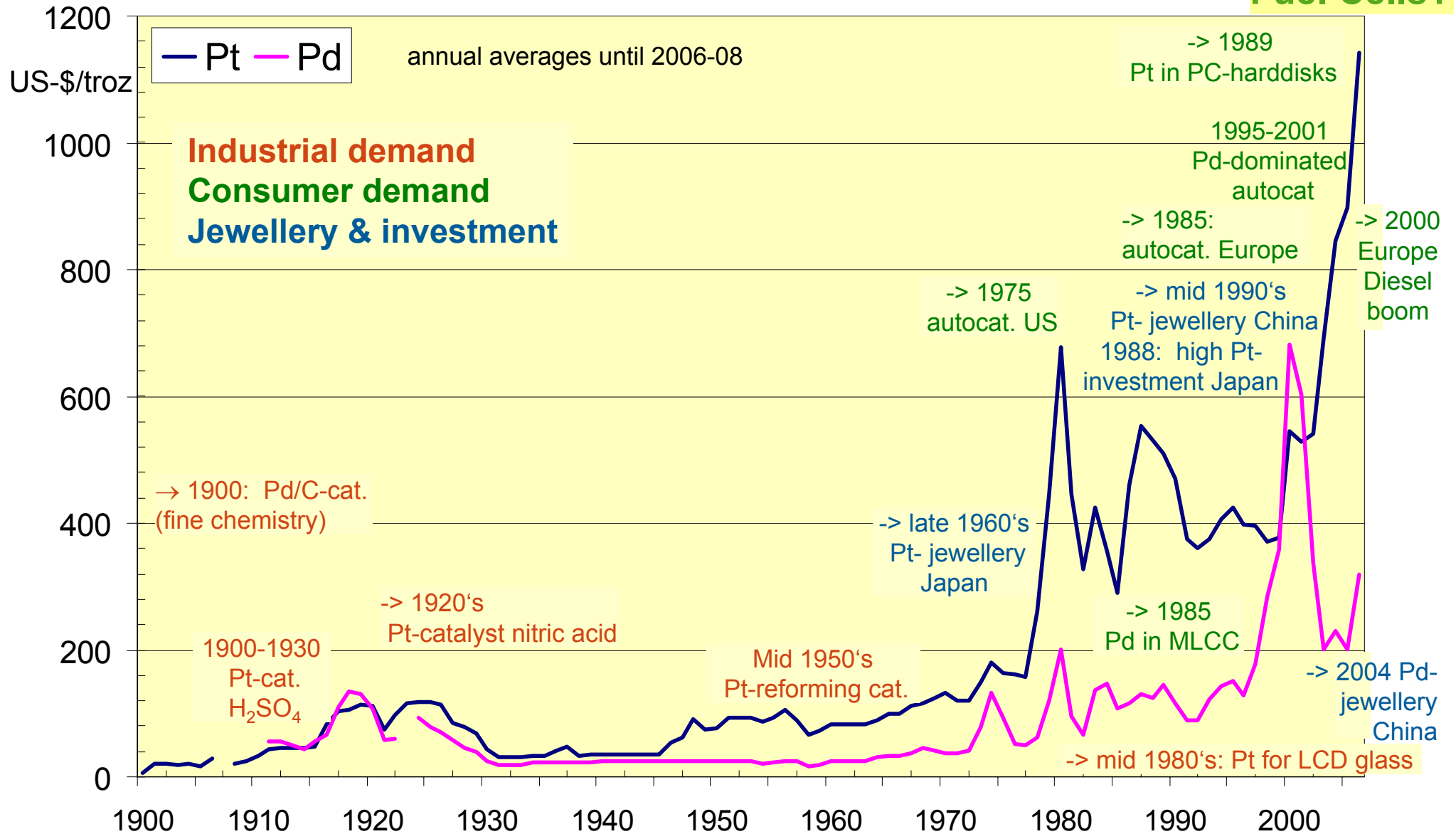


1 troz = 31.1035 g
\$ 100 /troz = \$ 3215 /kg

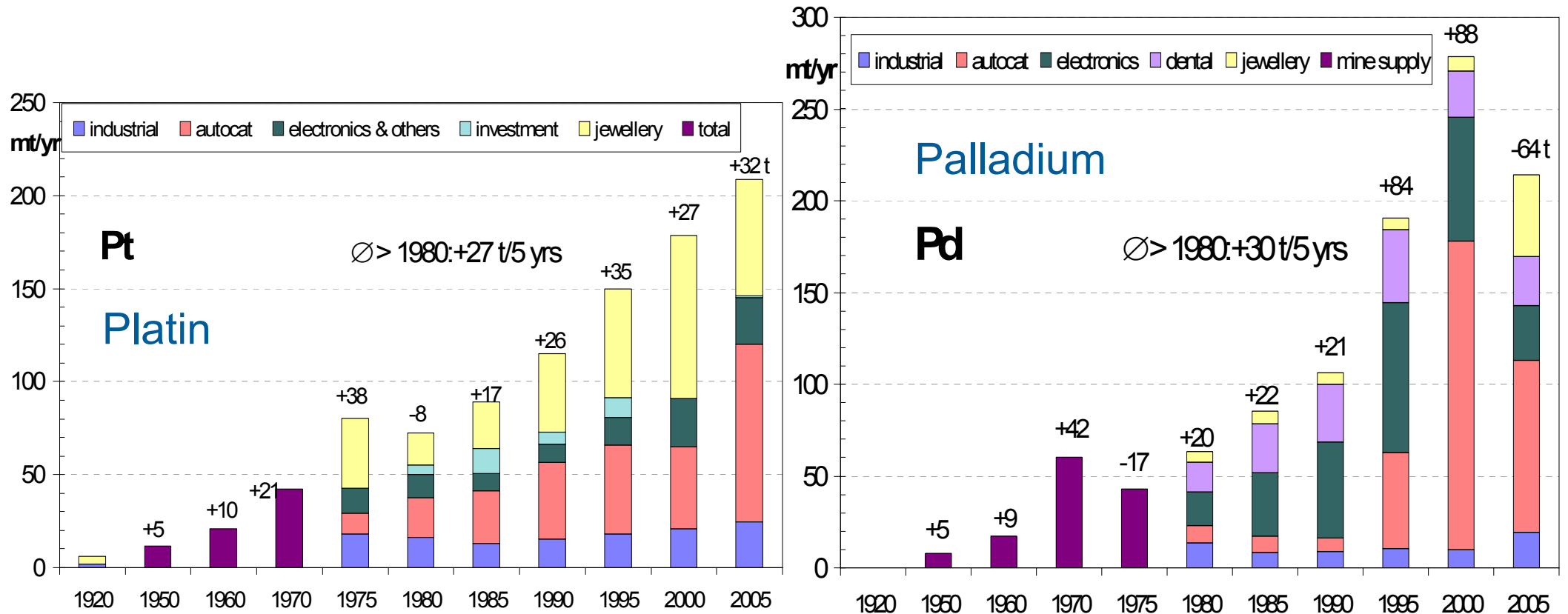


Meilensteine bei der Nutzung und langfristige Preisentwicklung für Pt & Pd

Fuel Cells?



Langfristige Nachfrageentwicklung Pt & Pd (global) → Neue Dominanz der Consumer Anwendungen



PGM-Mining* kumuliert bis 2005: 9500 t

▸ davon 1980-2005: (> 80 %) 8000 t

▸ davon 1995-2005: (≈ 50 %) 4900 t

⇒ PGM sind sehr „junge“ Metalle

* inkl. Ru, Ir

Kumulierte Netto-Nachfrage
1980-2005 (7700 t Pt/Pd/Rh)

Consumer: 66%

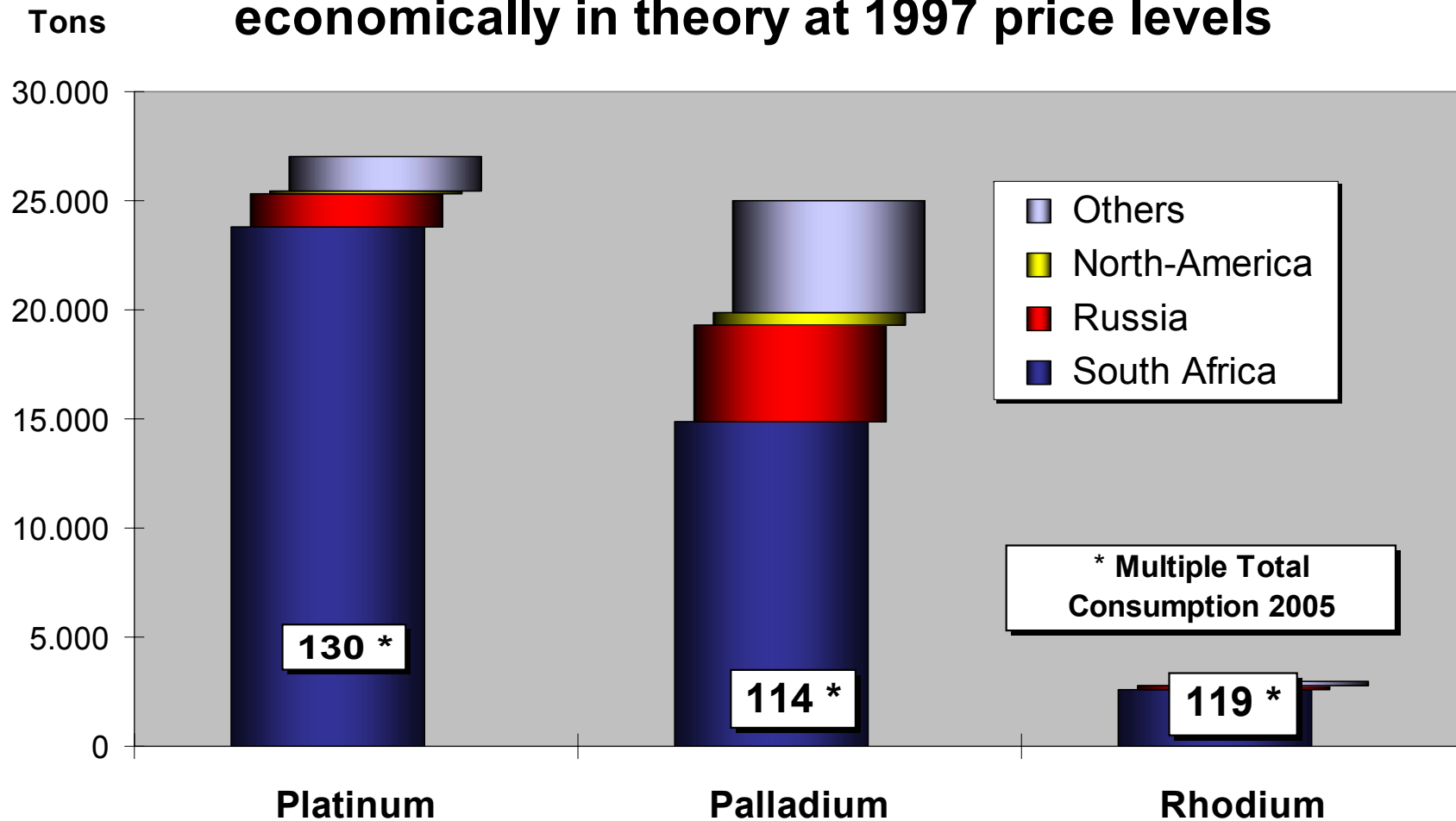
Industrie: 11%

Schmuck: 20%

Investment: 2%

PGM Verfügbarkeit – ausreichend hohe Reserven* bei noch größeren Ressourcen**

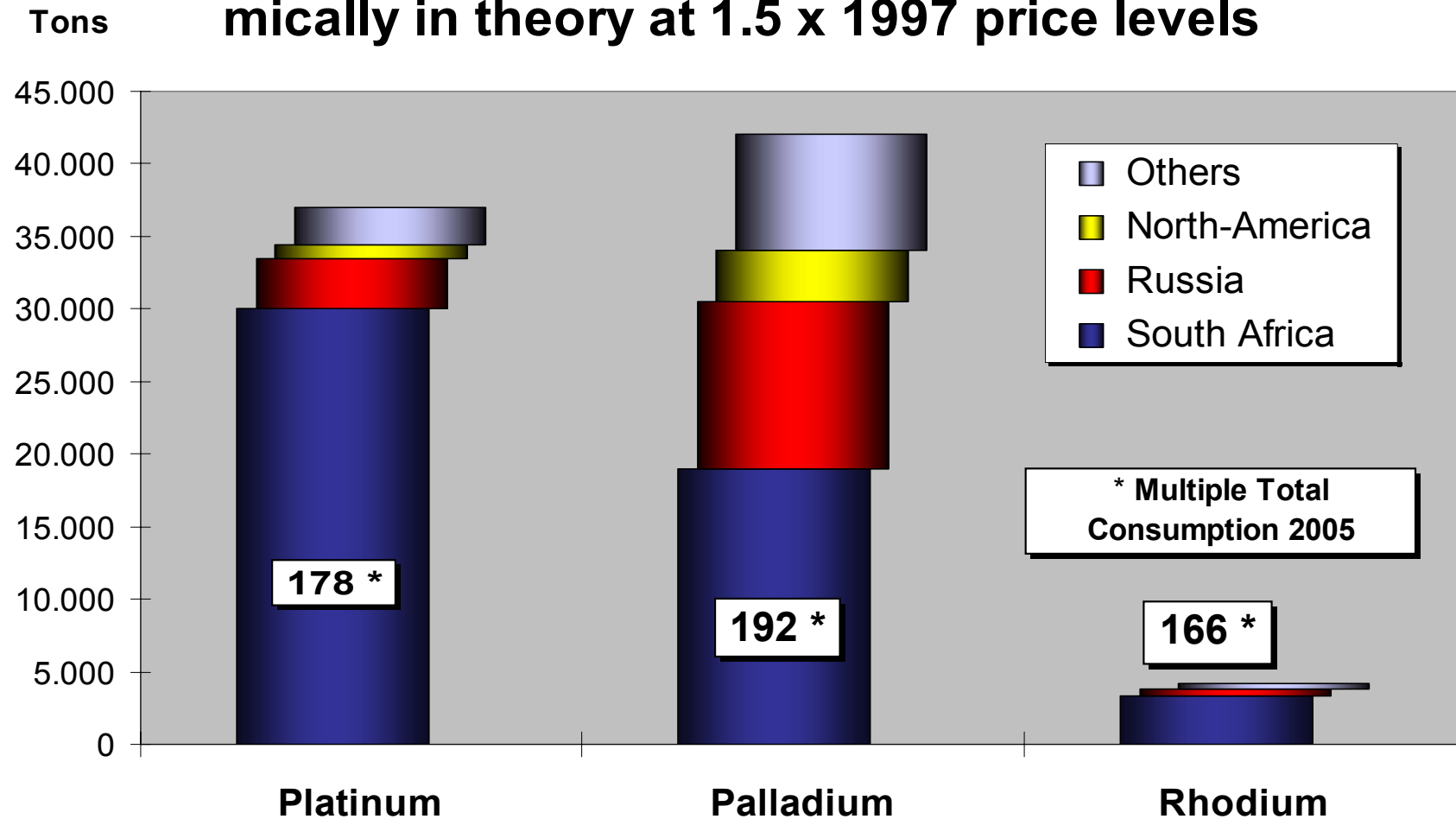
Known PGM-Reserves, being minable economically in theory at 1997 price levels



