

# Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee

**Eine zusätzliche Belastung der Weltmeere oder ein notwendiger Beitrag zur Energiewende?**

Dr. Christian Müller  
Leiter der Fachbereiches „Marine Rohstofferkundung“  
([Christian.Mueller@bgr.de](mailto:Christian.Mueller@bgr.de))

A photograph of a hydrothermal vent chimney, likely a carbonate structure, rising from the seafloor. The chimney is dark grey and black at the top, with a bright orange and red mineral deposit in the middle. The background is dark blue, suggesting deep-sea conditions.

06.03.2024

1. Kurze Einordnung
2. Motivation & Hintergründe
  - I. Klimawandel
  - II. Energiewende
  - III. Rohstoffversorgung Europa & Deutschland
3. Wem gehören die Rohstoffe der Tiefsee?
  - I. Internationale Meeresbodenbehörde ISA
4. Manganknollen
  - I. Entstehung & Vorkommen
  - II. Explorationsarbeiten der BGR
5. Massivsulfide
  - I. Entstehung & Vorkommen
  - II. Explorationsarbeiten der BGR

# Rohstoffe

## Energierohstoffe

- Erdöl
- Erdgas
- Kohle



Photo: Øyvind Knoph Askeland, [Norwegian Oil and Gas](#)

## Mineralische Rohstoffe

- Metalle (Cu, Ni, Co, ...)
- Industrieminerale (Steinsalz, Ton, Phosphat, ...)
- Steine und Erden (Sand, Kies, Naturstein, ...)

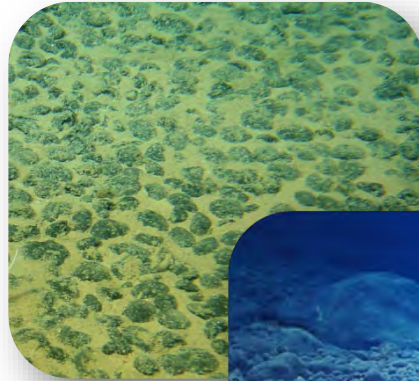


Photo: BGR

# Marine mineralische Rohstoffe der Tiefsee

## Manganknollen

Ni, Cu, Co, Mn, Mo, Li



4000 - 6000 m

## Mangankrusten

Ti, Co, Ni, Pt, SEE



800 - 2500 m

## Massivsulfide

Cu, Zn, Pb, Au, Ag, In



1000 - 3000 m

# Benötigen wir die mineralischen Rohstoffe aus der Tiefsee?



Quelle: Greenpeace (2021)

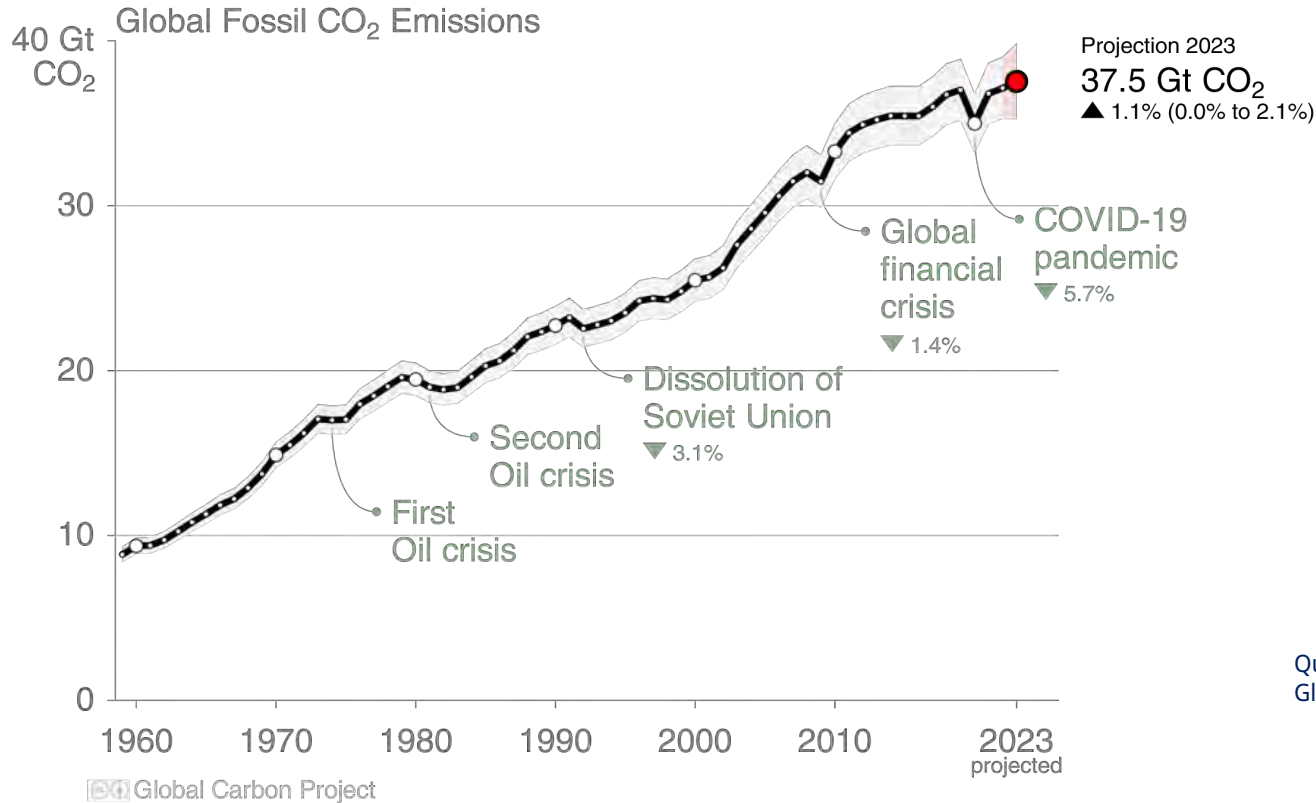




## Motivation & Hintergründe

- Klimawandel
- Energiewende
- Rohstoffversorgung Europa & Deutschland

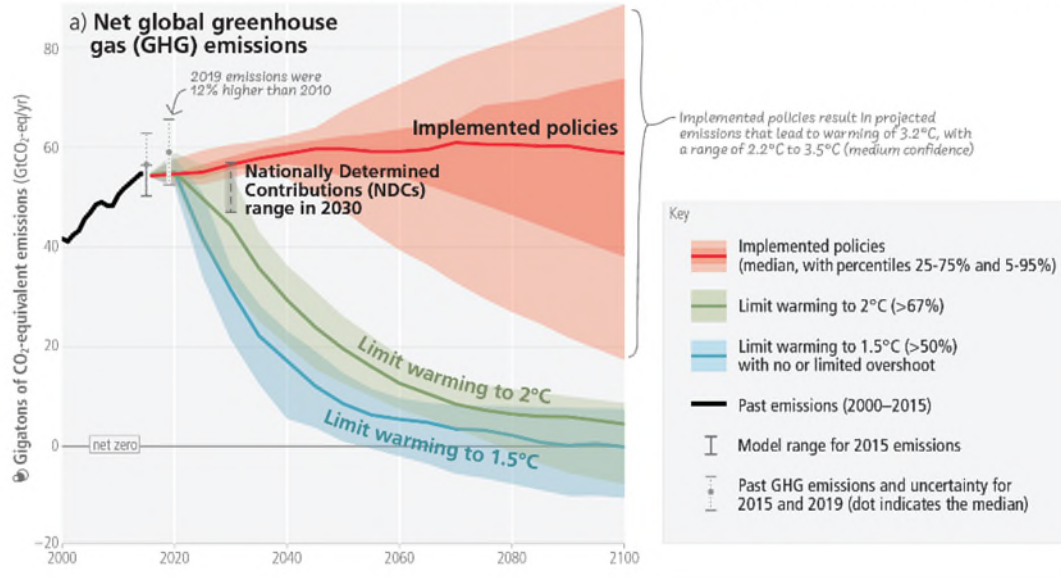
# Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen (1960-2023)



# Treibhausgasreduktion (Szenarien 2020-2100)

Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

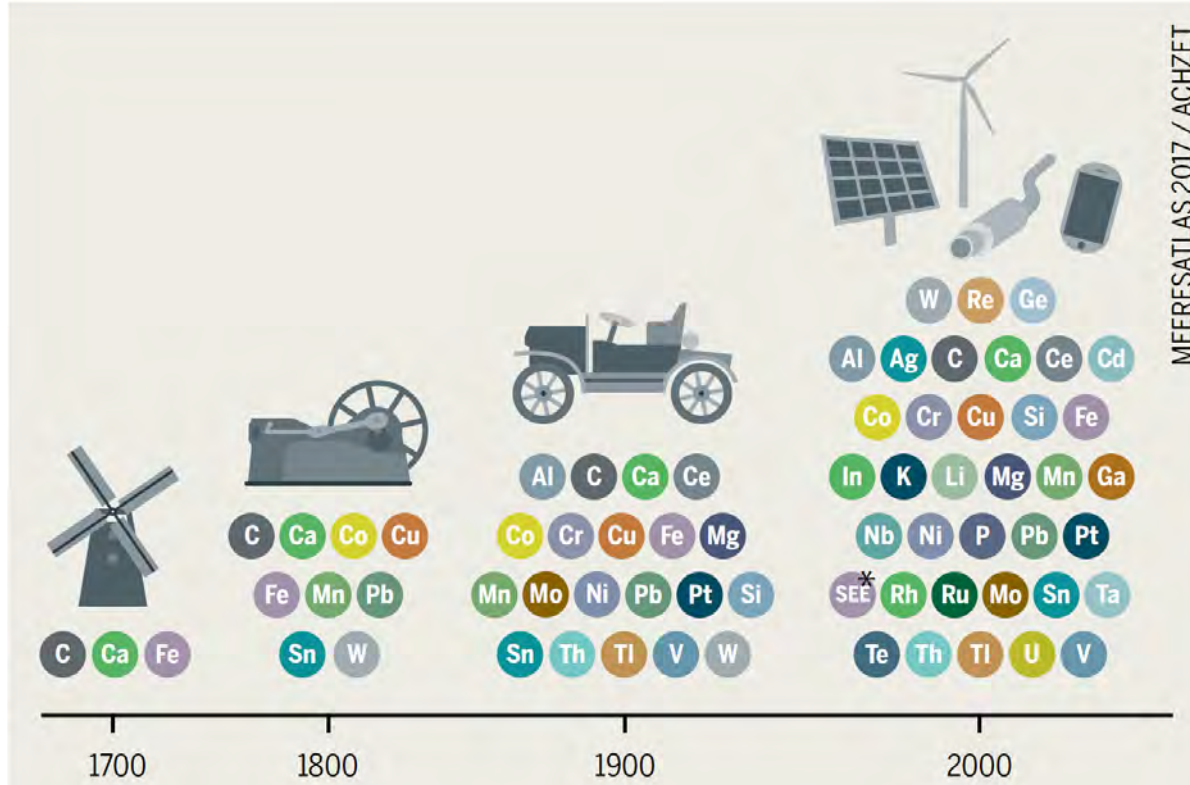
Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors



