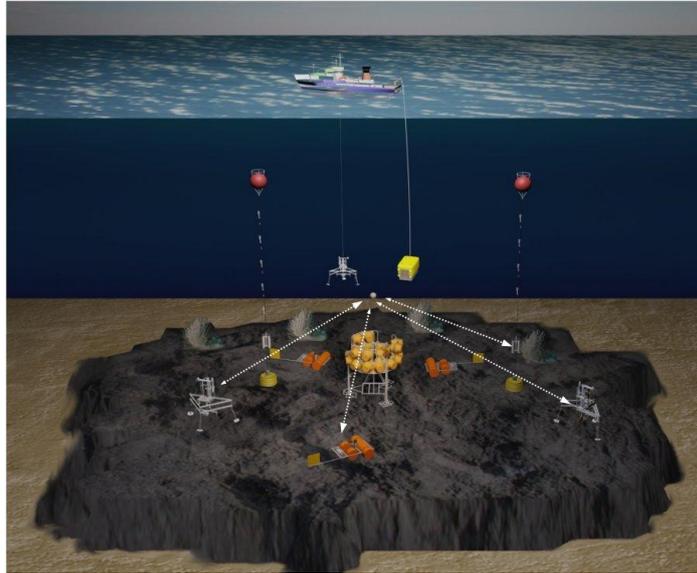


MoLab

Ein modulares multidisziplinäres Meeresboden-Observatorium



Abschlußbericht

Investitionsantrag Förderkennzeichen 03F0624I

Laufzeit: 1.5.2010 – 31.12.2010



IFM-GEOMAR

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften
an der Christian-Albrechts Universität zu Kiel

November, 2011

Titel MoLab: Ein modulares multidisziplinäres Meeresboden-Observatorium

FKZ: 03F0624I

Laufzeit: 01. 05. -31.12. 2010

Koordinator Dr. Olaf Pfannkuche
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR
Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Germany
Phone: 0431-600-2113, Fax: 0431-600-2928
e-mail: opfannkuche@ifm-geomar.de

Co-Antragsteller Prof. Dr. Wolf-Christian Dullo
Dr. Peter Linke
Dr. Sascha Flögel
Dr. Johannes Karstensen
Prof. Dr. Martin Visbeck
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR
Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Germany

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Forschung zum globalen Wandel und der nachhaltiger Nutzung mariner Ressourcen erfordert neue wissenschaftliche und technische Konzepte, die eine synoptische, räumlich und zeitlich kohärente Erfassung relevanter Umweltparameter voraussetzen. Als innovativen technischen Beitrag wurde ein modulares multidisziplinäres 4D-Langzeitobservatorium (MoLab) konzipiert und beschafft. MoLab dient der Untersuchung physikalischer und biogeochemischer Prozesse im Bereich des Meeresbodens und der bodennahen Wasserschicht. Das modular aufgebaute MoLab-System ermöglicht uns, die technologischen Herausforderungen für eine hochaufgelöste Untersuchung komplexer biologischer, physikalischer, chemischer und geologischer Prozesse und deren Wechselwirkungen im mesoskaligen Bereich räumlich und zeitlich synchronisiert anzunehmen. Damit schließt MoLab eine entscheidende Lücke zwischen den geplanten, sehr kostspieligen und räumlich gebundenen verkabelten regionalen Observatorien, sowie schiffsgestützten Momentaufnahmen. Es besitzt als so genanntes „stand alone Observatorium“ ein breites Anwendungsspektrum. Das System ist technologisch anspruchsvoll und mit Instrumenten neuster Bauart bestückt. Es ist je nach wissenschaftlicher Fragestellung modular erweiterbar und somit auch für die gesamte Wissenschaftsgemeinschaft nutzbar.

MoLab besteht aus einem Verbund von Gerätemodulen, die flexibel, je nach vorliegenden wissenschaftlichen Anforderungen, zusammengestellt werden können. Zu den MoLab-Gerätemodulen gehören Lander unterschiedlicher Ausstattung und Größe sowie ozeanographische Verankerungen, die alle eine identische Basis-Sensorik besitzen. Die Besonderheit von MoLab ist die akustische Verbindung der einzelnen Module und Sensorpakete. Das Herzstück von MoLab bildet ein zentrales Kommunikationsmodul, typischerweise in eine Verankerung integriert, welches mit allen anderen Geräten im Messfeld über eine akustische Telemetrie verbunden ist. Somit wird erstmalig ein synchronisierter und kohärenter Datensatz generiert. Eine zielgenaue Platzierung der Geräte ist bei den teilweise kleinräumigen Prozessen, die untersucht werden sollen, unerlässlich. Deshalb ist eine georeferenzierte und videokontrollierte Positionierung notwendig. Außer

der zeitlichen Synchronisation der einzelnen wissenschaftlichen Messungen wurde ferner eine ereignisgesteuerte Probenahme sowie eine intelligente Anpassung der Meßwert-erfassung (z.B. low/high resolution mode) für definierte Ereignisse verwirklicht. Neben den verankerten Geräteträgern werden kleinere Module (z.B. Einheiten zur Messung von Sauerstoffflüssen mit Hilfe der „eddy correlation technique“) mit einem mittleren „work-class“ ROV, das Bestandteil des MoLab-Systems ist, exakt positioniert und versetzt, um den Einfluss der größeren Geräteträger auf die Messungen selbst zu minimieren und der Komplexität des Untersuchungsortes Rechnung zu tragen. Dieser kann mit konventionellen Methoden nicht oder nur wenig adäquat beprobt oder instrumentiert werden. Hiervon besonders betroffen sind Hartböden wie authigene Karbonate, Karbonat-Mounds, Basalte und Krusten, aber auch aktive Schlammvulkane, Hydrothermalquellen, brine pools und cold seeps. Einzelmessungen haben immer wieder gezeigt, dass diese Strukturen komplexen biogeochemischen Wechselwirkungen unterliegen, aber auch allein durch ihre Morphologie und die damit verbundene erhöhte Bodenrauigkeit Rückkopplungen mit physikalischen Prozessen (Gezeiten, interne Wellen, Turbulenzereignisse) bewirken, die mit einer Messung mit den konventionellen Geräteträgern und an einer Position allein nicht erfassbar sind. Mit dem MoLab-Baukastenkonzept können Prozess-Studien auf sehr unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen (in 4D) synchron durchgeführt werden und damit gegenüber den gängigen Einzelmessungen ein umfassenderes Prozessverständnis als Basis für eine übergeordnete Modellierung des Gesamtsystems erlangt werden.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Investitionsvorhaben MoLab wurde nur vom Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR durchgeführt und von Dr. Olaf Pfannkuche koordiniert. Auf Grund der kurzen Projektlaufzeit von 7 Monaten war ein sehr gut abgestimmtes Vorgehen notwendig. IFM-GEOMAR ist sowohl von der wissenschaftlichen Kapazität als auch der Ingenieursleistung sowie verwaltungstechnisch in der Lage ein Vorhaben dieser Größenordnung und von diesem Aufwand fristgerecht durchzuführen. Mit dem Technik & Logistikzentrum besitzt IFM-GEOMAR ein technologisches Kompetenzzentrum für die Konstruktion und Planung sowie eine Fertigungsstätte (Zentralwerkstatt) für Komponenten, die nicht auf dem Markt beschafft werden können.

Die Zusammenstellung und Beschaffung von MoLab wurde organisatorisch nach den einzelnen Gerätemodulen, aus denen sich das modulare MoLab System zusammensetzt, gegliedert. Für jedes dieser Gerätemodule war mindestens ein Wissenschaftler verantwortlich. Es handelte sich dabei um folgende Einheiten.

- Master Lander Modul (MLM): Dr. P. Linke & Dr. O. Pfannkuche
- Satelliten Lander Module (SLM): Dr. S. Flögel & Prof. C. Dullo
- Eddy Correlation Module: Dr. P. Linke
- Verankerungsmodule (VKM): Dr. J. Karstensen & Prof. M. Visbeck
- Synchronisationsknoten (SYK): Dr. J. Karstensen
- Ultra short baseline (USBL) Navigationssystem: Dr. P. Linke
- Video-Absetzrahmen (VAR): Dr. O. Pfannkuche
- Mittelgroßes Work-Class ROV mit Winde und Launch and Recovery System (LARS): Dr. F. Abegg, Dr. O. Pfannkuche & Dr. P. Linke

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die kurze Projektlaufzeit von 7 Monaten verlangte ein konzentriertes Vorgehen und eine gute Abstimmung zwischen Verwaltung und beteiligten Wissenschaftlern. Durch die Verteilung der Aufgaben auf die jeweils federführenden Wissenschaftler, die gleichzeitig das beste Fachwissen für die einzelnen Gerätemodule besitzen, gelang es das MoLab System bis Ende 2010 zu konzipieren und alle Komponenten zu bestellen, sodass der Mittelabfluss bis zum Projektende am 31.12.2010 gewährleistet war. Die zeitgerechte Beschaffung des ROV erwies sich als besondere Herausforderung, da hierfür eine europaweite Ausschreibung notwendig war. Diese Ausschreibung erfolgte unmittelbar nach Projektbewilligung. Nach der Angebotseröffnung Mitte Juli konnte der Auftrag noch am Monatsende vergeben werden. Durch intensive Zusammenarbeit zwischen dem IFM-GEOMAR ROV Team (Leitung Dr. F. Abegg) und der Produktionsfirma Sub-Atlantic gelang es schon Anfang Dezember 2010 den Factory Acceptance Test für das ROV in Aberdeen durchzuführen und das ROV Ende Dezember 2010 am IFM-GEOMAR in Empfang zu nehmen.

Der Masterlander ist eine vollkommene Neukonstruktion, die in Zusammenarbeit mit der Firma K.U.M. Meerestechnik und der Firma Oktopus durchgeführt wurde. Der Lander wurde im Juni 2011 fertiggestellt.

Die Werkstatt des Technik & Logistikzentrum (TLZ) des IFM-GEOMAR erbrachte eine Vielzahl von Eigenleistungen. So wurden der Video-Absetzrahmen für den Masterlander und die Geräteträger für die Eddy Correlation Module am TLZ konstruiert und in der Werkstatt gebaut. Alle Messgeräte und Einzelkomponenten für die einzelnen Großgeräte wurden durch das TLZ in die Geräteträger integriert, wozu die Herstellung von speziellen Vorrichtungen und Halterungen notwendig war.

Alle Gerätemodule wurden in 2011 sowohl im Labor als auch im Feldeinsatz getestet. Der letzte Einsatz auf dem der Masterlander und ein Satellitenlander zusammen mit der akustischen Kommunikationsstrecke (Synchronisationsknoten) getestet wurden, erfolgte auf Grund der nicht eher verfügbaren Schiffskapazität von FS ALKOR im November 2011. Mit diesem Test ist der Aufbau des MoLab Systems abgeschlossen. Der erste Einsatz des gesamten Systems wird in 2012 erfolgen. Dazu wird MoLab in einem Kaltwasserkorallenriff in Nordnorwegen für vier Monate verankert. Mit dem FS POSEIDON wird MoLab im Mai ausgebracht (POS 434) und im September wieder geborgen (POS 438).

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die wissenschaftliche und technologische Expertise für die Durchführung des MoLab Projektes ist am IFM-GEOMAR, insbesondere durch den überragenden Anteil projektgeförderter Forschungsvorhaben vorhanden, an die angeknüpft werden konnte. Die technologische Kompetenz des Instituts ist weltweit anerkannt. Unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung von MoLab hatten folgende Projekte: COMET (BMBF, FKZ 03G0600D); SFB 754 (DFG), ISOLDE (DFG), ESONET/ Demo Mission MOODO (EU-FP6) HERMES/HERMIONE (EU-FP6/7).

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Da es sich bei dem Projekt MoLab um ein zeitlich eng begrenztes Investitionsvorhaben handelte, wurde mit keiner anderen Stelle direkt zusammengearbeitet. Die Zusammenarbeit erfolgte zwischen den Antragstellern und insbesondere mit den Ingenieuren und Technikern des TLZ sowie dem ROV Team des IFM-GEOMAR.

Mit der Firma K.U.M. Meerestechnik, Kiel wurde auf dem Gebiet der Landerentwicklung, mit der Firma Oktopus, Kiel auf dem Gebiet Telemetrie und

Landertechnik sowie mit der Firma Develogic, Hamburg auf dem Gebiet akustische Kommunikation und Langzeitobservations-Kamerasystem intensiv zusammengearbeitet.

