

ROHSTOFFE FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT

Herausforderungen und Grenzen

Univ.-Prof. Mag.rer.nat. Dr.mont. Frank Melcher

Lehrstuhl für Geologie und Lagerstättenlehre, Montanuniversität Leoben





GRÜNE ENERGIEN

"Die Versorgungssicherheit Europas wird künftig von China abhängen"

104

13

■ Warum grüne Energien doch nicht so grün sind, erklärt Frank Melcher, oberster Geologe an der Montanuni Leoben.

vom 13.03.2021, 17:00 Uhr | Update: 15.03.2021, 12:18 Uhr



Europas Umbau zu grünen Technologien hängt stark von China ab, das Land ist Weltmarktführer bei etwa 20 mineralischen Rohstoffen (im Bild eine Lagerstätte im Norden des Landes).

© getty images / Dieter Meyrl

Empfehlen 104

Kommentieren 13

Teilen



mit Bild



ohne Bild

Der Green Deal von Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen, das österreichische



Bernd Vasari

Redakteur

Empfehlen 104

Kommentieren 13

Teilen



mit Bild



ohne Bild

Schwedens seltene Erden als Glücksfall für Europa

Seltene Erden sind für viele Schlüsseltechnologien von Relevanz. Mit dem jüngsten Fund in Schweden könnte Europas Abhängigkeit von Importen verringert werden und die wertvollen Ressourcen für grüne Energieversorgung genutzt werden.

Norbert Regitnig-Tillian



Die Metalle der seltenen Erden können aus speziellen Mineralien gewonnen werden. Der Großteil der Produktion der wichtigen Ressource findet in China statt.

Das Aufatmen war in Europa deutlich zu hören, als Jan Monström, Chef des staatlichen schwedischen Bergbauunternehmens LKAB, Mitte Jänner „die gute Nachricht“ gemeinsam mit Schwedens Energieministerin Ebban Bosch verkündete. Rund um das schwedische, nördlich des Polarkreises gelegene Bergbaustädtchen Kiruna sollen mindestens eine Million Tonnen an seltenen Erden lagern – ein Sensationsfund, der Kiruna mit einem Schlag zur größten Lagerstätte Europas für Seltenerdmetalle machte und in die Schlagzeilen brachte.

Wie schnell die neu entdeckten Lagerstätten nördlich von Kiruna tatsächlich abgebaut werden können, ist noch unklar.

Nach Meinung des Experten für seltene Erden ist der Kiruna-Fund durchaus bedeutsam: „Die Größe des Fundes entspricht in etwa der vierfachen Weltjahresproduktion aus dem Jahr 2021“, sagt Hassel. „Diese Menge hat eine strategische Bedeutung für die Europäische Union.“

Abhängigkeit von Importen

Bisher waren in Europa nur kleine und für den Abbau wenig rentable Lagerstätten für seltene Erden bekannt. Die EU war von Importen, vor allem aus China, abhängig. Die Volksrepublik stimmt derzeit rund 60 Prozent der Weltjahresproduktion, und Europa bezieht einen Großteil seines Bedarfs aus dem Land der

seinen Bedarf an seltenen Erden jedenfalls für viele Hightech- und Alltagsanwendungen zu einem guten Teil aus eigenen Quellen bestreiten.

Vor allem ihre magnetischen und lichttechnischen Eigenschaften, die durch die besondere Struktur ihrer Elektronenhülle entstehen, machen die handelspolitisch umkämpften Rohstoffe attraktiv für extrem viele Anwendungen.

Allein die Aufzählung der Überschriften von Technologiebeispielen für die 17 Seltenen-Erde-Elemente füllt dabei mehrere A4-Seiten: Seltene Erden finden sich in vielen technischen Bauteilen, vom Handy, über Laptops, LEDs, Leuchtstoffröhren, Batterien bis hin zu Autos, Flugzeugen und Schiffen.

stoffe, die das ultraschnelle Schalllaufwerk oder Verstärker von Lichtwellen im digitalen Datentransport via Glasfaserkabeln zulassen.

Ceroxid wird wegen seiner Härte als Poliermittel für Glas und Linsen benutzt, Gadolinium wiederum fungiert in der Magnetresonanztomografie als Kontrastmittel für verbesserte Tumorerkennung. Scandium ermöglicht hochfeste Alulegierungen für den Airbus 380 oder für leichte Rennradrahmen.

Grüne Energieproduktion

Auch für die klimafreundliche Energieproduktion könnten seltene Erden eine wichtige Funktion erfüllen, vor allem wegen ihrer magnetischen Eigenschaften.

Mikrofonen, aber auch Festplattenlaufwerken oder Stellmotoren Autos eingesetzt.

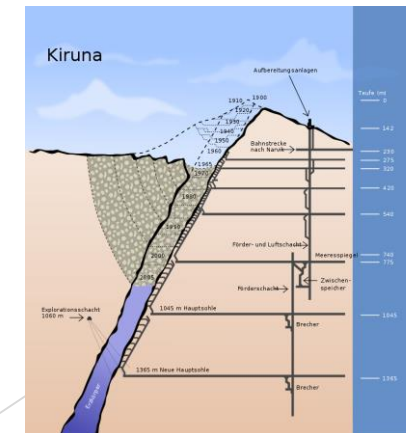
In Zukunft könnten die „Seltenerdmetalle“ aber auch eine stärkere Bedeutung für Windkraftanlagen erlangen. Denn mit ihnen können schon jetzt Windkraftgeneratoren kompakter, kleiner und mit vom Materialeinsatz her weitaus effizienter gehalten werden.

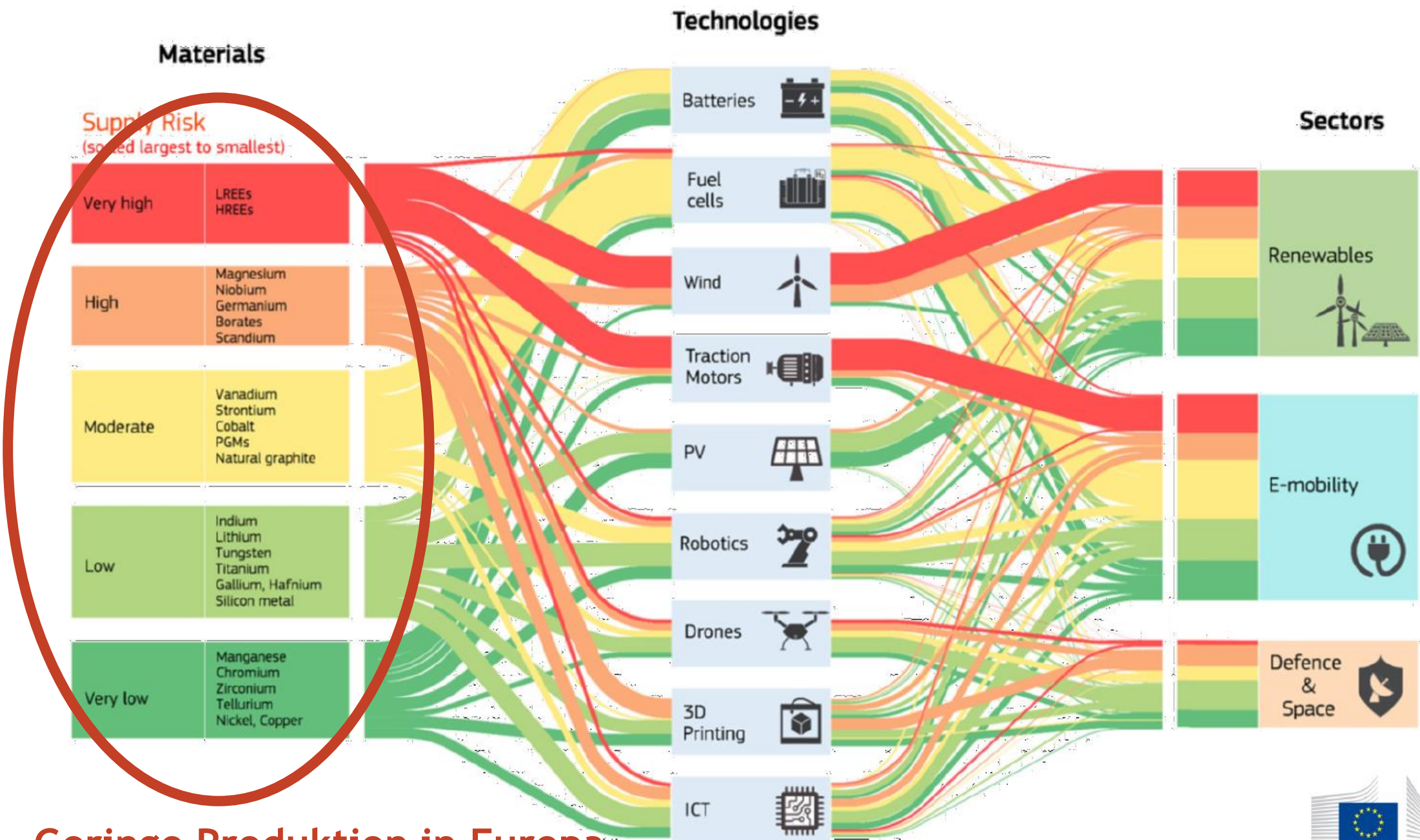
Mit den neuen Reserven könnte Europa langfristig jedenfalls beachtliche Anzahl an neuen Windkraftgeneratoren mit Neodymanentmagneten aus eigenen Lagerstätten ausrüsten. Experte Hassel davon aus, dass sich der Neo-Anteil beim schwedischen

DER STANDARD, 01.03.2023



LKAB, Kiruna/Schweden
33 Mio. t Eisenerz / Jahr





Geringe Produktion in Europa

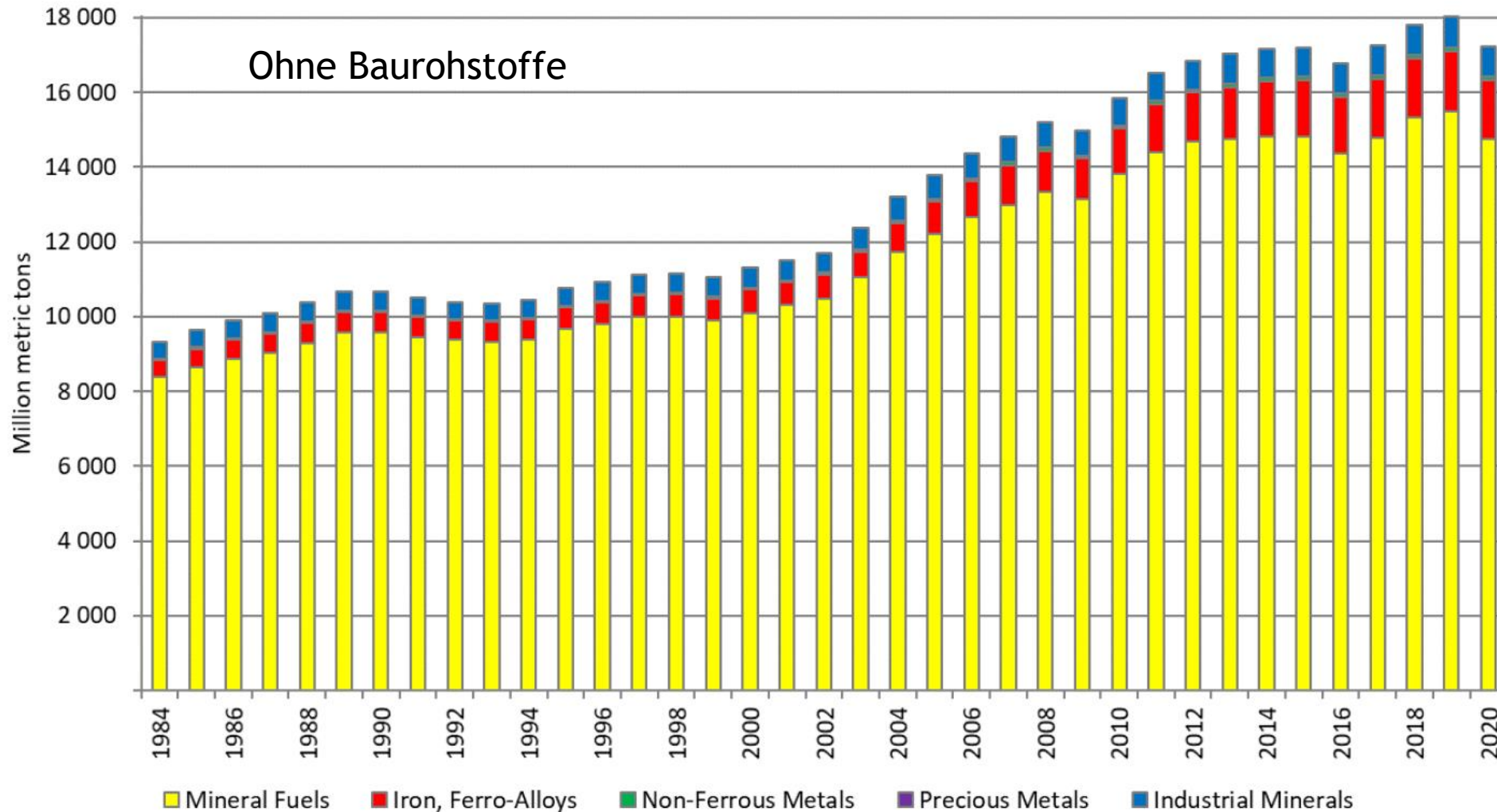
Globale und lokale Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für die Halbleiter- und Elektronikindustrie

Thema 1/4

- ▶ Moderne Gesellschaften bauen mit und auf mineralischen Rohstoffen.
- ▶ Die globale Rohstoffproduktion hat sich seit 1984 verdoppelt.
- ▶ Die Produktion von Metallen hat sich mehr als verdreifacht.