* Vorräte, die bei einem definierten Preisniveau ökonomisch abbaubar sind
**bekannter/vermuteter geologischer Lagerstätteninhalt

Reserven (Vorräte) steigen mit dem Preisniveau der Metalle

Known PGM-Reserves, being minable economically in theory at 1.5 x 1997 price levels



Definitionen nach US Geological Service (USGS)

Quelle: Mineral Commodity Summaries, Jan 2007

Cumulative Production	IDENTIFIED RESOURCES			UNDISCOVERED RESOURCES	
	Demonstrated		Inferred	Probability Range	
	Measured	Indicated		Hypothetical	(or) Speculative
ECONOMIC	Reserves		Inferred Reserves		
MARGINALLY ECONOMIC	Marginal Reserves		Inferred Marginal Reserves		+
SUBECONOMIC	Demonstrated Subeconomic Resources		Inferred Subeconomic Resources		+
Other Occurrences	Includes nonconventional and low-grade materials				

Resource.—A concentration of naturally occurring solid, liquid, or gaseous material in or on the Earth's crust in such form and amount that economic extraction of a commodity from the concentration is currently or potentially feasible.

Identified Resources.—Resources whose location, grade, quality, and quantity are known or estimated from specific geologic evidence. Identified resources include economic, marginally economic, and sub-economic components. To reflect varying degrees of geologic certainty, these economic divisions can be subdivided into measured, indicated, and inferred.

Demonstrated.—A term for the sum of measured plus indicated.

Measured.—Quantity is computed from dimensions revealed in outcrops, trenches, workings, or drill holes; grade and/or quality are computed from the results of detailed sampling. The sites for inspection, sampling, and measurements are spaced so closely and the geologic character is so well defined that size, shape, depth, and mineral content of the resource are well established.

Indicated.—Quantity and grade and/or quality are computed from information similar to that used for measured resources, but the sites for inspection, sampling, and measurement are farther apart or are otherwise less adequately spaced. The degree of assurance, although lower than that for measured resources, is high enough to assume continuity between points of observation.

Inferred.—Estimates are based on an assumed continuity beyond measured and/or indicated resources, for which there is geologic evidence. Inferred resources may or may not be supported by samples or measurements.

Reserves.—That part of the reserve base which could be economically extracted or produced at the time of determination. The term reserves need not signify that extraction facilities are in place and operative. Reserves include only recoverable materials; thus,

Cumulative Production	IDENTIFIED RESOURCES			UNDISCOVERED RESOURCES	
	Demonstrated		Inferred	Probability Range	
	Measured	Indicated		Hypothetical	(or) Speculative
ECONOMIC	Reserve		Inferred		+
MARGINALLY ECONOMIC	Base		Reserve		
SUBECONOMIC	Base		Base		+
Other Occurrences	Includes nonconventional and low-grade materials				

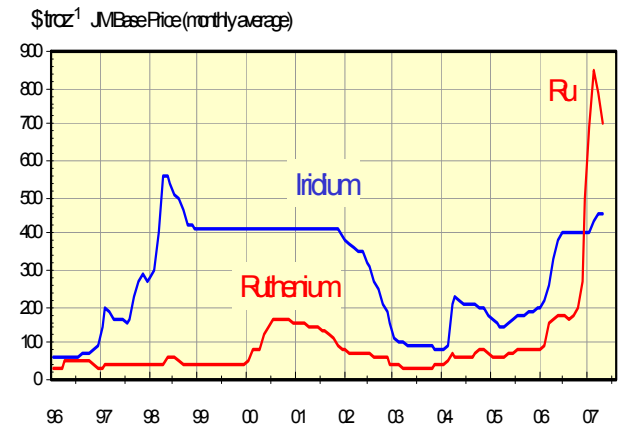
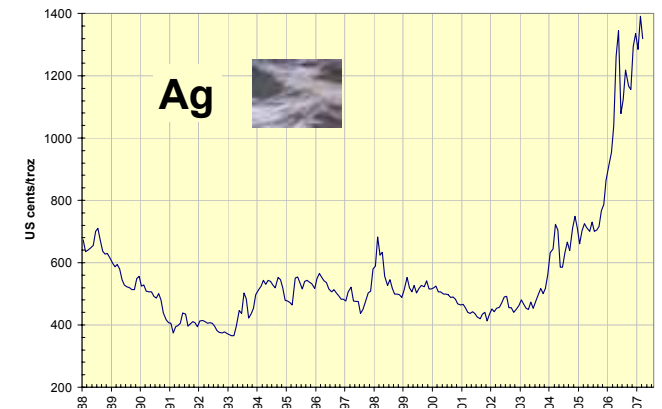
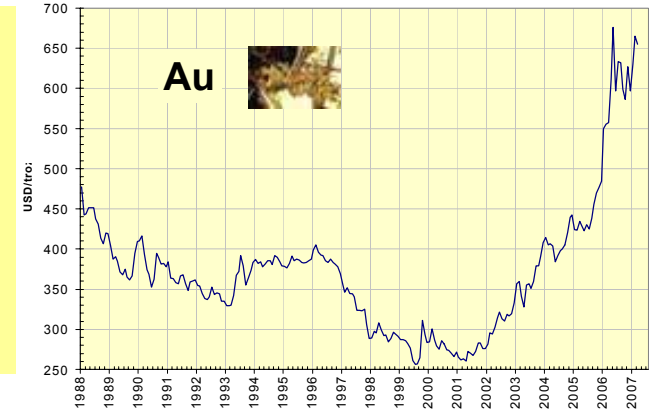
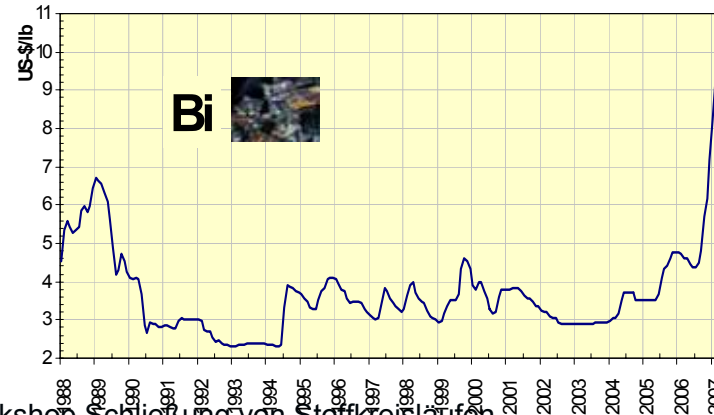
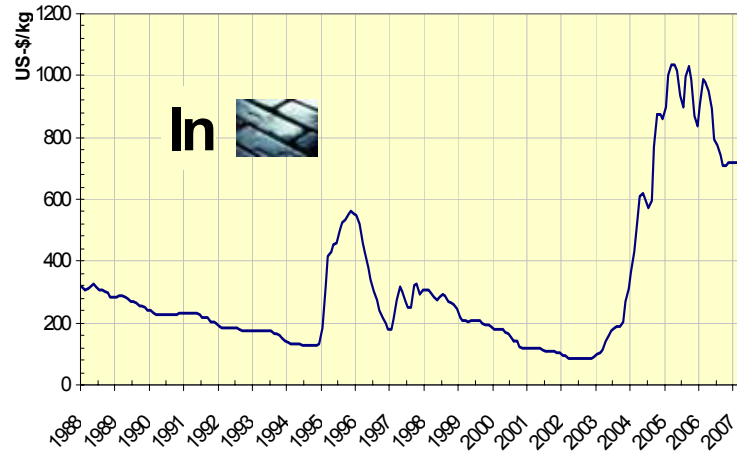
- **Absolute Ressourcenknappheit:** Erschöpfung der geologisch vorhandenen Vorräte in – auch bei höherem Preisniveau - abbaubaren primären Lagerstätten
- **Relative Ressourcenknappheit:** Das Angebot kann (temporär) der gestiegenen Nachfrage nicht folgen
 - Zeitbedarf und Investitionsrisiko für neue Bergwerke und Hütten
 - Politische Hemmnisse, Krieg, Naturkatastrophen, ...
- **Strukturelle Ressourcenknappheit:** Problem der Koppelproduktion von „minor metals“ (Rh, Ru, In, Bi, Se, Te ...) mit „major metals“ (Pt, Ni, Cu, Zn, Pb, ...)

- **Fortwährende Verschlechterung der Ressourcenbasis**
 - Rückgang der Erzgehalte
 - Schwierigere Abbaubedingungen (Tiefe der Vorkommen, geographische Lage, politische Randbedingungen, ...)
 - Anzahl der Lagerstätten/Bergwerke & weltweite Verteilung
- ⇒ **Anstieg von Kosten, Energieverbrauch, Umweltbelastung, ...**
- ⇒ **Schädigung der Biosphäre (Regenwald, Antarktis, Meeresbergbau, ...)**
- ⇒ **Regionale Abhängigkeiten – „Kampf um Ressourcen“ ?**

Die Verknappung metallischer Ressourcen erhält neue Aufmerksamkeit ...

“Providing today’s developed-country level of services for Cu worldwide (as well as for Zn and, perhaps, Pt) would appear to require conversion of essentially all of the ore in the lithosphere to stock-in-use plus near-complete recycling of the metals from that point forward.”

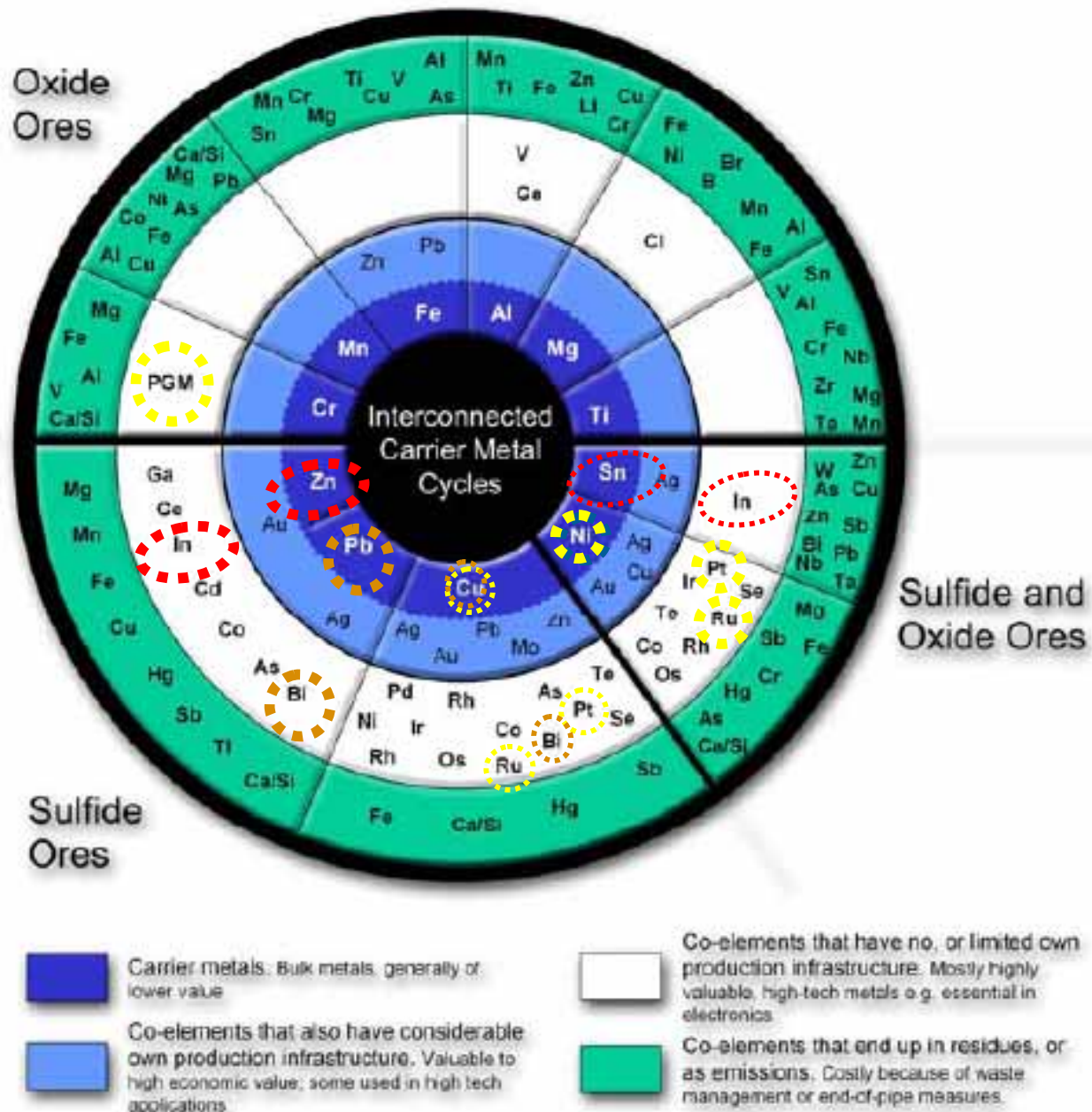
PNAS, Jan. 2006: Metal stocks & sustainability, R. Gordon, M. Bertram, T. Graedel, Yale



... ausgelöst auch durch steigende Metallpreise

.... “Kampf um Rohstoffe” ?
(Der Spiegel 2006)

Was bedeutet Koppelproduktion ?



