

Anneli Berger und Swen Aurich | TU Bergakademie Freiberg

VERFAHRESENTWICKLUNG FÜR DIE MINIMALINVASIVE SCHNEIDENDE GEWINNUNG AM BEISPIEL EINES PRÜFSTANDES FÜR DIE SIMULATION DES SCHNEIDEINGRIFFS

Die Exploration und angestrebte Förderung maritimer Rohstoffe aus der Tiefsee gewinnt angesichts steigender Rohstoffbedarfe zunehmend an Bedeutung. Maritime Massivsulfiderze weisen im Vergleich zu terrestrischen Lagerstätten deutlich höhere Kupfergehalte auf und befinden sich unmittelbar am Meeresboden – ohne Überlagerung von Taubgestein. Daher haben Seafloor Massive Sulfides, SMS ein durchaus hohes wirtschaftliches Potenzial, sofern ein technisch umsetzbares und gesellschaftlich anerkanntes Gewinnungsverfahren entwickelt werden kann.

Das Forschungsprojekt „Deep Sea Sampling“, DSS zielt darauf ab, die technischen und verfahrensbedingten Grundlagen für eine minimalinvasive bergmännische Gewinnung von Massivsulfiderzen unter strikter Einhaltung der Umweltschutzvorgaben zu schaffen.

SMS-Lagerstätten befinden sich häufig in Wassertiefen von etwa 3.000 m und zeichnen sich durch starke Hangneigungen sowie eine bislang nur unzureichend bekannte Bodenzusammensetzung aus. Aufgrund der Porosität des Untergrundes besteht die Gefahr des Einbrechens oder gar Abrutschens der Abbaueinheit. Darüber hinaus basiert die Kenntnis der Lagerstättenverteilung bislang überwiegend auf Modellen terrestrischer Lagerstätten, weshalb belastbare Bohrkern Daten für zukünftige Pilot-Mining-Tests unerlässlich sind.

Der Vortrag behandelt die bereits gewonnenen Erkenntnisse aus den vergangenen Projektjahren und fokussiert auf die weitere Entwicklung des Abbauverfahrens mittels schneidender Gewinnung unter den herausfordernden Umgebungsbedingungen in der Tiefsee.

Aufgrund der großen Distanz zwischen dem Versorgungsschiff und der Abbaueinheit am Meeresboden resultiert aus dem Eigengewicht des Transportseils ein ungünstiges Nutzlast-Totlast-Verhältnis der Hebevorrichtung. Die Gewichtsreduzierung der Abbaueinheit ist daher eine zentrale Anforderung im Projekt. Dabei besteht ein Zielkonflikt zwischen der notwendigen Reduzierung des Systemgewichts und der gleichzeitig erforderlichen Mindestandruckkraft für die Abbauwerkzeuge, um einen Fräsfortschritt zu erzielen. Zusätzlich beeinflusst der hyperbarische Effekt das Bruch- und Schneidverhalten des Gesteins unvorteilhaft.

Ein Ziel des Projektes DSS ist daher ein vertieftes Prozessverständnis hinsichtlich relevanter Fräsparmeter und deren Optimierung. Daraus sollen Rückschlüsse für die Entwicklung eines rotatorischen Prüfstandes gezogen werden, da bestehende Versuchsanlagen das reale Schneidverhalten bislang nur eingeschränkt abbilden können.

Process development for minimally invasive cutting extraction, based on the example of a test stand for simulating the cutting procedure

Dipl.-Ing. Anneli Berger | Swen Aurich M.Sc

77. BHT – Freiburger Universitätsforum 2026

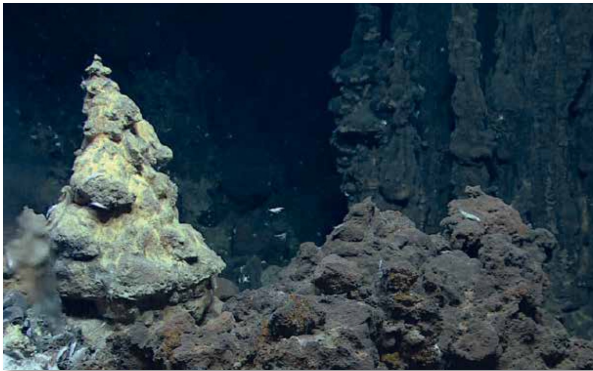


Agenda

- **Marine raw materials – minerals in the deep sea**
- **Challenges**
- **Deep Sea Sampling research project**
- **Vertical Approach**
- **Lightweight engineering and electrification**
- **Cutting process and test stand**