II. Eingehende Darstellung

Unser Wissen über die Ozeane hat besonders durch moderne Technologien und die Fortschritte in der Rechnerkapazität und Modellierung in den letzten 20 Jahren stark zugenommen. Die Ergebnisse verdeutlichen insbesondere, dass viele kritische Prozesse auf Zeit- und Raumskalen auftreten, die mit den traditionellen Werkzeugen und Expeditionsstrategien nicht hinreichend erfasst werden können. schiffsbasierte Expeditionen sind z.B. nur sehr eingeschränkt geeignet, dynamische Prozesse auf verschiedenen Zeitskalen oder episodische Ereignisse zu erfassen. Sie liefern in der Regel nur Schnappschussaufnahmen eines bestimmten Prozessstadiums. Auch sind Schlüsselprozesse, die z.B. durch Stürme verursacht werden oder im Winter unter Eisbedingungen auftreten, durch schiffsgestützten Messungen nicht zu erfassen.

Meeresforschung im 21. Jahrhundert erfordert vor dem Hintergrund des globalen Wandels, steigender Bevölkerung und Ressourcenknappheit neue wissenschaftliche und technische Konzepte, die ein besseres Prozessverständnis ermöglichen. Um Defizite im Prozessverständnis zu überwinden, werden international neue Forschungsansätze diskutiert oder sind bereits in der Phase der Verwirklichung, die unter anderem eine synoptische, räumliche und zeitlich kohärente Erfassung relevanter Umweltparameter beinhalten. Diese Ansätze beruhen auf Gerätesystemen und Sensortechniken, welche die interaktiven physikalischen, chemischen, geologischen und biologischen Parameter zeitlich und räumlich referenziert hochaufgelöst auf allen relevanten Skalen messen. Zwei grundsätzliche, aber komplementäre Vorgehensweisen kommen dabei zum Einsatz:

- verkabelte multidisziplinäre Ozeanobservatorien mit permanenter Energieversorgung und online bi-direktionaler Kommunikationsstrecke (Daten, Kommandos) an festen Standorten mit einer projektierten Einsatzzeit von Dekaden;
- mobile Observationssysteme mit einem breiten räumlichen Anwendungsbereich, aber reduzierter Energieversorgung, Datenkommunikation und mit einer Einsatzdauer von Monaten bis Jahren.

Als innovativer technischen Beitrag wurde im vorliegenden Projekt ein modulares multidisziplinäres 4D-Langzeitobservatoriums (MoLab) konzipiert und beschafft. MoLab besteht aus einem Verbund von Gerätemodulen, die flexibel, je nach vorliegenden wissenschaftlichen Anforderungen, zusammengestellt werden können. Zu den MoLab-Gäremodulen gehören Lander unterschiedlicher Ausstattung und Größe sowie ozeanographische Verankerungen, die alle eine identische Basis-Sensorik besitzen. Die Besonderheit von MoLab ist die akustische Verbindung der einzelnen Module und Sensorpakete. Somit wird erstmalig ein synchronisierter und kohärenter Datensatz generiert. Eine zielgenaue Platzierung der Module ist bei den teilweise kleinräumigen Prozessen, die untersucht werden sollen, unerlässlich. Deshalb ist eine georeferenzierte und videokontrollierte Positionierung notwendig. Das Herzstück von MoLab bildet ein zentrales akustisches Modul, das mit allen anderen Modulen im Messfeld über eine akustische Telemetrie verbunden ist. Neben der zeitlichen Synchronisation der einzelnen wissenschaftlichen Messungen ist auch eine ereignisgesteuerte Probenahme sowie eine

intelligente Anpassung der Messwerterfassung (z.B. low/high resolution mode) an definierte Ereignisse möglich. Neben den verankerten Geräteträgern werden kleinere Module (z.B. Einheiten zur Messung von Sauerstoffflüssen mit Hilfe der „eddy correlation technique“) mit einem mittleren „work-class“ ROV, das Bestandteil des MoLab-Systems ist, exakt positioniert und versetzt, um den Einfluss der größeren Geräteträger auf die Messungen selbst zu minimieren und der Komplexität des Untersuchungsortes Rechnung zu tragen. Dies kann mit konventionellen Methoden nicht oder nur wenig adäquat beprobt oder instrumentiert werden. Hiervon besonders betroffen sind Hartböden z.B. auf authigenen Karbonaten, biogenen mounds, Basalten und Krusten, aber auch aktive Schlammvulkanen, Hydrothermalquellen, brine pools und cold seeps. Einzelmessungen haben immer wieder gezeigt, dass diese Strukturen komplexen biogeochemischen Wechselwirkungen unterliegen, aber auch allein durch ihre Morphologie und damit verbundene erhöhte Bodenrauigkeit Rückkopplungen mit physikalischen Prozessen (Gezeiten, interne Wellen, Turbulenzereignisse) bewirken, die mit einer Messung mit konventionellen Geräteträgern und an einer Position allein nicht erfassbar sind. Mit dem MoLab-Baukastenkonzept können Prozess-Studien auf sehr unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen (in 4D) synchron durchgeführt werden, und damit gegenüber den gängigen Einzelmessungen, ein umfassenderes Prozessverständnis als Basis für eine übergeordnete Modellierung des Gesamtsystems erlangt werden.

Als Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen internationalen Langzeitbeobachtungssystemen (z.B. NEPTUNE, MARS, ESONET, OOI), die durch die Verlegung teurer Unterwasserkabel über Dekaden ortsgebunden sind, bietet die „stand alone“ Konzeption von MoLab ein hohes Maß an Mobilität und Flexibilität in der Anpassung an neue Einsatzgebiete und aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen in der Erforschung des globalen Wandels. Ein mobiles System ermöglicht es der Wissenschaft, schwer zugängliche Gebiete, unterschiedliche Ökosysteme und geobiologische Strukturen in einem spezifischen Zeitrahmen zu beobachten und zu beproben. Die Flexibilität im Einsatzspektrum von MoLab ist dadurch gewährleistet, dass es auch von den mittelgroßen Forschungsschiffen ausgelegt und bedient werden kann.

Das Investitionsvorhaben MoLab erstreckte sich nur auf die Zusammenstellung und Beschaffung der Geräte Module für das MoLab System. Die Zusammenstellung und Beschaffung von MoLab wurde organisatorisch nach den einzelnen Gerätemodulen, aus denen sich das modulare MoLab System zusammensetzt, gegliedert. Es handelte sich dabei um folgende Einheiten:

- Master Lander Modul (MLM)
- Satelliten Lander Module (SLM)
- Eddy Correlation Module
- Verankerungsmodule (VKM)
- Synchronisationsknoten (SYK)
- Ultra short baseline (USBL)
- Video-Absetzrahmen (VAR)
- Mittelgroßes Work-Class ROV mit Winde und Launch and Recovery System

Nach der Beschaffung der Komponenten und ihre Integration in die Module, die teilweise umfangreiche Arbeiten durch das Technik- und Logistikzentrum des IFM-GEOMAR beinhalteten, wurden alle Gerätemodule und wesentlichen Komponenten von MoLab auf

Schiffsausfahrten und/oder im Labor getestet (siehe unten). Wir betrachten diese Testphase als Teil des MoLab Vorhabens.

Das gesamte MoLab System wird erstmals in 2012 im nördlichsten Kaltwasserkorallenriff Europas eingesetzt. Die dafür notwendigen Expeditionen wurden von der Steuergruppe mittlere Forschungsschiffe für FS POSEIDON bewilligt. FS POSEIDON wurde während des letzten Werftaufenthalts (Okt./Nov. 2011) baulich für den Einsatz des MoLab ROV „PHOCA“ angepasst, u.a. zur Anbringung des Launch und Recovery Systems am A-Rahmen und zur Aufnahme der Winde auf dem Achterdeck. Der regionale Schwerpunkt unserer Arbeiten ist der Stjærnsund in Nord-Norwegen, eine in Nordwest-Südost gerichtete Passage südlich von Hammerfest (Abb. 1). Unser Arbeitsgebiet beinhaltet eine Vielzahl von sedimentären Bereichen und dehnt sich über eine Länge von ca. 5 km aus. Das lebende Korallenriff liegt in einer Tiefe von ~220-350 m auf einer Nordost-Südwest gerichteten Moräne. Diese teilt den Sund in ein östliches und westliches Becken. Für unsere ca. viermonatigen Untersuchungen (POSEIDON Expedition 434: Ausbringen von MoLab; POSEIDON Expedition 438: Bergen von MoLab) werden wir dann erstmals das gesamte MoLab Observatorium einsetzen, um eine zeitlich synchronisierte Erfassung der physikalischen, chemischen und biogeochemischen Umweltparameter über das gesamte Arbeitsgebiet zu erzielen. In Kombination mit Messungen der organisch/anorganischen Stoffflüsse (Sedimentfalle), kontinuierlicher Kamerabeobachtung der Megafauna und in-situ Messungen der Sauerstoffzehrung der Riff-Gemeinschaft (eddy correlation technique) werden erstmals die Verknüpfungen der biotischen und abiotischen Prozesse auf unterschiedlichen Zeitskalen mit einem 4D-Ansatz untersucht. Es ist unser Ziel mit diesem Ansatz das gegenwärtige Verständnis von Rückkoppelungen dieses wichtigen Ökosystems in Zusammenhang zu den umgebenden hydrodynamischen, biochemischen, geomorphologischen Rahmenbedingungen deutlich zu verbessern.

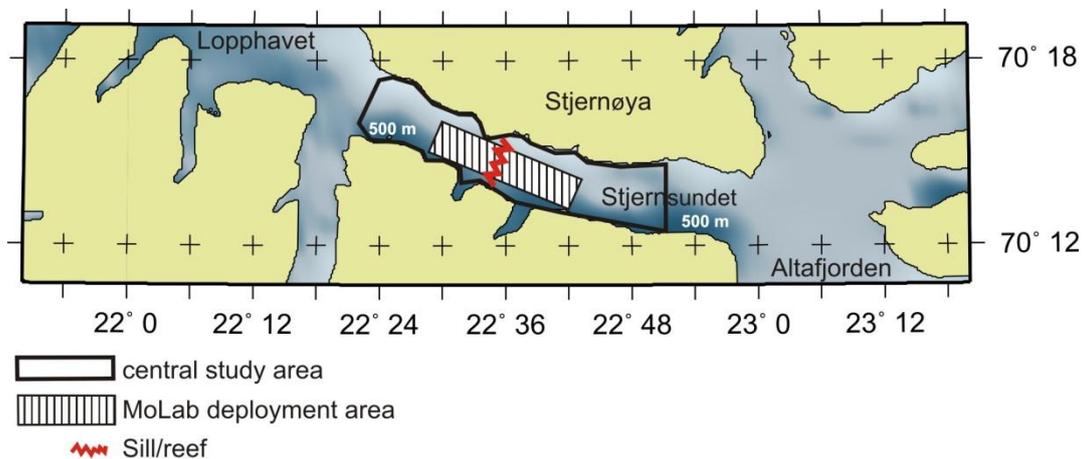


Abb. 1: Das Arbeitsgebiet des ersten MoLab Einsatzes im Stjærnsund (Nordnorwegen).

II.1. Master Lander Modul (MLM)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Der zentrale Lander (Master Lander Modul, MLM) für das MoLab System wurde aufbauend aus den Erfahrungen mit dem GEOMAR Modular Lander (Pfannkuche & Linke 2003) und dem daraus entwickelten Langzeitobservatorium (Linke et. al. 2006), vollständig neu konzipiert (Abb. 2.). Das MLM ist auf Grund seiner Größe am reichhaltigsten instrumentiert. Für den Einsatz im MoLab wurde die Architektur der Standbeine, die gleichzeitig als Ballastgewichte dienen, vollständig neu konstruiert. Die Durchmesser der Beine wurden möglichst gering gehalten, gleichzeitig wurde der Abstand zwischen den Beinen und die Höhe zwischen Meeresboden und Auftriebsapparat vergrößert, um eine möglichst geringe Beeinflussung der Bodenströmung zu erreichen und Turbulenzen zu vermindern. Der Auftriebsapparat, der in seiner Tragekonstruktion aus GFK gebaut wurde, beherbergt alle eingebauten Gerätesysteme. Als Auftrieb wurde Hartschaum verwendet, da die bisher im GEOMAR Lander verwendeten Glaskugeln auf Grund ihrer Implosionsmöglichkeit für das ROV, das im Servicebetrieb das MLM häufiger anfährt, eine Gefahr darstellen. Das MLM wird mit einem speziell konstruiertem Videoabsetzrahmen (VAR, s.u.) und dem Ultrashort Baseline Navigationsystem (USBL, s.u.) video-kontrolliert und georeferenziert am Meeresboden abgesetzt. Zum Bergen des Lander wird die gesamte untere Tragekonstruktion (Dreibeingestell) aus weichem Stahl nach fernakustischer Auslösung oder durch das ROV vom Auftriebsapparat getrennt und verbleibt am Meeresboden. Das Gestell kann jedoch mit Hilfe des ROVs wieder geborgen werden. Eine Forderung, die in vielen EEZ von Küstenstaaten Bestandteil der Arbeitsgenehmigung ist.