Koppelproduktion:

es gibt keine eigenen Minen, z.B. für Indium (In), Wismut (Bi) oder Ruthen (Ru), die Metalle werden als untergeordnete Beiprodukte, oft im ppm Bereich („Minor Metals“) von Hauptmetallen („Major Metals“) (z.B. Cu, Pb, Ni, Zn, Pt) mit gewonnen.

- ⇒ Angebotserhöhung nur möglich, wenn die Förderung des Hauptmetalls entsprechend steigt
- ⇒ Keine Preiselastizität des Angebots der Koppelprodukte: selbst eine drastische Preiserhöhung bewirkt keine Produktionssteigerung, wenn der Absatz für Hauptmetall nicht gegeben ist!



- **Primärproduktion, Nachfrage- & Preisentwicklung**
 - Beispiel Edelmetalle
 - Ressourcen & Reserven
 - Koppelproduktion
- **Einsatz in Automobil & Elektronik**
- **Potentielle Verlustquellen und strukturelle Defizite der Kreislaufwirtschaft**
- **Beispiel: Recycling von Sonder- und Edelmetallen bei Umicore**

PGM Nachfragestruktur 2006

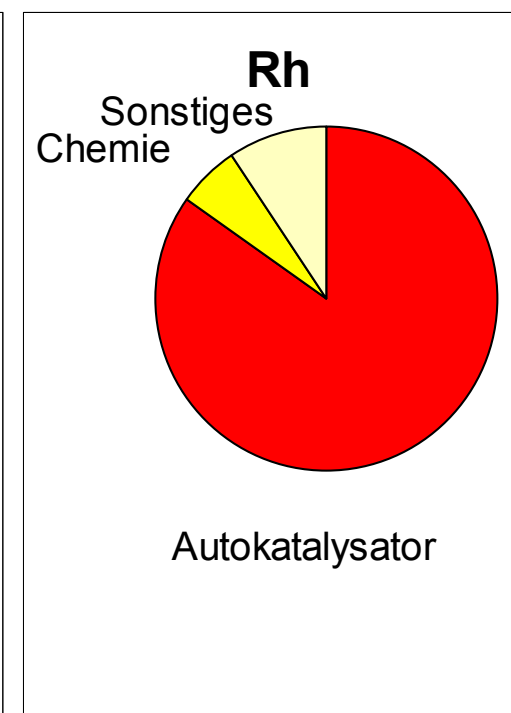
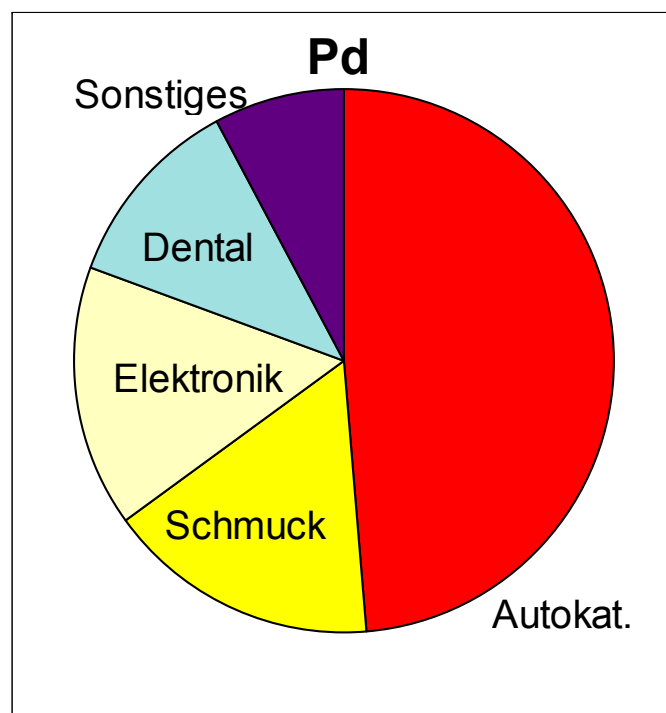
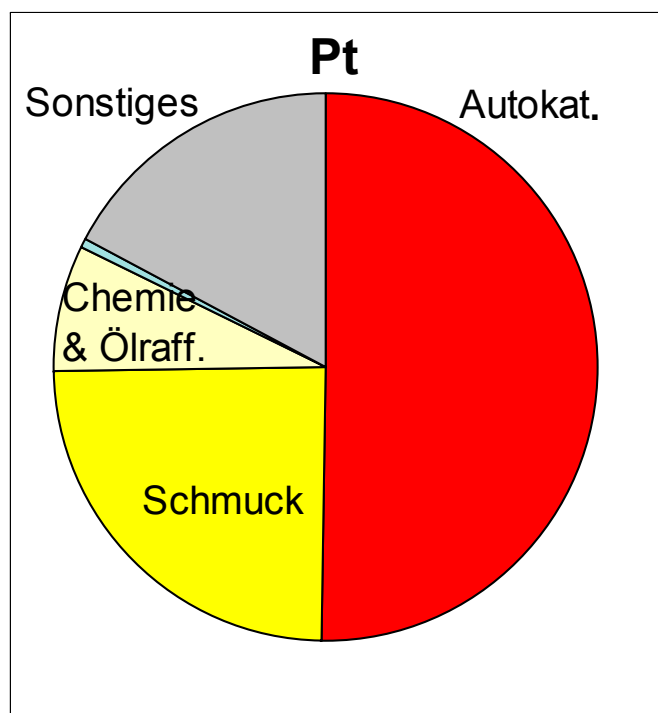
– Autoabgaskatalysator > 50% des Nettobedarfs

Platin	t/a	%	Palladium	t/a	%	Rhodium	t/a	%
Autoabgaskatalysator	110	51	Autokatalysator	104	49	Autokatalysator	22	85
Schmuck	54	25	Schmuck	35	16	Chemie	2	6
Chemie & Öltraffination	17	8	Elektronik	33	15	Sonstiges	3	10
Investment	-1	0	Dental	25	12	Gesamtnachfr.*	26	
Sonstiges	38	17	Sonstiges	16	8			
Gesamtnachfrage*	218		Gesamtnachfr.*	213				

Summe PGM für Autokat. (netto) = 236 52%

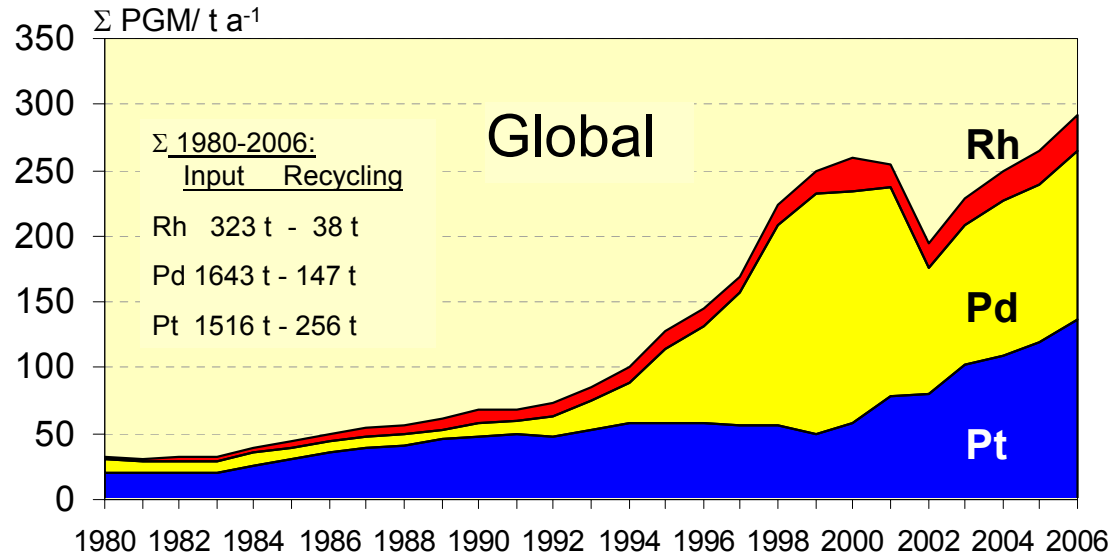
* Netto-Nachfrage

= Brutto-Nachfrage - Recycling



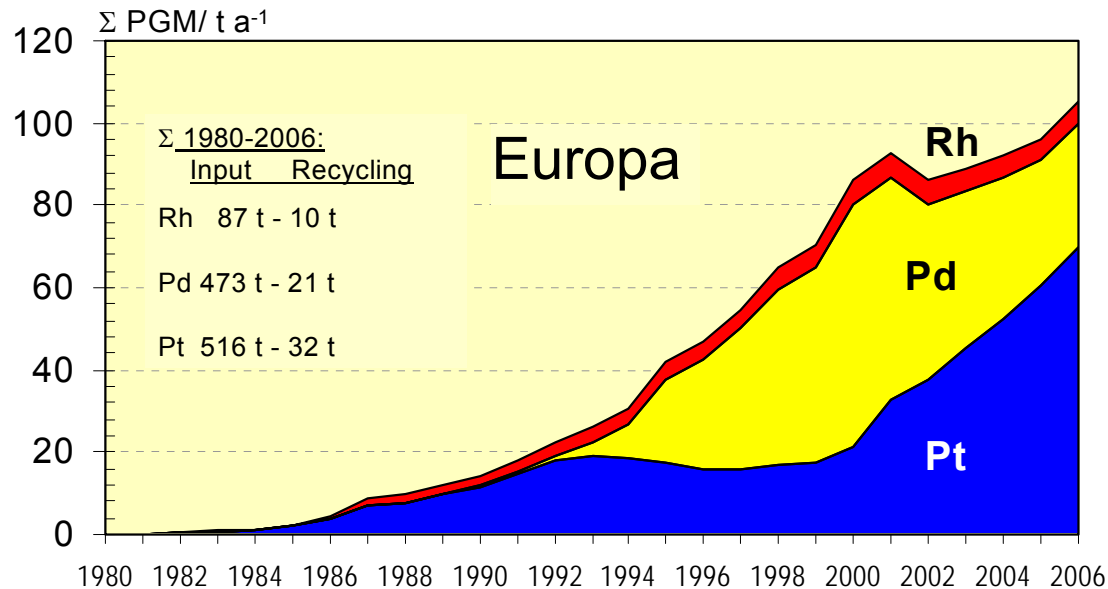
Werte nach JM 2006

Autokats – eine PGM-Mine die mit 10-15 Jahren Verzögerung “gefördert” werden kann



Jährlicher PGM Bruttobedarf für Autokats

	<u>Global/ Europa</u>
kumulierte Nachfrage	3500 t / 1100 t
bisheriges Recycling	441 t / 65 t
noch „on the road“	> 2000 t / > 800 t
Verluste	≈ 1000 t / 150 t ?

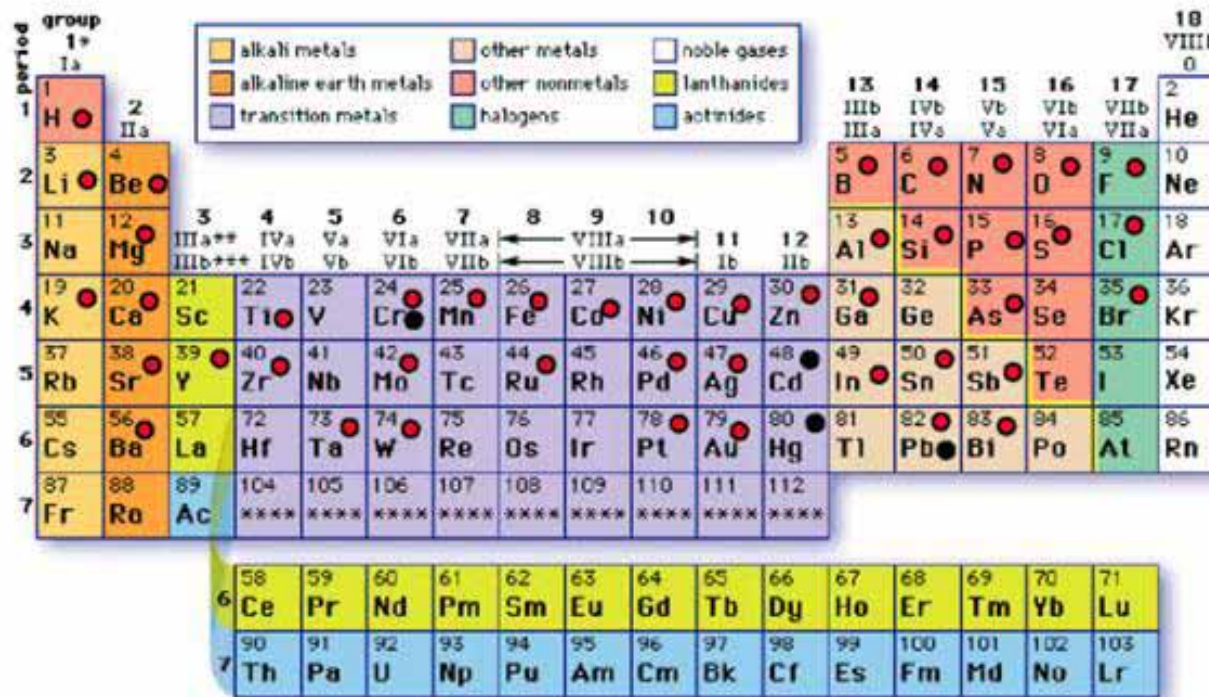


Recycling heute überwiegend von Kats aus den frühen 1990‘ern

- Wieviel des zukünftigen Anstiegs wird für das Recycling verfügbar sein ?
- Was ist zu tun, um diese Ressourcen zu sichern ?

