

Abschlußbericht zu dem Vorhaben KASANDRA

Zuwendungsempfänger: GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Vorhabensbezeichnung: Die Dynamik der ozeanischen Spurenstoffe im Erdsystem von den Quellen bis zu den marinen Senken und deren Einfluss auf das Klimageschehen der Erde (**KASANDRA**)

Förderkennzeichen: 03F0678I, KASANDRA

Laufzeit des Vorhabens: 1.9.2013 – 31.8.2014

I. Kurze Darstellungen zu:

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung des Zentrums und des Programms „OCEANS“ ist es, die komplexe chemische Dynamik des Meerwassers, dessen Wechselwirkungen mit der Atmosphäre, sowie der terrestrischen und marinen Lithosphäre zu untersuchen, um so Informationen für das Verständnis der Klimaentwicklung auf historischen und geologischen Zeitskalen, für die Veränderlichkeit der marinen Primärproduktion als auch für die Bildung submariner Lagerstätten zu gewinnen. Um diese Prozesse zu verstehen und für die Vergangenheit aufzuklären, müssen die Konzentrationen der Elemente, deren Verhältnisse und die dazugehörigen traditionellen und nicht-traditionellen Isotopenverhältnisse zusammen mit den korrespondierenden Altern so präzise wie möglich bestimmt werden. Letzteres ist nur durch den Einsatz von innovativen Plasma- (MC-ICP-MS) und Thermionen-Massenspektrometern (TIMS) der neuesten Generation in Verbindung mit der Laser-Ablations- und Doppelspike-Methode möglich. Die so gewonnenen Daten eröffnen vollkommen neue Möglichkeiten, gesellschaftlich relevante und strategische Fragestellungen im Hinblick auf Klimawandel (z.B. Ozeanversauerung) und Rohstoffversorgung (z.B. Seltene Erden) zu beantworten. Das Ziel des Vorhabens ist es, ein TIMS und ein MC-ICP-MS-Gerät anzuschaffen, um die vorgesehenen wissenschaftlichen Arbeiten im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ des BMBF durchführen zu können.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die äußeren Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens waren hervorragend und haben zum Gelingen des Projektes entscheidend beigetragen. Hinsichtlich der notwendigen Infrastruktur hat GEOMAR enorme bauliche Veränderungen im Laborbereich durchgeführt, um die technischen Voraussetzungen für das Aufstellen der Geräte zu gewährleisten. Dies betrifft insbesondere das neu aufzustellende MC-ICP-MS. Hier wurden neue Lüftungsanschlüsse generiert sowie eine technisch anspruchsvolle Ammoniakversorgung realisiert. Insbesondere letztere Maßnahme gewährleistet die nasschemische Messung von Bor-Isotopen und anderen volatilen Isotopensystemen.

Im Hinblick auf die personelle Ausstattung wurden ein weiterer Wissenschaftler (Marcus Gutjahr) und ein Techniker (Tyler Goepfert) angestellt, um die Maschine zu betreiben und methodisch weiter zu entwickeln.

3. Planung und Ablauf des Projektes:

Nr.	Chronologischer Ablauf	Datum
1.	Bewilligung des Vorhabens	01.09.2013
2.	Erstellung der Vergabeunterlagen/Leistungsverzeichnis abgeschlossen	20.09.2013

3.	Versand	20.09.2013
4.	Öffnen und Prüfung der Vollständigkeit der Angebote	18.11.2013
5.	Zuschlagserteilung	06.12.2013
6.	Einleitung der Umbaumaßnahmen in Gebäude 8E	
7.	Lieferung TIMS und MC-ICP-MS	28.03.2014
	Beginn der Umbaumaßnahmen	Nov.'2014
8.	Beendigung der Umbaumaßnahmen in Gebäude 8E	05.03.2015
	Installation TIMS beendet	03.12.2014
	Installation MC-ICP-MS bzw. finale Abnahme TIMS	23.03.2015
9.	Voraussichtliche technische Abnahme MC-ICP-MS	April'2014
10.	Beginn Routinebetrieb und Forschungsarbeiten	Mai'2015

4. Kurze Darstellung zu wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde

Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden:

Keine Angaben hierzu, da es sich bei dem Vorhaben um die Beschaffung zweier Massenspektrometer handelt, die im Rahmen der Forschung analytische Aufgaben zur Bestimmung von Spurenelement- und Isotopenverhältnissen erfüllen sollen.