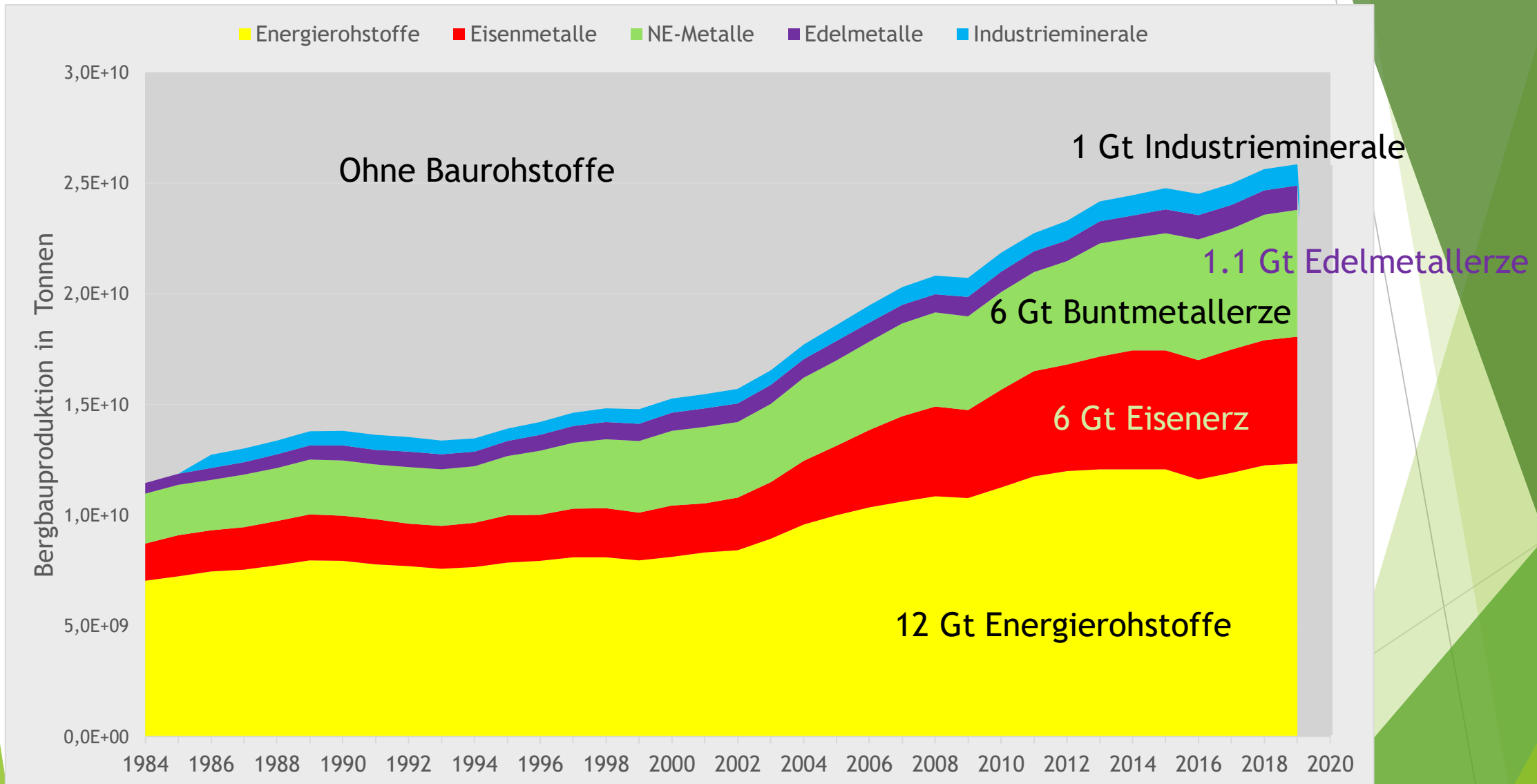
Produktion mineralischer Rohstoffe

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus



Fördermengen

1 Gt = 1 Milliarde Tonnen





60% Fe



30% Fe

Vom Eisenerz zum Stahl



67% Fe

98% Fe
+Additives



Schlacke - Hüttensand



Tailings

Cripple Creek, Colorado (Newmont Goldcorp). Größte Goldlagerstätte der USA

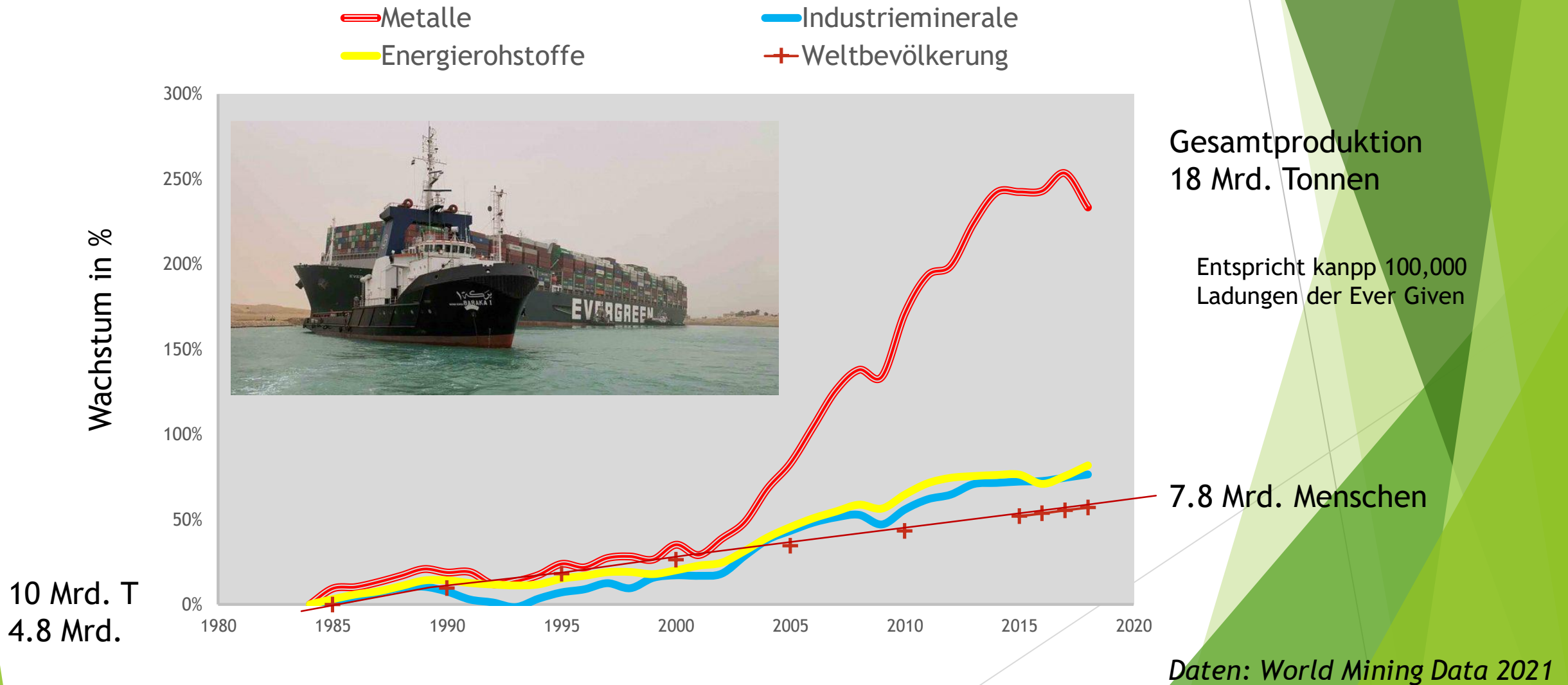


12.000 Fahrten pro Jahr
(22 Mio. t Erz, 11 t Gold)

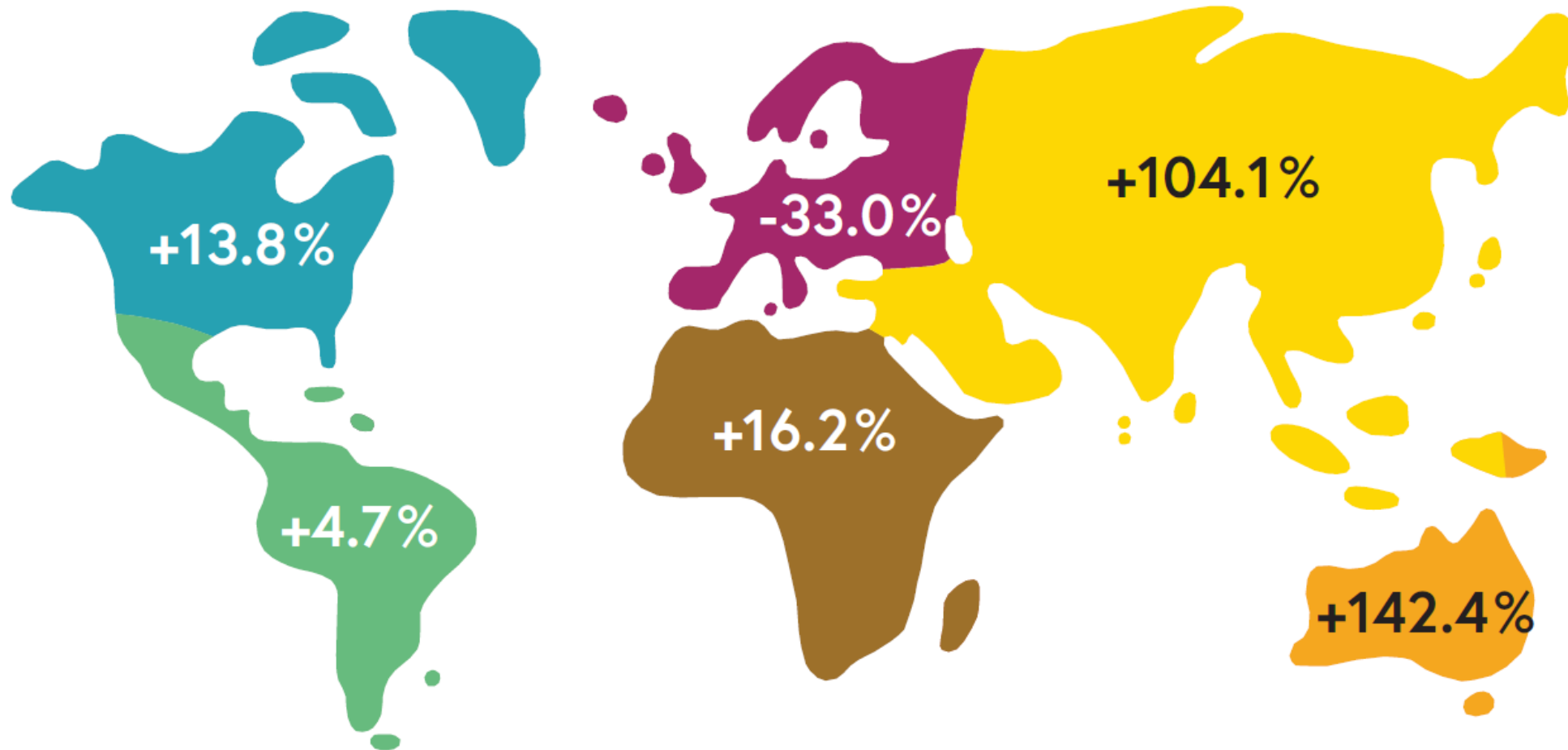
1 Muldenkipper (100 Tonnen)
= 500 Gramm Gold
= 30,500 €
UND 1 kg Tellur