Moderne Elektronik kann über 60 verschiedene Elemente enthalten

Material Content of Mobile Phone



* Numbering system recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)
 ** Previous IUPAC numbering system
 *** Numbering system recommended by the Chemical Abstracts Service
 **** For the names of elements 104-112, see Table 27.

©1997 Encyclopaedia Britannica, Inc.

● RoHS substance

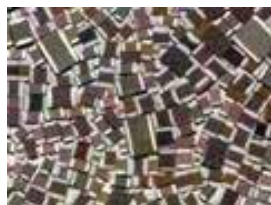
● Mobile phone substance

- spezifische Eigenschaften von Sonder- & Edelmetallen sind maßgeblich für erhöhte Funktionalität & verminderte Toxizität (z.B. Ag, Bi, In in Pb-freien Loten)
- Einsatz in bestimmten Baugruppen (z.B. Leiterplatten), starke Verdünnung im Endprodukt (extrem: Autoelektronik)
- Recycling ist technologisch extrem anspruchsvoll durch Verdünnung und metallurgisch ungünstige Elementkombinationen (Gewinnung bestimmter Elemente bedingt Verschlackung anderer)

Signifikanter Bedarfsanteil von Elektro(nik)-Anwendungen bei vielen Metallen

		Weltminen- produktion*	Koppel- produkt von	Bedarf für Elektro & Elektronik *	Bedarf bezogen auf Minen- produktion	Metall- preis**	Haupteinsatz in Elektro/Elektronik
		t/a		t/a		€/kg	
Silber	Ag	20.000		6.000	30%	350	Kontakte, Schalter, (bleifreie) Lote, Leiterbahnen, MLCC, ...
Gold	Au	2.500		250	10%	16.000	Bonddraht, Kontakte, IC, ...
Palladium	Pd	215	PGM	32	15%	8.500	Vielschichtkondensatoren (MLCC), LP-Beschichtung, Steckverbindungen, ...
Platin	Pt	220	PGM	13	6%	29.000	Festplatten, Thermoelemente, Brennstoffzellen
Ruthen	Ru	30	PGM	6	20%	18.000	Festplatten, Widerstände, Leitpasten, Plasma Display Panels, ...
Kupfer	Cu	16.000.000		4.500.000	28%	5	Kabel, Kontakte, Trafos, E-Motoren, ...
Zinn	Sn	275.000		160.000	58%	10	Lote (inkl. Anwendung in sonst. Branchen, v.a. Installation)
Antimon	Sb	130.000		65.000	50%	4	Flammhemmer, CRT Glass
Kobalt	Co	58.000	Ni, Cu	11.000	19%	40	Akkus
Wismut	Bi	5.600	Pb,W,Zn	900	16%	16	(bleifreie) Lote, Kondensatoren, Kühlkörper, elektrostat. Abschirmung, ...
Selen	Se	1.400	Cu	240	17%	37	Elektrooptik, Kopierer, Solarzellen, ...
Indium	In	480	Zn, (Pb)	380	79%	520	LCD-Glas, bleifreie Lote, Halbleiter/LED

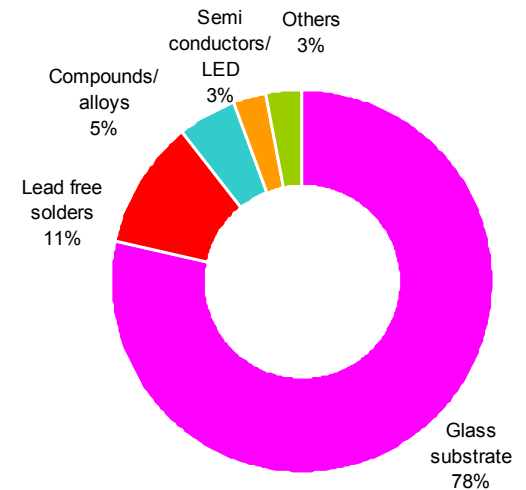
* gerundet, USGS MCS 2007 ** gerundet, Stand 03/2007



Indium: Details nach USGS 2007

World Refinery Production, Reserves, and Reserve Base:

	Refinery production		Reserves ³	Reserve base ³
	2005	2006 ^e		
United States	—	—	300	600
Belgium	30	30	(⁴)	(⁴)
Canada	50	50	1,000	2,000
China	300	300	280	1,300
France	10	10	(⁴)	(⁴)
Germany	10	—	NA	NA
Japan	70	55	100	150
Peru	6	6	100	150
Russia	15	15	200	300
Other countries	10	10	800	1,500
World total (rounded)	500	480	2,800	6,000



World Resources: Indium is a rare element and ranks 61st in abundance in the Earth's crust at an estimated 240 parts per billion by weight. This makes it about three times more abundant than silver or mercury.

Indium occurs predominantly in the zinc-sulfide ore mineral, sphalerite. The average indium content of zinc deposits from which it is recovered ranges from less than 1 part per million to 100 parts per million. Although the geochemical properties of indium are such that it occurs with other base metals—copper, lead, and tin—and to a lesser extent with bismuth, cadmium, and silver, most deposits of these metals are subeconomic for indium.

Vein stockwork deposits of tin and tungsten host the highest known concentrations of indium. However, the indium from this type of deposit is usually difficult to process economically. Other major geologic hosts for indium mineralization include volcanic-hosted massive sulfide deposits, sediment-hosted exhalative massive sulfide deposits, polymetallic vein-type deposits, epithermal deposits, active magmatic systems, porphyry copper deposits, and skarn deposits.

Substitutes: Indium has substitutes in many, perhaps most, of its uses; however, the substitutes usually lead to losses in production efficiency or product characteristics. Silicon has largely replaced germanium and indium in transistors. Although more expensive, gallium can be used in some applications as a substitute for indium in several alloys. In glass-coating applications, silver-zinc oxides or tin oxides can be used. Although technically inferior, zinc-tin oxides can be used in LCDs. Another possible substitute for indium glass coating is transparent carbon nanotubes, which are untested in mass production of LCDs. Indium phosphide can be substituted by gallium arsenide in solar cells and in many semiconductor applications. Hafnium can replace indium alloys in nuclear reactor control rods.



Wismut (Bi): Details nach USGS 2007

World Mine Production, Reserves, and Reserve Base: Reserve estimates for the United States were revised to zero because there has been no reported mine production of bismuth in the United States since 1997.

	Mine production		Reserves ²	Reserve base ²
	2005	2006 ^a		
United States	—	—	—	14,000
Bolivia	60	40	10,000	20,000
Canada	190	190	5,000	30,000
China	3,000	3,000	240,000	470,000
Kazakhstan	140	160	5,000	10,000
Mexico	970	1,100	10,000	20,000
Peru	1,000	960	11,000	42,000
Other countries	160	160	39,000	74,000
World total (rounded)	5,500	5,600	320,000	680,000

Verwendung:

50% Legierungsmetall

30% Lote und Schmelzlegierungen

20% Pharma und Chemikalien

World Resources: Bismuth, at an estimated 8 parts per billion by weight, is the 69th element in order of abundance in the Earth's crust and is about twice as abundant as gold. World reserves of bismuth are usually based on bismuth content of lead resources because bismuth production is most often a byproduct of processing lead ores; in China, bismuth production is a byproduct of tungsten and other metal ore processing. Bismuth minerals rarely occur in sufficient quantities to be mined as principal products; the Tasna Mine in Bolivia and a mine in China are the only mines that produced bismuth from a bismuth ore. The Tasna Mine has been on standby status since the mid-1990s awaiting a significant rise in the metal price. Several bismuth-containing deposits are in varying stages of mining feasibility review. These polymetallic deposits include Bonfim in Brazil, NICO in Canada, and Nui Phao in Vietnam.



Substitutes: Bismuth can be replaced in pharmaceutical applications by alumina, antibiotics, and magnesia. Titanium dioxide-coated mica flakes and fish scale extracts are substitutes in pigment uses. Indium can replace bismuth in low-temperature solders. Resins can replace bismuth alloys for holding metal shapes during machining, and glycerine-filled glass bulbs can replace bismuth alloys in triggering devices for fire sprinklers. Free-machining alloys can contain lead, selenium, or tellurium as a replacement for bismuth.

Bismuth, on the other hand, is an environmentally friendly substitute for lead in plumbing and many other applications, including fishing weights, hunting ammunition, lubricating greases, and soldering alloys.

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2007

Einfluss von Elektro-/Elektronikgeräten auf Metallnachfrage und Ressourcen

Verkäufe weltweit, 2006:

Mobiltelefone:



1000 Mio x 70 g/handset

x 3500 ppm Ag \approx 250 t Ag
x 340 ppm Au \approx 24 t Au
x 130 ppm Pd \approx 9 t Pd
x 13% Cu \approx 9000 t Cu

1000 Mio x 20 g/Batterie*

x 19% Co \approx 3800 t Co

* Li-Ion Typ

PC & Laptops:



230 Mio Stück

pro Stück

x 1000 mg Ag \approx 285 t Ag
x 200 mg Au \approx 46 t Au
x 80 mg Pd \approx 18 t Pd
x \approx 500 g Cu \approx 115,000 t Cu

\approx 60 M Laptop Batterien*

x 75 g Co \approx 4500 t Co

** Li-Ion > 90% in modernen Laptops

Welt Minen Produktion:

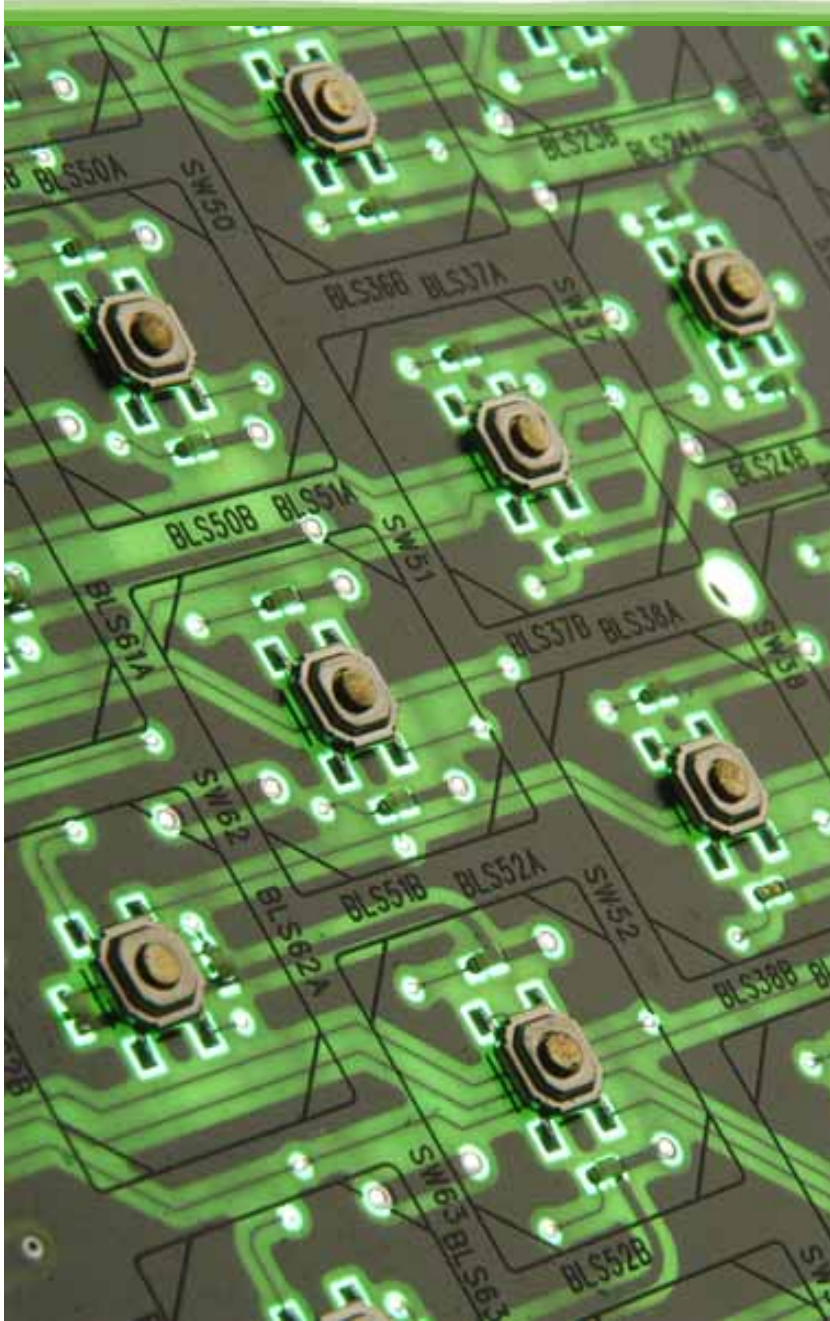
Ag: 20,000 t/a \approx 3%
Au: 2,500 t/a \approx 3%
Pd: 215 t/a \approx 12%
Cu: 16 Mt/a \approx 1%
Co: 58,000 t/a \approx 14%

- Trotz minimaler Mengen pro Stück führen hohe Absatzzahlen zu signifikanten Gesamtmengen
- Wie viel davon wird tatsächlich recycelt werden ?
- Wie weit existiert die Kreislaufwirtschaft in der Realität – und wie stark wirkt sich diese auf die Ressourcen aus ?



