

## **NAMIBGAS**

### **Über die Ursachen der Ausbrüche von Schwefelwasserstoffgas auf dem Schelf vor Namibia.**

Dr. H. U. Lass  
Dr. H. Siegel  
Dr. M. Schmidt  
Dr. V. Brüchert  
Dr. B. M. Fuchs  
Dr. R. Endler  
Dr. Th. Leipe

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03G0580A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Abschlußbericht  
1.1. 2004 bis 31.12.2006

**Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)**  
**Seestr. 15**  
**18119 Rostock-Warnemünde**  
**Tel. 0381 / 5197 130**  
**e-mail: lass@io-warnemuende.de**

# 1 Kurze Darstellung

## 1.1 Aufgabenstellung

### 1.1.1 Teilvorhaben 1: Satellitenfernerkundung zur geographischen Verbreitung und zeitlichen Entwicklung von Sulfideruptionen und deren Zusammenhang zu meteorologischen und ozeanographischen Bedingungen

Dr. H. Siegel, Dr. Th. Ohde

Ziel des Teilvorhabens 1 war die Erkennung von Schwefelwolken im Benguela Upwelling System mit Hilfe von Satellitendaten der Wasserfarbe (SeaWIFS, MODIS, MERIS) sowie die Untersuchung des Auftretens und Verfolgung der raumzeitlichen Entwicklung von Verteilungsmustern der Wasserfarben. Die Schwefelwolken entstehen durch die Oxidation von Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) beim Transport von schwefelwasserstoffhaltigem Tiefenwasser in die Deckschicht. In Folge der Oxidation zu elementarem Schwefel färbt sich das Wasser türkisblau. Diese Verfärbung ist mit Satellitendaten der Wasserfarbe erkennbar. Da südlich vom Untersuchungsgebiet Coccolithophoridenblüten nachgewiesen worden sind, die das Wasser in ähnlicher Weise verfärben können, war es zunächst notwendig, die spektralen optischen Eigenschaften in den verschiedenen Wasserkörpern zu bestimmen. Dazu wurden Messungen der spektralen Rückstrahlung (Reflektanz) und der spektralen inhärenten optischen Eigenschaften (Absorption) durchgeführt. Anhand der Messungen sollten Unterscheidungskriterien beider Phänomene abgeleitet und eine entsprechende Bearbeitungsprozedur erstellt werden, um in den multispektralen Satellitendaten die Eruptionsgebiete identifizieren und Zeitserien auswerten zu können. Die aktiven Eruptionen wurden direkt an der Küste und auf dem Schelf bei Wassertiefen kleiner als 150m beobachtet. Mit der Verwendung der Daten von Ocean Colour Sensoren (MODIS, MERIS) konnten eine räumlichen Auflösung (250-1000m) und eine zeitliche von 1-2 Tagen erreicht werden. Ein Algorithmus zur automatischen Identifikation von Schwefelwolken wurde für MERIS entwickelt, um die beste spektrale Auflösung zu nutzen. Räumlich hochaufgelöste Satellitendaten (Landsat-ETM+, SPOT) wurden für Fallstudien an identifizierten Gebieten einbezogen, um detaillierte Strukturen in den Schwefelwolken zu untersuchen. Satellitendaten der Wasseroberflächentemperatur (NOAA-SST, 1km) und meteorologische Daten wurden zur Untersuchung dynamischer Strukturen und Antriebe in die Auswertung einbezogen.

### **1.1.2 Teilvorhaben 2: Die Rolle der ozeanischen Zirkulation und der Transportprozesse in der Wassersäule**

Dr. H. U. Lass, Dr. M. Schmidt

Das Teilvorhaben 2 hatte sich zum Ziel gesetzt, die hydrographische Steuerung der Schlüsselprozesse in der Wassersäule auf dem namibischen Schelfs zu untersuchen, die das Auftreten und Verschwinden von Methan und Schwefelwasserstoff in den Wasserschichten des namibischen Auftriebssystems regulieren. Die zu betrachtenden Prozesse wurden in die lokalen und ferngesteuerten Transport- und Belüftungsprozesse in den verschiedenen Wasserschichten und ihre Auswirkung auf die Sauerstoffzehrung und Bildung von Schwefelwasserstoff aufgeteilt. Schiffsgestützte ozeanographische Beobachtungen und Messungen mit verankerten Geräten dienten der Bestimmung von Zirkulationsmustern, der räumlichen Verteilung sowie der jahreszeitlichen Schwankung von Wassermassen und der Konzentrationen der in ihnen enthaltenen durch biogeochemische Prozesse beeinflussten Parameter. Satellitenmessungen des Windes, der Niederschläge und des Wasserstandes dienten der Untersuchung der Zusammenhänge der Transportprozesse auf dem namibischen Schelf mit der Dynamik des subtropischen Wirbels im Südatlantik und der tropischen Zirkulationszelle im tropischen Atlantik.