Angaben der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste:

Keine Angaben hierzu, da für diese Vorhaben nicht relevant!

5. Kurze Darstellung zu Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Keine Angaben hierzu, da für diese Vorhaben nicht relevant!

II. Eingehende Darstellung:

1. Eingehende Darstellung der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der Ergebnisse

Die jetzt zu installierenden und in Betrieb zu nehmenden Geräte stehen im Einklang mit dem Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)“ des BMBF in den Aktionsfeldern „Erdsystem und Geotechnologien“, „Klima und Energien“ und „Nachhaltiges Wirtschaften und Ressourcen“. Im Hinblick auf die Erdsystemforschung und der Geotechnologien werden wir mit den neu anzuschaffenden Geräten neue Methoden und Isotopentechniken zur Rekonstruktion vergangener Klima- und der damit im Zusammenhang stehenden Meeresspiegelschwankungen entwickeln. Darüber hinaus werden uns die neuen Instrumente in die Lage versetzen, detaillierte Informationen über die Frequenz von Vulkanausbrüchen, wie z. B. den des Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 zu gewinnen, der den Flugverkehr massiv gefährdete und über Tage lahmlegte. Im Hinblick auf die Klimaforschung im FONA Rahmenprogramm werden uns die neuen Instrumente in die Lage versetzen, mittels hochauflösender Bestimmung der Bor-Isotopenverhältnisse ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$) in marinen Karbonaten die pH-Schwankungen des Meerwassers auf kurzen und langen Zeitskalen zu rekonstruieren bzw. zu bestimmen. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Klimaforschung, da damit Aussagen über Auswirkungen erhöhter CO_2 -Konzentrationen in der heutigen Atmosphäre sowie in der Atmosphäre der Vergangenheit möglich sind. Im Hinblick auf die Ressourcenforschung innerhalb von FONA werden wir die Konzentrationen von Seltenen Erden und anderen Metallen in den

Manganknollenfeldern des deutschen Lizenzgebietes und deren steuernde Faktoren bestimmen, um damit einen Beitrag zur Quantifizierung des vorhandenen Rohstoffpotentials zu leisten.

Ein weiteres technisch/wissenschaftliches Arbeitsziel des Vorhabens war es, die Isotopenzusammensetzungen von radiogenen (Sr, Nd, etc.), radioaktiven (U, Th, etc.) und stabilen Elementen (Fe, Zn, B, Ca, etc.) in biogenen Karbonaten (Warm- und Kaltwasserkorallen, planktische/benthische Foraminiferen, Bryozoen, Baryte) zu messen, da diese wichtige Indikatoren (Proxies) für die Zusammensetzung des heutigen Meeres und des Meeres der Vergangenheit sind. So erlaubt z. B. die Messung der B-Isotopie in fossilen marinen Karbonaten die Rekonstruktion des marinen Säuregrades in der Vergangenheit und trägt somit zu einem Verständnis der heutigen und vergangenen Ozeanversauerung und der CO₂-Konzentration in der Vergangenheit bei.

Ein weiteres langfristiges Ziel ist es, isotopische Untersuchungen von gelösten und partikulären Spurenmetallen und Elementen und deren stabile Isotopenverhältnisse im Meerwasser (z.B. Fe, Si, etc.) durchzuführen, da diese Informationen über die biologische Aktivität und deren räumliche Verteilung im Meerwasser liefern. Diese Messungen werden durch die Messungen radiogener Isotopenverhältnisse (z.B. Nd, Pb, Hf, etc.) ergänzt, da diese Informationen über die physikalische Herkunft und Mischung von Wassermassen liefern¹. Die geochemische Modellierung der Messergebnisse erlaubt dann quantitative Rückschlüsse auf die Nährstoffverteilung, die marine Primärproduktion² und die Respiration des produzierten organischen Materials beispielsweise in Sauerstoffminimumzonen.