- **Primärproduktion, Nachfrage- & Preisentwicklung**
 - Beispiel Edelmetalle
 - Ressourcen & Reserven
 - Koppelproduktion
- **Einsatz in Automobil & Elektronik**
- **Potentielle Verlustquellen und strukturelle Defizite der Kreislaufwirtschaft**
- **Beispiel: Recycling von Sonder- und Edelmetallen bei Umicore**

Potentielle Verlustquellen für Wertstoffe aus Elektroaltgeräten (EAG)



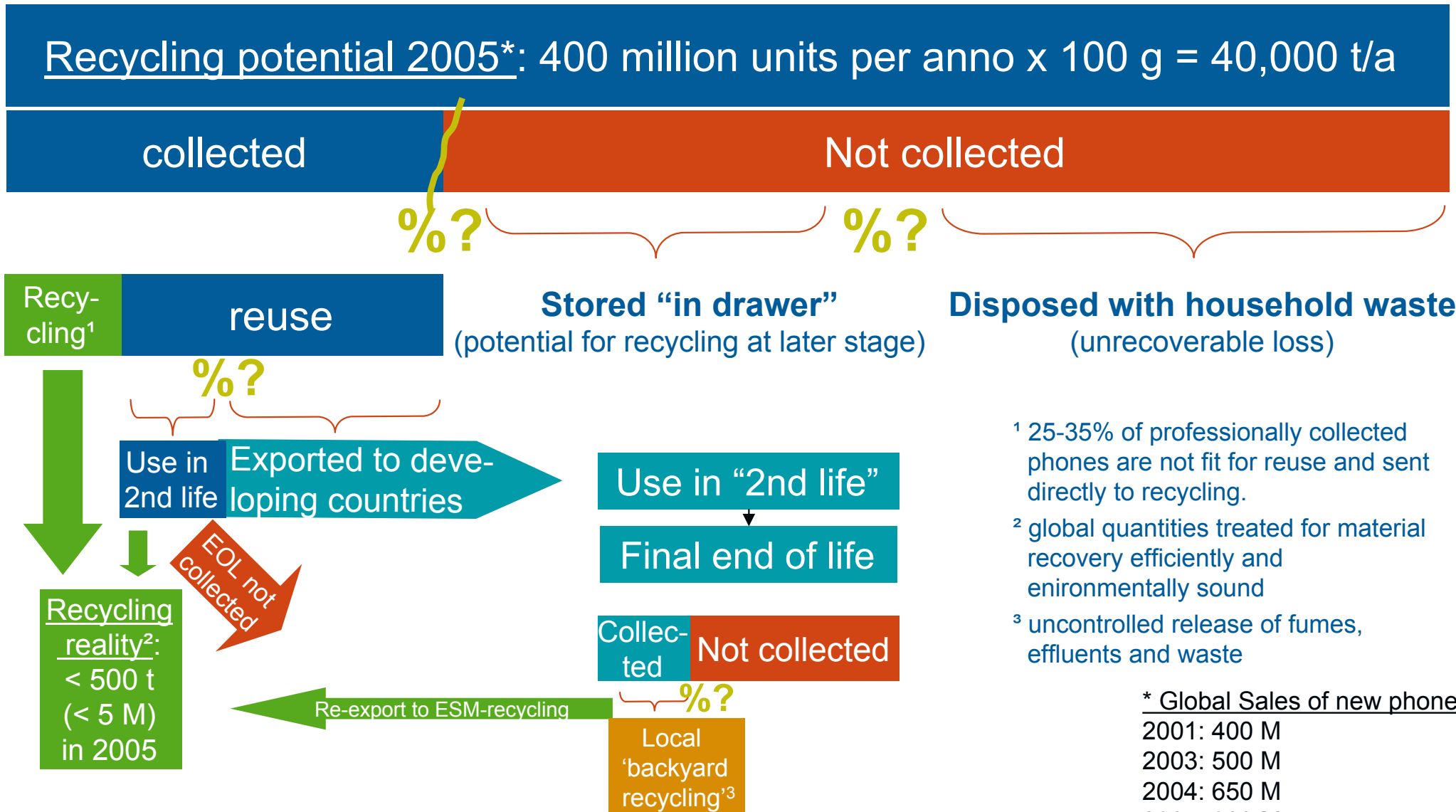
- EAG werden nicht gesammelt
 - Sammlung aber:
 - Export als echter “Reuse” in Region, wo am tatsächlichen Lebensende kein Recycling stattfindet
 - Illegaler Export, getarnt als „Reuse“
 - Ausschleusung von Geräten oder Komponenten an Sammelstelle oder in nachgeschalteten Stufen der Recyclingkette
 - Verluste beim Recycling durch
 - Falsche Sortierung („Handies zu Bohrmaschinen“)
 - Verluste während der mechanischen Aufbereitung (z.B. EM in Stäube, Fe- oder Al-Fraktion)
 - Suboptimale Schnittstelle zu Endverarbeitern
 - Verluste beim Endverarbeiter (komplett oder partiell)
- Verdünnungseffekt für Edel- und Sondermetalle in Endprodukten (Spurenelemente) beeinträchtigt Recyclingfähigkeit.
- Technische Zielkonflikte (Thermodynamik)



Nichtsammlung und Reuse jenseits der Systemgrenzen – Beispiel Mobiltelefon



Recycling potential 2005*: 400 million units per anno x 100 g = 40,000 t/a



- ¹ 25-35% of professionally collected phones are not fit for reuse and sent directly to recycling.
- ² global quantities treated for material recovery efficiently and environmentally sound
- ³ uncontrolled release of fumes, effluents and waste

* Global Sales of new phones:
 2001: 400 M
 2003: 500 M
 2004: 650 M
 2005: 800 M
 2006: 1000 M estimate

Not to scale



Beispiel PC / Laptops

Weltweite Verkäufe, 2006: 230 Mio* PC's
(davon 65 Mio Laptops)

*Source: IDC 14. Sept. 2006

Exporte von EOL-Geräten

- aus Europe: Schätzung 50%
- aus USA: Schätzung 80%

Exporte vor allem nach

- Asien (China, Indien, Pakistan, Vietnam, ...)
 - Afrika (Nigeria & westafrikanische Nachbarstaaten, Nordafrika)
 - Osteuropa & weiter
- Weiterverwendung/Reparatur einiger Geräte, aber nur geringe Recycling-Wahrscheinlichkeit am tatsächlichen Lebensende (v.a. in Afrika)
 - "Hinterhof"-Recycling mit sehr geringen Metallausbeuten und hoher Umweltbeeinträchtigung (v.a. in Asien)
 - Reuse ist nur eine temporäre Lösung (Verlängerung der Lebensdauer), am Ende muss Recycling erfolgen.



Exporte als Spenden, 2nd hand, ...
häufig illegal (falsch deklariert)



Schwachstelle Schnittstelle mechanische Aufbereitung & metallurgischer Endverarbeitung

Mechanische Prozesse

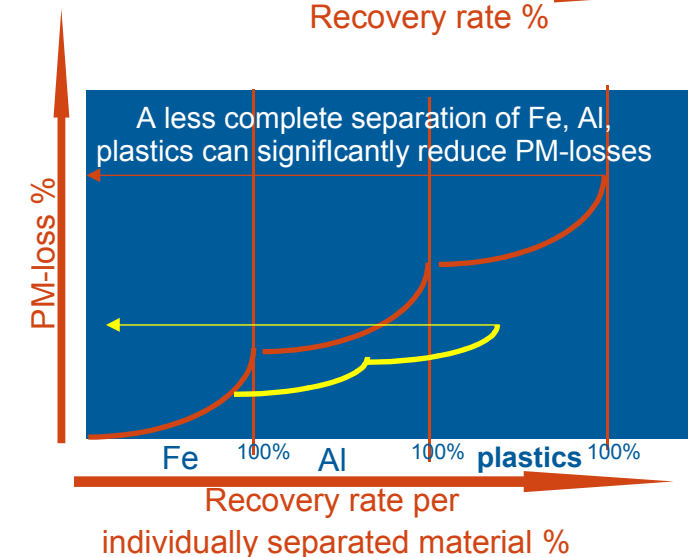
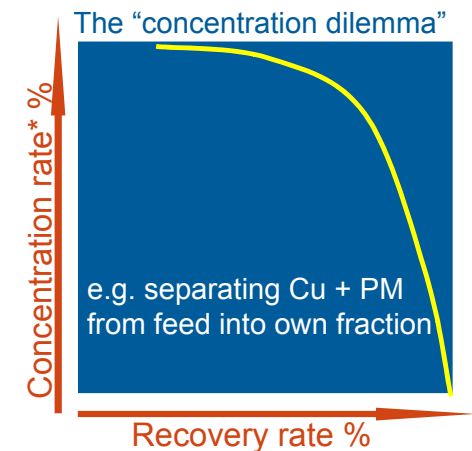


Erfordern einen guten Aufschluss der zu trennenden Materialien
→ Demontage, Shreddern/Zerkleinern

Sortierung nach physikalischen Eigenschaften:
Magnet- und Wirbelstromscheidung, Dichtentrennung,
unterstützt durch Klassierung & weitere Zerkleinerung

Verfahrensgrenzen:

- Selektivität (Überlappung verschiedener physikal. Eigenschaften)
 - Handling von Stäuben
 - Konflikt Ausbeute ↔ Anreicherung (“Concentration dilemma”)
 - Unbeabsichtigte Mitabtrennung von „Minor Metals“
- **Je komplexer (verwachsener) ein Material, desto weniger selektiv sind mechanische Prozess und desto höher sind die (EM-) Verluste durch Co-Separation. Die metallurgische Verarbeitung in integrierten Metallhütten bietet hier Vorteile,**

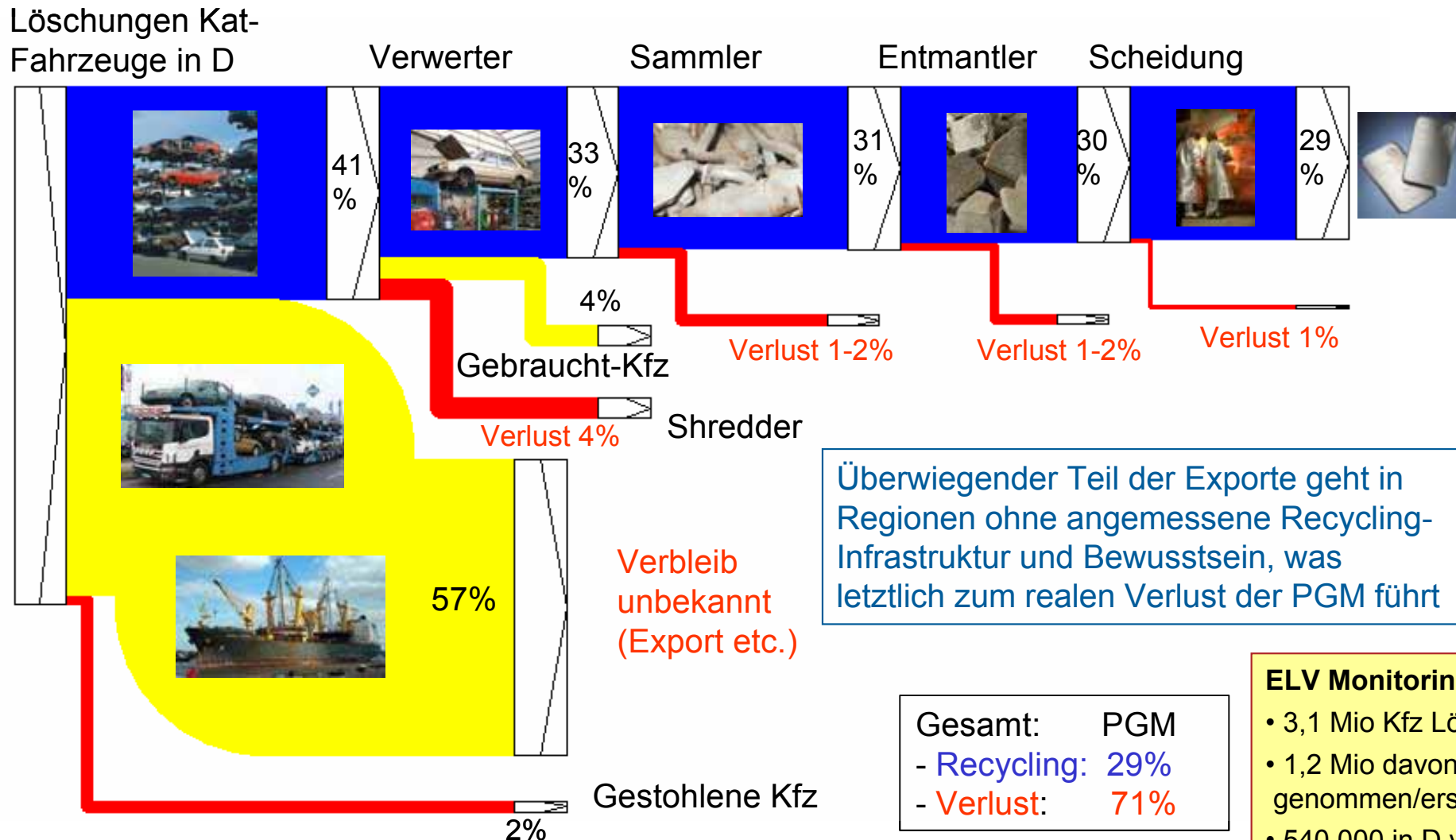


Leiterplatten, Handies etc. sind hoch komplex und sollten vor der mechanischen Aufbereitung angesteuert werden.