Analytische und numerische Modellierungen wurden durchgeführt um die physikalischen Zusammenhänge zwischen den anregenden atmosphärischen Kräften und den dynamischen Reaktionsmustern des Ozeans auf dem Schelf vor Namibia zu verstehen. Ein numerisches hochauflösendes regionales Zirkulationsmodell wurde mit einem die trophischen Stufen bis zum Zooplankton umfassendes ökologisches Modell gekoppelt, um in Simulationsläufen den Zusammenhang zwischen den ozeanographischen und biogeochemischen Prozessen im Sediment und in der Wassersäule bei der Bildung von Schwefelwasserstoff in den Gewässern vor Namibia zu untersuchen. Bei der Entwicklung des ökologischen Modells fanden die Ergebnisse des Teilprojektes 3 insbesondere die Ratenparameter und chemischen Konzentrationen Eingang in das gekoppelte hydrodynamische und biogeochemische Zirkulationsmodell.

### **1.1.3 Teilvorhaben 3: Der Einfluss mikrobieller Prozesse und die Rolle der Mikroorganismen**

Dr. V. Brüchert und Dr. B. M. Fuchs

Das Teilvorhaben 3 hatte sich zum Ziel gesetzt, die mikrobielle Steuerung der Schlüsselprozesse im Sediment und der Wassersäule des namibischen Schelfs zu untersuchen, die das Auftreten und Verschwinden von Methan und Schwefelwasserstoff in den Wasserschichten des namibischen Auftriebssystems regulieren. Die zu betrachtenden Prozesse wurden in die wichtigen mikrobiellen Quellen- und Senkenprozesse von Schwefelwasserstoff und Methan aufgeteilt. Biogeochemische Untersuchungen dienten der quantitativen Bestimmung der Bildungs- und Verbrauchsdaten von Schwefelwasserstoff, Methan, Nitrat, und Sauerstoff sowie deren Konzentrationsbestimmung, während die molekularbiologischen Untersuchungen dazu

dienten, die Identität und Häufigkeit der Schlüsselorganismen zu erfassen, die die Methanogenese und Methanoxidation, die Sulfatreduktion und Sulfidoxidation, sowie die Denitrifizierung durchführen. Durch flächige Probennahmen auf dem Schelf in der Wassersäule und dem Sediment sollten die Verteilung der Prozesse und Raten räumlich und zeitlich erfasst werden. Die Ratenparameter und chemischen Konzentrationen sollten Eingang in das parallel entwickelte gekoppelte hydrodynamische und biogeochemische Zirkulationsmodell finden, das am IOW entwickelt wird. Abschließende Untersuchungen sollten den Effekt der Sedimentresuspension, wie er durch die offshore Bergbauaktivitäten verursacht wird, im Hinblick auf Stoffflüsse und mikrobielle Zusammensetzung erfassen.

#### **1.1.4 Teilvorhaben 4: Die Rolle der Sedimente im Stoffkreislauf des nördlichen Benguela**

Dr. R. Endler und Dr. Th. Leipe

Die Sedimente, die im Untersuchungsgebiet auf dem namibischen Schelf zwischen 22° und 27°S akkumuliert werden, reflektieren das küstennahe Auftriebsgebiet. Assoziiert mit der hohen biologischen Produktion in der Wassersäule, bildet sich der küstenparallel verlaufende Diatomeenschlammgürtel aus, welcher als „diatomaceous mud belt“ bezeichnet wird. Dieser erstreckt sich diskontinuierlich über 740 km von Rocky Point (18°S) bis Sylvia Hill (25°S) (BREMNER 1980).

Die größte horizontale Ausdehnung mit 76 km liegt auf dem Schelf vor Walvisbay (22° bis 23.5°S) in Wassertiefen bis 140 m. Nördlich und südlich der Maximal-Ausdehnung läuft der Schlammgürtel langsam aus und spaltet sich in kleine, unregelmäßige Gebiete auf. Mit einer geringen Hangneigung liegt der Diatomeenschlamm linsenartig den präholozänen Sedimenten auf, wie die seismoakustischen Profile zeigen.

