

Table of Contents

	<u>Page</u>
Abstract	iv
Zusammenfassung	v
1 Research Objectives	1
1.1 Introduction	1
1.2 Projects	4
2 Participants	5
3 Research Programs	13
3.1 WOCE program	13
3.1.1 Physical Oceanography during WOCE cruises	13
3.1.1.1 Hydrographic measurements at 48°N in the North Atlantic along the WHP section A2	13
3.1.1.2 WOCE-NORD	14
3.1.2 Nutrients and tracer measurements during WOCE cruises	14
3.2 Sonderforschungsbereich (SFB) 460	17
3.2.1 Physical Oceanography during SFB cruises	17
3.2.2 Air-sea fluxes	19
3.2.3 Carbon dioxide system, oxygen, nutrients during SFB-cruises	19
3.3 Other programs	20
3.3.1 VEINS programs	20
3.3.2 Tracer sampling	20
3.3.3 Methane	22
3.3.4 Foraminifera ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ data in foraminifera)	23
3.4 Paleoceanography	24
3.4.1 Water Column Profiling: Ground-Truth Data Base for Calibration of Paleoceanographic Proxies	25
3.4.2 Plankton in Surface Waters off Portugal	26
3.4.3 Benthic Foraminifera: Faunal Composition and Stable Isotopes	26
3.4.4 Trace Fossils and Bioturbation as Indicators of Paleo-Environmental Conditions	27
3.4.5 Temperate Water Carbonates	28
3.4.6 Trace Metals in Calcareous Microorganisms as Paleoceanographic Tracers	28
3.4.7 Sediment Geochemistry and Mineralogy	30
4 Narrative of the cruise	31
4.1 Leg M39/1 (R. Zahn)	31
4.2 Leg M39/2 (W. Zenk)	32
4.3 Leg M39/3 (K. P. Koltermann)	37
4.4 Leg M39/4 (F. Schott)	39
4.5 Leg M39/5 (A. Sy)	42

5	Preliminary Results	44
5.1	SFB 460	44
5.1.1	Physical Oceanography of the eastern Basin (M39/2)	44
5.1.1.1	Hydrography (S. Becker, B. Lenz, T.J. Müller, W. Zenk)	44
5.1.1.2	Freon Analysis (CFC) (O. Plähn)	53
5.1.1.3	Carbon Dioxide System, Nutrients and Oxygen (A. Körtzinger)	54
5.1.2	Physical Oceanography of the Labrador and Irminger Sea (M39/4)	59
5.1.2.1	Technical aspects	59
5.1.2.2	Analyses and Evaluations	68
5.1.2.3	Air-sea fluxes (U.Karger, H.Gäng)	75
5.1.2.4	Carbon Dioxide System, Nutrients and Oxygen (L. Mintrop)	77
5.2	WOCE and VEINS	82
5.2.1	Leg M39/3	82
5.2.1.1	Hydrographic Measurements	82
5.2.1.2	Nutrients and Oxygen Measurements	90
5.2.1.4	Mooring work and float deployment (H. Giese, K. P. Koltermann)	94
5.2.1.5	“TCO ₂ and Total Alkalinity Measurements along 48° N on the WHP section A2 1997” (C. Neill, E. Lewis)	96
5.2.2	Leg M39/5	100
5.2.2.1	Hydrographic Measurements (A. Sy, K. Bakker, R. Kramer, D. Machoczek, H. Mauritz, F. Schmiel, K. Schulze, G. Stelter, M. Stolley, N. Verch)	100
5.2.2.2	Tracer Measurements	108
5.2.2.3	Current Measurements	111
5.2.2.4	Carbonate chemistry in the Northern Atlantic Ocean (H. Thomas, B. Schneider, N. Gronau and E. Trost)	117
5.3	Other programs	119
5.3.1	Methane (R.Keir, G.Rehder)	119
5.3.2	Tritium/helium sampling program results from M39, legs 4 and 5 (H. Hildebrandt, M. Arnold, R.Bayer)	121
5.4.	Paleoceanography	124
5.4.1	Water Column T-S Profiling (M. Huels, S. Jung, R. Zahn)	124
5.4.2	Seawater Sampling for Trace Element and Nutrient Analysis (A. Müller, C. Willamowski)	125
5.4.3	Shipboard Sediment Sampling and Core Flow (G. Bozzano, C. Didie, M. Huels, S. Jung, L. Lembke, N. Loncaric, P. Schäfer, J. Schönfeld)	129
5.4.4	Plankton Hauls (A. Kohly)	130
5.4.5	Porewater Oxygen Profiling: Reference for Benthic Foraminiferal Assemblage Studies (J. Schönfeld)	132
5.4.6	Trace Fossil Recording and Grab Sampling (P. Schäfer, B. Bader)	135
5.4.7	Geochemistry and Mineralogy (G. Bozzano, I. Cacho)	139
5.4.8	High-Resolution Acoustic Mapping and Core Logging: Paleoceanographic Application (K. Heilemann, F.-J. Hollender, T. Karp)	140