Recycling Realität für Altfahrzeuge: globale PGM-Verluste 50%*, Europa liegt noch schlechter

Stoffstrom für PGM aus Autokat, D 2001

* JM-Statistik: Pt Bruttobedarf Autokat 1990: 48 t
Pt Recycling aus Autokat 2005: 24 t



Gesamt:	PGM
- Recycling:	29%
- Verlust:	71%

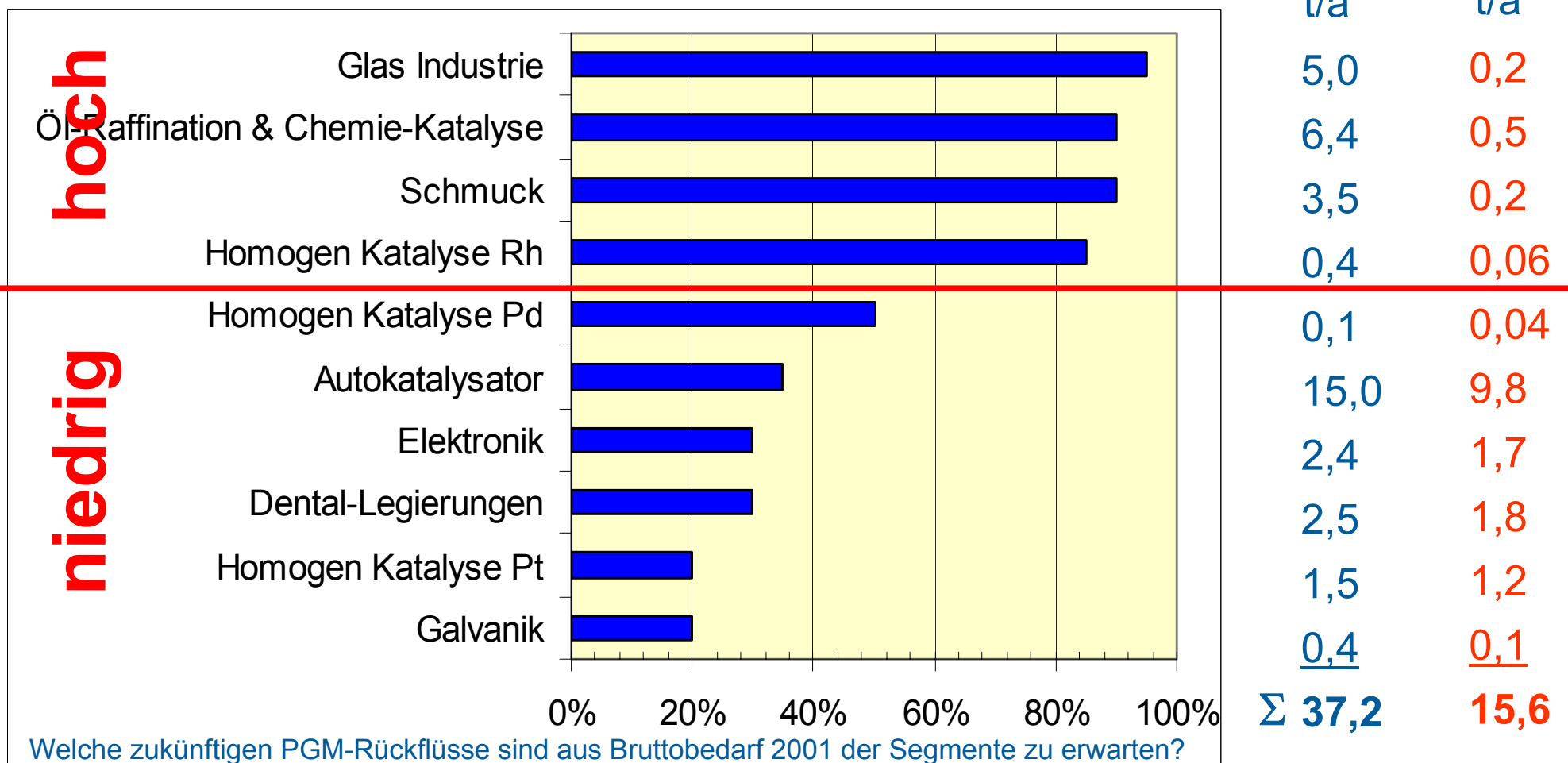
ELV Monitoring 2004, D

- 3,1 Mio Kfz Löschungen
- 1,2 Mio davon in D angenommen/erstbehandelt
- 540 000 in D verwertet

-gelb: Abflüsse aus System D (z.B. Export); Recycling im Ausland oder Re-Import von Kats ist theoretisch möglich

Defizit Analyse: Wirkungsgrade der PGM Lebenszyklen nach Anwendungssegmenten

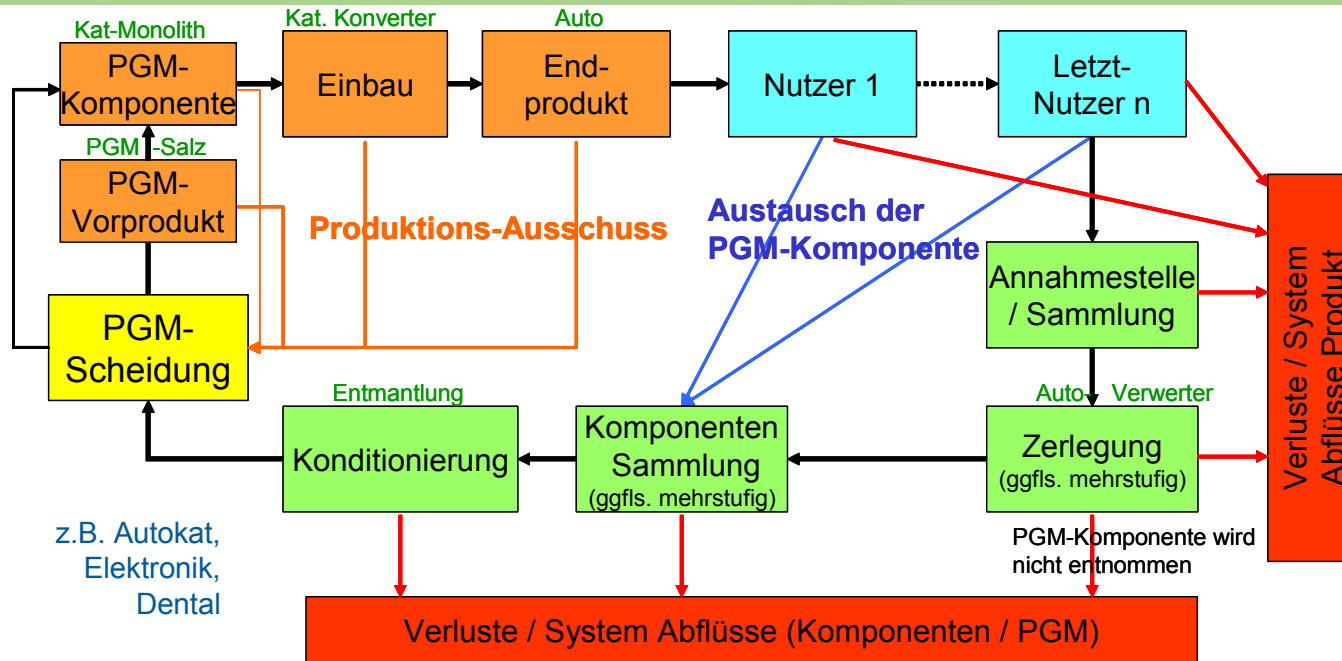
PGM-Lebenszyklus-Wirkungsgrad = dynamische Recycling Quote



Warum Unterschiede ??

→ Industrielle Anwendung = "closed loop" System
 → Consumer Anwendung = "open loop" System

Indirekte, "offene" Kreisläufe für Konsumgüter ... ein komplexes Problem

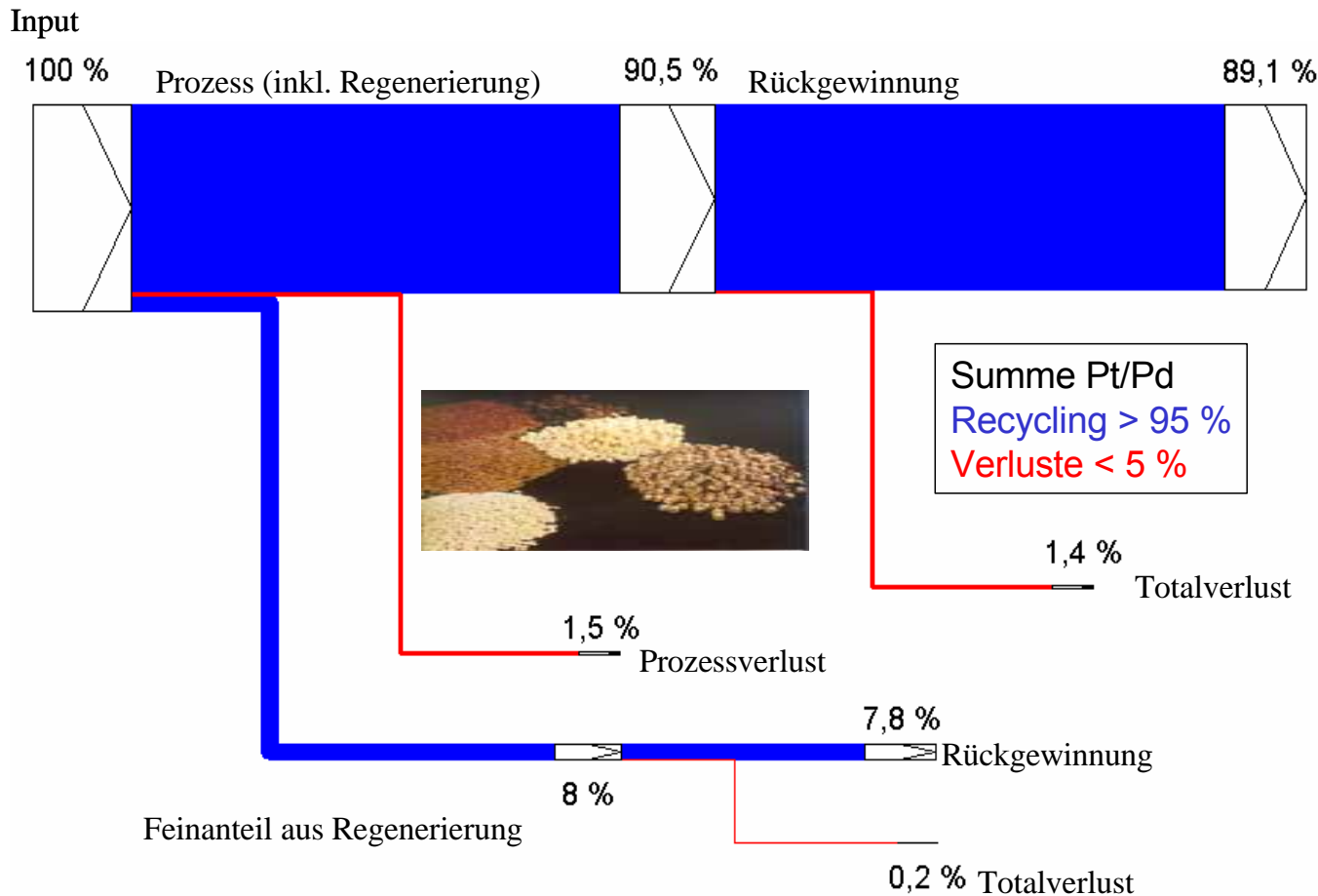
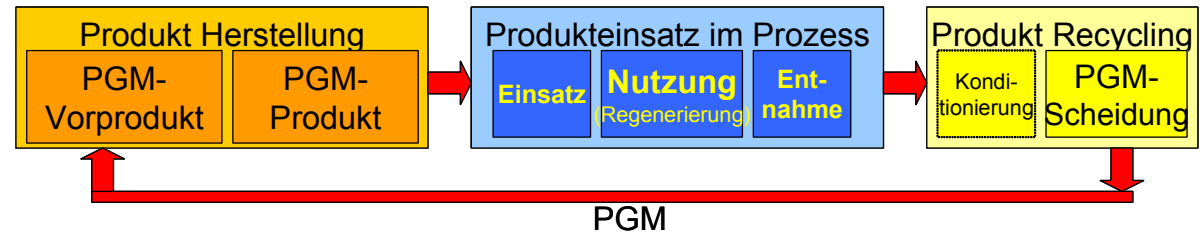


- Vielfacher Eigentumsübergang, keine Verbindung zwischen Letztbesitzer und Hersteller
- Einbezug von Privatpersonen
- Langer Produkt-Lebenszyklus (z.B. Autokat)

- Intransparenter Materialfluss, "informelle" Akteure in den ersten Stufen der Recyclingkette
- Elektronik: starke EM-Verdünnung im Endprodukt; ungenügender Ausbau EM-haltiger Komponenten; Grenzen der Shredder-Technologie bei Abtrennung von Spurenelementen wie PMs
- Hohe Exporte von Altfahrzeugen, Computern etc. in Länder mit schlechter Recycling-Infrastruktur/-Mentalität
- Hoch komplexe Strukturen mit vielfältigen Gelegenheiten des Scheiterns für EM-Recycling
 - Inhärent ineffizient, PGM Recycling Rate i.d.R. < 50% über den gesamten Lebenszyklus
 - Dies gilt nicht nur für PGM!

Deutlich bessere Ergebnisse werden in industriellen, „direkten“ Kreisläufen erzielt

Beispiel: PGM-Fluss Pt/Pd für petrochemische Katalysatoren



→ Inhärent effizient; >90% Zyklus-Wirkungsgrad

- Endprodukte enthalten typischerweise kein EM
- PGMs bleiben "ortsfest" im Zugriff des Betreibers
- Hersteller, Nutzer & Recycler des PGM Produktes arbeiten eng zusammen
- Nutzer behält i.d.R. auch beim Recycling Eigentum an PGM (Gewichts-Konto)
- **Professionelles Handling aller Akteure, transparenter Materialfluss**

Konsequenzen 1:

“Kreislaufwirtschaft” – nur ein frommer Wunsch ?

- ⚡ Die öffentliche Wahrnehmung basiert auf den technischen Möglichkeiten ohne adäquate Berücksichtigung der offenen Struktur von Verbrauchsgüter-Kreisläufen
- ⚡ Die Negativ-Auswirkungen von Auto- & WEEE-Exporten und Ineffizienzen in den Recyclingketten auf das zukünftige Recycling-Potenzial werden erheblich unterschätzt
- ⚡ Nebenmetalle / Spurenelemente (PGM, Au, Ag, In, Bi, ...) aus komplexen Materialien “verschwinden” häufig in Haupt- Outputströmen von Recyclinganlagen (Kunststoffe, Eisenmetalle, Aluminium, SLR, ...)
- Die zukünftige Versorgung mit Sekundärmetallen wird deutlich geringer ausfallen als oft angenommen
- Großflächige Verschiebung von Sekundärressourcen aus Industrie- in Entwicklungs-/Schwellenländer (durch EOL-Exporte)
- Zur Sicherung der Sekundärressourcen
 - Bessere Überwachung der Exportströme aus Industrieländern
 - Aufbau effizienter Recycling-Infrastrukturen in den Importländern
 - Zunehmende Transporte komplexer Fraktionen (z.B. Leiterplatten, Autokats) aus EL in IL mit modernen Integrierten Metallhütten (“economies of scale”, Emissionsvermeidung)
- Weitere Untersuchungen erforderlich, um die tatsächlichen EOL-Ströme von Verbrauchsgütern (WEEE etc.) besser zu verstehen

Konsequenzen 2: Es besteht ein klassischer Zielkonflikt

Optimale Ressourcennutzung ("Kreislaufwirtschaft")

- keine globalen Reuse-Ströme so lange ein effizientes Recycling am Lebensende nicht sichergestellt ist.
- "Abfall Hierarchie" zu hinterfragen



Verlängerte Nutzung & Soziales

- Reuse in Entwicklungsländern: Überwindung der "Digitalen Kluft"; Spenden, Arbeitsplätze im informellen Sektor, ..
- aber: unwiderruflicher Verlust von Ressourcen unter den gegenwärtigen Bedingungen

- Wir können derzeit nicht beides gleichzeitig erreichen
- Keine einfachen "gute" oder "schlechte" Lösungen, ganzheitlicher Ansatz erforderlich (s.a. www.step-initiative.org der United Nations University UNU)
- Fallweise Prioritäten → Suche nach individuellen Lösungen
- Ohne eine globale "Kreislaufwirtschaft" kann dieser Konflikt nicht gelöst werden

Konsequenzen müssen klarer erkannt werden!