Die Ausbreitung des Schlammgürtels vor Walvisbay und die hohe Bioproduktion im Oberflächenwasser wird durch den Transport von nährstoffreichem Wasser der Auftriebszelle zwischen Sylvia Hill und Lüderitz entlang der Küste in die Region vor Walvisbay verursacht.

Die Sedimente dieses Gürtels setzen sich in erster Linie aus biogenem Material zusammen. Es zeigt sich eine Dominanz von biogenem Opal der Kieselalgenkelette, gefolgt von einem hohen Anteil organischer Substanz. Weiterhin sind Fischreste und Phosphorite häufig. Diese können als grüngelbe Konkretionen und als schwarze, ovoide Kugeln ausgebildet sein (GRAML 2001). Durch das fehlende Benthos treten keine bioturbaten Gefügestrukturen auf. Dennoch ist eine Lamination selten. Die Farbe des Diatomeenschlammes variiert zwischen olivgrün bis zu dunkelgrau- braunschwarz. Die Sedimentationsraten liegen zwischen 30 und 120 cm/ 1000 a (CALVERT & PRICE 1983). Die Zusammensetzung verleiht dem Sediment ungewöhnliche physikalische Eigenschaften. Resultierend aus dem hohem Wassergehalt und den geringen Dichten (im Mittel Feuchtdichte 1,05 g/cm<sup>3</sup>, Trockendichte 0,18 g/cm<sup>3</sup>;) besitzt der Diatomeenschlamm eine plastisch- fluide, unkonsolidierte Konsistenz. Die Existenz dieses Sediments auf dem Schelf ist ein Indikator für schwache Strömungsenergien an der Sediment- Wassergrenze. Die gemittelte Mächtigkeit liegt bei 5 m (BREMNER 1980; BREMNER & WILLIS 1993). VOGT (2002) gibt eine Maximalmächtigkeit aufgrund von seismoakustischen Untersuchungen von 14 m vor Walvisbay an. In der

seewärtigen Umrandung dieses Gürtels auf dem äußeren Schelf folgt eine, mit Molluskenfragmenten und Foraminiferenschalen konsolidierte Kalkschlamm-Fazieszone. Die Sedimentationsraten liegen hier nur noch bei 5 cm / 1000 a (CALVERT & PRICE 1983).

Auf dem mittleren Teil des Schelfs befindet sich im Hangenden eine aufgearbeitete Schill- Transgressionsfazies (KIESSLING 2002, BREMNER & WILLIS 1991, BREMNER 1980). Vor Conception Bay 24°S und in südlicher Umrandung des Diatomeenschlammgürtels südlich von Sylvia Hill (ab 25°30 S) tritt eine Bedeckung mit gröberen, terrigenen Sedimenten auf (CALVERT & PRICE 1983).

Charakteristische Eigenschaften des küstennahen Upwelling-Systems vor Namibia sind die episodischen Schelfanoxia und sulfidischen Bedingungen in der Wassersäule (EMEIS et al. 2002; BRÜCHERT et al. im Druck). Das Sedimentationsmilieu wird gesteuert durch ein komplexes Zusammenspiel von meteorologischen, ozeanographischen, sedimentologischen, biogeochemischen und mikrobiologischen Prozessen. Die hohe Produktivität in der euphotischen Zone auf dem Schelf hat einen niedrigen Sauerstoffgehalt des Wassers durch Abbau des Phytoplanktons unterhalb der Thermokline zur Folge die zu anoxischen Bedingungen führen können. Das komplexe, sensible, windgekoppelte System zeigt ein Gleichgewicht zwischen

- der Sauerstoffzehrung durch den Abbau von absinkenden organischem Material aus der euphotischen Schicht
- den Fluß von H<sub>2</sub>S aus dem Sediment
- der Intensität der Belüftung mit sauerstoffreichen ESACW
- der Zufuhr von sauerstoffarmen Wasser des SACW (LASS in EMEIS et al. 2002)