Marine raw materials – minerals in the deep sea

Seafloor massive sulfides



Polymetallic nodules

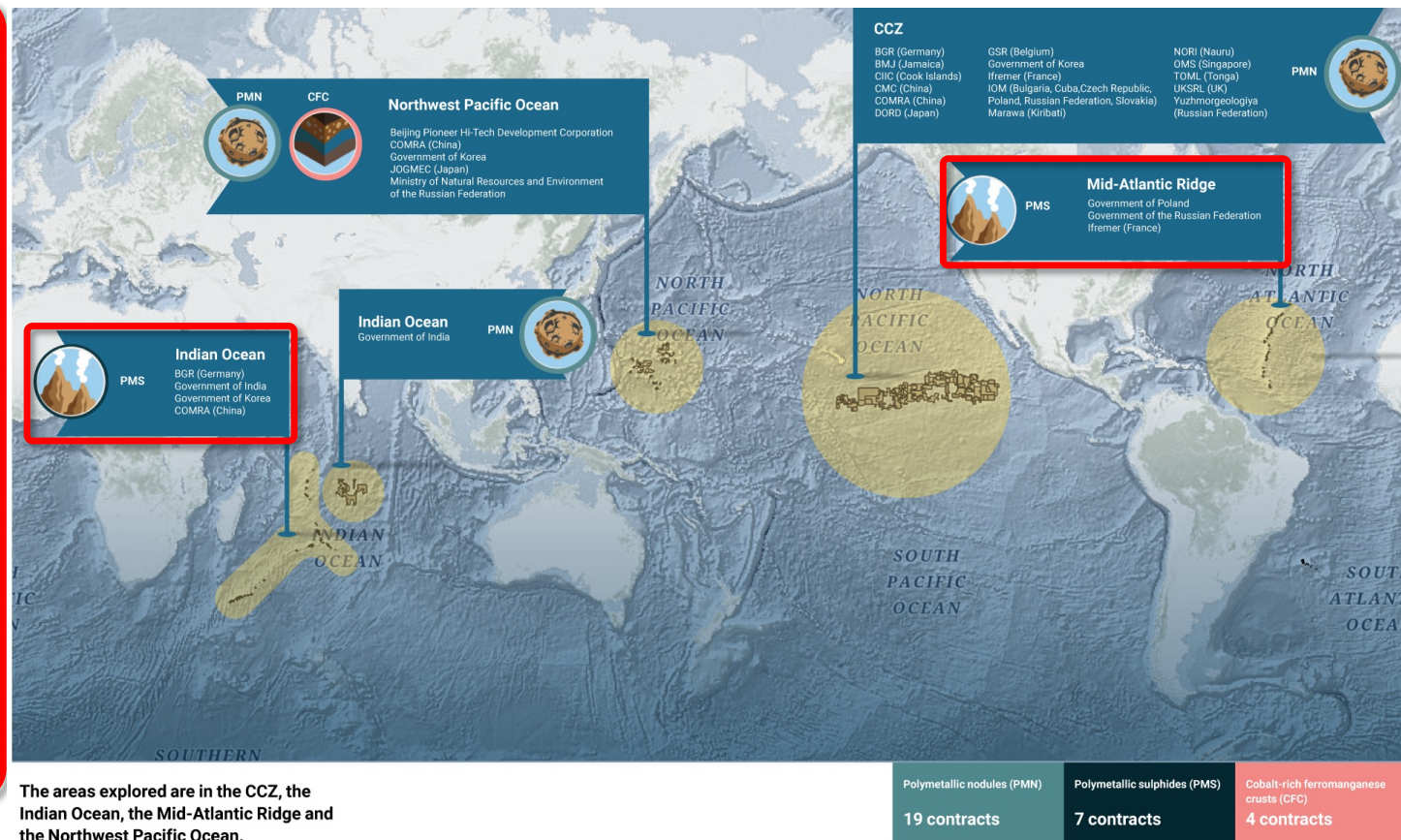
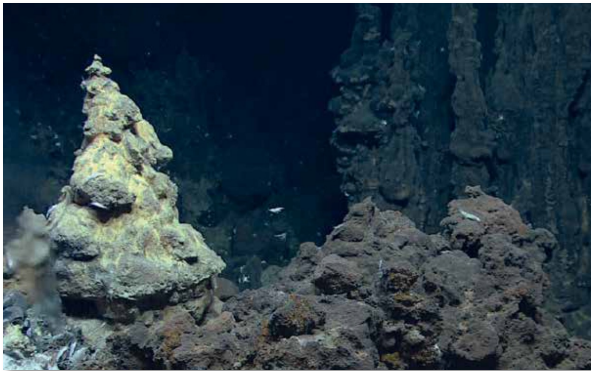


Cobalt-rich ferromanganese crusts



Marine raw materials – minerals in the deep sea

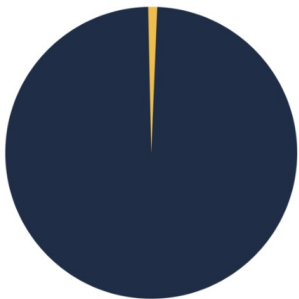
Seafloor massive sulfides



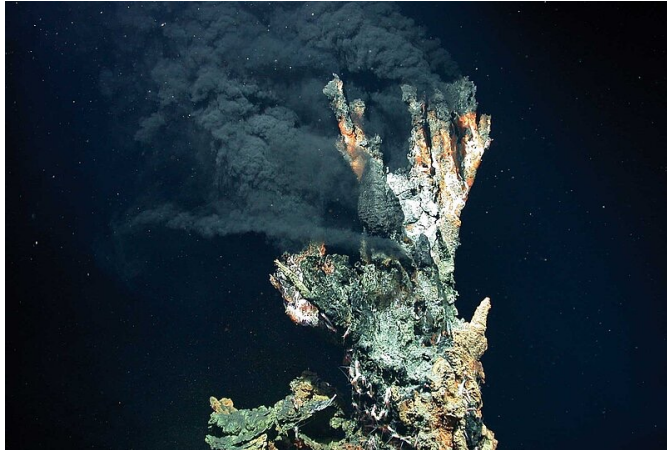
Why marine raw materials ?



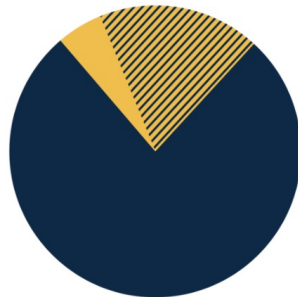
0.8-1%
Copper



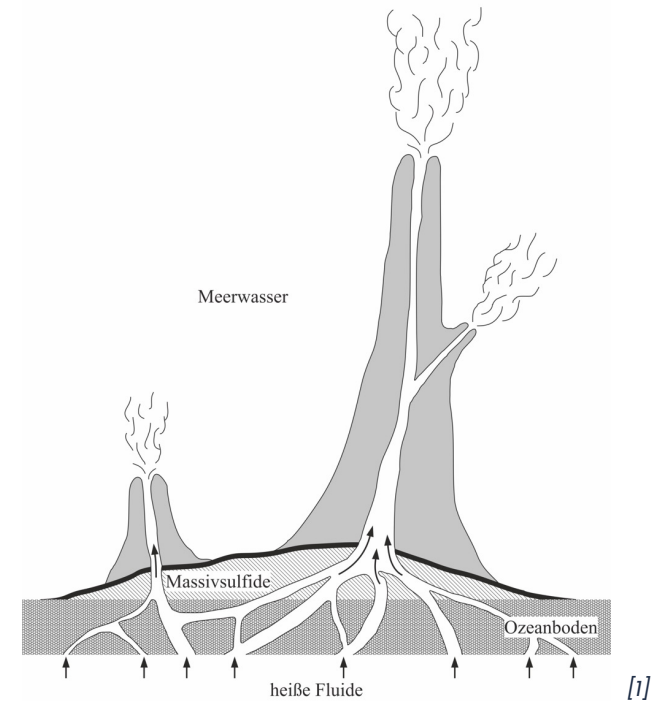
Onshore
Mining



8-30%
Copper



Deep Sea
Mining



- no sedimentary cover over the ore-bearing minerals
- very limited areal extent of the deposits on the seafloor
- relatively little gangue

