

Das Meer ist eine Goldgrube. Jedenfalls, wenn man weiß, wo man suchen muss. Normalerweise enthält ein Liter Meerwasser nur einige Milliardenstel Gramm Gold. Doch jetzt haben Forscher aus Deutschland und Island eine sprudelnde Quelle entdeckt: auf der isländischen Halbinsel Reykjanes. Dort ist die Goldkonzentration eine halbe Million mal höher als in normalem Meerwasser.

VON SILVIA VON DER WEIDEN

Nicht nur das Edelmetall, auch andere Rohstoffe sind in gewaltigen Mengen im Meerwasser gelöst. Rund vier Milliarden Tonnen Uran etwa – genug, um den Energiebedarf der Menschheit für 10.000 Jahre zu decken. Oder Lithium: Die seltene Erde wird für die Akkus in Tablets oder Smartphones gebraucht. Immer mehr Staaten lassen erforschen, wie sich die Ozeane als neue Ressourcenquelle anzapfen lassen. Denn die Rohstoffe aus dem Wasser zu fischen ist alles andere als trivial.

In Deutschland war das Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel an der Entdeckung der Goldvorkommen unterhalb heißer Quellen in Island beteiligt. „Die gemessenen Konzentrationen reichen aus, um bedeutende Goldlagerstätten zu bilden“, sagt Mark Hannington, Leiter der Arbeitsgruppe Marine Rohstoffforschung am Geomar.

Das Team schätzt, dass das geothermale Reykjanes-Reservoir mindestens 10.000 Kilogramm Gold enthält. Die Forscher gehen davon aus, dass sich das im Meerwasser gelöste und in unterirdischen Gesteinsspalten zirkulierende Gold über längere Zeiträume angereichert haben muss, bevor es das Reservoir wieder verlässt, und dann mit sehr hohen Goldkonzentrationen in den Bohrlöchern austritt.

„Dieses Gold kommt möglicherweise in Form von feinstverteilten Gold-Nanopartikeln in den Fluiden vor“, vermutet Dieter Garbe-Schönberg von der Universität Kiel. Sogenanntes Nanogold ist in vielen Bereichen der Technik gefragt. Seine speziellen Oberflächeneigenschaften sorgen beispielsweise in Katalysatoren dafür, dass ansonsten träge chemische Reaktionen effektiv und zügig ablaufen können.

Doch wie lässt sich so fein verteiltes Gold einfach und umweltschonend aus dem Wasser extrahieren? Jungforscher an der Universität Heidelberg und am Deutschen Krebsforschungszentrum kamen auf eine pflifige Idee. Um das Gold aus der Lösung zu fällen, nutzen sie die Fähigkeiten von speziell angepassten Bakterien.

Delftia acidovorans nennt sich die Mikrobe. Sie fühlt sich nur auf Goldminen wohl. An das Ausnahmemilieu hat sich der Mikroorganismus angepasst, indem er das Edelmetall aus vergleichsweise niedrig konzentrierten Goldlösungen herauslöst. Die Wissenschaftler haben die dafür nötigen Gene in seinem Erbgut identif-

ziert und sie in eine Allerweltsmikrobe eingebaut, das Darmbakterium und Forscherhaustier Escherichia coli. Damit konnten die Wissenschaftler aus Goldlösungen, wie sie beispielsweise bei der Extraktion aus Elektronikschrott anfallen, das Edelmetall zurückgewinnen. Das biotechnische Verfahren haben die Forscher zum Patent angemeldet, denn es ist schon jetzt mit der klassischen chemischen Goldaufarbeitung konkurrenzfähig. Es könnte die Goldgewinnung aus dem Meer revolutionieren.

Die USA fördern derweil in einem großen Forschungsprogramm die Gewinnung von Uran aus

den Ozeanen. Die gewaltigen im Wasser gelösten Vorräte stammen aus natürlichen Mineralien, die durch die Verwitterung ins Meer gespült wurden. Allerdings: Das Uran aus dem Wasser einzufangen ist nicht leicht. Bereits in den 80er-Jahren experimentierten japanische Wissenschaftler mit Materialien, die gezielt Uran aus Meerwasser an sich binden.

Die Amerikaner versuchen, die Methode effektiver zu machen. Das Forschungskonsortium will Uran buchstäblich angeln. Im Fachblatt „Industrial and Chemical Engineering Research“ stellte es nun erstmals die Materialien sowie die Methode vor. Sie soll die Kosten für die Uran-Gewinnung aus dem Meer um das Drei- bis Vierfache reduzieren – und die Ausbeute gleichzeitig erhöhen. „Um die Kernenergie zukunftssicher zu machen, benötigen wir eine wirtschaftlich rentable und zuverlässige Quelle für die Brennstoffversorgung“, erklärt Phillip Britt, Leiter des Programms im US-Energieministerium.

Entwickelt wurde das Verfahren im Wesentlichen an zwei bundeseigenen Forschungsinstituten, dem Oak Ridge National Laboratory in Tennessee und dem Pacific Northwest National Laboratory in Richland.

Als „Uran-Fänger“ dienen lange Schnüre aus Polyethylenfasern. Die dünnen, aber stabilen Fasern werden in einem speziellen Verfahren so behandelt, dass sich ein Teil ihrer Moleküle in Amidoxim umwandelt. Diese organische Verbindung aus Kohlenstoff und Stickstoff ist der „Köder“ für das im Wasser gelöste Uran, da dieses bevorzugt daran bindet.