Gerät dieses sensible Ökosystem z.B. durch eine eingeschränkte Belüftung auf Grund von vermindertem Auftrieb aus dem Gleichgewicht, verändert sich das Sedimentationsmilieu. Es stellen sich durch eine verstärkte Schichtung der Wassermassen sub- bis anoxische Bedingungen aufgrund der starken Sauerstoffzehrung ein. Dies führt zur Bildung von H<sub>2</sub>S im Bodenwasser. Durch die Reaktivierung des Auftriebs wird das H<sub>2</sub>S- haltige Wasser an die Oberfläche transportiert und führt in der Wassersäule zum Absterben der Organismen. Diese ozeanographisch/ meteorologische Hypothese liefert nach EMEIS (2002, et al. 2004) zwar eine Begründung für die hohen H<sub>2</sub>S-Gehalte im Bodenwasser, kann jedoch nicht das massive Auftreten von Gaseruptionen klären. Wie frühere Untersuchungen bereits zeigten, fungieren die organkreichen Sedimente selbst als Hauptquelle des H<sub>2</sub>S (EMEIS et al. 2002 und 2004, BRÜCHERT et al. im Druck). Geringe Eisengehalte im Diatomeenschlamm limitieren die Eisensulfidpräzipitation und Sulfidoxidation durch Eisenoxide.

## 1.2 Voraussetzungen

### 1.2.1 Teilvorhaben 1

An der aktiven Durchführung der Untersuchungen waren insgesamt 8 Mitarbeiter des Leibniz Instituts für Ostseeforschung Warnemünde beteiligt: Herbert Siegel, Thomas Ohde, Jan Reißmann als Wissenschaftler, Monika Gerth, Rainer Bahlo und Ina Topp als Techniker, sowie Toralf Hoth als studentische Hilfskraft und Claudia Propp als Praktikantin. Leider waren die Personalkosten (T. Ohde) auf 18 Monate begrenzt. Die Mitarbeiter konnten die Geräte und Labors der Sektion Physikalische Ozeanographie am Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde benutzen. Spezielle Proben wurden durch Techniker der Sektionen Biologische Meereskunde und Marine Geologie bearbeitet. Weiterhin bestand eine enge Kooperation mit den anderen Teilprojekten während der Expeditionen und auch bei der Auswertung, das auch in den Publikationen zum Ausdruck kommt. Grundlage für die schiffgebundene Datenbasis war die Teilnahme des TP1 an den Expeditionen mit FS Meteor M57-3 und mit FS A.v.Humvoldt AHAB-04-1. Mit der Maßgabe des wissenschaftlichen Verwendungszweckes war der größte Teil der Satellitendaten frei verfügbar, da der Antragsteller Mitglied im Validationsteam für den Satellitensensor MERIS auf den ESA Satelliten ENVISAT war. Für räumlich hochaufgelöste Daten mussten kommerzielle Anbieter genutzt werden.

### 1.2.2 Teilvorhaben 2

An der aktiven Durchführung des Teilvorhabens 2 waren insgesamt 9 Mitarbeiter aus dem IOW beteiligt: Hans-Ulrich Lass, Volker Mohrholz, Martin Schmidt, Thomas Neumann, Frank Janssen, Stephan Schäfer als wissenschaftliche Mitarbeiter, Toralf Heene, Dietmar Rüß und Günter Plüschke als Technische Mitarbeiter. Der Physikstudent Dennis Kühnel fertigte eine Diplomarbeit an. Die Mitarbeiter konnten die Geräte, Labore und numerischen Modelle der Abteilung Physikalische Ozeanographie am Institut für Ostseeforschung Warnemünde (Leitung: Professor Dr. B.v.Bodungen) benutzen. Weiterhin war durch Mitarbeit von V. Mohrholz im Rahmen eines BENEFIT-Projektes die Möglichkeit gegeben, die Ressourcen des National Marine Information and Research Center in Swakopmund, Namibia, zu nutzen. Die Untersuchungen wurden mit dem Material von sieben Schiffsexpeditionen mit deutschen Forschungsschiffen und von annähernd 10 Monitoringfahrten mit dem namibianischen Forschungsschiff Welvitschia durchgeführt, die in dem Zeitfenster zwischen dem August 2000 und dem September 2005 genommen wurden. Die Finanzierung der Expeditionen kam aus DFG und MPG Mitteln für die Meteorexpedition und aus IOW, BMBF, und MPG, und BENEFIT Mitteln für die AHAB Expeditionen. Die Durchführung der Meteorexpedition M57-2/3 fand in Kooperation mit dem Forschungszentrum Ozeanränder an der Universität Bremen (Koordinator Dr. Matthias Zabel) statt. Eine Verankerung mit einem Strömungsprofilmesser, vier Thermosalinographen und zwei Sauerstoffmessern wurde in dem Zeitraum Dezember 2002 bis März 2003 sowie

von Januar 2004 bis September 2005 ausgebracht und konnte mit Unterstützung des NATMIRC in Swakopmund, Namibia, in Abständen von 4-6 Monaten gewartet werden. Satellitendaten des Windes, des Wasserstandes und der Niederschläge wurden über das Internet bezogen wie auch hydrographischen Daten des Südatlantiks aus der World Ocean Data Base.

