

1. Wochenbericht (23. – 30. August)

RV Meteor lief am Sonntag dem 23. August unter den Augen unserer Vorausgruppe in den Hafen von Ponta Delgada, der Hauptstadt der Azoreninsel São Miguel, ein. Wir konnten unmittelbar nach dem Festmachen an der Pier mit den Endladearbeiten beginnen, und nur 3 Stunden später war die Ausrüstung der Vorgänger von Bord und die unserige an Bord gebracht. Der folgende Tag konnte somit für einige dazu genutzt werden, diejenigen Vulkane und tektonischen Verwerfungen auf Sao Miguel zu studieren, deren krustaler Untergrund und seewärtige Fortsetzungen wir in den nächsten Wochen geophysikalisch vermessen und verstehen wollen.



Die Kaldera des Vulkans Fogo.

Kapitän Wunderlich und seine Besatzung begrüßten uns herzlich am Dienstag, als die Hamburger Gruppe sowie zwei portugiesische Gastwissenschaftler nun endgültig Quartier an Bord bezogen. Unmittelbar anschließend wurde mit der Installation von Geräten an Deck und in den Laboren begonnen, wobei wir gewohnt tatkräftig von der erfahrenen Besatzung unterstützt wurden. Technische Installationen, Landanschlussmessungen für die Gravimetrie, Koordinations- und Planungsmeetings sowie Einwei-

sungen in den Schiffsbetrieb wechselten sich in schneller Folge ab, so dass am späten Abend die wissenschaftlichen Ressorts seeklar und die Fahrteilnehmer auf die bevorstehende Reise eingestimmt waren. Besucher der kooperierenden und auf den Azoren beheimateten Institute besuchten uns genauso an Bord wie Frau Honorar-Konsul Rieks.

Am Mittwoch liefen wir morgens pünktlich aus, und es wurde unmittelbar mit der Aufzeichnung der Erdschwere sowie mit der hydroakustischen Kartierung des Meeresbodens begonnen. Diese Messtechniken werden kontinuierlich bis zum Verlassen der durch die Forschungsgenehmigung abgedeckten Meeresgebiete durchgeführt werden. Nur 10 Seemeilen südlich des Hafens bzw. nach nur einer guten Stunde, nachdem der Lotse von Bord ging, begannen auch die Stationsarbeiten. Im Frühjahr dieses Jahres waren die Hamburger Ozean-Boden-Seismographen (OBS) mit *RV Poseidon* im Rahmen eines BMBF geförderten Projektes rings um São Miguel ausgelegt worden, um die Erdbebenaktivität unterhalb und nahe der Insel zu studieren. Diese Daten werden nach der Auswertung helfen, die komplexen Erdplattenverschiebungen und assoziierte vulkanische Tätigkeiten hier am westlichen Ende der Afrikanischen-Eurasischen Kollisionszone besser zu verstehen. Im exzellenten Zusammenspiel bargen Deckmannschaft, Wissenschaftler und Nautiker 17 der 19 im Frühjahr ausgelegten Stationen. Zwei der Stationen mussten leider aufgegeben werden, da deren Auslöser nicht auf die akustischen Signale reagierten, mit denen sie zum Aufstieg gebracht werden. Eine erste Abspielung der von den geborgenen OBS aufgezeichneten seismologischen Daten wies auf eine sehr gute Datenqualität hin.

Am Freitag dann begann die systematische geophysikalische Vermessung des Meeresbodens und der darunter verborgenen Strukturen sowie Schichtenabfolge. Durch Fächerlotkartierungen erstellten wir detaillierte Karten vom Meeresboden. Diese zeigen, dass der Meeresboden sehr viel stärker zergliedert ist, als es die alten bathymetrischen Karten vermuten ließen. Eine unserer Aufgaben ist es nun zu verstehen, ob und wo das Relief des Meeresbodens oberflächennahe Prozesse wie zum Beispiel Hangrutschungen widerspiegelt, und wo es durch Erdplattenbewegungen geprägt wurde und wird. Ein weiteres geophysikalisches Verfahren, die sogenannte „Reflexionsseismik“ erlaubt uns einem Röntgenbild ähnlich, den Untergrund entlang der Fahrtroute im Querschnitt abzubilden. Luftpulsenerzeuger erzeugen dabei kleine Schockwellen, die in den Meeresboden eindringen, von geologischen Schichtgrenzen reflektiert und dann von hinter dem Schiff geschleppten Sensorsystemen aufgezeichnet werden.