6	Ship's Meteorological Station	147
6.1	Meteorological conditions during leg M39/1 (K. Flechsenhar)	147
6.2	Meteorological conditions during leg M39/2 (B. Brandt)	148
6.3	Meteorological conditions during leg M39/3 (B. Brandt)	148
6.4	Meteorological conditions during leg M39/4 (G.Kahl)	150
6.4	Meteorological conditions during leg M39/5 (G.Kahl)	151
7	Lists	154
7.1	Leg M39/1	154
7.1.1	Locations for sediment and plankton/water samples	154
7.1.2	Water sampling sites for plankton assemblage studies	157
7.1.3	Phyto- and zooplankton species found in M39/1 sampling sites	159
7.2	Leg M39/2	161
7.2.1	CTD Inventory	161
7.2.2	Mooring Activities	164
7.2.3	List of RAFOS Float Launches	165
7.3	Leg M39/3	166
7.3.1	Station list of cruise M39/3	166
7.4	Leg M39/4	174

Abstract

METEOR cruise M39 took place in the North Atlantic Ocean and consisted of five legs. Work on M39 was carried out mainly in the context of two climate relevant programs: for Sonderforschungsbereich (SFB) 460 (“Dynamics of thermohaline circulation variability”), during legs M39/2 and M39/4, and for the World Ocean Circulation Experiment (WOCE), during M39/3 and M39/5 while paleo-oceanographic studies were carried out on one leg, M39/1.

During the first cruise leg M39/1, departing 18 April 1997 out of Las Palmas, Canary Islands, paleo-oceanographic work was carried out in the eastern Atlantic. The objective was to document the history of the North Atlantic’s thermohaline circulation during the last glacial period. Sediment cores and sediment surfaces along deep transects in the Gulf of Cadiz and off Portugal were sampled. With detailed paleo-oceanographic time series, the hydrographic history of North Atlantic water masses and of Mediterranean water were recorded. Ocean chemistry work documented today’s distribution of paleo-oceanographic trace-elements. Cruise leg M39/1 ended on 10 May in Brest.

METEOR left Brest again on 14 May for leg M39/2. During this leg measurements were conducted in the eastern North Atlantic within the context of the SFB 460 of Kiel University. The aim was to investigate the variability of water masses of the subpolar gyre during their passage through the Iceland Basin as well as its transport rates and pathways. Detailed CTD surveys on seven sections and the deployment of current meter moorings and RAFOS floats were carried out for long-term observations of Overflow- and Labrador Sea Waters. Leg M39/2 was completed on 8 June 1997 in Cork, Ireland.

