

Ko-Förderung von Energie und Rohstoffen

Kann die gleichzeitige Gewinnung von Rohstoffen und Wärme aus geothermischen Fluiden in Norddeutschland (wirtschaftlich) gelingen?

Factsheet

Forschungslücken und Handlungsempfehlungen



Hintergrund

Kupfer und Lithium sind zwei der kritischen Rohstoffe (Critical Raw Material, CRM), die für die Energiewende unabdingbar sind: Lithium macht Batterien massentauglich, Kupfer ist das Leitmaterial der Elektrifizierung. Wer diese Metalle fast vollständig importiert, importiert auch Verwundbarkeit: gegenüber Preissprüngen, brüchigen Lieferketten und geopolitischen Risiken. Um diese Rohstoffabhängigkeit zu verringern, hat die EU den [Critical Raw Materials Act](#) ins Leben gerufen, der vorsieht, dass in Europa bis 2030 mindestens 10 % der strategischen Rohstoffe gefördert, 40 % verarbeitet und 25 % recycelt werden.

Auf der Suche nach heimischen Kupfer- und Lithiumstätten richtet sich der Blick auf die tiefen Gesteinsschichten im [Norddeutschen Becken](#), das sich von den Küsten der Nord- und Ostsee bis hin zu den Mittelgebirgen erstreckt und über ein bedeutendes geothermisches Potenzial verfügt. Hier lagern in mehreren Kilometern Tiefe poröse Sandsteinpakete, vor allem im Rotliegend und im Buntsandstein, die heißes, teils extrem salzhaltiges Tiefenwasser führen. Diese Solen sind nicht nur Träger von Wärme, sie können je nach geologischer Geschichte auch gelöste Rohstoffe wie Lithium und Kupfer enthalten (siehe Box). Die Idee: Wärme nutzen und zugleich wertvolle Rohstoffe aus dem Förderstrom abtrennen – eine doppelte Ernte.

Doch der Untergrund ist keine Fabrikhalle: Solen sind chemisch aggressiv und setzen Anlagen durch Korrosion und Ausfällungen zu – auch muss die Abtrennung von CRMs selektiv, stabil und umweltverträglich funktionieren.

Woher stammen das Kupfer und das Lithium?

Ganz Norddeutschland war vor rund 280 Mio. Jahren von Vulkanen bedeckt. Aus diesen magmatischen Gesteinen speist sich bis heute ein Teil der Metallgeschichte im Untergrund: Über Jahrmillionen konnten heiße, salzhaltige Tiefenwässer Kupfer und andere Elemente aus dem Gestein herauslösen und mitführen. Im Jahr 2013 stießen Forschende um Simona Regenspurg vom GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung ungeplant auf große Kupfervorkommen in Norddeutschland, die eine ihrer geothermischen Forschungsbohrungen verstopften. Lithium hingegen reichert sich vor allem in den Solen an, wo mehrere Prozesse zusammenlaufen: Verdunstetes Meerwasser hinterließ Salzlager (Evaporite), die später wieder angelöst wurden. Durch die dauerhafte Wasser-Gesteins-Wechselwirkung in großer Tiefe entstanden hochsaline, warme Wässer, die nicht nur Wärme transportieren, sondern auch Lithium und Kupfer.

Wie kann die Ko-Produktion von Wärme und CRMs langfristig rentabel gestaltet werden?

Die tiefen Rotliegendformationen im Norddeutschen Becken enthalten hohe Lithiumkonzentrationen, besitzen aber meist eine geringe Durchlässigkeit, wodurch die derzeit erzielbaren Förderraten für die Wärmeproduktion wirtschaftlich unzureichend sind. Für die Lithiumproduktion hängt die Wirtschaftlichkeit vom Lithiumpreis ab. Eine wirtschaftliche Erschließung muss derzeit noch demonstriert werden. Technische Maßnahmen wie hydraulische oder chemische Stimulation sowie innovative Konzepte, die **langfristig stabile Produktionsraten** gewährleisten, können die Förderung größerer Mengen Lithium in kürzeren Zeiträumen und damit eine rentable Nutzung ermöglichen. Maßnahmen zum langfristigen Erhalt der Produktivität umfassen i) geeignete korrosionsbeständige Materialien (insbesondere hochlegierte Metalle oder geeignete nichtmetallische Alternativen), ii) Zugabe von Additiven und iii) gezieltes Druckmanagement, um chemische Ausfällungen und mechanische Schäden (durch korrosive geothermische Fluide) zu minimieren.