- Echte "Kreislaufwirtschaft" ist (nur) eine langfristige Zukunftsperspektive (Traum?)
- Es ist noch viel zu tun
- Bis dahin sind erhebliche Metallverluste bei der Sekundärversorgung einzukalkulieren

- Mittelfristig keine absolute Knappheit bei den Edelmetallen
- Risiko bei einigen Sondermetallen, die als Koppelprodukte gewonnen werden
- Primärproduktion kann Nachfragesprüngen i.d.R. nur mit zeitlicher Verzögerung folgen → Preisvolatilität bleibt bestehen
- Substitution ist keine Patentlösung
 - Zeitliche Verzögerung durch techn. Anpassung / Zertifizierung
 - „Teufel“ gegen „Belzebub“ ?
 - Substitut verringert Effizienz der Anwendung ↔ Zwang zur Substitution bewirkt Innovationsschub
- Regional ungleiche Verteilung der Ressourcen: nach > 1000 Jahre Bergbau bleiben Europa wenig primäre Metall Ressourcen
- Stetige Verschiebung der Ressourcenbasis aus natürlichen Lagerstätten in die „Technosphäre“ → steigende Bedeutung der Sekundärressourcen
- Effizientes & „smartes“ Recycling hat Schlüsselfunktion für:
 - Beibehaltung einer ausreichenden Ressourcenbasis
 - Dämpfung von Preissteigerungen / -Volatilität
 - Regional ausgewogenen Zugang zu Ressourcen
 - Verminderung von Energieeinsatz und Umweltbelastung durch Ressourcennutzung





- **Primärproduktion, Nachfrage- & Preisentwicklung**
 - Beispiel Edelmetalle
 - Ressourcen & Reserven
 - Koppelproduktion
- **Einsatz in Automobil & Elektronik**
- **Potentielle Verlustquellen und strukturelle Defizite der Kreislaufwirtschaft**
- **Beispiel: Recycling von Sonder- und Edelmetallen bei Umicore**



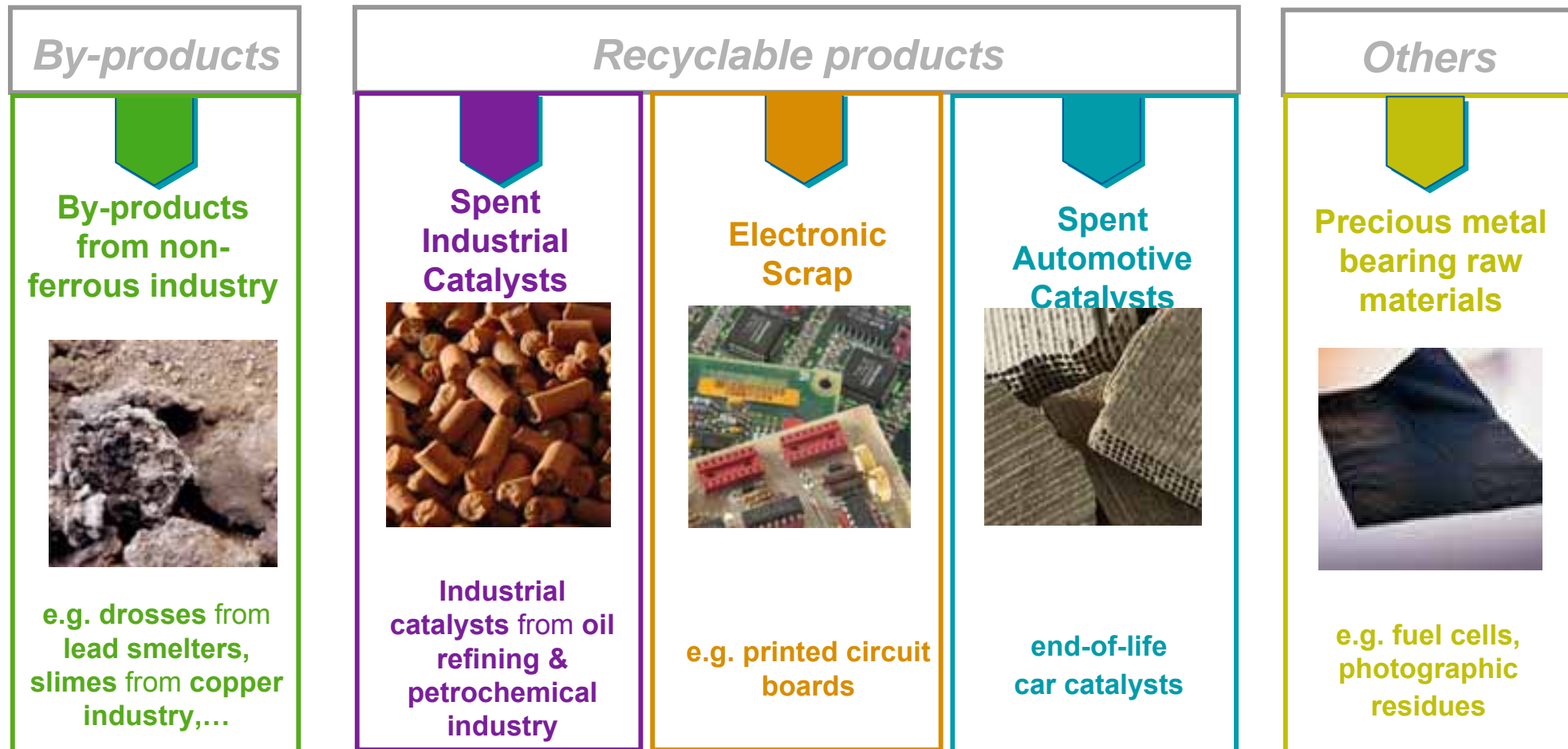
UPMR: Geschäftsmodell



- Einzigartige, innovative Technologie, ausgelegt mit Fokus auf Sekundärmaterialien
- Flexible Verarbeitung einer großen Bandbreite von komplexen, EM-haltigen Materialien
- Rückgewinnung von 17 verschiedenen Metallen
- Abfall-Minimierung
- Breites Serviceangebot für weltweite Kundenbasis
- Erreichung höchster Umweltstandards

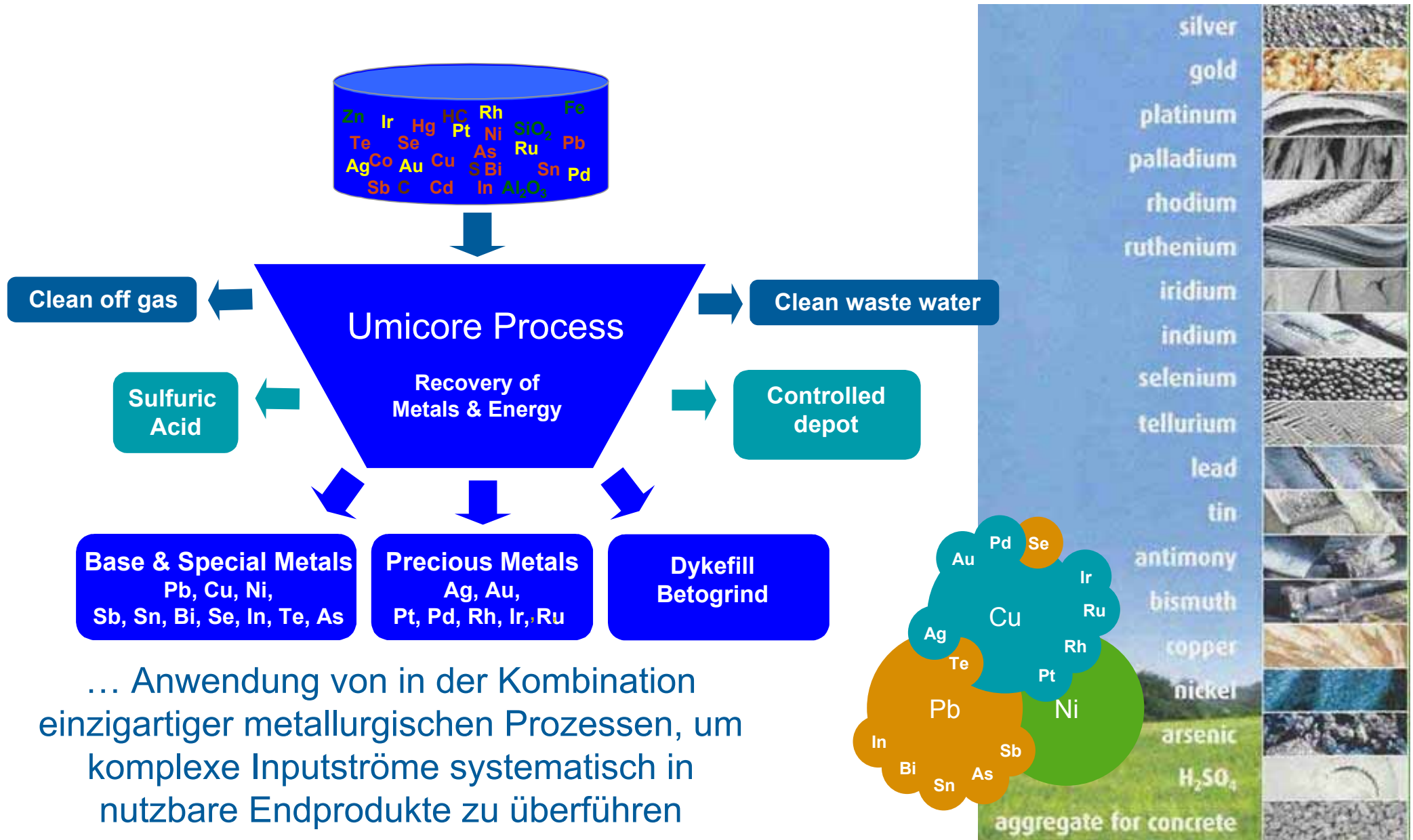
Verarbeitung von Materialien und Produkten aus allen Stufen des Lebenszyklus

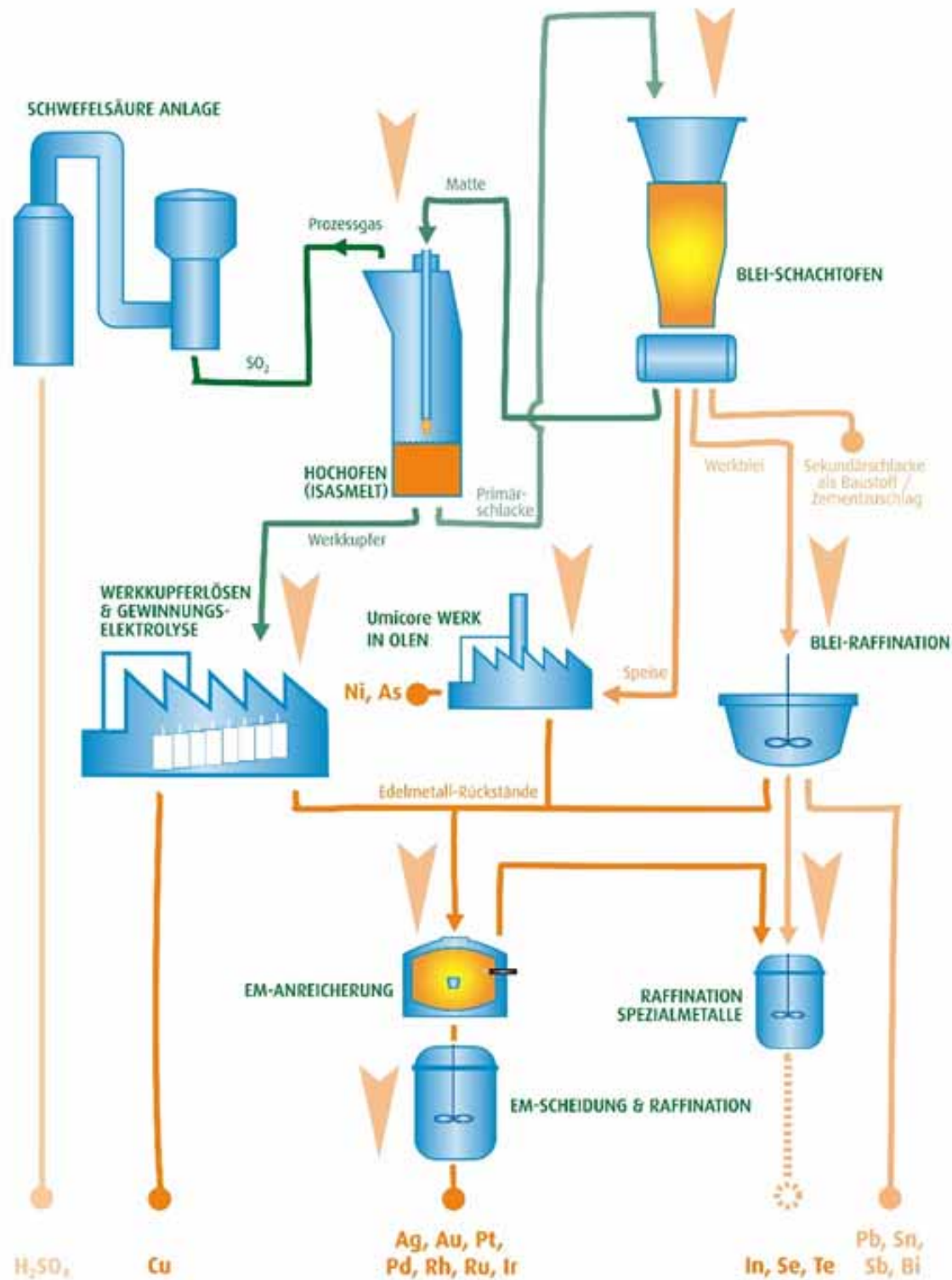




UPMR processes around 300,000 tpy of more than 200 different types of raw materials containing lead/copper/nickel and precious metals.