Quelle:  
Intergovernmental Panel on Climate  
Change, 2023

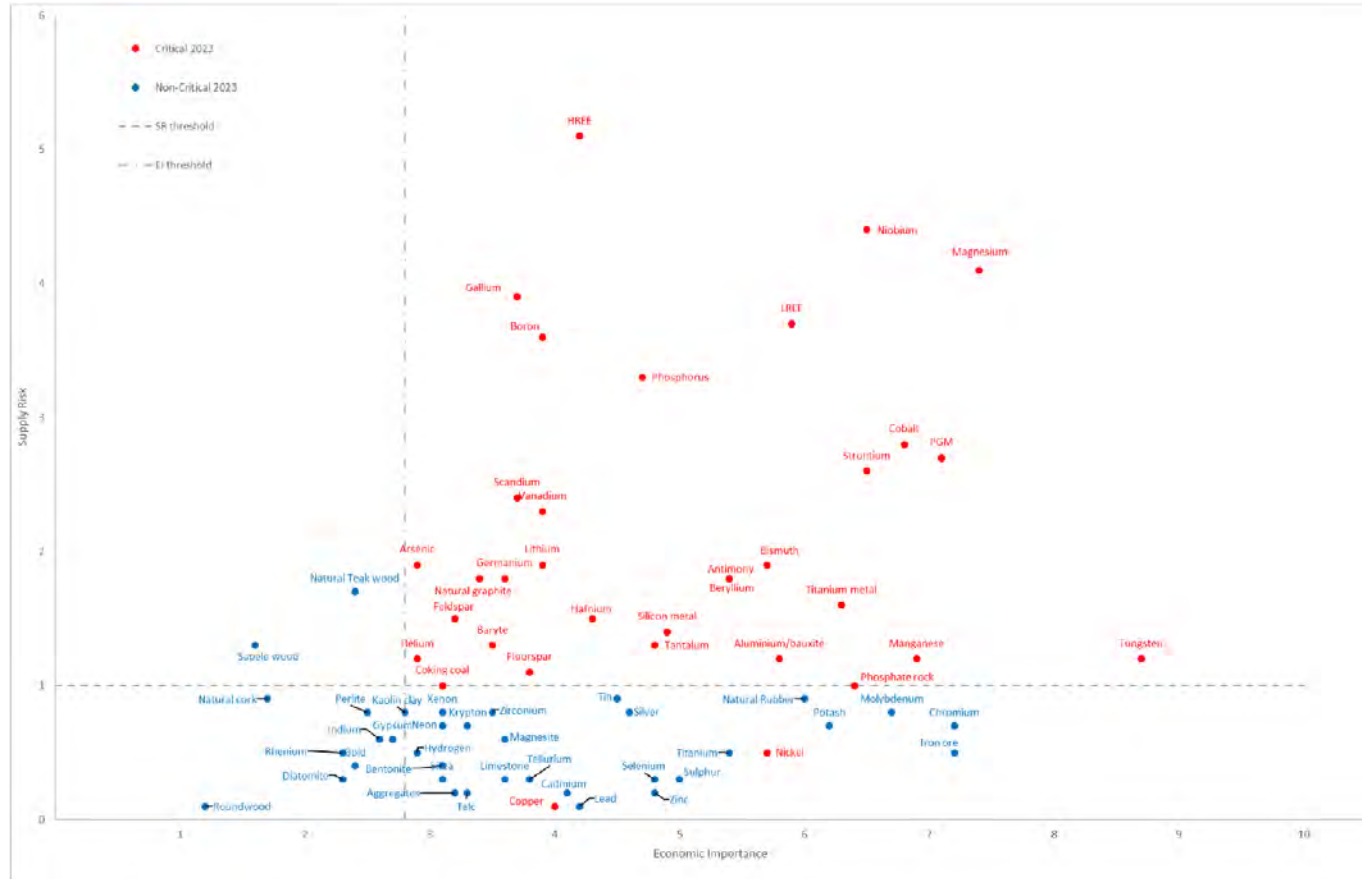


# Technologieentwicklung und Metallverbrauch (300 Jahre)



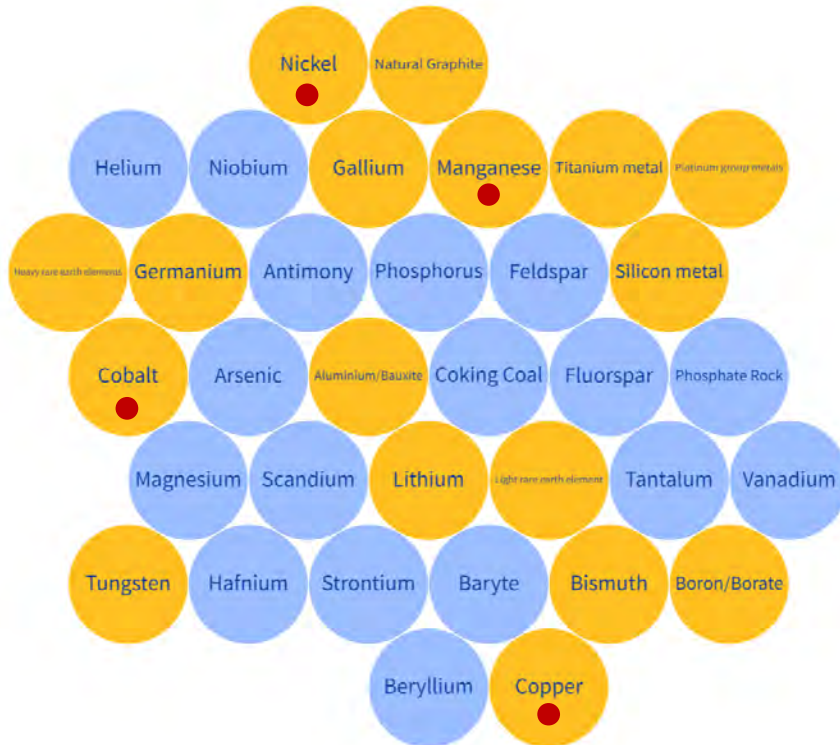
Quelle: Meeresatlas 2017

# Rohstoff-Kritikalitätsanalyse (EU, 2023)



Quelle:  
European Commission, Study on the  
Critical Raw Materials for the EU  
2023 – Final Report

# Kritische Rohstoffe / strategisch wichtige Rohstoffe

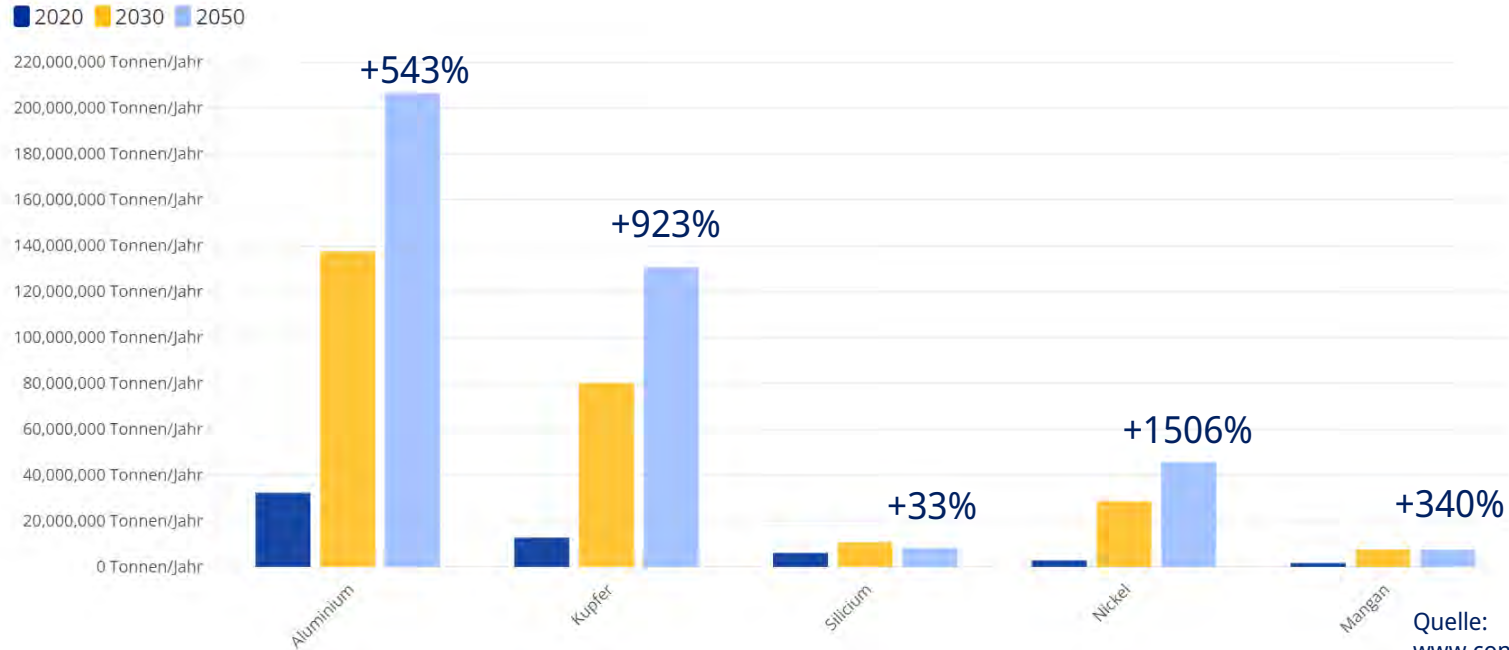


34 kritische Rohstoffe (von denen 17 als strategische Rohstoffe betrachtet werden (senfgeb))

- Hauptmetalle in den Manganknollen

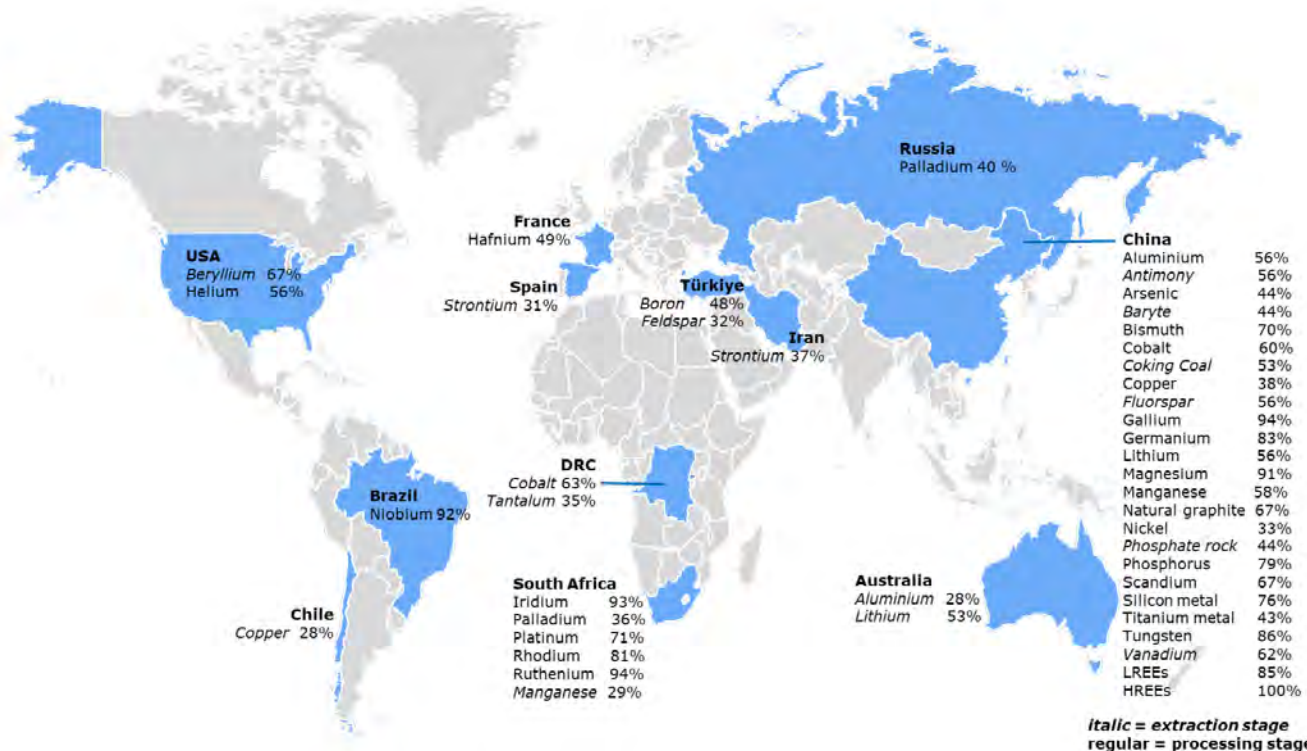
Quelle:  
[www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/](http://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/)

# Nachfrage nach Rohstoffen in der Europäischen Union (Szenario mit hoher Nachfrage)



Quelle:  
[www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/](http://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/)

# Herkunftsländer kritischer Rohstoffe (global)



Quelle:  
 European Commission, Study on the  
 Critical Raw Materials for the EU  
 2023 – Final Report

# Stärkung der Eigenständigkeit durch den EU Critical Raw Materials Act (Ziele für 2030)



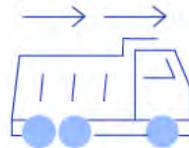
**GEWINNUNG IN DER EU:** mindestens **10 %** des jährlichen Verbrauchs der EU sollen aus der Gewinnung in der EU stammen



**VERARBEITUNG IN DER EU:** mindestens **40 %** des jährlichen Verbrauchs der EU sollen aus der Verarbeitung in der EU stammen



**RECYCLING INNERHALB DER EU:** mindestens **25 %** des jährlichen Verbrauchs in der EU sollen aus dem Recycling innerhalb der EU stammen