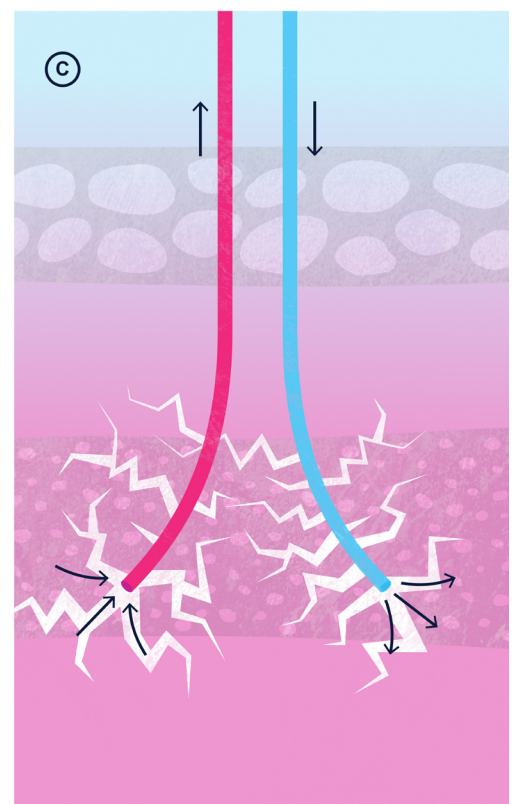
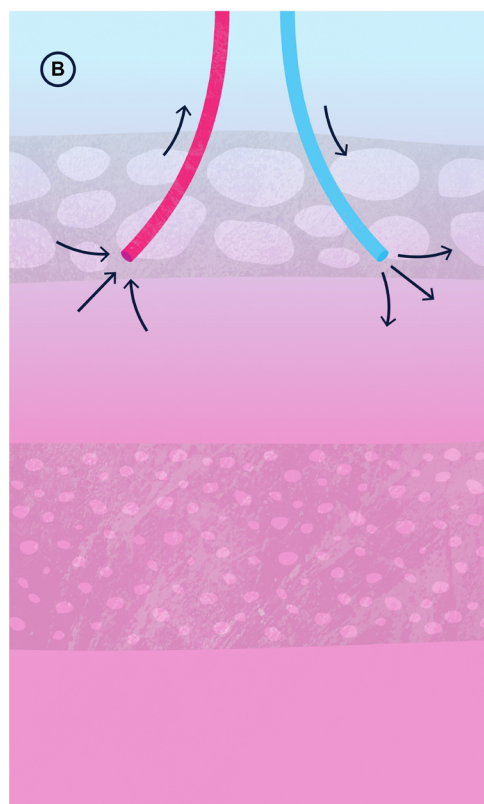
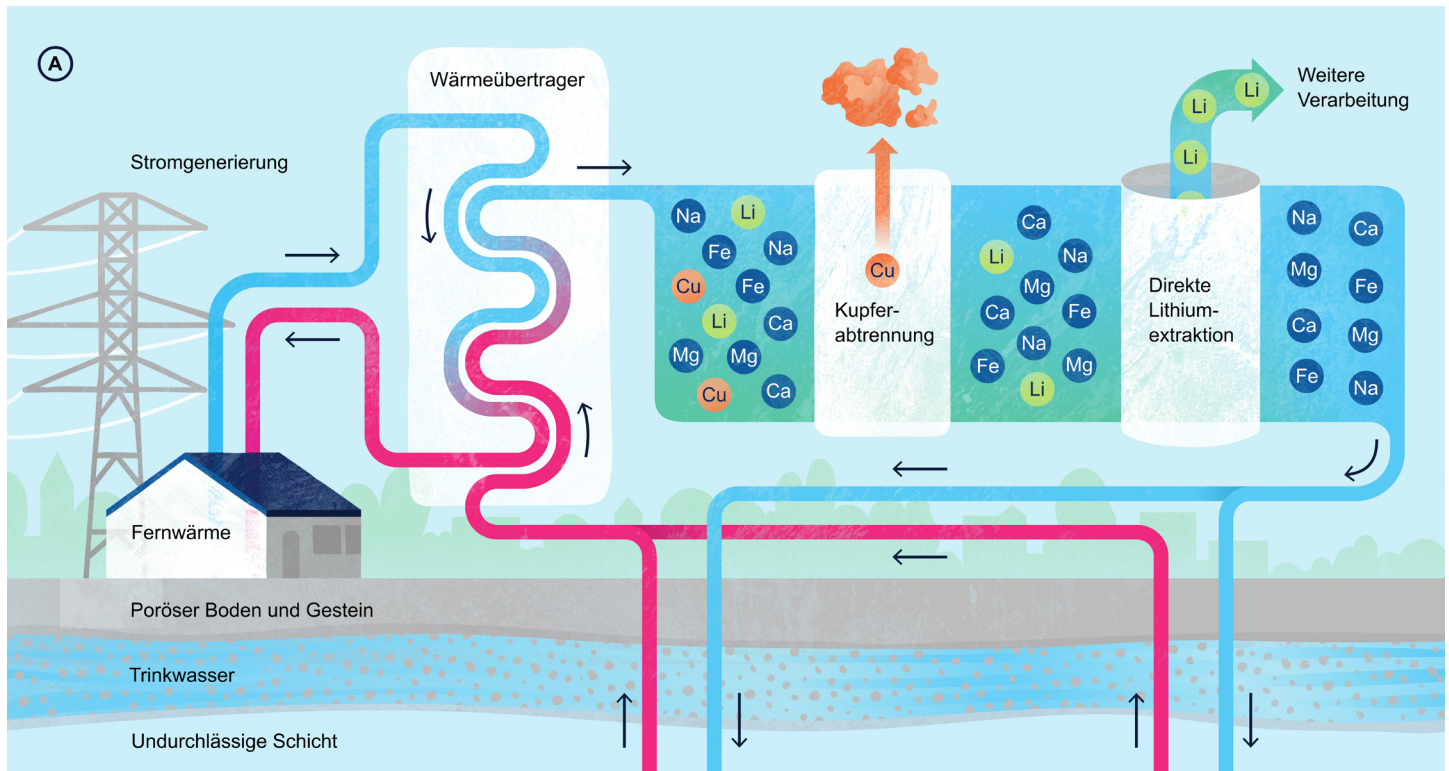
Eine besondere Herausforderung stellen die **Extraktionsmethoden** dar, welche die CRMs schnell und selektiv aus dem Thermalwasser herausfiltern sollen. Direkte Lithiumextraktion (DLE) ermöglicht die Gewinnung von Lithium unter anderem über spezielle Sorbenzien, die Lithium bevorzugt aufnehmen und wieder freisetzen. Manganbasierte, titanbasierte oder aluminiumhaltige Materialien eignen sich nach aktuellem Wissensstand dafür besonders gut und unterscheiden sich hinsichtlich Selektivität, pH-Optimum und Regenerationsverhalten. Kupferhaltige geothermische Solen können die Bohrungsleistung beeinträchtigen, bieten aber auch Chancen zur Gewinnung von Kupfer als CRM, was bisher noch nicht industriell aus den geothermischen Solen extrahiert wird. Mehrere elektrochemische und In-situ-Methoden scheinen geeignet, erfordern jedoch weitere Tests zur praktischen Umsetzbarkeit.

