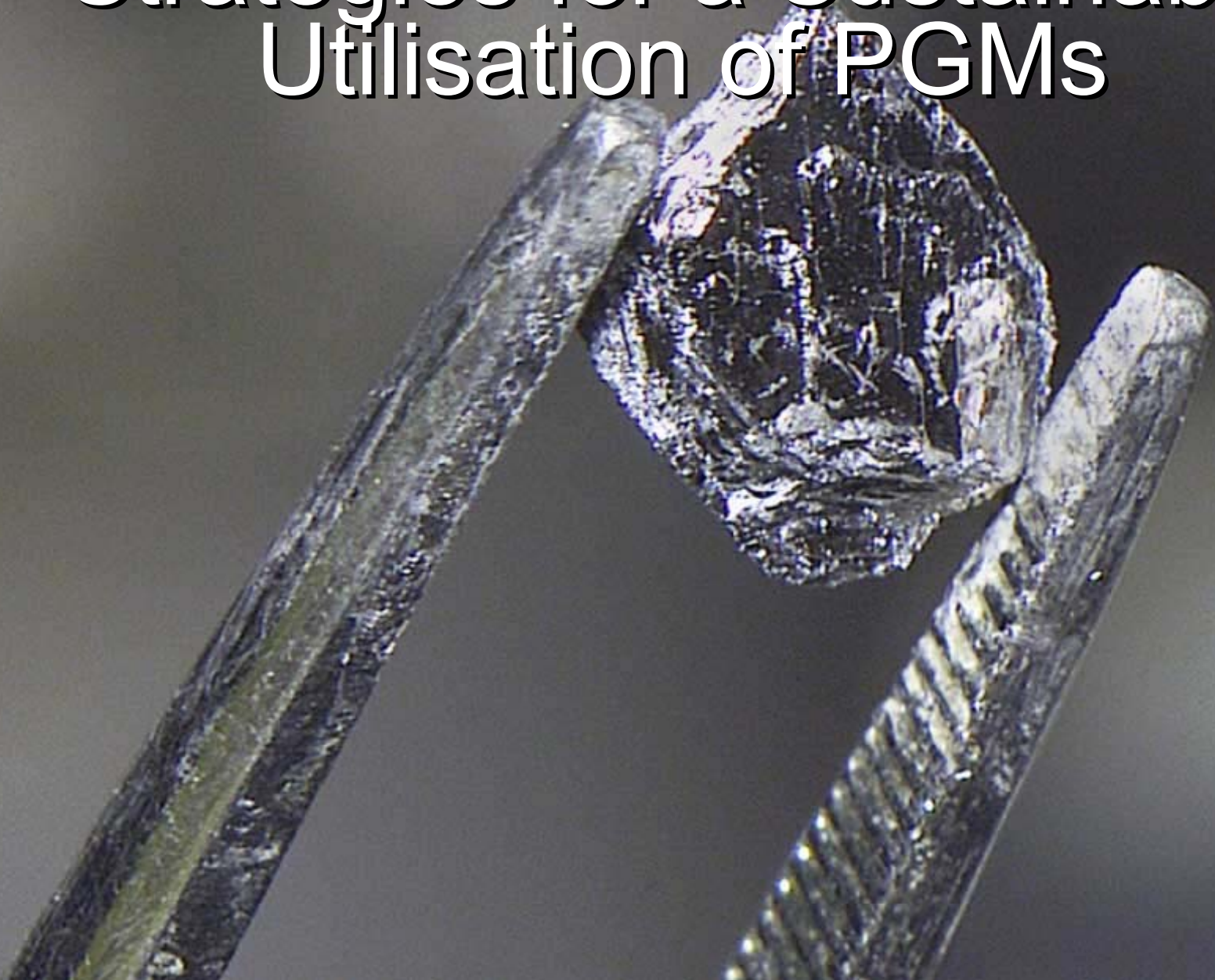
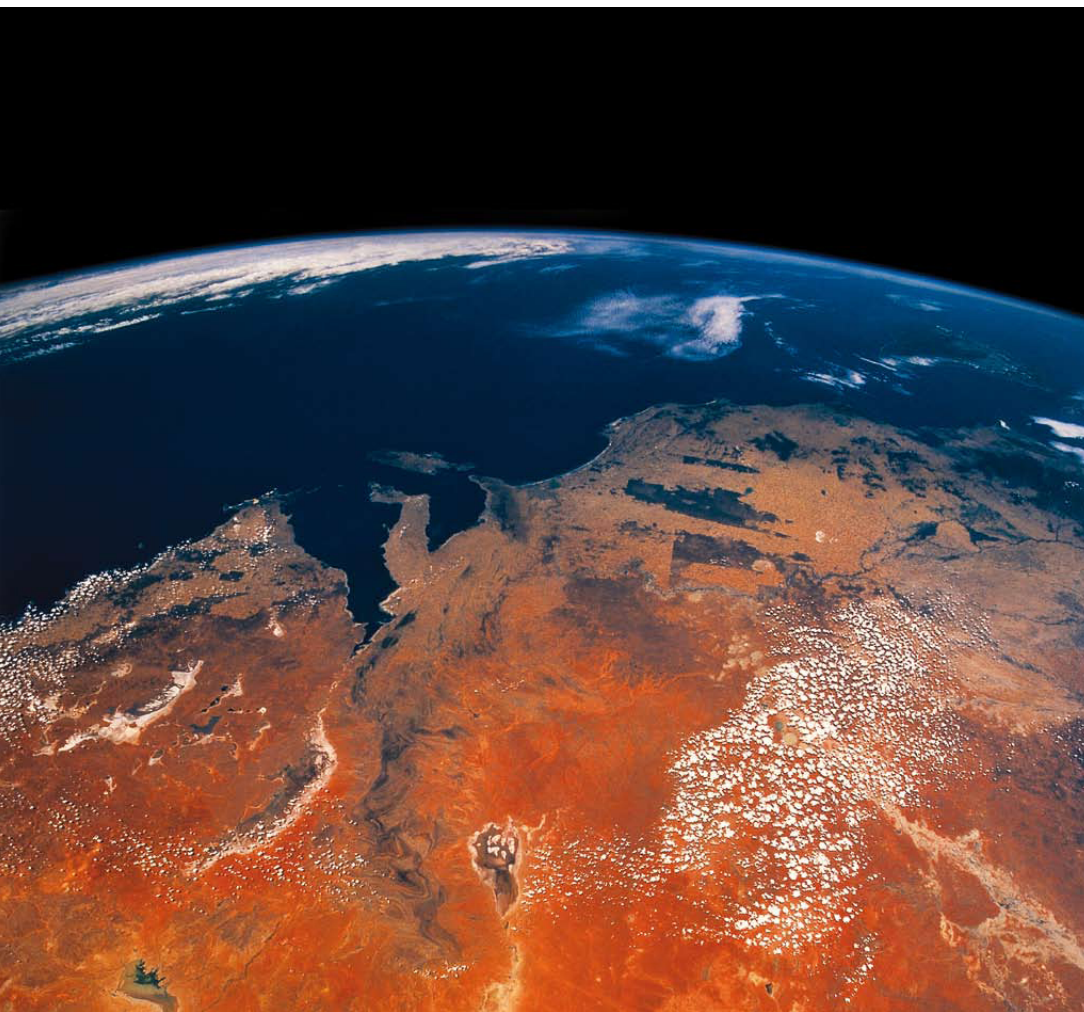


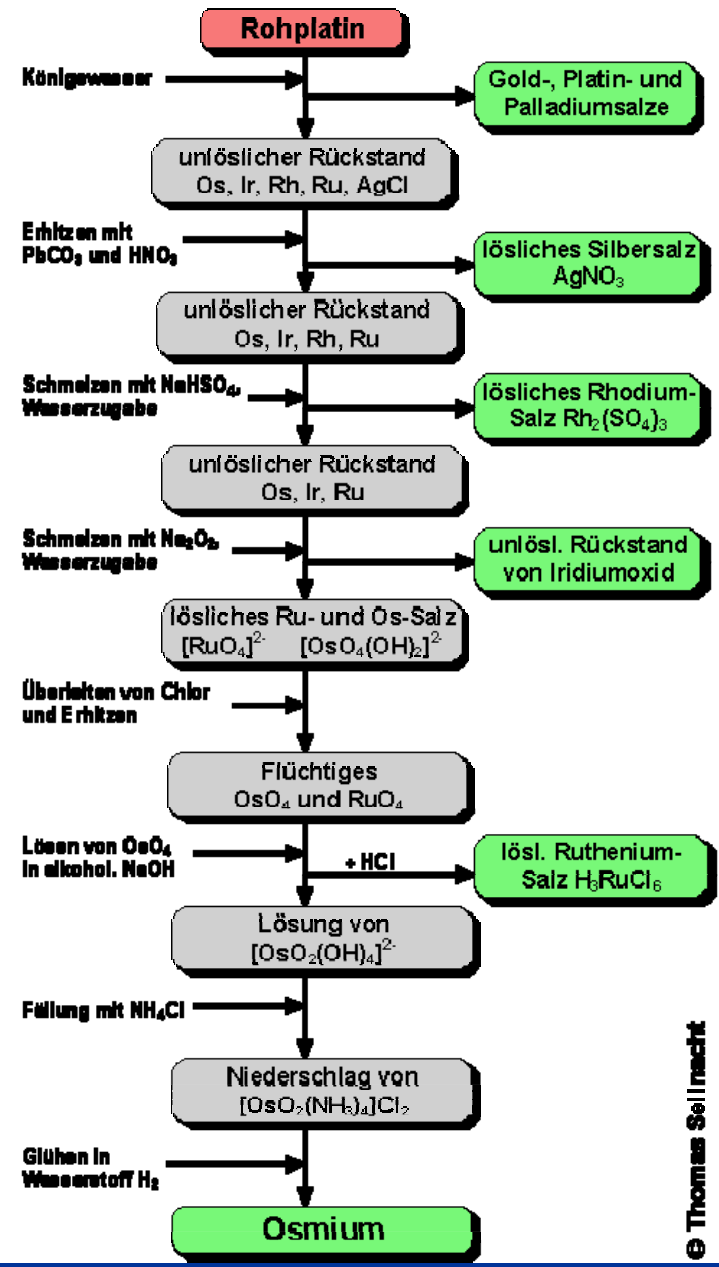
Strategies for a Sustainable Utilisation of PGMs



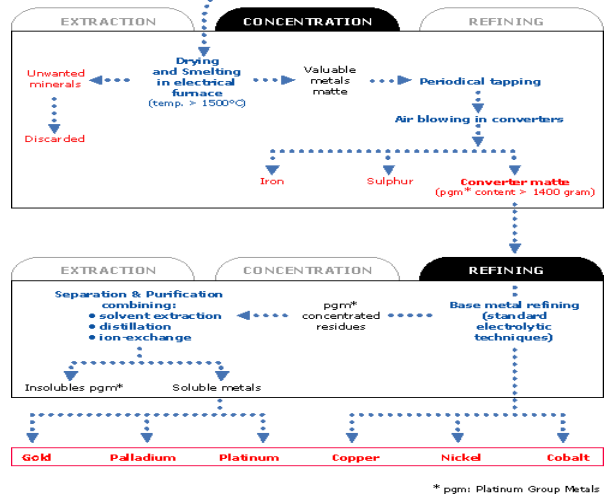
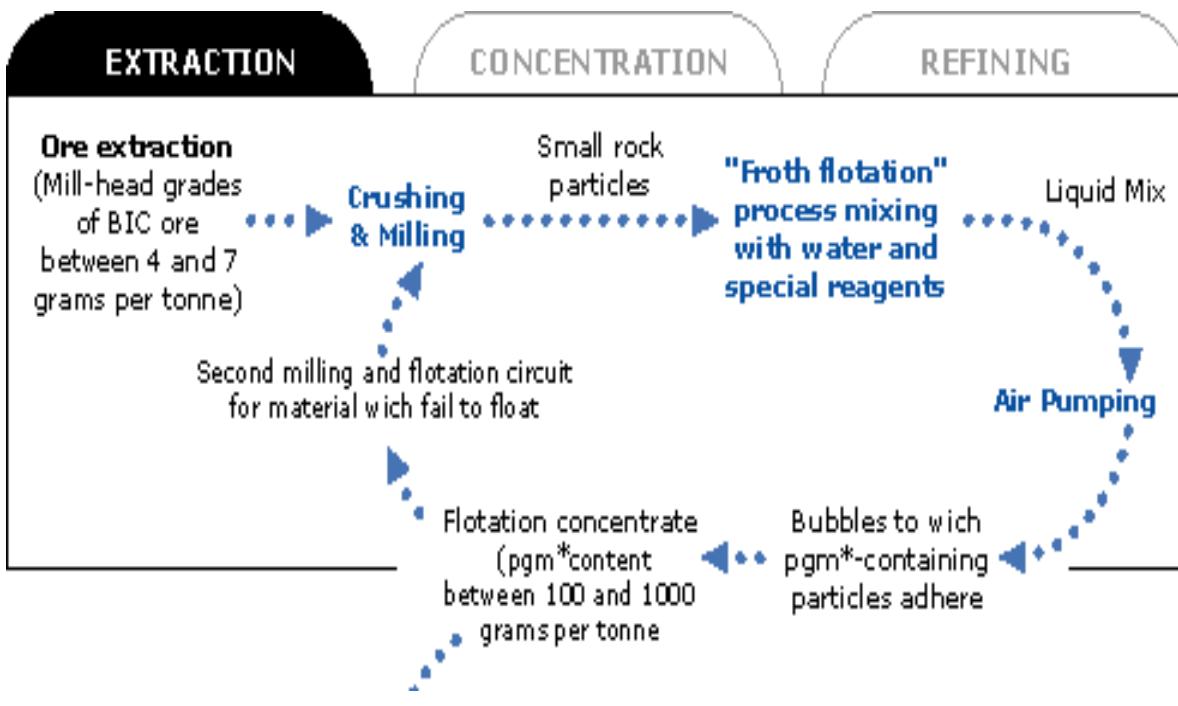


Earth Audit

We are using up minerals at an alarming rate. How long before they run out, asks David Cohen



© Thomas Seilnacht

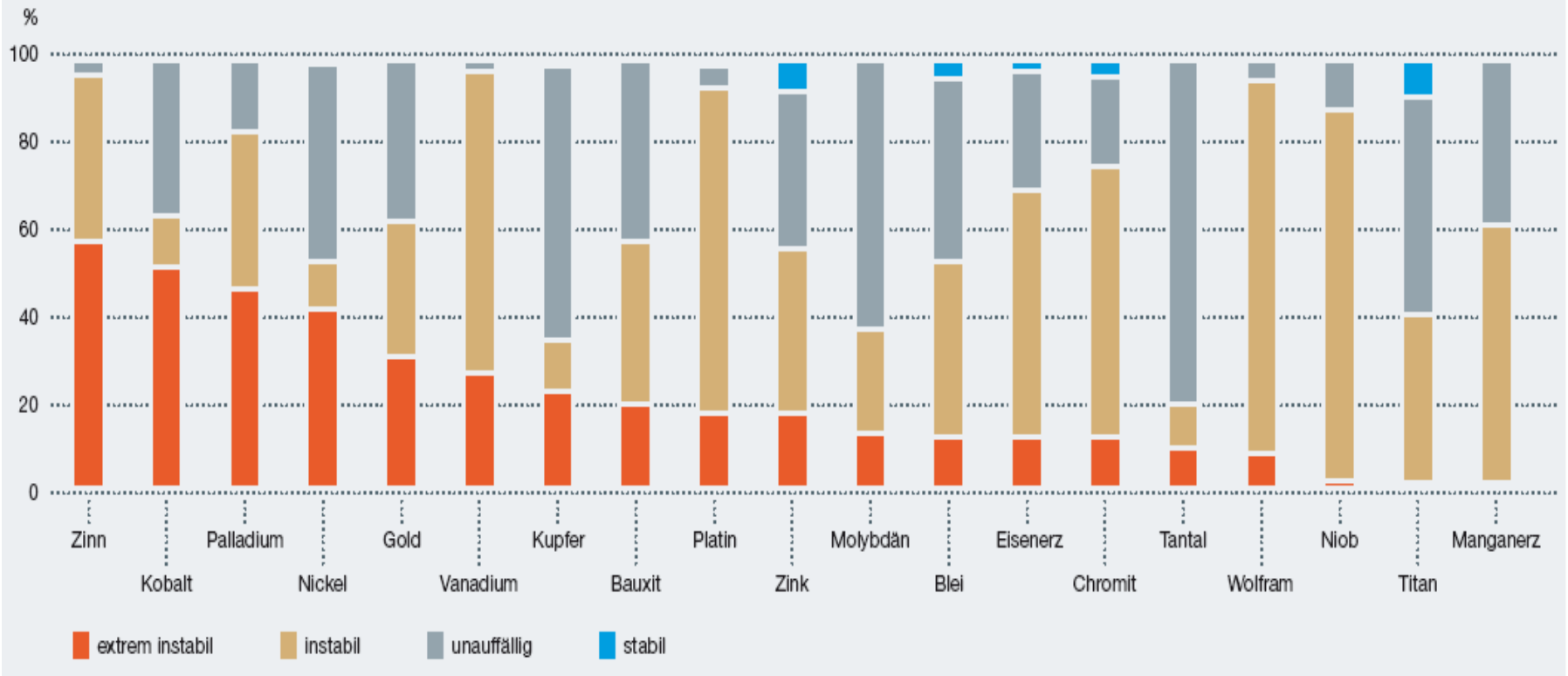


Prices 2006

Metal Name	Symbol	Price	Unit of Measure
Silver	Ag	\$11	troy ounce
Gold	Au	\$616	troy ounce
Platinum	Pt	\$1222	troy ounce
Palladium	Pd	\$316	troy ounce
Rhodium	Rh	\$4600	troy ounce
Iridium	Ir	\$400	troy ounce
Ruthenium	Ru	\$168	troy ounce
Rhenium	Re	\$2000	pound
Osmium	Os	\$400	troy ounce

Anteil der Förderung metallischer Rohstoffe nach politischer Stabilität der Herkunftsländer im Jahr 2005

basierend auf den *Worldwide Governance Indicators* der Weltbank



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); World Bank: Worldwide Governance Indicators 2006



Staat	Recht auf freie Meinungsäußerung	Politische Stabilität (+Gewaltfreiheit)	Effektivität der Regierung	Regulierungsbestimmungen	Rechtssicherheit	Korruptionskontrolle	Quotient	Gruppe
Australien	93,8	76,9	95,7	96,1	94,8	95,1	92,07	1
Finnland	98,1	99	97,6	97,1	98,1	100	98,32	1
Kanada	94,2	80,3	97,2	94,1	96,2	94,2	92,70	1
Norwegen	98,6	91,8	98,1	90,7	99	96,6	95,80	1
USA	83,7	57,7	92,9	93,7	91,9	89,3	84,87	2
Malaysia	38	58,7	80,6	69,8	65,7	68	63,47	3
Namibia	60,6	75,5	59,2	57,1	56,7	61,2	61,72	3
Slowakei	78,4	76,4	78,2	83,4	61,4	65,5	73,88	3
Südafrika	67,3	44,2	76,8	70,2	58,6	70,9	64,67	3
Türkei	43,3	25,5	64	57,6	55,7	58,7	50,80	3
Argentinien	56,7	44,7	49,3	22,9	35,7	40,8	41,68	4
Bolivien	45,2	17,8	28,4	16,6	20,5	31,1	26,60	4
Brasilien	58,7	43,3	52,1	54,1	41,4	47,1	49,45	4
China	4,8	33,2	55,5	46,3	45,2	37,9	37,15	4
Gabun	22,1	48,6	30,8	33,2	34,8	20,9	31,73	4
Indien	58,2	22,1	54	48,3	57,1	52,9	48,77	4
Indonesien	41,3	14,9	40,8	43,4	23,3	23,3	31,17	4
Jamaika	63,9	36,1	59,7	58,5	33,3	44,2	49,28	4
Kasachstan	19,7	46,2	33,6	36,1	23,8	18,4	29,63	4
Mexiko	52,4	32,7	60,7	63,4	40,5	46,6	49,38	4
Mongolei	53,4	72,1	36,5	42	46,7	37,4	48,02	4
Neukaledonien	k.A.	38,9	41,2	54,6	31,4	4,4	28,42	4
Niger	42,3	34,1	25,1	29,3	21,9	16,5	28,20	4
Peru	51	18,8	36	55,6	26,2	45,1	38,78	4
Ruanda	14,4	27,4	26,3	25,4	34,3	55,8	30,60	4
Russland	24	23,6	37,9	33,7	19	24,3	27,08	4
Sambia	37	56,7	25,6	29,8	31,9	22,8	33,97	4
Ukraine	45,7	37	33,2	32,7	27,1	27,7	33,90	4
Äthiopien	16,8	5,3	31,3	21	30	36,9	23,55	5
Guinea	13,5	6,7	4,3	16,1	5,2	17	10,47	5
Kuba	7,2	49,5	17,5	2,9	19,5	51	24,60	5
Korea V.R.	0,5	38	0,5	0,5	7,6	0,5	7,93	6
Simbabwe	6,7	13,9	3,3	1,5	1,4	3,9	5,12	6
Zuordnung:	1	90 - 100%	3	50 - 75%	5	10 - 25%		
	2	75 - 90%	4	25 - 50%	6	0 - 10%		

Quelle: Philipp Wagner

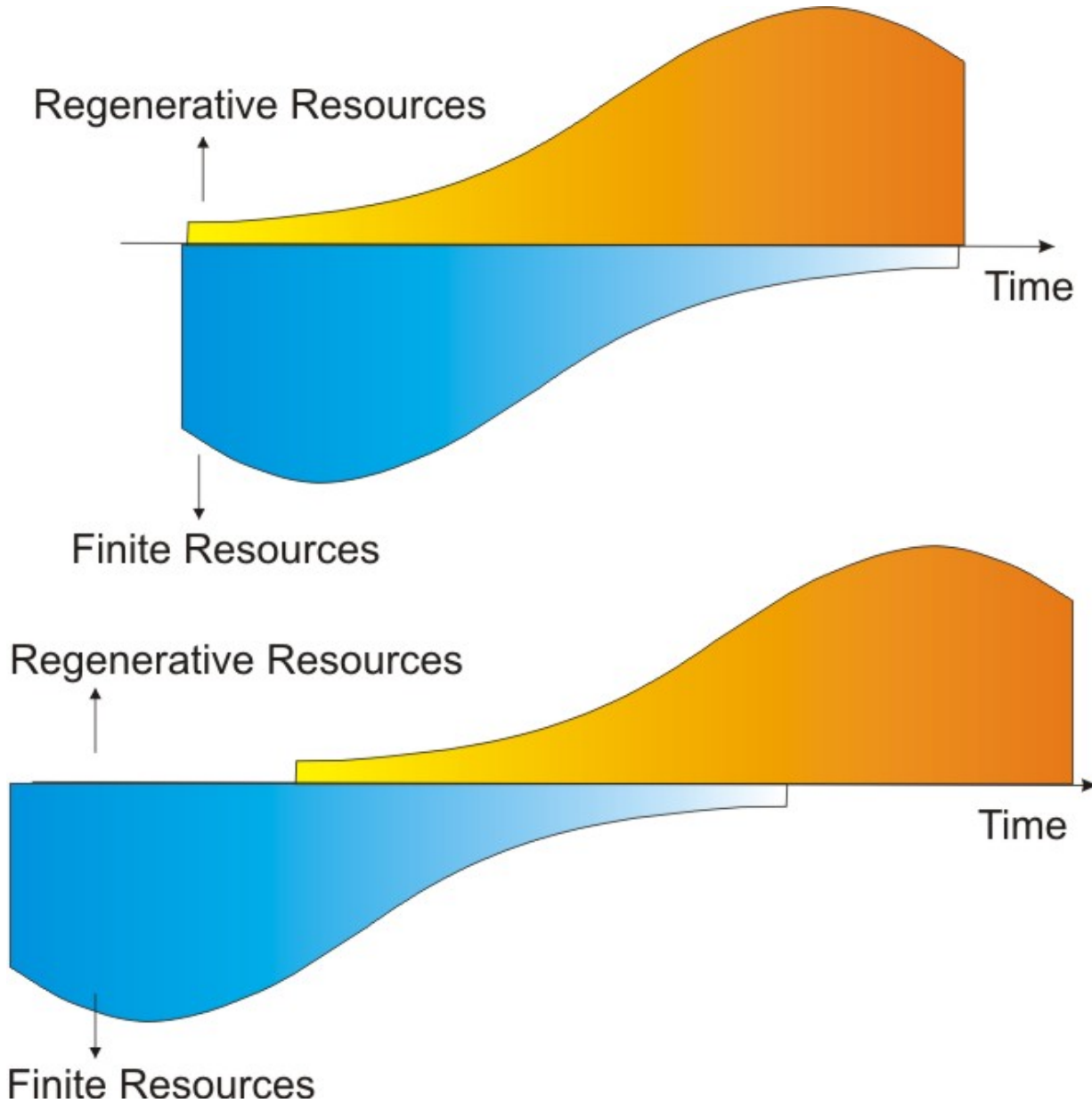
	Eisen	Chrom	Cobalt	Mangan	Molybdän	Nickel	Tantal	Titan	Vanadium	Wolfram	Aluminium	Bauxit	Cadmium	Kupfer	Blei	Lithium	sel. Metalle	Tellur	Zinn	Zink	Arsen	Bismuth	Gallium	Germanium	Gold	Platin	Silber	Palladium	Rhodium	Bor	Kaolin	Magnesit	Zirkonium	Uran		
Argentinien																																				
Athiopien																																				
Australien																																				
Bolivien																																				
Brasilien																																				
Chile																																				
China																																				
Deutschland																																				
Finnland																																				
Gabun																																				
Großbritannien																																				
Guinea																																				
Indien																																				
Indonesien																																				
Jamaika																																				
Japan																																				
Kanada																																				
Kasachstan																																				
Korea V.R.																																				
Kuba																																				
Malaysia																																				
Mexiko																																				
Mongolei																																				
Namibia																																				
Neukaledonien																																				
Niger																																				
Norwegen																																				
Peru																																				
Portugal																																				
Ruanda																																				
Russland																																				
Sambia																																				
Simbabwe																																				
Slowakei																																				
Südafrika																																				
Türkei																																				
Ukraine																																				
USA																																				