[1] https://www.tu-braunschweig.de/fileadmin/_processed_/1/1/csm_Schwarzer_Raucher_bbbf7694a6.png



Challenges

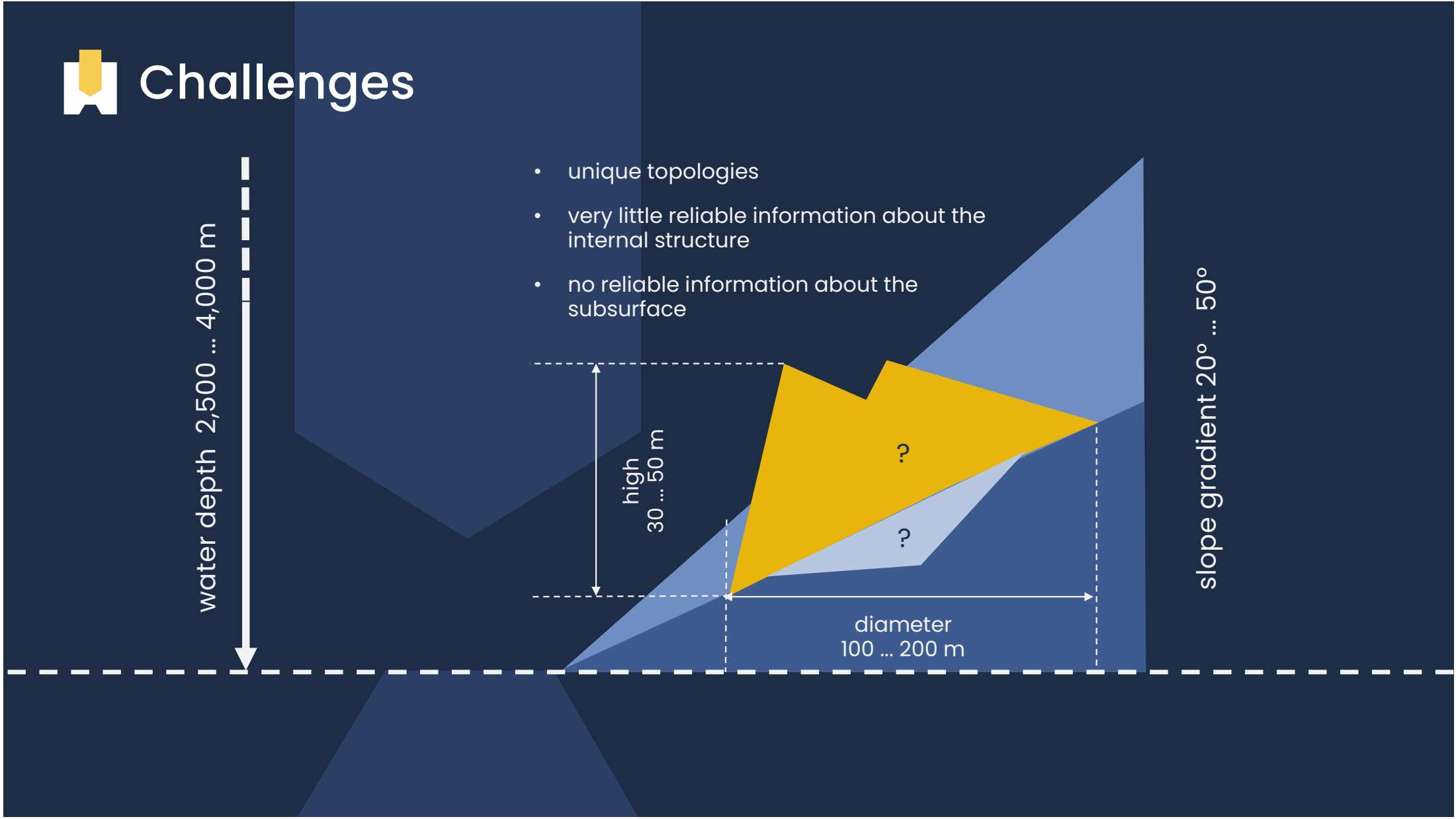
- unique topologies
- very little reliable information about the internal structure
- no reliable information about the subsurface

