

Table of Contents

Abstract	iii
Zusammenfassung	iv
1 Research Objectives	1
2 Participants	4
3 Research Program	8
3.1 Leg M43/1	8
3.2 Leg M43/2	9
4 Narrative of the Cruise	13
4.1 Leg Leg M43/1	13
4.2 Leg M43/2	14
5 Preliminary Results	16
5.1 Leg M43/1 (Marine Geosciences)	16
5.1.1 Hydroacoustic Systems	16
5.1.1.1 PARASOUND	16
5.1.1.2 HYDROSWEEP	18
5.1.2 Rock Sampling and Descriptions	18
5.1.2.1 Methods	18
5.1.2.2 Rock Types Dredged and Their Interpretation	23
5.1.2.3 Eruptive Depth and Island Subsidence	25
5.1.3 Rosette-Water Sampling	26
5.1.4 Areas Studied	27
5.1.4.1 Submarine Ridges South of La Palma and El Hierro	27
5.1.4.2 Saharan Seamounts	32
5.1.4.3 Flanks of Tenerife and Gran Canaria	39
5.1.5 Conclusions	46
5.2 Leg M43/2 (OMEX)	49
5.2.1 Physical Oceanography	49
5.2.1.1 CTD Methodology	49
5.2.1.2 ADCP and ARGOS Drifters	49
5.2.2 Marine Chemistry	51
5.2.2.1 pCO ₂ - Measurements	51
5.2.2.2 Methane Measurements	51
5.2.2.3 Spectrophotometric pH Measurement on Discrete Water Samples	53
5.2.2.4 Determination of DOC and DON Using High Temperature Catalytic Oxidation	54
5.2.2.5 Radionuclides	55

5.2.3	Fluxes as Measured by Moored Sediment Traps and Suspended Particle Inventories	56
5.2.4	Benthic Ecology	58
5.2.4.1	The Benthic Resuspension Loop	58
5.2.4.2	Phytopigments in the Sediment	59
5.2.4.3	Bioturbating Macrofauna, Sediment Oxygen Demand, ATP and Food Quality ..	59
5.2.4.4	Macrofauna and Meiofauna	61
5.2.4.5	Uptake and Mixing of Algal Carbon by Benthic Organisms	62
5.2.4.6	The Deep Water Coral Settlement Experiment	63
5.2.5	Sedimentology	64
5.2.6	Determination of the Net Total Radiation and Atmospheric Turbidity at Sea	65
6	Ships Meteorological Station	68
6.1	Weather and Meteorological Conditions During Leg M43/1	68
6.2	Weather and Meteorological Conditions During Leg M43/2	68
7	Lists	70
7.1	Leg M43/1	70
7.1.1	Dredge Protocol with Brief Description of Rocks Dredged	70
7.1.2	On-board Thin Section Petrography	81
7.2	Leg M43/2	95
8	Concluding Remarks	98
9	References	99

Abstract

METEOR cruise M 43 consisted of two legs in the eastern Atlantic (25.11.1998 - 14.01.1999). The cruise started in Viana do Castelo (Portugal) and ended in Cadiz (Spain). The scientific crews changed in Las Palmas, Canary Islands (Spain), where the vessel had a stopover from 23.12.1998 - 28.12.1998.

The aim of METEOR cruise M 43/1 (Project DECOS, *Destruction and Construction of Seamounts*, 25.11.1998 - 23.12.1998) was to study the geodynamic evolution of intraplate volcanic edifices and their mantle sources along the boundary zone oceanic-continental lithosphere extending from the central to the western Canary Islands and as far south as the Saharan Seamount group focussing on the following questions: (1) Did the islands and seamounts sink into the lithosphere and, if so, what can be learned about the elastic thickness of the lithosphere? (2) At what depth below sea level do magmatic volatiles exsolve in significant amounts? (3) What is the regional distribution and volume of debris avalanche deposits? (4) How strongly did magmas evolve that erupted along the submarine ridges and seamounts? (5) Is there evidence for continental crust beneath the Canary Islands? (6) Does the character of the mantle sources change in time and regionally?