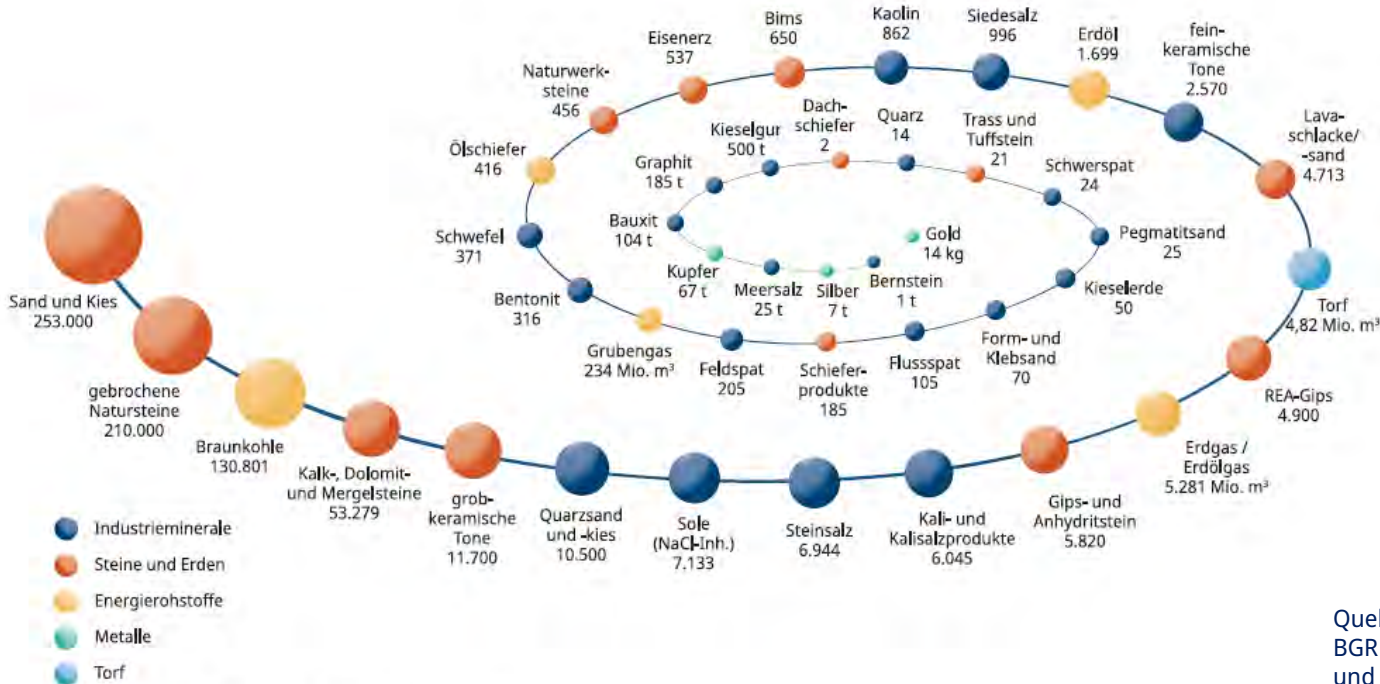


**EXTERNE BEZUGSQUELLEN:** höchstens **65 %** des jährlichen Verbrauchs der Union an jedem strategischen Rohstoff in jeder relevanten Verarbeitungsstufe dürfen aus einem einzigen Drittland stammen

Quelle:  
[www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/](http://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/)



# Rohstoffproduktion in Deutschland im Jahr 2022



Angaben in 1.000 t, soweit nicht anders gekennzeichnet.

Quelle:  
BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Deutschland – Rohstoffsituation 2022. – 210 S.; Hannover.



## Wem gehören die Rohstoffe der Tiefsee?

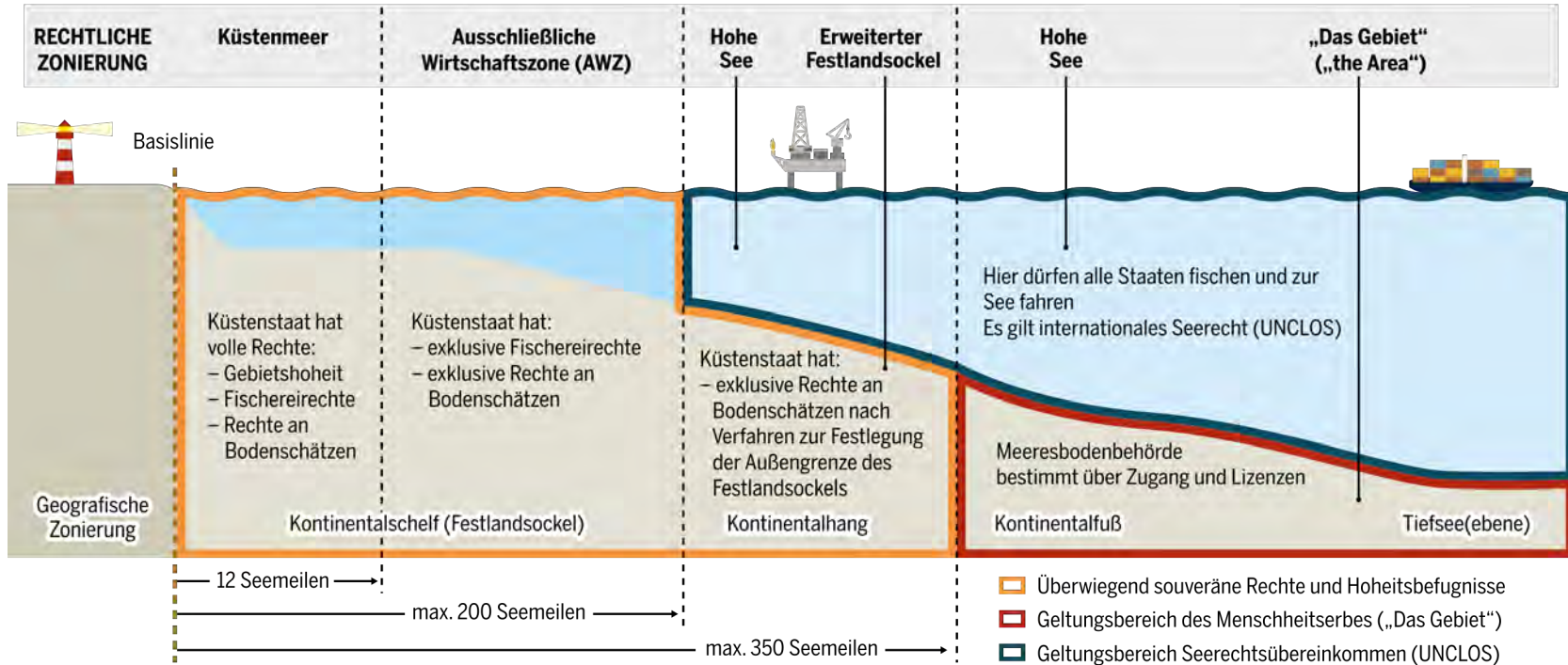
Das Seevölkerrecht (The Law of the Sea)



## THE LAW OF THE SEA

- UNCLOS I (1958)
- UNCLOS II (1960)
- UNCLOS III (1973-1982), Inkrafttreten am 16. November 1994
  
- Mitglieder Stand 2024: 168 Länder & EU

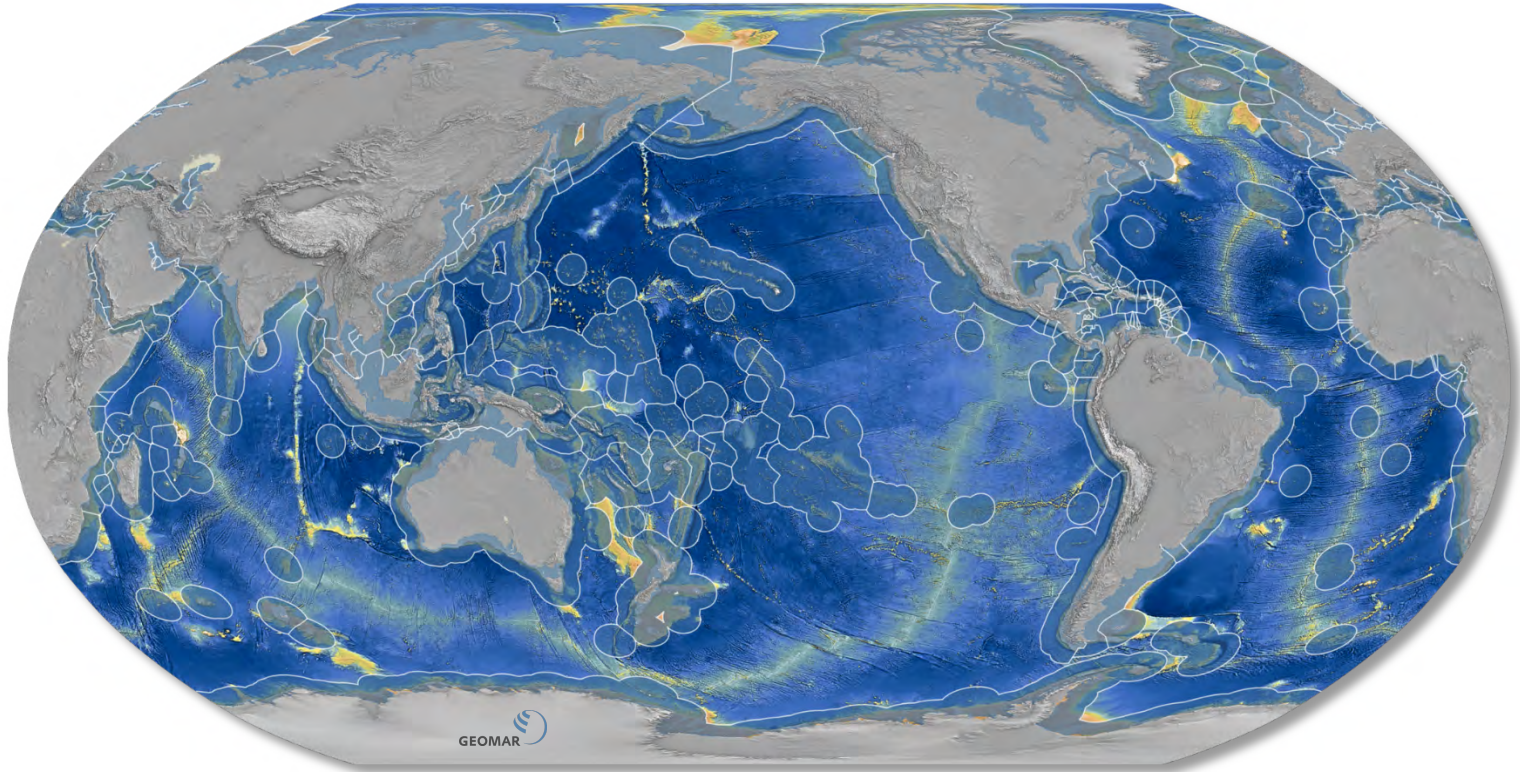
# Maritime Zonen im internationalen Seerecht



Quelle: Meeresatlas 2017



# Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) / Das Gebiet



EEZ = 149.5 million km<sup>2</sup> (41 %)

# Seerechtskonvention regelt Zugang



## Drei Ziele

- Förderung der **Erschließung** der mineralischen Ressourcen des internationalen Meeresbodens
- **Schutz** der marinen Umwelt
- **gerechte Verteilung** des wirtschaftlichen Nutzens (gemeinsames Erbe der Menschheit)