Die Hamburger Ozean-Boden-Seismographen an Deck

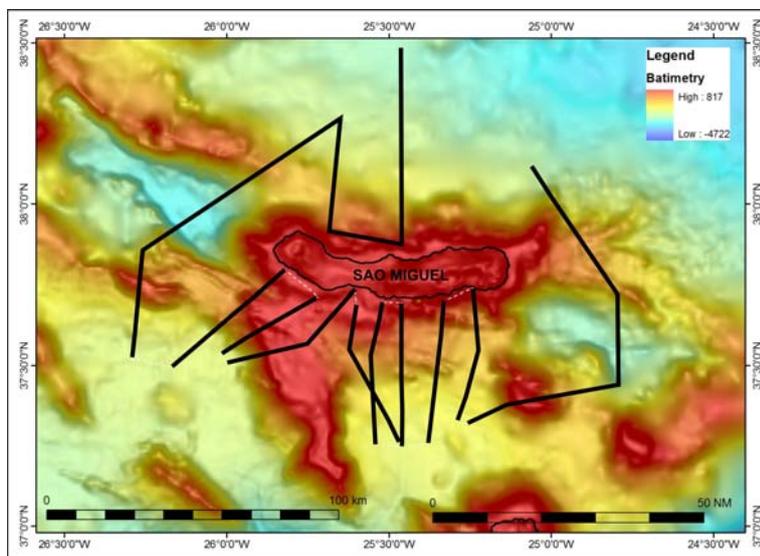
Aus diesen „Schnappschüssen“ des Untergrundes kann dann auf durch Erdplattenverschiebungen verursachte Verwerfungen in den oberen Stockwerken der Erdkruste abgeleitet und auf die verursachende Prozesse in der tiefen Erdkruste geschlossen werden. Auch haben wir bereits zahlreiche untermeerische Hangrutschungen vermessen, die sich die steilen Flanken von São Miguel oder den zahlreichen wasserbedeckten Bergen am Meeresboden herunterbewegt haben. Von dem neuen Hamburger Magnetometer aufgezeichnete Anomalien geben Zeugnis von magmatischen Prozessen in jenen Tiefen der Erdkruste, die von den seismischen Verfahren nicht erreicht werden können. Die magnetische Messwerterhebung profitiert von der Tatsache, dass Gesteine ihre magnetischen Eigenschaften durch Aufschmelzung verändern oder gar verlieren. Kühlt das Magma anschließend wieder ab, so „friert“ es das jeweilig wirkende und zeitlich variable Erdmagnetfeld ein. Die kontinuierlich gemessene Erdschwere wird durch die räumliche Verteilung der spezifischen Dichte charakterisiert. Zum einen lässt sich dadurch auf die räumliche Verteilung bestimmter Gesteinsarten schließen, zum anderen aber auch auf die Präsenz von heißem und somit leichterem Magma. In wenigen Tagen werden wir die Übersichtskartierungen der Region um Sao Miguel herum abgeschlossen haben, auf deren Grundlage wir dann weiterplanen werden. Die ersten Ergebnisse sind sehr vielversprechend!

Alle Fahrtteilnehmer sind wohl auf und senden Grüße nach Hause.

Christian Hübscher
(Fahrtleiter)

2. Wochenbericht (31. August – 6. September)

Am Anfang der vergangenen Woche beendeten wir unsere ersten geophysikalischen Überblicksmessungen im Südosten der Azoren. Insgesamt 750 Profilkilometer wurden mit der Reflexionsseismik, dem Gravi- und Magnetometer, dem Sedimentecholot und Multibeam-System sowie mit einem Strömungsmesser gewonnen. Da das Gravimeter und die hydroakustischen Systeme kontinuierlich mitliefen, wurde eine große Menge weiterer Daten erhoben. Die Auswertung der Daten gibt uns erste wichtige Hinweise auf die Natur und die Dynamik des komplex gegliederten Meeresbodens hier im Südosten der Azoren.