Weltgoldproduktion:
6.4 Millionen Muldenkipper

Bergbauproduktion mineralischer Rohstoffe seit 1984



Δ 2000/2020 - declining production rates since 2000 only in Europe



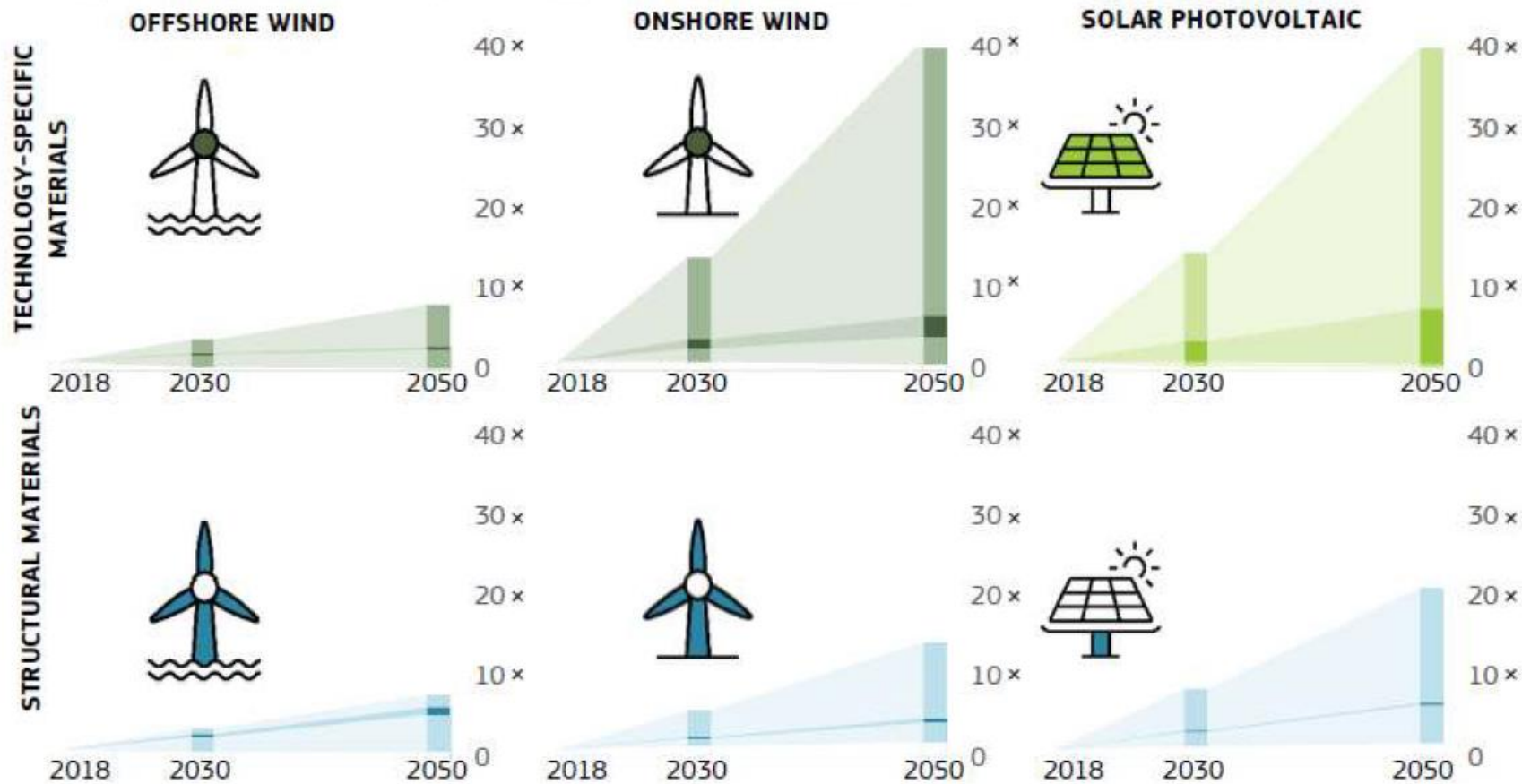
World Mining Data 2022

Globale und lokale Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für die Halbleiter- und Elektronikindustrie

Thema 2/4

- ▶ Energiewende und Digitalisierung benötigen zusätzliche Rohstoffe.
 - ▶ Strukturelle Materialien
 - ▶ Technologie-spezifische Materialien
- ▶ Bedarf, Prognosen, Herkunft

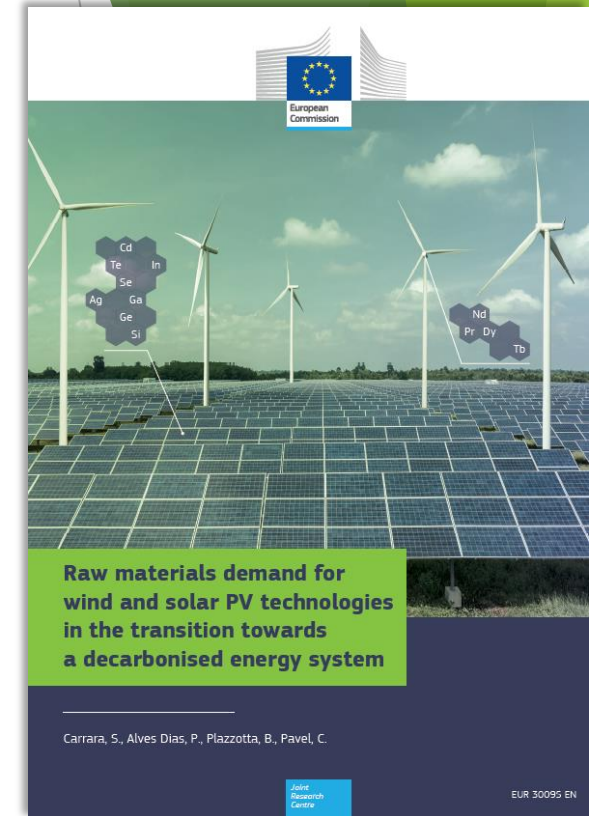
Materialbedarf für Wind und Solartechnologien



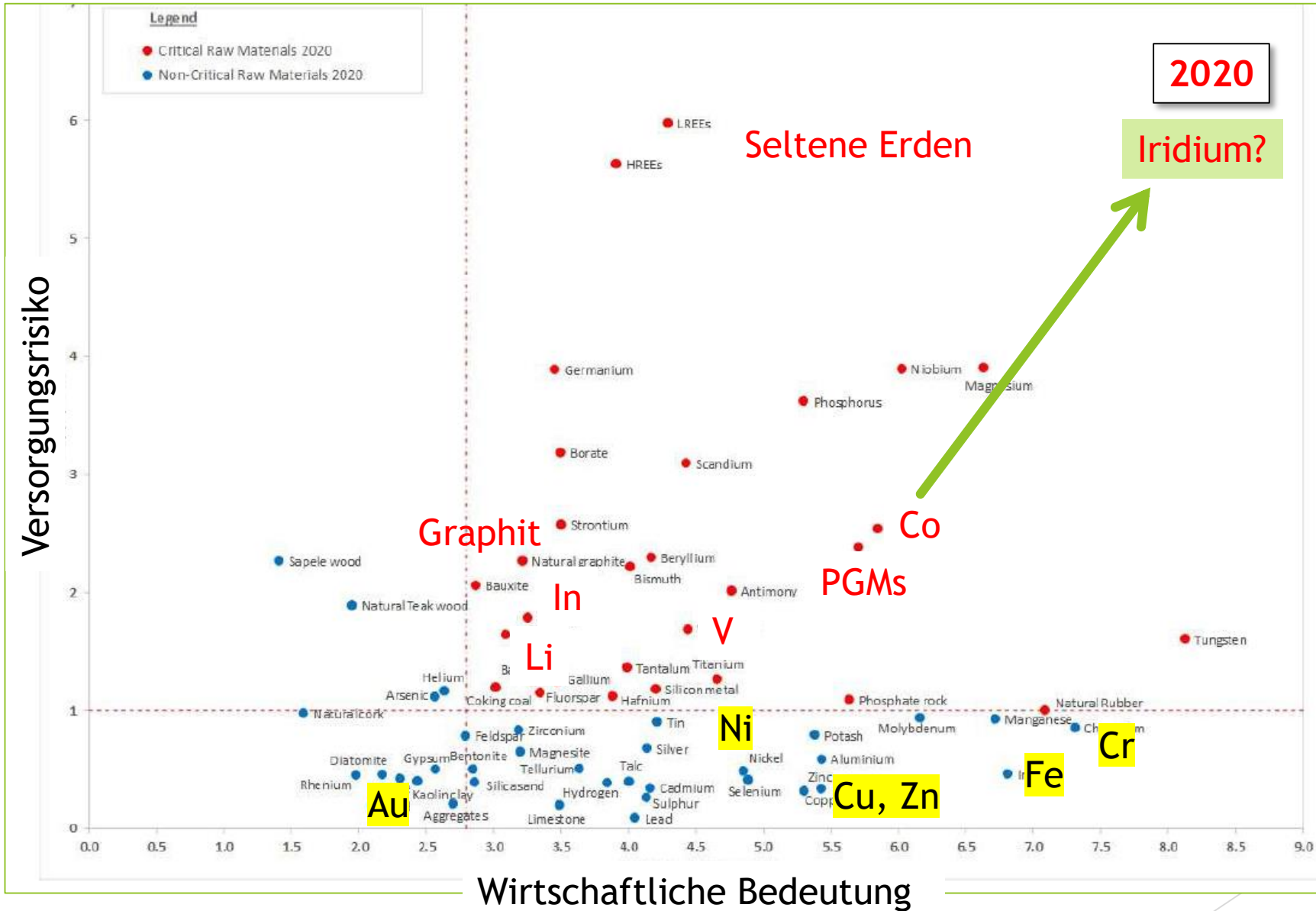
Source: JRC analysis.

Technologie-spezifische Materialien: Seltene Erden, Indium, Selen, Gallium, Germanium

Strukturelle Materialien: Beton, Stahl, Plastik, Glas, Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink



Kritische Rohstoffe für die EU



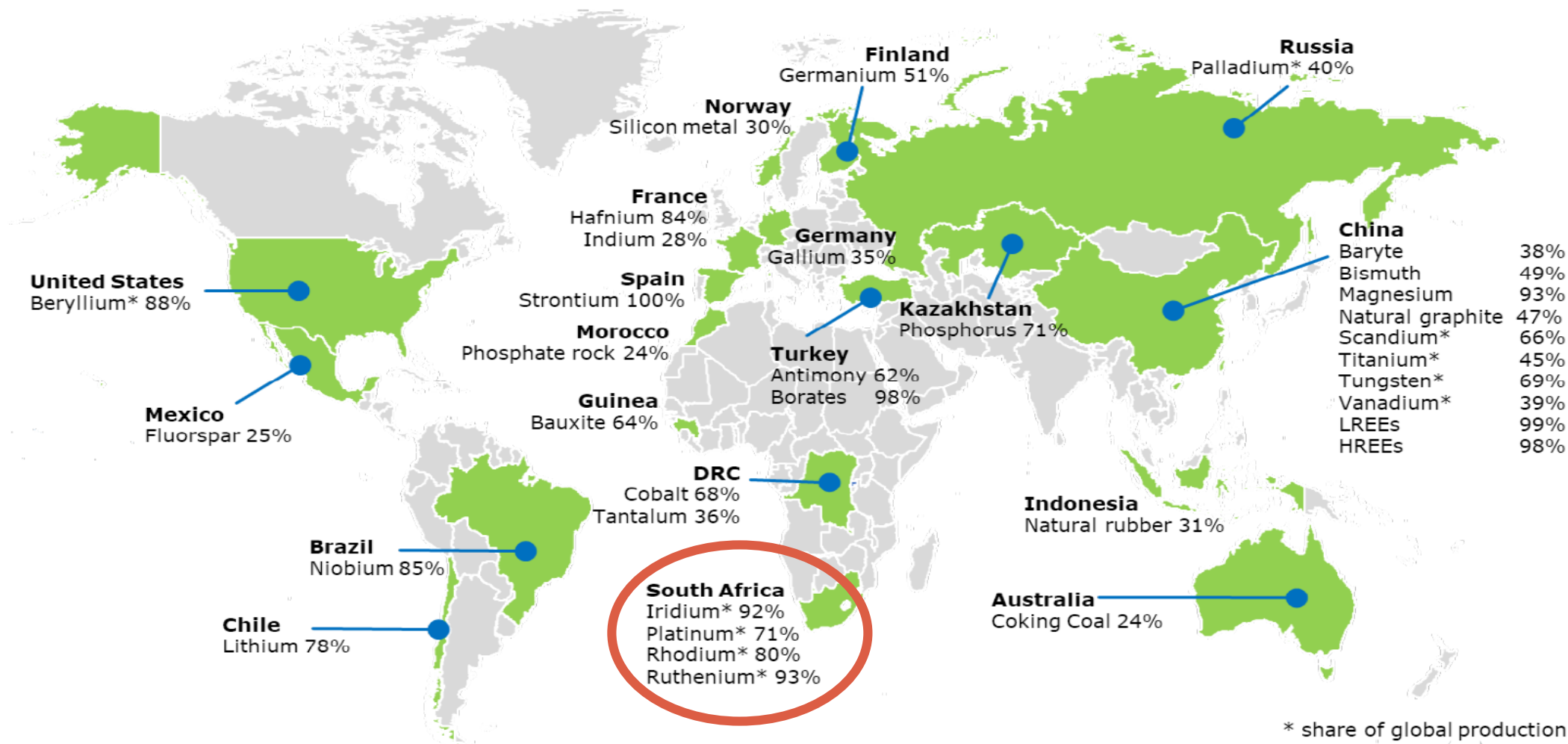
30 kritische Rohstoffe

Besonders relevant für die Elektromobilität:

Graphit
Lithium
Kobalt
Vanadium
Indium
Seltene Erdelemente
Platingruppenelemente

Nickel ?

Main CRM suppliers of the EU



Source: "European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report (2020)"

Iridium – die Lösung für Wasserstofftechnologie?

Metallhydride sind vielversprechende Kandidaten für industrielle Wasserstoffspeicher. Wird der Wasserstoff aus dem Hydrid gelöst, steht er beispielsweise zur **umweltfreundlichen Stromerzeugung in Brennstoffzellen-Autos** zur Verfügung.

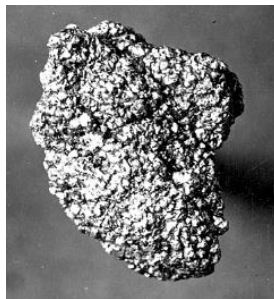
Die jetzt vorgestellte Studie kann für künftige Entwicklungen von Wasserstoffspeicher- und Brennstoffzellen-Techniken von Bedeutung sein. **Iridium selbst ist zwar zu selten und zu teuer (140,000 €/kg)** für Routineanwendungen im industriellen Maßstab, die Herstellung eines ganz neuartigen **Iridiumhydridmaterials** mit einer neuen inneren Struktur und einem hohen Wasserstoffanteil könnte jedoch die Suche nach anderen Metallhydriden mit hoher Wasserstoffkapazität vorantreiben. (Johannes-Gutenberg-Universität Mainz 2013)

*T. Scheler et al.: High-pressure synthesis and characterization of iridium trihydride, Phys. Rev. Lett. **111**, 215503 (2013); DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.215503*

IREKA – Iridium-reduzierte Anodenkatalysatoren für die PEM-Wasserelektrolyse (Fraunhofer Stuttgart 2023)

Die weltweite jährliche Fördermenge an Gold ist circa 400-mal größer als die von Iridium (**3300 t / 400 = 8 Tonnen**). In den nächsten 100 Jahren wird bei stetig wachsendem Energieverbrauch der Bedarf an Iridium die verfügbaren Ressourcen übersteigen.