# Beiträge der ISA zu den UN-Nachhaltigkeitszielen

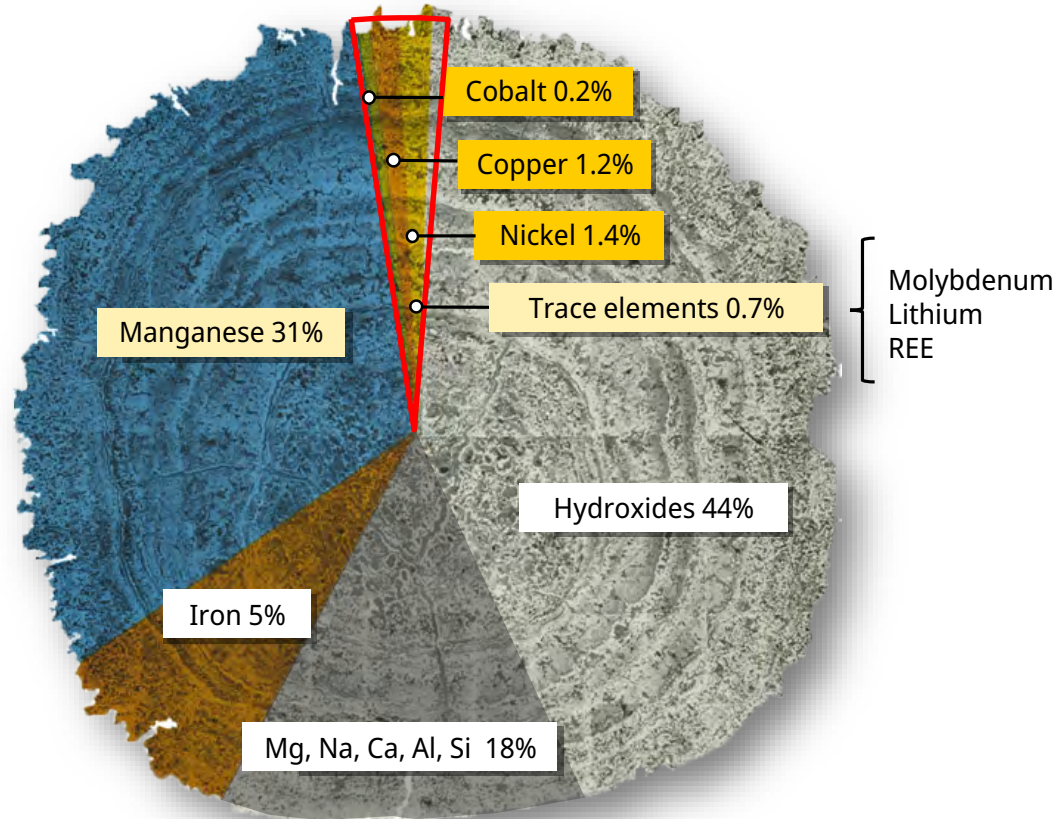


Quelle: <https://www.isa.org.jm/isa-and-the-2030-agenda/>

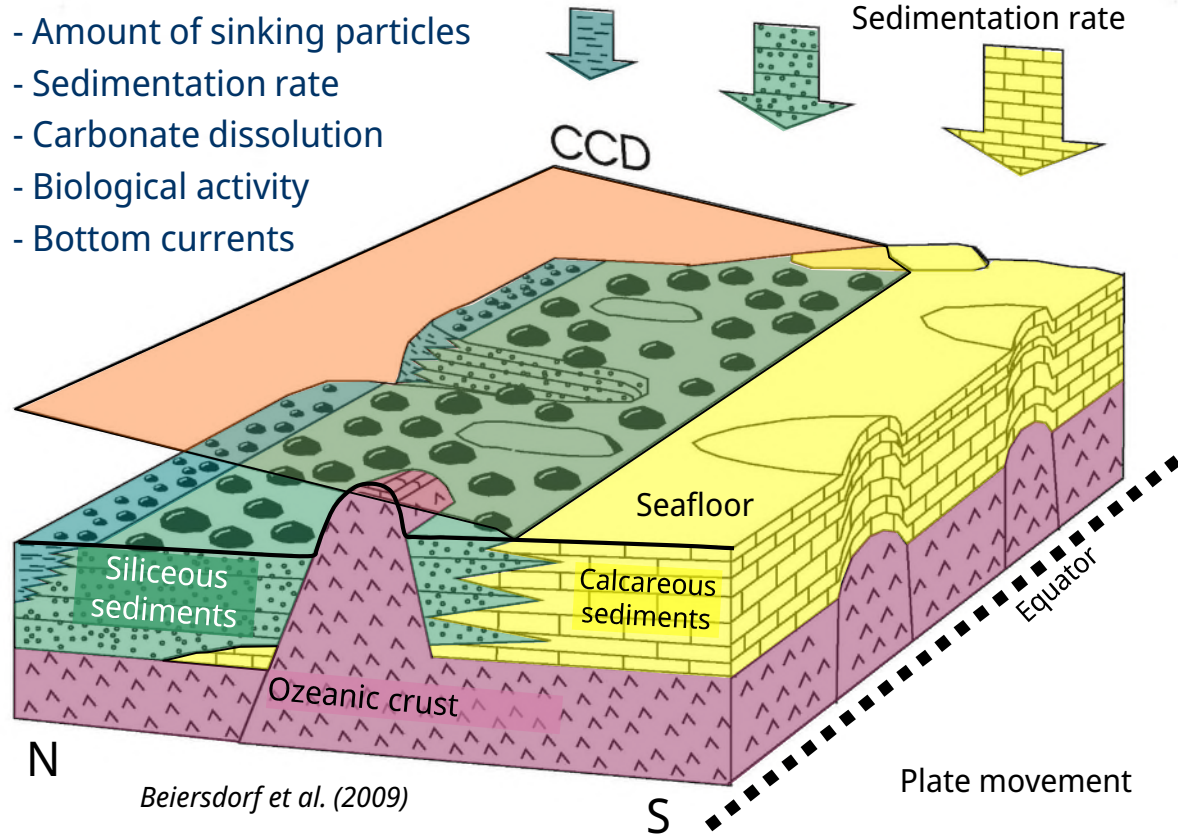
## Polymetallische Knollen (Manganknollen)

- BGR-Explorationslizenz (2006-2026)

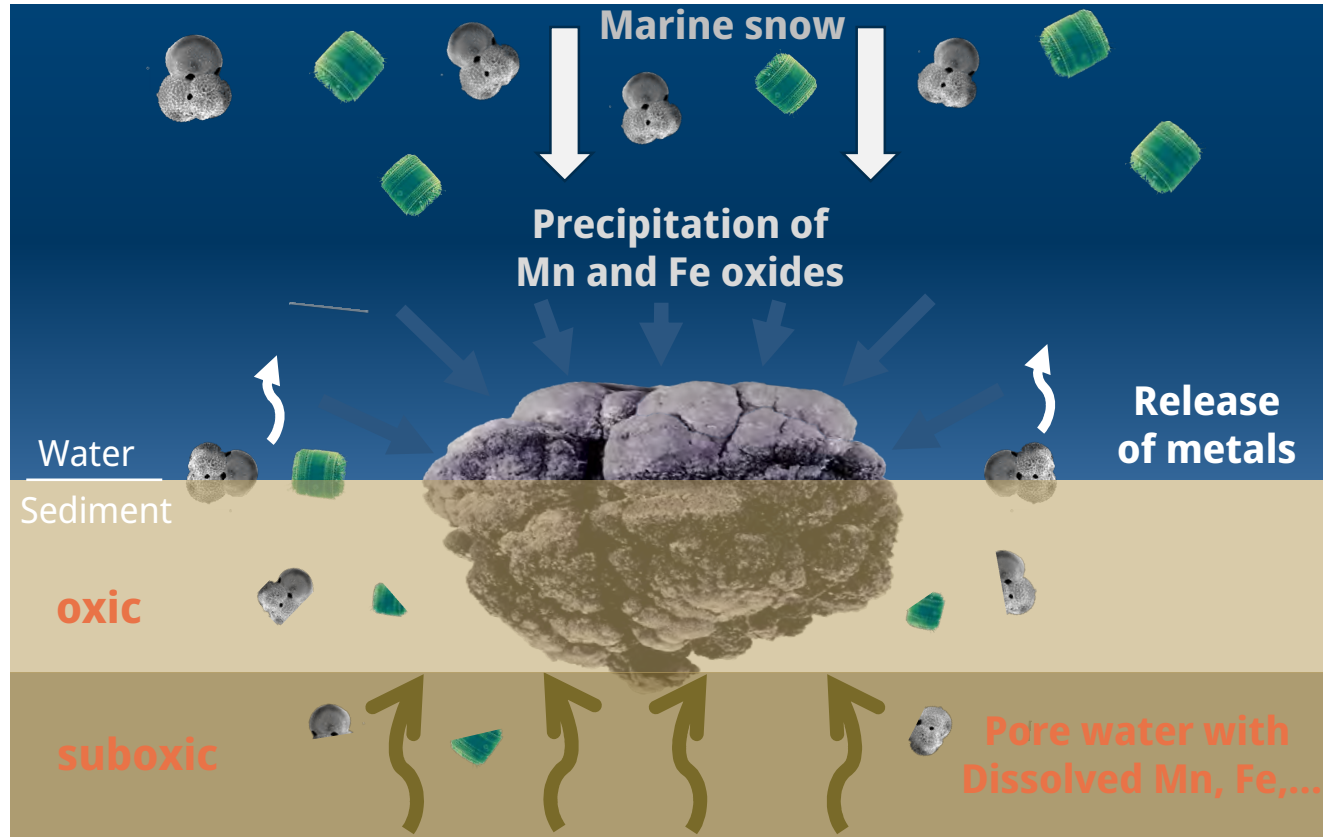
# Metallkonzentrationen in den Manganknollen



# Entstehung der Manganknollen



# Entstehung der Manganknollen

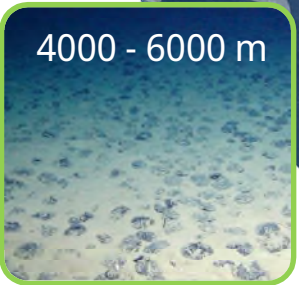
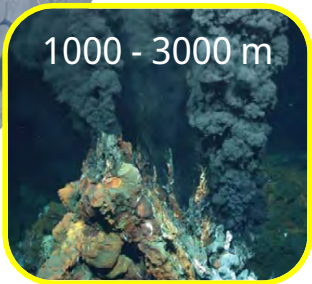
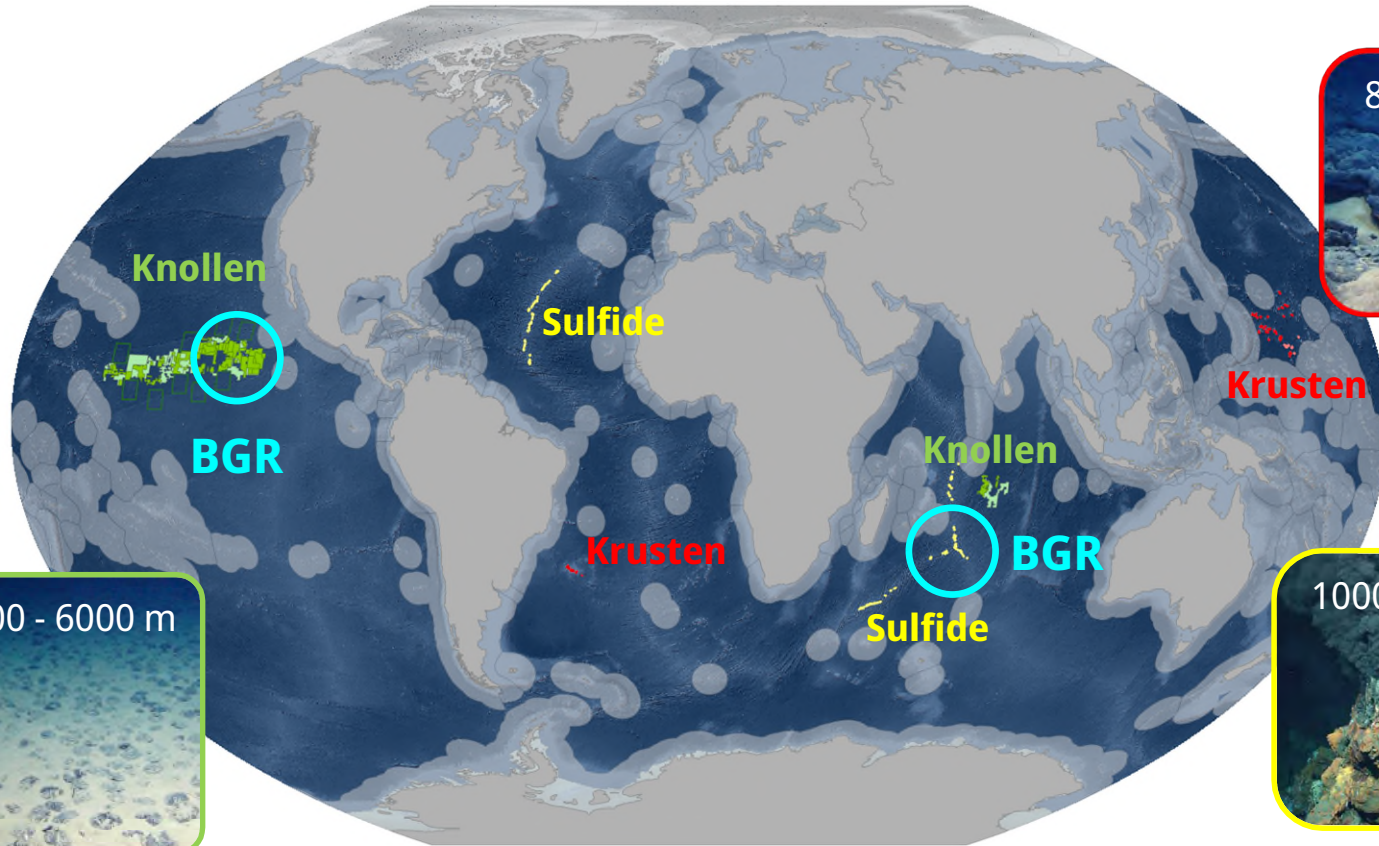