Bathymetrische Karte des Meeresbodens und Profilplan im Arbeitsgebiet um São Miguel.

Courtesy: EMEPC & LNEG, Lissabon

Die bildgebenden seismischen und hydroakustischen Verfahren zeigen z. B., wie und wo ozeanische Strömungen durch die komplexe Morphologie des Meeresbodens umgelenkt und lokal verstärkt werden, was wiederum die Ablagerungsmuster von Sedimenten am Meeresboden beeinflusst. Die Geometrie und Schichtenfolge der resultierenden sog. Driftkörper wird Aussagen über die räumliche und zeitliche Variabilität der Strömungen erlauben. An den steilen submarinen Hängen São Miguel's finden sich meist durch Hangrutschungen umgelagerte Sedimentkörper, die eine erstaunlich gute interne Stratifizierung aufweisen. Die seismischen Daten der Hangrutschungen und Driftkörper zeigen zahlreiche interne Reflexionen hoher Amplitude, deren Signalcharakteristiken als deutliche Hinweise auf Fluide und/oder Gase gewertet werden können.

Neben dem Studium von strömungsbedingten Ablagerungen oder Hangrutschungen zielen unsere Arbeiten auf ein vertieftes Verständnis der tektonischen Vorgänge in der Region, denn die Azoren liegen im Einflussbereich verschiedenster geodynamischer Prozesse. Im Westen befindet sich der Mittelatlantische Rücken, an dem der Ozeanboden aufbricht und neue Erdkruste entsteht. Die Azoreninsel São Miguel im Zentrum unseres Arbeitsgebietes liegt auf einem weiteren, etwa Nordwest nach Südost streichenden Spreizungsrücken, dem sog. Terceira Rift. Südlich der Insel liegt eine Störungszone, welche den Übergang von Afrikanischer zur

Eurasischen Platte repräsentiert. Die Relativbewegungen der beiden Platten zueinander sowie die Dynamik am Terceira Rift führen zu erheblichen Spannungen in der Erdkruste, aus denen Erdbeben, Vulkanismus und Plutonismus resultieren. Gemessene Anomalien des Magnetfeldes und der Erdschwere geben uns Anhaltspunkte für die Dimensionen und Tiefen von magmatischen Körpern. Interessanterweise fanden wir deutliche Indizien für magmatische Prozesse auch dort, wo das Relief des Meeresbodens keinerlei Andeutungen für solche Prozesse liefert. Dies zeigt, wie wichtig die integrierte Interpretation verschiedenster geophysikalischer Datensätze für das Gesamtverständnis dieser Region ist.

Im Verlauf dieser Woche haben wir ein über 150 km langes refraktionsseismisches Profil vermessen, in dessen Zentrum der Vulkan Fogo auf São Miguel liegt. Hierzu stellten wir insgesamt 18 Ozean-Boden-Seismometer (OBS) in Tiefen von fast 3000 m auf dem Meeresboden ab. Anschließend lösten wir alle 60 Sekunden mit großvolumigen Luftpulsern Schockwellen aus, welche die tiefen Schichten der Erdkruste durchliefen und von den OBS registriert wurden. Kollegen aus Hamburg, Bremerhaven und von den Azoren hatten zuvor Landstationen entlang des Profils auf der Insel installiert, um für eine lückenlose Überdeckung des Profils zu sorgen. Im Anschluss sammelten wir die OBS wieder ein und freuten uns, dass alle Geräte den Aufstieg zur Wasseroberfläche geschafft hatten. Das Ausbringen und Bergen der OBS verlief dank des sehr guten Zusammenspiels zwischen Besatzung und Wissenschaft ausgesprochen zügig.