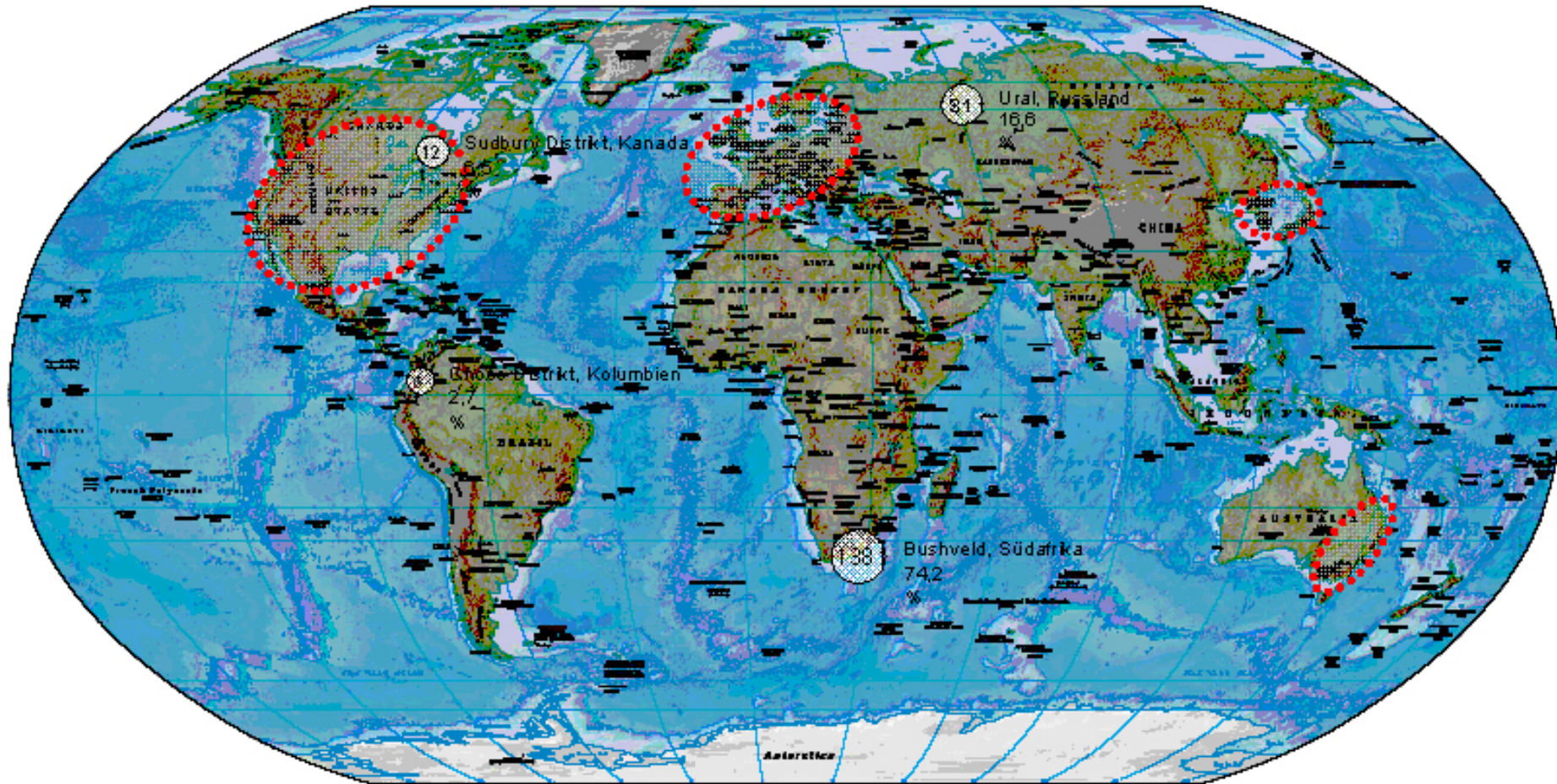
E = exportierte Stellung, Anteil an der Weltförderung >30%

Förderanteile nach Welt-Bergbau-Daten 2007




Problems and Challenges

- Improving eco-efficiency of extraction and production
- Implementing socio-economic standards
- Definition of essential applications, i.e. clarification of competing utilisations
- Minimising dissipation
- Optimising logistics for recycling
- Identifying potential new applications in emerging technologies
- Transparent life cycle (traceability!)



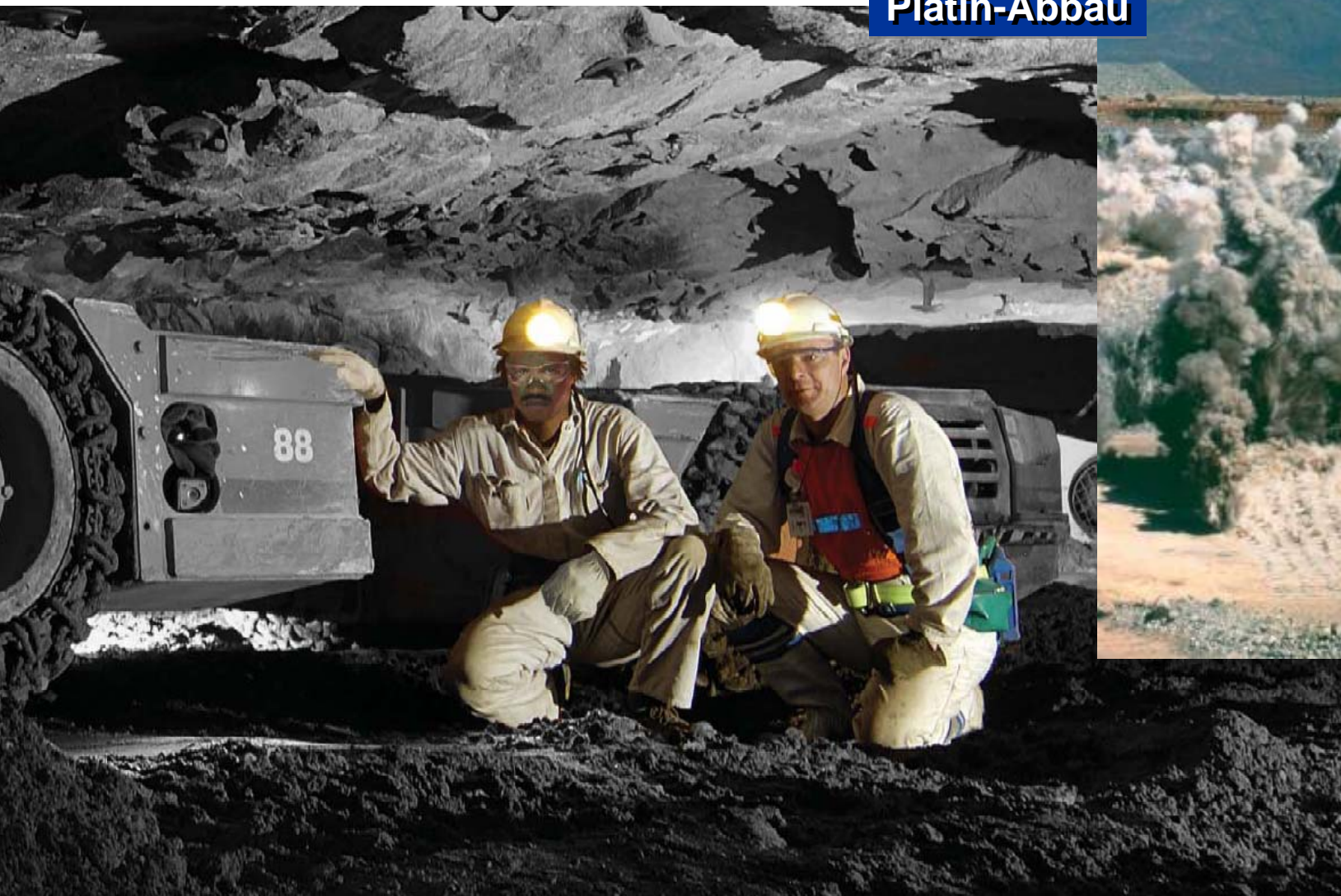


AUSTRALIA Land
Bermuda Autonome Region
Staty / AZORES Insel/ Inselgruppe
 ★ Hauptstadt des jeweiligen Landes

 Hauptverwendungsgebiete von Platin
 *Name und Region des Abbaustandortes*
Prozentualer Anteil auf dem Weltmarkt
 Fördermenge im Jahr
 0000

Maßstab: 1 : 35.000.000
 Grundkarte: <http://www.weltkarte.com/>
 Entwurf und Kartographie:
 A. Reller, S. Meißner

Platin-Abbau



Probleme und Herausforderungen

- Problem: Teile des in den Katalysatoren befindlichen Platins werden ausgestoßen. Je nach Geschwindigkeit und Motorenleistung gelangen so zwischen 0,065 bis 2,0 Mikrogramm pro gefahrenem Kilometer in äußerst starker Verdünnung in die Umwelt. => Tonnen an Verlust pro Jahr.
- Katalysator erreicht heute meist die Lebensdauer des Fahrzeugs => Recycling stark eingeschränkt.
- Palladium wichtig für zukunftssträchtige Technologien, wie z.B. Brennstoffzelle => Preisexplosionen...
 - => Konferenzen, da Nachfrage Angebot übersteigt
 - => schwer absehbare Dynamiken
 - => Untersuchungen über Entstehung und Funktion solcher Stoffe bei politisch- kulturell veränderten Rahmenbedingungen, Stofflandkarten (Herkunft, Verbreitung, Wirkformen, Effekte in Raum und Zeit)

Probleme beim PGM- Recycling

- Katalysatoren werden oft nicht recycelt, z.B. aufgrund des Exports außerhalb des Recyclingkreislaufs
- Betriebsverluste durch thermische oder mangelhafte Beschädigung (z.B. Zündfehlstellung, zu hoher Ölstand)
- Unsaubere Arbeitsweisen => Einträge in die Umwelt
- Ca. 1000 Autoverwerter in Europa- 100 Kat-Sammler- weniger als 10 Kat- Entmantler- nur 2 Refiner!

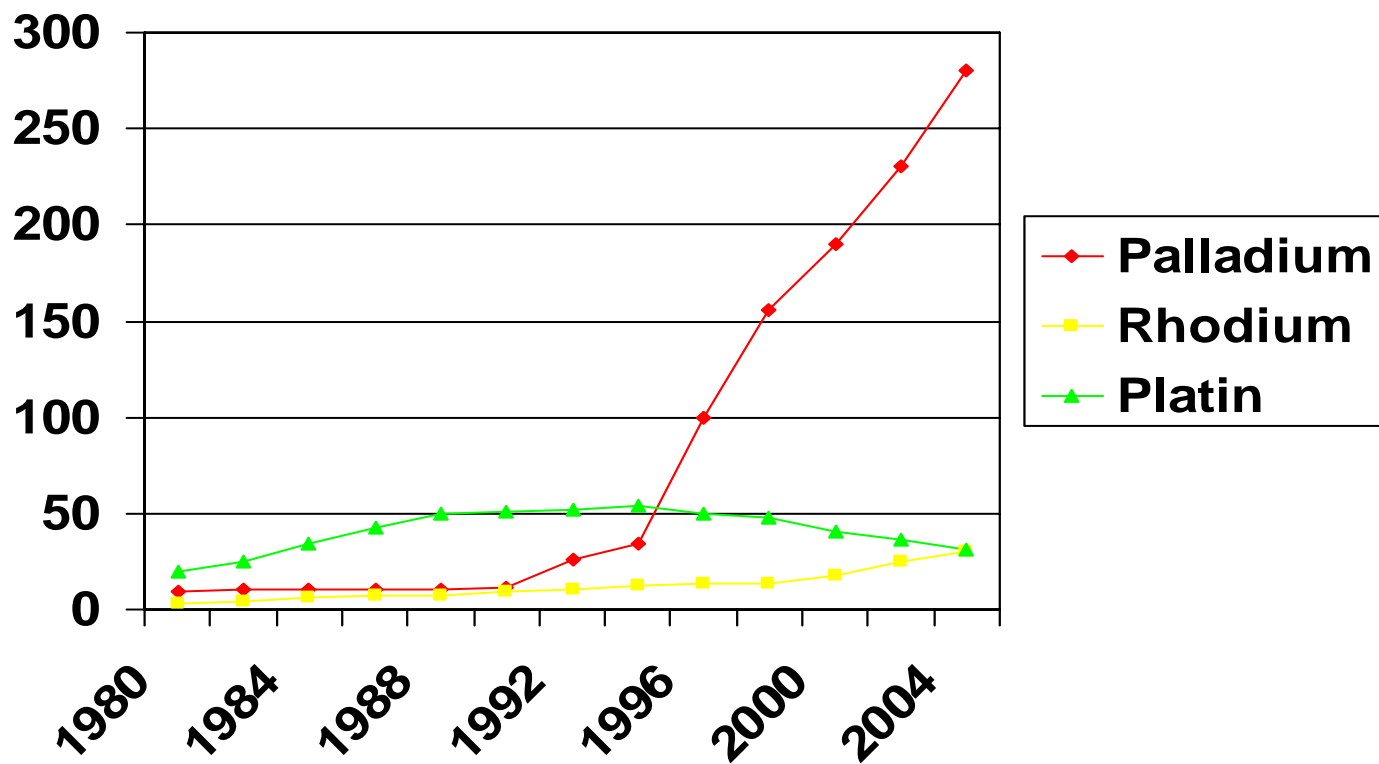
Wirtschaftliche Faktoren

- Gefahr von Abhängigkeiten und Monopolisierung: 90% der PGM- Gewinnung aus 2 Gebieten (Norilsk, Russland und Bushveld, Südafrika)
 - Hoher Preiszuwachs bei allen PGM-5, hauptsächlich bei Palladium
 - Hohe Volatilität (Preisschwankung)
 - > Unsicherheit der Börsen, da Entwicklungen schwer einschätzbar
- Möglichkeit der Preiszunahme um Faktor 4 in 25 Jahren (Brennstoffzellentechnologie)!

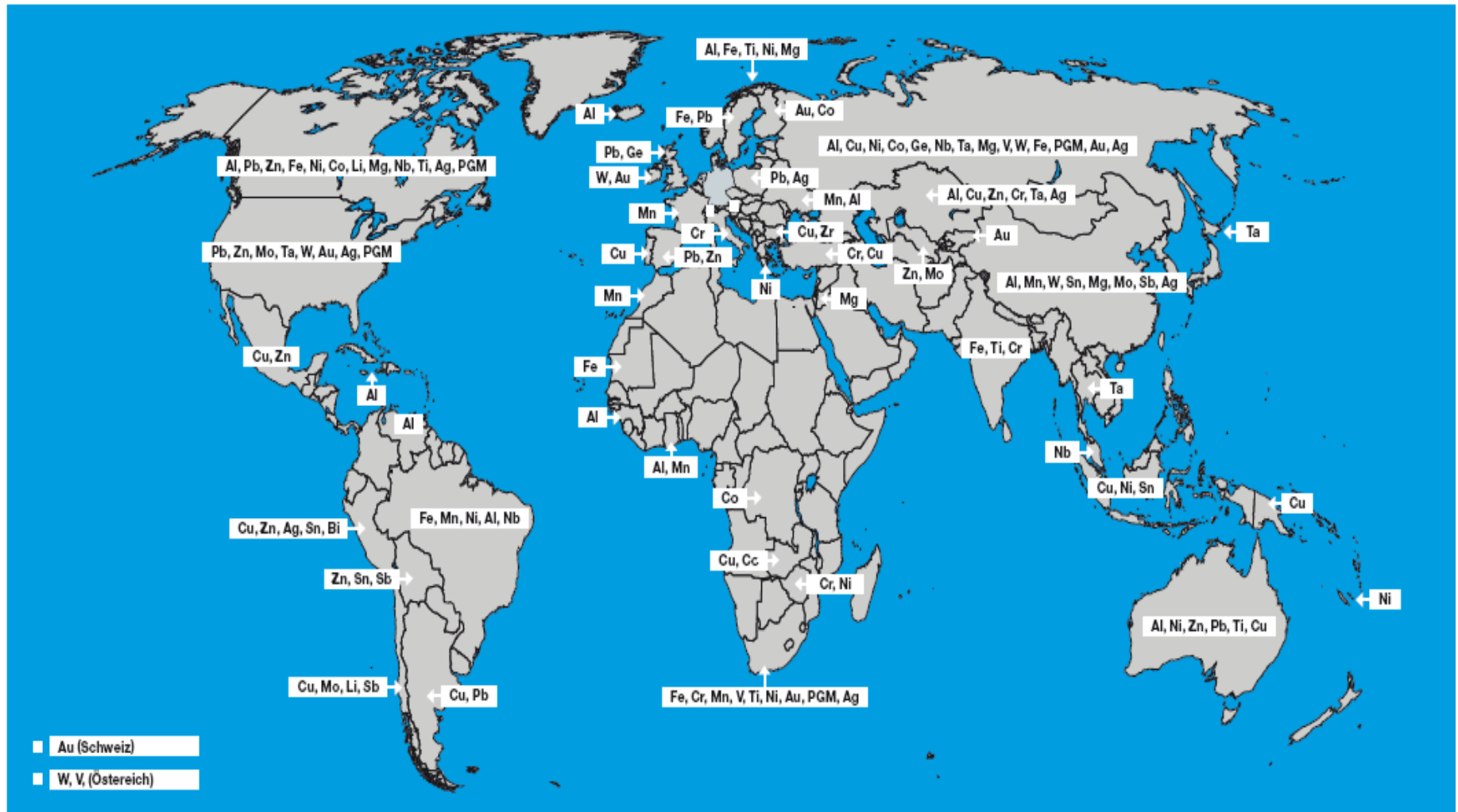
PGM-5- Nachfrage

- Die Palladium- Nachfrage explodiert regelrecht!
- Seit 1993 starke Zunahme der Katalysatoren in Europa
- Mehr Länder wollen Katalysatoren vorschreiben
- Erhöhung des PGM- Gehalts
- Das teure Platin wird durch die „billigeren“ PGM-5, v. a. Palladium, ersetzt. Allerdings erlebt auch dieses PGM in den letzten Jahren erneut eine gesteigerte Nachfrage (Dieselkatalysatoren in Europa).

PGM- Nachfrage seit 1980



Herkunftsländer deutscher Rohstoffimporte



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)






