

Vera Schlindwein

Kurs: Ultralangsamere Gakkel-Rücken

Plattentektonik, vulkanische
Aktivität und Spreizung des Ozean-
bodens in der Arktis: Die Emmy Noether-
Gruppe MOVE gewinnt nach aufwendigen Forschungs-
expeditionen und Erdbebenmessungen überraschende
Erkenntnisse zur Entstehung und Struktur der Ozeanlithosphäre.
Ein Werkstattbericht





In stürmische See gerät das Forschungsschiff mitunter in den „Furious Fifties“ am Südwestindischen Rücken.

Eingefroren in langen Wintern – die Arktis macht langsam. Das Vorankommen ist beschwerlich und nur langsam möglich, Geduld und Beharrlichkeit brauchen auch Polarforscher, gestern wie heute. Selbst tief unter dem arktischen Meereis geht es nur langsam voran – „ultralangsam“ sogar: Während die Ozeane der Welt an den Nahtstellen der mittelozeanischen Rücken jedes Jahr um mehr als 20 Millimeter wachsen, bildet sich neuer Ozeanboden entlang des Arktischen Rückensystems und seines Verwandten, des Südwestindischen Rückens (SWIR) auf halber Strecke zwischen Afrika und der Antarktis, mit weniger als 15 Millimetern pro Jahr.

So spielten ultralangsame mittelozeanische Rücken lange Zeit kaum eine Rolle bei der Erforschung der Plattentektonik. Zu schlecht erreichbar ist obendrein das Arktische Rückensystem wegen seiner Bedeckung mit Meereis, zu rau ist

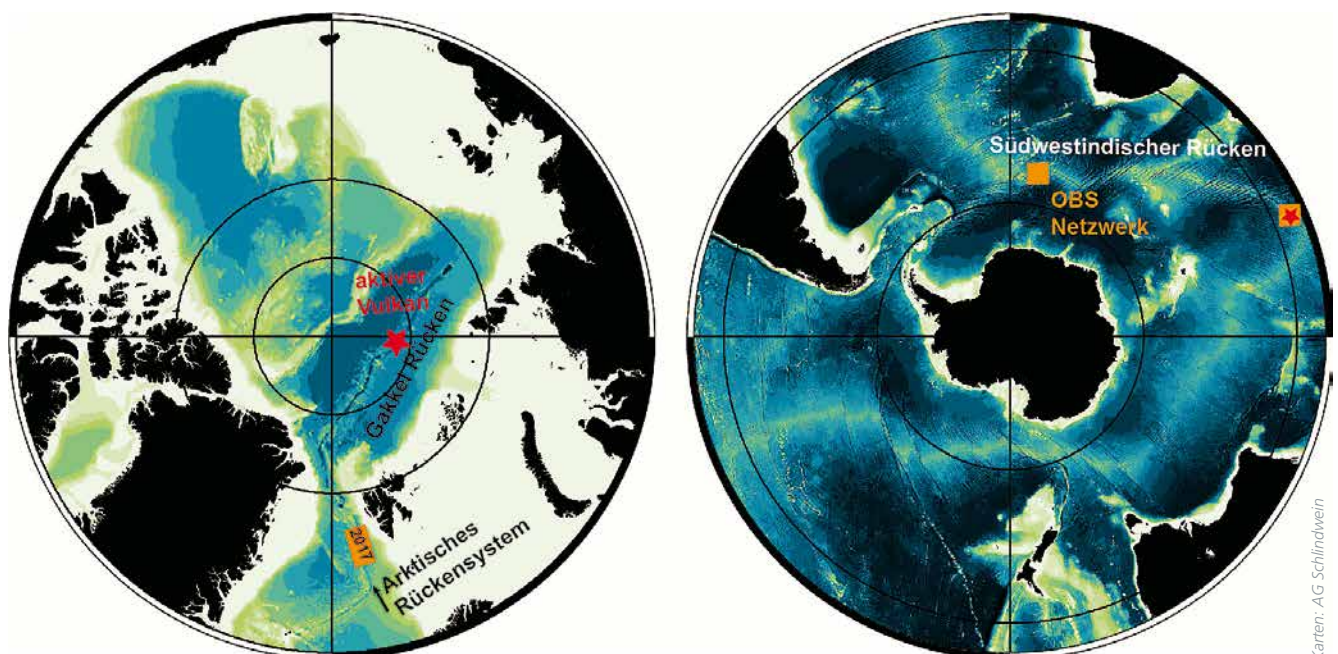
die See in den „Furious Fifties“ am SWIR für ambitionierte Forschungsvorhaben. Außerdem meinte man, aus den sehr viel besser erforschten Prozessen der Ozeanbodenbildung an langsamen Rücken auf die ultralangsamem Rücken schließen zu können. 1999 jedoch ließ ein gewaltiger Erdbebenschwarm im Arktischen Ozean Geophysiker aufhorchen: Über neun Monate bebte die Erde, teilweise mit Magnitude 5, in der Nähe eines großen Vulkans am Gakkel-Rücken.