Welche Chancen und Herausforderungen bestehen aktuell?

Die Gewinnung von Lithium aus geothermischen Fluiden (siehe Grafik) hat das Potenzial, die Deckung des steigenden Lithium-Bedarfs zu diversifizieren und die Abhängigkeit von bekannten Lithium-Vorkommen in rohstoffreichen Ländern zu reduzieren. Zudem gilt das Verfahren durch geringen Flächen- und Energiebedarf als relativ umweltfreundlich. Eine Ko-Extraktion kann auch ökonomisch rentabler sein als reine Geothermieprojekte. Dennoch bestehen ökologische und gesellschaftliche Risiken wie mögliche induzierte Seismizität, Kontamination mit natürlichen Radionukliden und Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung, die durch transparente Kommunikation und Schaffung regionaler Mehrwerte adressiert werden müssen. Da bisher nur wenige und teils widersprüchliche Lebenszyklusanalysen und Untersuchungen der Akzeptanz vorliegen, sind **umfassendere, standortspezifische und industriegestützte Datenerhebungen** nötig, um die tatsächlichen Umweltwirkungen und Vorteile dieser Technologie verlässlich bewerten zu können, sowie Monitoring, um mögliche Auswirkungen (von Additiven) zu erfassen.

Zahlreiche Forschungslücken zu geologischen Prozessen, Materialverhalten und geeigneten Extraktionstechnologien wurden identifiziert (siehe Tabelle). Die Kombination von Wärme- und Rohstoffgewinnung könnte wirtschaftliche Rentabilität und Versorgungssicherheit ermöglichen, erfordert jedoch **umfassende Demonstrationsprojekte und integrierte Analysen**, um die technische, ökologische und soziale Machbarkeit in vollem Umfang zu bewerten.