Globale Gewinnung von Platin

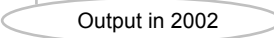


AUSTRALIA
 Bermuda
 Sicily / AZORES
 ★

Independent State
 Area of Sovereignty
 Island / Island Group
 Capital

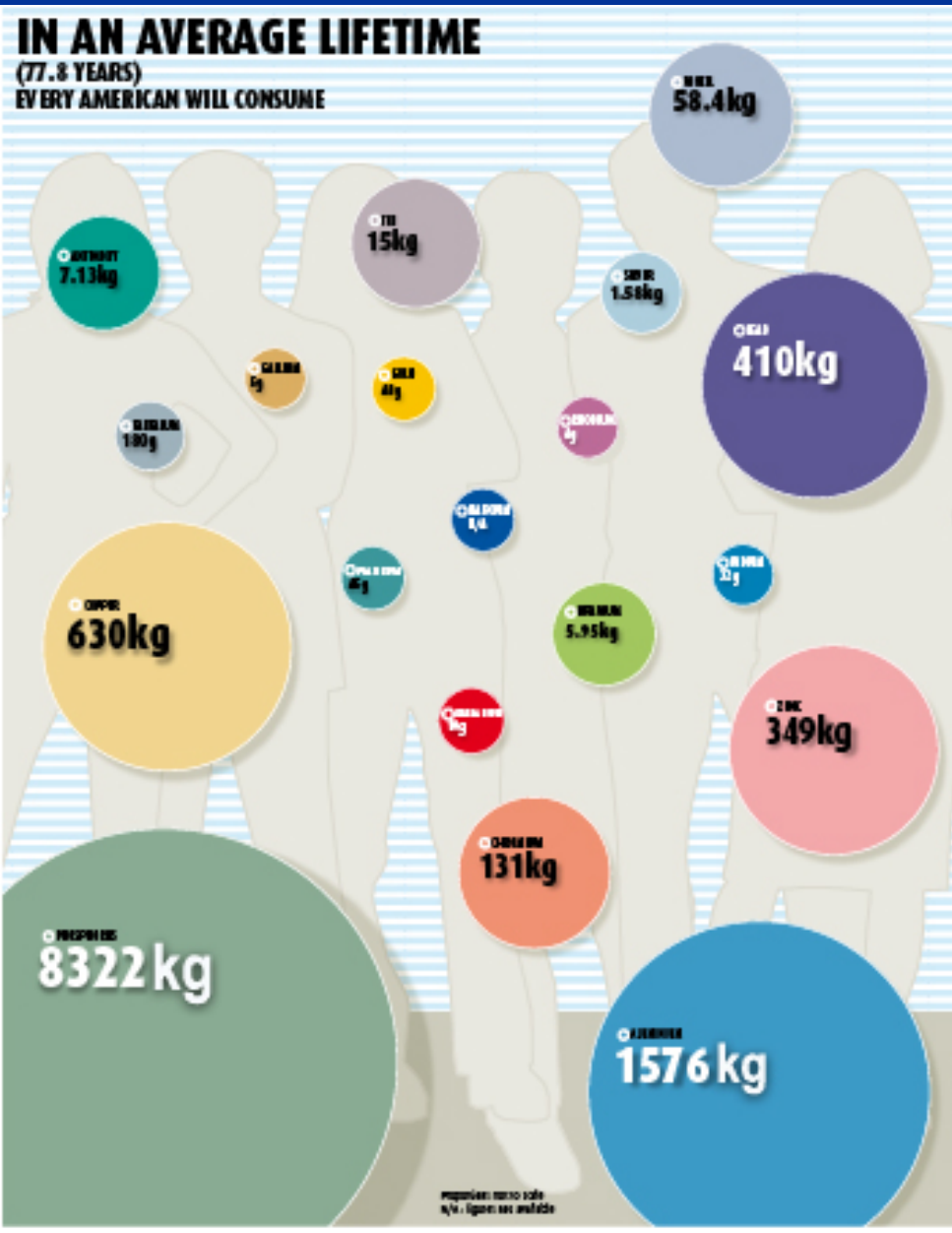
 Main Application Areas of Platin

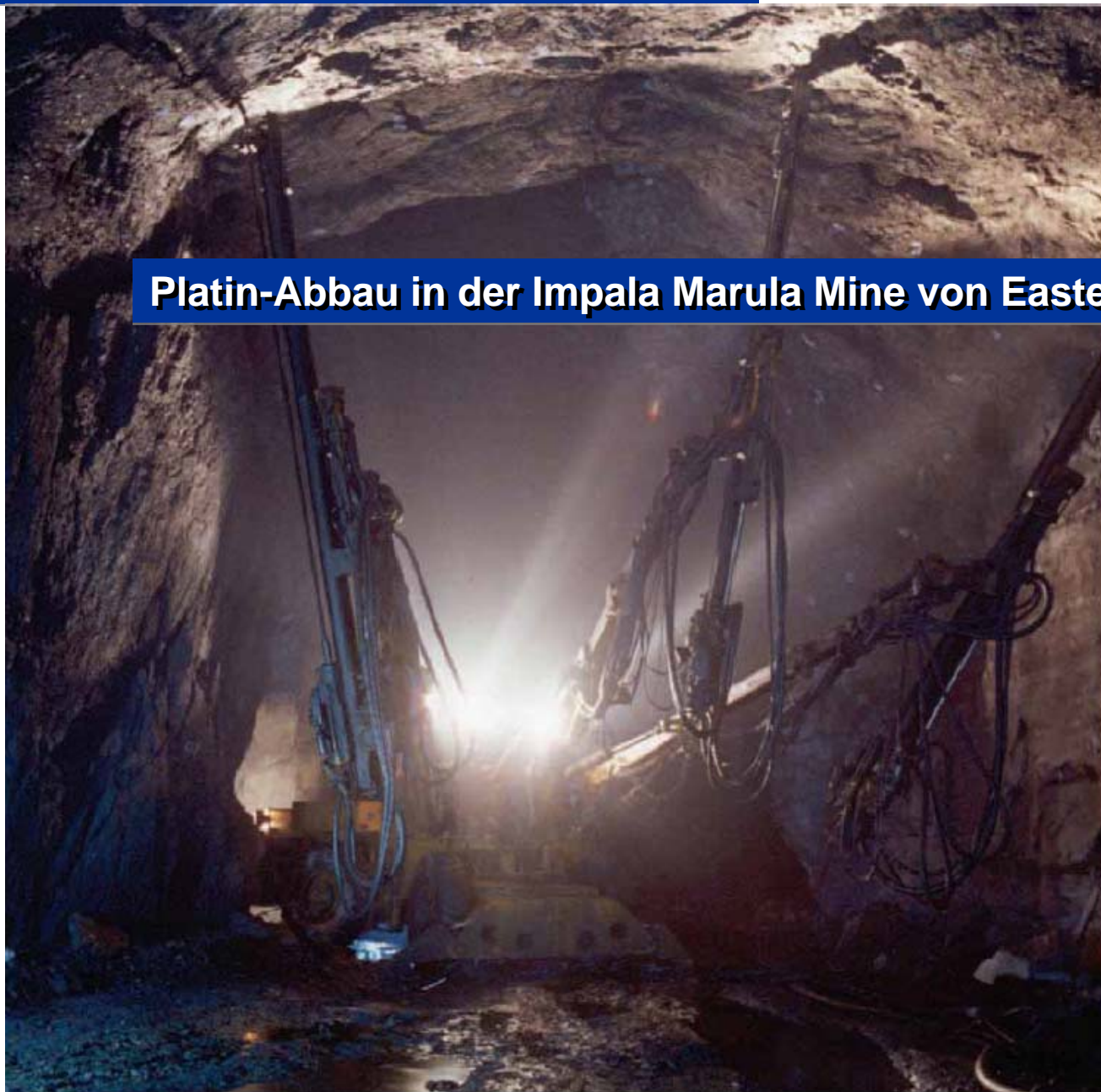
 Name and Location of Mining
 Proportion of the World Market

 Output in 2002

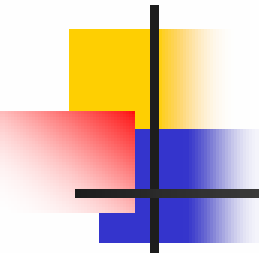
Scale: 1 : 35.000.000

Basic Map: <http://www.weltkarte.com/>
 Design and Kartography:
 A. Reller, S. Meißner

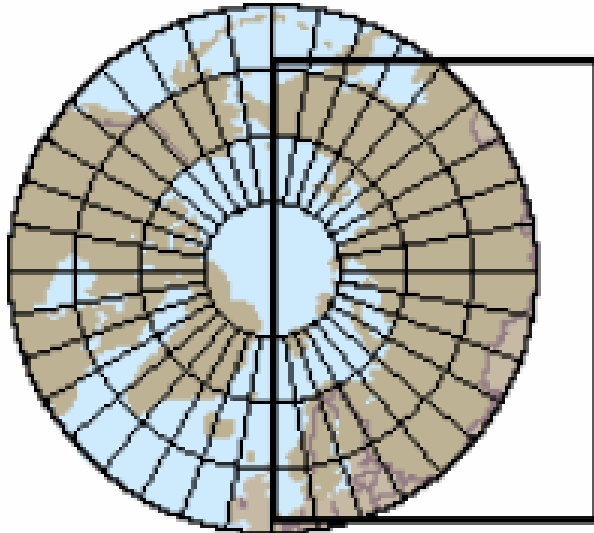




Platin-Abbau in der Impala Marula Mine von Eastern Bushfeld



heavy metal air pollution

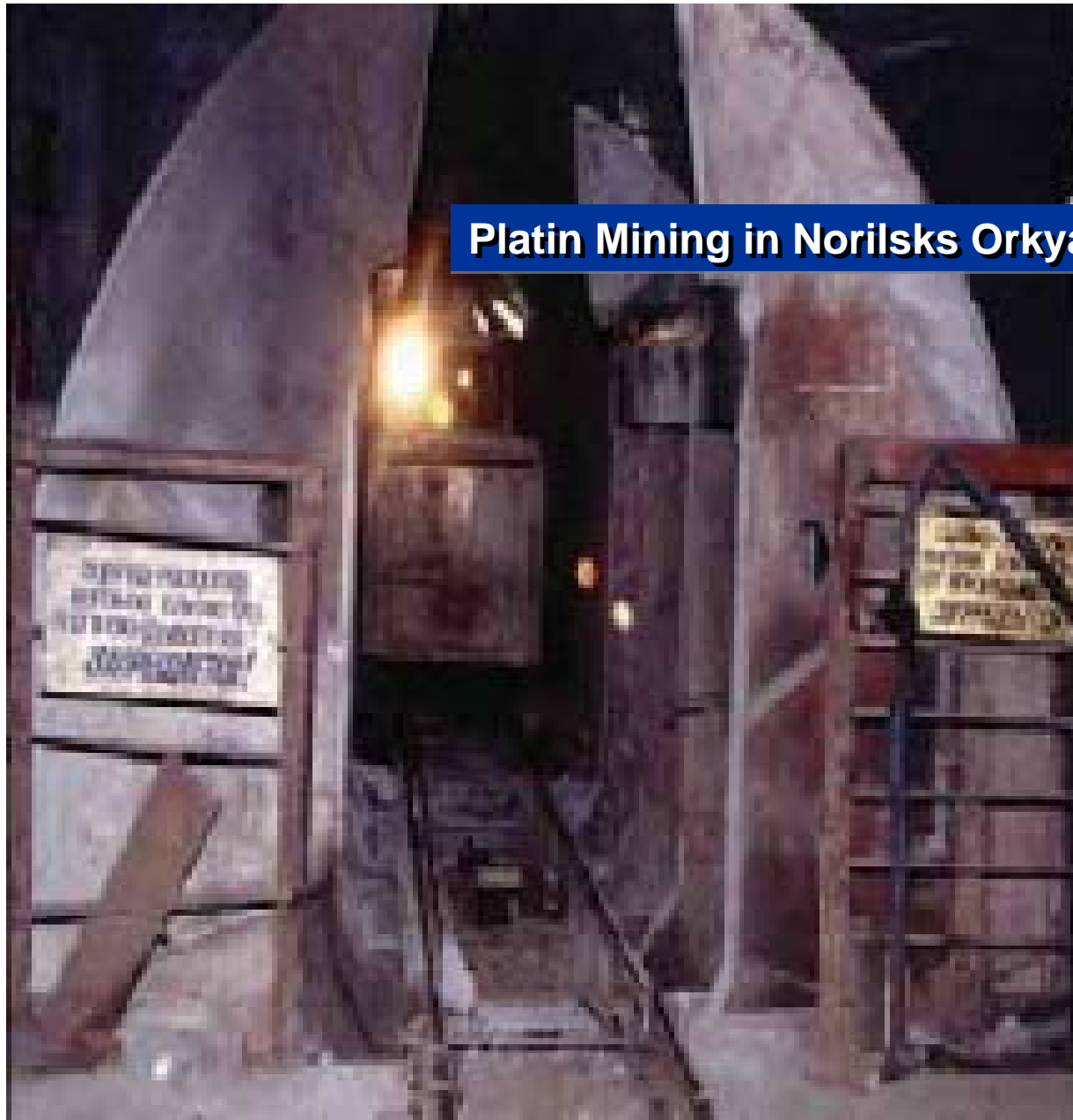


Major point sources in the former Soviet Union of heavy metals to the air.



Norilsk (Siberia): ecological disaster





Platin Mining in Norilsk's Orkyabyrsky Mine



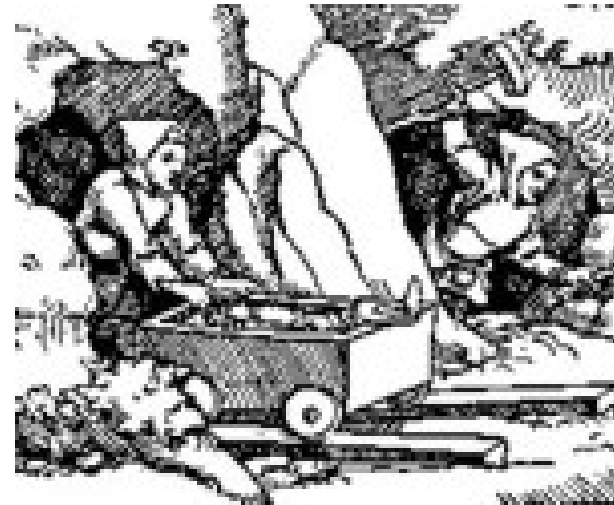
cxviii

Vom Bergwerck

Der ab der farten in die schächte hinab fart A. Der auff dem knebell hinab fart B. Der ein roschert C. Der auff den flässen ins gstein gebawen/hinab fart D.



Tubn



Darstellung von Bergleuten und Erz-Sucern aus G.Agricola "De re metallica"







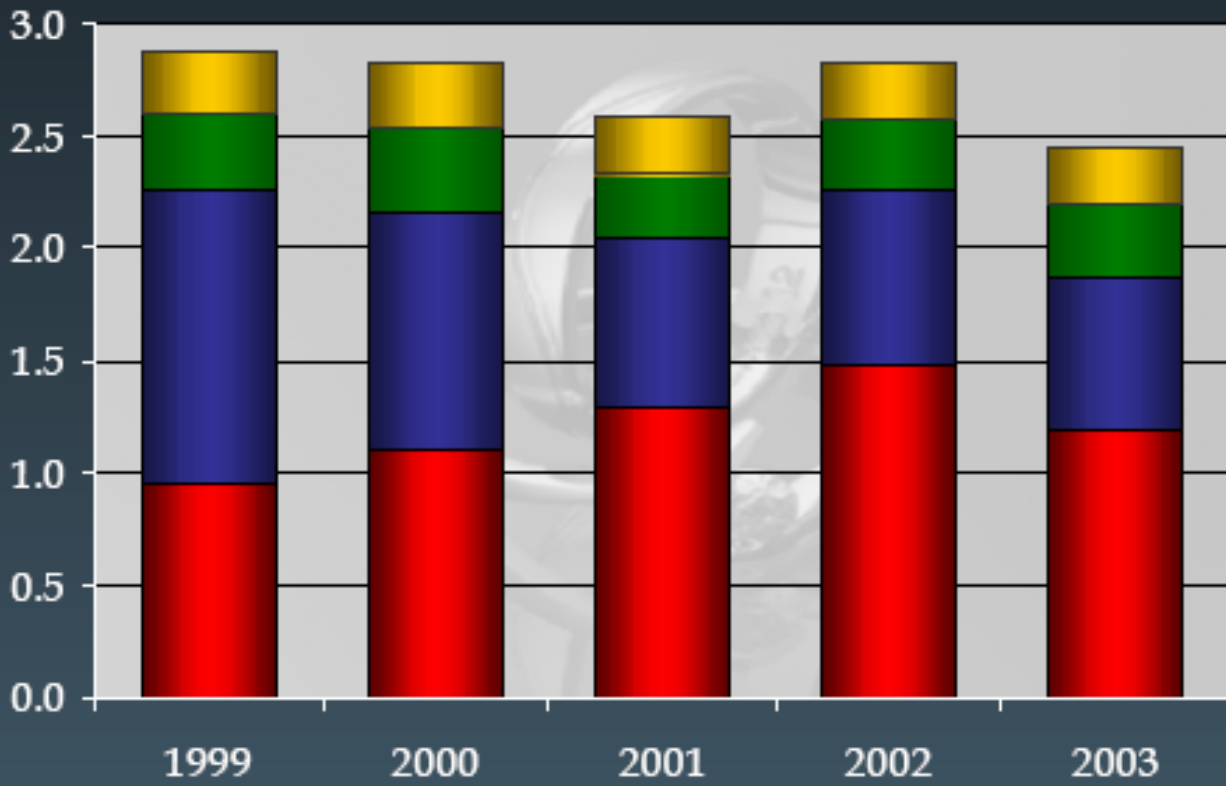
Anglo Platinum new smelter at Polokwane



Concentrator at Aquarius Platinums Kroondal operating since 2004

Demand for Platinum in Jewellery 1998 - 2002

million oz

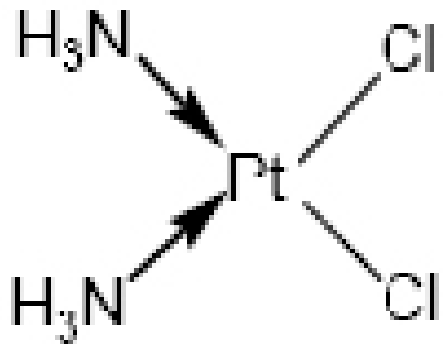


- Europe etc
- N. America
- Japan
- China

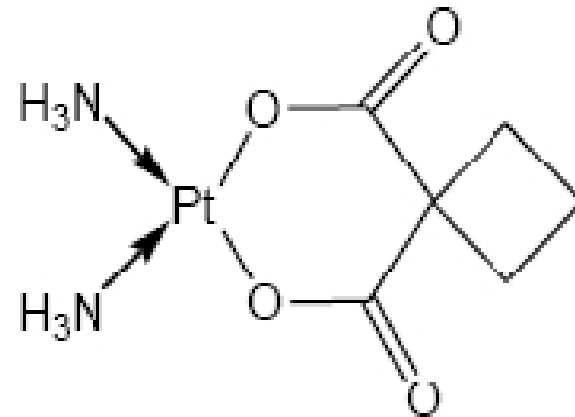


Zytostatikapräparate

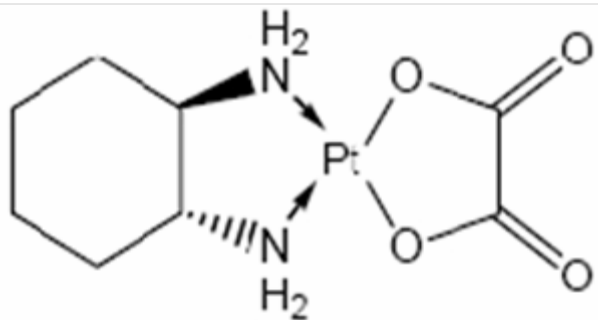




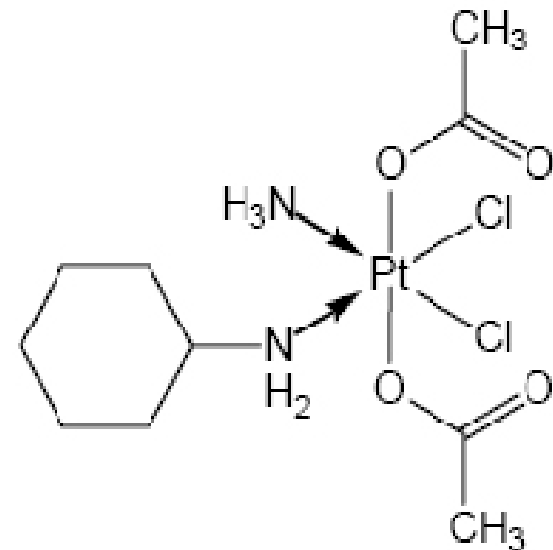
Cisplatin
cis-Diammindichloroplatin(II)



Carboplatin
cis-Diammin(1,1-cyclobutandicarboxylato)platin(II)

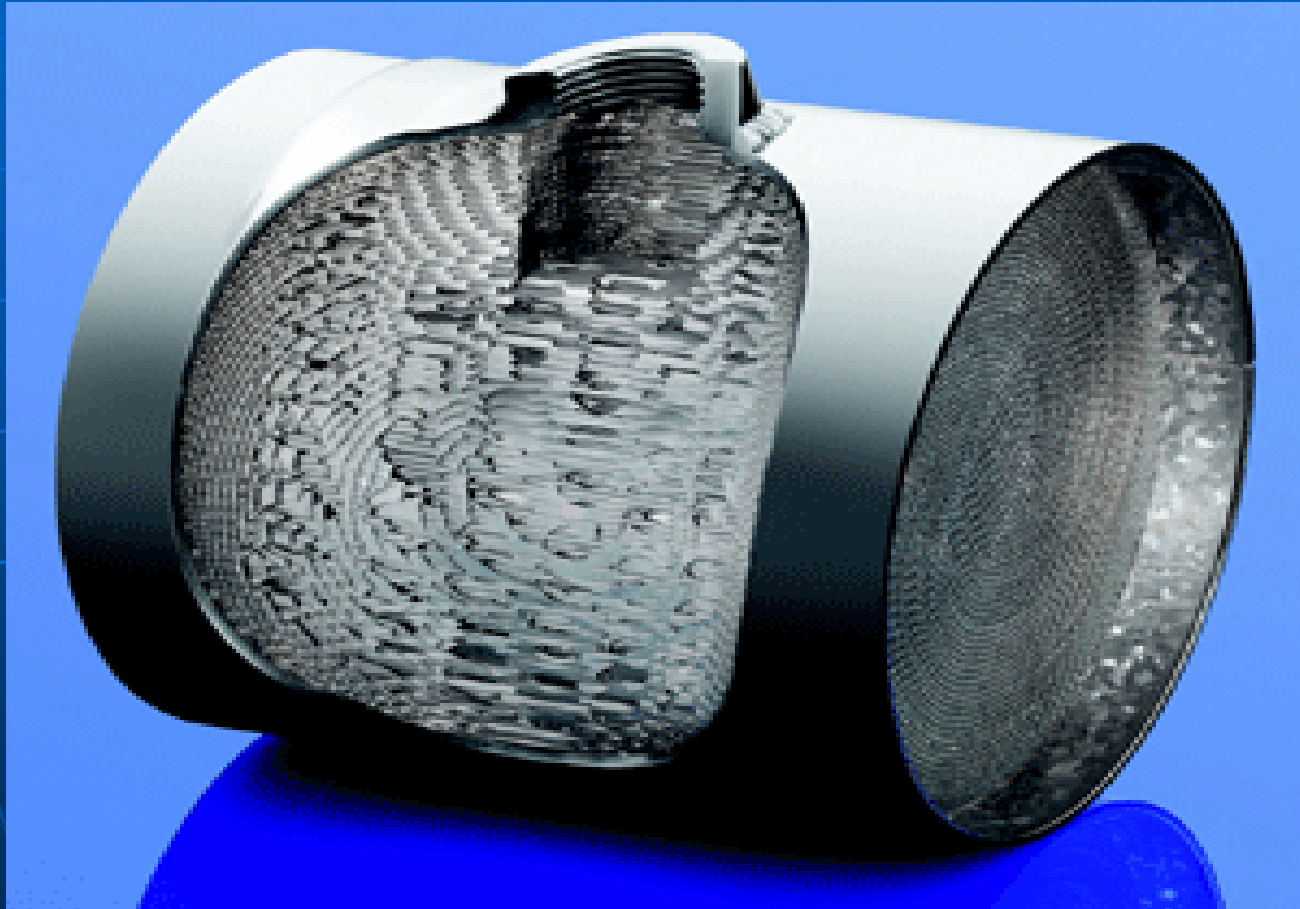


Oxaliplatin
[*trans*-R,R-1,2-Diaminocyclohexan]-oxalatoplatin(II)



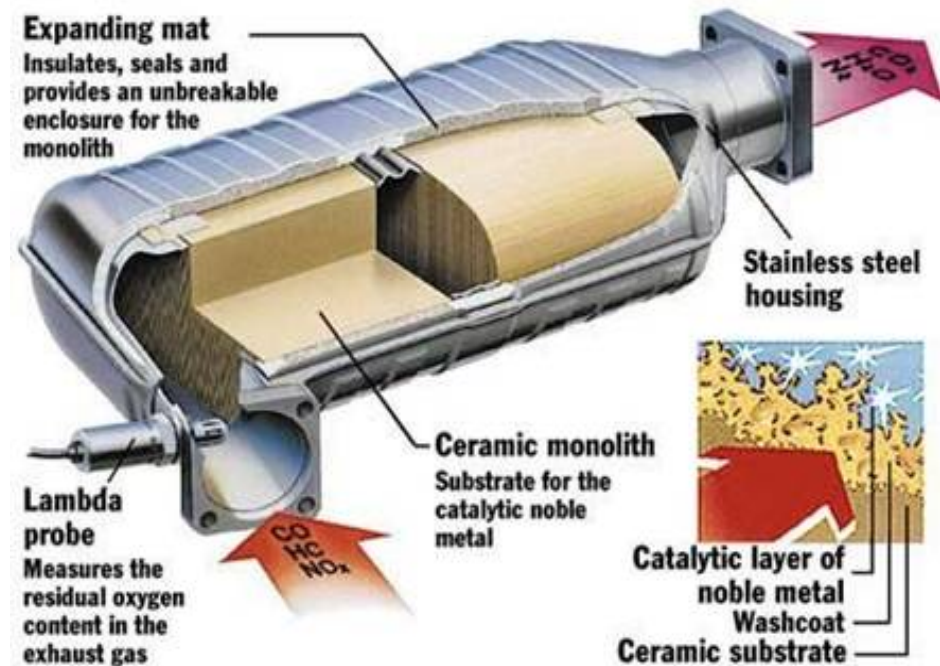
Satraplatin
cis-Diacetatoammindichloro-(cyclohexylamin)platin(IV)