Normalerweise gehen die unzähligen Vulkanausbrüche an mittelozeanischen Rücken völlig unbenutzt über die Bühne: Die junge Ozeanlithosphäre ist gerade im Bereich der Vulkanrücken zu warm für größere Erdbeben, die mehr als 1000 Kilometer entfernt an Land noch registriert werden können. Außerdem galten Vulkanausbrüche bei ultralangsamem Rücken als selten. Wenn die Lithosphärenplatten an mittelozeanischen Rücken

auseinanderdriften, wird durch Druckentlastung der Erdmantel aufgeschmolzen. Letzterer dringt dann auf und schließt als Magma fortlaufend die Lücke zwischen den Platten. So entsteht überall in den Ozeanen eine etwa 6 bis 8 Kilometer dicke Erdkruste. An den ultralangsamem Rücken kommt dieser Motor ins Stottern und nur wenig Schmelze entsteht. Doch wie passte dieser Vulkanausbruch ins Bild einer Region, der eine Spreizungsrate von nur 9 bis 10 Millimetern pro Jahr nachgesagt wird?

2001 stach zum ersten Mal eine interdisziplinäre Expedition mit den beiden Eisbrechern USGC Healy und FS Polarstern in See, um den Gakkel-Rücken systematisch zu kartieren, Gesteinsproben vom Meeresboden zu gewinnen, die Dicke der Krusten zu messen, nach heißen Quellen am Meeresboden zu suchen – und Erdbeben vor Ort zu messen. Mit vier Publikationen in *Nature* ist diese Expedition sicher-

Karten der ultralangsamem Spreizungsrücken in der Arktis (links) und im Südwestindischen Ozean (rechts).





Harte Arbeit in eisiger Kälte: Auf einer Eisscholle im arktischen Meereis wird ein Seismometer aufgebaut.

lich als bahnbrechend zu bezeichnen, reifte doch die Erkenntnis, dass die ultralangsamem Rücken mitnichten einfach nur langsame „langsame Rücken“ sind, sondern eine eigene Klasse darstellen. Als Hauptcharakteristikum zeigte sich: Die Mächtigkeit der Erdkruste entlang des Rückens variiert stark. Während eine dünne Kruste und viele vulkanische Strukturen manche Rückenabschnitte prägen, wird in anderen magmatisch armen Gebieten der Meeresboden bis zu 5000 Meter tief, und Erdmantelgestein befindet sich direkt am Meeresboden. Unterbrochen werden diese oft 100 Kilometer langen amagmatischen Gebiete ohne nennenswerten Vulkanismus von gigantischen

Vulkanzentren mit einer mächtigen Erdkruste. Und genau so ein Vulkan schien 1999 unter großem Getöse von Erdbeben in Gang gekommen zu sein.