Die Simulationen mit dem gekoppelten Modell wurden auf Unix-Workstations des IOW getestet und die eigentlichen Simulationsläufe auf dem Höchst Leistungs Rechner Nord (HLRN) in Berlin und Hannover auf der Grundlage eingeworbener Rechenzeit durchgeführt, da das implementierte Modell höchste Ansprüche an die Rechenleistung und –Kapazität stellt.

### 1.2.3 Teilvorhaben 3

An der aktiven Durchführung der Studie waren insgesamt 15 Mitarbeiter beteiligt, von denen 12 am Max-Planck Institut für marine Mikrobiologie arbeiteten: Volker Brüchert, Bernhard Fuchs, Marcel Kuypers, Gaute Lavik, Bronwen Currie, Kathleen Peard als wissenschaftliche Mitarbeiter, Elsabe Julies, Dagmar Wöbken, Torben Stührmann, Sybille Zitzmann, und Arne Dübecke als Doktoranden, Dagmar Wöbken als Dipomandin, Martina Meyer, Monika Trümper, Chibola Chikwililwa, und Heidi Skrypzeck als wissenschaftliche Hilfskräfte. Dagmar Wöbken schloss ihre Masterarbeit im Rahmen der Studie ab. Elsabe Julies und Martina Meyer wurden direkt aus den Fördermitteln bezahlt. Die Mitarbeiter konnten die Labore der Abteilungen Biogeochemie und Mikrobielle Ökologie am Max-Planck Institut für marine Mikrobiologie (Leitung: Professor Dr. Jørgensen und Prof. Dr. Rudolf Amann) benützen. Weiterhin war durch die Einbindung der Kolleginnen Bronwen Currie und Kathleen Peard die Möglichkeit die Ressourcen des National Marine Information and Research Center in Swakopmund, Namibia, zu nutzen. Die Untersuchungen wurden mit dem Material von fünf Schiffsexpeditionen durchgeführt, die in dem Zeitfenster zwischen dem März 2003 und dem Mai 2005 genommen wurden. Die Finanzierung der Expeditionen kam aus DFG und MPG Mitteln für die Meteorexpedition und aus IOW, BMBF, und MPG, und BENEFIT Mitteln für die AHAB Expeditionen. Die Durchführung der Meteorexpedition M57-3 fand in Kooperation mit dem Forschungszentrum Ozeanränder an der Universität Bremen (Koordinator Dr. Matthias Zabel) statt.

### 1.2.4 Teilvorhaben 4

#### 1.2.4.1 Schiffsexpeditionen

Grundlage für die erfolgreiche Bearbeitung des Projekts waren die in Tabelle 1-1 aufgeführten Schiffsexpeditionen an denen Projektmitarbeiter teilnahmen, umfangreiche Datensätze erhoben und Beprobungen des Seebodens durchführten. Das betrifft insbesondere für die Schiffsreise mit A.v.Humboldt vom 16.02.- 29.02.2004 (Ahab3) zu, die durch die Sektion Geologie des IOW bzw. durch die Projektmitarbeiter in enger Kooperation mit den Projektpartnern organisiert und durchgeführt wurde. Die

logistische Unterstützung für die anderen Expeditionen konzentrierte sich auf die Realisierung der seismoakustischen Messungen sowie die Gewinnung von Sedimentproben.