# Manganknollen am Meeresboden im BGR-Lizenzgebiet

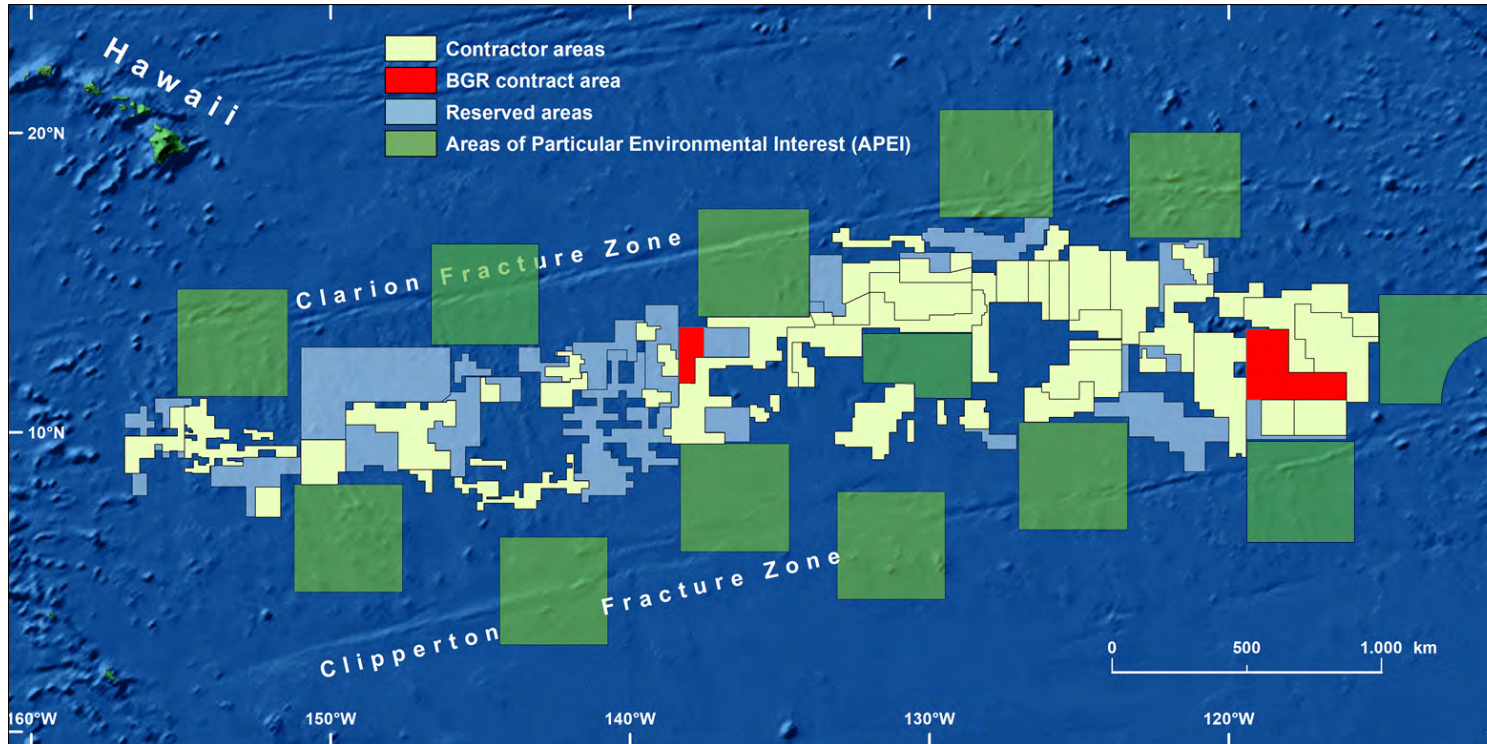




# Explorationsgebiete für marine mineralische Rohstoffe



# Manganknollengürtel im Ostpazifik



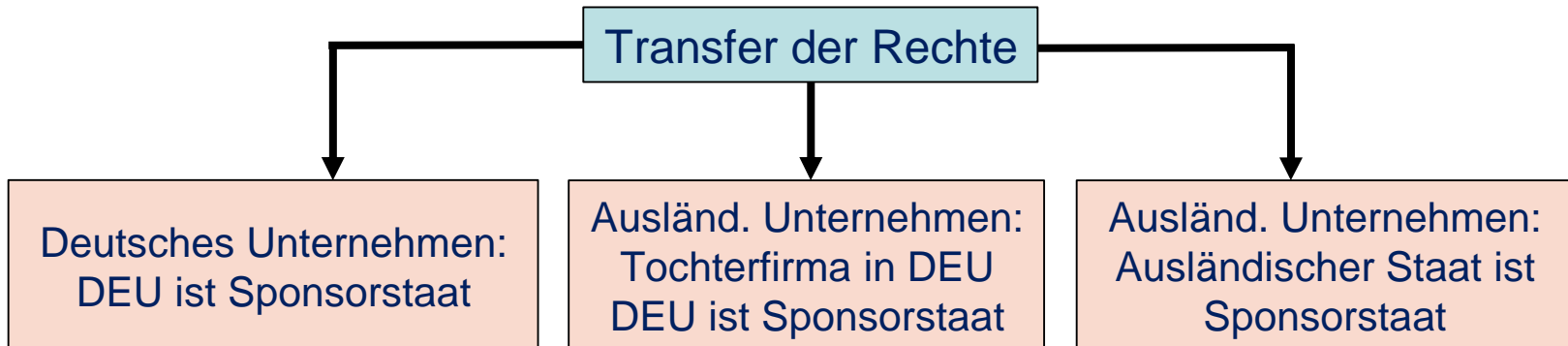
## Contractors / Sponsoring states

1. IOM
2. Russia
3. S-Korea
4. China
5. Japan
6. France
7. India
8. Germany
9. Nauru
10. Tonga
11. Kiribati
12. UK
13. Belgium
14. Singapore
15. UK II
16. Jamaica
17. Cook Islands

# Ziele der Exploration von marinen mineral. Rohstoffen

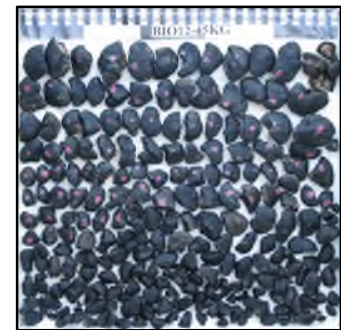
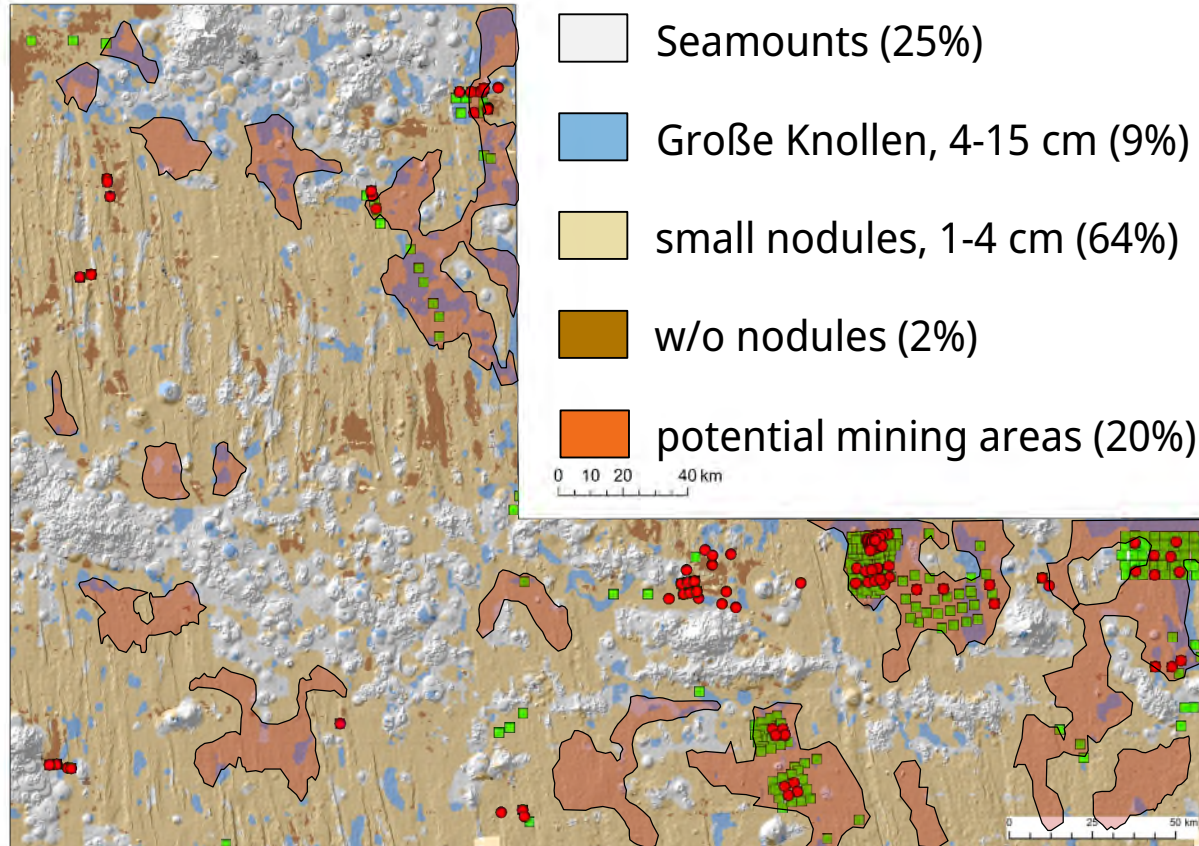


- Lagerstättenbewertung auf der Stufe „indicated resource“
- Grundlagenstudien zur Umwelt + Umweltverträglichkeitsprüfung
- Entwicklung von metallurgischen Aufbereitungstechniken
- Zusammenarbeit mit Industrie bei Explorations-/Bergbautechnologien

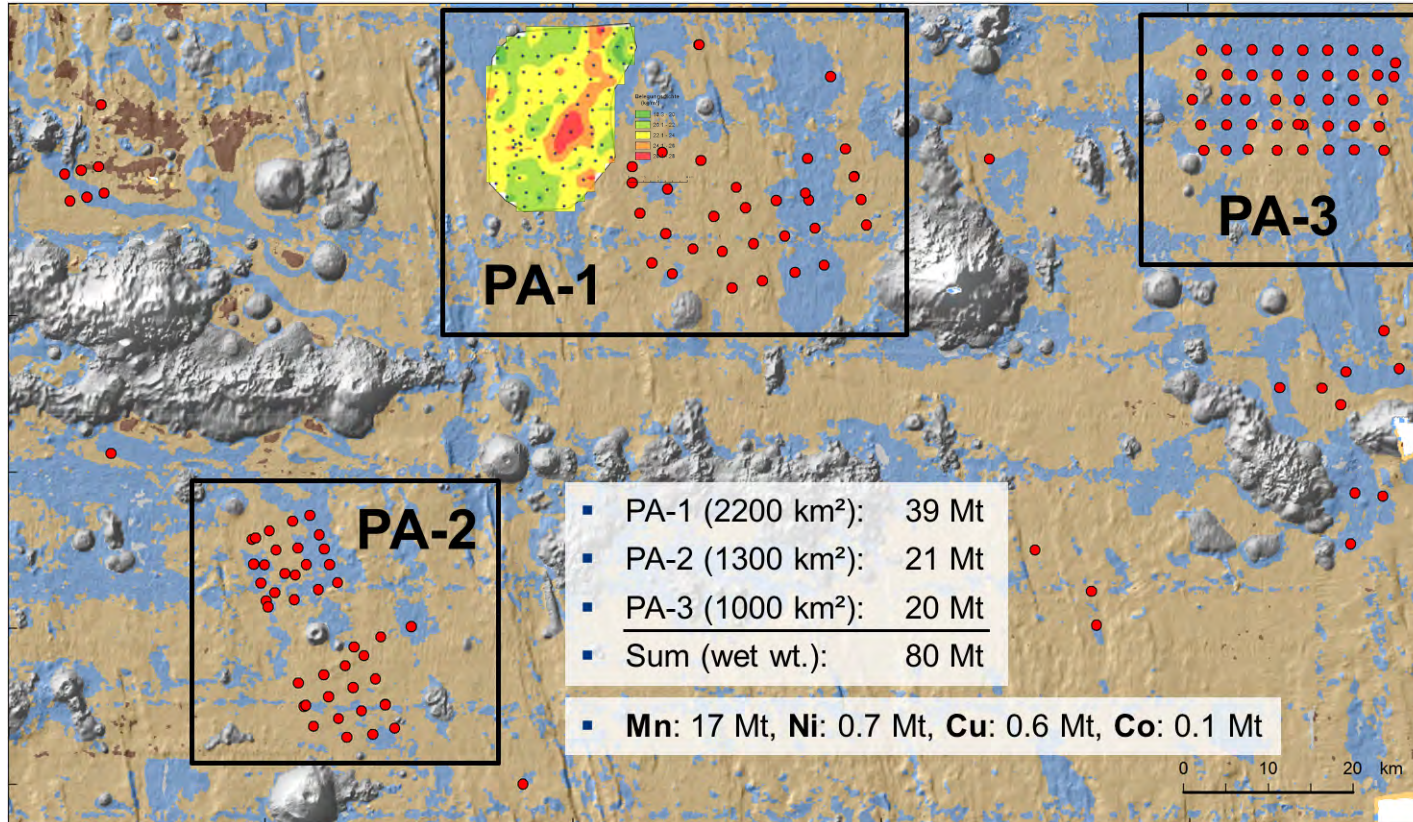




# Prospektive Gebiete



# Prospektive Gebiete



Kuhn & Rühlemann, 2021



# Vergleich mit jährlichem deutschen Nettoimport

<b>Metal</b>	<b>Net import (t) 2018</b>	<b>Metal from Mn nodules (t)</b>	<b>Percentage (%)</b>
<b>Cu</b>	373,000	22,000	6
<b>Ni</b>	55,000	28,000	51
<b>Co</b>	4,000	3,200	80
<b>Mn</b>	200,000	600,000	300

Angenommene Jahresproduktion von 3 Mio. Tonnen Knollen (Nassgewicht) einschließlich Verlusten durch metallurgische Verarbeitung





Megafauna  
( $> 1$  cm)