Zu diesem Zeitpunkt, Anfang 2003, kam die spätere Projektleiterin das erste Mal in Berührung mit ultralangsamem Rücken. An die Erdbebendaten, die während der Reise aufgenommen worden waren, traute sich niemand so recht heran. Zu ungewöhnlich schien die Messmethode, Seismometer auf driftende Eisschollen zu stellen, um damit Erdbeben aufzuzeichnen. Sie hatte schon früher mit ungewöhnlichen seismologischen Daten gearbeitet und war fasziniert. Die Tech-

nik funktionierte, und einige kleine Erdbeben ließen sich zwischen dem Krachen der Eisschollen aufzeichnen. Sie deuteten darauf hin, dass in der Nähe des Vulkans kleine Gasexplosionen unter dem enormen Druck von 4 Kilometer Wassersäule stattfanden. Das war eine Überraschung und eine Motivation dafür, die Erdbebenaktivität dieser ultralangsamem Rücken genau ins Visier zu nehmen.

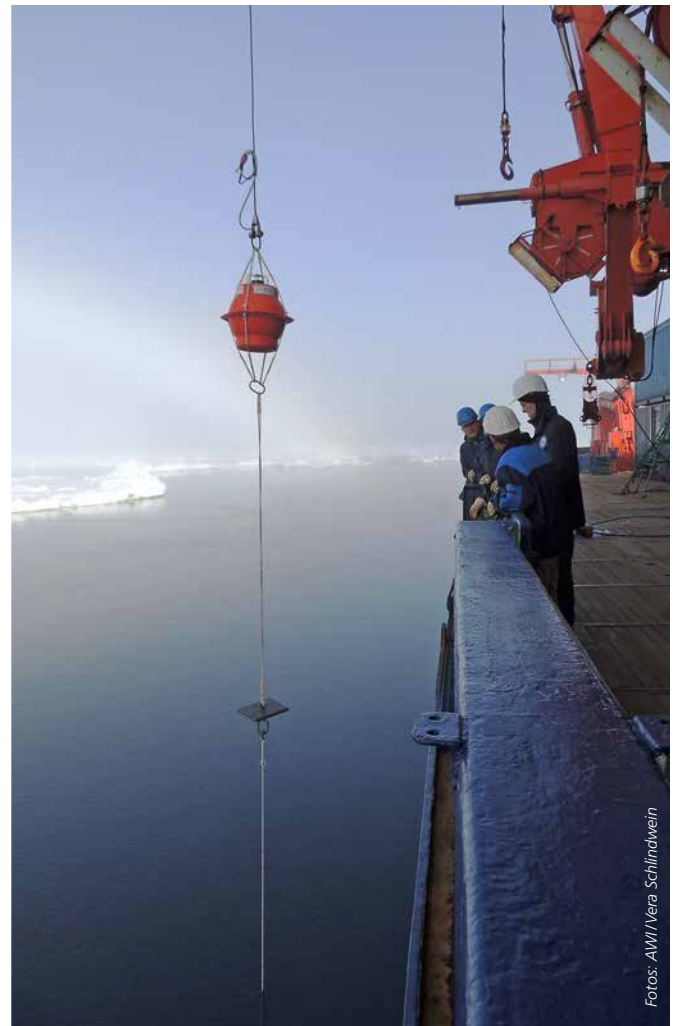
Die Idee für das Emmy Noether-Projekt war geboren. Es sollte die Seismizität ultralangsamem Rücken systematisch untersuchen, und zwar vergleichend an magmatischen und amagmatischen Rückenabschnitten. Noch dazu auf verschiedenen Skalen von kleinsten