Um das Uran zu „angeln“, werden die Schnüre einfach ins Meer gehängt, am besten in einen gut durchmischten Bereich des Wassers. Nach einigen Wochen können die uranhaltigen Schnüre wieder eingeholt werden. Sie kommen in ein Säurebad, wo das Uran in Form von Uranyl freigesetzt wird. Die Verbindung lässt sich leicht aus der Lösung gewinnen und kann dann angereichert und zu Uran weiterverarbeitet werden. Die Uran-„Angel“ übersteht diese Behandlung ohne Probleme und kann direkt wieder im Ozean eingesetzt werden, so die Forscher.

Wie viel Uran sich auf diese Weise aus dem Meer fischen lässt, zeigten bereits Tests an drei verschiedenen Standorten an der US-Westküste, in Florida und an der Küste von Massachusetts. Nach 49 Tagen im Meerwasser hatten die Schnüre immerhin sechs Gramm Uran pro Kilogramm Absorbermaterial gebunden. Die japanischen Forscher hatten lediglich zwei Gramm Uran pro Kilogramm Absorber aus dem Meer geholt. Dafür mussten die Kunststoffschnüre rund 60 Tage im Wasser bleiben.

„Zu verstehen, wie die Absorber unter natürlichen Bedingungen im Meerwasser arbeiten, ist entscheidend“, sagt Gary Gill, stellvertretender Direktor am Pacific Northwest National Laboratory. Denn neben einer möglichst hohen Ausbeute an Uran muss auch sichergestellt werden, dass diese Methode keine negativen Auswirkungen

auf die Umwelt hat. „Wir haben aber bereits festgestellt, dass die meisten dieser Absorbermaterialien nicht giftig sind“, sagt Gill. Fünf Jahre hat das Forscherteam an der Methode gearbeitet. Den Anfang machten Modellrechnungen im Computer, die prüften, welche chemischen Gruppen selektiv an Uran binden. Dann folgten thermodynamische und kinetische Studien, die ermittelten, wie schnell das Uran aus dem Wasser an die Absorber bindet und wo das Gleichgewicht dieser Reaktion liegt. Denn nur, wenn mehr gebunden wird, als sich wieder löst, funktioniert das Ganze.

An dem Projekt waren auch die Chinesische Akademie der Wissenschaften und die japanische Atomenergiebehörde (JAEA) beteiligt. Am Rokkasho Fusion Institute, das zur JAEA gehört, suchen japanische Forscher nach technischen Möglichkeiten, weitere strategisch wichtige Rohstoffe aus Meerwasser zu gewinnen.

Dazu gehört Lithium, ein Metall, das zu den seltenen Erden gerechnet wird. Es wird vor allem für kompakte, wieder aufladbare Lithium-Ionen-Akkus benötigt, wie sie heute in Tablets, Digitalkameras oder Mobilfunktelefonen stecken und auch für leistungsfähige Energiespeicher in Elektroautos gebraucht werden.

Während die bekannten, zugänglichen Lithium-Vorkommen auf der Erde auf rund 50 Millionen Tonnen geschätzt werden, sind in den Wasservorräten der Ozeane vermutlich 230 Milliarden Tonnen Lithium gelöst. Allerdings kommt der begehrte Rohstoff darin nur als Spurenelement vor. In rund 150.000 Litern Meerwasser sind nicht einmal 30 Gramm Lithium enthalten.

Davon lässt sich Tsuyoshi Hoshino vom Rokkasho Fusion Institute nicht abschrecken. Der Wissenschaftler hat gerade ein Verfahren vorgestellt, mit dem sich das begehrte Metall aus dem Wasser herausfiltern lässt, wenn auch erst in bescheidenen Mengen. Das funktioniert ohne den zusätzlichen Einsatz von Energie, denn die bringen die elektrisch geladenen Lithium-Teilchen selbst mit.

In dem Filter, einer dünnen Membran aus Lithium-Ionen leitender Glaskeramik, bewegen sich die geladenen Teilchen von der negativen zur positiven Seite und erzeugen so eine elektrische Spannung. „Die mikroporöse Keramik lässt nur die im Meerwasser gelösten, elektrisch geladenen Lithium-Teilchen durch“, erklärt der Wissenschaftler.

In einem 72-stündigen Test erreichte der Filter eine Rückgewinnungsquote von immerhin rund sieben Prozent. Es ist erst ein Anfang, das ist den Wissenschaftlern schon klar. Bis tatsächlich die Förderung beginnt, werden noch Jahre vergehen. Experten des britischen UK Energy Research Centre gehen davon aus, dass man mit derartigen Techniken spätestens im Jahr 2030 kommerziell Rohstoffe aus dem Meer gewinnen kann. Eine wichtige Voraussetzung für die lohnende Förderung ist allerdings momentan noch nicht planbar: Die Preise für Gold, Uran oder Lithium müssen hoch genug sein.

Gold und Uran aus dem MEER

Das Wasser der Ozeane enthält Milliarden Tonnen kostspieliger Rohstoffe. Jetzt sollen Bakterien helfen, sie zu bergen