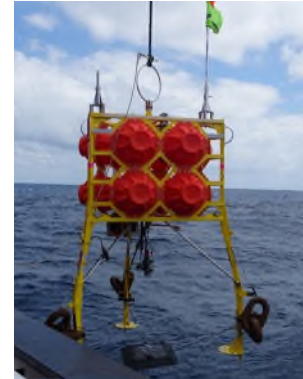
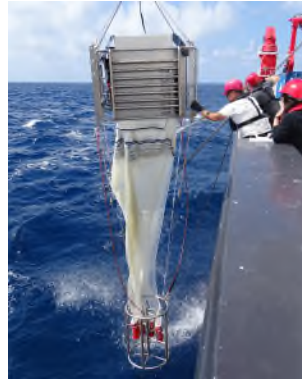
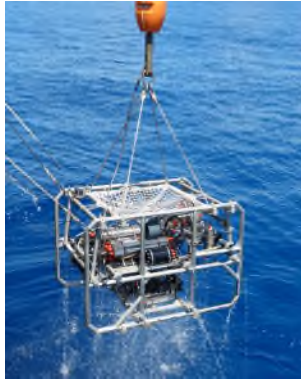
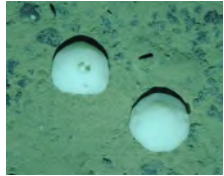
Macrofauna  
(1 cm - 1 mm)



Meiofauna  
( $< 1$  mm)

# Lebensgemeinschaften: Was wissen wir?

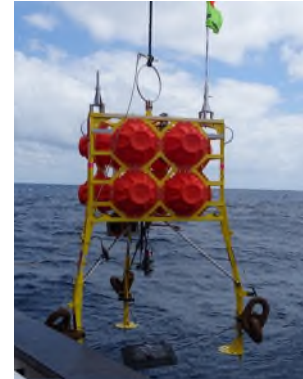
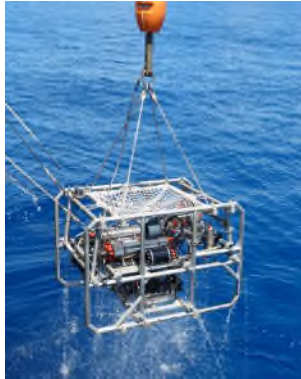
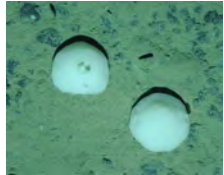
- Hohe Artenvielfalt (ca. 90% der Arten noch unbeschrieben)
- Geringe Individuendichte einzelner Arten
- Große Anzahl seltener Arten
- Ausreichender Genfluss für häufige Arten über Entfernungen > 100 km
- Molekulargenetische Methoden erleichtern die schnelle Identifizierung



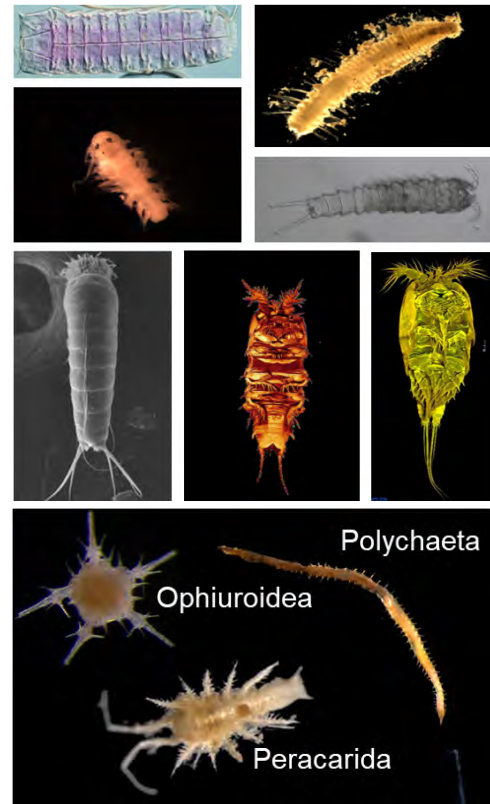
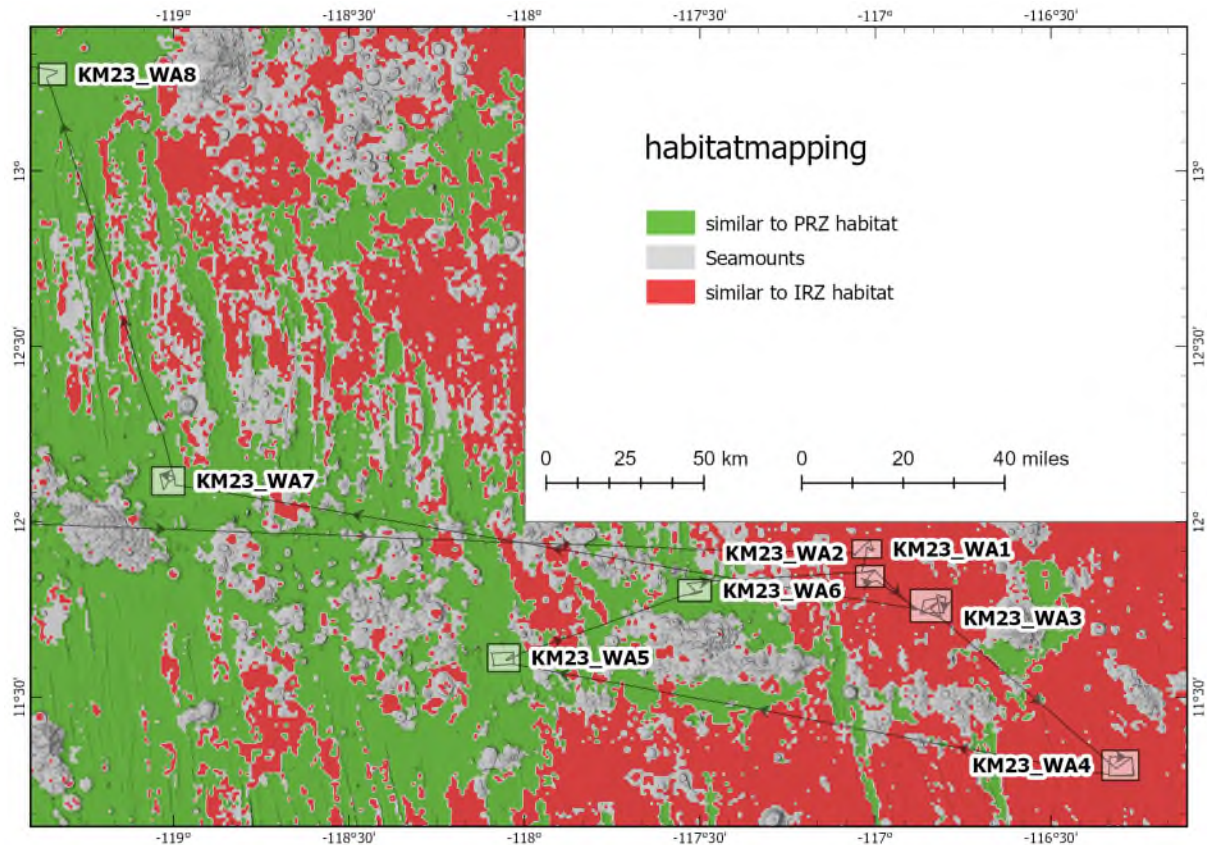
# Lebensgemeinschaften: Was fehlt noch?



- Ökosystemfunktion
- Analyse des Nahrungsnetzes
- Geografische Verteilung der Fauna
- Regionale Konnektivität über größere Entfernungen (1000 km)
- Fauna der Wassersäule

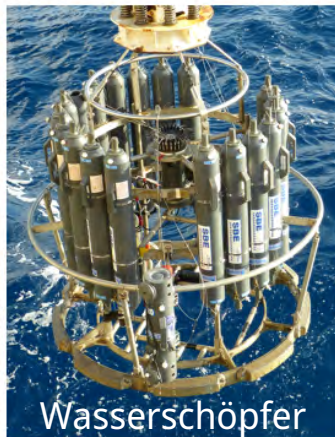
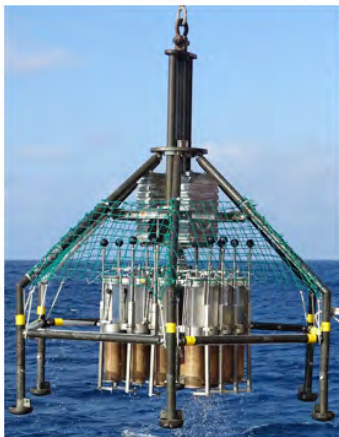
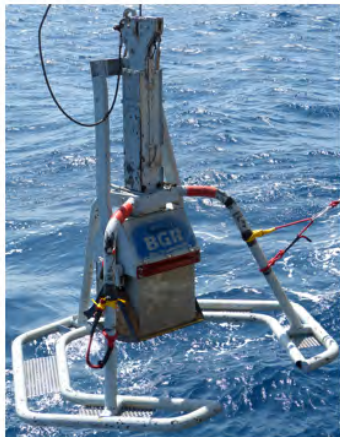


# Habitatmodell und Arbeitsgebiete

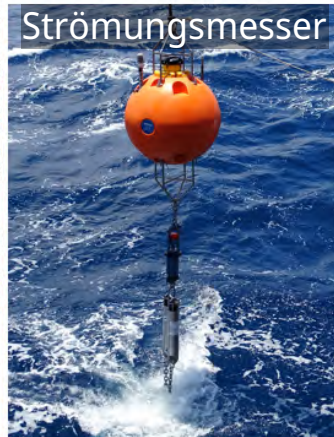




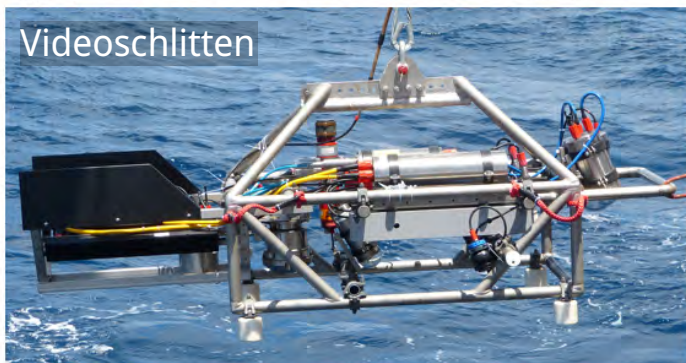
# Explorationsgeräte



Wasserschöpfer



Strömungsmesser



Videoschlitten



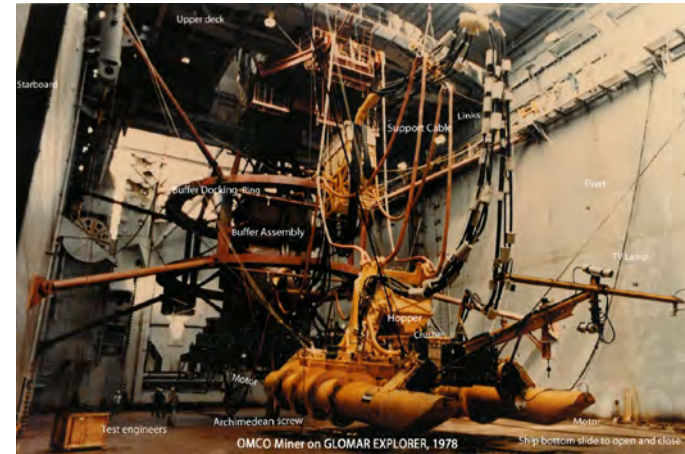
Epibenthoschlitten



Multi-netz

# Erste erfolgreiche MMR- und PMT-Aktivitäten durch PREUSSAG, AMR und OMI (1970 – 1985)

- 1972: Gründung der AMR (Arbeitsgemeinschaft meeresstechnisch gewinnbare Rohstoffe; PREUSSAG, Metallgesellschaft, Salzgitter, RheinBraun)
- 1974: Durchführbarkeitsstudie zur Manganknollengewinnung
- Gründung des internationalen Joint Ventures OMI
  - AMR/Deutschland
  - DOMCO/Japan (Sumitomo)
  - INCO/Kanada
  - SEDCO/USA
- 1978: Erster erfolgreicher Pilot Mining Test (PMT)
- Test mit 2 unterschiedlichen Kollektor-Typen
- Erfolgreicher Fördertest sowohl mit Pump- als auch mit Airlift-Verfahren
- Förderung von mehr als 600 t Manganknollen
- Diverse begleitende Umwelt-Projekte