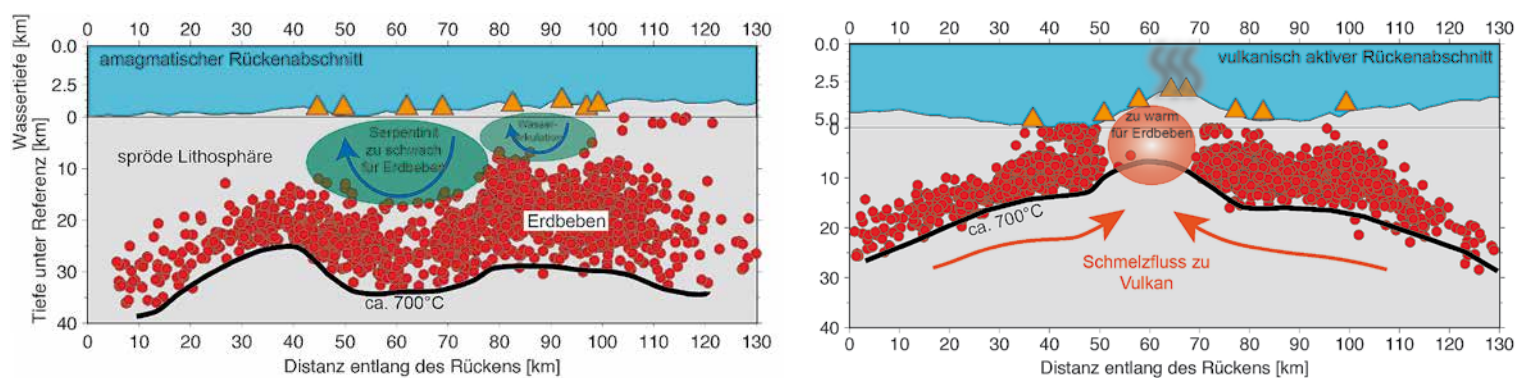
Beben, die lokal über Spreizungsprozesse Aufschluss geben, bis hin zu großen Erdbeben, die großräumig und rückenübergreifend Informationen über die Ozeanbodenbildung liefern. Im September 2006 konnte die Nachwuchsgruppe „Mittelozeanische Vulkane und Erdbeben (MOVE)“ an den Start gehen. Aus familiären Gründen wurde das Vorhaben von Beginn an auf acht Jahre in Teilzeit ausgelegt. Dies hatte auch den Vorteil, dass Geduld und Beharrlichkeit für die langwierige Beschaffung der Erdbebendaten aufgebracht werden konnten; mit einem Zeithorizont von fünf Jahren wäre das rückblickend nicht möglich gewesen.

Da die Daten für große Erdbeben in Katalogen öffentlich zugänglich sind, konnte mit deren Analyse begonnen werden. Um mit Seismometern vor Ort kleinste Erdbeben aufzuzeichnen, die Informationen über aktive Spreizungsprozesse und die Struktur und Temperatur der Lithosphäre geben können, wurde „Schiffszeit“ auf der FS Polarstern benötigt. Zunächst mit „Huckepack“-Experimenten auf der FS Polarstern und der IB Oden konnten Erdbebendaten von driftenden Eisschollen aus gesammelt werden. Klassische Messungen mit Ozeanbodenseismometern (OBS) waren unumgänglich, aber im eisbedeckten Arktischen Ozean unmöglich, denn die OBS

tauchen mit den ersehnten Daten im Umkreis von einem Kilometer um ihre Absetzposition irgendwo wieder auf, womöglich unter einer Eisscholle. Daher wick das Team auf geologisch ähnliche Gebiete des SWIR aus, um OBS einsetzen zu können. Da ein kostenintensiv arbeitendes Forschungsschiff nicht untätig auf gutes Wetter für die OBS-Bergung warten kann, stach im Jahr 2013 eine 35-köpfige interdisziplinäre Forschungsgruppe auf der FS Polarstern in See, um in dem stürmischen Messgebiet einen Monat gemeinsam zu forschen. Parallel konnten durch zwei weitere Schiffsreisen Daten zur Vulkanaktivität in gemäßigteren Breiten des SWIR gesammelt werden.

Links: Möwen interessieren sich verlässlich für Ozeanbodenseismometer und erleichtern damit die Suche. Rechts: Forscher beim Testlauf mit einem meereisgängigen Seismometer.