Submarine volcanoes on the flanks of the central and western Canary Islands and of six seamounts up to 500 km south of the Canary Islands (including Paps, Tropic, El Hierro and Endeavour Seamounts) were sampled by dredging at 180 stations and mapped by swath bathymetry. More than 60 % of the stations contained volcanic rocks varying widely in vesicularity, chemical and mineralogical composition, grain size, structures and therefore emplacement mechanisms and environment, and degree of alteration. The most common rock types are alkali basalt and basanite. Nephelinites dredged e.g. on the El Hierro submarine ridge suggest that highly undersaturated magmas may also erupt during the early stages of island growth possibly analogous to Loihi Seamount south of Kilauea Volcano. The large volumes of evolved rocks (trachytes, phonolites and rhyolites) on the submarine ridges of La Palma and El Hierro as well as on seamounts to the south have implications for the density substructure of the Canary Islands as well as plume flux and ascent rate of magmas and their residence time in shallow magma reservoirs. Fresh feldspars in many rocks will allow a detailed dating program, enabling a better understanding of the geodynamic evolution of the volcanic belt parallel to the continental-oceanic lithosphere boundary off NW Africa. The abundance of vesicles even in rocks dredged at more than 1000 m bsl, commonly scoriaceous lapillistones, is thought to be due to high volatile contents of the alkalic magmas, necessitating recalibration of vesicle geobarometers to determine initial water depth of eruption. It also means that the density structure in the interior of large seamounts needs to be re-evaluated and the likelihood for flank failures maybe larger in large seamounts whose upper 1000-2000 m bsl is dominantly composed of highly unstable lapilli deposits. The submarine ridges south of La Palma and El Hierro, discrete rift zones, about 3-5 km wide and up to 40 km long with steep lateral and terminal slopes, are capped by abundant seamounts suggesting locally developed conduit systems. The dominantly linear volcanic structures (NNE-SSW and NW-SE) mirror those of the islands, possibly reflecting the stress field of the lithosphere. Seamounts south of the Canary Islands are more common than previously known, evidence that the boundary zone between continental and oceanic lithosphere acts as a preferred zone for magma ascent (leaky lithosphere boundary). Volcanic activity along the submarine ridges of La Palma and El Hierro appear to be very young and the prominent volcano Hijo de Tenerife between Gran Canaria and Tenerife that erupted spectacular bombs of intermediate rocks containing both peridotite nodules and possibly Mesozoic sandstone xenoliths may still be active. All lavas emplaced at more than ca. 600 m depth on the flanks of the Canary Islands - our minimum water depth for dredging - show evidence for subaqueous emplacement. The boundary between submarine and subaerial volcano growth is thus shallow, implying that the

islands have been relatively stable with respect to sea level and that the recently proposed sinking of Tenerife by some 2500 m is untenable. South of El Hierro, a 30 km² debris avalanche area was mapped in detail and debris avalanche material – probably of Pliocene age (Roque Nublo Group) - was sampled in the channel between Gran Canaria and Fuerteventura. This helps to clarify the run-out distance and possibly timing of these flank collapses based on the change in composition of lavas with age. Bathymetric data combined with other recent data sets will provide a rather complete bathymetric map of the seafloor around the Canary Islands, greatly facilitating future marine geological and geophysical work in the area.

Leg 43/2 was carried out to investigate particle transport from the narrow shelf of the Iberian Peninsula to the continental slope in the frame of the EU-Project OMEX II (Ocean Margin Exchange programme). The special issue of this cruise was to quantify sedimentation, bottom near particle transport, the hydrographical regime, and the exchange of biogases during winter, in order to compare these results with those of other seasons and other settings of shelf-continental slope systems. In spite of the poor weather conditions most data have been successfully taken. A prominent result is given by the findings that the Nazaré Canyon turned out to provide a focussing of sediment and a rapid transport from the shelf to the deep-sea.

Zusammenfassung

Die 43. Reise des deutschen Forschungsschiff METEOR fand in zwei Abschnitten vom 25.11.1998 bis 14.1.1999 im Ostatlantik statt. Die Expedition begann in Viana do Castelo (Portugal) und endete in Cadiz (Spanien). Zwischen den beiden Fahrabschnitten wurde der Hafen von Las Palmas, Kanarische Inseln (Spanien) angelaufen (23.12. – 28.12.1998), wo die wissenschaftliche Besatzung wechselte.

Hauptziel der METEOR-Fahrt M 43/1 (Project DECOS, *Destruction and Construction of Seamounts*, 25.11.1998 - 23.12.1998) war es, die geodynamische Evolution ozeanischer Intraplattenvulkane und ihrer Mantelquellen in der Grenzzone ozeanische - kontinentale Lithosphäre im Gebiet der zentralen und westlichen Kanarischen Inseln und der Saharan Seamountgruppe im Süden genauer zu untersuchen, und zwar mit folgenden Schwerpunkten: (1) Sind die Inseln und Seamounts in die Lithosphäre eingesunken, und welche Schlüsse können über die elastische Mächtigkeit der Lithosphäre daraus gezogen werden? (2) In welcher Wassertiefe beginnt eine signifikante Blasenbildung? (3) Wie verbreitet sind Schuttlawinen? (4) Wie stark differenziert sind die submarin eruptierten Magmen? (5) Gibt es Anzeichen für Kontinentale Kruste? (6) Ändert sich die Zusammensetzung der Mantelquellen mit dem Grad der Entwicklung einer Insel und regional?