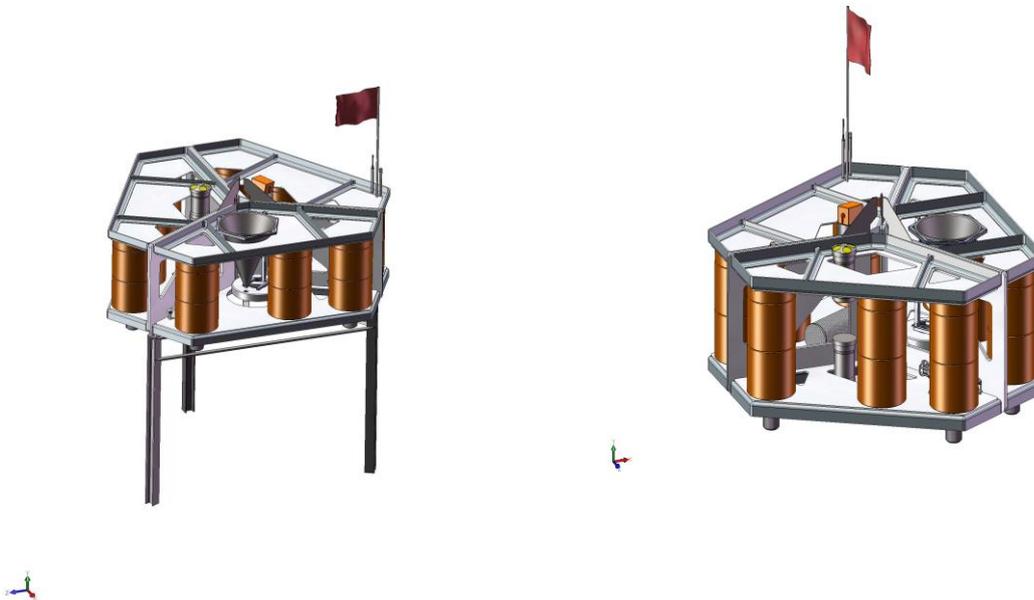


Abb. 2: MLM Gesamtansicht, Auftriebsapparat mit Geräten auf Dreibein/Tragekonstruktion (links); Auftriebsapparat nach Abwerfen der Beine/Ballastgewichte (rechts).

Die Instrumentierung des MLM ist bereits in der jetzigen Version sehr vielfältig und gewährleistet einen multidisziplinären Forschungsansatz. Der Lander ist auf Grund seiner offenen Konstruktion in der Lage, weitere Instrumentenpakete aufzunehmen. Für die Messung physikalischer Umweltparameter wurden folgende Instrumente eingebaut:

Ein ADCP (300kHz) in die Wassersäule nach oben gerichtet zur Messung von Strömungsrichtung und Stärke; ein ADCP (1200kHz) zum Meeresboden gerichtet zur Messung von Strömungsrichtung und Stärke im bodennahen Bereich; eine Speicher CTD mit Präzisionsdrucksensor und pH-Sensor für Messungen von Temperatur, Salzgehalt, Druckschwankungen und pH.

Für die Messung von Sauerstoff wurden 4 Sauerstoffoptoden eingebaut. Der Eintrag von Nahrung durch sedimentierende Partikel wird durch eine Sinkstofffalle mit einer Fangfläche von 0,25 m² und 21 Fangbechern erfasst. Mit einem kombinierten Trübungssensor und Fluorometer werden der Chlorophyllgehalt als Maß für die Phytoplanktonbiomasse gemessen, sowie Resuspensionsereignisse registriert. Für biologische Langzeitbeobachtungen wurde ein neuartiges digitales Zeitrafferkameranystem installiert. Dieses System wurde vor dem ersten Testeinsatz am Lander in einem Testbecken im TLZ geprüft (Abb. 3).



Abb. 3: Testeinsatz des Digitalkamerasystems im Tauchbecken des TLZ.

Das Master Lander Modul wurde erstmals erfolgreich auf einer Ausfahrt im November 2011 (FS ALKOR 384) getestet. Hierbei wurde die Funktion aller Komponenten im praktischen Einsatz erprobt (Abb. 4). Dies umfasste sowohl die Vorbereitung der Einzelkomponenten, die Integration der einzelnen Sensoren über das akustische Modem (Synchronisationsknoten, SYK), den Einsatz an Deck, das Absetzen am Meeresboden, die akustische Datenübertragung über das Modem während der Verankerung und die Bergung des Gerätes.

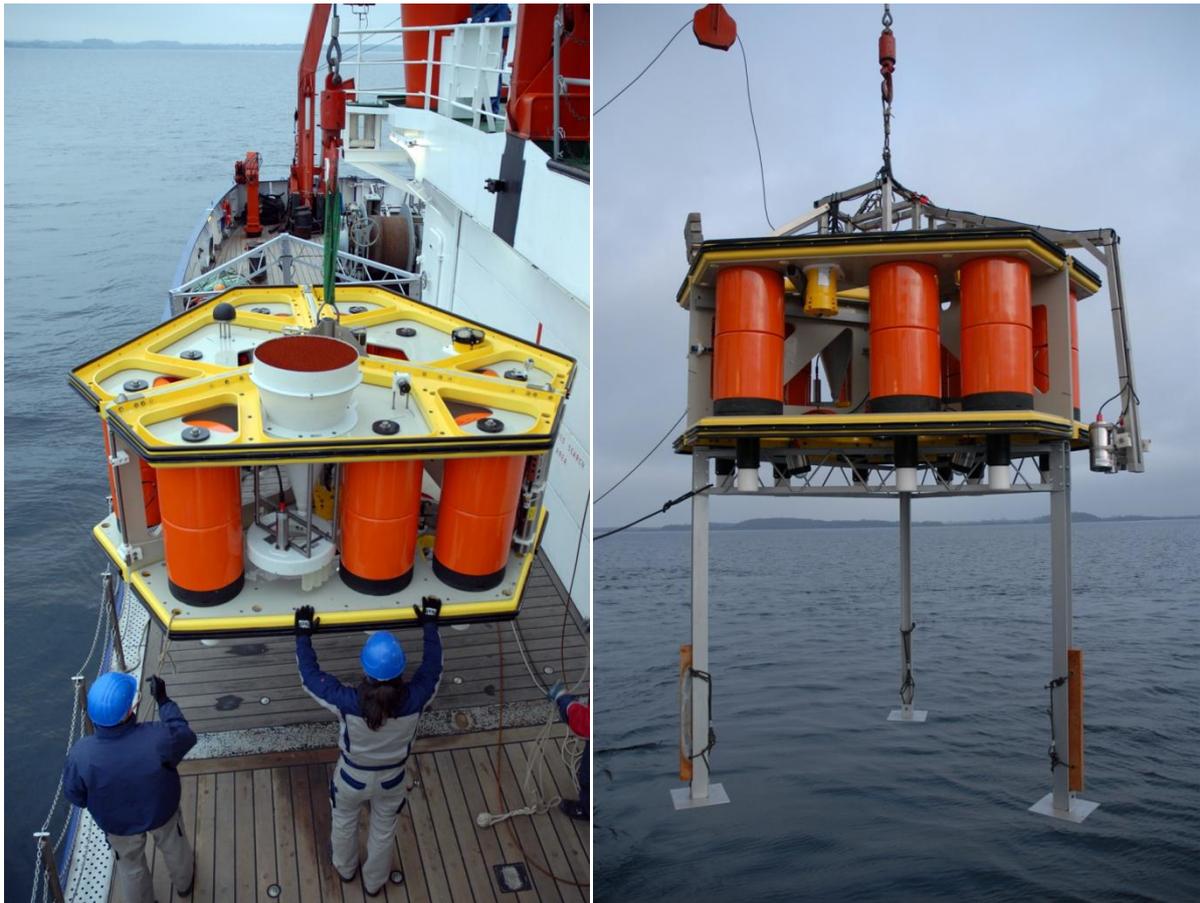


Abb. 4: Aufsetzen der Auftriebseinheit des MLM auf das Dreibeingestell an Bord der ALKOR; auf der Oberseite des Lander ist die Sinkstofffalle, rechts daneben das Fluorometer, das nach oben gerichtete ADCP und der Transducer des Akustik-Modems zu sehen (linkes Bild). Rechtes Bild: Aussetzen des vollständigen MLM mit dem Video-Absetzrahmen Modul (VAR).

Die beiden ADCPs, die CTD, die Optoden und die Digitalkamera waren zur Programmierung und akustischen Datenabfrage an das Akustik-Modem gekoppelt; lediglich die Sinkstofffalle wurde unabhängig programmiert (Abb. 5).

Zur Dokumentation dieses Einsatzes in der Flensburger Förde bei 17m Wassertiefe wurden Taucher eingesetzt. Für den Testeinsatz war der Lander mit allen Komponenten bestückt und es konnten alle Abläufe von dem Absetzen des Landers mit dem Video-Absetzrahmen, die Standzeit am Meeresboden, das akustische Auslösen des Landers bis zur Bergung der Auftriebseinheit dokumentiert werden (Abb. 6). Das Grundgewicht wurde nach dem Einsatz geborgen.



Abb. 5: Oben: Blick auf die Unterseite des Auftriebsmoduls nach Montage auf dem Dreibeingestell mit dem digitalen Kamerasystem, nach unten gerichteten 1200 kHz ADCP, Optode und pH-Sensor. Unten links: Zentrale Modemeinheit am MLM, darüber die autonome Steuerung der Sinkstofffalle. Unten rechts: Oberflächenmodem zur Kommunikation mit der Modemeinheit am MLM.

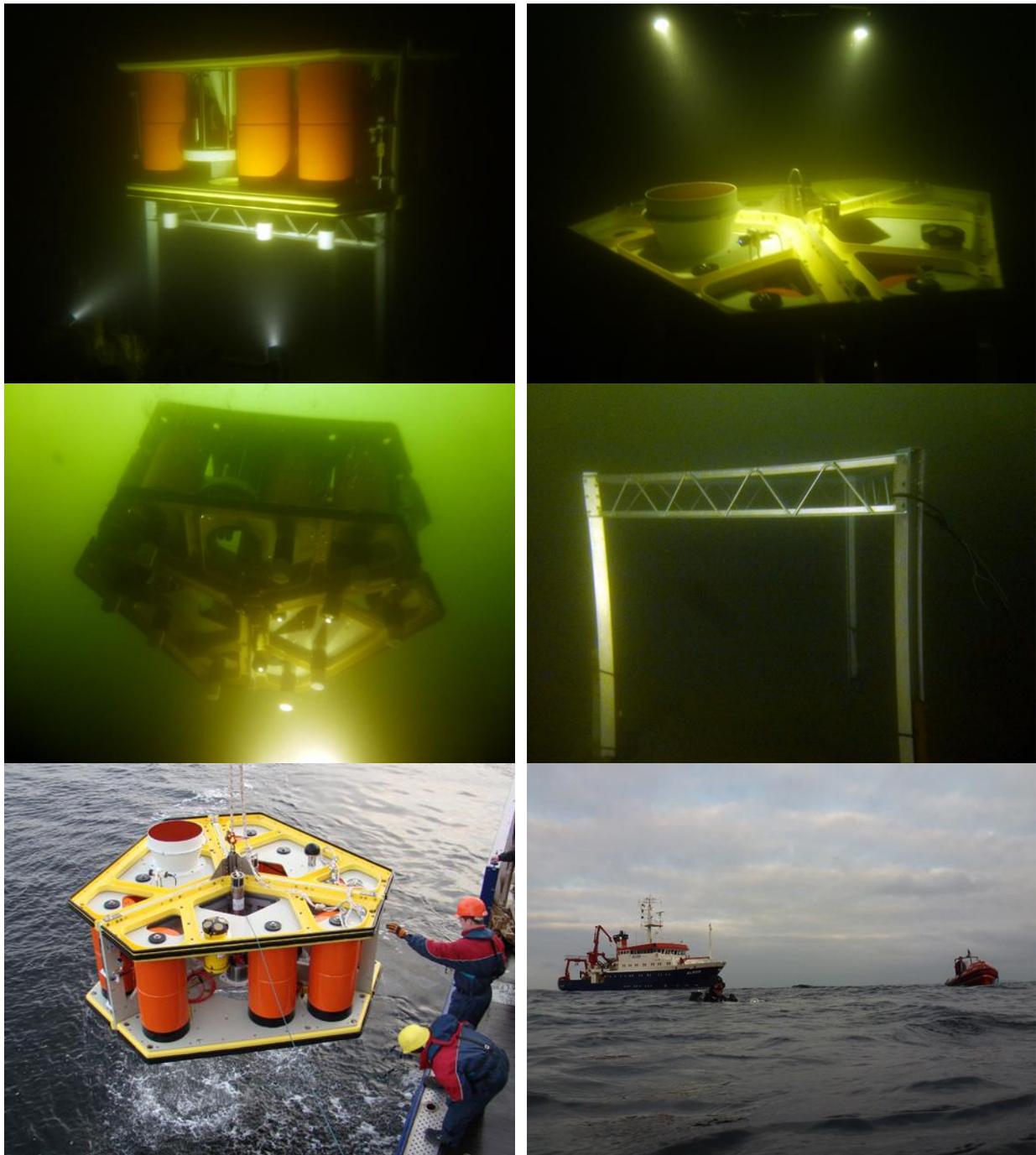


Abb. 6: Unterwasseraufnahmen zur Verankerung des MLM; Aufschwimmen des Auftriebsmoduls nach Abkopplung vom dreibeinigen Grundwicht, Bergung des Auftriebsmoduls und der Taucher an Bord der ALKOR.