Die Arbeiten mussten kurzzeitig unterbrochen werden, um einem Fischerboot Hilfeleistungen zu geben. Die wissenschaftlichen Geräte wurden rasch eingeholt, so dass aufgestoppt und das Beiboot der *Meteor* zu Wasser gelassen werden konnte. Mit technischem Sachverstand und einer gewaltig großen Batterie konnten die Probleme an Bord des Fischerbootes rasch behoben werden. Zum Dank gab es frischen Fisch.

Über die Hälfte der eingeschifften Wissenschaftler sind Studierende, die einen großen Teil der Arbeitsbelastungen zu tragen haben. Es ist beeindruckend zu sehen, wie schnell sich die weniger Erfahrenen an das Arbeiten und Leben an Bord gewöhnt haben. Einige der Studierenden oder Doktoranden haben bereits zahlreiche solcher Forschungsreisen hinter sich gebracht und leiten die Jüngeren souverän an. Die Einsatzfreudigkeit, das Können und die Umsicht Aller war in diesen ersten eineinhalb Wochen Garant für den guten Messfortschritt.

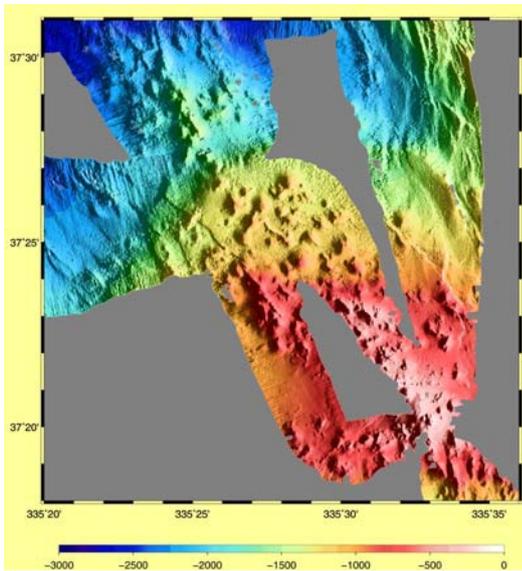
Basierend auf den bisherigen Befunden haben wir am Sonntagabend wieder mit den profilierenden Messungen begonnen, die nun für 6 Tage andauern werden.

Alle Fahrtteilnehmer sind wohlauf und senden Grüße nach Hause.

Christian Hübscher
(Fahrtleiter)

3. Wochenbericht (7.-13. September)

Bis zum Samstag der dritten Woche setzten wir die geophysikalischen Profilvermessungen an den Flanken und angrenzenden Becken und Rücken rings um die Azoreninsel Sao Miguel fort. Dabei basierte die Profilplanung auf denjenigen Daten, die wir in der ersten Arbeitswoche gewonnen hatten. Die im Zuge des Messfortschrittes immer detaillierter werdenden digitalen Karten vom Meeresboden zeigten die räumliche Ausbildung der durch Seismik und Potenzialverfahren als Querschnitte beschriebenen Strukturen, was uns half, die Profilplanungen weiter zu präzisieren. Die gewonnenen Daten diskutierten wir allabendlich während der sog. *Science Meetings*, und passten anschließend unsere Planung an die Befunde und resultierenden Arbeitshypothesen an.



Karte eines vulkanischen Plateaus, das von einer Vielzahl von Vulkanen bedeckt ist. Vermutlich repräsentiert dieses Plateau das Frühstadium einer neuen Ozeaninsel.