Mehr als eine Kupferhütte oder EM-Scheiderei - das Prinzip der "integrierten Metallhütte"

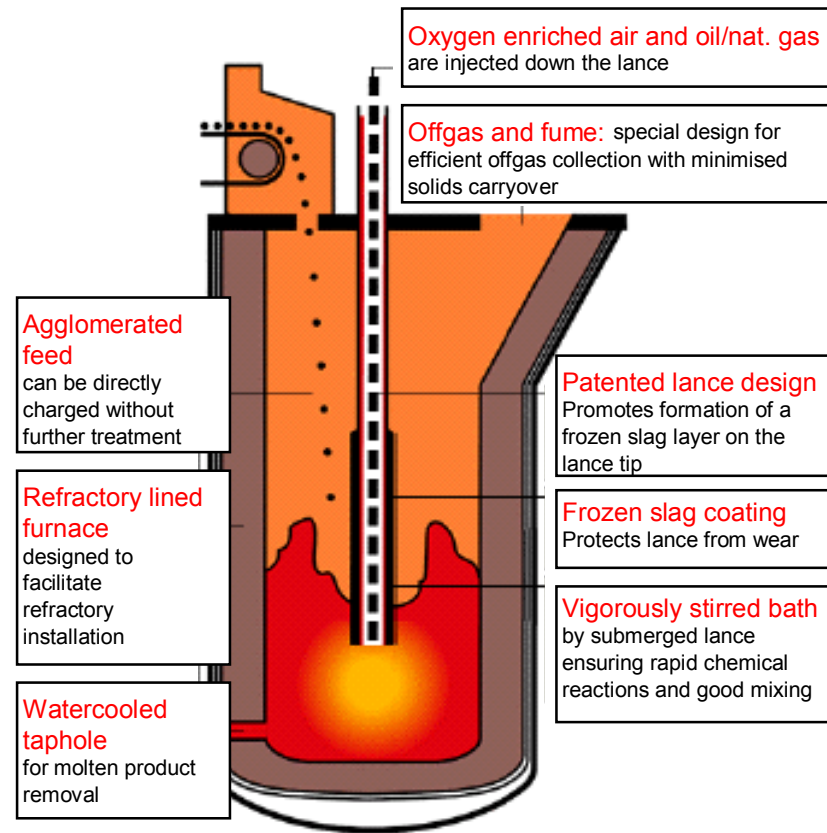




Fließbild Hoboken

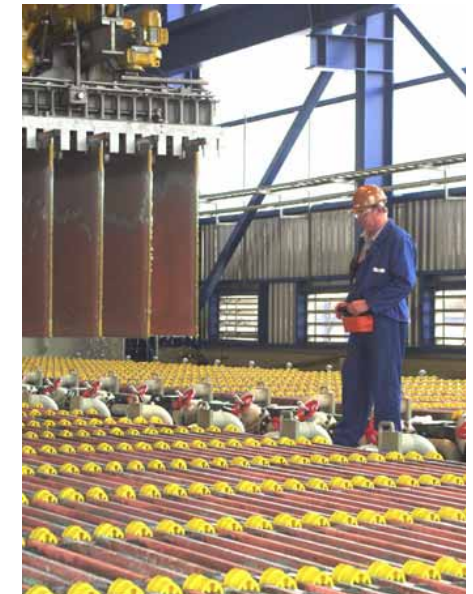


IsaSmelt Ofen als Haupt-Eingangsaggregat



Im Input enthaltene Organik substituiert partiell Koks (Reduktionsmittel) und Öl (Energieförderer)

Leaching & Electrowinning: schneller Zugang zu den Edelmetallen

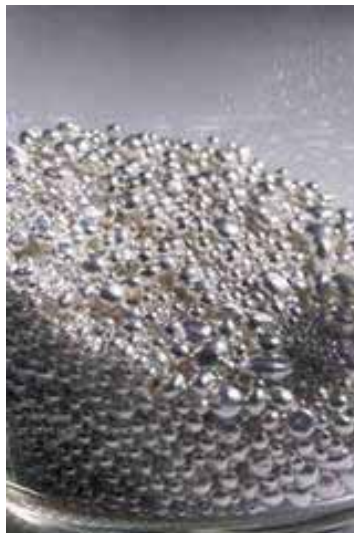


some refined metals:



UPMR-Hoboken: Hohe und flexible Kapazität für Edelmetalle ...

Ag



Au



Pt



Pd



Rh



Capacity t/y

2,400

100

15

25

4

Output t/y

1,200

25

12

15

3

From
recyclables

25%

25%

65%

65%

30%

World mine
production

20,000

2,500

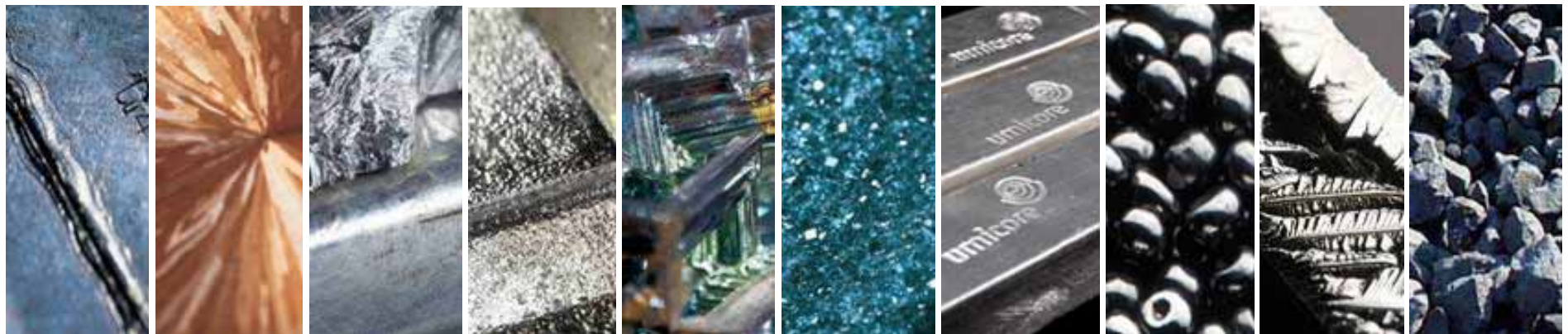
220

215

25

Additional recovery of iridium (Ir) and ruthenium (Ru)

Kapazitäten für nicht EM

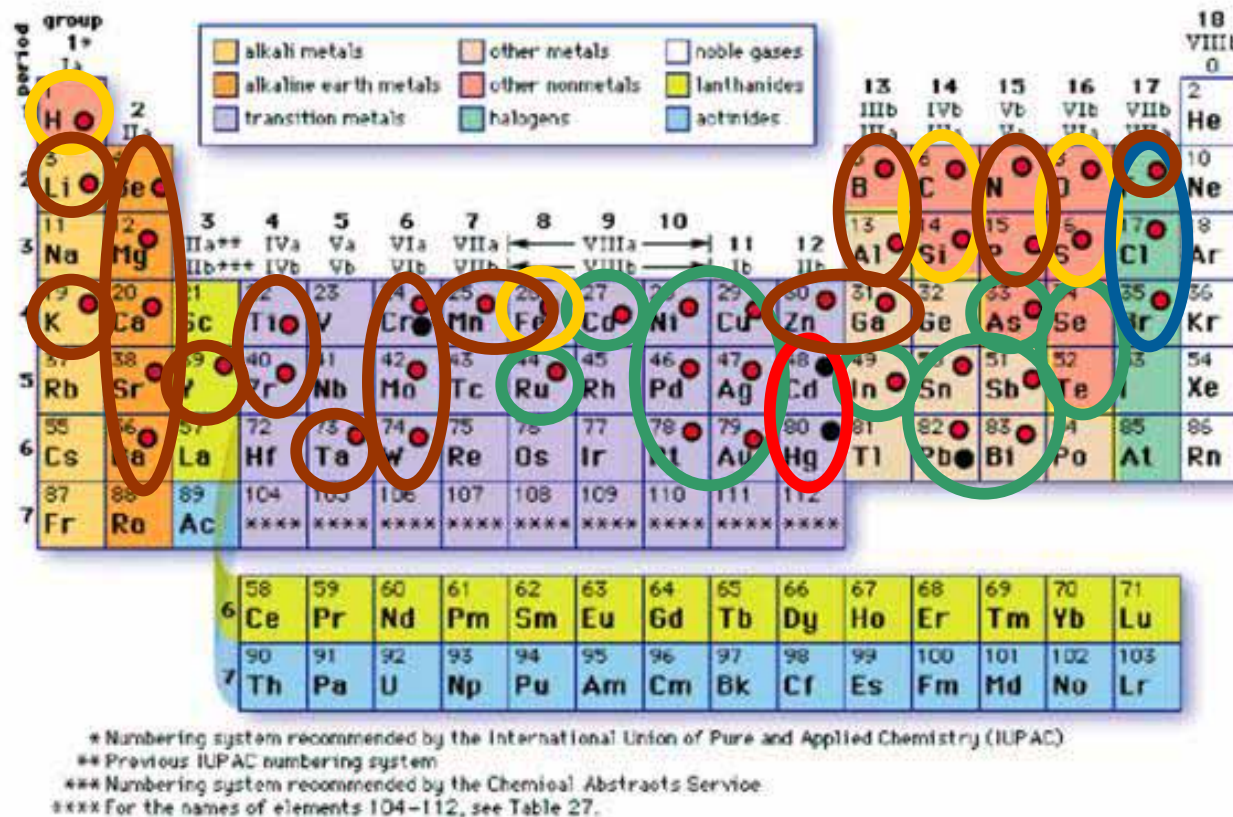


Pb	Cu	Sb	Sn	Bi	Ni	In	Se	Te	Slags
125,000t	40,000t	3,000t	1,000t	400t	2,000t	30t	600t	150t	140,000t

Schwefelsäure: 90,000 t

Beispiel Handy-Recycling – was geht rein und was kommt raus ?

Material Content of Mobile Phone



Umicore output

- Recycling als Metall
- Chemische Nutzung als Zuschlagstoff
- Überführung in inerte Schlacke (Produkt)
- Neutralisation im Abwasser
- Isolierung und sichere Deponie

- RoHS substance
- Mobile phone substance

Praxisbeispiel: Verarbeitung von 12 t Handies (Ausschuss aus Handysammelaktion)

Los	input Netto-Gew. in kg	NE-Metalle, die stofflich zurückgewonnen werden											
		Organik - % *	AG - g/mt	AU - g/mt	PT - g/mt	PD - g/mt	PB - %	CU - %	NI - %	SB - %	SN - %		
Mobiltelefone													
ohne Akku	11.558,2	44,29	2.922	323	7	162	0,474	12,540	1,400	0,106	0,778		
kg output		5.119	33,8	3,7	0,1	1,9	55	1.449	162	12	90		
		andere Elemente - Überführung in Schlacke, Einsatz als Produkt (Baustoff und Betonzuschlag)**											
		ZN - %	MGO - %	AL2O3 - %	CAO - %	SIO2 - %	FE - %	MN - %	TIO2 - %	BAO - %	ZRO2 - %	CEO2 - %	BE - g/mt
		1,377	3,570	4,771	2,154	11,220	5,322		1,361	0,731	0,107	0,103	93
kg output		159	413	551	249	1.297	615	0	157	85	12	12	1,1

Silver (Ag), gold (Au), palladium (Pd), platinum (Pt), copper (Cu) and lead (Pb) are produced as pure metals and delivered to the industry who needs them to produce finished or semi-finished products

Ni-bearing fraction is sent to Umicore Advanced Materials who produces NiSO₄ out of it, which is sold to the market

Antimony (Sb) is produced as sodiumantimonate and sold to e.g. the glass industry

Tin (Sn) is produced as calciumstannate and sold to the tin industry

Other trace elements that are recovered in the Umicore process: bismuth (Bi), indium (In), ruthenium (Ru), arsenic (As), selenium (Se), tellurium (Te)

* Organics are used as reducing agent and hence as a substitute for coke. Hence our EPA considers treatment of organics fraction from circuit boards or other complex PM bearing materials at our plant to be recycling.

** Fe, Al₂O₃, CaO, MgO and SiO₂ can also be found in natural rock. As application of natural rock is similar to applications for our slags, our EPA regards treatment of these elements from circuit boards

Energie Bilanz des Umicore Prozesses

Energieinhalt Mobiltelefone	10652 kJ/kg
Energiebedarf für Schmelzen und Metallraffination	7431 kJ/kg
Netto Energiebilanz für komplettes Los:	3221 kJ/kg* 37229 MJ*
Anteil Energiebedarf an Energieinhalt	70%

* Energieüberschuss wird verwendet, um andere Materialien im Input-Mix (z.B. Autokats) aufzuschmelzen

Positive Energiebilanz bei der metallurgischen Verarbeitung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt: christian.hagelueken@eu.umicore.com

For more details consult the book:

“Materials Flow of PGMs in Germany”

- Unique
- Immensely detailed
- Highly authoritative

Published in June 2005

- English language, hard copy
- ca 300 pages with over 70 charts & tables

To purchase a book contact GFMS London

peter.ryan@gfms.co.uk or laurette.perrard@gfms.co.uk

For project information and recycling issues:

christian.hagelueken@eu.umicore.com



In German language
“Stoffströme der
Platingruppenmetalle”

GDMB Medienverlag 2005
(ISBN 3-935797-20-6)