Die Datenübertragung über das akustische Modem konnte bei diesem Testeinsatz bis zu einer horizontalen Entfernung von 300m erfolgreich nachgewiesen werden. Dies ist in Anbetracht der flachen Wassertiefe von 17m und der vielfältigen Möglichkeit von Störungen durch Grenzschichten und Mehrfachreflexionen am Schiffsrumpf und dem Meeresboden ein sehr erfolgversprechendes Testergebnis.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 1x Lander mit Auftriebsschaum und Dreibein-Gewichtssatz (Fa. K.U.M.)
- 1x Sinkstofffalle (Fa. K.U.M.)
- 2 x akustische Releaser (Fa. Oceano)
- 1 x ADCP 300 kHz (Fa. RDI)
- 1 x ADCP 1200 kHz (Fa. RDI)
- 1x CTD (Fa. SBE) + externer pH-Sensor
- 4x Sauerstoff-Optoden (Fa. Aanderaa)
- 1x pH Sensor (Fa. SBE)
- 1x Fluorometer/Trübungsmesser (Fa. Wetlabs)
- 1x Kamerasystem (Fa Develogic)

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Planung und die Konstruktion des Master Lander erfolgte in enger Kooperation mit den Firmen K.U.M. und Oktopus, sowie den beteiligten Technikern und Wissenschaftlern des IFM-GEOMAR. Die verwendeten Sensoren und Geräte wurden käuflich erworben und entsprechen dem neusten Stand der Technik. Die Anbindung und Integration der einzelnen Komponenten in das MLM und die Fertigung der maßgefertigten Anbringungssysteme erfolgten durch Techniker des TLZ (IFM-GEOMAR).

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Mit dem Bau des Master Lander Moduls wurde ein vollkommen neuer Lander Typus verwirklicht. Das System ist sowohl als integraler Bestandteil von MoLab aber auch als „stand alone“ Version für ein weites Spektrum von Langzeitobservationen einsetzbar. Auf Grund seiner Konstruktionsmerkmale ist das MLM ein hervorragendes System für die Messung von Austauschprozessen an der Sediment-Wasser Grenzschicht und für die Beobachtung der komplexen Wechselwirkungen zwischen benthischen Lebensgemeinschaften und ihrer abiotischen und biotischen Umwelt.

Der Bau des MLM hat zu erkennbaren Fortschritten in der Lander Technik geführt, der für die beteiligten KMUs wirtschaftlich verwertbar sein wird.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

IFM-GEOMAR ist eine der führenden Institutionen auf dem Gebiet der Lander Konstruktion. Mit dem Master Lander wurde eine neuartiger Lander Typ verwirklicht, der kein vergleichbares Gegenstück hat. Ein erkennbarer, über den verwirklichten Rahmen hinausgehender Fortschritt bei anderen Stellen ist für den Antragszeitraum nicht bekannt.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Veröffentlichungen der Ergebnisse werden nach den ersten Einsätzen des MLM in wissenschaftlichen Fachzeitschriften erfolgen.

Literatur:

Linke P, Pfannkuche O, Karstensen J, Beuck I (2006) Long-term observation of a cold water coral mound in the Porcupine Seabight and implications for the ESONET/CeltNet programme. Proc. 4th Int. IEEE Workshop on Scientific Use of Submarine Cables, Dublin 8.-10. Feb. 2006:14-19.

Pfannkuche O und Linke P (2003) GEOMAR landers as long-term deep-sea observatories. Sea Technology 44(9): 50-55.

II.2. Satelliten Lander Module (SLM)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Im Rahmen des MoLab Projektes wurden drei Satelliten Lander Module komplett neu konstruiert und gebaut. Das Designprinzip wurde, aufbauend auf existierenden Modellen eines OBS (Ocean Bottom Seismometer) sowie einem POZ-Landersystem, deutlich weiter entwickelt. Der Modulgedanke stand hierbei im Vordergrund, um z. B. alle Systeme mit dem gleichen Videoabsatzrahmen einsetzen zu können. Weiter wurden die Mittel zum Erwerb dreier identischer Sensorenpakete benutzt. Alle drei Systeme tragen einen ADCP, eine CTD, eine Sauerstoff-Optode, einen pH-Sensor, einen Fluorometer/Trübungsmesser, sowie ein Modem zur Kommunikation mit dem Synchronisationsknoten (SYK). Die Systemintegration erfolgte am Technik- und Logistik Zentrum des IFM-GEOMAR in Kiel.

Die Satellitenlander wurden erfolgreich auf einer Ausfahrt im November 2011 (FS ALKOR 384, Abb. 7) getestet, sowie im Sleipner Feld und im britischen Sektor der Nordsee.

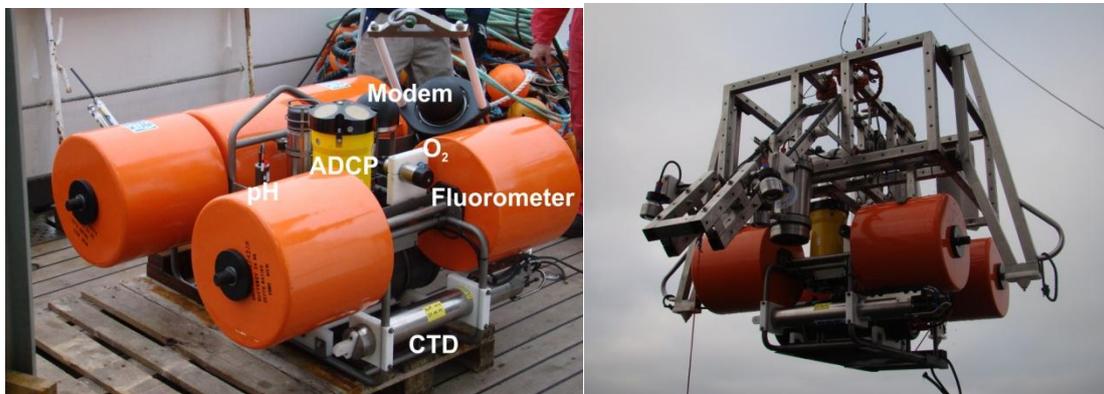


Abb. 7: Linkes Bild: Ein Satellitenlandermodul vollständig aufgerüstet. Rechtes Bild: Kurz vor dem Aussetzen von FS ALKOR. Zu sehen ist der auf den Lander aufgesetzte Videoabsatzrahmen (Launcher).

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 3x Lander mit Auftriebsschaum und Gewichtssatz (Fa. K.U.M.)
- 3x akustische Releaser (Fa. K.U.M.)
- 3x ADCP (Fa. RDI)
- 3x CTD (Fa. SBE)
- 3x Sauerstoff-Optode (Fa. Aanderaa)
- 3x pH-Sensor (Fa. SBE)
- 3x Fluorometer/Trübungsmesser (Fa. Wetlabs)

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Planung und das Design der SLM erfolgte in enger Kooperation mit der Fa. K.U.M. und Technikern sowie Wissenschaftlern des IFM-GEOMAR. Die verwendeten Sensoren wurden käuflich erworben, wohingegen die Anbindung und Integration der einzelnen Komponenten in MoLab von Technikern des TLZ (IFM-GEOMAR) geleistet wurde.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Ein großer Vorteil des SLM ist die Möglichkeit des separaten Einsatzes als mobiles Teilsystem. Damit ist es möglich vielfältige Monitoring Aufgaben für unterschiedlichste Fragestellungen zu übernehmen. Erste Anwendung fand ein SLM bereits in einer ersten Messung im Slepner Feld (Statoil) im Rahmen des ECO2 Projekt des IFM-GEOMAR (Abb. 8) sowie bei einer Langzeitmessung (3 Monate) im Krater eines Methan Blowouts im britischen Sektor der Nordsee.

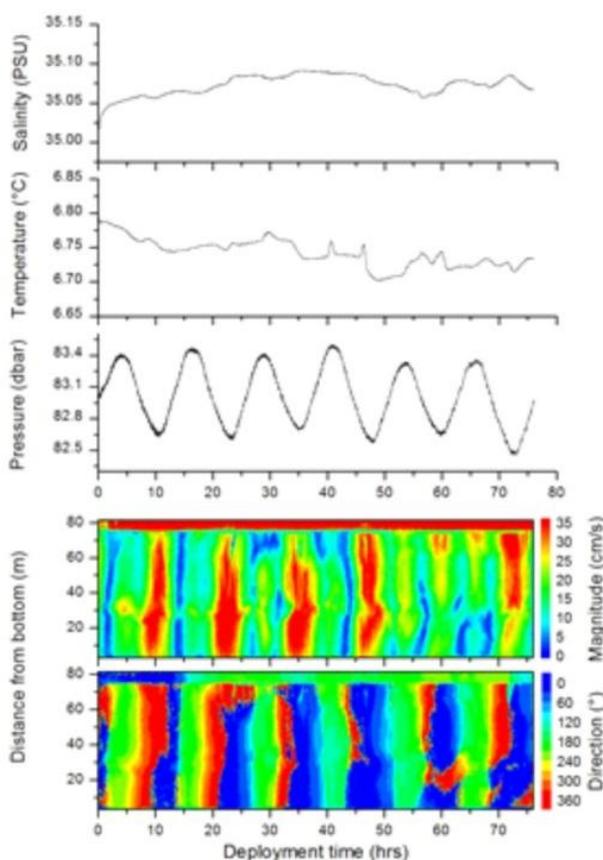


Abb. 8: Erste Daten aus dem Slepner Feld in der Nordsee. Gezeigt werden von oben nach unten: Salzgehalt, Temperatur, Druck/Tiefe, Strömungsstärke und Geschwindigkeit.

Durch die Entwicklung dreier identischer SLM wird es im Rahmen des MoLab Projektes erstmalig möglich sein, größere Strukturen wie z.B. Kaltwasserkorallenriffe auch über lange Zeiträume 4-dimensional zu beobachten. Ein weiteres Merkmal ist die Möglichkeit über die Satellitenanbindung der Modems bereits während der Messkampagne erste Daten zu sichten, als auch aktiv in die Parametereinstellungen der Sensoren eingreifen zu können.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Das IFM-GEOMAR ist eine der führenden Institutionen auf dem Gebiet der Lander Konstruktion. Satelliten-Lander ähnlicher Bauart werden am Institut für geophysikalische Einsätze entwickelt und gebaut. Die MoLab Satelliten Lander sind von der Konstruktion und Instrumentierung auf dem neusten Stand der Technik. Ein erkennbarer über den verwirklichten Rahmen hinausgehender Fortschritt bei anderen Stellen ist für den Antragszeitraum nicht bekannt.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Neben der bereits erfolgten Publikation zum Einsatz der Satellitenlandertechnik am IFM-GEOMAR (Flögel & Dullo, 2011) sind weitere Veröffentlichung im Gefolge des ersten MoLab Einsatzes in Norwegen geplant.