Für den erfolgreichen und nachhaltigen Betrieb sind korrosionsbeständige Werkstoffe, effektive Vor- und Nachbehandlung, wirksame Umwelt- und Sicherheitsmaßnahmen sowie eine aktive Einbindung und Aufklärung der Öffentlichkeit entscheidend, um **technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz** zu gewährleisten.



Ko-Förderung von CRMs und Wärme aus geothermischen Fluiden.

- Die Bohrlöcher ragen bis weit unter undurchlässige Bodenschichten, in Tiefen mit hoher Temperatur und hohem CRM-Gehalt. Die Energie der geothermischen Sole wird durch einen Wärmeübertrager abgeschöpft und kann als Fernwärme oder zur Stromgewinnung genutzt werden. Im Anschluss werden Kupfer und Lithium aus der Sole extrahiert, ehe die Sole zurück in die tiefliegenden Gesteinsformationen gelangt.
- Bohrlöcher in tiefen Schichten erreichen Sedimentformation mit guter Durchlässigkeit bei mittleren Temperaturen.
- Noch tieferliegende Schichten weisen eine hohe Temperatur sowie einen hohen CRM-Gehalt auf, bieten jedoch nur eine geringe Durchlässigkeit, was die Förderung erschwert. Chemische oder hydraulische Stimulation ist daher notwendig, um wirtschaftliche Förderraten zu gewährleisten.

Unten links: Anstieg von Temperatur und CRM-Gehalt sowie Abnahme der Permeabilität mit größerer Tiefe.

Forschungslücken

Forschungslücke	Empfohlene Herangehensweise
Woher stammen CRMs im Reservoir und wie gelangen diese während der Förderung vom Gestein in die Sole? → Folge: hohe Unsicherheit bei Prozessverständnis und Ressourcenabschätzung	Mehr Standortinformationen, verbesserte numerische Modelle auf Basis hochwertiger Daten und gesicherter Zugang zu Proben und Daten für Forschung und Öffentlichkeit (durch Anpassung des Geologiedatengesetzes).
Wie lassen sich langfristige Durchflussraten des Reservoirs verlässlich erreichen/aufrechterhalten? → Folge: unsichere Wirtschaftlichkeit	Mehr Demonstrationsprojekte zu Sicherheit und Machbarkeit; mithilfe gewonnener Daten Untergrundmodelle erstellen, die das Verständnis der Prozesse erhöhen und bessere Vorhersagen erlauben.
Welches ist die beste Extraktionstechnologie für geothermische Solen und welche Vor- und Nachbehandlung ist nötig? → Folge: standortspezifische Risiken bei Skalierung und Betrieb	Versuche unter realen Bedingungen, darunter Langzeit-/ Mehrzyklus-Beladungs-/Entladungsversuche an verschiedenen Standorten und unter verschiedenen Bedingungen, außerdem Materialtests (z. B. zur Materialalterung) und Versuche zur Optimierung der Regeneration zur Maximierung von Ausbeute, Zyklenstabilität und Ressourceneffizienz (Chemikalien, Energie, Abfall).
Welche Werkstoffe gewährleisten Korrosionsbeständigkeit und verhindern Kontaminationen? → Folge: Ausfälle, hohe Lebenszykluskosten und mögliche Umweltbeeinträchtigungen	Werkstoffauswahl basierend auf aktuellem Wissensstand (z. B. durch Versuche unter realistischen Bedingungen und daraus abgeleiteten Auswahlkriterien); Bereitschaft, höhere Kosten von hochlegierten Materialien zu akzeptieren und in diese zu investieren.
Wie kann die Umweltbelastung minimiert und mit welchen Kriterien der Nachweis erbracht werden? → Folge: erschwerte Vergleichbarkeit und geringeres Vertrauen in Bewertungen	Standardisierte, durchgängige Monitoring-Maßnahmen, die u.a. Abfallentsorgung, Integrität der Bohrlöcher und Stimulation abdecken; Baseline, Schwellenwerte und Dokumentation konsistent festlegen.
Wie und durch welche Kommunikations- und Beteiligungsstrategien kann soziale Akzeptanz erreicht werden? → Folge: Verzögerungen oder Projektabbrüche bleiben wahrscheinlich	Bedingungen für Akzeptanz und Teilhabe erforschen sowie partizipative Prozesse und Kommunikationsstrategien entwickeln; sozioökonomische Chancen und Herausforderungen thematisieren und den lokalen Kommunen sowie deren Bevölkerung Mitsprache- und Beteiligungsmöglichkeiten bieten, z. B. in Form von Beteiligungsoptionen, Steuereinnahmen oder Nutzungsentgelten.