water depth 2,500 ... 4,000 m

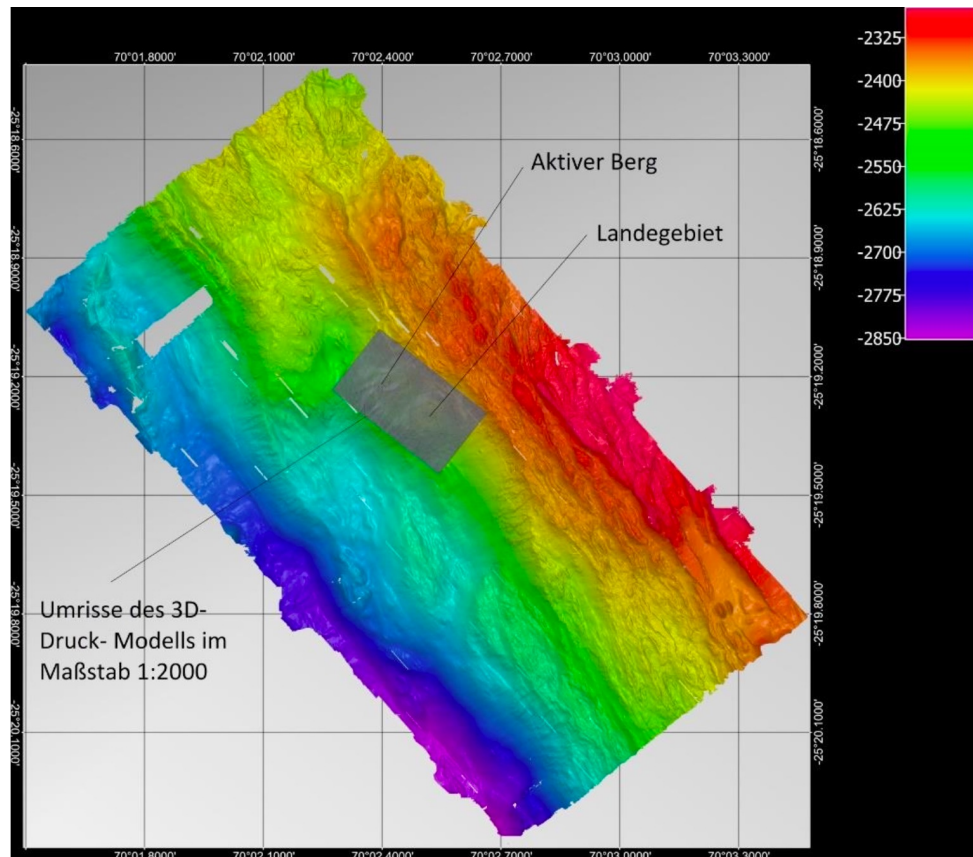
high
30 ... 50 m

diameter
100 ... 200 m

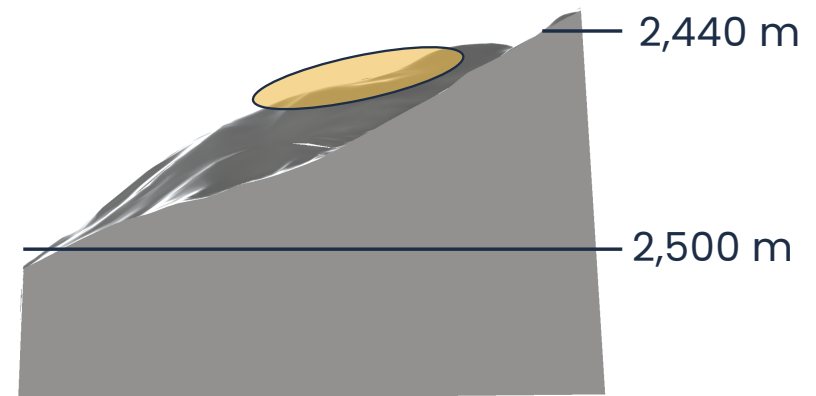
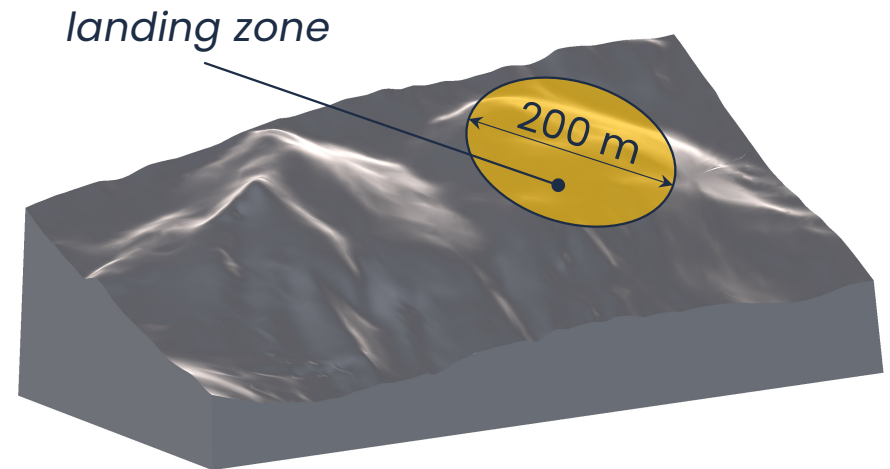
slope gradient 20° ... 50°



Topography of the deposit



Elevation model of a typical deposit in the Indian Ocean [2]



Scaled 3D model of the deposit



Deep Sea Sampling 2020–2024

Gefördert durch:



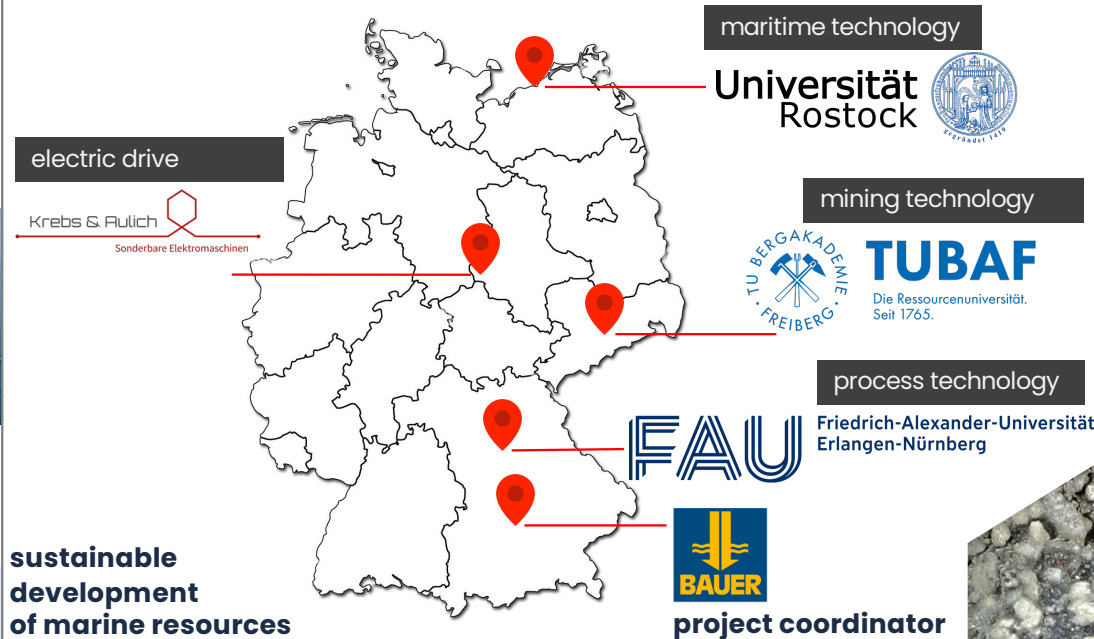
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