Literatur:

Flögel S and Dullo W Chr (2011): High resolution water mass measurements around cold-water corals: a comparative test study between repeated Conductivity-Temperature-Depth (CTD) casts and continuous data acquisition of bottom waters from the West Florida Slope, Gulf of Mexico. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A 113, 209-224.

II.3. Eddy Correlation Module (ECM)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Zur synchronen Erfassung der Sauerstoffflüsse im MoLab-Verbund wurden drei ECMs gebaut. Da das Prinzip der Eddy Correlation (EC) Technik auf der Korrelation der Messung eines „single point“ Strömungssensors mit der Sauerstoffmessung einer hochauflösenden Mikroelektrode im Messfeld des Strömungssensors beruht, dienten die Mittel hauptsächlich dem Erwerb von 3 Strömungssensoren und Druckrohren für die Energieversorgung. Weiterhin wurden Mittel zum Erwerb von Verbrauchsmaterial für den Bau der Geräteträger, Gehäuse und der elektronischen Komponenten verwendet.

Durch den Wechsel von Daniel F. McGinnis von der Schweiz nach Kiel und durch die Zusammenarbeit mit international anerkannten Experten (Peter Berg, Ronnie N. Glud) konnte aus dem Sauerstoff EC System am EAWAG (McGinnis et al., 2008) die nächste Generation am IFM-GEOMAR entwickelt werden. Hierbei wurden ein eigener Sauerstoff-Mikroverstärker und ein neuer Geräteträger entwickelt, der auch mit dem ROV eingesetzt werden kann. Das neue System wurde im Mündungsbereich der Schwentine getestet (Abb. 9) und mit dem ROV Kiel 6000 in der Nordsee in 70 m Wassertiefe erfolgreich eingesetzt. Weiterhin wurde die Methode erstmals in Kombination mit einem Sulfidsensor im Gotlandbecken in der Ostsee eingesetzt (Abb. 9; McGinnis et al., 2011).

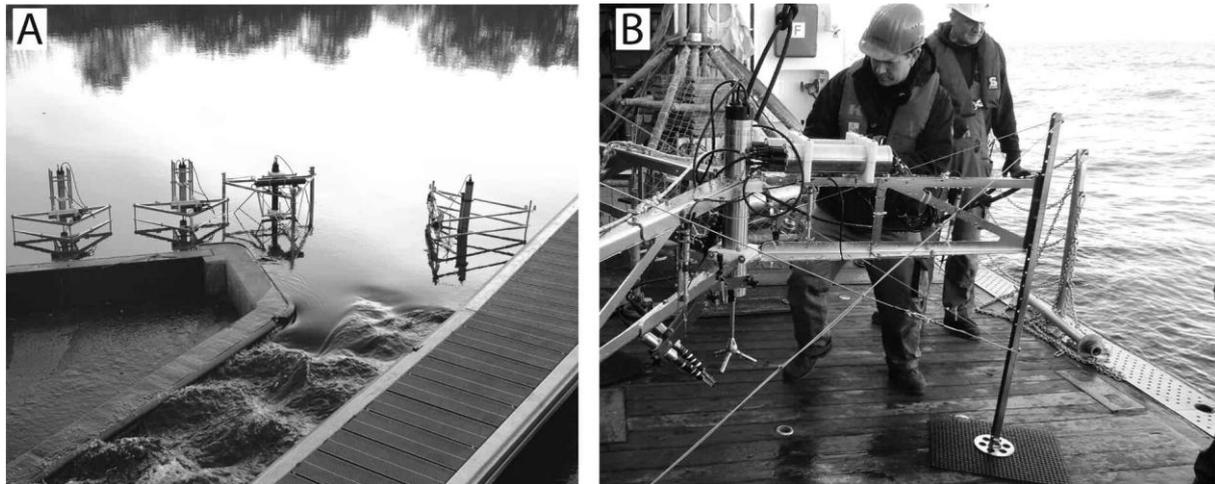


Abb. 9: Testeinsätze der EC-Module. A. Sauerstoffflussmessungen in der Schwentine. B. Einsatz eines Sulfidsensors im Gotlandecken in der Ostsee (McGinnis et al., 2011).

Der erste Tiefsee-Einsatz erfolgte im Oktober 2010 auf der Expedition SONNE 210 an cold seeps im Pazifik vor Chile (Linke et al., 2011). Dabei wurde die Methode mit hochauflösenden Temperaturmessungen in der Grenzschicht kombiniert; diese konnte dann mit Turbulenzmessungen mittels Mikrostrukturprofilern in der Wassersäule verknüpft werden, um die Temperaturabhängigkeit und Dynamik der Sauerstoffflüsse zu untersuchen. Dazu wurde jeweils ein Temperatursensor in das EC-System integriert. Es konnten durch den erstmaligen Einsatz eines video-geführten Fahrstuhl-Lander zwei EC-Systeme simultan an einem cold-seep mit dem ROV platziert werden (Abb. 10).

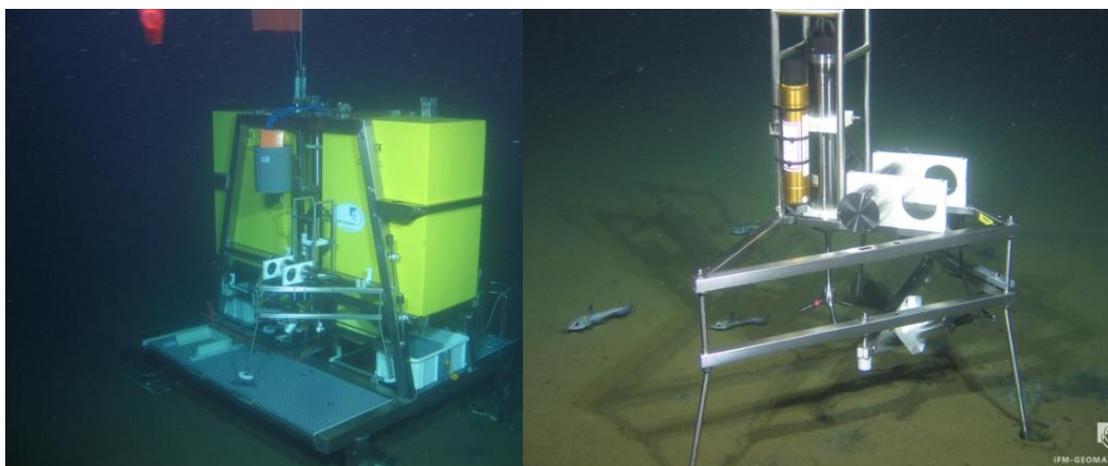


Abb. 10: Tiefsee-Einsatz der EC-Module in der Subduktionszone vor Chile. Links: ECM auf dem Fahrstuhl-Lander. Rechts: ECM mit dem ROV KIEL 6000 in der Nähe von Bakterienmatten abgesetzt; zusätzlich montiert wurde ein Sender zur akustischen Detektion des Gerätes mit dem ROV (homer tracking system).

Die EC Module im MoLab-Projekt wurden, basierend auf diesen Erfahrungen im praktischen Einsatz, ständig weiterentwickelt. So befindet sich die Entwicklung der Elektronik des Mikroverstärkers bereits in der 4. Generation und umfasst nun eine galvanische Trennung und einen 3-Pol Filter, um das Signal/Rausch-Verhältnis zu optimieren. Von der

mechanischen Seite wurde das Batteriegehäuse vom Strömungssensor abgesetzt, um eine niedrigere Bauhöhe zu erreichen. Ein zweites Batteriegehäuse dient der unabhängigen Energieversorgung des Mikroverstärkers und der Mikrosensoren, was insbesondere bei der Polarisation der Sensoren wichtig ist und insgesamt die Standzeit des Systems verlängert. Weiterhin wurde die Halterung der hochempfindlichen Mikrosensoren in Bezug auf den Einbau im System als auch in Hinblick auf eine mögliche Beeinflussung der Strömungsmessung im Laufe des MoLab-Projektes deutlich verbessert (Abb. 11).

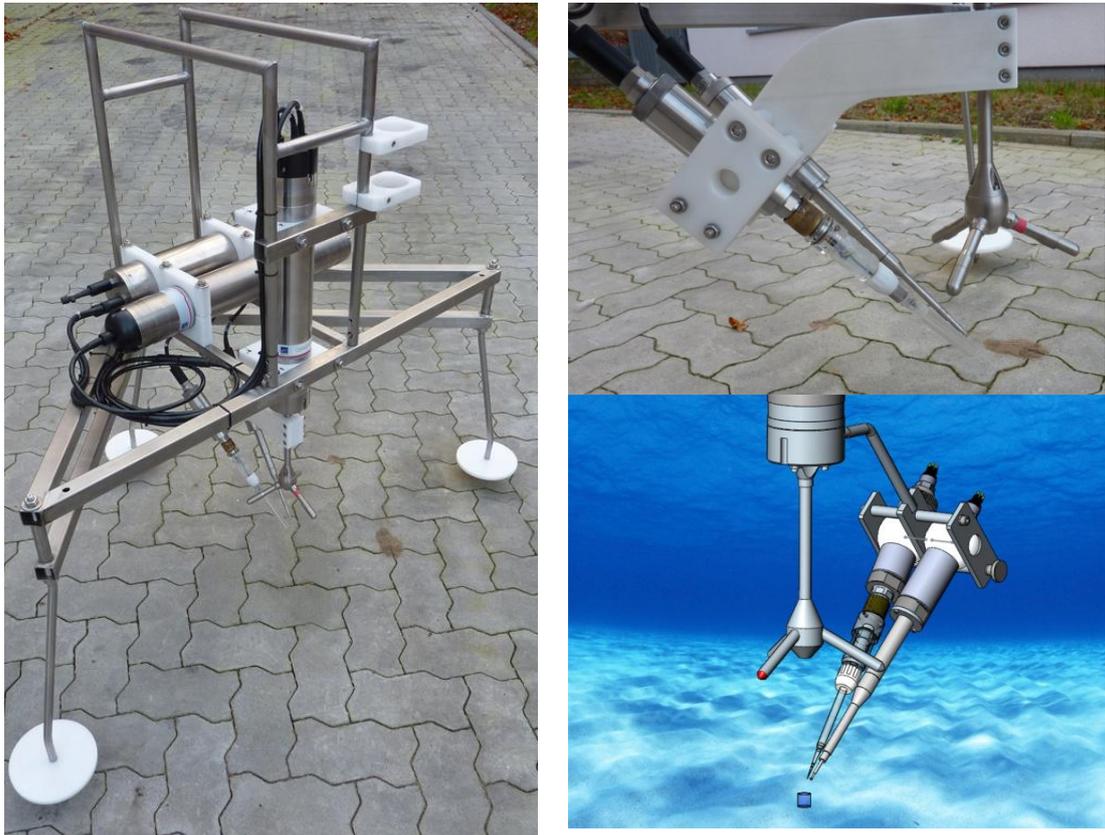


Abb. 11: Mechanische Konfiguration eines MoLab ECM. Links das Gesamtsystem mit den beiden liegend angebrachten Batteriegehäusen hinter dem Strömungssensor, die Schelle rechts dient der Aufnahme eines ROV „tracking systems“ (homer). Rechts: Halterung der Mikrosensoren zur Messung des Sauerstoffflusses (vorn) und der Temperatur im Messfeld des Strömungssensors.

1. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 3x Strömungssensoren (Nortek)
- 3x Temperatursensoren (ISW)
- 3x Druckrohre für die Energieversorgung (K.U.M.)

2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Während die Batteriegehäuse, Strömungs- und Temperatursensoren käuflich erworben werden konnten, wurden die Mikroverstärker, Gehäuse für die Verstärker, Sensorhalterungen und Geräteträger in den Werkstätten des TLZ selbst gebaut, in das Gesamtsystem integriert und getestet.

3. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Bisher wurde der Sauerstoffverbrauch in benthischen Kammern oder in Profilen mit Mikroelektroden gemessen (Berg et al., 2003; 2009). Gegenüber diesen invasiven Methoden werden mit der EC-Technik Sauerstoffflüsse in hoher zeitlicher Auflösung ohne Beeinflussung oder Ausschluss der natürlichen Strömung erfasst. Darüber hinaus eröffnet die EC-Technik neue Anwendungsbereiche (z.B. in permeablen Sedimenten, Hartbodengemeinschaften mit Steinen, Muscheln, Makroalgen und Epifauna sowie unter dem Eis), die mit konventionellen Methoden nicht erfasst werden können (Berg et al., 2003). Mit der Weiterentwicklung des Mikroverstärkers am IFM-GEOMAR steht nun eine open source Elektronik zur Verfügung, die es auch anderen Anwendern ermöglicht, diese Technik zu nutzen.

4. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen

Nach unserem Kenntnisstand haben wir uns mit dieser Entwicklung im Rahmen des MoLab-Projektes eine technologische Spitzenposition erarbeitet.

5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Neben der bereits erfolgten Publikation zur technischen Weiterentwicklung der EC Technik am IFM-GEOMAR (McGinnis et al., 2011) sind weitere Publikationen mit EC-Messungen in der Nordsee, im Pazifik und im Mittelmeer in Vorbereitung.

Literatur:

- Berg P, Røy H, Janssen F, Meyer V, Jørgensen BB, Hüttel M, de Beer D (2003) Oxygen uptake by aquatic sediments measured with a novel non-invasive eddy correlation technique. *Marine Ecology Progress Series*, 261:75-83.
- Berg P, Glud RN, Hume A, Stahl H, Oguri K, Meyer V, Kitazato H (2009) Eddy correlation measurements of oxygen uptake in deep ocean sediments. *Limnology and Oceanography Methods*, 7:567-584.
- Linke P (2011) FS SONNE Fahrtbericht / Cruise Report SO-210 ChiFlux - Identification and investigation of fluid flux, mass wasting and sediments in the forearc of the central Chilean subduction zone, Valparaiso - Valparaiso, 23.09. – 01.11.2010, IFM-GEOMAR Report No. 44, 112 pp.
- McGinnis DF, Cherednichenko S, Sommer S, Berg P, Rovelli L, Schwarz R, Glud RN, Linke P (2011) Simple, robust eddy correlation amplifier for aquatic dissolved oxygen and hydrogen sulfide flux measurements. *Limnology and Oceanography: Methods* 9, 340-347, [doi:10.4319/lom.2011.9.340](https://doi.org/10.4319/lom.2011.9.340)
- McGinnis D F, Berg P, Brand C, Lorrai TJ, Edmonds, Wuest A (2008) Measurements of eddy correlation oxygen fluxes in shallow freshwaters: Towards routine applications and analysis, *Geophysical Research Letters*, 35 (L04403).

II.4. Verankerungsmodul (VKM)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Zur Vermessung der Hydrographie, der Wasserbewegung sowie dem Gehalt an gelöstem Sauerstoff und der Fluoreszenz oberhalb der Lander in der Wassersäule wurden zwei Verankerungsmodulare beschafft. Die Module basieren auf einem Stahlseil welches mit einem Grundgewicht (Eisenbahnräder) am Meeresboden fixiert ist. In geeigneten Tiefen sind Auftriebskugeln montiert, die den Draht senkrecht im Wasser stehen lassen. Des Weiteren sind Messgeräte direkt auf den Draht montiert – es handelt sich je Modul um sieben T/S-Rekorder (MicroCat) und drei Sauerstoff-Logger. Ein optischer Fluoreszenz-Messer ist ebenfalls installiert. Ein 150kHz ADCP wird zur Vermessung der Strömungen genutzt; dieses Gerät wird dazu direkt in eine große Auftriebskugel eingebaut. Ein akustisch zu aktivierender Auslöser entkoppelt das Grundgewicht vom Stahlseil welches dann auftreibt und es erlaubt die Geräte zu bergen. Die Installation als solche ist eine Standardinstallation und wurde schon häufig und in unterschiedlichsten Regionen eingesetzt und verankert.

Typische Zeitserien von Daten die mit dieser Installation aufgezeichnet werden können sind in Abbildung 12 dargestellt.

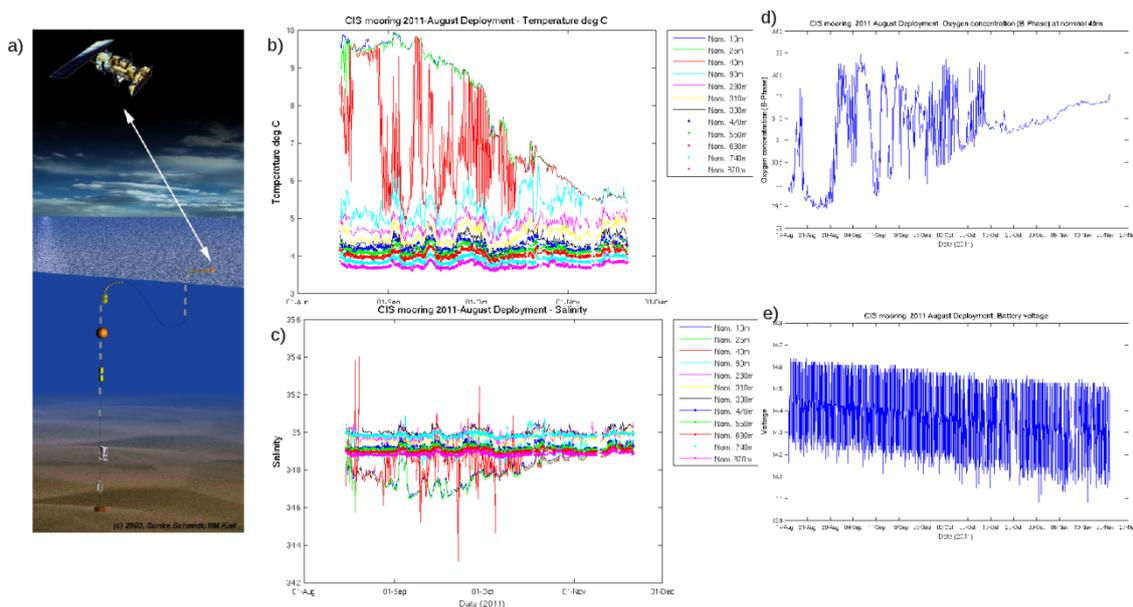


Abb. 12: a) Prinzipieller Aufbau eines MoLab Verankerungsmoduls mit Satellitenanschluss. Zeitreihen b) Temperatur, c) Salzgehalt d) Optoden Phase von verankerten Geräten und e) Batteriespannung des Telemetriemoduls.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 10x MicroCat T/C (S) sensoren (SBE37IM)
- 4x MicroCat T/C/p sensoren (SBE37IM)
- 6x Optoden (Aanderaa 3830)
- 2x Fluorometer (Wetlabs)
- 2x Akustische Auslöser (IXSEA)
- 2x Auftriebskugeln (44") (Floatation Technology)

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleistet Arbeit

Während die Geräte aus dem Projekt angeschafft wurden, wurde die Sauerstofflogger Elektronik einschließlich der Gehäuse von Ingenieuren und Technikern in den Werkstätten des TLZ angefertigt. Die 17“-Auftriebskugeln und der Bodenanker wurden aus dem Bestand des IFM-GEOMAR entnommen. Die Sensor Integration und die Konzeption (Verankerungsdesign) wurden mit Hausmitteln durchgeführt. Das Design und die Anfertigung des Oberflächentelemetrie Moduls wurden, bis auf die Übertragungselektronik, durch Hausmittel finanziert.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Struktur, die Strömungen und die Flüsse oberhalb der Lander stellen eine wichtige Kenngröße für die Beurteilung der Prozesse, die in der bodennahen Schicht stattfinden, dar. Die Instrumentierung der Verankerungen ist so gewählt, dass Ereignisse (z.B. Advektion einer mit einem Strömungsevent verbundenen Sauerstoffanomalie) detektiert werden können und so deren Einfluss auf die benthischen Prozesse gezielt untersucht werden kann. Eine der Verankerungen kann außerdem als Träger der Oberflächentelemetrie und des Zentralen Modems (SYK Modul) genutzt werden. Dieses Modul stellt die Verbindung der Installation über Satellit mit dem Labor dar.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Der Aufbau der VKM erfolgt nach den neusten Erkenntnissen, die aus dem ESONET Projekt MOODO Demo Mission, koordiniert durch IFM-GEOMAR, gewonnen wurden. Ein weiterer erkennbarer Fortschritt ist nicht bekannt.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Neben der bereits erfolgten Publikation zur technischen Weiterentwicklung fortschrittlicher Verankerungstechnik (Karstensen et al. 2007, 2010) sind weitere Publikationen im Anschluß an den ersten Einsatz von MoLab geplant.

Literatur:

Karstensen J, Greinert J, Lampitt R, Grant F, Priede I (2010) MODOO: A modular and mobile deep ocean observatory and its application to the Porcupine Abyssal Plain In: 42. International Liege Colloquium on Ocean Dynamics Multiparametric observation and analysis of the Sea, 26.-30.04.2010, Liege, Belgium.

Karstensen J, Send U, Pinck A, Busack M (2007) A small and lightweight telemetry buoy module for open ocean moorings In: EGU General Assembly, 15.-20.04, Vienna, Austria.

II.5. Synchronisationsknoten (SYK)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Die virtuelle Zusammenführung der einzelnen Module zum MoLab sowie der Austausch von Daten mit den Laboren an Land erfolgt über die Synchronisationsknoten. Die Knoten basieren auf akustischen Modem/Logger Kombinationen, die Daten zwischen den Knoten bidirektional übertragen können. Für die Unterwasser Kommunikation werden auf den Frequenzen 12-18kHz arbeitende Schallwandler benutzt. Die Satellitenkommunikation,

die in einer Oberflächenboje installiert ist, sendet über Iridium SBD oder RUDICS Protokoll Daten an die Heimstation bzw. empfängt Daten/Kommandos von dort.

Die Synchronisationsknoten besitzen RS232/422 Schnittstellen, die den Anschluss unterschiedlichster Geräten erlauben; die Konfiguration findet über ein XML ähnliche Protokollsprache statt. Hier ein Beispiel für die Konfiguration eines Instruments ('name(Ints_1)') welches eine bestimmte Zugriffscharakteristik bezüglich Baudrate, data/stops bits etc. hat:

```
<Ports>
  <Com_2>
    <Baudrate>2400</Baudrate>
    <Handshake>None</Handshake>
    <Parity>Even</Parity>
    <Databits>7</Databits>
    <Stopbits>1</Stopbits>
    <Transceiver>232</Transceiver>
    <Instrument>Ins_1</Instrument>
  </Com_2>
</Ports>
```

Diese Scriptsprache erlaubt es, extrem flexibel auf unterschiedlichste Instrumente zu zugreifen. Die Schnittstellen liegen wie folgt vor: die Satelliten-Lander besitzen jeweils sechs Schnittstellen, der Masterlander zehn, und die Synchronisationsknoten an den Verankerungsmodulen eine RS232/422. Beim Verankerungsmodul ist zudem ein induktiver Koppler installiert, der auch einen Zwei-Wege Zugriff auf das Modem erlaubt, was wiederum relevant wird wenn MoLab Daten an die Außenwelt überträgt bzw. von der Außenwelt erhält. Eine typische Sequenz mit der beispielsweise das ADCP mit Namen „RDIADCP_0“ auf einen Aufzeichnungsintervall von einer Stunde (3600000ms) umprogrammiert wird ist folgende:

```
?{set Sensor.RDIADCP_0.SampleInt 3600000}<CR><LF>
?{set Sensor.RDIADCP_0.Enable Yes}<CR><LF>
```

Für ein SeaCat (SBE16) das im Modul 2 installiert ist (name: „SBE16P_2“) würde man schreiben

```
?{set Sensor.SBE16P_2.SampleInt 120000}<CR><LF>
```

Diese Befehle werden per SBD oder RUDICS vom Labor über die Oberflächentelemetrie an das System übertragen.

Das System wurde gebaut und die Komponenten im Labor getestet. Des Weiteren wurden Tests auf See durchgeführt. Das Oberflächenkommunikationsmodul wurde auf der Forschungsreise M85/2 mit FS METEOR auf alle Funktionen hin getestet und dann für einen Langzeittest in der Irminger See installiert (Daten unter: <http://www.eurosites.info/cis/data.php>).

Die Modulkommunikation wurde ebenfalls auf der Testfahrt mit der ALKOR im November 2011 getestet.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 3x Modem/Logger Satellitenlander
- 1x Modem/Logger Masterlander
- 2x Modem/Logger Verankerungsmodul
- 1x Iridium Datentelemetriesystem

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleistet Arbeit

Die Modem/Logger wurden aus dem Projekt angeschafft. Ein Oberflächenmodem existiert im Bestand des IFM-GEOMAR auf das bei Auslegung des Systems oder auch bei anderweitiger Kommunikation zurückgegriffen werden kann. Das Design und die Anfertigung des Oberflächentelemetrie Modul wurden, bis auf die Übertragungselektronik, durch Hausmittel finanziert (Material, Elektroniker).