*Tabelle 1-1 Relevante Schiffsexpeditionen*

<b>Fahrt-ID</b>	<b>Schiff</b>	<b>Dauer</b>	<b>Fahrtleiter</b>
M48-2*	Meteor	05.08.- 23.08. 2000	Prof. K.-C. Emeis
M57-3*	Meteor	15.03.- 13.04.2003	Dr. V. Brüchert
Ahab3	A.v. Humboldt	16.02.- 29.02.2004	Dr. T. Leipe
Ahab4	A.v. Humboldt	03.03.- 15.03.2004	Dr. V. Brüchert
Ahab5	A.v. Humboldt	18.03.- 02.04.2004	Prof. K.-C. Emeis

\* vor Projektbeginn

#### 1.2.4.2 Seismoakustische Profilmessungen

Zur Untersuchung von Strukturen und Verteilungsmustern der Sedimente kamen während der Schiffsreisen je nach Schiffstyp und Aufgabenstellung unterschiedliche seismoakustischen Geräte zum Einsatz. In Abbildung 1.2.1 ist die Lage der Profillinien und der Sedimentprobenahmestationen dargestellt.

Das Fächerecholot Hydrosweep (FS Meteor) diente zur Erfassung der Topographie des Seebodens, brachte aber bedingt durch die geringen Wassertiefen nur eine ungenügende Überdeckung. Die Parasound-Paradigma Anlage (FS-Meteor) sowie die Sedimentecholote SES96, SEL96 dienten der hochauflösenden Untersuchung von Strukturen und Verteilungsmustern der jüngsten Sedimente auf dem Schelf. Während der Ahab3 Reise kam eine Flachseismik Anlage (Sparker) zum Einsatz, mit der der Untergrund, insbesondere die Basis der gasführenden Schlammschicht sowie der unterlagernden Strukturen erfaßt werden sollten. Der hohe Gasanteil führte jedoch auch in diesem Frequenzbereich zu einer derart hohen Absorption und Streuung der akustischen Signale, welche eine Durchschallung der gasführenden Schlammschicht verhinderte.