	Iridium	Gold	Kupfer
Ordnungszahl	77	79	29
Atommasse	192.217	197	63.5
Dichte g/cm ³	22.56	19.32	8.92
Schmelzpunkt °C	2466	1064	1084
Häufigkeit	1 ppb (0.001 ppm)	4 ppb (0.004 ppm)	60 ppm
Jahresproduktion	8 Tonnen	3560 Tonnen	20.788.363 Tonnen
Preis \$/Feinunze (31.1 g)	5000 (2007: 900)	1800	0.28 (8750 US\$/t)
Erze	Platinerze, Chromerze?	Golderze	Kupfererze
Minerale	Os-Ir Legierung	Au-(Ag) Legierung	Cu-Sulfide, Karbonate
Produzenten	Südafrika >92%	China (11%), Australien (10%), Russland (10%)	Chile (28%), Peru (10%), China (8%)
Verwendung	Katalysator bei PEM-Elektrolyse; Elektro-Chlorierung zur Aufbereitung von Ballastwasser	Schmuck, Wertanlage, (Elektronik, Medizin)	Elektrische Leitungen, Leiterbahnen, Drähte, u.v.m.



Iridium-Mineraler im Rheinsand - wo kommen sie her?

Iridium-Mineraler in der Steiermark - Ökonomie?

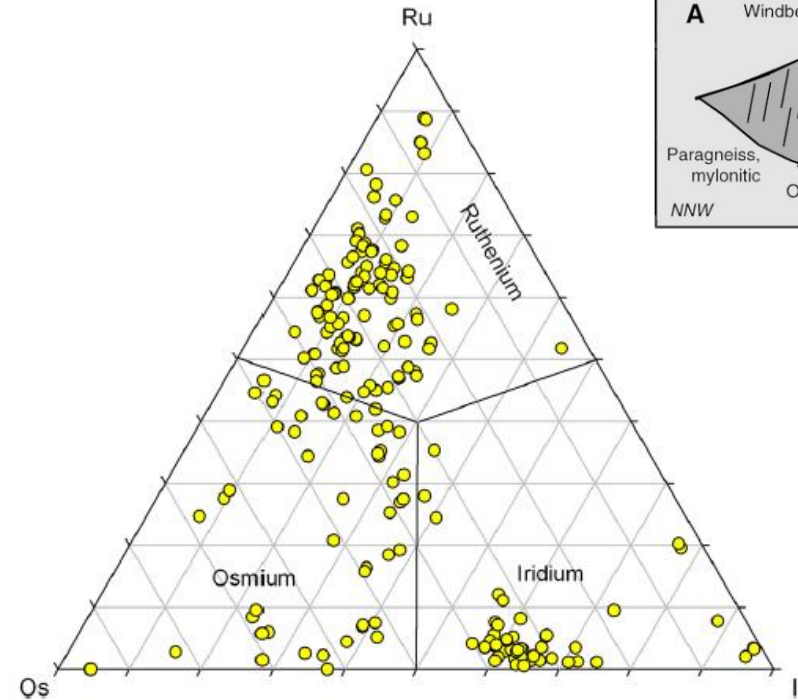
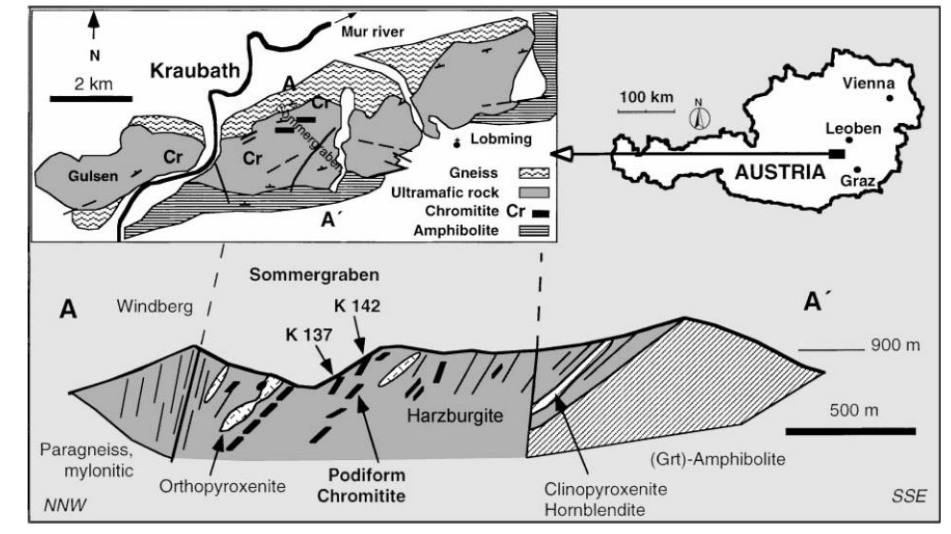
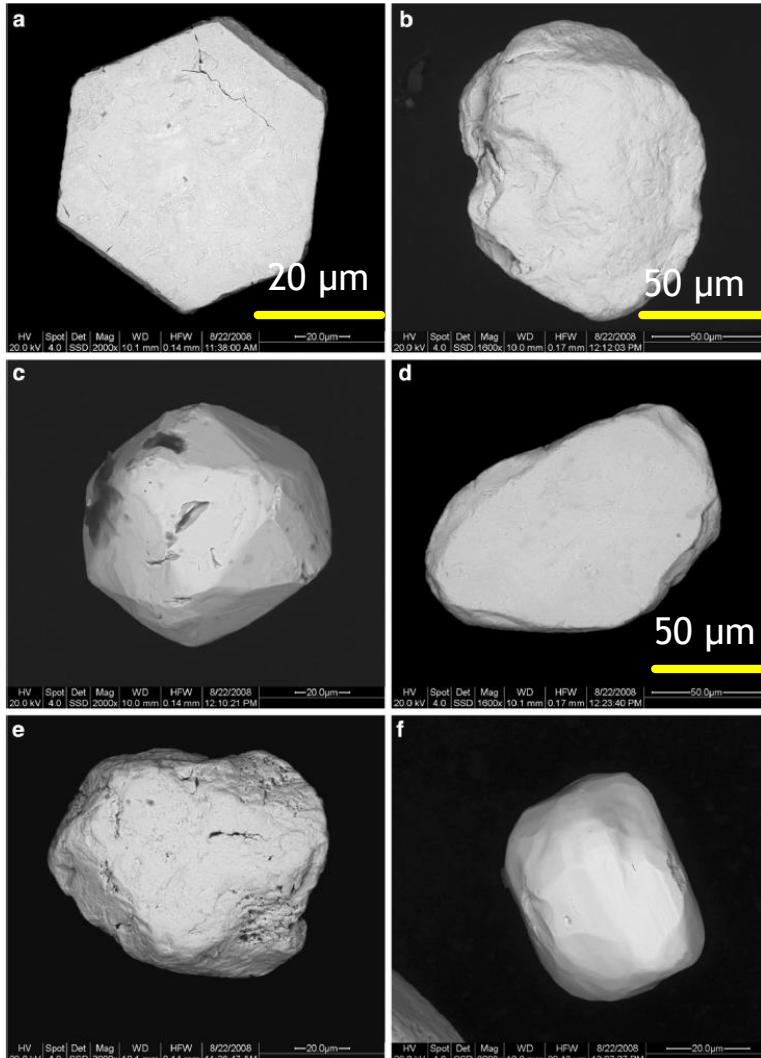
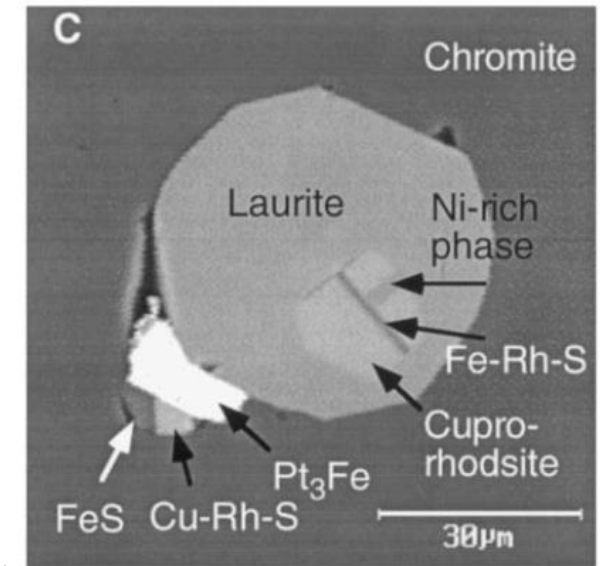


Fig. 8 Compositional variation (in at%) of Os-Ir-Ru alloys, projected in the triangular diagram Ru-Os-Ir. Analyses from all localities



So 2/1 Kraubath

Chromerz
mit 0.1 g/t Ir

- 0.1 g/t Ir im Chromit (100x!!)
- 50 t Erz pro Brennstoffzelle
- 10 Mio. t Erz für 1 Tonne Iridium
- Reserven Stmk: wenige 1000 t Erz

Photovoltaik

- ▶ Aluminium
- ▶ Kupfer
- ▶ Silber
- ▶ Stahl
- ▶ Quarzsand
- ▶ High-tech Metalle
 - ▶ Indium
 - ▶ Selen
 - ▶ Tellur

derzeit kritische Rohstoffe in der EU

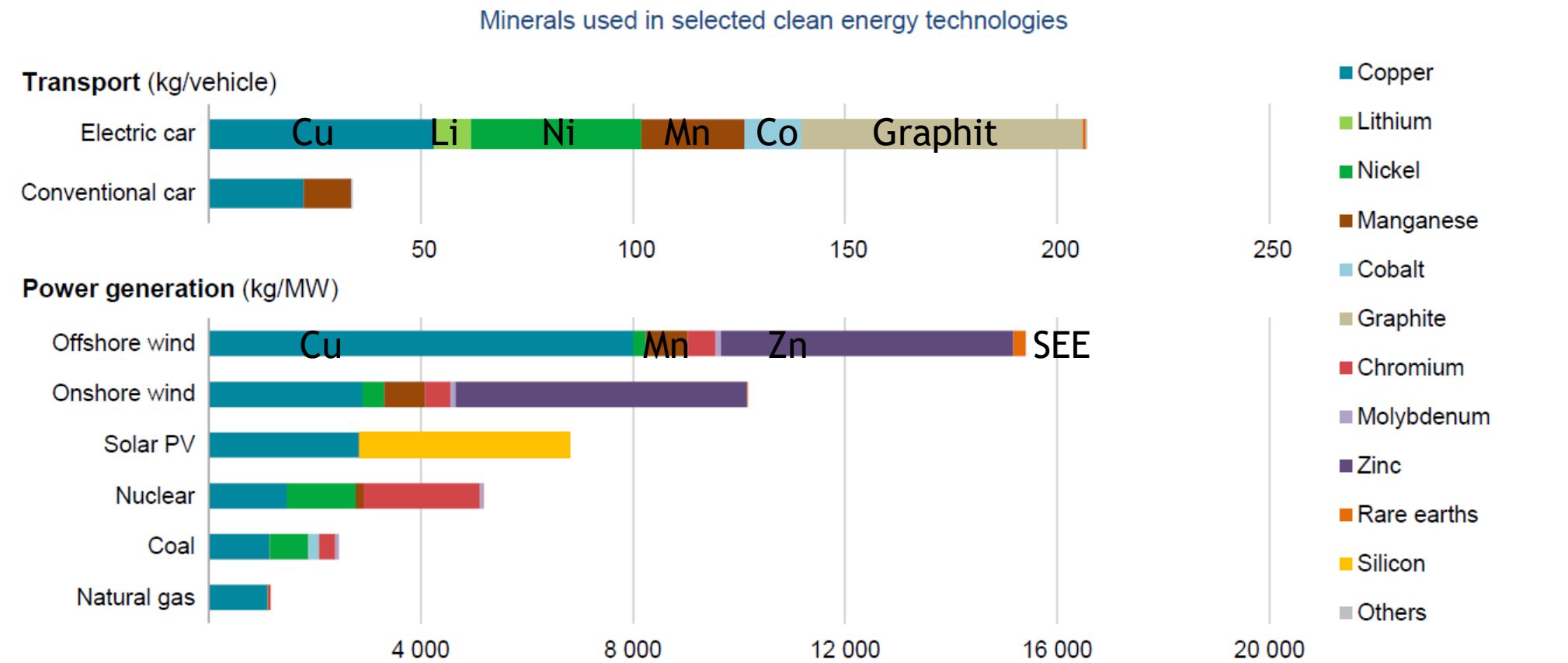
Windenergie

- Stahl
- Kupfer
- Aluminium
- Zink
- Blei
- Neodym (Magnete)