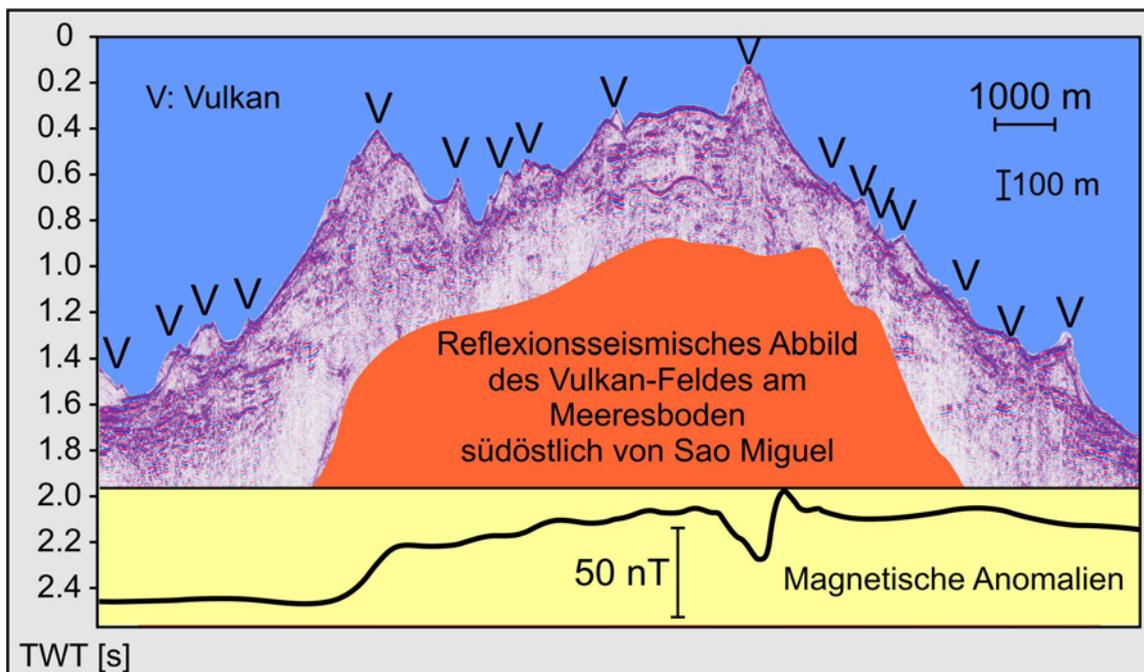
In dieser Phase der Ausfahrt spielte sich ein sehr regelmäßiger und konzentrierter Arbeitsrhythmus ein. Die Messungen liefen rund um die Uhr, und es waren zu jeder Zeit vier Wissenschaftler, verteilt auf drei Mess- und Registrierlabore, auf Wache. In weiteren Laboren fand die computergestützte Datenverarbeitung und Datenvisualisierung statt, so dass wir oftmals schon kurz nach Ende eines jeden, jeweils einige Stunden dauernden Profils recht verlässliche Aussagen treffen und weitere Ideen entwickeln konnten. Die Seismikprofile importierten wir z.B. in ein Interpretationssystem, das es uns erlaubt, die Daten im räumlichen Kontext zu erfassen und Sedimentschichten oder geologische Störungen von Profil zu Profil zu verfolgen. Schwere- und magnetische Anomalien wurden gemeinsam mit der Meeresbodentopographie dargestellt, um magmatisch aktive Regionen zu charakterisieren. Auf Grund der Flexibilität

aller Ressorts des Schiffes sowie der hervorragenden Zusammenarbeit mit der Schiffsleitung konnten wir unsere wissenschaftlichen und messtechnischen Vorstellungen umgehend umsetzen.

Seit ihrer Besiedelung im Jahr 1442 sind die Vulkane der Azoreninsel Sao Miguel mindestens 23 mal ausgebrochen. Zwischen 1811 und 1911 kam es zu fünf durch historische Quellen belegten Eruptionen von Meeresvulkanen, die der Insel vorgelagert sind. Unsere Daten zeigen nun, dass der Meeresboden südlich von Sao Miguel von sehr viel mehr Vulkanen bedeckt ist als bekannt war. Viele der Vulkane sind gar nicht oder nur sehr wenig von Sedimenten bedeckt; sie müssen am Meeresboden nach geologischen Maßstäben vor recht kurzer Zeit ausgebrochen sein. Der in der Abbildung gezeigte höchste Vulkan ragt bis 90 m unter die Wasseroberfläche, und zwar in einem Gebiet, in dem die minimale Wassertiefe

modernen Seekarten zufolge über 260 m betragen soll. Beide Beobachtungen deuten darauf hin, dass dieser Vulkan gegebenenfalls nur wenige Jahre alt ist.