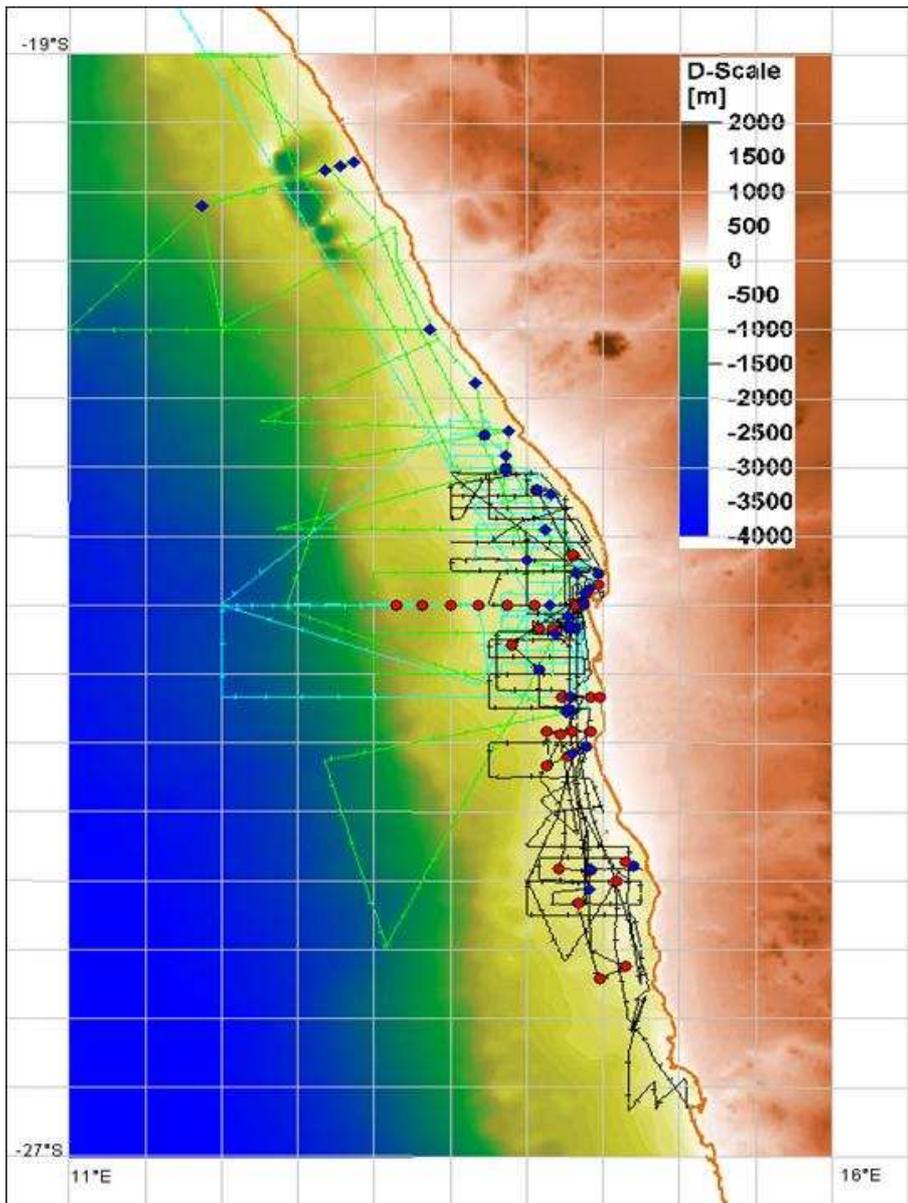


Abbildung 1.2.1 Arbeitsgebiet mit seismoakustischen Profilen und Kernstationen (blau Schwerelot, rot Multicorer) (Reisen M48-2, M57-3, AHAB3-5), Topographie: ETOPO2 (mit Datenfehler im oberen Bereich bei 20°S 12°30'E)

#### 1.2.4.3 Probengewinnung, Aufbereitung, Analytik

Die Gewinnung von Sedimentproben auf See erfolgte mit Bodengreifern vom Typ VanVeen (für festere sandige Sedimente), Kastengreifern, Multicorer (MUC), Schwerelot (SL) sowie Vibrationskerngerät. Die gewonnenen Proben wurden teilweise an Bord bearbeitet. Ein anderer Teil wurde zwischengelagert und per Kühlcontainer an Land zur weiteren Bearbeitung im Labor transportiert.

Die Laboranalysen begannen mit der Vermessung der Sedimentkerne mit dem Multi-Sensor- Core- Logger (MSCL, Fa. GEOTEK) zur Bestimmung von p-Wellengeschwindigkeit, Rohdichte und magnetischer Suszeptibilität.

Die Multicorer-Kerne (MUC) wurden anschließend in Scheiben (2-5 cm Dicke) geschnitten. Dabei wurden elektrische Leitfähigkeit mit einem modifizierten WTW - Leitfähigkeitsmessgeräte und die Flügel-Scherfestigkeit (undrainiert) mit einem modifizierten Haake Viskosimeter VT500 bestimmt. Die gewonnenen Proben wurden anschließend gewogen (feucht), gefriergetrocknet und durch erneutes wägen der Wassergehalt bestimmt.

Die Schwerelot-Kerne wurden längs der Kernachse aufgeschnitten und in je eine Archiv- und eine Arbeitshälfte unterteilt. Die fotografische und die semi-quantitative Primärdokumentation wurden an den Archivhälften vorgenommen. Die Beprobung an den Arbeitshälften erfolgte durchgängig alle 10 cm. Für die Ermittlung der sedimentphysikalischen Parameter Dichte und Wassergehalt wurde Sediment in Probengefäßen mit einem definierten Volumen (10 ml Spritzen) entnommen. Diese wurden ebenfalls ca. 48 h in einem Trockenschrank bei 60 °C getrocknet.

An den getrockneten Proben wurden Korndichte mit einem He-Gas Pycnometer, magnetische Suszeptibilität (Bartington) und Korngrößenverteilung bestimmt.

6 Kurzkerne wurden durchgängig in 2 cm Segmenten beprobt. Zusätzlich dienten 23 Kurzkerne zur Gewinnung von Oberflächensediment-Proben. Hierfür wurden die obersten 3 cm Sediment entnommen.

Die geochemischen Analysen erforderten eine Entsalzung des gewonnenen Probenmaterials. Hierfür wurde eine Teilmenge zweimal mit deionisiertem Wasser aufgeschlämmt und jeweils bei 4000 U/min 15 Min. zentrifugiert, die anschließende Trocknung erfolgte mit der Gefriertrocknungsanlage. Eine weitere Teilmenge diente der Erfassung der Feucht- und Trockendichte in volumendefinierten Probengefäßen. Hierfür wurde das entnommene Sediment ca. 48 h in einem Trockenschrank bei 60 °C getrocknet. Tabelle 1-2 gibt eine Übersicht über die sedimentologisch – geochemisch bearbeiteten Stationen mit jeweiligen Koordinaten, Wasser- und Beprobungstiefe Die Positionen der Probenpunkte sind in Abbildung 1.2.2 dargestellt.