**Maritime
Forschungsstrategie 2025**



MARITIME.value



project profile

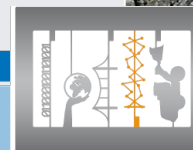
Developments in technologies for
the minimally invasive extraction
of massive sulfides from the deep
sea

6,8 Mio. €
project volume

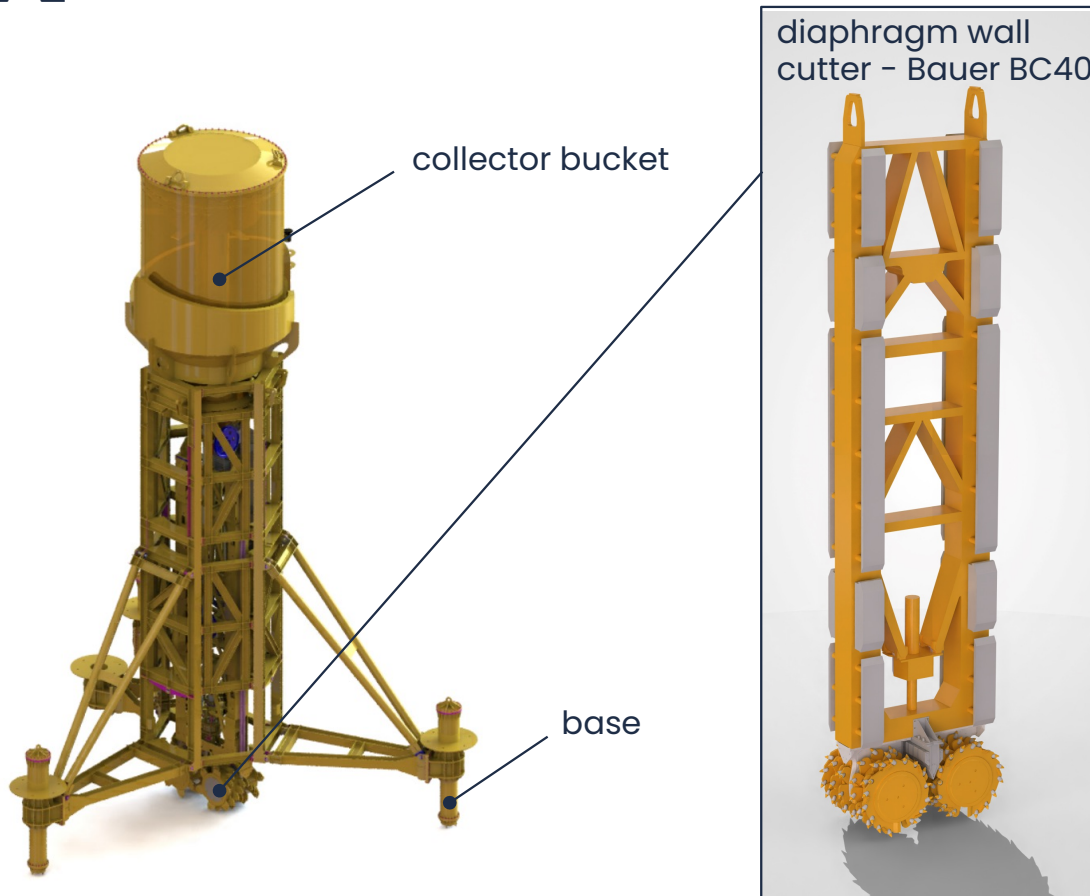
3
project years

WINNER OF THE:

bauma
Innovation Award 2022



Vertical Approach



Exploration unit [3]

diaphragm wall
cutter – Bauer BC40



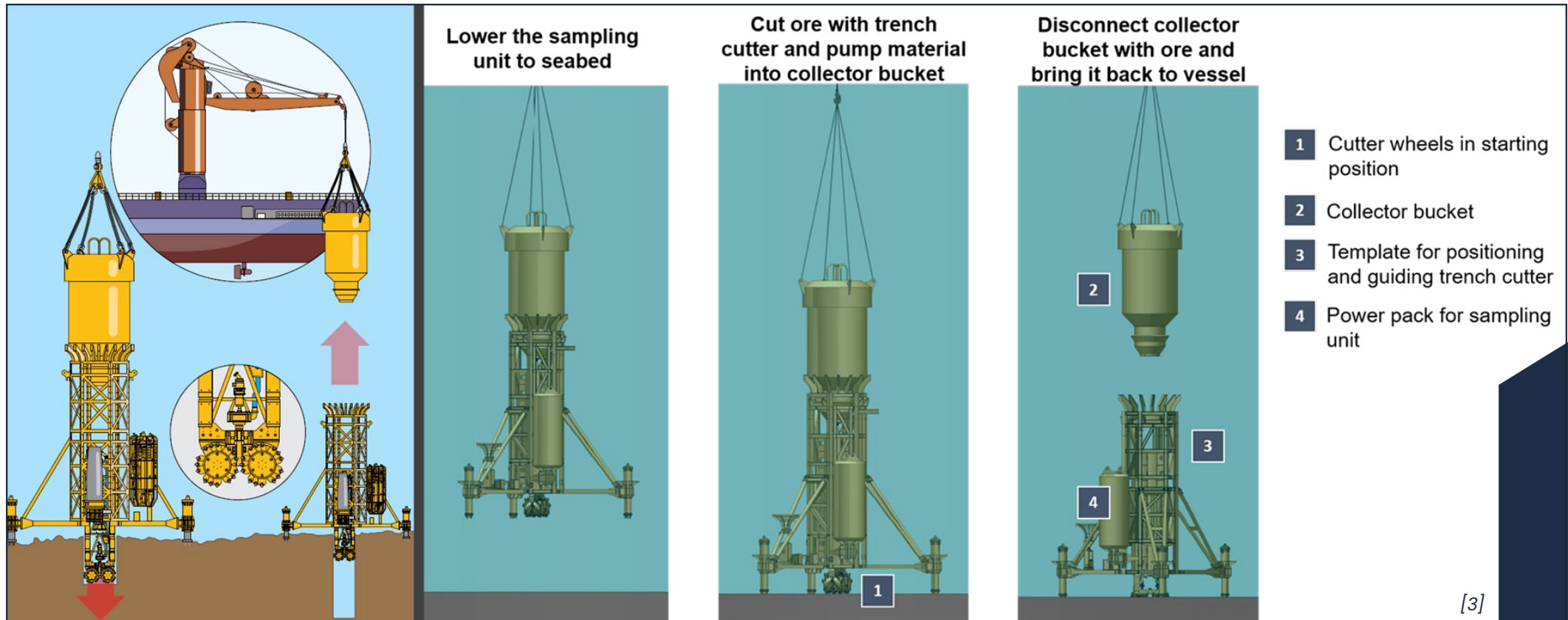
Diaphragm wall cutter with carrier unit in use on a construction site [3]