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der Austausch von Daten zwischen den Modulen und mit der Außenwelt stellt eine entscheidende Neuerung des MoLab Systems gegenüber der einfachen „Seite-an-Seite“ Platzierung unterschiedlicher Beobachtungssysteme dar. Die Daten der Module werden über die Synchronisationsknoten „synchronisiert“, also auf eine gemeinsame Zeitachse gelegt. Das geschieht durch die Logger schon mit den angeschlossenen Instrumenten in jedem Modul selbst, sowie durch den Austausch zwischen den Modulen, auch MoLab-übergreifend. Die Verbindung mit der Oberflächentelemetrie erlaubt es auf die Daten aus dem System in Echtzeit zuzugreifen und so die zeitliche Entwicklung der Beobachtungsdaten an den Modulen zu überwachen. Die Zwei-Wege Kommunikation erlaubt es weiterhin auf die Sensoren Einfluss zu nehmen, beispielsweise kann die Abtastrate eines Fluorometers verändert oder aber die Kamera kontrolliert werden.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Sind nicht bekannt.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Karstensen J, Greinert J, Lampitt R, Grant F, Priede I (2010) MODOO: A modular and mobile deep ocean observatory and its application to the Porcupine Abyssal Plain In: 42. International Liege Colloquium on Ocean Dynamics Multiparametric observation and analysis of the Sea, 26.-30.04.2010, Liege, Belgium.

Karstensen J, Pfannkuche O, Linke P, Flögel S, Dullo C, (geplant), Small scale adaptive sampling of the deep sea: the Molab System

II.6. Ultra short baseline Navigationssystem (USBL)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Die Installation der einzelnen Module im MoLab Gesamtsystem macht ein exaktes Einmessen und eine georeferenzierte Positionierung der einzelnen Module untereinander und in Bezug auf die zu untersuchende Struktur (z.B. an mounds) dringend erforderlich. Dies wird durch den Einsatz eines mobilen Ultra Short Baseline (USBL) Navigationssystems an den kabelgeführten Modulen (ROV, Lander und Liftsystem) in Verbindung mit der bewährten OFOP-Software gewährleistet. Mittels dieser Software werden der Schiffskurs sowie die

Position und die Videoaufzeichnung der kabelgeführten Systeme parallel erfasst und in Bezug zu zuvor kartierten Unterwassermorphologien on-line dargestellt und georeferenziert aufgezeichnet.

Im MoLab-Projekt wurde auf ein kostengünstiges System der Firma ORE für den Einsatz bis 3000 m Wassertiefe zurückgegriffen, da bereits ein entsprechendes Flachwassersystem für den Einsatz bis 1000 m am Institut vorhanden ist und u.a. am ROV KIEL 6000 erfolgreich in der Nordsee eingesetzt wurde. Das MoLab USBL-System wurde erstmals im Rahmen der Reise POS 419 mit FS POSEIDON vor Spitzbergen für die Navigation des OFOS (Ocean Floor Observation System) und für Multicorer Probenahmen eingesetzt. Hierbei wurde der Transponder zum flexiblen Einsatz mit einer Schelle am Draht über dem Gerät befestigt, während er im MoLab ROV „PHOCA“ (siehe Kapitel II.8) im Gerät fest integriert ist (Abb. 13).

Darüber hinaus werden das ROV und die kleineren Module (wie z.B. das ECM) mit einem „tracking system“ (homer) ausgestattet, um die Verankerungsposition dieser Module wieder zu finden (s. Kapitel II.3). Dies ist besonders wichtig bei mehrwöchigen Verankerungen in unübersichtlichem Gelände, da der Energiebedarf der USBL-Sender zu stark ist und das ROV-Sonar durch Rückstreuungen beeinträchtigt werden kann.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

1x Breitband Acoustic Tracking System (ORE)

1x Hydrophon (17-30 kHz)

1x Direktionaler Transponder

1x Omnidirektionaler Transponder

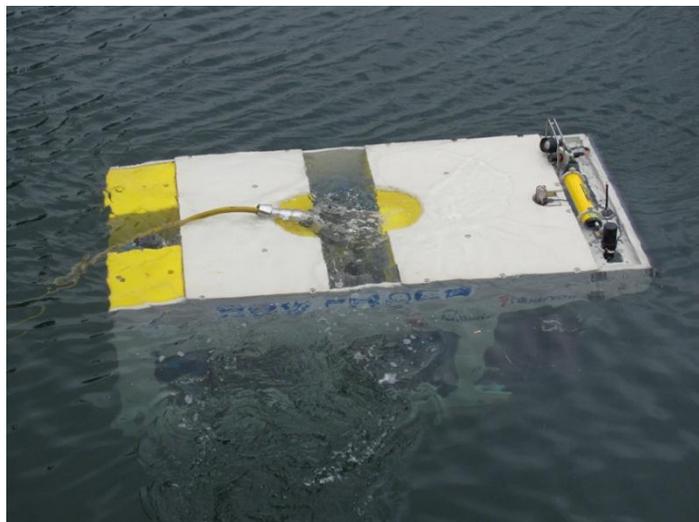


Abb. 13: Einsatz des USBL-Transponders am Draht über den geschleppten Systemen und fest integriert im ROV PHOCA.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die gekauften Komponenten wurden am TLZ getestet und für die verschiedenen Einsätze am Draht oder am ROV konfiguriert. Im letzteren Fall wurde der Transponder im ROV fest integriert und die Oberflächeneinheit im Steuercontainer eingebaut. Darüber hinaus wurden die Daten in das Navigationssystem des ROV integriert.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Mit dem ultra short baseline Navigationssystem (USBL) werden alle videogeführten Geräte ausgestattet, um ihre tatsächliche Position (Lat/Long) am Meeresboden georeferenziert zu erfassen und zu dokumentieren.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Das beschaffte USBL-System ist im bewilligten Kostenbereich ein international weit verbreitetes Standardsystem.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Das USBL-System ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz der MoLab-Module im Gesamtsystem und daher nicht als Einzelsystem publizierbar.

II.7. Video-Absetzrahmen (VAR)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

IFM-GEOMAR hat bereits im Rahmen des Geotechnologie Projekts „LOTUS“ einen Videoabsetzrahmen entwickelt, der bis heute für Lander des Typs GEOMAR Modular Lander verwendet wird. Für das in MoLab entwickelte Master Lander Modul war ein vollständig neu konfigurierter Absetzrahmen notwendig, da der Lander andere Abmaße aufweist und deutlich höher ist. Gleichzeitig sollte der VAR mit einem modernen LWL-tauglichen Telemetriesystem inkl. Videokamera, Camcorder und Beleuchtung ausgestattet werden. Für die Trennung des Lander vom VAR wurde weiter der bewährte Gasdruckreleaser der japanischen Firma Nichiyu Giken Kogyo verwendet.

Der VAR wurde am TLZ vollständig neu konstruiert und in den Werkstätten des TLZ gebaut. Während die Telemetrieinheit schon auf der Ausfahrt POSEIDON 419 (Aug. 2011) in der Framstrasse bis in 1200m im Absetzrahmen für den GEOMAR Modular Lander erfolgreich eingesetzt wurde, konnte der neue VAR mit allen Anbauteilen erst beim Test des Master Lander Modul auf der Fahrt ALKOR 384 im November 2011 getestet werden (Abb. 14). Dieser Test verlief erfolgreich. Alle Funktionen arbeiteten einwandfrei und der Trennvorgang des MLM vom VAR am Meeresboden konnte durch unsere Forschungstaucher dokumentiert werden.



Abb. 14: Der Video-Absetzrahmen wird auf dem Masterlander Modul montiert, anschließend wird das MLM am VAR ausgebracht.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Video-Absetzrahmen Gestell (Eigenbau TLZ)

Telemetrieinheit mit Kamera, Scheinwerfern und Camcorder (Fa. Oktopus)

Gasdruckauslöser (Fa. Nichiyu Giken Kogyo)

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleistet Arbeit

Während die Telemetrie mit Kamerasystem und Beleuchtung sowie der Auslöser käuflich erworben wurden, wurde der Absetzrahmen am TLZ neu konstruiert und in der Werkstatt des TLZ gebaut. Der VAR wurde in seiner Funktion im Feldeinsatz auf der Ausfahrt ALKOR 384 erfolgreich am MLM getestet.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Video-Absetzrahmen sind für alle video-kontrollierten und in Verbindung mit der USBL Anlage für alle georeferenzierten Platzierungen von Geräten am Meeresboden nutzbar. Das System ist leicht an den jeweiligen Gerätetyp anzupassen. Potentiell besteht somit ein weitgespannter Anwenderbedarf.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Die Konstruktion von Video-Absetzrahmen und die video-kontrollierte Verankerung von Landersystemen wird z. Z. nur vom IFM-GEOMAR durchgeführt, insofern besteht hier eine exklusive Expertise. Das eingebaute Telemetriesystem der Fa. Oktopus entspricht dem neusten Stand der Technik

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Der Video-Absetzrahmen ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz des MoLab Master Lander Modul und für das Absetzen anderer Systeme am Meeresboden und daher nicht als Einzelsystem publizierbar.

II.8. Mittelgroßes work-class ROV und launch and recovery System (LARS)

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Die Positionierung, die Wartung von Teilen der MoLab-Instrumente und die Beobachtung und Beprobung der ausgewählten Positionen und ihres Umfeldes wird mit einem ferngesteuerten Tauchroboter (ROV=Remotely Operated Vehicle) durchgeführt. Voraussetzung für die Beschaffung eines solchen Gerätes, war dessen Einsatzfähigkeit auch auf den mittelgroßen Forschungsschiffen wie POSEIDON und ALKOR, so dass nur ein mittelgroßes work class ROV in Frage kam.

Nach der Festlegung der technischen Spezifikationen und dem Eingang des Förderungsbescheides erfolgte eine europaweite Ausschreibung. Trotz mehrerer Anfragen während der Ausschreibung reichte nur ein Anbieter ein Angebot ein. Es handelte sich um die Firma Sub-Atlantic, welche bei dem Bau und dem Vertrieb kleiner bis mittelgroßer ROVs eine weltweit führende Marktposition einnimmt. Die Vergabe des Auftrags an Sub Atlantic erbrachte aber auch Möglichkeiten zum Aufbau von Synergien mit dem am IFM-GEOMAR bereits vorhandenen ROV KIEL 6000. Neben dem Tauchfahrzeug und seinen Kontrolleinrichtungen gehören zu dem ROV noch eine Tiefseewinde mit Kabel und eine Vorrichtung zum Aussetzen und Aufnehmen des Vehikels (launch and recovery System, LARS).

Beschafft wurde ein Tauchroboter des Typs „Comanche“. Das von uns erworbene Gerät (Abb. 15) erhielt den Namen PHOCA (lat. Seehund). ROVS des Typs „Comanche“ hatten sich bereits in einer Kleinserie bewährt und sind vom Hersteller für eine Tauchtiefe bis 3000m konfiguriert. Ausreichend starke Elektromotoren erlauben den Betrieb im freien Flug, das Vehikel taucht selber ab und auf. Dies erlaubt den Verzicht auf ein Kabel-Management System, was Vorteile bei der Reduzierung des Gesamtgewichtes und bei der Wartung bringt.

Insgesamt wird PHOCA von sieben Motoren angetrieben. Vier dieser Motoren dienen, in vektorieller Anordnung, dem horizontalen Vortrieb, drei Motoren übernehmen die vertikale Komponente. PHOCA ist mit 2 Arbeitskamas im SD-Format ausgestattet, die auf jeweils einem Schwenk- und Neigekopf sitzen. Daneben ist eine Foto-Kamera mit Blitz installiert. Die Ausleuchtung erfolgt über vier LED Lampen, zusätzlich befinden sich noch vier Halogenlampen am Vehikel, unter anderem zur Beobachtung des Versorgungskabels. Die Greifarme sind von dem Hersteller Schilling Robotics angefertigt und haben sich auf dem ROV KIEL 6000 bewährt. Es wurden 2 Arme des Typs ORION montiert, wobei der eine Arm über eine proportionale Steuerung (poportional zu der Bewegung des Master-Armes)

gesteuert wird. Der zweite Arm wird über Tastensteuerung (rate controlled) gesteuert. Angetrieben werden beide Arme von einer Bordhydraulik.

Die Stromversorgung des ROV erfolgt über ein Tiefseekabel, in dem auch die Glasfasern für den Daten- und Bildaustausch verlaufen.