Am 12. September beendeten wir zur Mittagszeit die Messungen im Arbeitsgebiet um Sao Miguel. Die Gesamtlänge der 50 Profile, die in den vergangenen 2 Wochen mittels Anwendung aller uns zur Verfügung stehenden geophysikalischen Verfahren vermessen wurden (Reflexionsseismik, Magnetik, Gravimetrie, Sediment-Echosounder und Multibeam), beträgt 1800 km. Zusätzlich wurden entlang der kompletten Fahrtroute weitere knapp 2000 km Schwere- und Hydroakustikdaten aufgezeichnet.



Nach Beendigung der Messungen begaben wir uns auf einen etwa 200 km langen Transit in das weiter östlich gelegene zweite Arbeitsgebiet. Hier werden wir in der kommenden Woche die Gloria Störung untersuchen, an der sich die Afrikanische und Eurasische Erdplatte an einander vorbeischieben. Vermutlich lag hier das Epizentrum eines der stärksten jemals gemessenen Erdbeben.

Während des Transits verabschiedeten wir bei schönstem Wetter zwei erfahrene Seeleute. Günther Ventz von der Reederei Laeisz und Wolf-Thilo Ochenhirt vom Deutschen Wetterdienst gehen am Ende dieser Reise in ihren wohlverdienten Ruhestand. In einer schönen Zeremonie bedankten sich Crew und Wissenschaft für die vielen Jahre der hervorragenden Zusammenarbeit.

Alle Fahrtteilnehmer sind wohlauf und senden Grüße nach Hause.

Christian Hübscher
(Fahrtleiter)

M79/2

4. Wochenbericht (14.-21. September)

Im Jahre 1941 registrierten die damals zwar spärlich vorhandenen, aber doch schon in mehreren Ländern existierenden Seismometer eines der bis dato stärksten jemals gemessenen Erdbeben. Das Epizentrum lag, so wurde vermutet, im Bereich der sog. Gloria Störung, also dem westlichsten Abschnitt der Kollisionszone zwischen der Afrikanischen und Eurasischen Erdplatte. Hier lag unser Arbeitsgebiet in der vergangenen Woche. Insgesamt 18 Ozean-Boden-Seismometer (OBS) wurden entlang eines knapp 140 km langen und senkrecht zur Gloria Störung streichenden Profils in Wassertiefen bis knapp 5000 m ausgebracht. Direkt im Anschluss lösten wir in Abständen von 120 m seismische Schockwellen aus, die durch die Wassersäule in die Erdkruste bis zur Kruste-Mantelgrenze wanderten, sich anschließend entlang dieser Grenze fortpflanzten und durch die Kruste zurück bis zu den OBS liefen. Mit dieser „Refraktionsseismik“ genannten Methode können wir Querschnitte durch die Erdkruste erstellen. Charakterisiert werden die einzelnen Schichten der Erdkruste durch deren Geometrie sowie der Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen.

In der späteren Auswertephase werden die Potenzialdaten bei der Modellerstellung dazugenommen, so dass die Schichten zusätzlich durch deren spezifischen Dichten und magnetischen Eigenschaften beschrieben werden können. Daher haben, wie bisher auf allen Profilen, seismische Geräte, Magnetometer, Gravimeter und die hydroakustischen Systeme simultan ihre spezifischen physikalischen Größen registriert.

Die anschließende Bergung der OBS verlief dank des guten Wetters und den Fahrkünsten der wachhabenden Offiziere reibungslos. Abschließend vermaßen wir das zentrale Becken, durch das die Gloria Störung verläuft, mit der reflexionsseismischen Methode. Damit sind wir in der Lage, Störungen und Deformationen des Grundgebirges unterhalb der Sedimentbedeckung zu kartieren, was uns Rückschlüsse auf die Relativbewegungen der Erdplatten zueinander erlaubt.