Energiespeicherung

- Graphit (Li-Ionenbatterien)
- Lithium
- Kobalt
- Nickel
- Mangan
- Vanadium

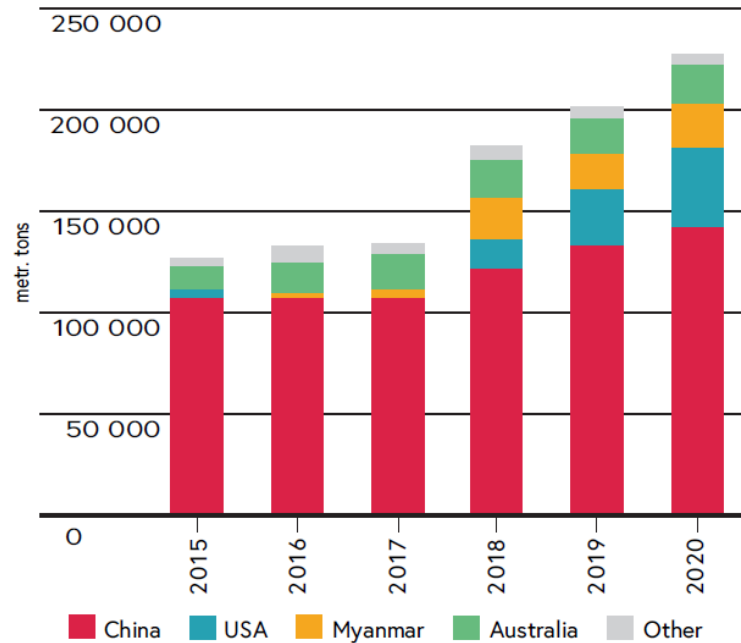
The rapid deployment of clean energy technologies as part of energy transitions implies a significant increase in demand for minerals



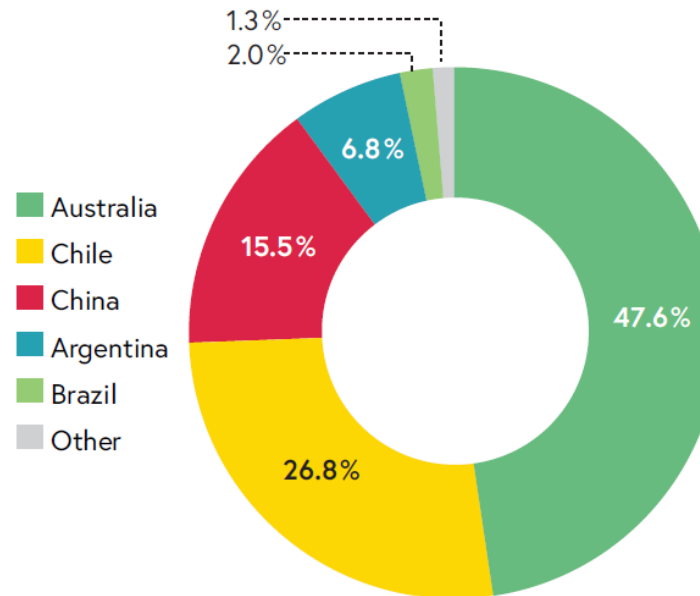
IEA. All rights reserved.

Seltene Erden und Lithium

Strong increase in Rare Earth Minerals production (REO-Content)



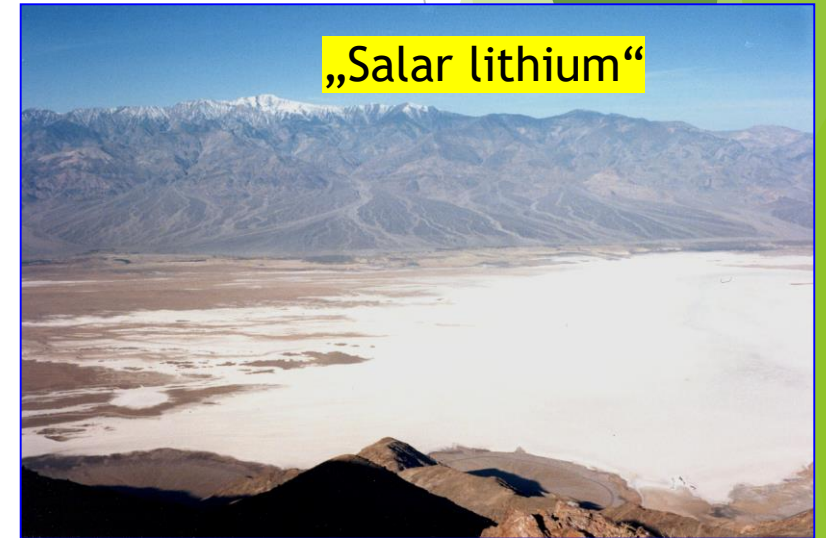
Largest 5 producer countries share 98.7% of Lithium production



„Hard-rock lithium“



„Salar lithium“

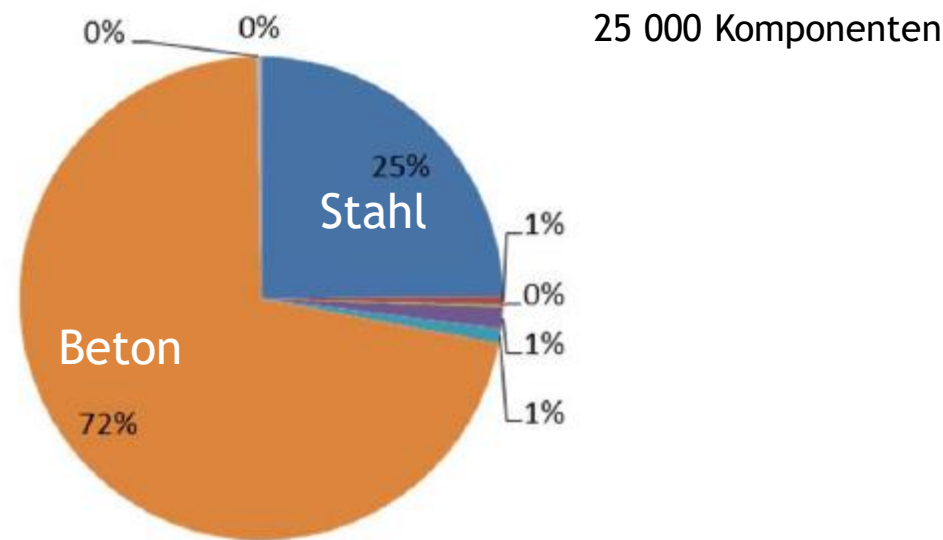


Offshore-Windpark Walney, Irische See



1 GW (1000 MW) Gesamtleistung aus 189 Anlagen zu 3.6 bis 10 MW

Beispiel: Windkraft (an Land)

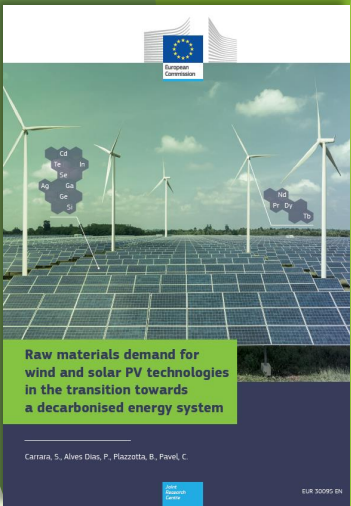
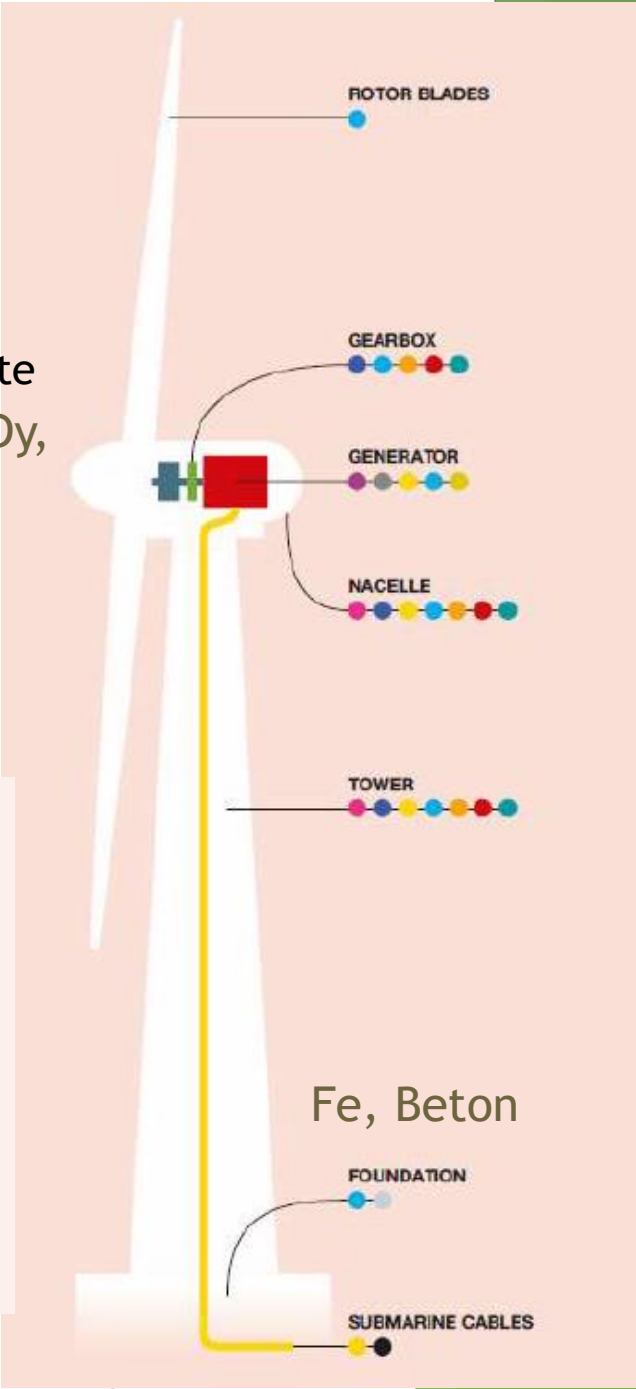


100 MW power plant of
29 V136-3.45MW turbines
Mass = 75 236 t

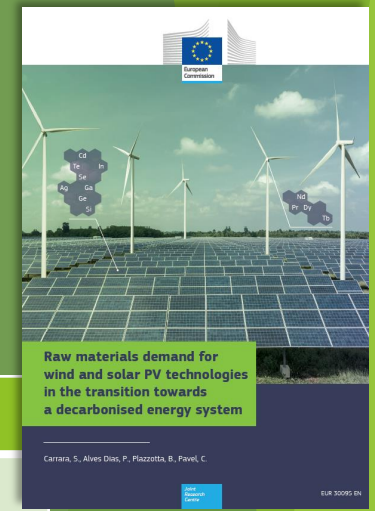
Material	Bedarf t/GW
Beton	243,000 - 413,000
Stahl	107,000 - 132,000
Glas	7,700 - 8,400
Eisen	18,000 - 20,800
Seltene Erden	14 - 240

Permanentmagnete
B, Co, Cu, Fe, Dy,
Nd, Pr, Tb

- Aluminium
- Boron
- Chromium
- Cobalt
- Copper
- Iron
- Lead
- Manganese
- Molybdenum
- Nickel
- Rare Earths*
- Concrete



Ergebnis der EU Studie 2020



	Windenergie		Solarenergie	
	Strukturell	Technologie-spezifisch	Strukturell	Technologie-spezifisch
LDS	2 x	- 30%	2 x	Leicht sinkender Bedarf
MDS	5 x	3.5 x	6-7 x	6-7 x Ge, In 3-4 x Te, Cd, Si Abnahme für Ag
HDS	11-12 x	14-15 x	21x Glas, Stahl, Beton	86 x Ge 36-40 x In, Ga, Te, Cd 21 x Cu , 4 x Ag

LDS: Low Demand Scenario

MDS: Medium Demand Scenario

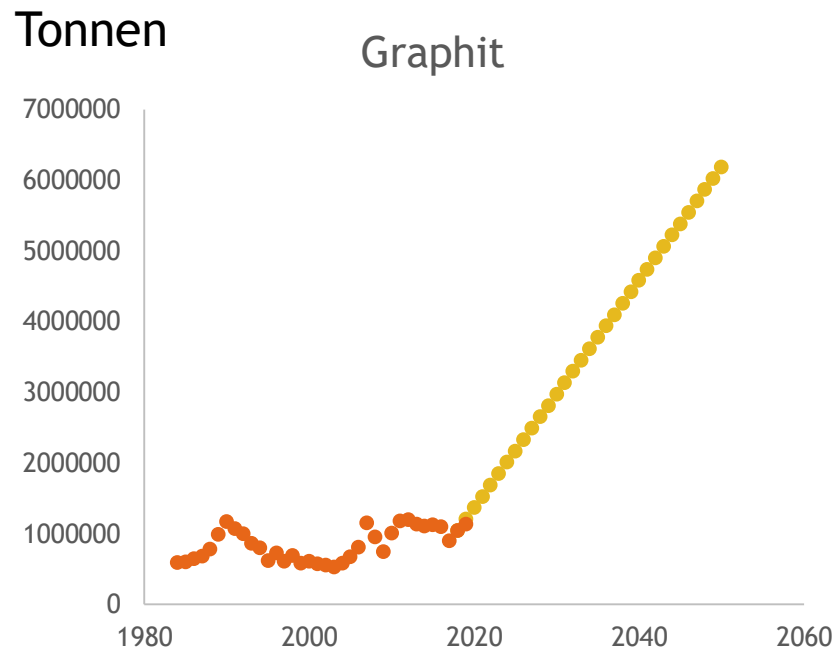
HDS: High Demand Scenario

EU binding 2030 targets, 64% reduction by 2050 (+2.7° Anstieg)