Katalysator

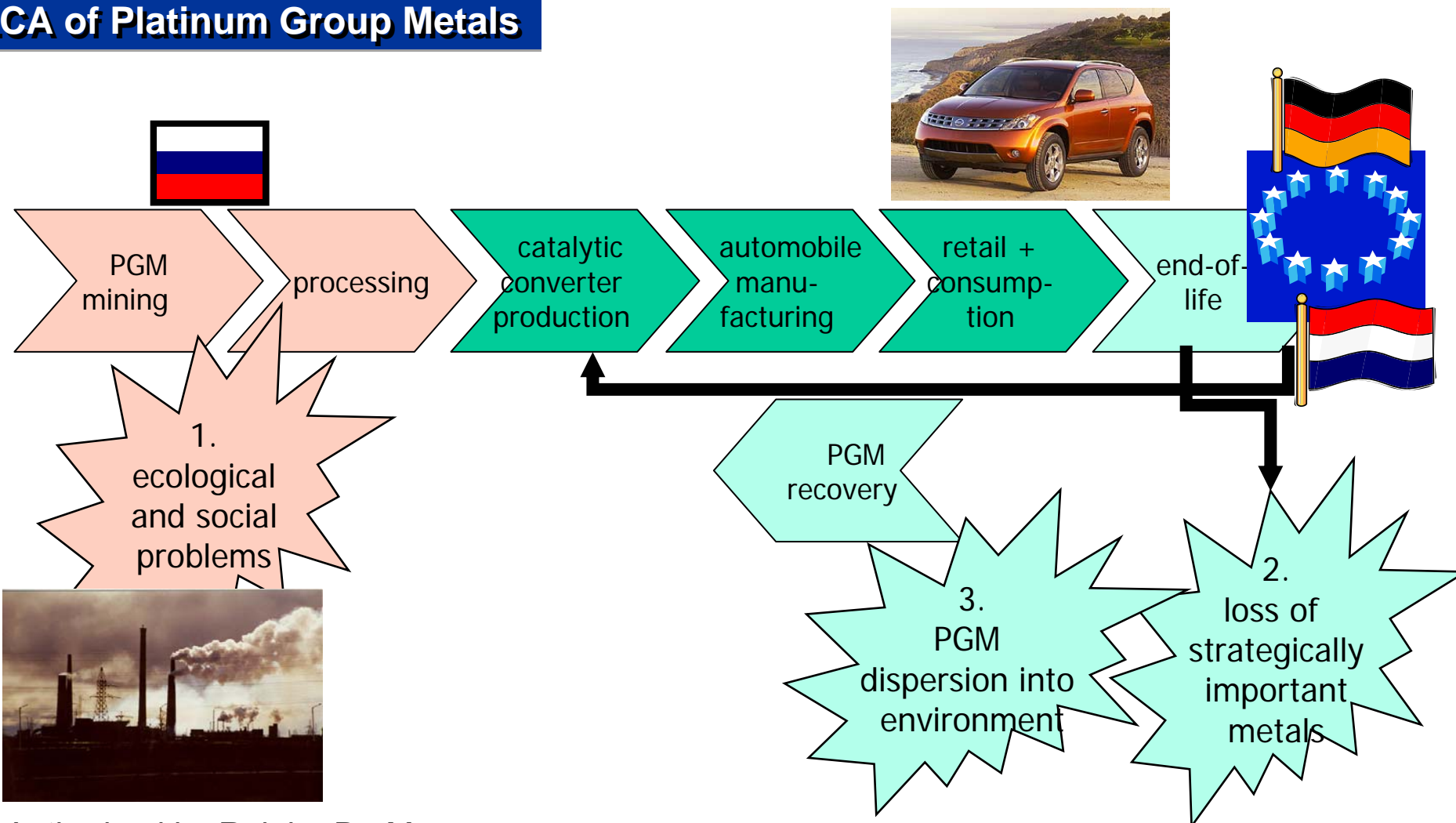


- Seit 1993 sind Katalysatoren in Neuwagen obligatorisch
- Katalysatoren transformieren NO , CO und C_xH_y in N_2 , CO_2 und H_2O
- Trotz Verkehrszunahme hat sich die Luftqualität verbessert

Katalysator für „saubere“ Autos



LCA of Platinum Group Metals



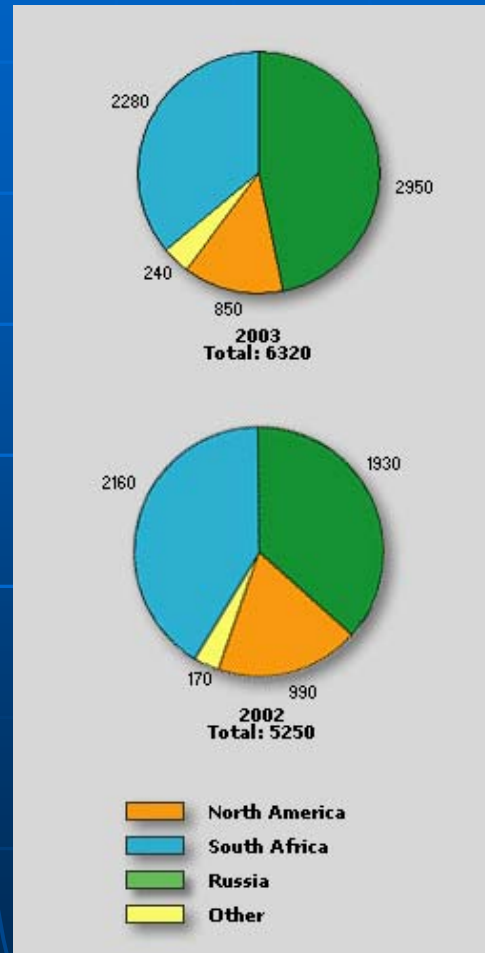
Authorised by: Reinier De Man

Der ökologische Zwiespalt

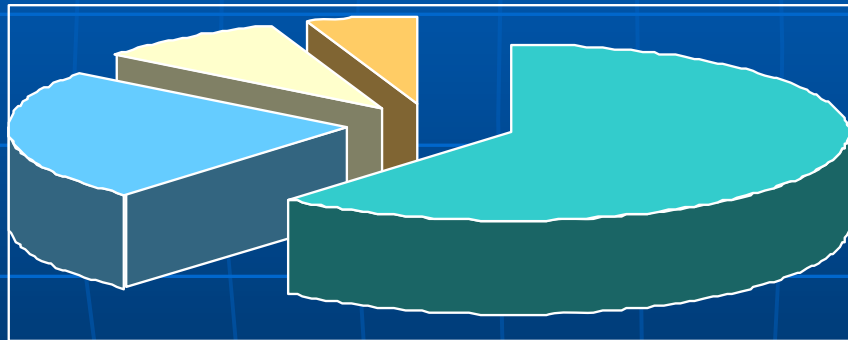
- „ökologischer Widerspruch im globalen Zusammenhang“:
PGM als Luftreiniger in den Industriestaaten ⇔
drastische Umweltprobleme in den Abbaugebieten
Beispiel: Norilsk- Nickel Company, Norilsk als eine der
gesundheitsgefährlichsten Städte der Welt
 - Für Ausländer gesperrt
 - Gegründet als Gefangenenlager in den 70ern
 - Veraltete Anlagen
 - Enorme Schwefeldioxid- Belastung (schwefelhaltige Erze)
 - Schwermetallemissionen (nachweisbar in Kanada und Skandinavien)
 - Unvorstellbare Boden- und Wasserverschmutzungen
 - Transport der Erze zur Weiterverarbeitung mit atomkraftgetriebenen Schiffen nach Murmansk (Stahlender Hafen) -> internationale Kritik



Internationale Palladiumgewinnung



Verteilung des Palladiums in den Anwendungsformen



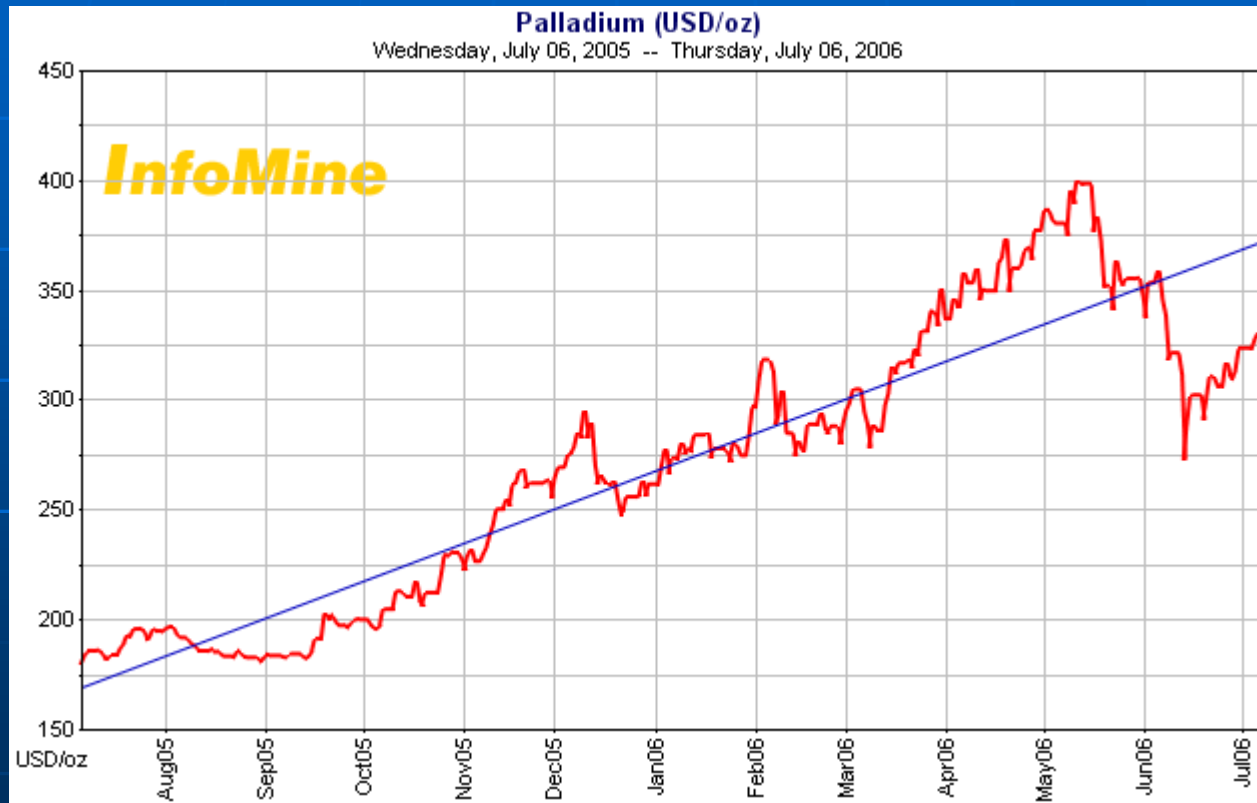
■ Katalysatoren

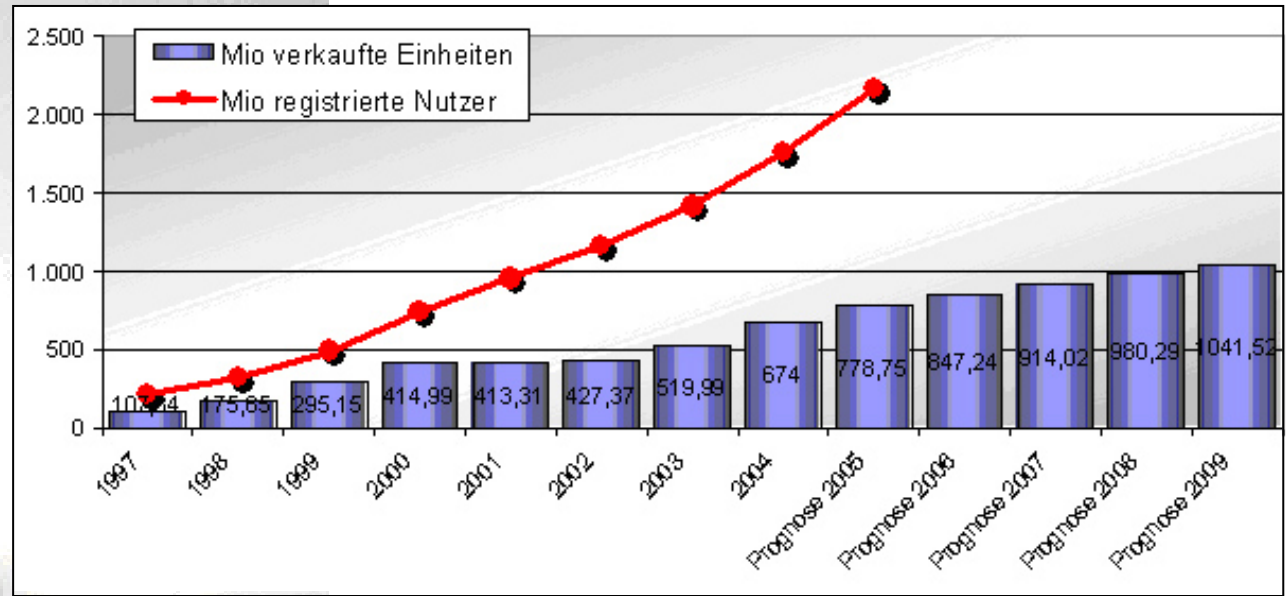
■ Elektroindustrie

■ Zahnmedizin

■ sonstiges

Palladiumpreis





Verkaufte Mobiltelefone zwischen 1997 und 2009 (Prognose) und registrierte Nutzer 1997 bis 2005

(nach Gartner 2005 und International Telecommunication Union 2006)

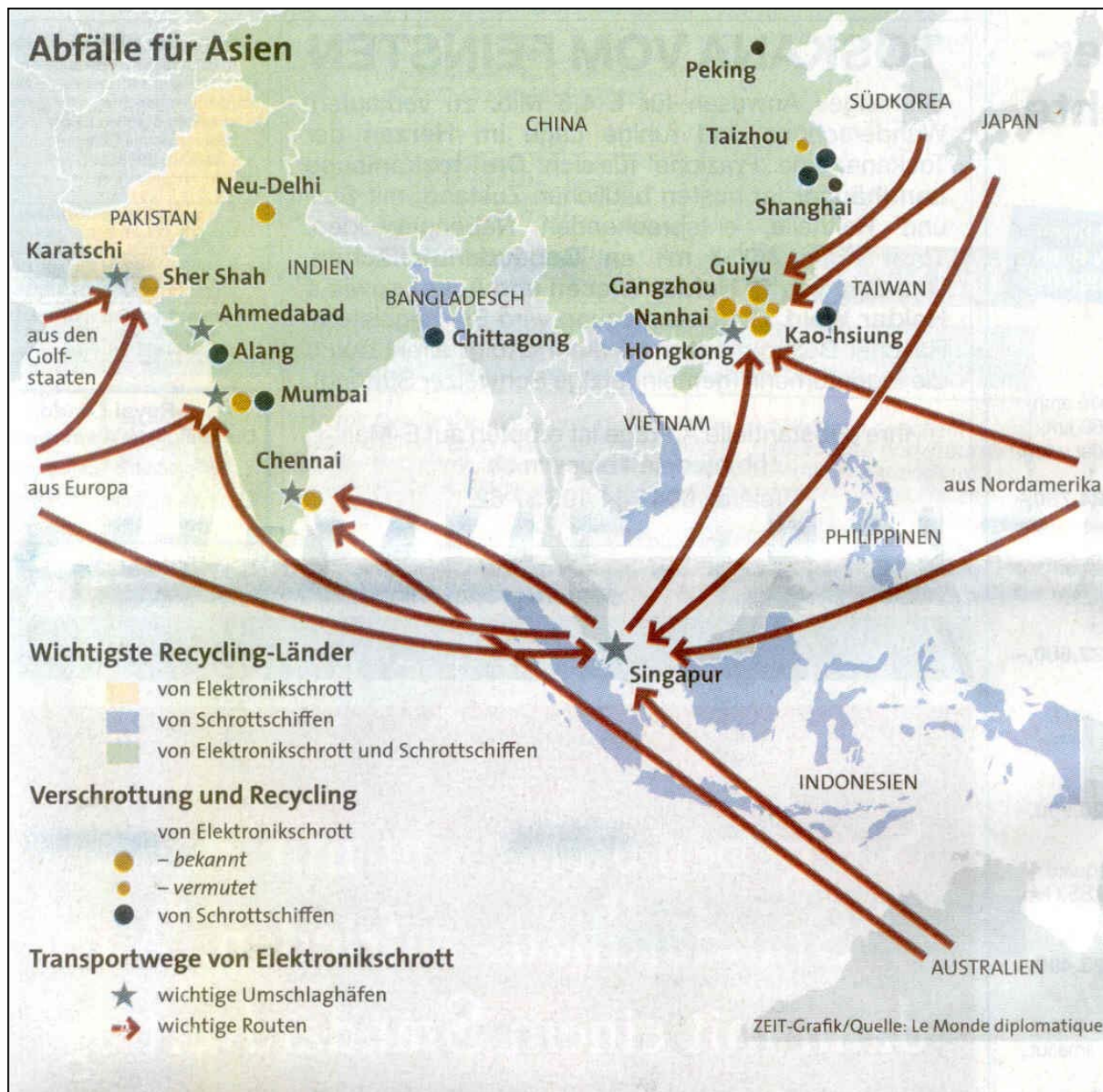
Metalle	Durchschnittl. Anteil Gew. %	Hochrechnung Gesamtmenge in 1 Mrd. Handys (in Tonnen) bei 100 g / Gerät)	Weltjahres-Produktionsmenge (in Tonnen 2005, USGS)	Hauptproduktionsländer 2005, USGS)
Kupfer	14,235%	14235	14,9 Mio.	Chile (36%), USA (8%), Peru (7%) Indonesien (7%), Australien 6%), China (4%), Russland (4%)
Eisen (Erz)	8,039%	8039	1520 Mio.	China (24%), Brasilien (20%), Australien (18%), Indien (9), Russland (6%)
Aluminium	2,914%	2914	31,2 Mio.	China (23%), Russland (12%), Kanada (9%), USA (8%), Australien (6%)
Nickel	1,124%	1124	1,5 Mio.	Russland (21%), Australien (14%), Kanada (13%), Indonesien (9%), Neukaledonien (Frz. Terr.) (8%)
Zinn	0,689%	689	0,28 Mio.	China (41%), Indonesien (29%), Peru (15%), Bolivien (6%), Brasilien (4%)
Silber	0,244%	244	20300	Peru (15%), China (14%), Mexiko (13%), Australien, Chile, Polen
Gold	0,038%	38	2450	Südafrika (12%), USA (10%), Australien (10%), Peru (6%), Russland (6%)
Palladium	0,015%	15	216	Russland (44%), Südafrika (38%), USA (7%), Kanada (6%)



Ausgediente Handys

Materialbestandteile eines Computers

Material	% Weight	Material	% Weight
Silicon	24,8803	Bismuth	0,0063
Plastics	22,9907	Chromium	0,0063
Iron	20,4712	Mercury	0,0022
Aluminium	14,1723	Germanium	0,0016
Copper	6,9287	Gold	0,0016
Lead	6,2988	Indium	0,0016
Zinc	2,2046	Ruthenium	0,0016
Tin	1,0078	Selenium	0,0016
Nickel	0,8503	Arsenic	0,0013
Barium	0,0315	Gallium	0,0013
Manganese	0,0315	Palladium	0,0003
Silver	0,0189	Europium	0,0002
Beryllium	0,0157	Niobium	0,0002
Cobalt	0,0157	Vanadium	0,0002
Tantalum	0,0157	Yttrium	0,0002
Titanium	0,0157	Platinum	Trace
Antimony	0,0094	Rhodium	Trace
Cadmium	0,0094	Terbium	Trace





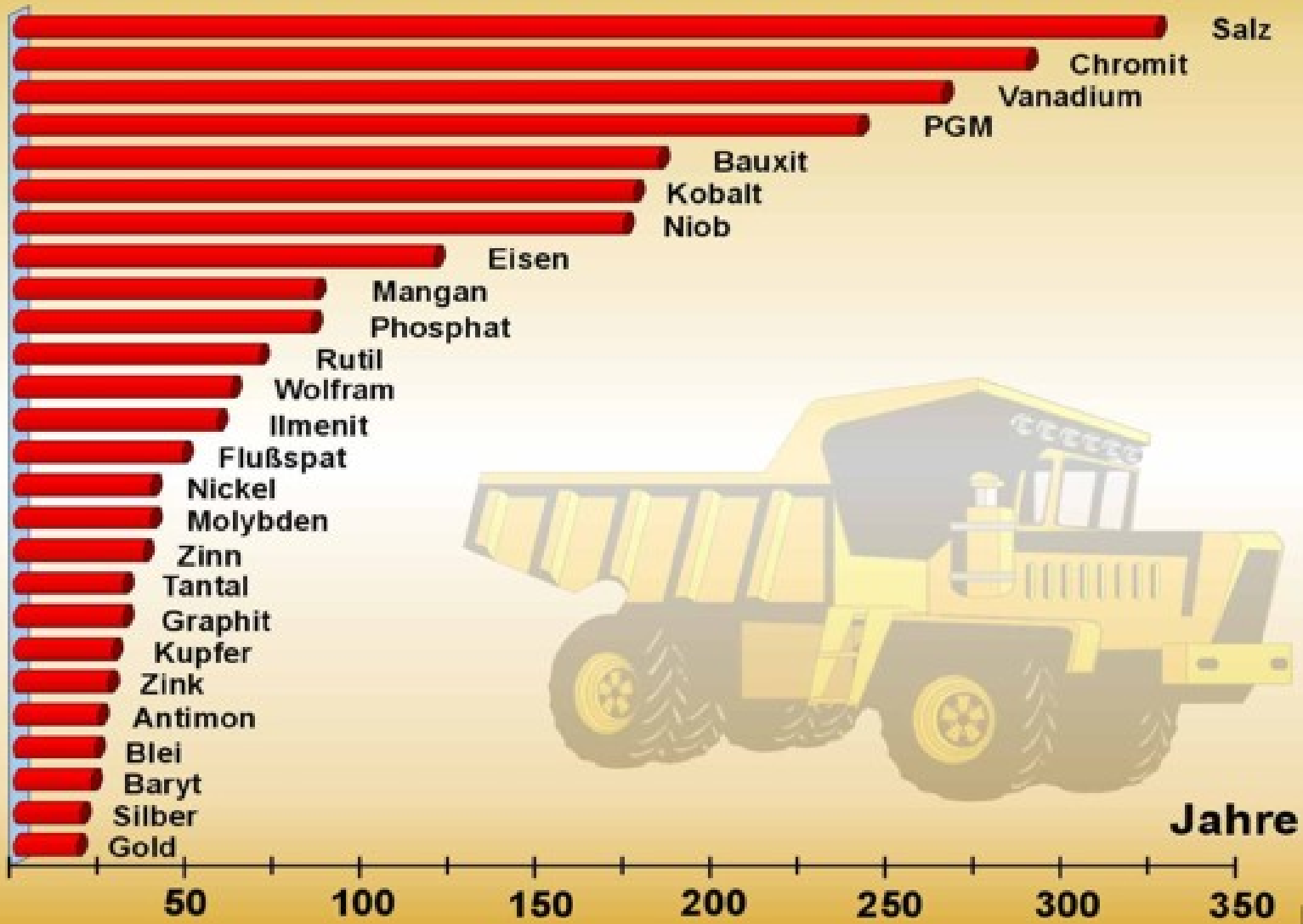
Die Herstellung eines PC mit 17-Inch-Bildschirms benötigt:

- 240 Kilogramm fossile Energieträger
- 22 Kilogramm Chemikalien
- 1500 Kilogramm Wasser insgesamt

> also 1,8 Tonnen Rohstoffe!