# Animation zum Abbau von Manganknollen



# 2021: GSR Kollektortest und Umweltmonitoring



Fotos: GSR



# 2022: NORI Kollektortest und Umweltmonitoring



Fotos: The Metals Company



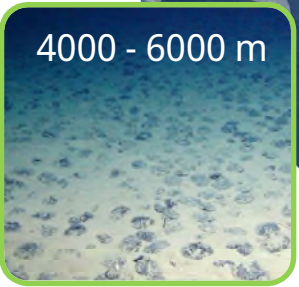
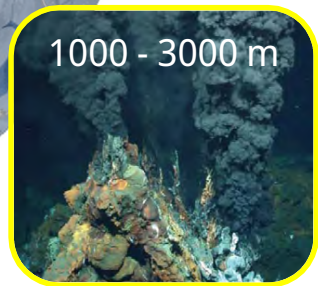
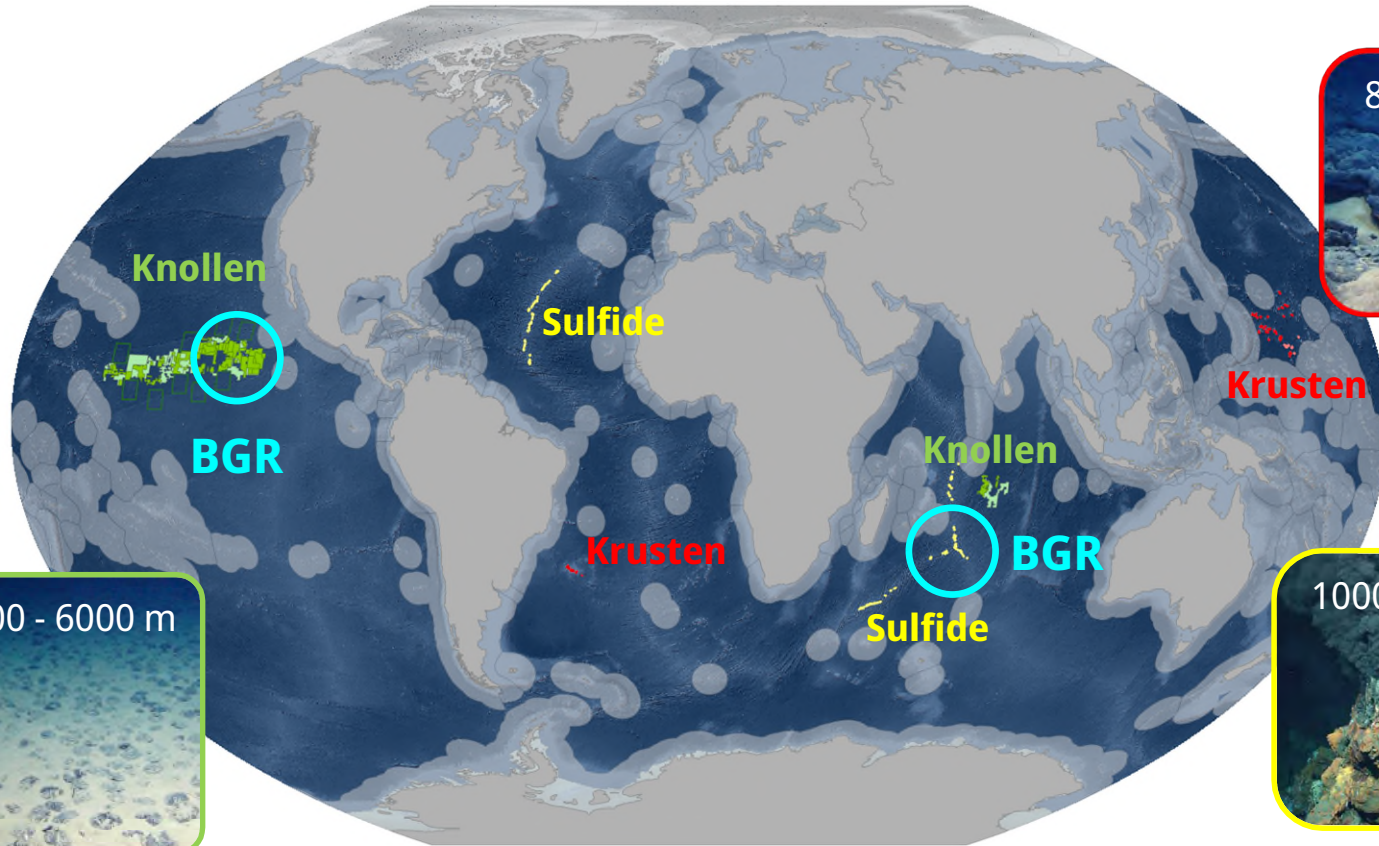
## Polymetallische Sulfide (Massivsulfide)

BGR-Explorationslizenz (2015-2030)

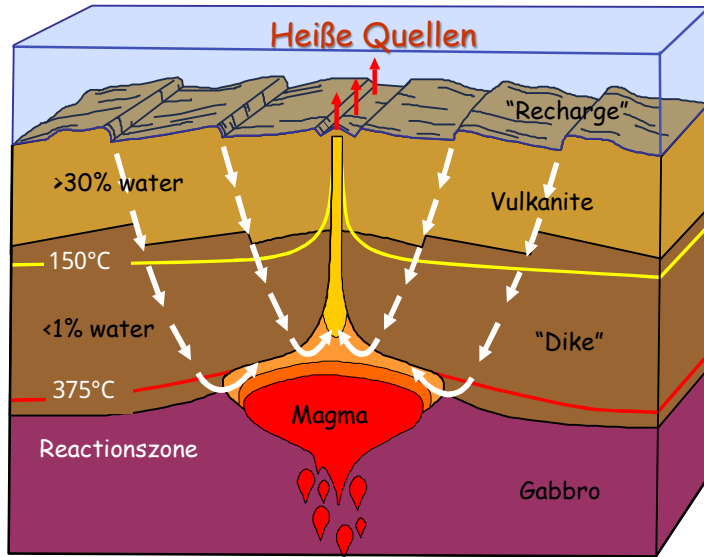




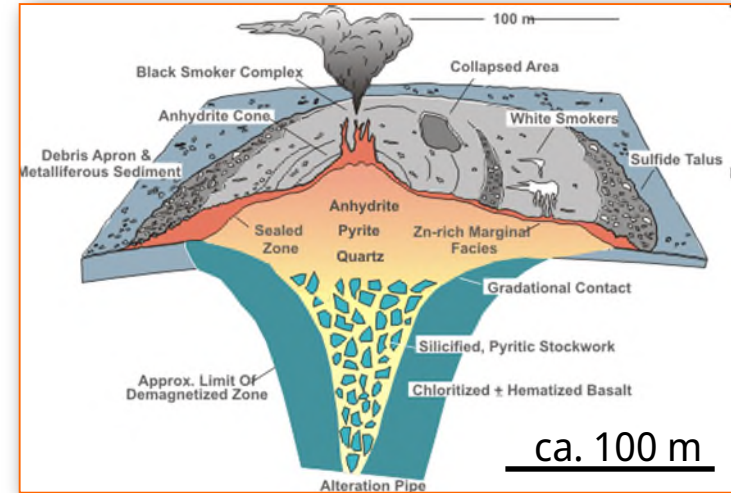
# Explorationsgebiete für marine mineralische Rohstoffe



# Wie bilden sich marine Sulfidvererzungen?



Krustenschnitt

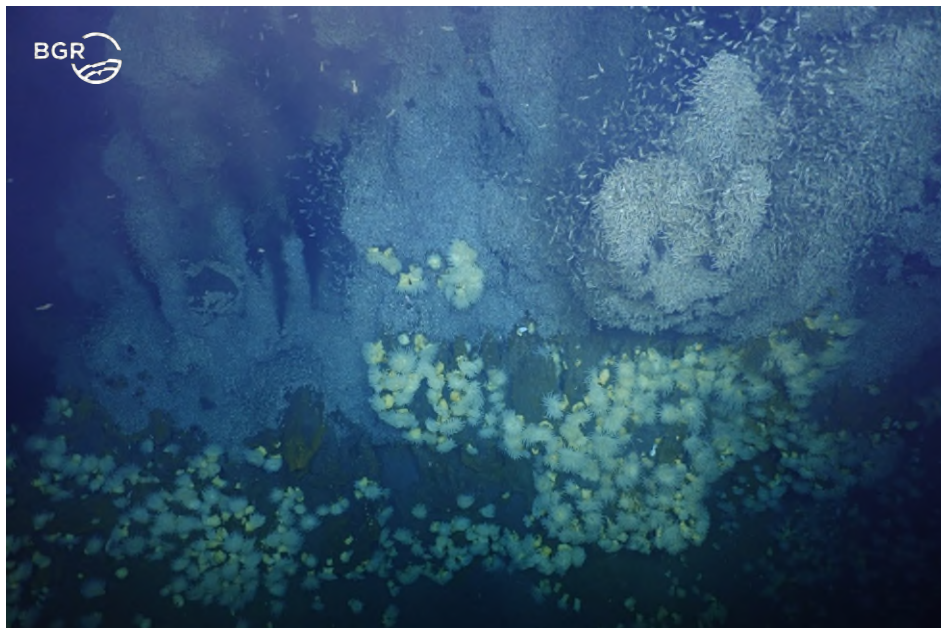
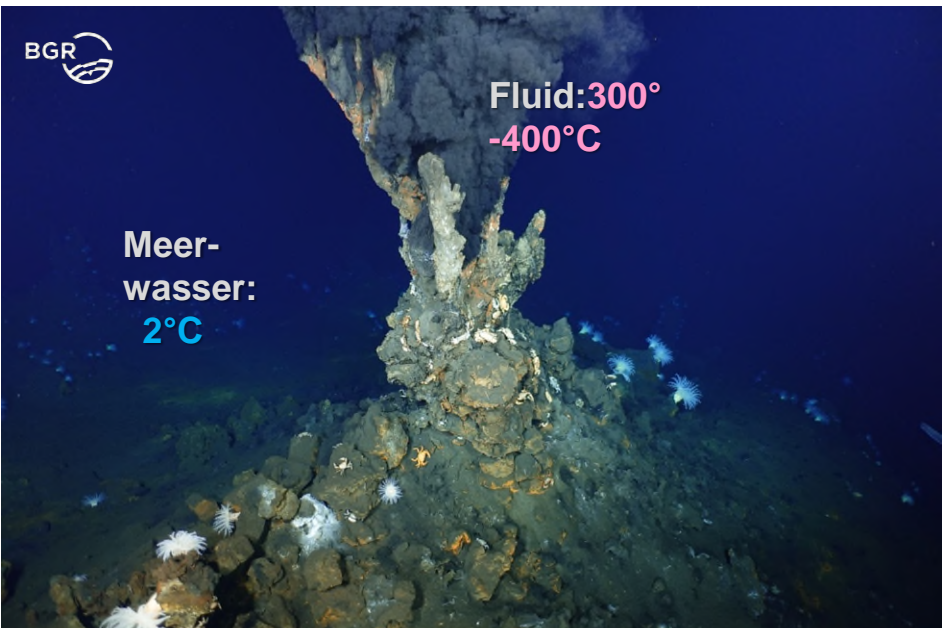


nach Mark Hannington,  
(Natural Resources Canada,  
[www.nrcan.gc.ca](http://www.nrcan.gc.ca))

**Wertstoffe:** Zink, Kupfer, Blei, (Silber), (Gold)



# Aktive Schwarze Raucher



# Inaktive Massivsulfidfelder (Explorationsziel)

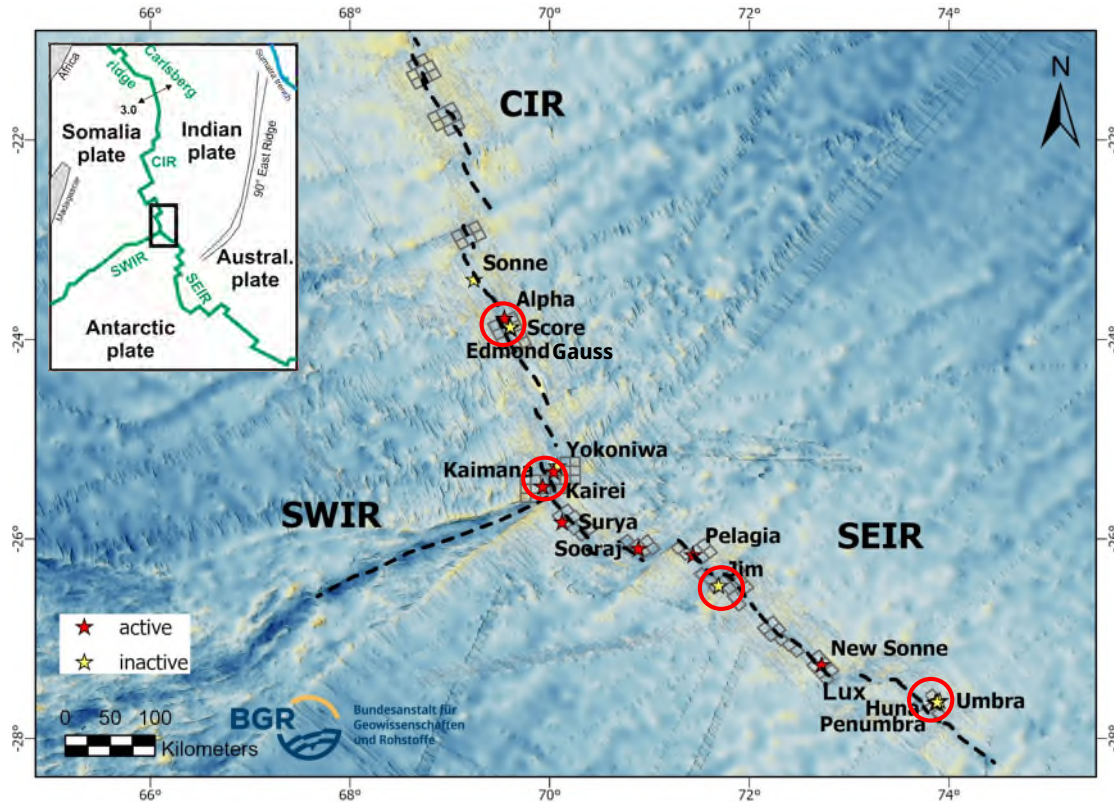


Surface of mound in JIM field



Surface of mound in JIM field with Fe-Mn crust disrupted exposing underlying massive sulphides. ATAP measurements