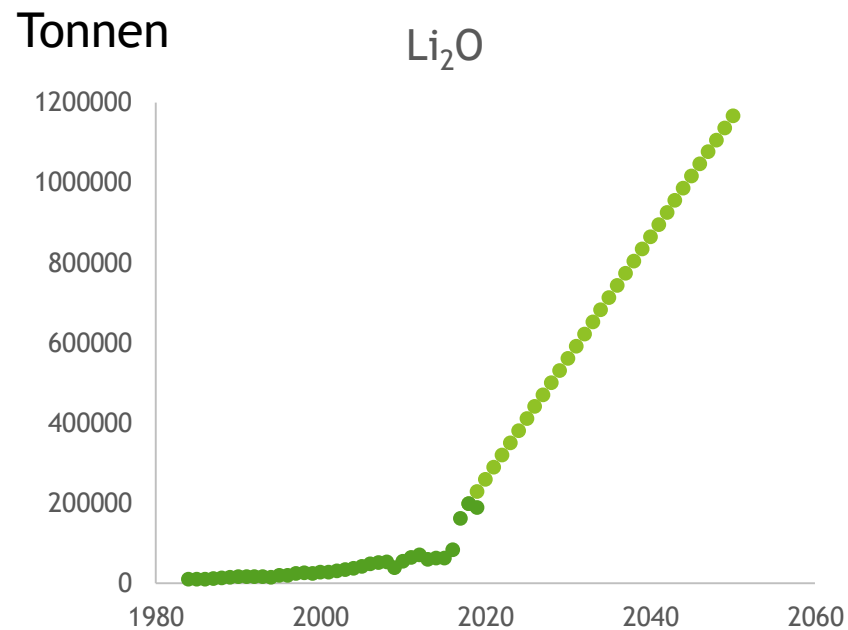
EU binding 2030 targets, 100% reduction by 2050 (+1.75° C)

Complete decarbonisation by 2050 (+1.5° C)

Versorgungsprobleme durch Bergbau von zusätzlichen Rohstoffmengen



Benötigte Rohstoffmenge bis 2050 ist **4-mal größer** als die bisherige Produktion von 1984-2019



Benötigte Rohstoffmenge bis 2050 ist **13-mal größer** als die bisherige Produktion von 1984-2019

Problem der Neben- und Beiprodukte

- ▶ Gallium, Indium, Germanium, Tellur, Arsen
- ▶ Produktion hängt ab von der **Produktion der Hauptmetalle** (Aluminium, Kupfer, Zink, Blei)
- ▶ Geringe Reserven (Lebensdauer Blei und Zink <20 Jahre)
- ▶ **Sinkende Bergbauproduktion** durch Substitution und hohe Recyclingraten für Blei und Zink
- ▶ Recyceltes Zink und Blei enthält kaum verwertbare Nebenprodukte

Globale und lokale Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für die Halbleiter- und Elektronikindustrie

Thema 3/4

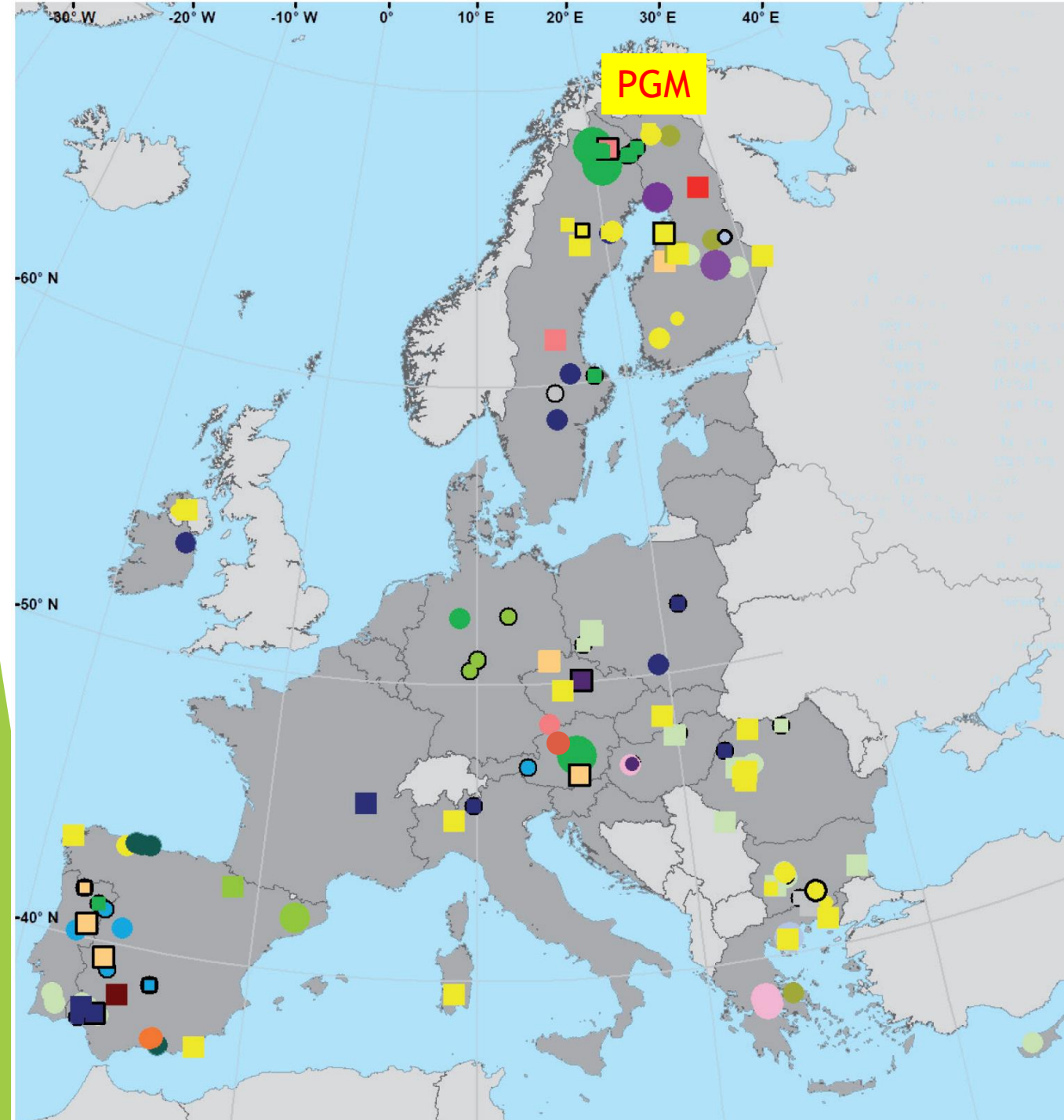
- ▶ Woher kommen diese Rohstoffe?
 - ▶ Rohstoffe für High-Tech Anwendungen werden zu nahezu 100% importiert
 - ▶ Problem der kritischen Rohstoffe und Konfliktrohstoffe (Kongo, Russland,...)
- ▶ Welche Möglichkeiten bestehen, diesen zusätzlichen Bedarf zu decken?
 - ▶ Die drei Säulen der EU-Rohstoffpolitik
 - ▶ Versorgung mit Rohstoffen aus heimischer Produktion
 - ▶ Recycling
 - ▶ Lieferverträge

Woher kommen diese Rohstoffe?

Thema 3/4

- ▶ Aus bestehenden Lagerstätten (siehe Lebensdauer der Reserven)
- ▶ Neufunde durch Prospektion und Exploration
 - ▶ Investitionsklima, Zeitproblem (10-25 Jahre Vorlaufzeit)
 - ▶ Social Licence to Operate
 - ▶ Unkonventionelle Lagerstätten (Meeresboden, Weltraum)
- ▶ Recycling und Kreislaufwirtschaft
- ▶ Einsparungen

Bergbauproduktion der EU-27 (2019)



Selected metals and industrial minerals

● Bauxite	Ga	● Lanthanides	● Potash
● Chromite	Ir?	● Lead	● Strontium
● Copper		● Lithium	● Tin
● Fluorspar		● Manganese	● Tungsten
● Graphite		● Nickel	● Vanadium
● Iron Ore		● Phosphate	● Zinc

Commodity production/projected capacity (tonnes)

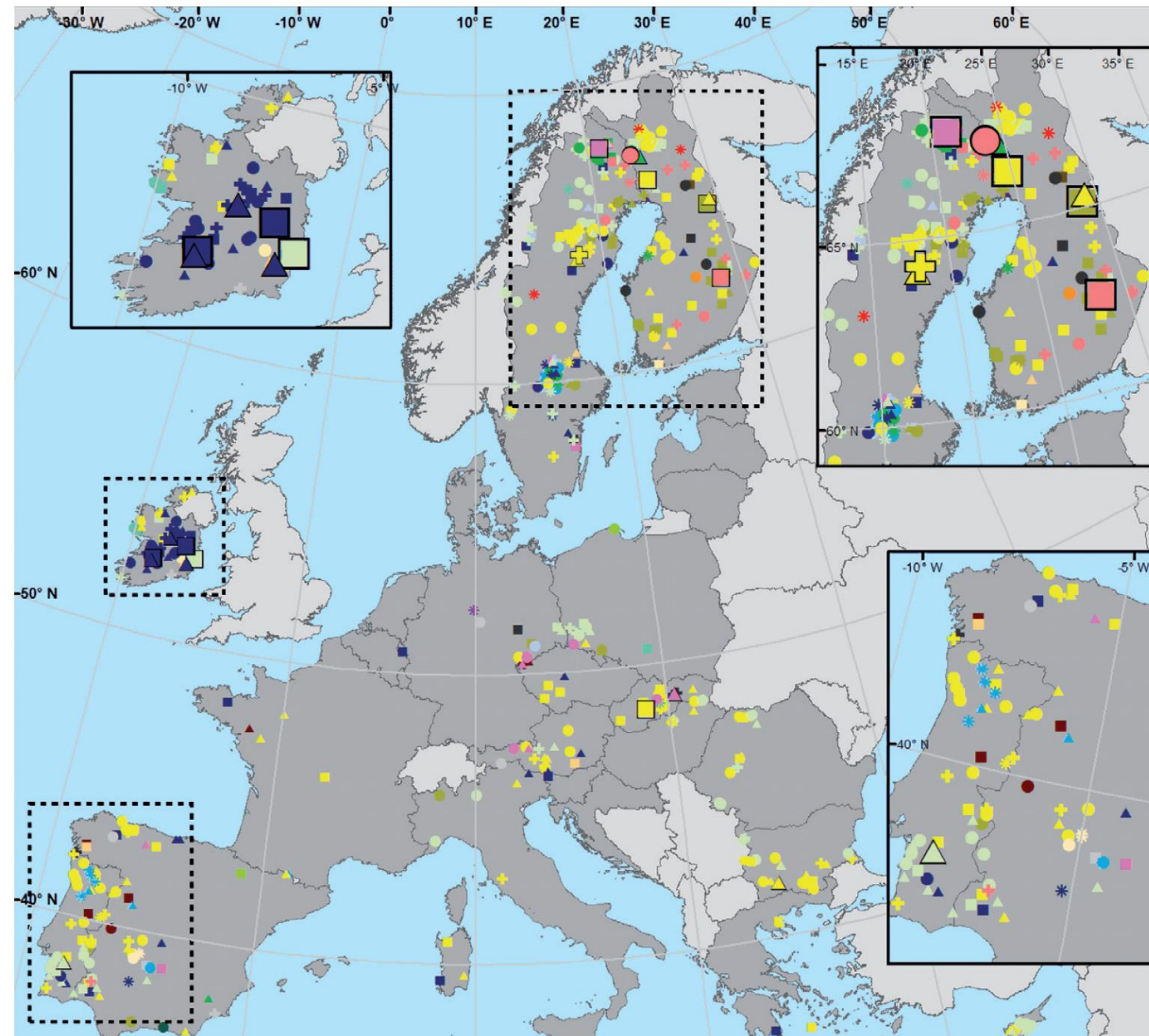
○	□ N/A
○	□ 0 - 500 000
○	□ 500 000 - 2 000 000
○	□ > 2 000 000

Producing Non-Producing

Precious metals

● Gold	● Silver
---	---

Exploration auf minR in der EU 2019



Development Stages

Early Stage

✚ Grassroot

○ Exploration

▲ Target Outline

Late Stage

✱ Advanced Exploration

□ Reserves Development

★ Prefeas/Scoping

Primary Commodities

○ Antimony

○ Gold

○ Lithium

○ Platinum

○ Tantalum

○ Chromite

○ Graphite

○ Molybdenum

○ Rare Earth Elements

○ Tin

○ Cobalt

○ Ilmenite

○ Nickel

○ Potash

○ Tungsten

○ Copper

○ Iron Ore

○ Palladium

○ Scandium

○ Vanadium

○ Fluorspar

○ Lead

○ Phosphate

○ Silver

○ Zinc

Reststoffe sind neue Rohstoffe: Der „Big Hill“ von Lubumbashi, DR Kongo



15 Mio. t Schlacken aus 80 Jahren
Hüttenproduktion

Innenbereich:

0.4 % Co, 12.5 % Zn, 1.3 % Cu, 0.025 % Ge

Randbereich:

1.2 % Co, 12 % Zn, 2 % Cu, 0.01 % Ge



Flotationsabgänge

Bleiberg-Kreuth, Kärnten
Blei-Zink-Bergbau bis 1993 (BBU)