weight
40 t

cutter wheel diameter
1,4 m

trench dimensions
2,8 m x 1,4 m

Vertical Approach



Cutting processes – challenges on land and in the deep sea



HARREN & PARTNER

BAUER

Containers for equipment, spares and storage

Hydraulic power pack

Container for mined ore

Console for trench cutter and umbilical winch

Umbilical winch with 3,000 m deep sea cable

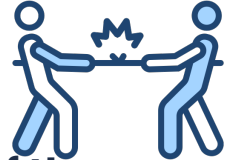
ROV

Trench cutter

WROV

Space for mined ore in cargo hold

Conflict of objectives



Reducing the **mass of the exploration unit** for the exploration mission [4]

cutting process:
Minimum **contact pressure** for mining tools

[4] <https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/18292/18292563.png>

Electrification of the cutting wheels

A new kind of Construction Machinery.

Smart.

Small.

Electrifying.



E-CSM – Demonstrator being tested on a construction site



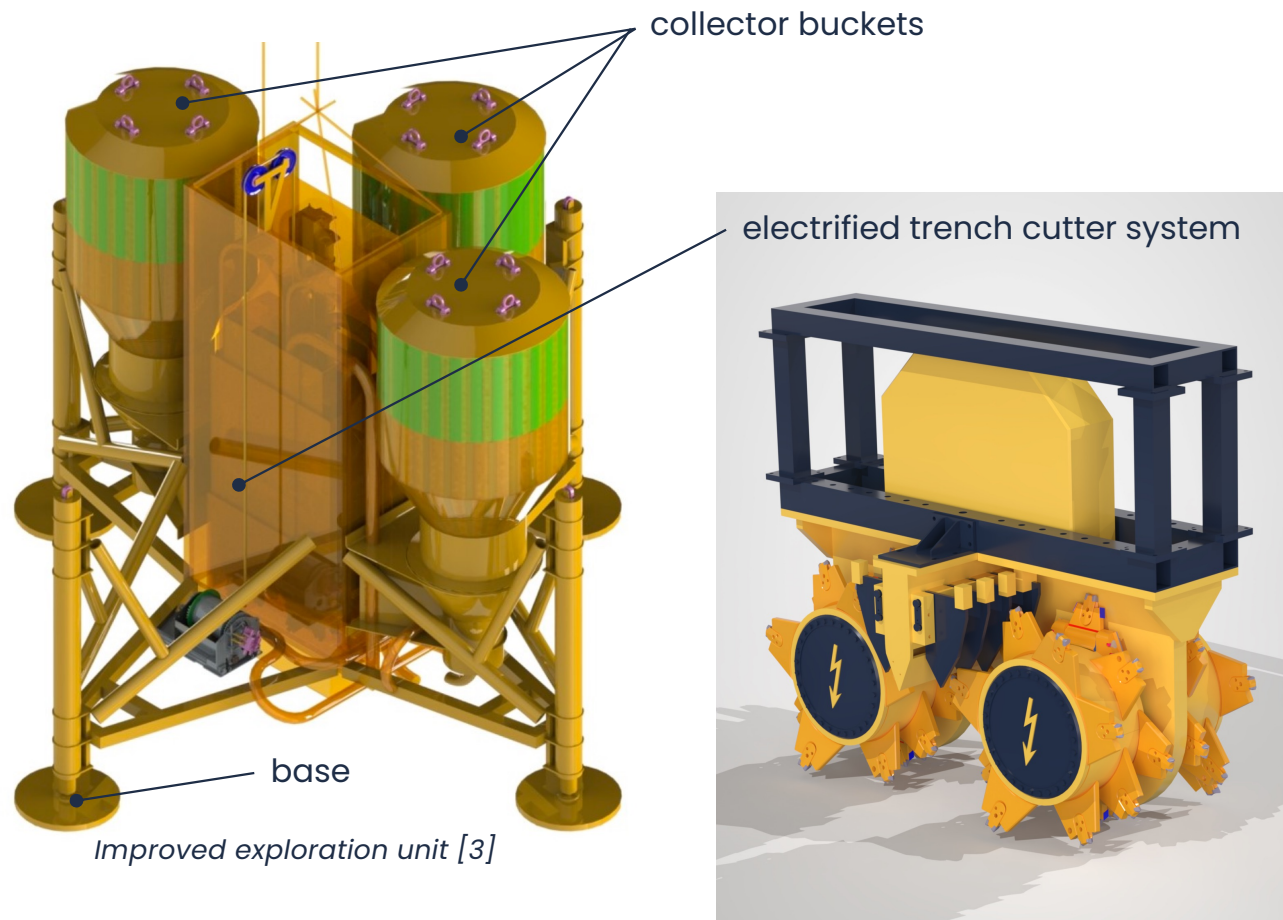
Staff members from the Institute of Mechanical Engineering next to the E-CSM demonstrator