# Allgemeine Explorationsergebnisse



- 12 Cluster: 5 CL am sCIR, 7 CL am nSEIR
- 100 Blöcke á 10 x 10 km; 10.000 km<sup>2</sup>
- ~ 15% hochaufgelöste Bathymetrie
- 14 neue SMS-Vorkommen entdeckt
- Aktiv und inaktive Lokationen
- Mafisch-, Ultramafisch-gebunden
- Geophysikalische Erkundung des Untergrundes an 7 Vorkommen
- Erste Flachbohrungen



# INDEX – Zeitplan und Meilensteine



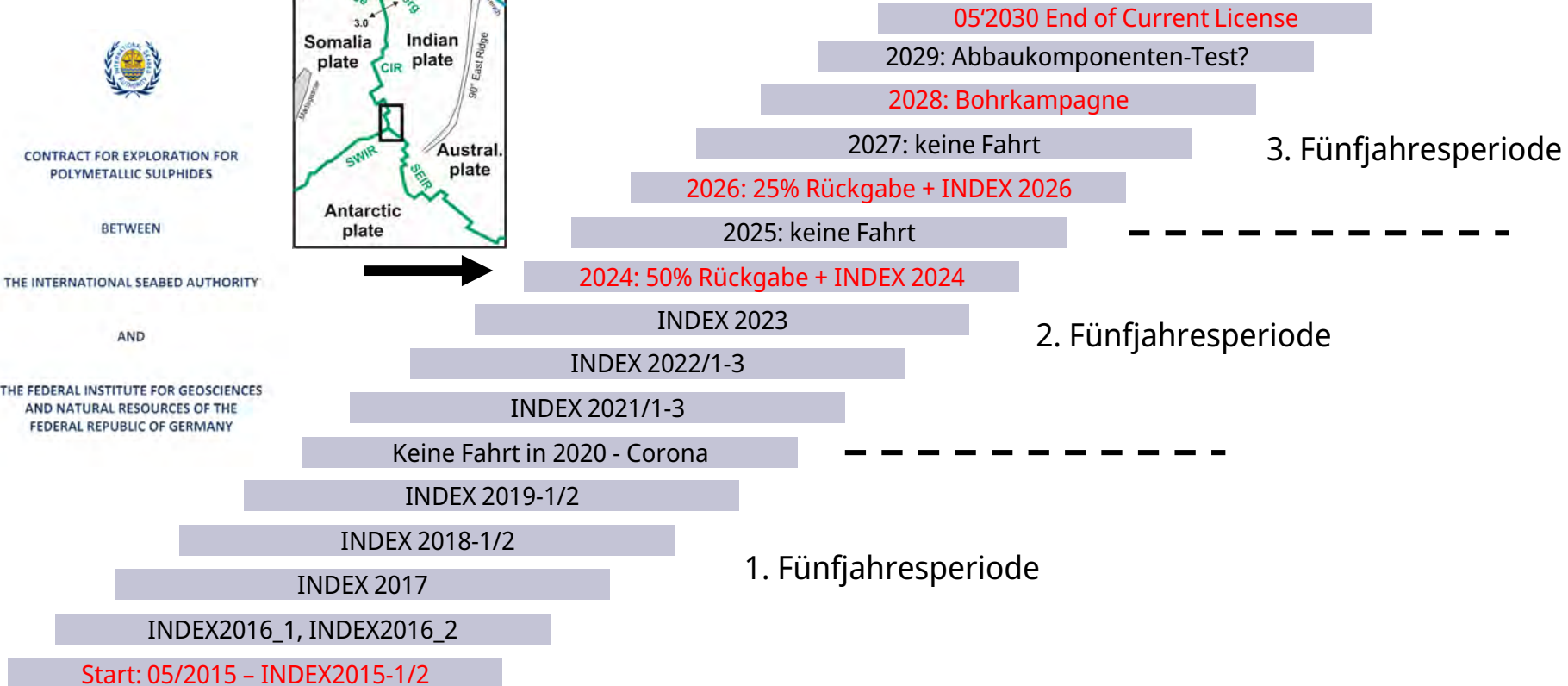
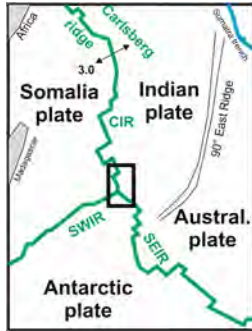
CONTRACT FOR EXPLORATION FOR  
POLYMETALLIC SULPHIDES

BETWEEN

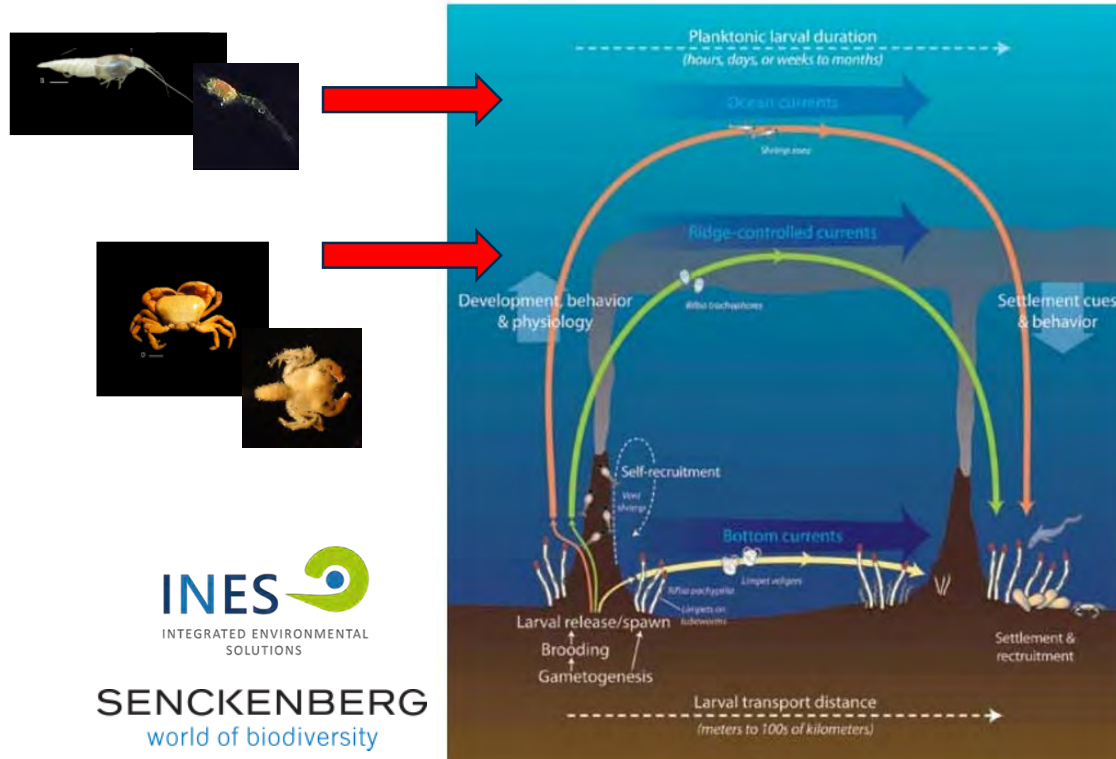
THE INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY

AND

THE FEDERAL INSTITUTE FOR GEOSCIENCES  
AND NATURAL RESOURCES OF THE  
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY



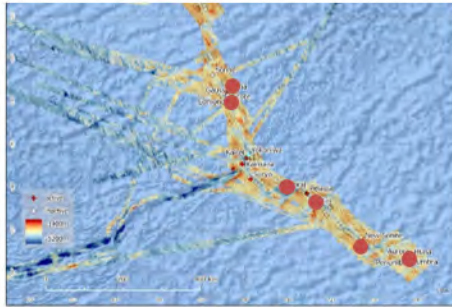
# Umweltuntersuchungen (Konnektivität)



**INES**  
INTEGRATED ENVIRONMENTAL  
SOLUTIONS

**SENCKENBERG**  
world of biodiversity

# Umweltuntersuchungen (Biodiversität) Metabarcoding & eDNA



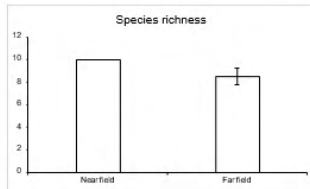
Stations – 13  
Vent Fields – 6

eDNA samples – 264  
Metabarcoding  
samples – 223

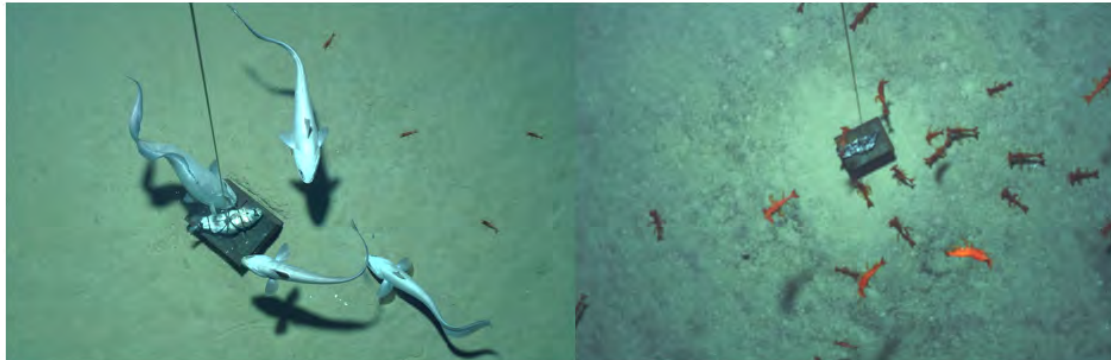
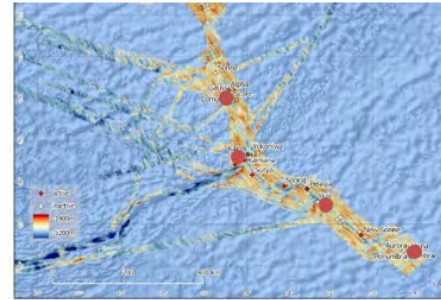




# Umweltuntersuchungen (Biodiversität) Fisch Kamera



Stations – 8  
Clusters – 4  
Photos – 3000



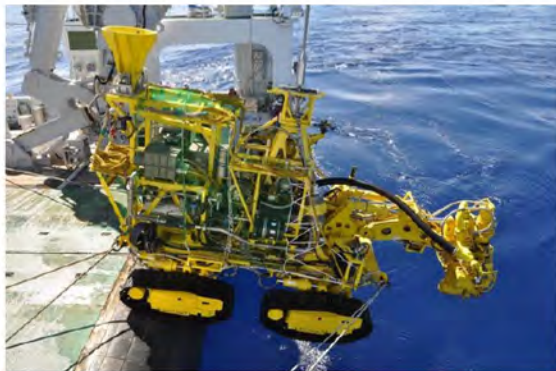
# Klassischer hydrothermaler Mound



## INDEX 2023/2: Fotogrammetrie JIM Mound #04



# Abbautechnologie

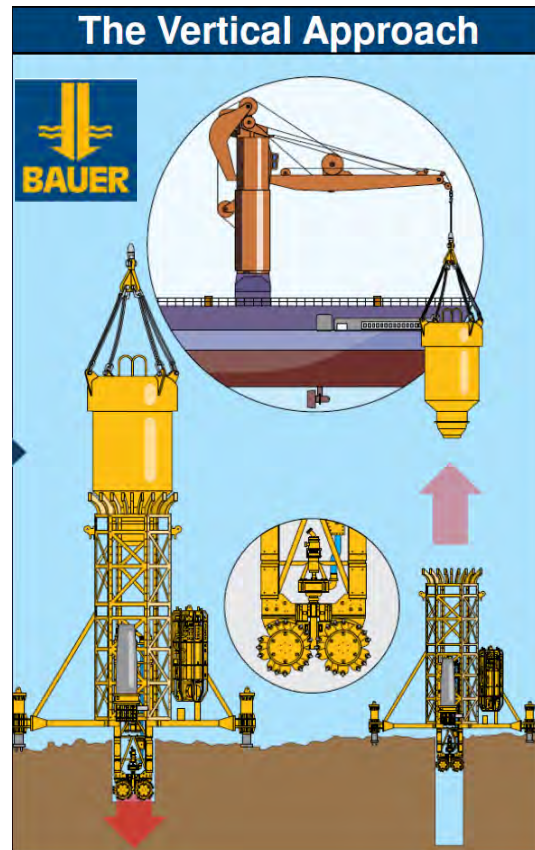


Okinawa  
Through

*Brekke, 2021*



Solwara 1



From  
large-scale sampling  
to mining

**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**