A large, billowing plume of white and yellowish mineral-rich hydrothermal vent fluid rises from a dark, rocky seafloor. The plume is illuminated from above, creating a dramatic contrast with the dark surroundings. The seafloor is covered in dark, jagged volcanic rocks.

■ Eruption des im Pazifik zwischen Fiji, Tonga und Samoa liegenden West Mata Vulkans. Der Ausbruch fand im Mai 2009 in einer Wassertiefe von 1.200 Metern statt. Steve Scott möchte herausfinden, welches Potential an wirtschaftlich nutzbaren Erzen in unterseeischen Vulkanen steckt. Foto: NOAA, NSF

14

ERZFABRIKEN IN DER TIEFSEE

PROF. DR. STEVEN D. SCOTT

Position: Professor Emeritus of Ore Genesis Geology und Direktor des Scotiabank Marine Geology Research Laboratory, Department of Earth Sciences, University of Toronto, Kanada

Spezialgebiet: Erforschung von geologischen Prozessen des Ozeanbodens und der Bildung von marinen Erzvorkommen

Foto: J. Steffen, GEOMAR



02

Für den renommierten kanadischen Geologen Prof. Dr. Steven D. Scott ist es eine Berufung, die Geheimnisse der Tiefsee zu erforschen. Er war einer der ersten Menschen, die die heißen Quellen in der Tiefsee, die Schwarzen Raucher, selbst zu Gesicht bekommen haben. Vor allem die geologischen Prozesse in der ozeanischen Erdkruste und die Bildung von Erzlagernstätten viele tausend Meter unter der Meeresoberfläche sind seine Spezialgebiete.

Steve Scott konfrontiert bei Vorträgen seine Zuhörer mit zwei Feststellungen und zwei Fragen:

1. China baut bis 2025 voraussichtlich 211 Städte mit mehr als einer Million Einwohnern, das sind 65 Städte der Größe von Berlin oder ein „Berlin“ alle 14 Wochen – Woher soll die dafür notwendigen Metalle kommen?
2. Ein Hybridfahrzeug enthält etwa 50 kg Kupfer, reine Elektrofahrzeuge bis zu 100 kg – Woher soll all das Kupfer kommen?

Steve Scotts Credo ist: Die Landreserven werden dies nicht dauerhaft problemlos liefern können, deshalb müssen wir die Rohstoffvorkommen der Ozeane erforschen. Steve Scott hat viele Jahre seines Lebens damit verbracht, potentielle Lagerstätten in der Tiefsee zu untersuchen. Vor Papua-Neuguinea wurde er fündig und entdeckte eine Lagerstätte mit

sehr hohen Goldgehalten, an der die Industrie heute großes Interesse hat. Dass man sich dabei in einem Spannungsfeld zwischen Meeresnutzung und Meeresschutz bewegt, ist ihm durchaus bewusst. Aber die Nutzung landbasierter Ressourcen verursacht ebenfalls erhebliche Umweltprobleme. Insofern müssen Kosten, Nutzen und mögliche Umweltauswirkungen genau gegeneinander abgewogen werden.

Trotz seiner Pensionierung im Jahr 2006 kann der Wissensdurst des Rohstoffgeologen nicht gestillt werden. Zahlreiche Kooperationen mit internationalen Wissenschaftlern begleiten auch heute noch das Leben von Steve Scott. Die Kooperation mit dem GEOMAR und besonders die Förderung durch die Petersen-Stiftung verhalfen dem Preisträger sowohl bei seinen Forschungsarbeiten, als auch bei



- Dieser Titelseitenartikel in der New York Times vom 21. Dezember 1997 hat die Welt auf das Potential des Meeresbergbaus aufmerksam gemacht.

15

der Vermittlung seines Wissens an die Öffentlichkeit, zu beeindruckenden Resultaten. „Zu sehen, mit welcher Begeisterung und Wissbegierde meine Arbeit aufgenommen wird, stimmt mich zufrieden“, sagt Steve Scott.

Steve Scott ist Norman B. Keevil Emeritus Professor für Meeresgeologie und Direktor des Scotiabank Marine Geology Research Laboratory an der University of Toronto in Kanada.