Cruise leg M39/3 focused once again on a survey of the 48°N WOCE section A2 under one-time survey requirements. Since earlier observations had shown a large interannual variability of all hydrographic properties, this survey was again combined with chemical oceanographic measurements to arrive at a CO₂ budget. Results from this cruise confirm these rapid full-depth changes. The data will be used to calculate indices of the meridional circulation such as transports of heat, freshwater and mass and the meridional overturning. Previous estimates had shown large changes in the heat transports. The observations of cruise M39 are required to advance the understanding of the underlying mechanisms.

Leg M39/4 began in St. John’s on 6 July and investigations were carried out for several projects of the SFB 460. Since leg M39/4 had as an essential objective the retrieval and redeployment of a variety of moorings, it had to be subdivided into two segments with an interim stop on 16 July in St. Anthony (New Foundland). During the first part of leg M39/4 several moorings were successfully recovered, a boundary current meter array was deployed, CTD-profiles were taken and profiling ALACE floats deployed in the western part of the Labrador Sea. After the interim stop in St. Anthony the mooring work was continued in the Labrador Sea. Here, as well as in the Irminger Basin, a large amount of CTD stations were carried out to investigate the water mass distribution, spreading paths and transports in the western North Atlantic. Leg M39/4 had accomplished its objectives and ended on 11 August in Reykjavik, Iceland.

Cruise M39/5 by R.V. METEOR was another contribution to the “World Ocean Circulation Experiment” (WOCE). In addition, work was carried out for the EC program “Variability of Exchanges in the Northern Seas” (VEINS). This leg started in Reykjavik (Iceland) on 14 August and finished in Hamburg (Germany) on 14 September, 1997. The purpose of the first part of the cruise (VEINS) was to carry out CTD sections and to recover and redeploy current meter moorings in the overflow waters off East Greenland, between the Denmark Straits and Cape Farvel. Work was part of a cooperation effort between British, Finnish, Icelandic and German institutions. The objective of the second part of this cruise leg was a repeat of the WOCE Hydrographic Programme section A1E/AR7E, running from Cape Farvel to the southern tip of the Porcupine Bank off the west coast of Ireland.

Overall METEOR cruise 39 was successful, and the intended work could be carried out according to plan.

Zusammenfassung

Die METEOR-Reise M39 fand im Nordatlantischen Ozean statt. Im Verlauf von fünf Fahrtabschnitten wurden Arbeiten hauptsächlich im Zusammenhang mit zwei klimarelevanten Programmen durchgeführt, dem Sonderforschungsbereich (SFB) 460 „Dynamik thermohaliner Zirkulationsschwankungen“ (Abschnitte M39/2 und M39/4) und dem „World Ocean Circulation Experiment“ (WOCE) (Abschnitte M39/3 und M39/5). Ein Fahrtabschnitt (M39/1) diente Paleo-Ozeanographischen Untersuchungen.

FS METEOR lief am 18. April 1997 von Las Palmas auf den Kanarischen Inseln für den ersten Abschnitt M39/1 aus. Paleo-Ozeanographische Arbeiten wurden im östlichen Nordatlantik durchgeführt. Das Ziel der Arbeiten war die Erforschung der Geschichte der Nordatlantischen Thermohalinen Zirkulation während der letzten Glazialperiode. Dafür wurden Sedimentkerne und Sedimentverteilungen entlang tiefer Schnitte im Golf von Cadiz und vor Portugal gesammelt. Meereschemische Arbeiten dokumentierten dabei die heutigen Verteilungen der Paleo-Ozeanographischen Spurenelemente. Das wissenschaftliche Programm von M39/1 wurde mit der Ankunft in Brest am 10. Mai beendet.