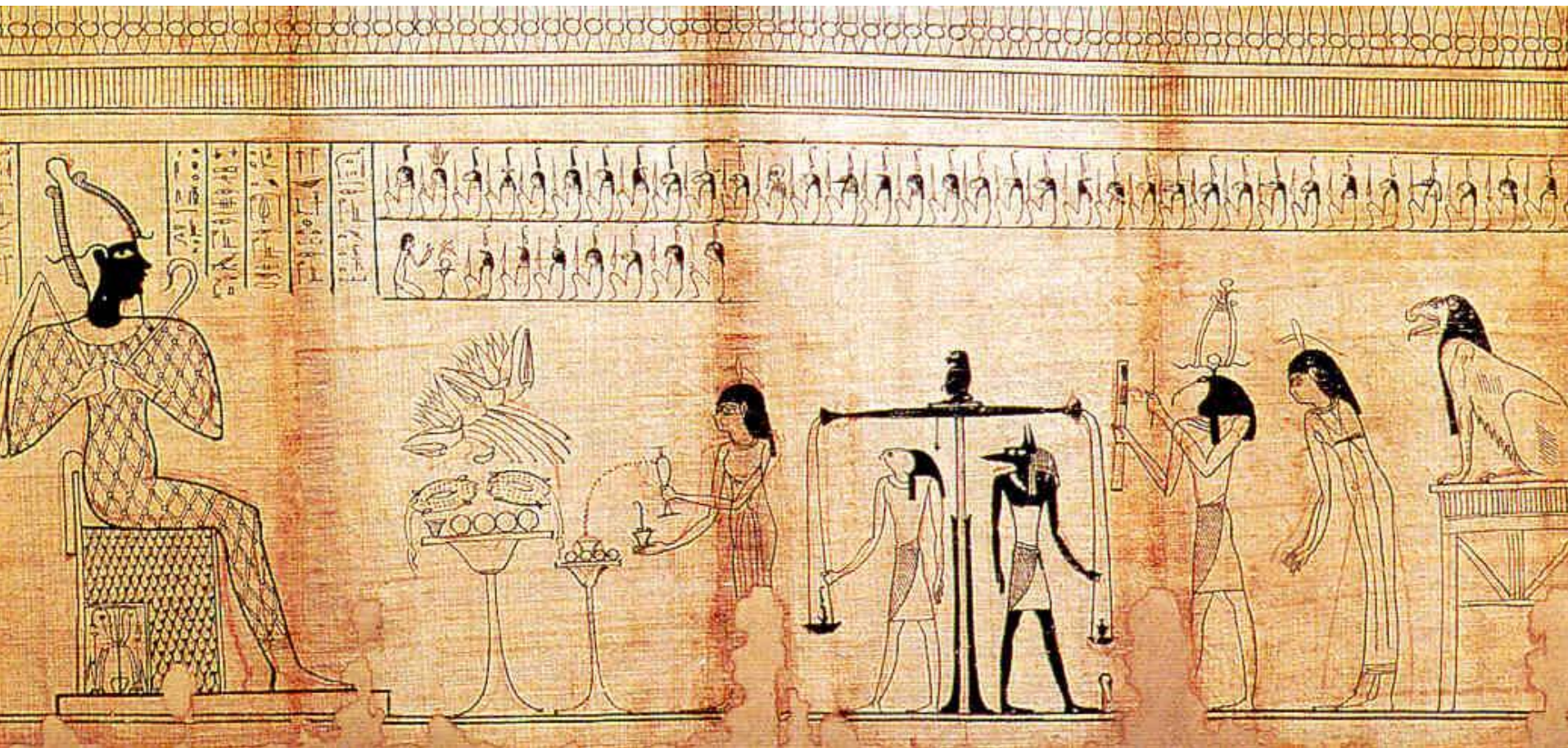
Statische Lebensdauer von Rohstoffen

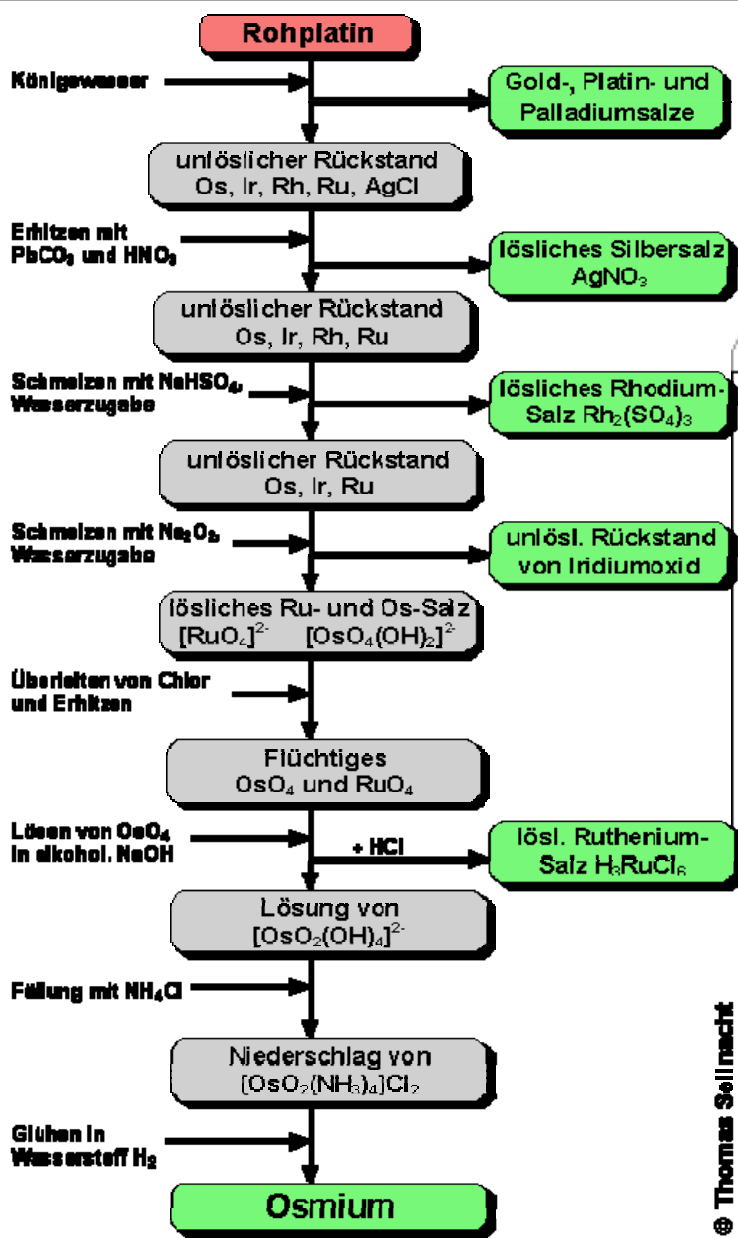


Daten: BGR

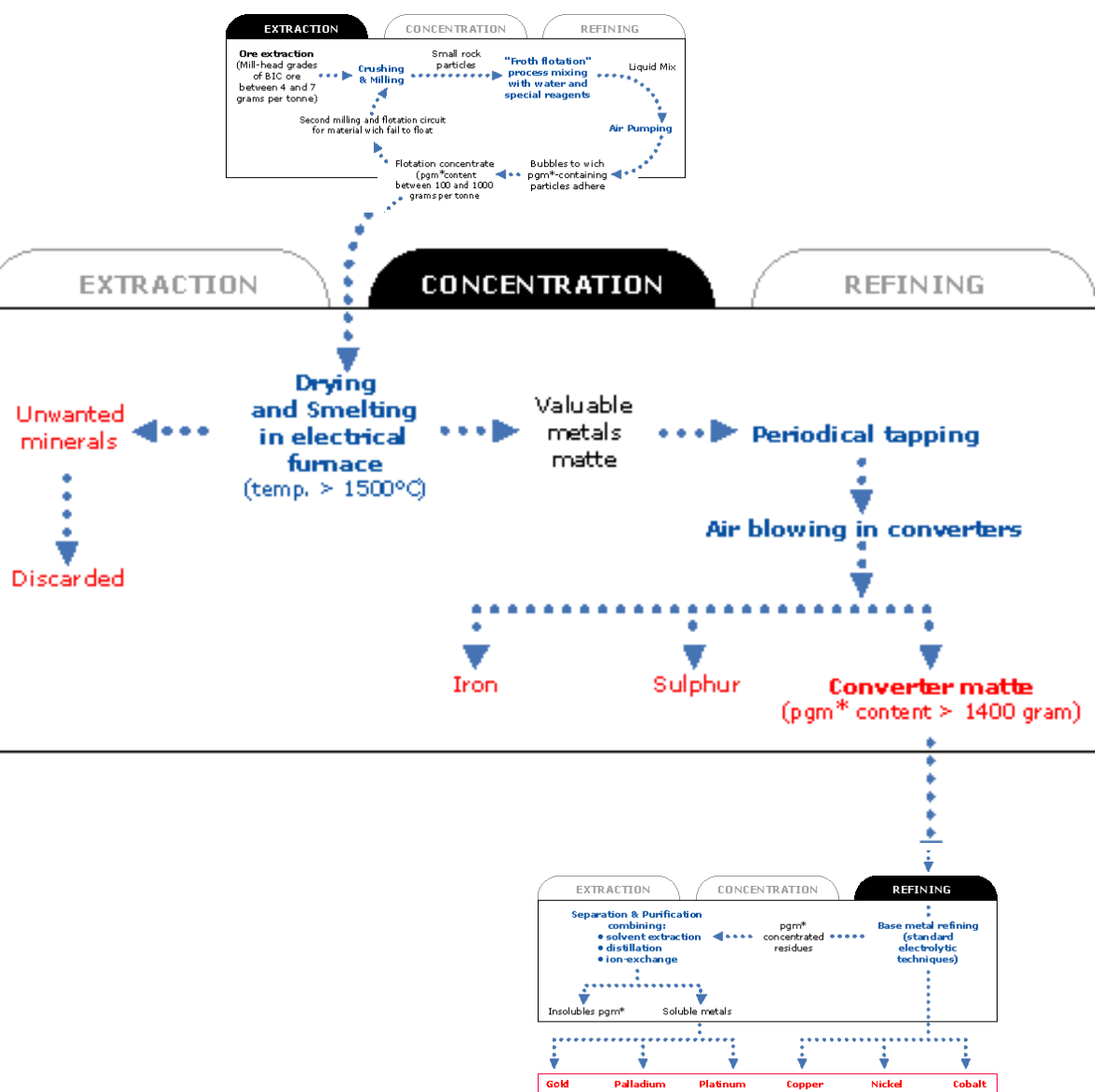
Dank: R. Diessenbacher, T. Bublies, T. Staudinger, R. de Man
Studierende der Physik, Materialwissenschaften und Geographie



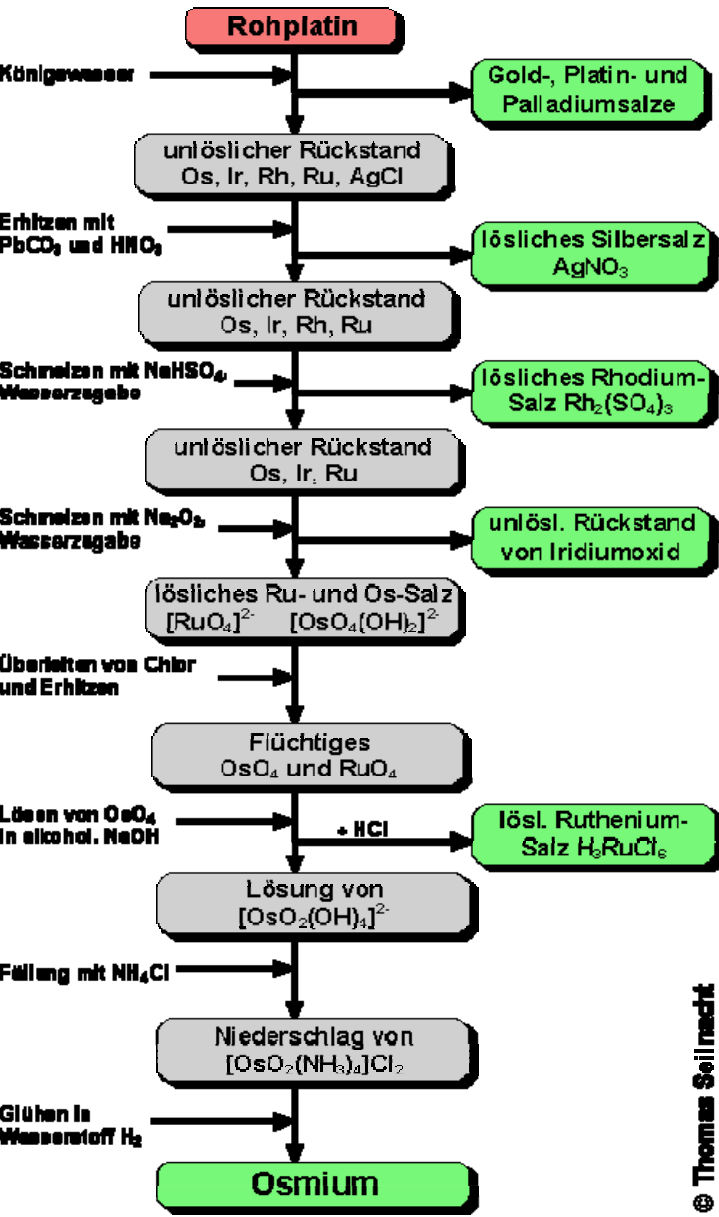




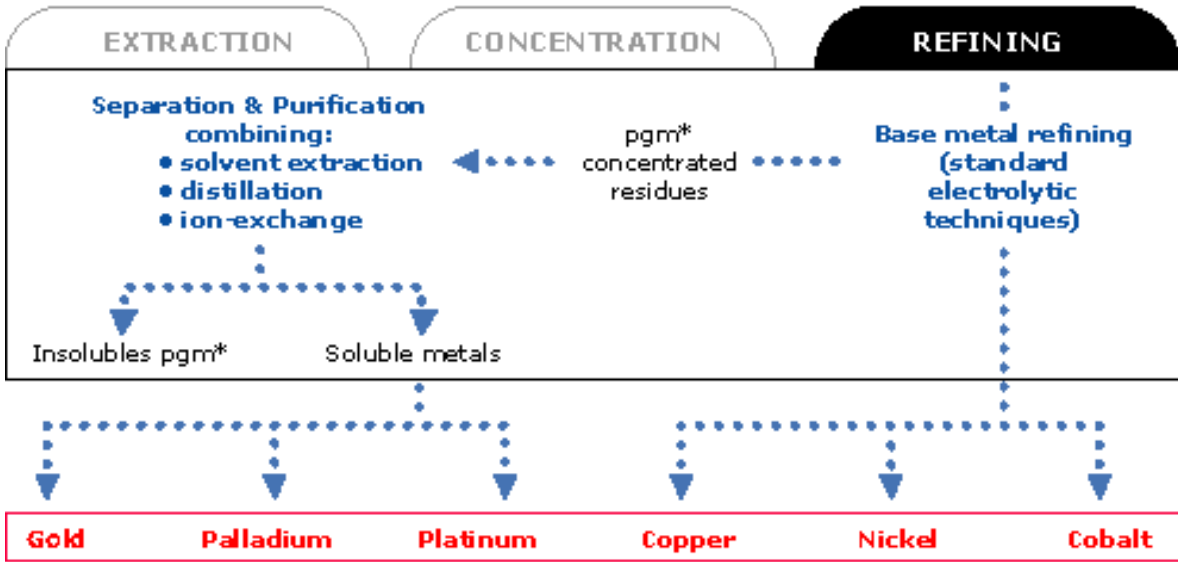
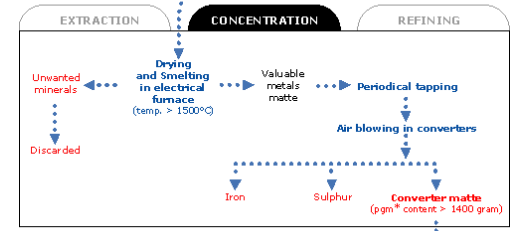
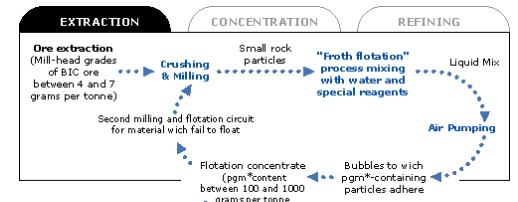
© Thomas Sellnacht



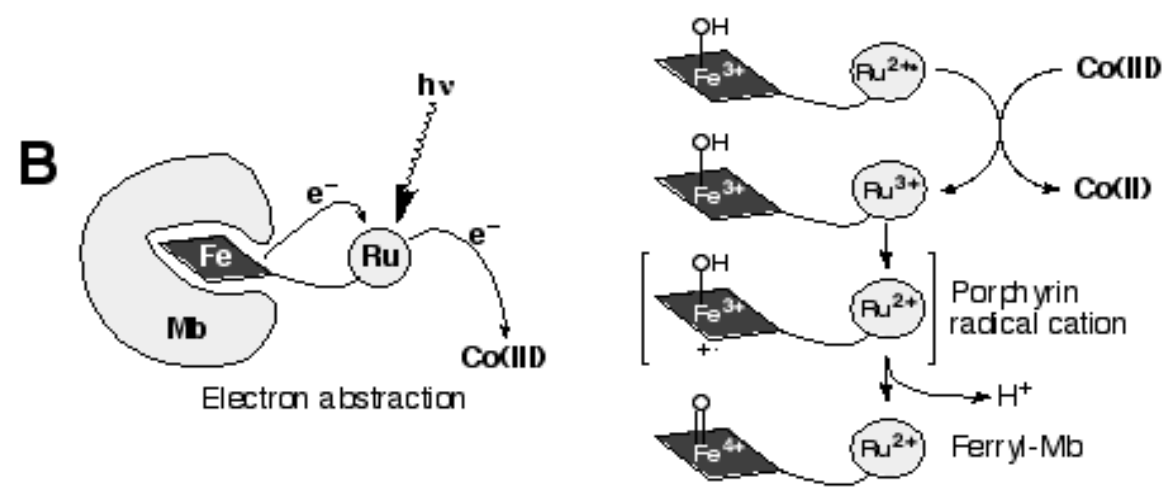
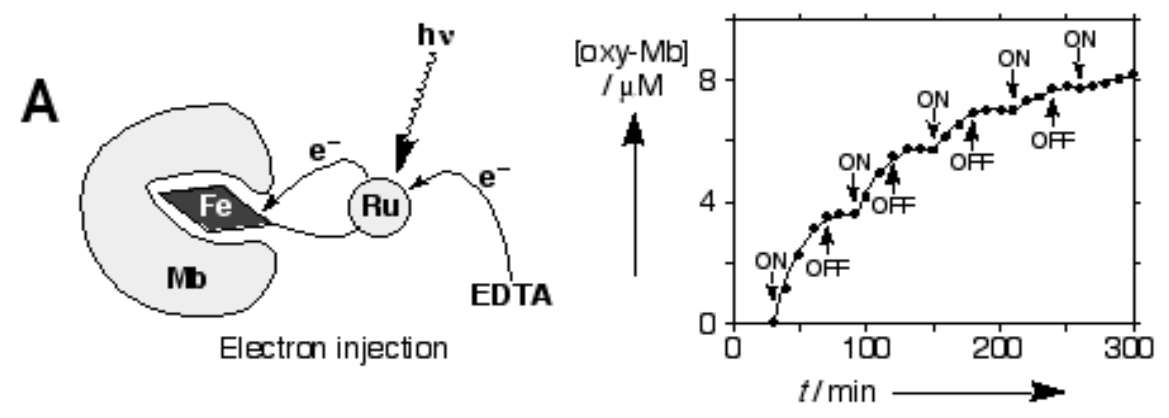
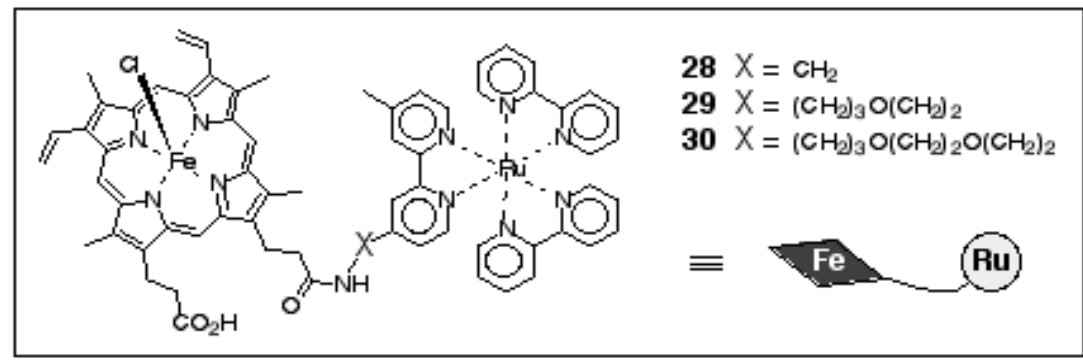
* pgm: Platinum Group Metals