Im Schaubild: Aufwendig erhobene Erdbebendaten am Südwestindischen Rücken geben Aufschluss über Spreizungsprozesse.

Sieben Jahre nach Beginn von MOVE stand damit ein umfassender und mit immensum Aufwand (sieben Schiffsreisen!) gesammelter Erdbebendatensatz zur Verfügung. Er bestätigte die Vermutung, dass die Erdbebetätigkeit an ultralangsamem Rücken überraschende Erkenntnisse über die Entstehung und Struktur der jungen Ozeanlithosphäre ermöglicht.

Nach der Lokalisierung von über 5000 Erdbeben entdeckte das Team die tiefsten Erdbeben an mittelozeanischen Rücken in 35 Kilometern Tiefe. Sie zeigten, dass die junge Ozeanlithosphäre in den amagmatischen Gebieten noch viel kälter ist als bisher angenommen. Unter den Vulkanen dünnt die Lithosphäre stark aus, sodass Schmelzen an ihrer Basis von den kalten amagmatischen Bereichen hin zu den Vulkanen fließen können. Eine solche Topografie war von Petrologen (Gesteinsforschern) postuliert worden, um die ungleiche Verteilung von Schmelzen an ultralangsamem Rücken zu erklären. Mit diesen Ergebnissen war ein erster geophysikalischer Nachweis dieser Theorie gelungen.

Besonders spannend war eine weitere Feststellung: Erdbeben fehlten bis zu einer Tiefe von 15 Kilometern in den Gebieten, in

denen Erdmantelgestein am Meeresboden zu finden ist. Im Kontakt mit Wasser entsteht daraus ein sehr weiches Gestein namens Serpentin, das nicht in Erdbeben bricht, sondern sich eher wie Schmierseife verhält. Umgekehrt bedeutete dies, dass Wasser bis in ungeahnte Tiefen von 15 Kilometern vordringen kann und ein Stoffaustausch zwischen der Lithosphäre und dem Ozean in weitaus größeren Dimensionen denkbar wird. Außerdem gelang es, einen Vulkan am SWIR zu untersuchen, der über zehn Jahre immer wieder mit großen Erdbeben auf sich aufmerksam gemacht hatte. Und tatsächlich, es konnte eine Magmakammer unter dem Vulkan gefunden werden. Die OBS zeichneten live eine „Magmaintrusion“ und ihren seismischen Tremor auf – eine seltene In-situ-Messung untermeerischer Vulkantätigkeit.

Auch wenn sich die Nachwuchsgruppe MOVE nur langsam bewegt hat, so war deren Erkenntnisgewinn beträchtlich und hat viele neue Fragen aufgeworfen. Da es in der Polarforschung bekanntlich nur langsam vorangeht, ist jetzt bereits ein Nachfolgeprojekt im Gang: Seit 2017 verfügt das Team über Erdbebenaufzeichnungen von 27 OBS,

verteilt über ein Rückenareal von 160 Kilometern Länge südlich von Spitzbergen. Das ist der bislang umfassendste Mikro-Erdbebensatz für mittelozeanische Rücken.

Darüber hinaus wartet der Prototyp eines meereisgängigen OBS auf seine Generalprobe, um mit einer großen interdisziplinären Expedition an der Hydrothermalquelle AURORA am eisbedeckten Gakkel-Rücken Fragen des Stoffaustauschs zwischen Lithosphäre und Ozean nachzugehen – allerdings nicht vor 2022.



Die Geophysikerin

PD Dr. rer. nat. Vera Schlindwein

war Leiterin der Emmy Noether-Nachwuchsgruppe „Mittelozeanische Vulkane und Erdbeben (MOVE)“ am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven.

Adresse: Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven

DFG-Förderung im Emmy Noether-Programm der DFG.

www.awi.de/nc/ueber-uns/organisation/mitarbeiter/vera-schlindwein.html