METEOR verließ Brest am 14. Mai für den Abschnitt M39/2. Auf diesem Abschnitt wurden Messungen im östlichen Nordatlantik für den SFB 460 der Universität Kiel durchgeführt. Ziel war die Untersuchung der Variabilität von Wassermassen des subpolaren Wirbels während ihres Durchquerens des Islandbeckens sowie ihre Ausbreitungswege und Transporte. Detaillierte CTD-Untersuchungen auf sieben Schnitten und Verankerung von Strommessern und RAFOS Floats wurden zur Beobachtung des Langzeitverhaltens des Overflow- und des Labradorsee-Wassers durchgeführt. Der Abschnitt M39/2 wurde am 8. Juni 1997 mit der Ankunft in Cork, Irland beendet.

Der Abschnitt M39/3 diente der erneuten hydrographischen Aufnahme des WOCE-Schnitts A2. Damit verbunden war die Wiederholung der Aufnahme der CO₂-Verteilung auf diesem Schnitt im Rahmen von JGOFS. Die vorangegangene Aufnahme mit FS METEOR im Herbst 1994 hatte bereits die deut-

lichen und schnellen Veränderungen der hydrographischen Kenngrößen in diesem Übergangsbereich zwischen dem Subpolar- und dem Subtropenwirbel im Vergleich mit den Vorgängeruntersuchungen aufgezeigt. Diese signifikante Variabilität wurde auf der jetzigen Reise bestätigt. Die Daten dieser Reise werden ebenfalls für die Berechnung der meridionalen Zirkulationsgrößen wie Wärme-, Süßwassertransport und Meridionalzirkulation verwendet. Frühere Aufnahmen in den 90er Jahren hatten Schwankungen besonders im Wärmetransport gezeigt, die zu verstehen Ziel der jetzigen Untersuchungen ist.

Der Abschnitt M39/4 begann in St. John's am 6. Juli, und die durchgeführten Untersuchungen standen im Zusammenhang mit mehreren Teilprojekten des SFB 460. Da M39/4 als eines der Hauptarbeitsziele die Aufnahme und erneute Auslegung einer Vielzahl von Verankerungen hatte, mußte M39/4 aus logistischen Gründen in zwei Teile mit einem kurzen Zwischenstop in St. Anthony am 16. Juli aufgespalten werden. Während des ersten Teils von M39/4 wurden mehrere Verankerungen erfolgreich geborgen, ein Strommesser- und Randstromarray ausgelegt, CTD-Profilen gewonnen und profilierende ALACE Floats im westlichen Teil der Labrador See ausgesetzt. Nach dem Zwischenstop in St. Anthony wurden zunächst die Verankerungsarbeiten in der Labrador See fortgesetzt. Hier als auch im folgenden im Irminger Becken wurde eine Vielzahl von CTD-Profilen gewonnen, um die Wassermassenverteilung, und Ausbreitungspfade und Transporte im westlichen Nordatlantik zu untersuchen. Der Abschnitt endete am 11. August in Reykjavik, Island.

Reise M39/5 war ein weiterer Beitrag zum deutschen WOCE-Programm. Weiterhin wurden Arbeiten für das EG-Programm „Variability of Exchanges in the Northern Seas“ (VEINS) durchgeführt. Der Fahrtabschnitt begann am 14. August in Reykjavik (Island) und endete am 14. September 1997 in Hamburg. Der Beitrag zu VEINS während des ersten Teils von M39/5 waren CTD-Messungen sowie Aufnahme und Wiederauslegung von Strommesserverankerungen zwischen dem ostgrönländischen Kontinentalabhang, der Dänemarkstraße und Kap Farvel. Diese Arbeiten wurde in Kooperation zwischen britischen, finnischen, isländischen und deutschen Instituten durchgeführt. Das Hauptziel des zweiten Teils des Abschnitts war eine Wiederholung des WOCE Schnittes A1E/AR7E, einem hydrographischen Schnitt zwischen Kap Farvel und dem Süden der Porcupine Bank vor der Westküste Irlands.

Insgesamt war METEOR-Reise M39 erfolgreich und die vorgegebenen Aufgaben konnten in vollem Umfang abgewickelt werden.