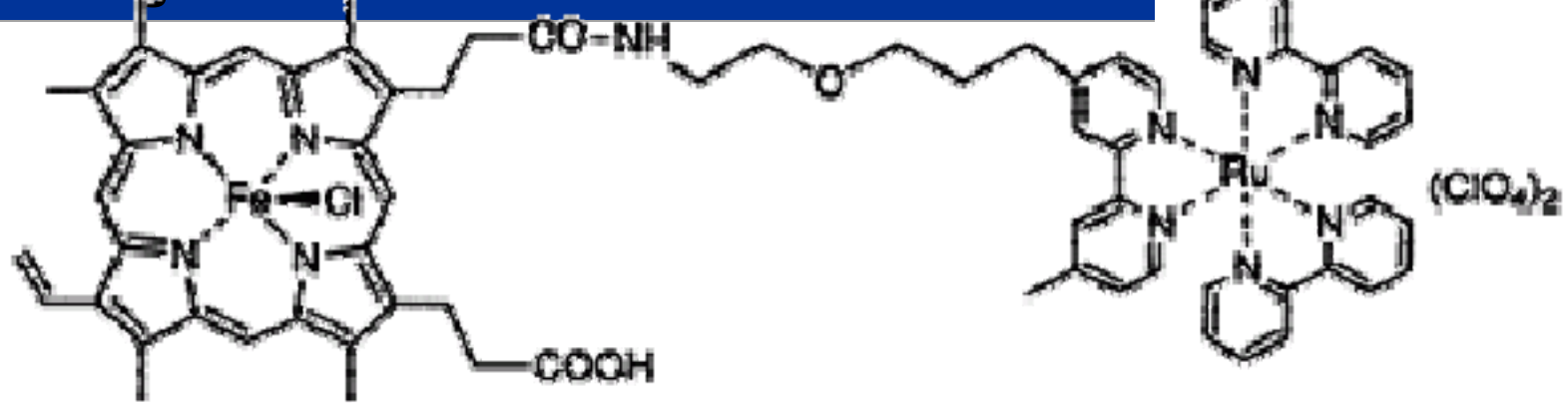


© Thomas Seilmecht



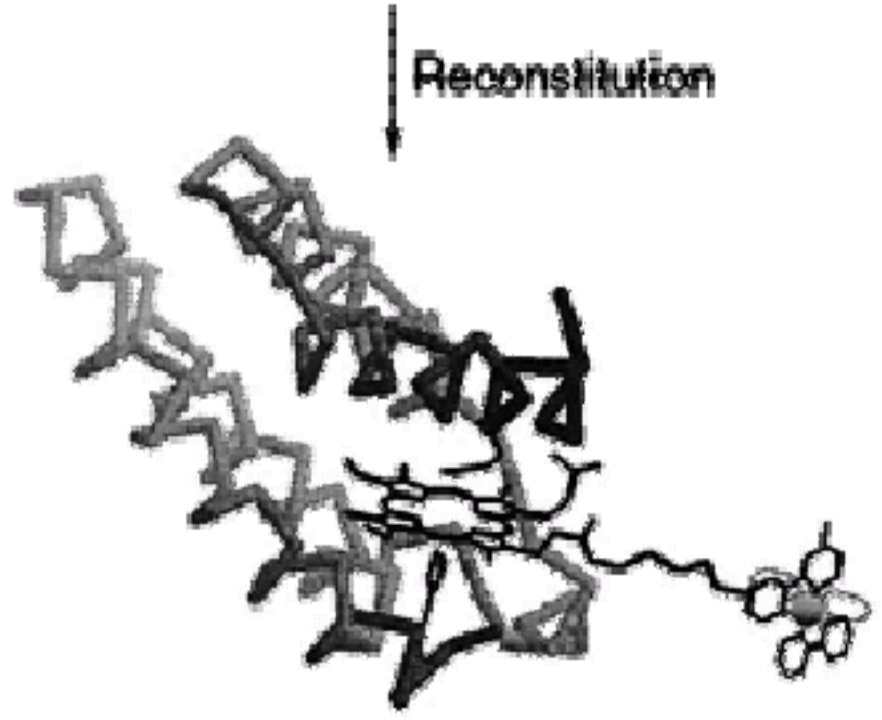
* pgm: Platinum Group Metals





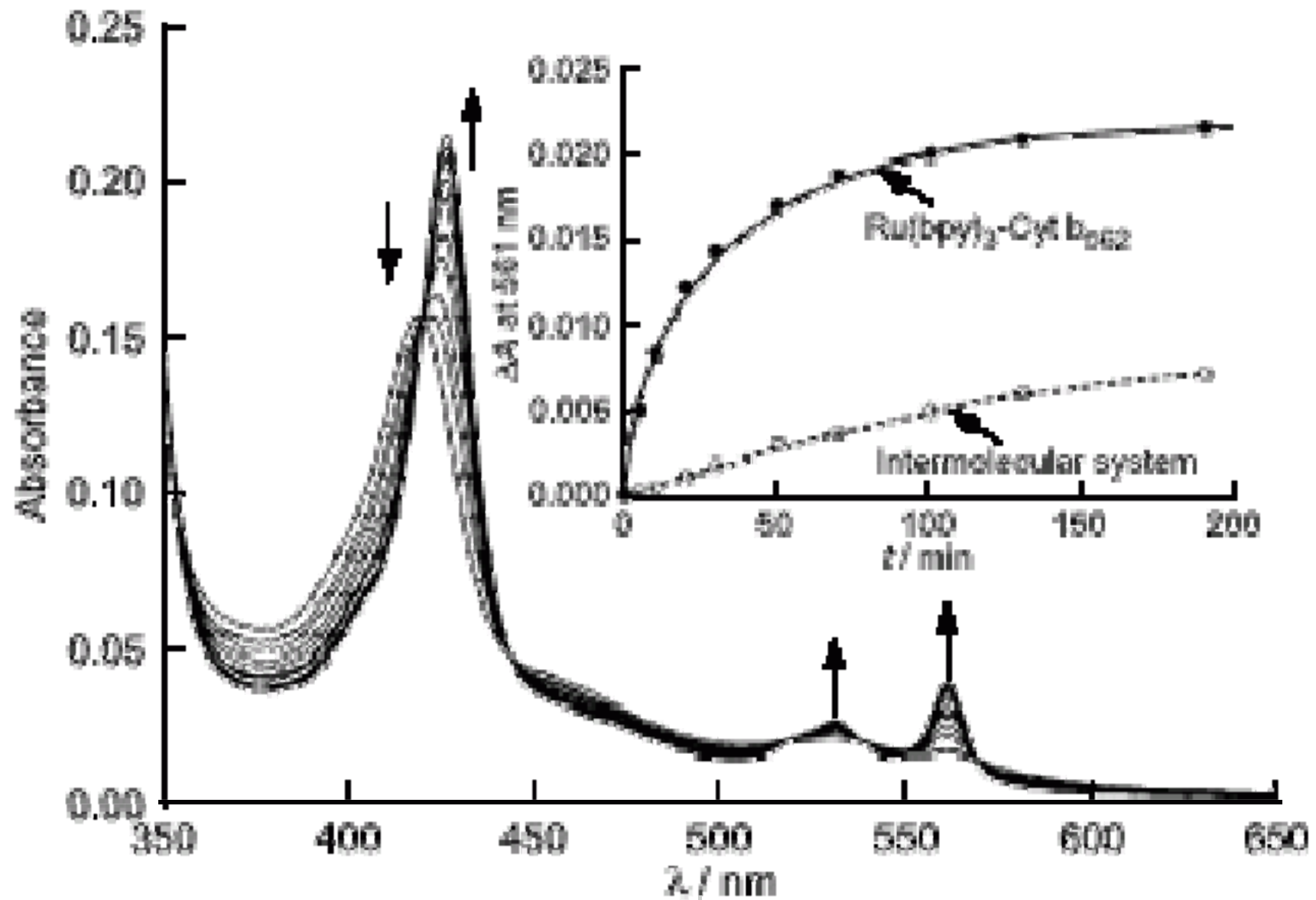
Modified Protoheme 1

Reconstitution

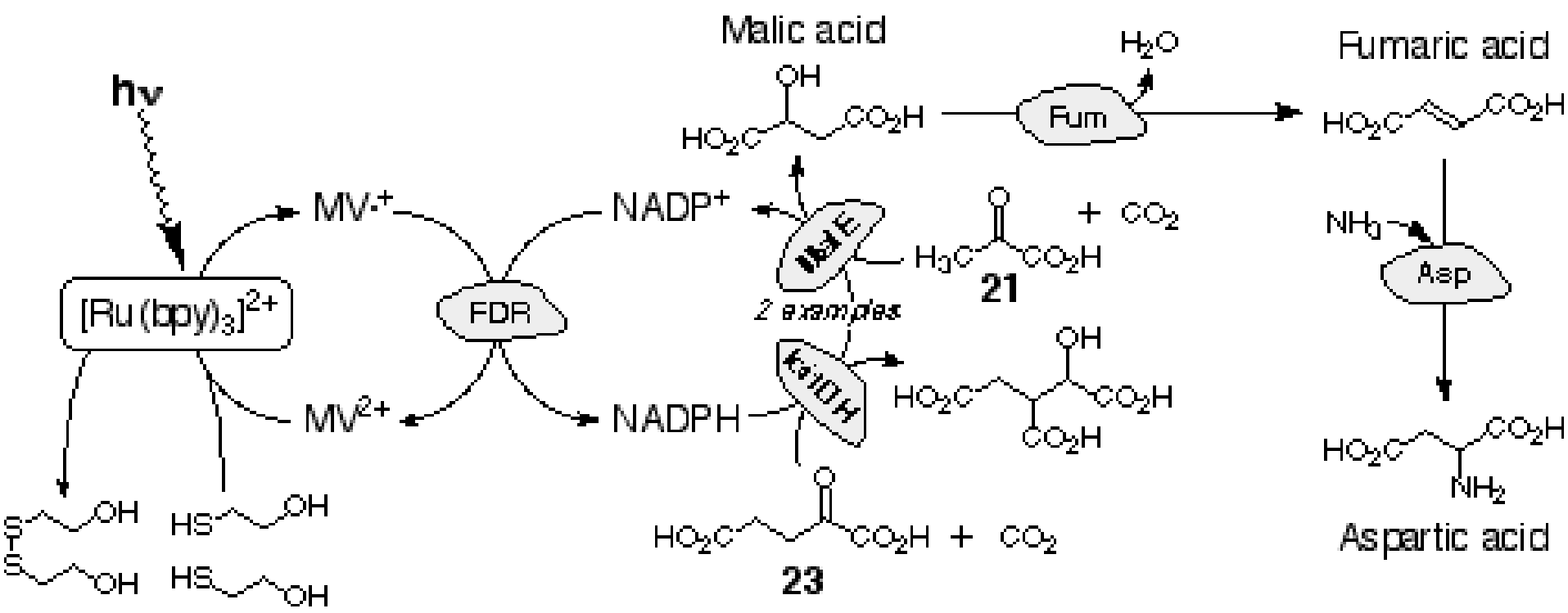


Ru(bpy)₃-Appended Cytochrome b₅₆₂

Protein modification
for enzyme cascades

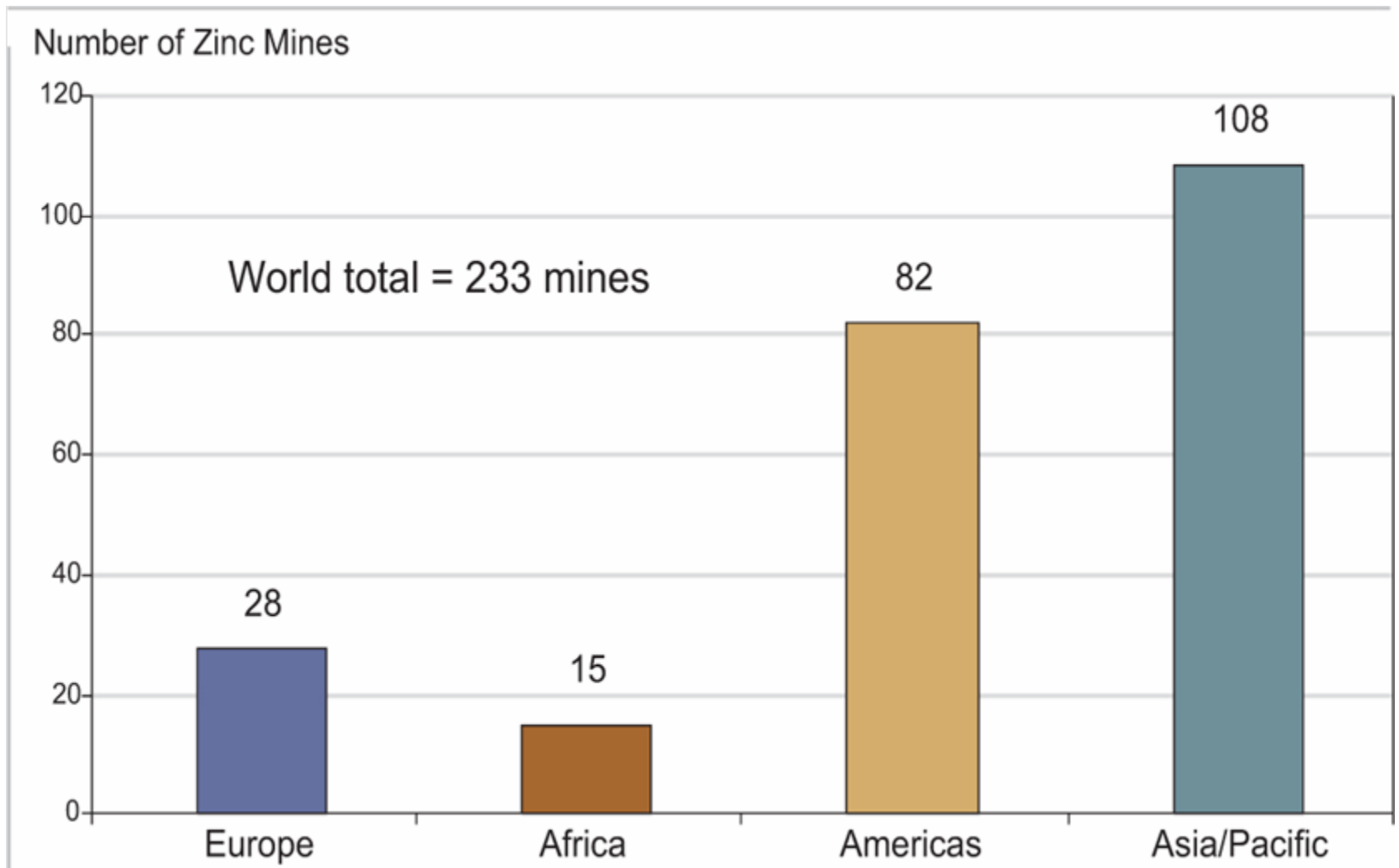


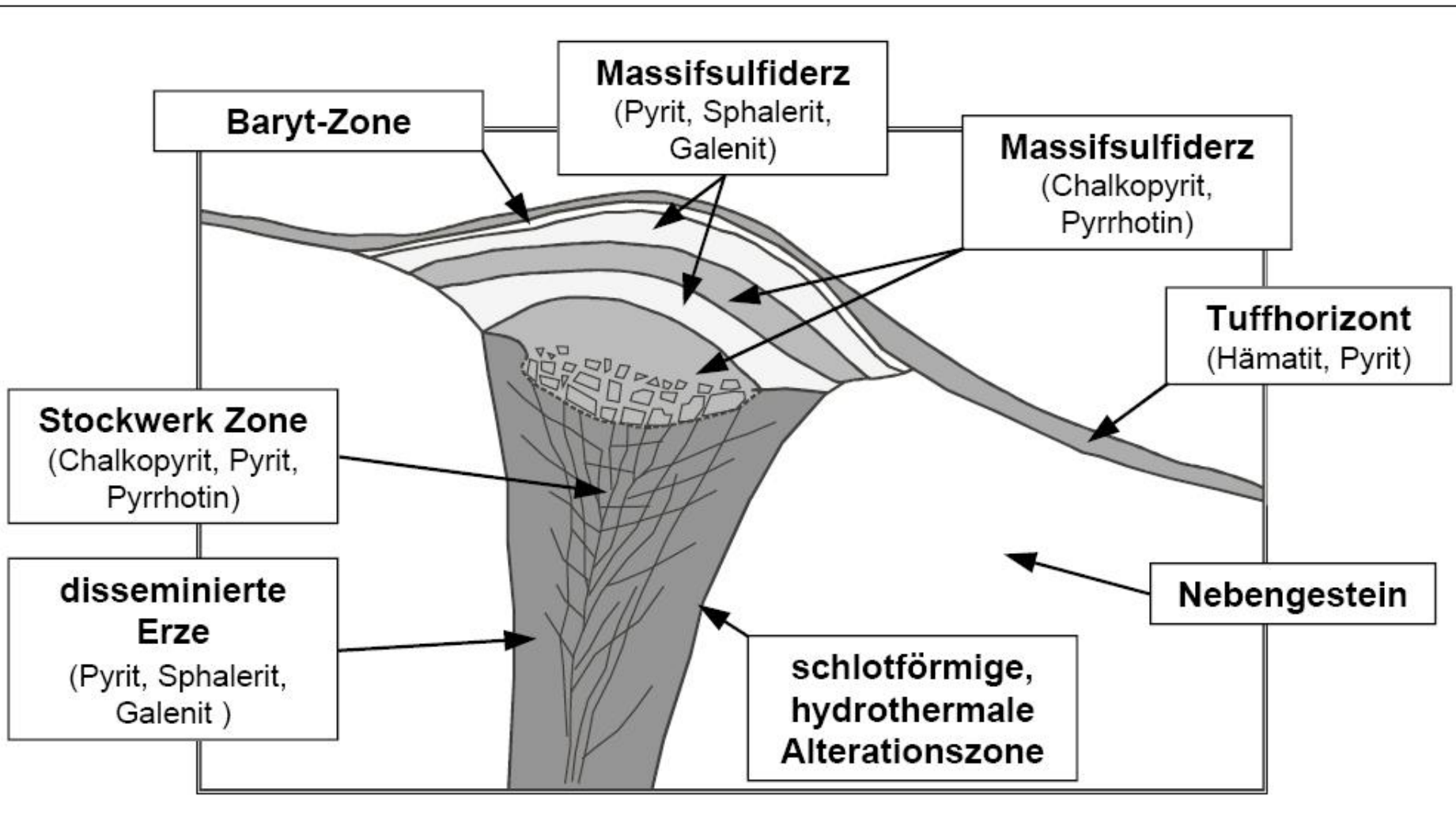
CO₂ Fixation



Rohstoffvorkommen und Abbauentwicklung in Peru

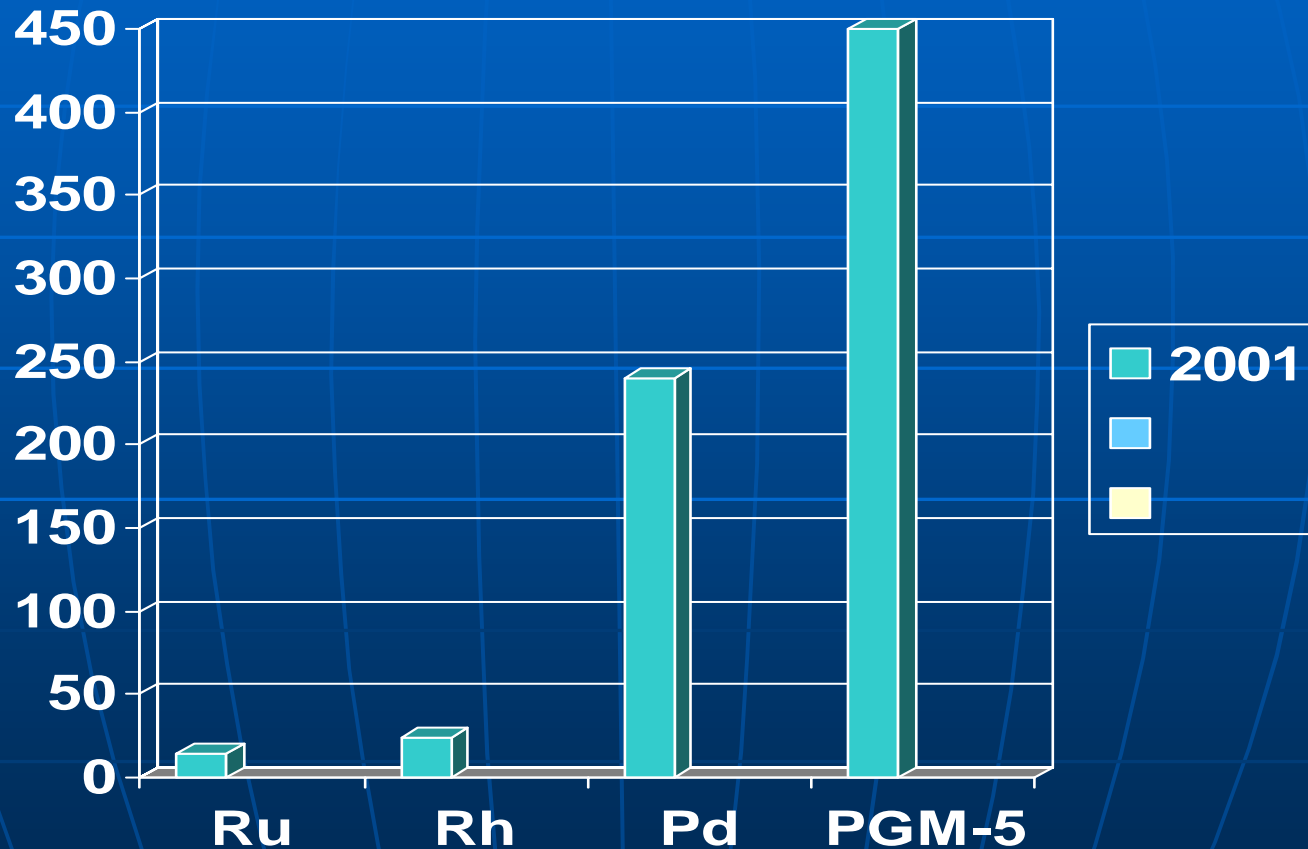
Rohstoff	1989	2003	Steigerung
Eisen	2.954.000t	3.484.900t	+18%
Zink	620.956t	1.386.606t	+123%
Kupfer	368.168t	839.233t	+128%
Blei	203.034t	307.755t	+52%
Zinn	5.082t	40.202t	+691%
Silber	1.932t	2.774t	+44%
Gold	9,9t	172t	+1.637%





Schematisches Modell der vulkanogenen Massivsulfidlagerstätte (VMS-Typ)

Weltjahresproduktion (in t/Jahr)



Weltjahresproduktion

- 450t/Jahr ist sehr wenig! (=Würfel mit Kantenlänge 3,1m)
- Selbst Gold wird in fünffacher Menge produziert! (Würfel mit Kantenlänge 5,2 m)

PGM- Recycling

- Hoher Wert der PGM => Recycling allein schon aus ökonomischen Gründen sinnvoll.
=> Stabilisierung des PGM- Preises.
- Keine Qualitätseinbußen
- Heute werden ca. 20% der PGM in Autokatalysatoren recycelt, besonders in Amerika und Japan. Dort setzte man Kat`s bereits seit den 70ern ein.
- Ökologische Vorteile
- Durchführung:
 - I Hydrometallurgisches Verfahren
PGM wird aus dem Keramischen oder metallischen Träger („Washcoat“), mit starken Säuren oder Laugen herausgelöst.
Trennung durch Fällungsreaktionen.
Problem: Rückstände in Abwasser
 - II Pyrometallurgisches Verfahren
Einschmelzung, Verhüttung des Washcoats (1700°C)
Überführung der keramischen Teils in eine Schlackenphase
Trennung und Raffination

Ruthenium

- Spröde und grauweiß
- Dichte: $12,37 \text{ g/cm}^3$
- Härte 6,5 (Mohs)
- Schmelzpunkt 2334°C
- Siedepunkt 4150°C
- Behält bei Raumtemperatur seinen metallischen Glanz
- Beständig in allen mineralischen Säuren unter 100°C
- Löslich in Alkalischnmelzen
- Von Halogenen oxidierbar
- Schützt z.B. Titan durch Zulegieren (0,01%) vor Korrosion



Geschichte und Vorkommen

- 1844: Karl Ernst Claus (Russland) entdeckt Rückstände von Rohplatin in Königswasser
- Name: lat. „ruthenia“: Russland
- Lange Zeit eher unbedeutend
- Seit 1970: vielfältige technische Anwendungen
- Heute: Rohstoffproblematik schafft Wachstumsgrenzen
- Lagerstätten der PGM oft ähnlich: Ural, Nordamerika (Sudbury, Ontario), Bushveld (Südafrika)
- Metallisches Rutheniumpulver wird in einem komplexen Prozess durch Reduktion von Ammonium-Ruthenium-Chlorid durch Wasserstoff hergestellt

Anwendungen des Ruthenium

- Supraleitend in einer Molybdän- Legierung (Sprungtemperatur 10,6 K)
- Elektrischen Schaltkontakten aus Platin und Palladium wird Ruthenium zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit zulegiert
- Legierungszusatz in Titanlegierungen
- Ruthenium kann als vielseitiger Katalysator eingesetzt werden
- Mit Rutheniumdioxid beladenes Cadmiumsulfid kann in wässriger Lösung Schwefelwasserstoff durch Licht zersetzen
- Metallorganische Rutheniumkomplexe weisen tumorhemmende Eigenschaften auf
- In der Galvanotechnik wird Ruthenium zur dekorativen Veredelung von Oberflächen benutzt
- Ruthenium wird in letzter Zeit zunehmend auch zur Schmuckproduktion verwendet
- Bestandteil in Festplatten um > 200 Gigabyte zu erreichen

Rhodium

- Silbrig weiß metallisch, starker Glanz
- Sehr hart
- Säurebeständigkeit auch gegen Königswasser
- Verbindungen haben intensive Farben (-> Namensgebung: „rosenfarbig“), sind hochtoxisch und krebserregend
- Schmelzpunkt 1964°C
- Siedepunkt 3695°C
- Normalpotential +0,758V (Rh³⁺ + 3e⁻ -> Rh)



Vorkommen

- Gewinnung als Ammoniumhexachlororhodat $(\text{NH}_4)_3\text{RhCl}_6$, Reduktion mit Wasserstoff zum Metall bei hohen Temperaturen
- Aufwändig und teuer
- Lagerstätten in Südafrika, Ural, Ontario
- Jahresproduktion: 25t (das entspricht etwa 3 Qubikmetern!!!)