Beiprodukte Cadmium, Germanium

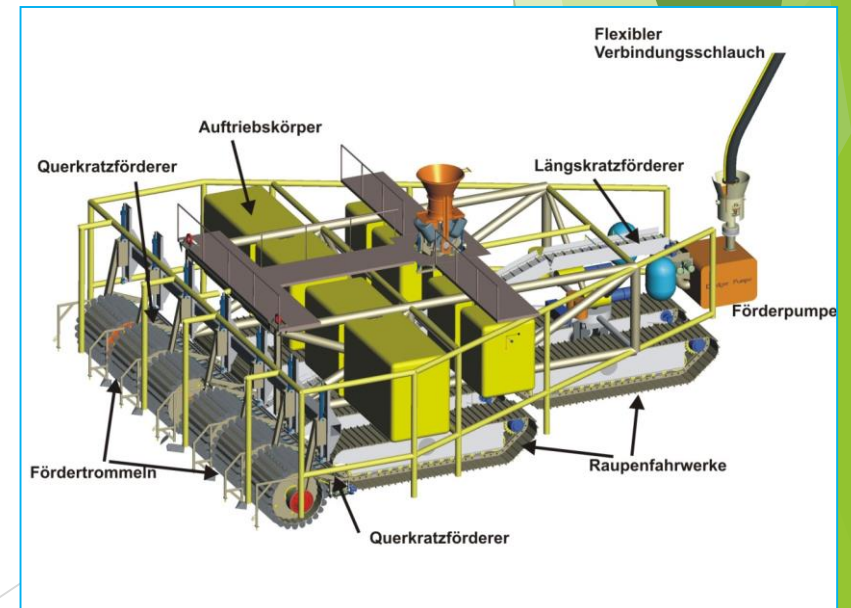


Alt-Bergbauhalden Bleiberg
Zn-Pb-Mo (bis 500 g/t), Ge (<50 g/t)

Unkonventionelle Lagerstätten

► Marine Rohstoffe

- **Manganknollen** (3000 - 5000 m Wassertiefe): **Kupfer, Kobalt, Nickel**
 - Geschätzte Gesamtmenge: 120 Millionen Tonnen Kobalt (USGS)
 - Nebenprodukte: **Tellur, Gold, Platin**,...
 - Ost-Pazifik: 4.5 Millionen km² mit 274 Millionen Tonnen Nickel und 44 Millionen Tonnen Kobalt (Heffernan 2019, Nature 574; p.156)
 - ISA International Seabed Authority (Jamaika)



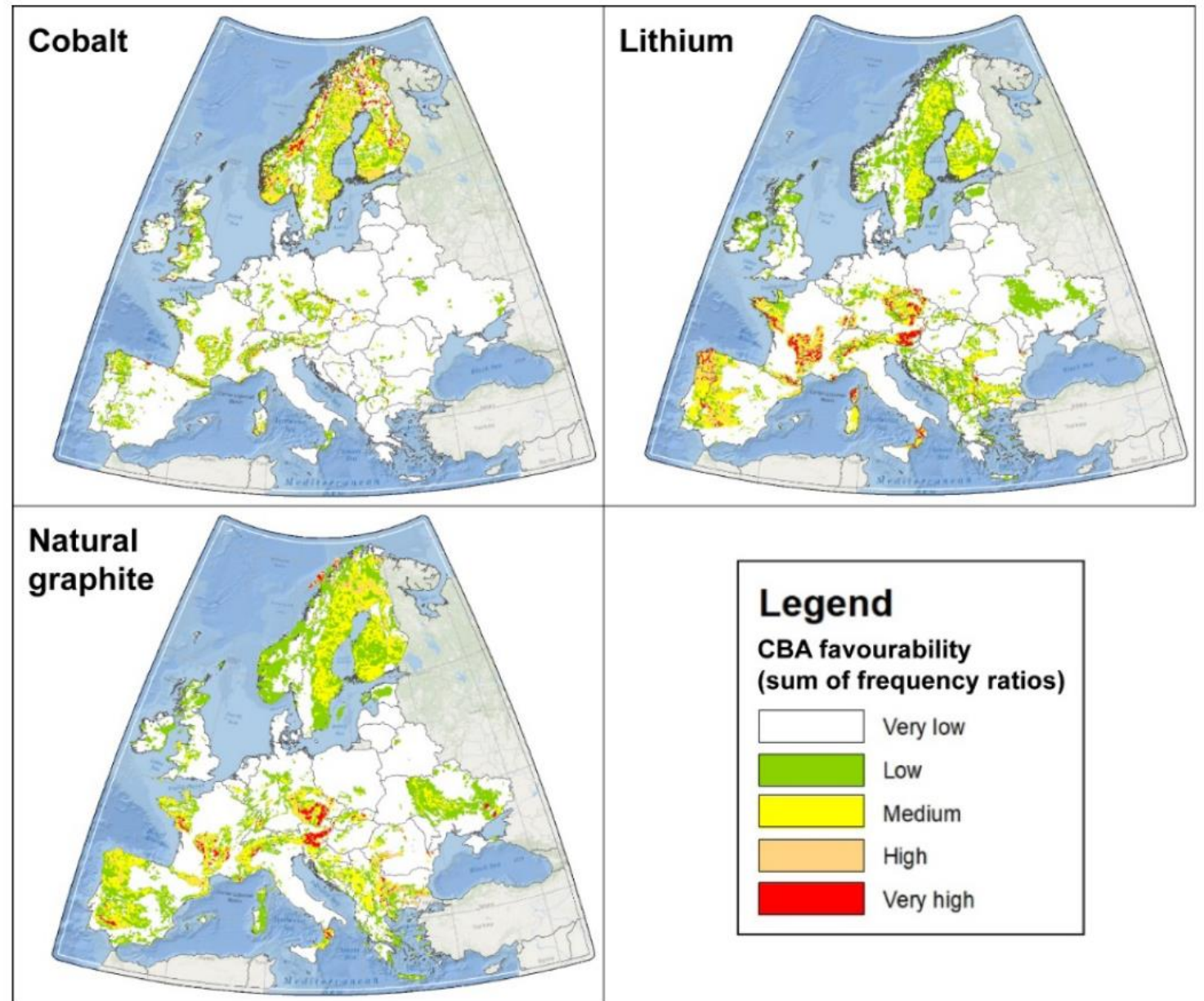
Globale und lokale Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für die Halbleiter- und Elektronikindustrie

Thema 4/4

- Kann Österreich kritische Rohstoffe für die Energiewende und die Elektronikindustrie liefern?

Potenziale in Österreich

- ▶ Lithium
 - ▶ Exploration
- ▶ Graphit
 - ▶ Aktueller und ehemaliger Bergbau
- ▶ Germanium
 - ▶ Ehemalige Gewinnung als Beiprodukt der Verhüttung von Zinkerzen aus Bleiberg
- ▶ Wolfram
 - ▶ Bestehender Bergbau



IRIS_Lagerstaetten_Reviere

Iris-Lagerstätten-Übersicht

- ◆ Buntmetalle
- ◆ Edelmetalle
- ◆ Erze des Eisens und der Stahlveredler
- ◆ Energierohstoffe - Braunkohle
- ◆ Energierohstoffe - Erdöl und Erdgas
- ◆ Energierohstoffe - Steinkohle
- ◆ Industriemineralien
- ◆ Industriemineralien - Grafit
- ◆ Nichteisenmetalle
- ◆ Sondermetalle

Eintragungen in IRIS Datenbank

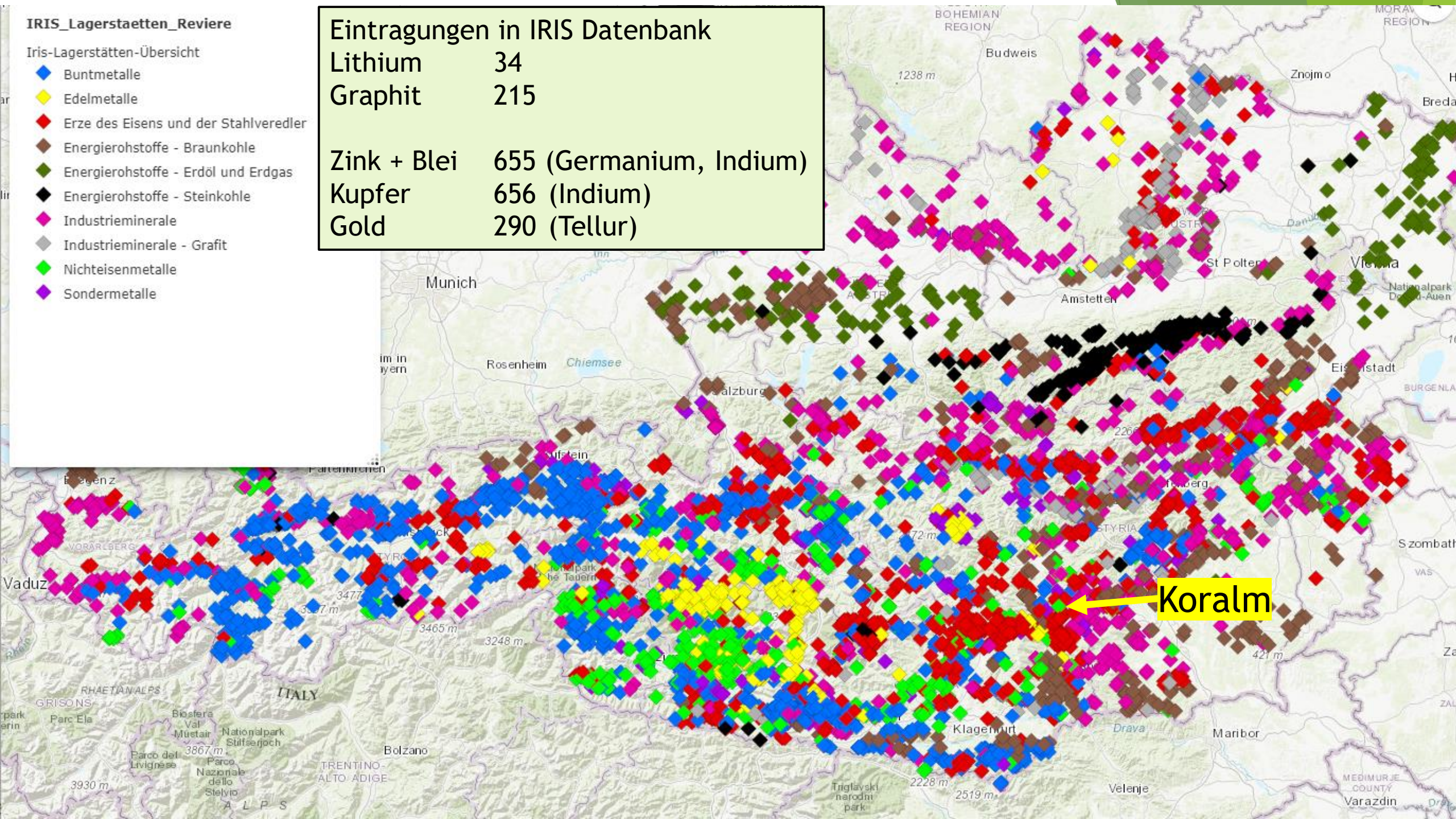
Lithium 34

Graphit 215

Zink + Blei 655 (Germanium, Indium)

Kupfer 656 (Indium)

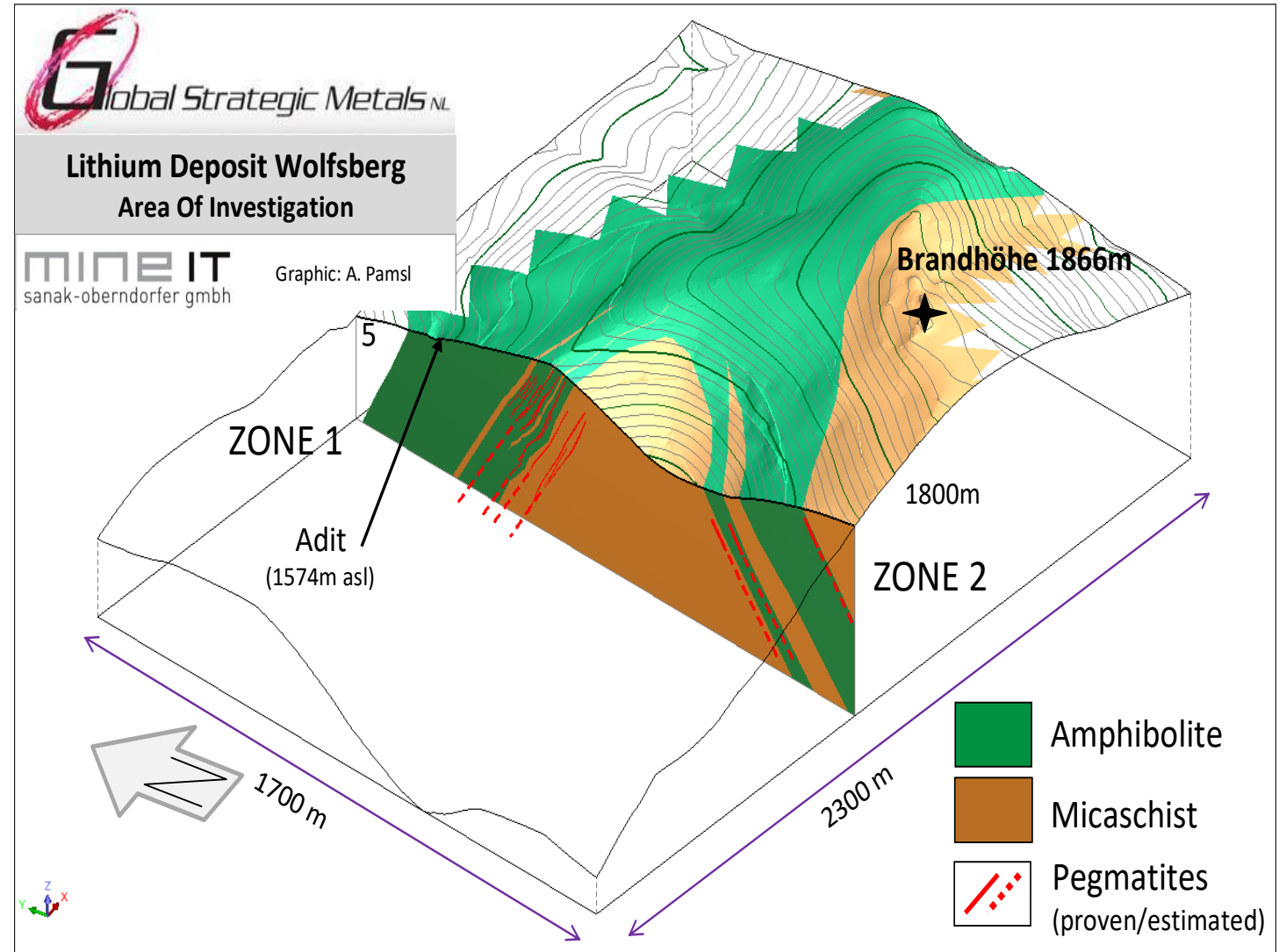
Gold 290 (Tellur)