Nachdem die OBS an Bord waren, konzentrierte sich unsere Prozessinggruppe auf die Bearbeitung der refraktionsseismischen Daten. Erleichtert stellten wir fest, dass sowohl auf dem Gloria Profil, als auch auf den in den Wochen zuvor mit der gleichen Methode vermessenen Teilprofilen nördlich und südlich von Sao Miguel, die die Kruste-Mantelgrenze durchlaufenden Wellen in den Registrierungen sichtbar waren. Die Insel Sao Miguel konnten wir sogar seismisch unterschießen, d.h., die OBS nördlich der Insel zeichneten die südlich der Insel ausgelösten seismischen Wellen auf und umgekehrt. Diese Daten liefern uns wichtige Erkenntnisse über die Gebirgswurzel der Vulkaninsel.

Am Freitagmittag beendeten wir das wissenschaftliche Forschungsprogramm und begaben uns auf den Transit zum Endhafen dieser Reise. Damit ist es Zeit, für ein erstes Resümee. In Zahlen ausgedrückt liest sich das so: Wir sammelten über 5000 km Schweredaten, etwa 4500 km Parasound- und Multibeam-Registrierungen und vermaßen über 2000 km mehrkanalseismische Profile simultan zu den magnetischen Aufzeichnungen. Zwei krustenseismische Profile mit je 18 OBS kommen dazu.

Eine Datenmenge ausgedrückt in Zahlen sagt aber nichts über deren wissenschaftliche Relevanz aus. Wir sind uns sicher, in der Auswertephase über zahlreiche in den Arbeitsgebieten wirkende Erdprozesse vertiefte Erkenntnisse erhalten zu können. Die Krustenschnitte werden uns, gemeinsam mit den Ergebnissen aus einem BMBF geförderten und ebenfalls in Hamburg angesiedelten Projektes zur Auswertung von Erdbebendaten, zeigen, wo Plattengrenzen und Störungszonen verlaufen. Die angewandten bildgebenden Verfahren wie Reflexionsseismik und Hydroakustik geben Aufschluss über den Zusammenhang zwischen den Störungssystemen und vulkanischen Ausbruchsstellen am Meeresboden. Die Potenzialdaten lassen die Krustenstruktur in den von der Seismik nicht erfassten, tiefen Stockwerken der Erdkruste erkennen. Die marin-geophysikalischen Daten erlauben weiterhin die Identifikation aktiver Störungen. Diese Studien sind für die Bewohner der Azoreninsel Sao Miguel von besonderer Bedeutung, da diese Störungen auf der Insel durch Ablagerungen oder Vegetation überdeckt sind und daher nicht oder wenig studiert werden können. Naturgemäß geht von aktiven Störungen immer ein potenzielles Risiko für die Infrastruktur besiedelter Gegenden aus. Die Analyse von submarinen Hangrutschungen wird auch deren Risikopotenzial zu verstehen helfen. Der sich in der Schichtenfolge und Schichtengeometrie widerspiegelnde Einfluss der komplexen Meeresbodentopographie auf Bodenströmungen wird helfen, das regionale ozeanische Zirkulationsmuster zu entschlüsseln. Nicht zuletzt tragen die zahlreichen geophysikalischen Indizien für im Meeresboden vorhandene und migrierende Gase oder Fluide zum Verständnis von Stoffkreisläufen oder Austauschprozessen zwischen Meeresboden und Ozean bei.

Am 21. September werden wir vormittags in den Hafen von Las Palmas einlaufen, wo unsere Reise endet. Mein Dank richtet sich zunächst an das wissenschaftliche Team, das hervorragend und trotz der Arbeitsbelastung zielführend und fehlerlos gearbeitet hat. Insbesondere den jungen Studierenden ist ein großes Lob auszusprechen, deren Engagement, Einsatzfreudigkeit und Professionalität dem der Erfahrenen unter uns in nichts nachstand. Kapitän Wunderlich und seine Besatzung haben mit FS Meteor eine hervorragend organisierte und technisch zuverlässige Forschungsplattform bereitgestellt. Wir werden uns gern an diese Reise erinnern.

Alle Fahrtteilnehmer sind wohlauf und senden Grüße nach Hause.

Christian Hübscher
(Fahrtleiter)