Verwendung

- Festigkeitssteigernder Zusatz in Palladium- und Platinlegierungen
- Heizspiralen
- Düsen in der Herstellung von Glasfasern
- Thermoelemente
- Zündkerzenelektroden im Luftfahrtbereich
- Laborgeräte
- Kontaktwerkstoffe
- Plattierwerkstoffe (Rhodinieren) für optische Geräte
- Schmuckwaren und für dekorative Zwecke
- Katalysatoren in der chemischen Industrie (Ammoniakverbrennung) und Kraftfahrzeugtechnologie (über 90% des Rhodiums)

Palladium

- Silbrig, weiß metallisch, glänzend
- Kubisch- flächenzentrierte Metallstruktur (wie alle PGM-5)
- Sehr selten
- Sehr platinähnlich
- Reaktionsfreudiger als die anderen PGM-5, z.B. mit mineralischen Säuren
- Schmelzpunkt 1555°C
- Siedepunkt 3125°C
- Normalpotential 0,915V ($\text{Pd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pd}$)
- Besitzt die höchste Absorptionsfähigkeit aller Elemente für Wasserstoff, bindet das 900-fache des Eigenvolumens



Vorkommen

- Lagert in Flusssedimenten metallisch oder oft als Legierung mit anderen PGM
- Ural (Norilsk), Australien, Äthiopien, Amerika
- In Verbindung mit Nickel- und Kupfererzen (Norilsk- Nickel Company)
- 50% stammt aus Russischer Förderung
- Recycliertes Palladium aus Altwagenentsorgung

Hydrierkatalysator

- Palladium kann (wie Gold) zu sehr dünnen Folien gewalzt werden, die weniger als 2000 Atomschichten dick sein können
- Mit der leichten Wasserstoffaufnahme verbunden ist die außerordentlich hohe Durchlässigkeit von heißem Palladiumblech für Wasserstoff, so dass man diesen durch einen solchen Diffusionsprozess reinigen kann.
- Einlagerungsprozess bildet eine Verbindung Pd_2H

Weitere Anwendungen

- Gold- Palladium Legierungen als Zahnersatz
- Kontaktstoff in der Elektrotechnik
- Exzellenter Katalysator zum Hydrieren und Dehydrieren (billiger als Platin -> Verdrängt das Platin)
- Bindet Kohlenstoffmonoxid
- Weißgold (Palladium „entfärbt“ Gold)
- Nano-Technologie: Katalysator zur Herstellung molekularer Verbindungen

Verteilung des Palladiums in den Anwendungsformen

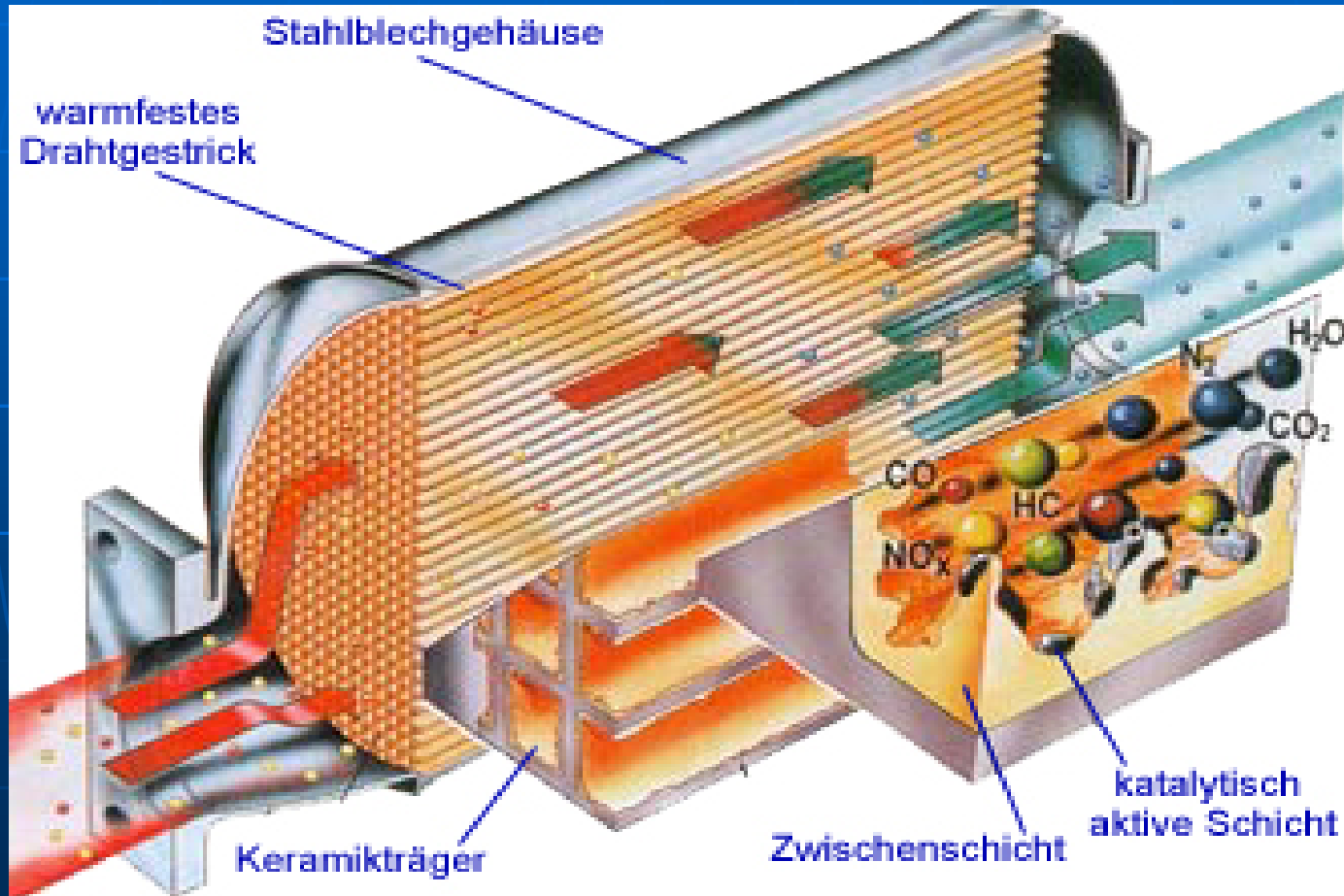


-  Katalysatoren
-  Elektroindustrie
-  Zahnmedizin
-  sonstiges

Katalysator

- PGM feinstverteilt auf einem „Washcoat“ (keramischer oder metallischer Träger) aufgetragen.
- Wabenform
- Meist eine Legierung aus Rhodium, Palladium und Platin in veränderlichen Gewichtsanteilen
- Washcoat befindet sich in einer Metallummantelung.
- Durch diesen Washcoat fließt das Abgas.
- Reduktion von Stickoxiden zu Stickstoff, Kohlenmonoxid wird zu Kohlendioxid oxidiert, Kohlenwasserstoffe werden zu Kohlendioxid und Wasserdampf
- Nur 0,1%- 0,5% der Gesamtmasse des KATs sind PGM.
- Starke Variationen je nach Baujahr (EU I- Norm bis EU IV-Norm) und Einsatzregion, in Europa größere Mengen als in Amerika oder Fernost.
- Neue Katalysatoren setzen bis zu 90% dieser Schadstoffe um.

Katalysator



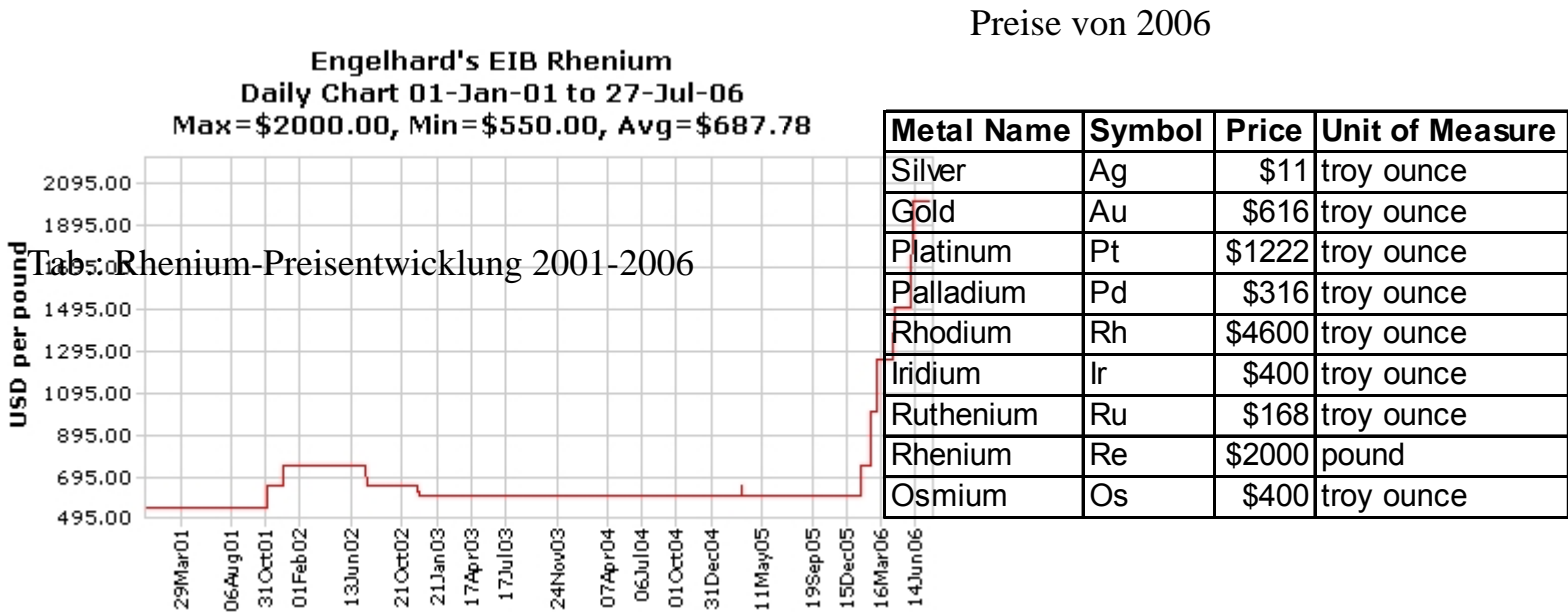
ca.50% der weltweiten Re-Ressourcen liegen in Form von Schwerstölen, Naturbitumen und Ölschiefer vor Mansfelder Kupferschiefer (Re-Gehalt des Hüttenrückstands ca. $5 \cdot 10^{-3}$ %)

Vorkommen in Kupferquellen: Japan, Kasachstan, China (Jianxi), Chile, Russland, Ukraine, USA

Vorkommen in Wolfram-Molybdän-Quellen: GUS (Zhirkenskyi, Sorskyi, Tyrnyauzskyi, Bugdainskyi, Aksukskyi)

Weltjahresproduktion: ca.50t

Preisentwicklung:





Leuchtstoffe



Halogenleuchte



Neonröhre



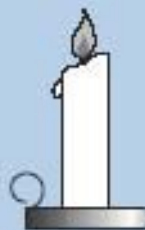
Compact-Fluoreszenz-Lampe



Hg-freie Fluoreszenz-Lampe



Glühbirne

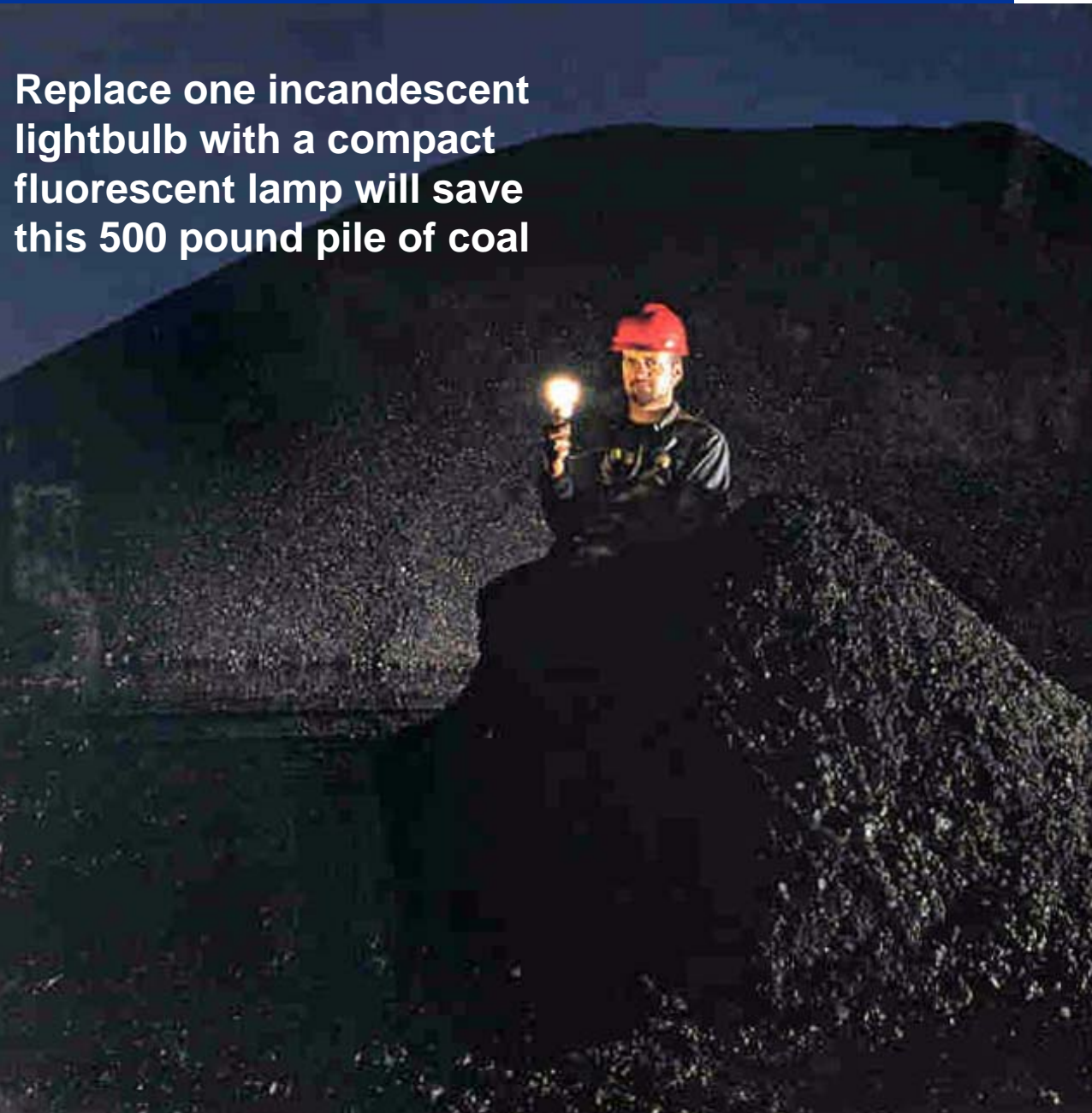


Leuchtdiode



Hg-freie Fluoreszenz-Lampe

Replace one incandescent lightbulb with a compact fluorescent lamp will save this 500 pound pile of coal





Transport: Armaturen- und Innenbeleuchtung



ICM -

Integriertes Farbmanagement Display

Phosphor-LEDs öffnen neue Märkte



Farbe nach Bedarf

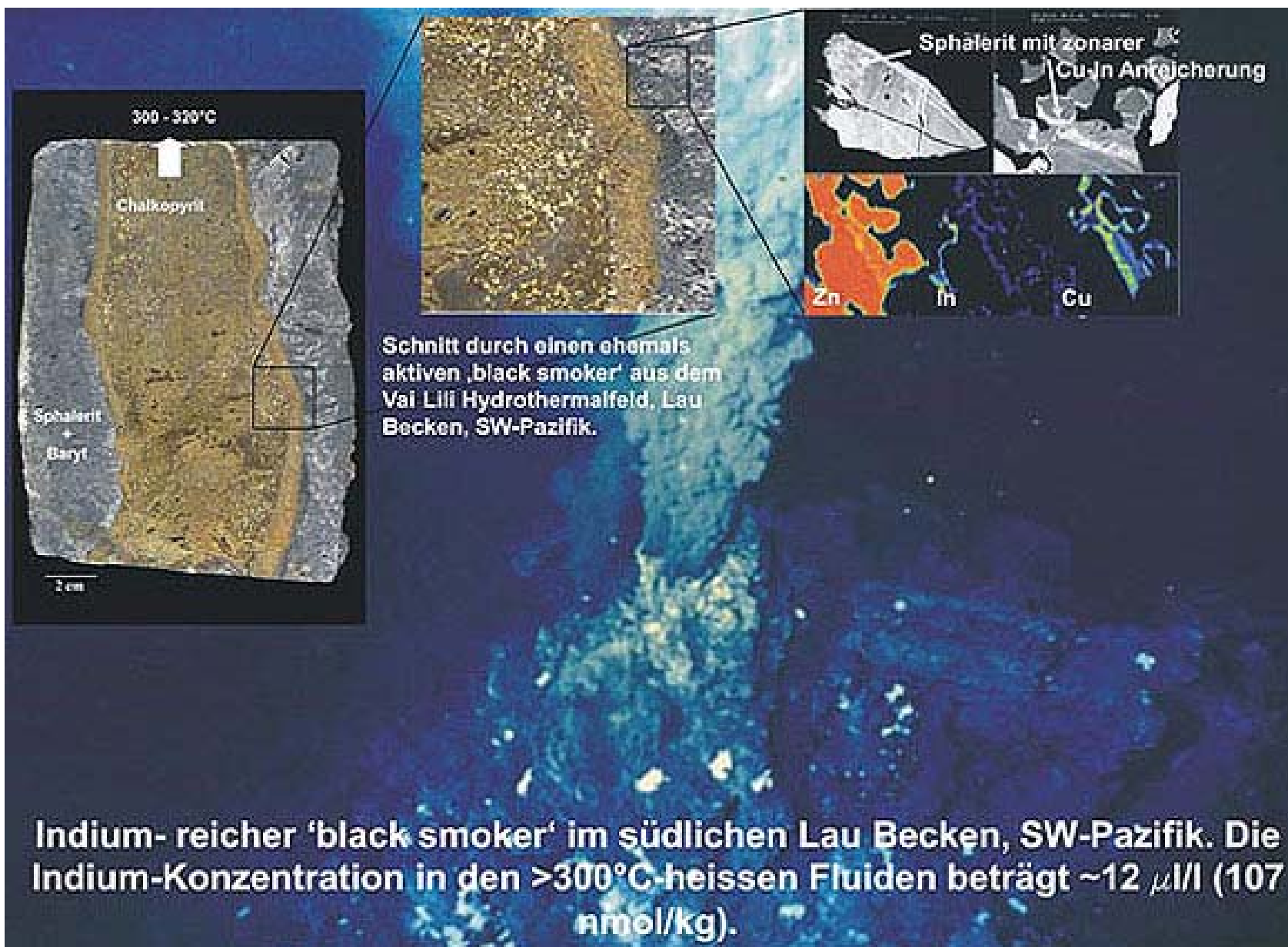


Raumbeleuchtung





Indium



Kidd Creek Vulkanit-gebundene Massivsulfidlagerstätte (>150 Mt), Timmins, Ontario, Kanada. Die Lagerstätte repräsentiert mit einem Gesamtgehalt von 3400 t Indium-Metall eine der größten Indium-Reserven weltweit.

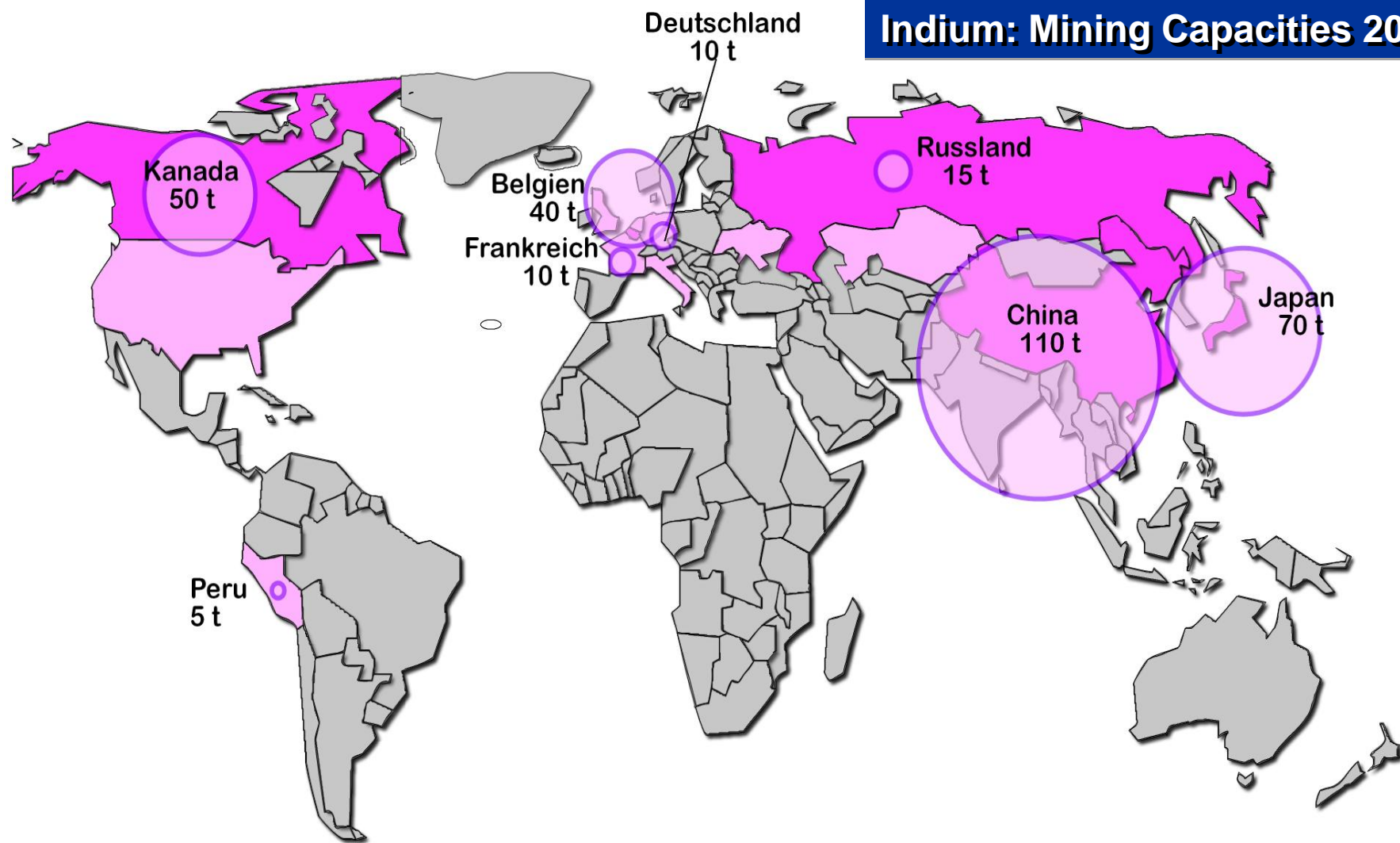


Indiumzinnoxid in LCDs

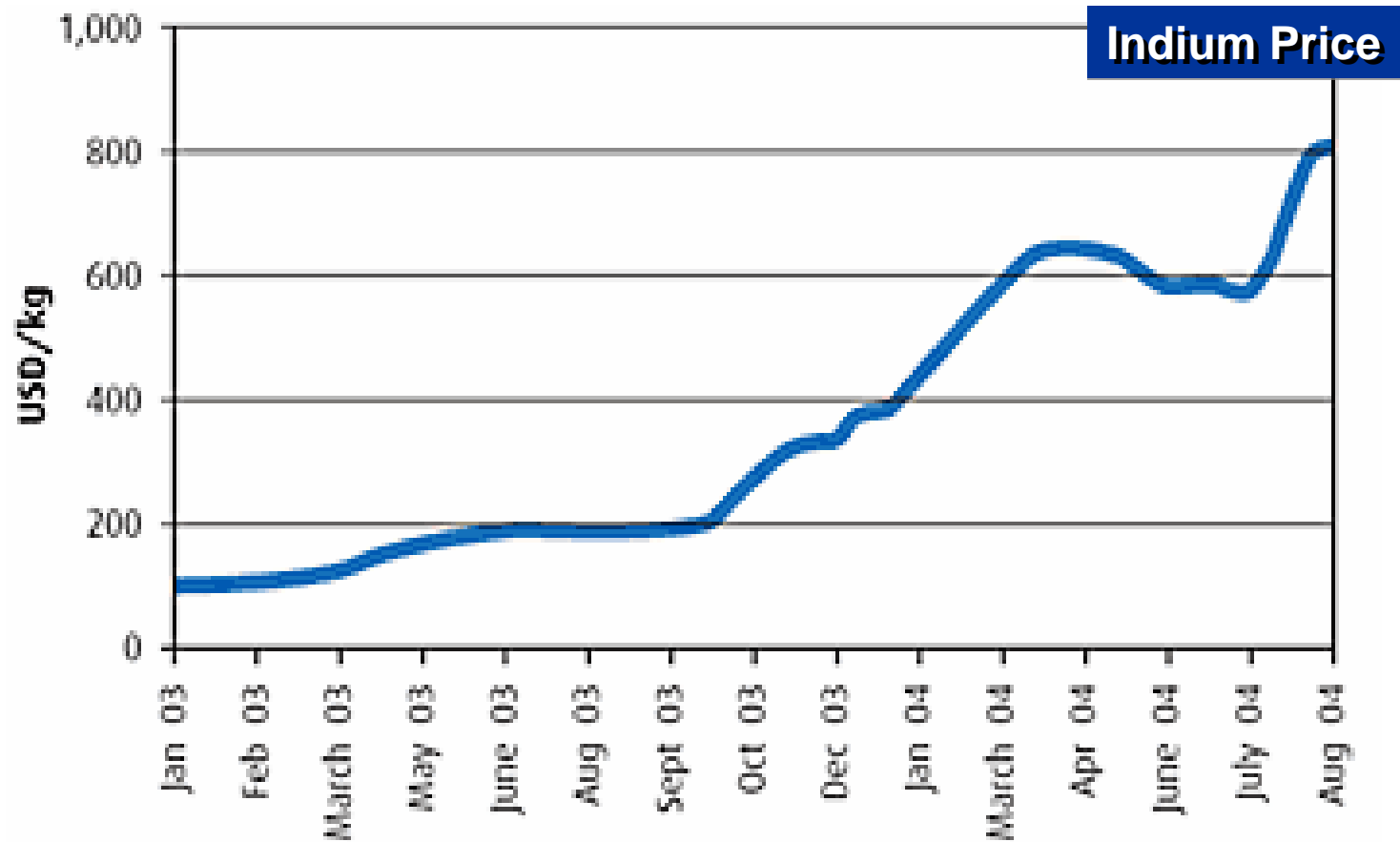
- Dotiertes ITO erreicht fast metallische Leitfähigkeit und ist trotzdem transparent
- → Perfekt als lichtdurchlässige Beschichtung für LCDs oder Solarzellen
- Mittels Sol-Gel-Verfahren sind dünne Schichten auch großflächig auftragbar