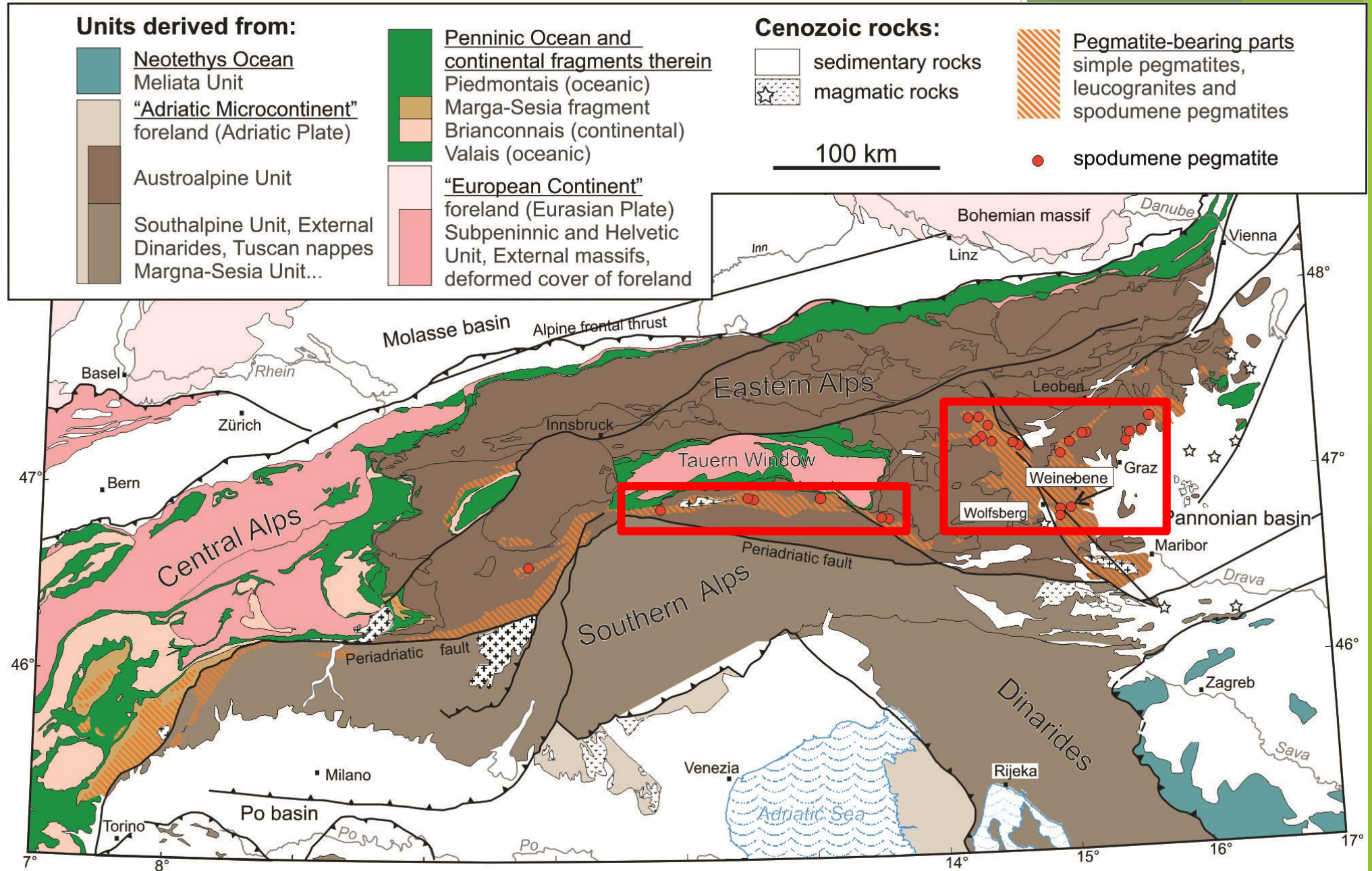
	Weinebene
Firma	European Lithium
Entdeckung	1981 Minerex
Projekstart	2011
Reserven (bewiesen)	9.7 Mt @ 1% Li ₂ O
Erzproduktion (geplant)	780,000 tpa
Li-Hydroxid (geplant)	8,800 tpa



Wolfsberg Lithium Projekt, Kärnten



Lithium Potenzial Österreich

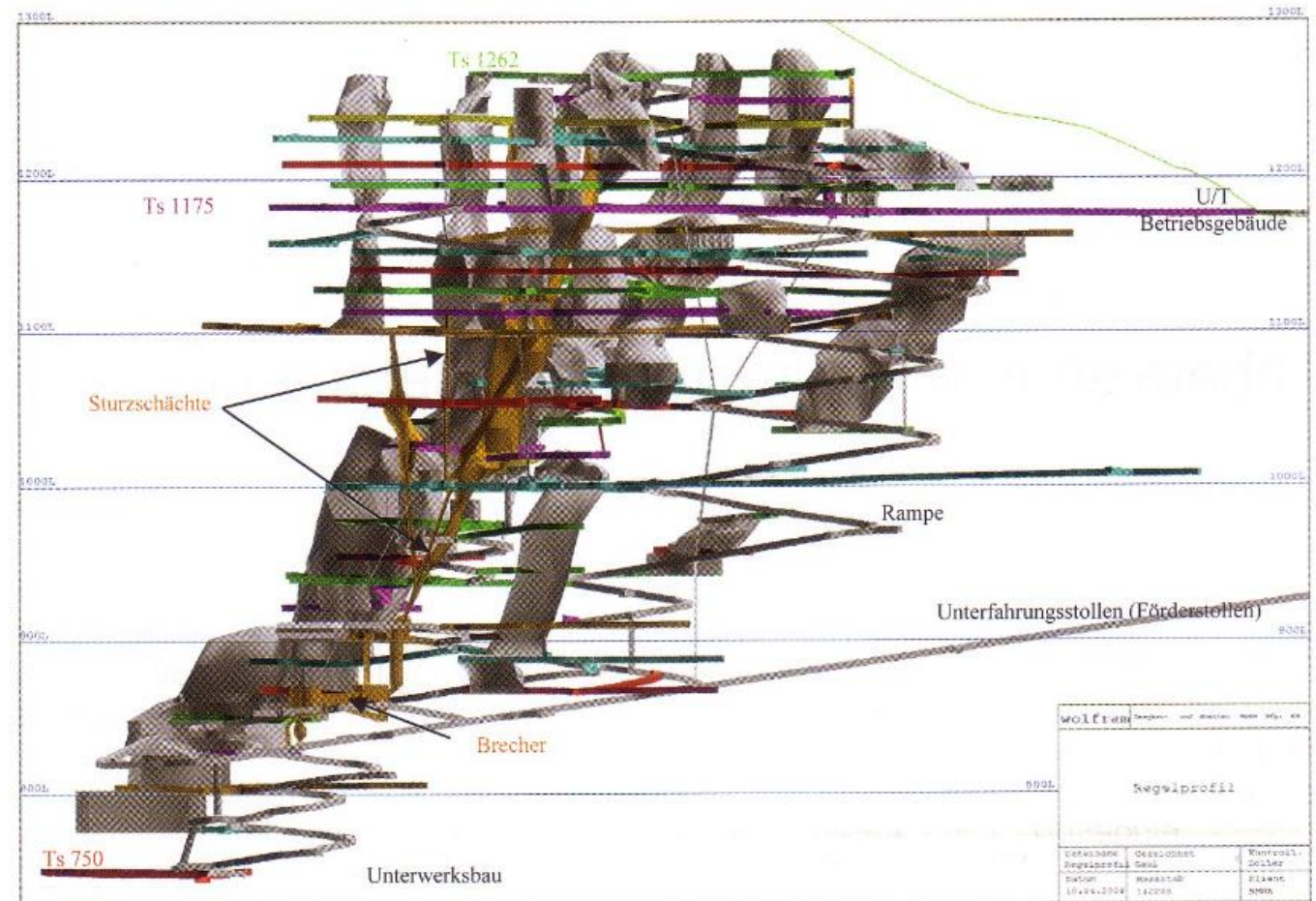
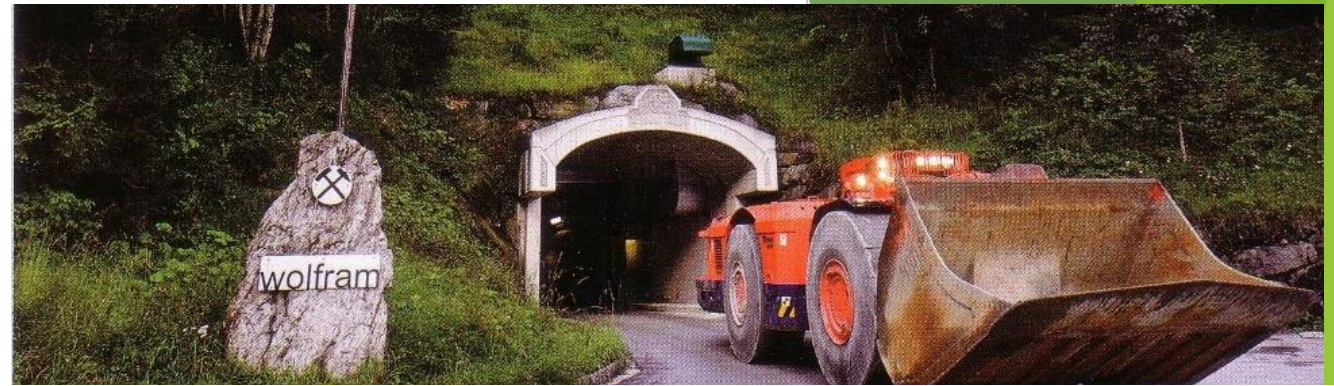


Wolfram

Felbertal/Mittersill (Salzburg)

Betreiber	Wolfram (Sandvik)
Kunde	Wolframhütte in St. Martin im Sulmtal (Styria)
Produktion	ca. 0.5 Mt Erz @ 0.35% W
Geschichte	In Produktion seit 1976
Arbeiter	ca. 60
Erzmineral	Scheelit CaWO_4

No. 7 der Weltbergbauproduktion (1.2%)



Wichtiger Aspekt:
Soziale Akzeptanz von
Bergbau („social licence
to operate“)

*Ohne Kies fehlt eine
Grundlange der
Bauwirtschaft... Sollen
keine Häuser und
Straßen mehr gebaut
werden?
Oder sollen die
Rohstoffe von
„woanders her“
kommen?*

NIMBY: „Not in my backyard“

noe ORF.at

NÖ-News Lifestyle Über uns Tipps Ganz Österreich



WIRTSCHAFT

Gerasdorf kämpft gegen neue Schottergrube

Der Plan eines Unternehmers, eine Schottergrube in Gerasdorf bei Wien (Bezirk Korneuburg) zu errichten, trifft auf Ablehnung. Eine Bürgerinitiative und alle Gemeinderats-Parteien wollen das Projekt verhindern. Beim Unternehmen stößt das auf Unverständnis.

11. Jänner 2021, 5.10 Uhr (Update: 11. Jänner 2021, 12.01 Uhr)

Teilen

Die geplante knapp fünf Hektar große Schottergrube soll sich mitten im Gemeindegebiet befinden. Die Projektgegner befürchten ein steigendes Verkehrsaufkommen. Außerdem könne diese Schottergrube erst der Anfang sein, wenn weitere Anträge für die Kiesgewinnung folgen würden, heißt es.

Die Schottergrube zu verhindern, ist allerdings ein schwieriges Unterfangen. Denn das Areal ist laut Mineralrohstoffgesetz als Kiesgewinnungszone ausgewiesen. Auch laut Raumordnung darf auf dem Areal Schotter abgebaut werden. Wegen seiner Größe von unter

Stadtgemeinde Gerasdorf bei Wien

Globale und lokale Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für die Halbleiter- und Elektronikindustrie

- (1) Moderne Gesellschaften bauen mit und auf mineralischen Rohstoffen.
- (2) Digitalisierung und Energiewende benötigen zusätzliche Rohstoffe und Energie
- (3) Der Rohstoffbedarf muss gedeckt werden durch
 - ▶ bestehende Lagerstätten
 - ▶ Neufunde
 - ▶ Unkonventionelle Lagerstätten
 - ▶ Recycling und Kreislaufwirtschaft
 - ▶ Technische Verbesserungen
 - ▶ Einsparungen und Verzicht
- (4) **Sicherung der Produktion in der EU und in Österreich** für die vorhandenen und benötigten Rohstoffe. Exploration auf neue Vorkommen stärken!