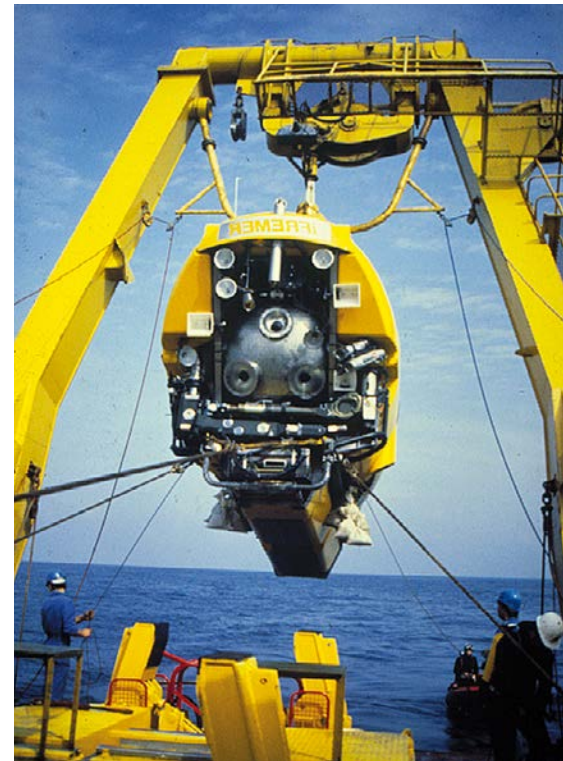
Der Rohstoffgeologe hat sowohl an Land als auch in allen Welt-ozeanen nach Rohstoffen gesucht. Neben seiner akademischen Tätigkeit ist er als Berater für die marine Rohstoffindustrie tätig.

Steve Scott wurde im Jahr 2004 für seine Forschungs- und Lehrtätigkeit mit der Ehrendoktorwürde der Université de Bretagne Occidentale in Brest, Frankreich, ausgezeichnet. Er ist ferner Hono-

rarprofessor der China University of Geosciences in Peking, China. Weitere Auszeichnungen sind die Michael J. Keen Medal der Marine Geosciences Division der Geological Association of Canada, die Duncan R. Derry Medal der Mineral Deposits Division der Geological Association of Canada, die Charles L. Hosler Alumni Scholar Medal (Penn State University, USA), die Silbermedaille der Society of Economic Geologists und die Past Presidents Medal der Mineralogical Association of Canada. ■

VITA

■ Hydrothermale Quellen im Golf von Kalifornien. Die Aufnahme wurde mit dem amerikanischen Tauchboot Alvin 1982 im Guaymas Becken in 2.000 Metern Wassertiefe gemacht. Für Steven Scott, der sich an Bord befand, war es die erste Begegnung mit Schwarzen Rauchern. Als Rohstoffgeologe erkannte er, dass an dieser Stelle Erzlagertstätten gebildet werden. Foto: HOV Alvin, ©Woods Hole Oceanographic Institution



16

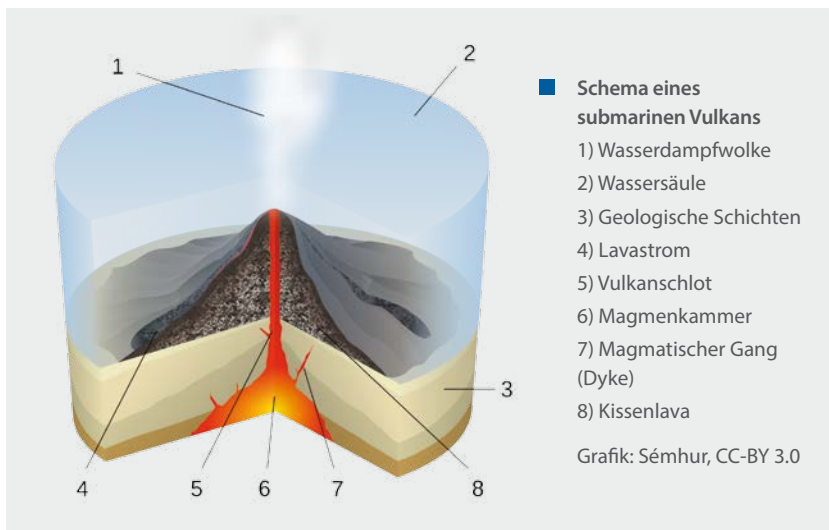
Wie entstehen die Metallervorkommen im Ozean?