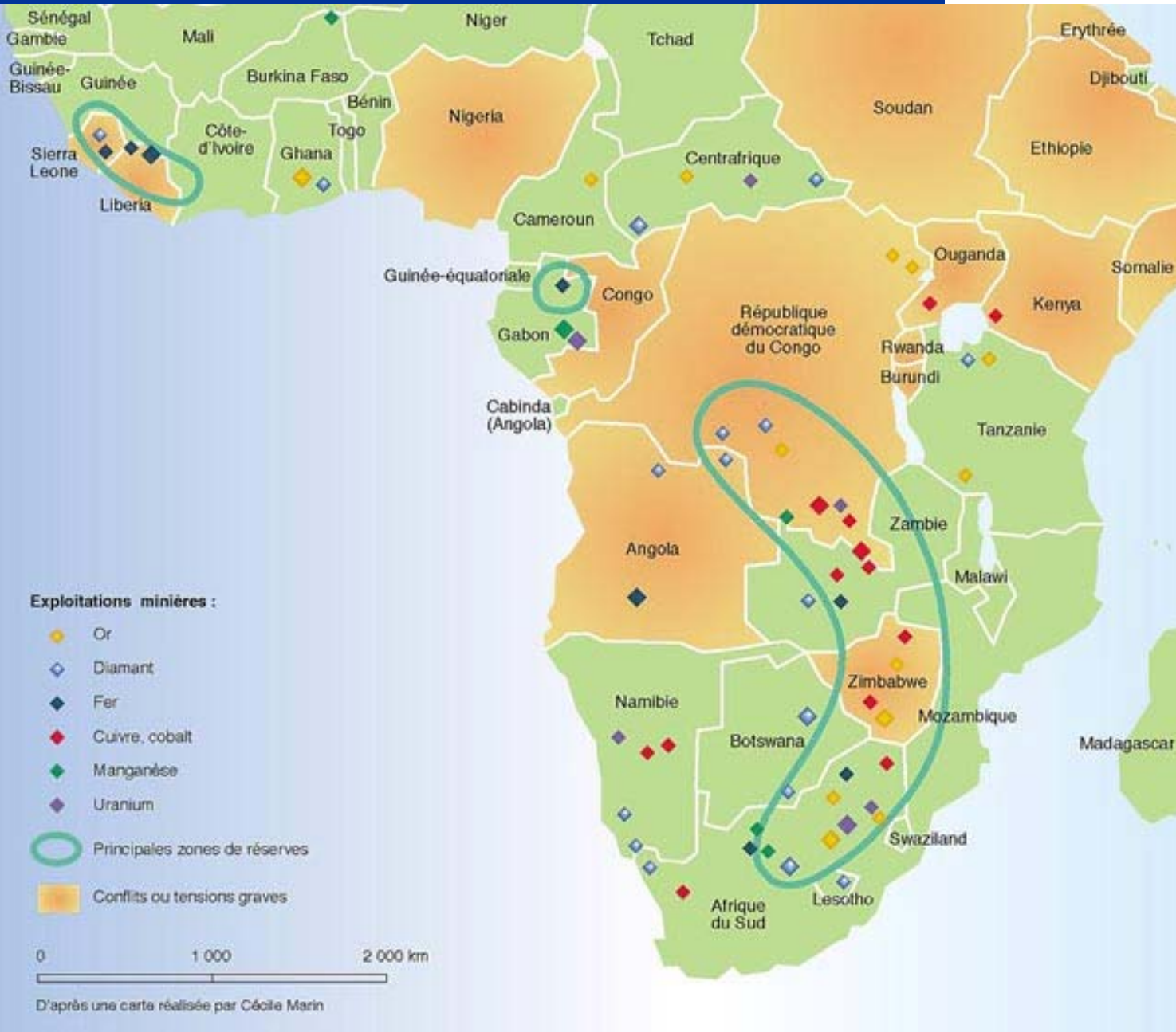
Indium: Mining Capacities 2004



Strong price rise in the last three years of 60\$/kg (2002) to over 900 \$/kg (January 2005)



Source: Metal Bulletin





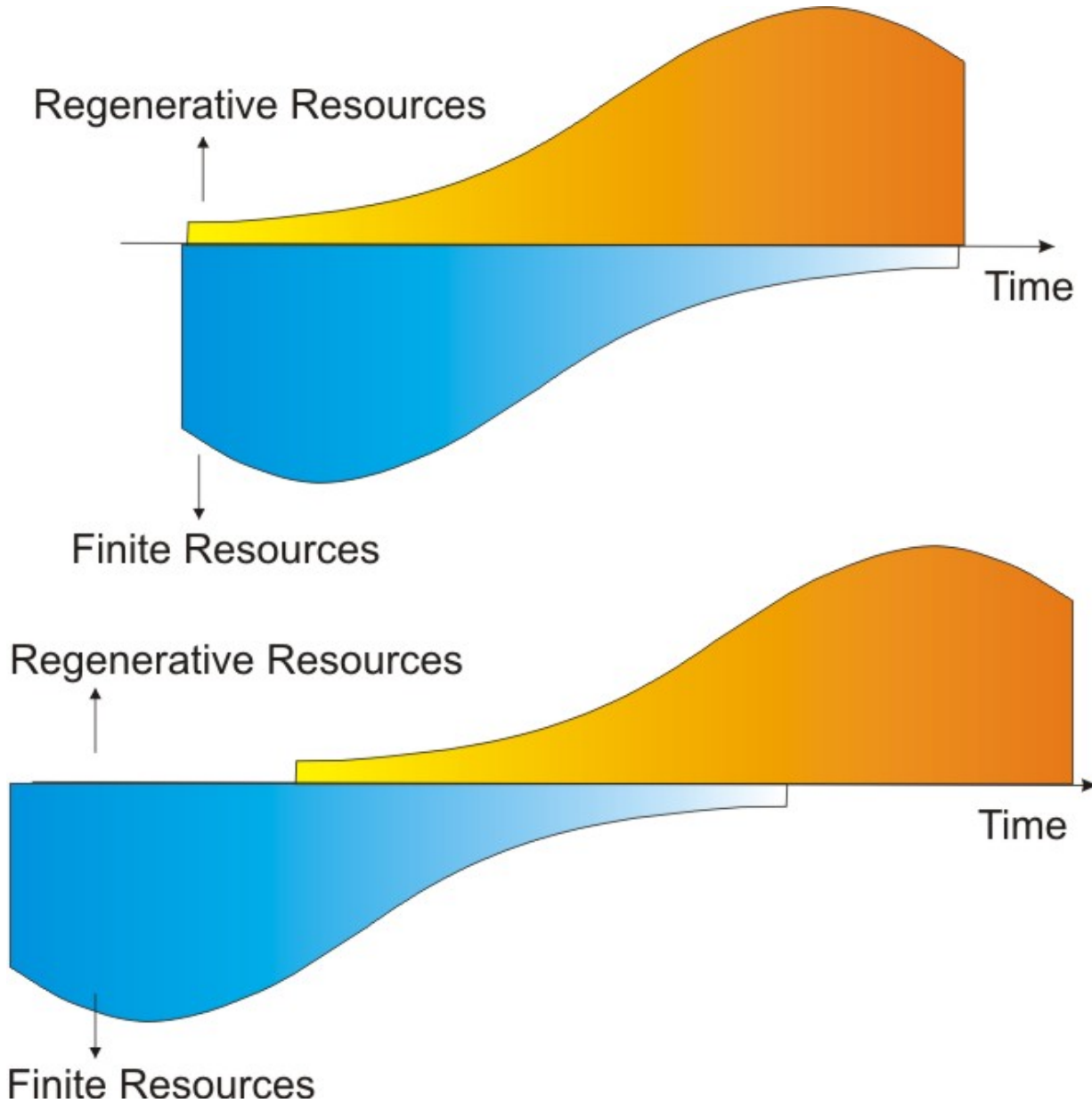
Elektronik-Abfall**WIRE'S END**

In Guiyu, China, women pick through wires torn from computers; the piles are sorted by day, and the plastic coatings are burned off at night.

METAL WORKING

A woman in Guiyu, China, is about to smash a cathode ray tube from a computer monitor to remove the copper-Laden yoke on the funnel-shaped glass.





Nanotechnologie



Welche ethischen Fragen stellen sich?

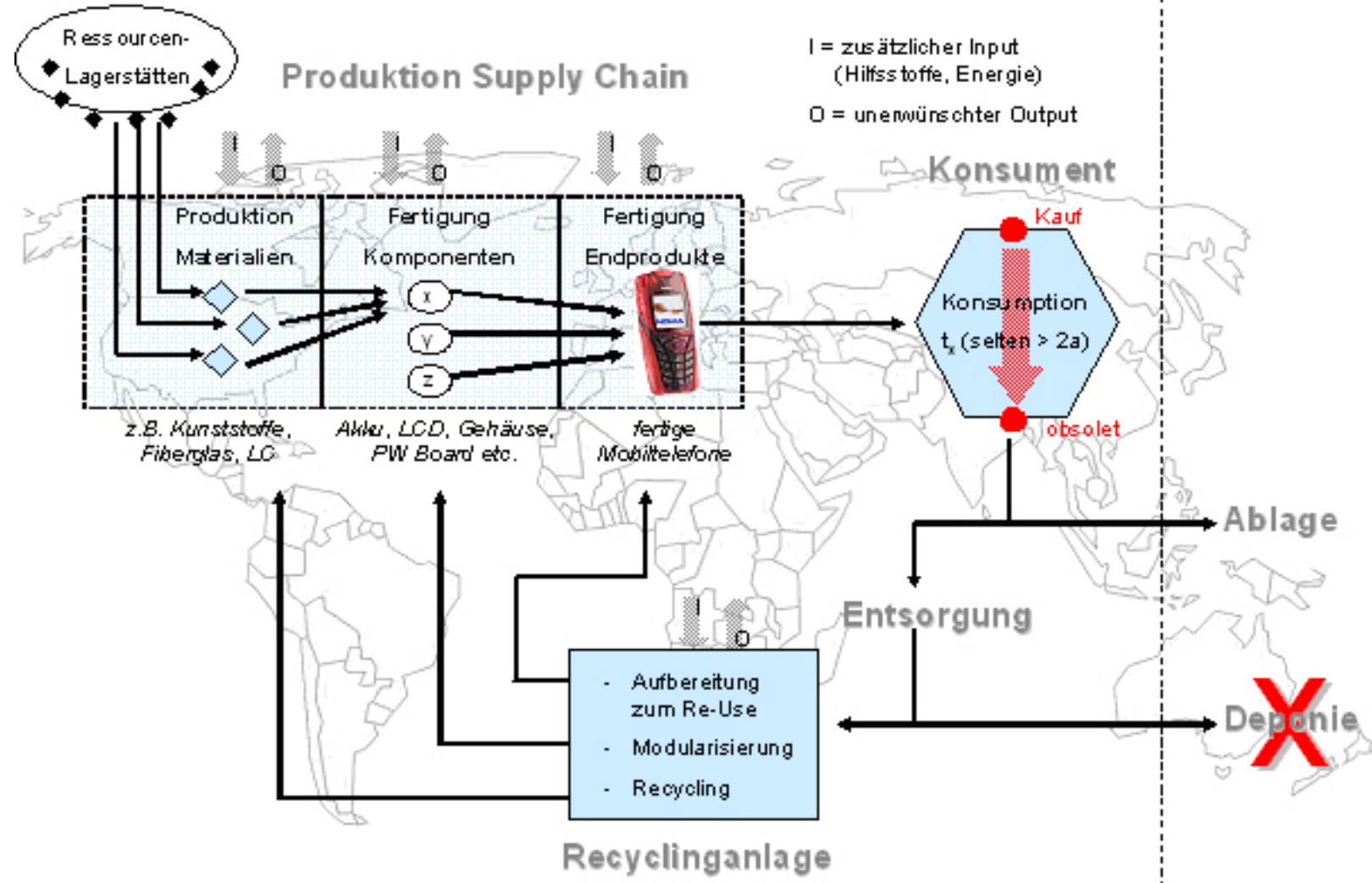
Was kann die Ethik leisten?





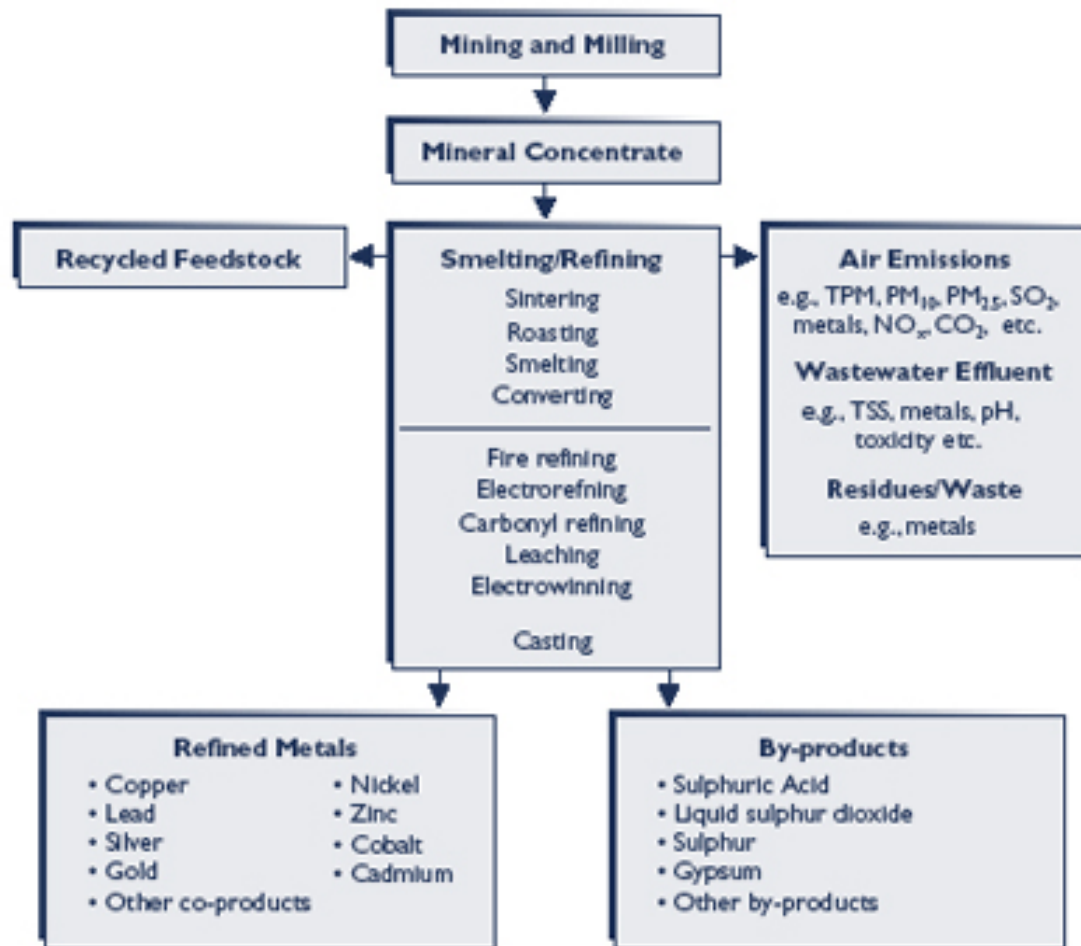


Der Ressourcenfluss im Lebenszyklus eines Mobiltelefons



The Metals Sector





Legend

TPM: Total particulate matter

PM₁₀: Particulate matter less than or equal to 10 microns

PM_{2.5}: Particulate matter less than or equal to 2.5 microns

TSS: Total suspended solids

SO₂: Sulphur dioxide

NO_x: Nitrogen oxides

CO₂: Carbon dioxide

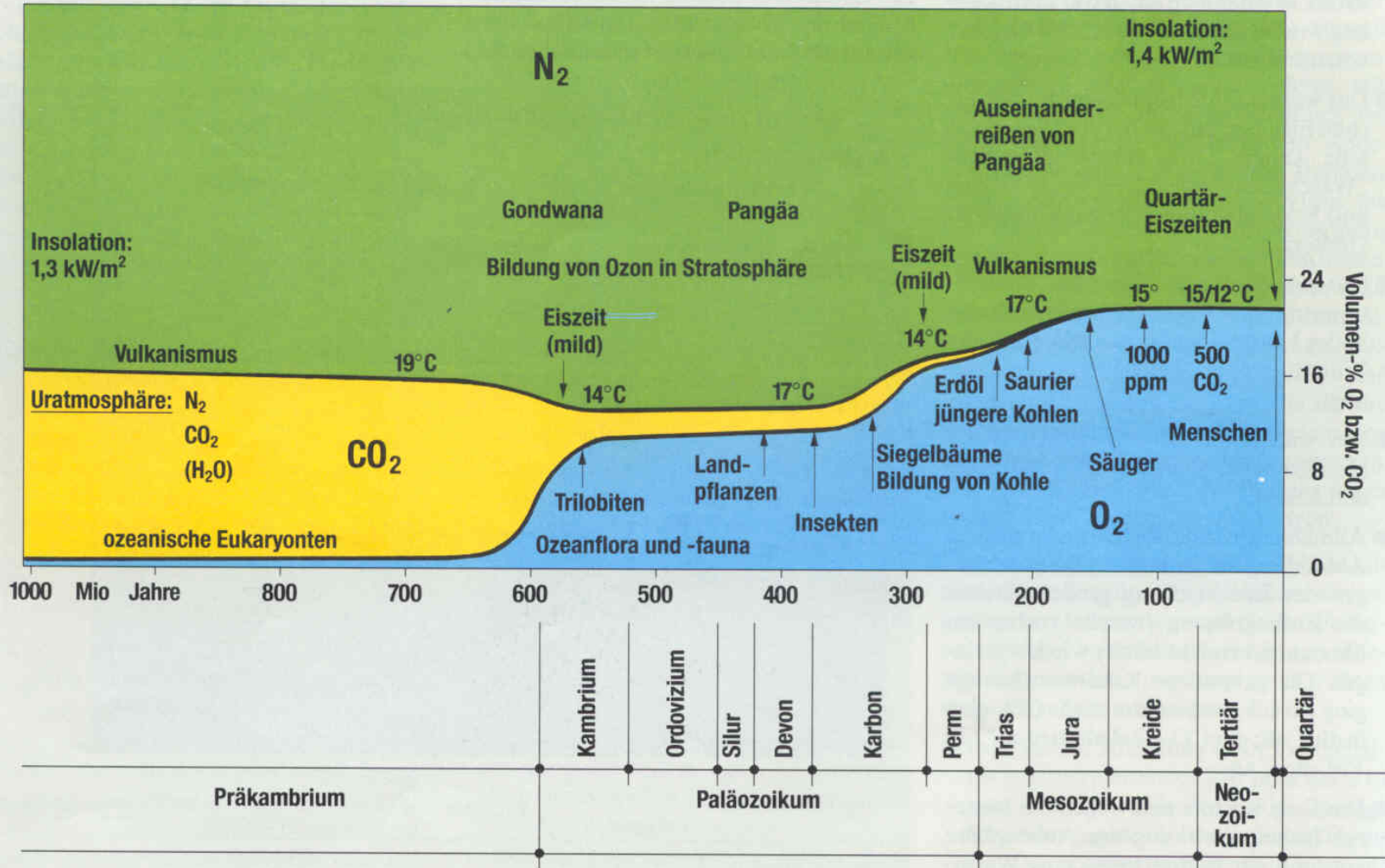
Adapted from Environment Canada,
Strategic Options for the Management of Toxic
Substances from the Base Metals Smelting Sector,
Report of Stakeholder Consultations, June 23, 1997.

Processes involved in the extraction and refining of base metals

Geschichte der stofflichen Zusammensetzung der Erdatmosphäre

Sauerstoff- und Kohlendioxid-Anteil der Erdatmosphäre
 – während der letzten 1000 Mio. Jahre der Erdgeschichte –

7



Costs

- RuO₄ – 0.177oz = \$117 (\$661/oz.)
- Ru metal 1g = € 27 / \$35.20
- Ru powder 1g = € 10 / \$12.80

- Pt metal 1g = € 40-50/\$51-62

Platinum Price

January – October 2003

\$ per oz

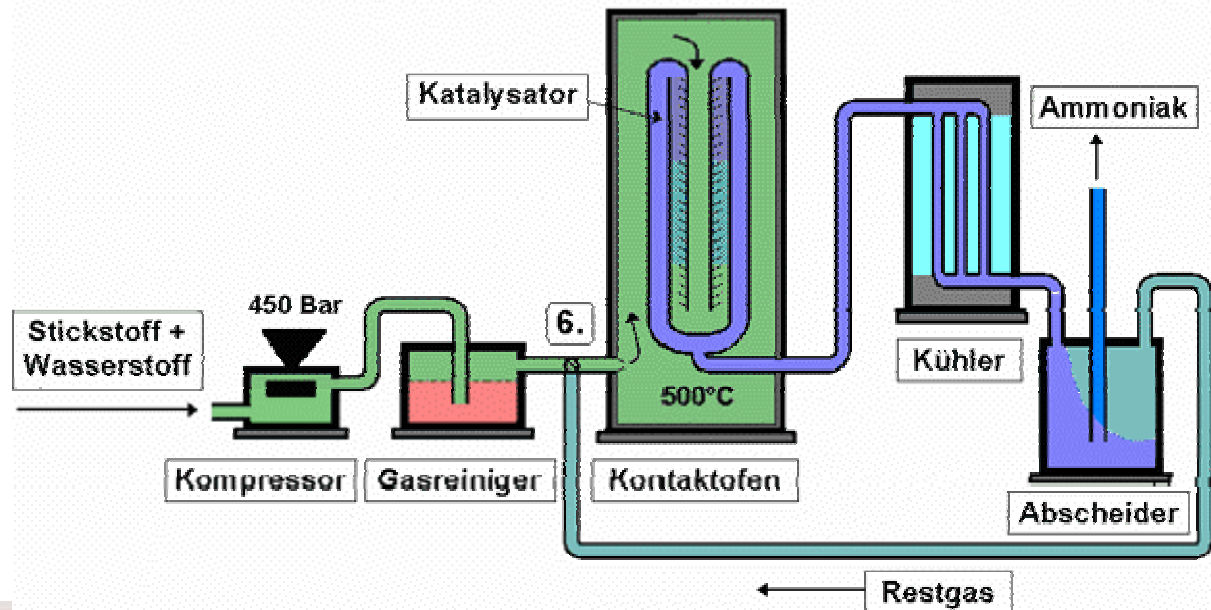


Platinum - Av. London fix

Platinum Supply by Region

<i>'000 oz</i>	2002	2003	% change
South Africa	4,450	4,650	4.5
Russia	980	950	(3)
Others	540	510	(5.5)
TOTAL SUPPLY	5,970	6,110	2

Die Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren





Antonio de Ulloa