Die submarinen Flanken der Inseln Tenerife und Gran Canaria, Vulkanbauten entlang der submarinen Rücken südlich von La Palma und El Hierro, sowie die Flanken von sechs Seamounts (Tropic Seamount, Endeavour Seamount, El Hierro Seamount, Paps Seamount und zwei kleinere Seamounts) bis zu 500 km südlich der Kanaren wurden auf insgesamt 180 Stationen beprobt und bathymetrisch kartiert. Vulkanische Gesteine, auf gut der Hälfte der Stationen gewonnen, umfassen ein großes kompositionelles Spektrum (Nephelinite bis zu plagioklasreichen Alkalibasalten, seltene intermediäre Gesteine sowie Trachyte, Phonolithe und Rhyolithe) sowie unterschiedliche Blasigkeit und Frische (Grad der Alteration). Nephelinite vom vermuteten submarinen Frühstadium bei Hierro ähneln wegen des Auftretens von hoch SiO₂-untersättigten Laven dem Loihi-Stadium vom Kilauea Vulkan (Hawaii). Die unerwartete Häufigkeit hochdifferenzierter Gesteine entlang der submarinen Rücken von La Palma und El Hierro sowie in den

südlichen Seamounts lassen auf niedrige Plumeflux Raten und lange Aufenthaltszeiten in Magmareservoirs schließen. Genaue Altersbestimmungen werden sich aufgrund der frischen Feldspateinsprenglinge in Trachyten und Phonolithen durchführen lassen. Die Häufigkeit von hochblasigen Gesteinen - überwiegend basaltischen Lapillisteinen - bis in Wassertiefen größer 1000 m läßt auf einen hohen Volatilengehalt der Magmen schließen. Dies bedingt eine niedrige Dichte und große Instabilität der Vulkangebäude und erfordert eine Neukalibrierung des Blasengeobarometers für submarine vulkanische Gesteine zur Bestimmung der Eruptionstiefe. Die detailliert untersuchten submarinen Rücken südlich von La Palma und El Hierro, ungefähr 3-5 km breit und bis zu 40 km lang, sind von zahlreichen Seamounts bedeckt und stellen vulkanische Riftzonen dar. Ihre überwiegend NNE-SSW und NW-SE orientierten vulkanischen Lineamente ähneln denen auf den Inseln und spiegeln möglicherweise das lithosphärische Spannungsfeld wider. Die vulkanischen Gesteine auf den submarinen Rücken sind ausweislich ihrer Frische sehr jung. Die spektakulären Bomben aus intermediären Vulkaniten des prominenten Vulkans Hijo de Tenerife zwischen Tenerife und Gran Canaria deuten andauernde vulkanische Tätigkeit an. Die bis in Flachwasserbereiche von < 600 m gedredgten Gesteine sind ausnahmslos submarin eruptiert, so daß eine Absenkung der Inseln maximal wenige 100 m betragen haben kann und nicht 2500 m, wie für Tenerife postuliert. Durch die bathymetrische Kartierung mittels HYDROSWEEP wurden zahlreiche Seamounts entdeckt, Hinweis auf intensive magmatische Aktivität im Grenzbereich kontinentale-ozeanische Lithosphäre (leaky lithosphere boundary). Im Süden von El Hierro wurde eine Schuttlawinenablagerung von 30 km² Ausdehnung bathymetrisch kartiert, und vermutlich pliozäne (Roque Nublo) Schuttlawinenablagerungen wurden zwischen Gran Canaria und Fuerteventura gedredgt. Die bathymetrische Detailkartierung kombiniert mit vorhandenen Daten wird die Grundlage für eine bathymetrische Karte des gesamten Kanarenarchipels darstellen, wichtige Planungsgrundlage für weitere geologische und geophysikalische Arbeiten in diesen Gebiet.

Abschnitt 43/2 untersuchte im Rahmen des EU-Projektes OMEX II (Ocean Margin Exchange programme) den Partikeltransport vom schmalen Schelf vor der iberischen Halbinsel auf den Kontinentalhang. Der spezielle Anlass dieser Fahrt war, die Prozesse des bodennahen Partikeltransportes, der Sedimentation, die hydrographischen Randbedingungen und den Austausch von Biogasen speziell in der Wintersituation zu quantifizieren, um sie mit entsprechenden anderen Jahreszeiten und mit anderen Schelf-Kontinentalhang-Situationen vergleichen zu können. Trotz schlechter Wetterbedingungen konnten die meisten Daten erfolgreich gewonnen werden. Herausragende Ergebnisse sind die Befunde im südlich gelegenen Nazaré Canyon, die belegen, dass Canyons den Schelfexport fokussieren und für einen schnellen Transport vom Schelf bis in die Tiefsee sorgen.