Hydrothermale Quellen in vulkanisch aktiven Zonen der Tiefsee entstehen durch das tiefe Eindringen von Meerwasser in den Ozeanboden und die Aufheizung dieses Meerwassers durch 3-5 km tiefsitzende Magmenkammern. Das bis 500 °C heiße Meerwasser wird neben der Aufheizung auch chemisch verändert und steigt aufgrund seiner Dichterniedrigung als Folge der Erwärmung wieder zum Meeresboden auf. Hierbei laugt das heiße und chemisch aggressive Was-

ser geringste Mengen an Kupfer, Blei und Zink sowie Gold und Silber aus dem umgebenden Gestein. Beim Kontakt dieses heißen, metallbeladenen Fluids mit dem umgebenden Meerwasser bilden sich am und direkt unterhalb des Meeresbodens zum Teil großflächige Metallsulfidlagerstätten. Steve Scott hat nachweisen können, dass auch das heiße Magma selbst sehr metallreiche Fluide produziert, die sich mit den dargestellten hydrothermalen Quellen vermischen und die Erzlösungen dadurch zusätzlich mit Metall anreichern. „Durch Analy-

■ Das französische Forschungstauchboot Nautilie (6.000 m Tauchtiefe) beim Ausbringen von Bord. Steve Scott nutzte sowohl die Nautilie als auch andere bemannte Tauchboote, wie die kanadische Pisces IV, die russische Mir und die amerikanische Alvin für seine Forschungen in der Tiefsee. Foto: Steve Scott

sen von Magma, das an terrestrischen Vulkanen ausgetreten ist, wissen wir, dass diese vulkanischen Flüssigkeiten extrem reich an Metall sein können. Ob das ebenfalls auf submarine Vulkane zutrifft, ist noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen“, erklärt der Geologe. Mit Hilfe von Kollegen und Doktoranden, die Scott betreute, gelang es ihm allerdings, in winzigen Flüssigkeitseinschlüssen in Gesteinen von unterseeischen Vulkanen magmatische Flüssigkeiten nachzuweisen. Diese Flüssigkeitseinschlüsse sind mit Eisen, Kupfer, Zink, Silber, Gold, Schwefel und Chloriden beschichtet, den Bestandteilen von austretendem Magma aus dem Meeresboden. „Wir mussten beweisen, dass magmatische Lösungen aus dem Meeresboden viel reicher an Metall sind, als die Fluide, die aus hydrothermalen Quellen austreten, die durch Zirkulation und Gesteinsauslaugung entstehen“, erklärt Scott, „Weiter



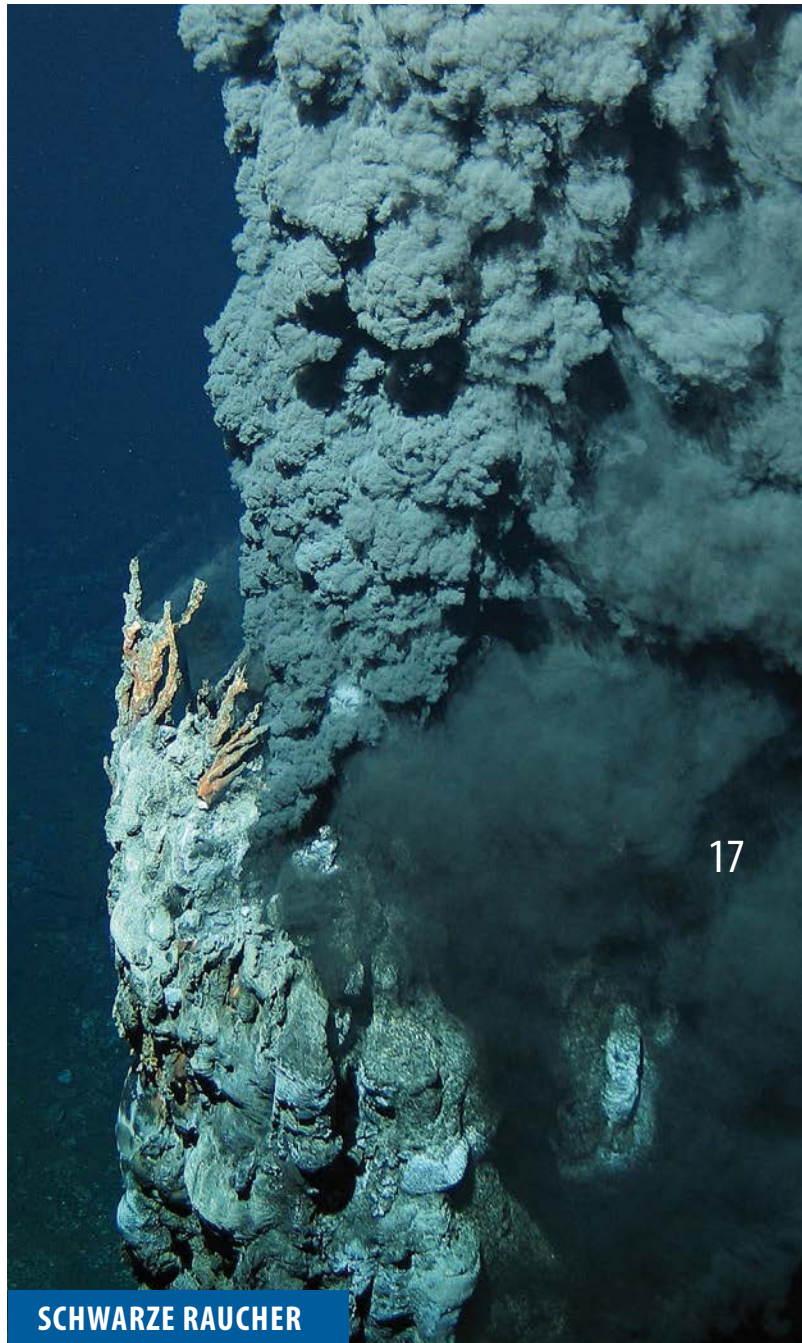
konnten wir zeigen, dass solche Verschmelzungen von metallreichen magmatischen Fluiden mit unterseeischen hydrothermalen Fluiden existieren und potentiell nutzbare Erze hervorbringen“. Aktuell untersucht Steve Scott solche Vorkommen vor Portugal. In Kooperation mit einer ehemaligen Postdoktorandin arbeitet er an einer Studie, die unterseeische Hydrothermen, die den Einfluss von metallreichen magmatischen Lösungen zeigen, mit Hydrothermen vergleicht, die keine magmatischen Einflüsse aufweisen. Scott will herausfinden, ob magmaassoziierte Vulkane generell Erzvorkommen mit besonders hohen Metallgehalten produzieren. Dafür sind in situ Analysen von extrem kleinen Proben erforderlich – die Technik dafür muss allerdings erst noch entwickelt werden.