Handlungsempfehlungen für die Industrie

- Errichten von Demonstrationsanlagen, um technische und ökologische Machbarkeit, aber auch ökonomische Rentabilität vollständig bewerten zu können. Hierzu zählt das Sammeln und möglichst auch das öffentliche Teilen von langfristigen Daten im Realbetrieb, die u.a. Lebenszyklus- und techno-ökonomische Bewertungen erlauben.
- Einbindung von allen betroffenen Stakeholdern, insbesondere der lokalen Bevölkerung, durch partizipative Prozesse und evidenzbasierte, zuverlässige Informationsmaterialien, um gemeinsame Entscheidungen unter Akzeptanz zu erarbeiten.
- Einführung von verlässlichen Regelungen und Standards, die alle relevanten Aspekte der Ko-Extraktion, inkl. z. B. Monitoring und Verwendung von Materialien/Additiven adressieren und gleichzeitig administrative Hürden minimieren.
- Minderung finanzieller Risiken von Ko-Extraktionsprojekten, z. B. durch die Förderung von Joint Ventures.

Handlungsempfehlungen für die Bundespolitik

- Bundeseinheitlicher Vollzugsrahmen für Bohrvorhaben nach Bundesberggesetz: standardisierte Antragsunterlagen, klarer Auflagenkatalog, einheitliche Prüfkriterien, kürzere Genehmigungszeiten durch die Bergbehörden.
- Untergrundplanung nach dem Prinzip der Meeresraumplanung: Nutzungen räumlich steuern, Vorrang- und Ausschlusskulissen, Konflikte früh klären.
- Geologiedatenzugang beschleunigen: einfacher, digitaler Zugriff, weniger Reibungsverluste zwischen Behörden, Forschung und Industrie, Anreize für Datenbereitstellung für Firmen. Eine gemeinsame zentrale Datenplattform (Geologiedatengesetz). Dabei gilt es, die rechtlichen Unschärfen bei der Definition von „Bewertungsdaten“ zu beseitigen, da deren fehlende Verfügbarkeit den Informationsfluss derzeit noch bremst.
- Systematische Adressierung der Forschungslücken (siehe Tabelle), um die Ko-Extraktion zukunftsfähig zu gestalten – auch in enger Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie zur Überführung von Labor- und Pilot-Ergebnissen in robuste industrielle Prozesse, inkl. Qualifizierung von Komponenten, Betriebskonzepten und Lieferketten.

Kontakt zu den Expertinnen und Experten



Prof. Dr. Simona Regenspurg

Projektleiterin CuLiWell und Leiterin der Arbeitsgruppe Geothermische Fluide am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung

Expertise: Geochemischen Reaktionen in geothermischen Systemen im Kontext mit Geologie, Hydrogeologie, Mineralogie, Mikrobiologie und anthropogenen Aktivitäten

E-Mail: simona.regenspurg@gfz.de

Telefon: +49 331 6264 1437



Dr. Elisabeth Eiche

Akademische Rätin und Laborleitung (Umwelt- und Rohstoffanalytik) am Institut für Angewandte Geowissenschaften (Geochemie und Lagerstättenkunde) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Expertise: Analyse von Thermalwässern, Extraktion von Lithium mittels Sorbenzien, Bildung und Inhibition von Scalings in geothermischen Systemen

E-Mail: elisabeth.eiche@kit.edu

Telefon: +49 721 608 43327



Dr. Katharina Alms

Teamleitung Lagerstättengeologie an der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geotechnologien und Wissenschaftlerin an der Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Energietechnik am Lehrstuhl für Geothermische Energiesysteme

Expertise: Angewandte Geologie und Exploration von Lithium-Ressourcen im Norddeutschen Becken

E-Mail: katharina.alms@ieg.fraunhofer.de und
katharina.alms@ruhr-uni-bochum.de

Telefon: +49 234 338 581 69



Dr. Ralph Bäßler

Im Fachbereich „Korrosion und Korrosionsschutz“ der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) verantwortlich für Korrosion im Anlagenbau und in der Kraftwerkstechnik