- 1 Getriebeschild
- 2 Fräsrاد
- 3 Planetengetriebe
- 4 Elektroantrieb

Sectional representation of the E-CSM

Lightweight engineering and modularization



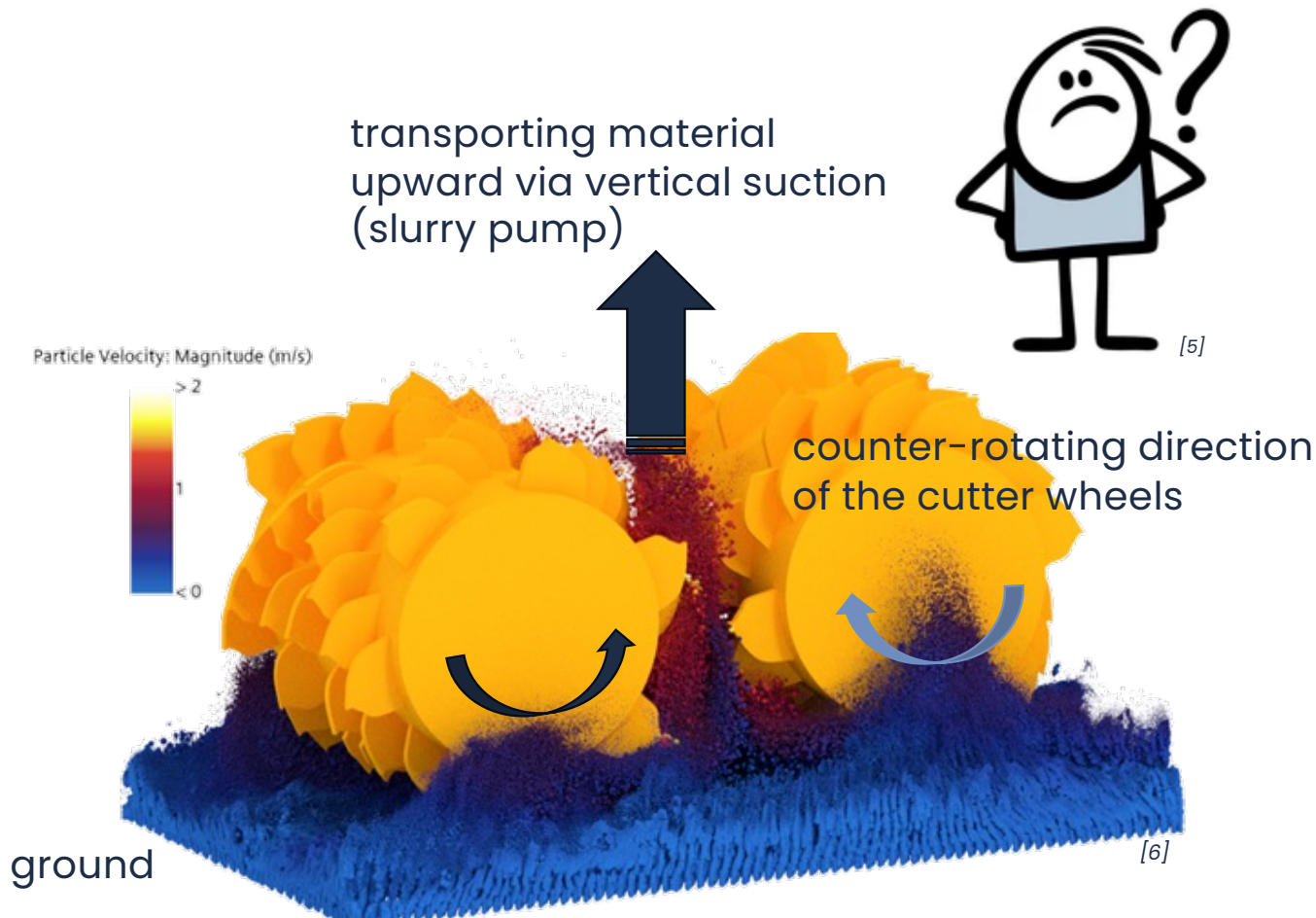
weight
40t → **15 t**

cutter wheel diameter
1,4 m → **1,2 m**

trench dimensions



How a diaphragm wall cutter works



Computational fluid dynamics model of the cutting process

Technical questions:

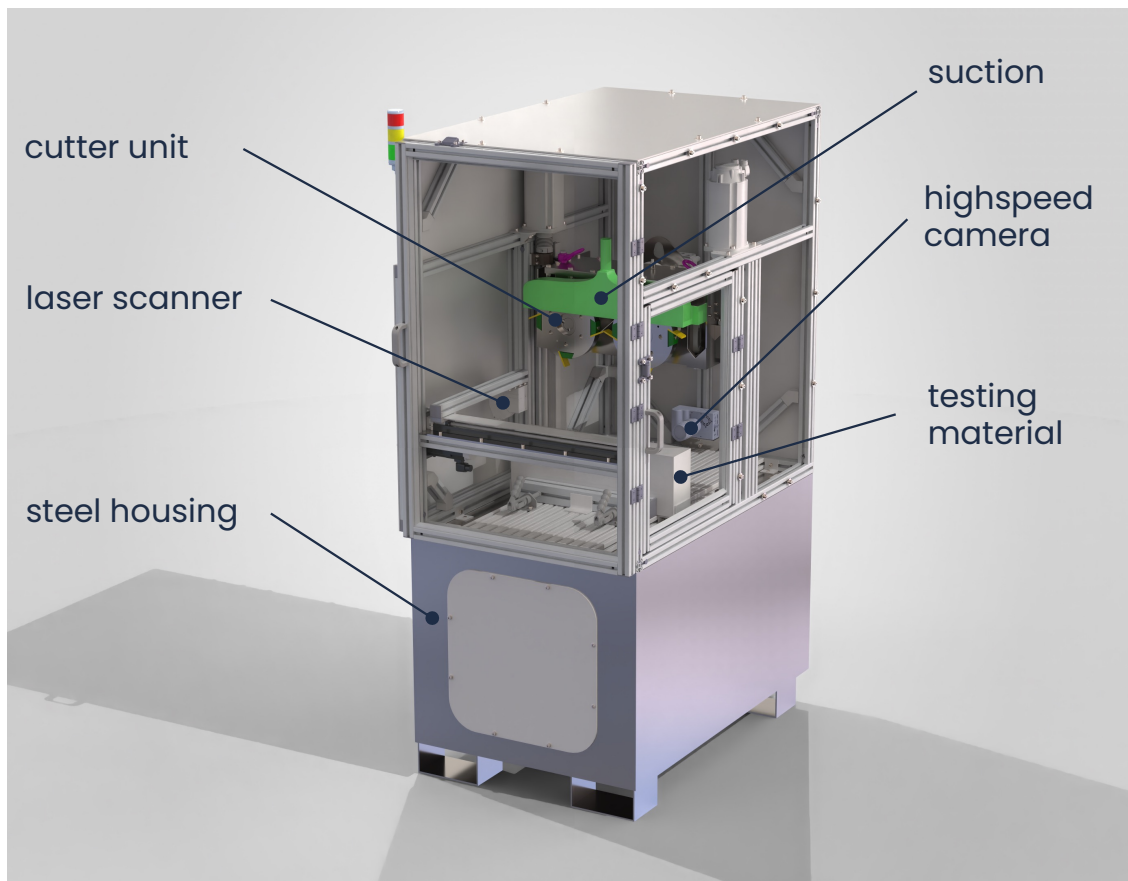
- relationships between contact pressure and compressive strength
- active feed mechanism
- tools and tooth pitch
- effect of wheel speed
- reversal of the cutter wheels' direction of rotation
- alignment of the cutter head through targeted control of individual cutter wheels
- visualization of the cutting path

[5] <https://www.shutterstock.com/image-vector/funny-doodle-stickman-looks-unhappy-260nw-2258157323.jpg>

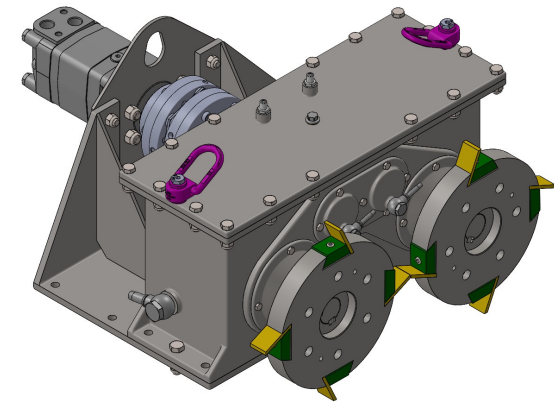
[6] Wierschem, A, et.al: Deep Sea Sampling II Kick-Off-Veranstaltung. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg, Lehrstuhl für Strömungsmechanik. Schrobenhausen (2025)



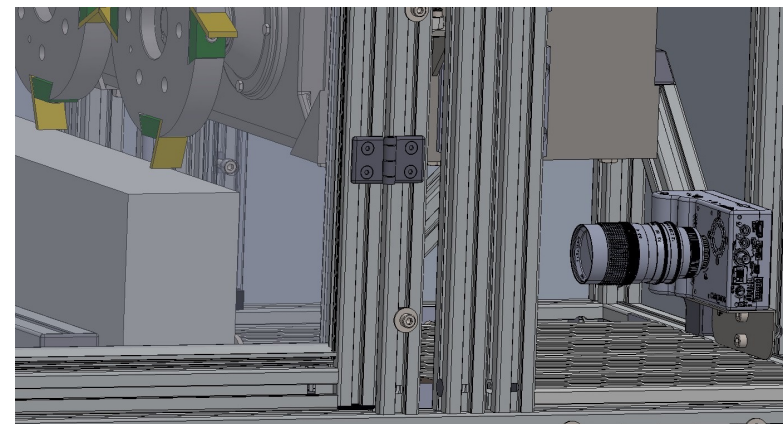
Process development for cutting



Scaled test stand for visualizing the cutting path



Motor-transmission unit with cutter wheels



Highspeed camera for the documentation of the cutting process



Deep Sea Sampling II. 2025–2028

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



ptj

CONSTRUCTOR
UNIVERSITY

BLUE
INSTALLATION
GROUP

BGR
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

MOTION MAKERS

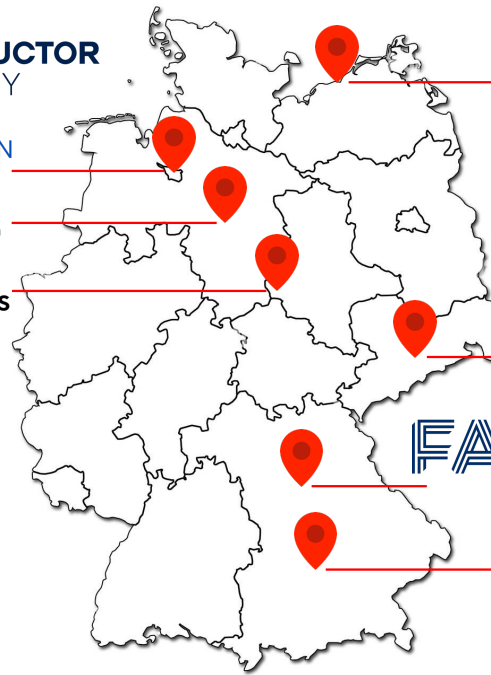
Universität
Rostock



TUBAF
Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

FAU

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



project profile

A comprehensive approach to the
exploration and extraction of deep-
sea massive-sulfide deposits using
sustainable, minimally invasive
technology

14,2 Mio. €
project volume

3
project years





Anneli Berger
wiss. Mitarbeiterin
TU Bergakademie Freiberg

Sven Aurich
wiss. Mitarbeiter
TU Bergakademie Freiberg



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe



TUBAF
Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

C>ONSTRUCTOR
UNIVERSITY

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



BLUE
INSTALLATION
GROUP

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



Deep Sea
Sampling