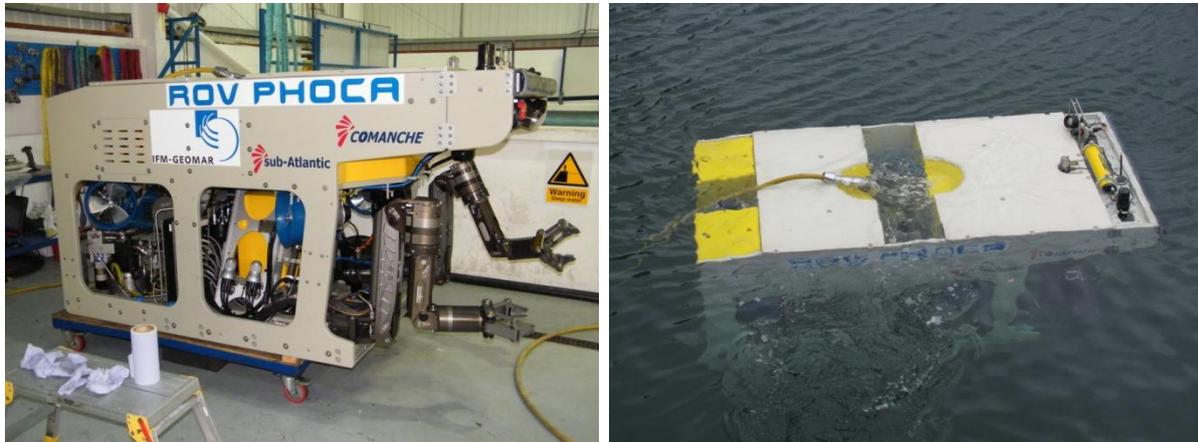


Abb. 15: links: Das ROV PHOCA bei der Abnahme; rechts: Beim Test im Eckernförder Hafen.

Die Steuerung von PHOCA erfolgt aus einem eigenen Container (Abb. 16). Der Container enthält sowohl die für die Steuerung und Datenaufzeichnung notwendigen Rechner als auch die Hochspannungsversorgung.



Abb. 16: links: der Steuercontainer; rechts: das Bedienpult mit Monitoren.

Sowohl bei der Winde als auch bei der Beschaffung des Kabels wurde auf die Erfahrungen aus dem Betrieb des anderen Tauchroboters am IFM-GEOMAR zurückgegriffen. Die Winde wurde bei der Firma Hatlappa bestellt. Dieser Lieferant konnte eine neue Winde konstruieren, die zum einen dem geringen Platzangebot auf den Forschungsschiffen ALKOR/HEINKE und POSEIDON gerecht wird und zum anderen eine maximale Kabellänge von 2700m erlaubt. Die Winde (Abb. 17) steht auf einem Rahmen, der an Deck der Schiffe verschraubt wird. Je nach räumlichen Gegebenheiten an Bord kann der Schaltkasten an anderer Stelle montiert werden. Der Transport wird zusammen mit dem ROV in einem zweiten Container erfolgen.

Das Kabel (Abb. 17) wurde nach den gleichen Vorgaben, wie bei dem ROV KIEL 6000 bei den Norddeutschen Seekabelwerken (NSW) beschafft, die Konstruktion hat sich inzwischen in nahezu 150 Einsätzen bewährt. Sie besteht aus einem Stahlmantel mit drei Lagen Stahldraht (Nr. 5 u. 6 in Abb. 17 rechts) und darin, verpackt in einer Schutzhülle (Nr. 4) die optischen (Nr. 2) und elektrischen (Nr. 1) Leiter sowie der Rückleiter (Erdung, Nr. 4)..

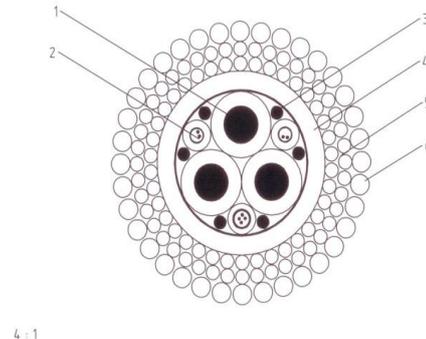


Abb. 17: links: die Winde für das ROV PHOCA; rechts: Aufbau des Versorgungskabels (Querschnitt).

Die Vorrichtung zum Absetzen und Aufnehmen des ROVs, das sog. launch and recovery System (LARS, Abb. 18) wurde analog dem bewährten System des großen ROVs konstruiert. Ziel der Neukonstruktion war neben der Funktion auch das Gewicht so niedrig wie möglich zu halten, um den Einsatz von Bord der kleinen Forschungsschiffe zu ermöglichen. Den Auftrag erhielt die Firma K.U.M, die die Ausführung des LARS in Aluminium vornahm. Neben der Frage nach der Minimierung des Gewichtes war auch die Kompatibilität mit den Vorrichtungen, die bereits auf den großen Forschungsschiffen vorhanden sind, zu berücksichtigen. Die Aufnahme des LARS der beiden deutschen großen ROVs ist für alle großen deutschen Forschungsschiffe angepasst, das LARS von PHOCA ist mit einem Adapter ebenfalls von den großen Forschungsschiffen aus einsetzbar.



Abb. 18: Das LARS kurz vor der Fertigstellung.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

- 1x ROV und Steuercontainer (Fa. Sub-Atlantic)
- 1x Winde mit Kabel (Fa. Hatlappa, Fa. NSW)
- 1x Launch and Recovery System (Fa. K.U.M.)

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleistet Arbeit

Das ROV PHOCA ist integraler Bestandteil des MoLab Systems. Alle Teile wurden käuflich erworben. Die Expertise des IFM-GEOMAR ROV Team (KIEL 6000) war Voraussetzung für die reibungslose Beschaffung und die Konfiguration der Systemkomponenten von PHOCA, besonders auch unter dem Aspekt der Vergleichbarkeit von Systemkomponenten mit dem ROV Kiel 6000. Mit dem IFM-GEOMAR ROV Team stehen ferner ausgebildete Piloten und Techniker für den Einsatz von PHOCA zur Verfügung.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Work Class ROVs sind eine Grundvoraussetzung für gezielte Arbeiten in der Tiefsee. Sie repräsentieren die Augen und Arme des Wissenschaftlers. Der Arbeitsbereich umfasst ein weites Spektrum und kann durch weitere Systemkomponenten am ROV je nach wissenschaftlicher Fragestellung erweitert werden. Neben den spezifischen Aufgaben als Systemkomponente von MoLab, ist das mittelgroße ROV als eine bedeutende Erweiterung des Portfolios von Tiefseefahrzeugen für die gesamte deutsche Meeresforschung zu betrachten. Gerade die Möglichkeit PHOCA von mittelgroßen Forschungsschiffen von der Größe der POSEIDON einzusetzen gestattet neue und flexiblere Einsatzmöglichkeiten, die mit den großen Systemen KIEL 6000 und Quest (Marum, Bremen) schon aus Raumkapazitätsgründen der mittleren Forschungsschiffe nicht durchgeführt werden können.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen.

Das ROV PHOCA wurde als Gesamtsystem vom Hersteller Sub-Atlantic erworben. Es gehört in seiner Größenklasse zu den weltweit führenden Produkten.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Der Einsatz von PHOCA ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz der Peripheriegeräte von MoLab sowie der ECM- Module. Es dient zugleich als universelles Arbeitsgerät für eine Vielzahl von wissenschaftlichen Einsätzen am Meeresboden und ist daher nicht als Einzelsystem publizierbar.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN ---	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel MoLab. Ein modulares multidisziplinäres Meeresboden-Observatorium.	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Pfannkuche, Olaf Linke, Peter Abegg, Fritz Dullo, Wolf-Christian Flögel, Sascha Karstensen, Johannes	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31. 12. 2010 6. Veröffentlichungsdatum 30. Nov. 2011 7. Form der Publikation Abschlussbericht (Eigenverlag)
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Germany	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ---- 10. Förderkennzeichen 03F0624I 11. Seitenzahl 33
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 12 14. Tabellen ---- 15. Abbildungen 18
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projektträger Jülich, Geschäftsbereich MGS, Forschungszentrum Jülich GmbH Seestraße 15, 18119 Rostock, 30. Nov. 2011	
18. Kurzfassung Forschung zum globalen Wandel und der nachhaltiger Nutzung mariner Ressourcen erfordert neue wissenschaftliche und technische Konzepte, die eine synoptische, räumlich und zeitlich kohärente Erfassung relevanter Umweltparameter voraussetzen. Als innovativen technischen Beitrag wurde ein modulares multidisziplinäres 4D-Langzeitobservatorium (MoLab) konzipiert und beschafft. MoLab dient der Untersuchung physikalischer und biogeochemischer Prozesse im Bereich des Meeresbodens und der bodennahen Wasserschicht. Das modular aufgebaute MoLab-System ermöglicht uns, die technologischen Herausforderungen für eine hochaufgelöste Untersuchung komplexer biologischer, physikalischer, chemischer und geologischer Prozesse und deren Wechselwirkungen im mesoskaligen Bereich räumlich und zeitlich synchronisiert anzunehmen. MoLab besteht aus einem Verbund von Gerätemodulen, die flexibel, je nach vorliegenden wissenschaftlichen Anforderungen, zusammengestellt werden können. Zu den MoLab-Gerätemodulen gehören Lander unterschiedlicher Ausstattung und Größe sowie ozeanographische Verankerungen, die alle eine identische Basis-Sensorik besitzen. Die Besonderheit von MoLab ist die akustische Verbindung der einzelnen Module und Sensorpakete. Das Herzstück von MoLab bildet ein zentrales Kommunikationsmodul, typischerweise in eine Verankerung integriert, welches mit allen anderen Geräten im Messfeld über eine akustische Telemetrie verbunden ist. Somit wird erstmalig ein synchronisierter und kohärenter Datensatz generiert. Mit dem MoLab-Baukastenkonzept können Prozess-Studien auf sehr unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen (in 4D) synchron durchgeführt werden und damit gegenüber den gängigen Einzelmessungen ein umfassenderes Prozessverständnis als Basis für eine übergeordnete Modellierung des Gesamtsystems erlangt werden.	
19. Schlagwörter Tiefseeforschung, Tiefseetechnik, multidisziplinäre Observatorien, 4-D Datenerfassung,	
20. Verlag IFM-GEOMAR, Projektkoordinator	21. Preis ----

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication)
3. title MoLab. A modular multi-disciplinary sea floor observatory.	
4. author(s) (family name, first name(s)) Pfannkuche, Olaf Linke, Peter Abegg, Fritz Dullo, Wolf-Christian Flögel, Sascha Karstensen, Johannes	5. end of project 31. 12. 2010 6. publication date 30. Nov. 2011 7. form of publication Final Report
8. performing organization(s) (name, address) Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Germany	9. originator's report no. ----- 10. reference no. 03F0624I 11. no. of pages 33
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 12 14. no. of tables --- 15. no. of figures 18
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Projektträger Jülich, Geschäftsbereich MGS, Forschungszentrum Jülich GmbH Seestraße 15, 18119 Rostock, 30: Nov. 2011	
18. abstract <p>Research on global change and sustainable use of marine resources requires new scientific and technological concepts based on a synoptic, spatial and time synchronized measurement of key environmental parameters. A modular multidisciplinary 4D-long-term observatory (MoLab) as contribution to this complex was designed and purchased. MoLab measures physical and biogeochemical processes in the benthic boundary layer. The modular MoLab system enables us to take up the technological challenge for highly resolved spatially and timely synchronized measurements of the complex interactions of biological, physical, chemical and geological processes in meso-scale dimensions. Molab comprises of an array of individual modules which can be arranged and composed in a flexible response to the scientific mission.</p> <p>The MoLab array is composed of several lander systems of different size and equipment and of oceanographic moorings. All modules carry an identical basic sensor package. The specific feature of the MoLab system is the acoustic interconnection of the modules and sensor packages. The MoLab hart core is a central communication modul, typically integrated into a mooring, which is connected to all modules of the MoLab array via an acoustic telemetry system. This is the basis for a coherent and timely synchronized data measurement.</p> <p>The MoLab modular concept enables us to carry out varying process studies on varying spatial and time scales in synchronized 4D-observations. This concept will lead to a more comprehensive understanding of processes as a basis for an overriding modeling in contrast to results based on the still prevailing individual snapshot observations.</p>	
19. keywords Deep sea research, deep sea technology, multidisciplinary ocean observation, 4-D data measurement	
20. publisher IFM-GEOMAR, Project coordinator	21. price ----