Neue Erkenntnisse aus kleinsten Proben

Mit Forschern und Technikern der Abteilung Chemieingenieurwesen der Universität von Toronto arbeitet Scott an einer Weiterentwicklung des bereits vorhandenen sogenannten „Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometer“, kurz ToF-SIMS. Diese Maschine ist in der Lage, die meisten chemischen Elemente und deren Isotope in winzigsten Proben zu analysieren. Man bewegt sich dabei im Bereich von Millionstel Gramm. Um dies zu bewerkstelligen kann die Maschine die Partikel mit Ionen beschießen und zwar punktgenau auf bis zu 60 Nanometer. Dies ist erforderlich, um die Fluideinschlüsse in magmatischen Gesteinen in der Umgebung von hydrothermalen Quellen exakt zu analysieren. Vor kurzem wurde das Forscherteam mit 4,6 Millionen Dollar gefördert, um diese Analytik weiterzuentwickeln. „Manchmal kommen große wissenschaftliche Erkenntnisse und Überraschungen in kleinen Schritten, in diesem Fall in Nanometer-Schritten, und ich mag es, überrascht zu werden“, freut sich Scott.

Unersättlicher Wissendurst des Forschers

Neben seinem Spezialgebiet widmet sich Steve Scott nun auch anderen Forschungsgebieten. Vor den portugiesischen Azoren unterstützt er ein Projekt, das zu einem besseren Verständnis der komplexen Plattentektonik in diesem Bereich des Mittelatlantischen Rücken führen soll, der auf der Plattengrenze von Europa und Afrika liegt. Das Azoren-Plateau gilt als Hotspot für unterseeischen Vulkanismus und den Austritt von Magma. Die Proben, die bereits für die hochauflösende Analytik der Flüssigkeits-einschlüsse entnommen wurden, sollen auch hierbei Verwendung finden und dafür genutzt werden, die Existenz submariner Vulkan-Ketten im Terceira Rift vor den Azoren zu beweisen. Ebenfalls soll untersucht werden, ob das Terceira Rift dadurch eine potentielle Quelle für Metallerz-



17

SCHWARZE RAUCHER

- Spitze eines Schwarzen Rauchers am Mittelatlantischen Rücken. Dort, wo metall- und schwefelreiche Lösungen einer heißen Quelle mit dem kalten Meerwasser in Berührung kommen, fallen die gelösten Metalle als Metallschwefelverbindungen aus und setzen sich am Meeresboden ab. So entstehen die charakteristischen Schloten sowie die Erzvorkommen in ihrer Umgebung. Foto: ROV-Team, GEOMAR

vorkommen darstellt. Neben einigen anderen Projekten, an denen sich Steve Scott beteiligt, steht auch ein Projekt in den Startlöchern, das der Beeinflussung hydrothermalen Quellen durch die Gesteinsverwitterung im Meer nachgehen soll. ■

Mehr zu diesem Thema: www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/petersen-essays/scott_essay.pdf