Expertise: Korrosion, elektrochemische Verfahren, Werkstoffbeständigkeit, Inhibierung, Reaktorauslegung, Korrosivität, chemische Prozesstechnik

E-Mail: ralph.baessler@bam.de

Telefon: +49 30 8104 3155



Dr. Valentin Goldberg

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Geowissenschaften in der Abteilung Geothermie und Reservoir-Technologie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Expertise: Wechselwirkungen zwischen Feststoffen, Fluiden und Gasen, geochemische Charakterisierung von Fluiden, numerische Modellierung fluidchemischer Prozesse, Konditionierung von hochsalinaren Fluiden zur Wärme und Rohstoffextraktion

E-Mail: valentin.goldberg@kit.edu



Prof. Dr. Hannes Hofmann

Junior Professor für Reservoir Engineering an der Technischen Universität Berlin und Leiter der Helmholtz Nachwuchsgruppe Advanced Reservoir Engineering am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung

Expertise: Geothermische Lagerstättentechnik, petrothermale Geothermie, produktivitätssteigernde Maßnahmen, induzierte Seismizität

E-Mail: hannes.hofmann@gfz.de

Telefon: +49 331 6264 28739



Dr. Katrin Kieling

Projektmanagerin und Departmentreferentin am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung

Expertise: Bergrecht im Kontext von geothermischen Bohrungen und Anlagen, Projektmanagement

E-Mail: katrin.kieling@gfz.de

Telefon: +49 331 6264 27531



Dr. Christine Rösch

Forschungsgruppenleiterin am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Expertise: Inter- und transdisziplinäre Forschung, systematische Analyse sozialer Wahrnehmung, Ermittlung von Akzeptanzfaktoren/Kriterien für transparente, partizipative Entscheidungsprozesse, Untersuchung lokaler Bedürfnisse, Befürchtungen und Zukunftsvorstellungen im Zusammenhang mit Tiefengeothermieprojekten

E-Mail: christine.roesch@kit.edu

Telefon: +49 721 608 22704



Prof. Dr. Lars Rüpke

Professor für Meeresbodenmodellierung und Leitung der Gruppen „Seafloor Modeling“ und „Seafloor Morphology“ am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Expertise: Multiphysikprozesse in porösen Medien, Hydrothermalsysteme, marine Geodynamik, numerische Modellierung, globale Kreisläufe

E-Mail: lruepke@geomar.de

Telefon: +49 431 600 2845



Prof. Dr. Sylvia Sander

Helmholtz Exzellenz Professorin für Marine Mineralische Rohstoffe am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Expertise: Marine mineralische Rohstoffe, hydrothermale Biogeochemie, Vorkommen und Bioverfügbarkeit von Kupfer in gelöstem Zustand, elektrochemische Analysenverfahren

E-Mail: ssander@geomar.de

Telefon: +49 431 600 1420



Dr. André Stechern

Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Projektleiter mehrerer Forschungsvorhaben zu Lithiumextraktion und anderen CRMs aus Tiefenwässern

Expertise: Einsatz von Ionensieben und Sorbenzien zur Lithiumextraktion sowie die damit verbundenen Fluid-Feststoff-Wechselwirkungen in geothermischen Systemen, einschließlich experimenteller Ansätze

E-Mail: andre.stechern@bgr.de

Telefon: +49 511 643 2791



Prof. Dr. Philipp Weis

Leiter der Arbeitsgruppe Magmatisch-hydrothermale Systeme am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung, Topicsprecher Georessourcen im Helmholtz Forschungsbereich Erde & Umwelt und Professor für Lagerstättenkunde an der Universität Potsdam

Expertise: Bildungsprozesse von hydrothermischen Erzlagerstätten und geothermischen Systemen

E-Mail: philipp.weis@gfz.de

Telefon: +49 331 6264 28967

Impressum

SynCom, Helmholtz Erde-Umwelt (2026). Ko-Förderung von Energie und Rohstoffen: Kann die gleichzeitige Gewinnung von Rohstoffen und Wärme aus geothermischen Fluiden im Norddeutschen Becken (wirtschaftlich) gelingen? Fact Sheet. pp.1-6.
<https://doi.org/10.48440/syncom.2026.001>

Die Texte stehen, soweit nicht anders angegeben, unter der Lizenz CC BY-SA 4.0 und stammen teilweise aus Regenspurg et al., 2026 (in Review).

HELMHOLTZ Erde und Umwelt

Marie Heidenreich

E-Mail: marie.heidenreich@gfz.de

Telefon: +49 30 206 7957 32