Ein weiteres Arbeitsziel ist es, präzise Bestimmungen radiogener Isotopenverhältnisse (Sr, Nd, Pb, Hf) an magmatischen Gesteinen der Ozeankruste einschließlich seiner Alterationsprodukte und hydrothermalen Ablagerungen sowie an Ascheablagerungen der aufliegenden Sedimentsäule durchzuführen. Diese Isotopenbestimmungen sind von großer Bedeutung für das Verständnis von 1) submarinen Vulkanismus und der damit verbundenen Bildung polymetallischer Lagerstätten (siehe unten), 2) Umwandlung der magmatischen Ozeankruste durch Alteration und das damit verbundene geochemische Signal auf Subduktionszonenvulkanismus sowie 3) Häufigkeit und Quellen explosiver Vulkaneruptionen.

Ein im Hinblick auf die Rohstoffversorgung wichtiges Arbeitsziel gilt der Erforschung submariner polymetallischer Lagerstätten. Mittels Isotopenuntersuchungen soll die Zusammensetzung der hydrothermalen Gesteine und Erze an den mittelozeanischen Rücken, deren zeitliche Genese und Migrationspfade der chemischen Komponenten durch die Lithosphäre rekonstruiert werden, um Informationen über die Volumen und die metallische Zusammensetzung hydrothermalen Ablagerungen zu bekommen. Im Hinblick auf den möglichen Abbau der Mn/Fe-Knollen im deutschen Lizenzgebiet des nord-westlichen Pazifiks gilt es u. a. mittels der Isotopenzusammensetzung der U- und Th-Isotope, die Wachstumsraten und damit das Alter und die Genese dieser Konkretionen zu bestimmen, um optimierte submarine Abbaufverfahren entwickeln zu können. Dies liefert wichtige Informationen zum Verständnis des Chemismus und der Zusammensetzung wirtschaftlich wichtiger Elemente auch im Hinblick auf das Vorkommen der Elemente der Seltenen Erden, deren Verfügbarkeit momentan im Zentrum zahlreicher strategischer Überlegungen steht.

2. Eingehende Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises:

Die im zahlenmäßigen Verwendungsnachweis abgerechneten Kosten in Höhe von 1.116.519,88 € beinhalten die bisher für die bewilligten Anlagen gezahlten Beträge. Die für das MC-ICP-MS zu erwartende Abschlußrechnung in Höhe von 133.943,81 € wird die Gesamtkosten der reinen Anlagen

¹ Forschungen dieser Art werden im internationalen GEOTRACES Programm untersucht.

² Fragestellung im SFB 754 „Klima-biogeochemische Wechselwirkungen im tropischen Ozean“

auf voraussichtlich 1.250.463,69 € erhöhen. Die Auflistung der Positionen können Sie der beiliegenden Anlage 1 entnehmen.

Für die Installation sowie Inbetriebnahme der Anlagen waren zudem umfängliche Aus- und Umbaumaßnahmen des Gebäudes notwendig (Näheres hierzu siehe Ausführung Punkt II. 3.) Die Kosten für die Umbaumaßnahmen der Labore in Gebäude 8 am GEOMAR belaufen sich auf insgesamt 154.977,08 €. Genauere Informationen entnehmen Sie bitte der beiliegenden Tabelle (Anlage 1).

3. Eingehende Darstellung der Notwendigkeit und der Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Um die weitere Verzögerung der Inbetriebnahme des Massenspektrometers zu vermeiden wurde eine Ausführungszeit über den Jahreswechsel mit der Angebotseinholung vorgesehen. Eine Steigerung der Kosten durch die geforderte Bauzeit blieb in der vorangegangenen, ursprünglichen Kostenschätzung unberücksichtigt.

Aufgrund der zum Zeitpunkt der Ausschreibung angespannten Marktlage wurde für die Gewerke RLT und GWA nur je ein Angebot abgegeben. Die Ausschreibungsergebnisse brachten eine Kostensteigerung von ca. 34 % im Vergleich zur Kostenschätzung.

Mit dem Versetzten des Gasflaschenschanks wurde die zusätzliche Installation einer Sicherheitsabluftanlage erforderlich. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus dem aktuellen Stand und den Regeln der Technik. Aufgrund der vorgefundenen örtlichen Gegebenheiten mussten besondere brandschutztechnische Anforderungen bei der Ausführung der Abluftleitungen eingehalten werden.

Den sicherheitstechnischen Vorgaben entsprechend wurde die Gasüberwachung und Alarmierung für den Laborbereich ausgeweitet um der Gefahr für Leib und Leben der Mitarbeiter entgegenzuwirken.

Für die Nutzung des neuen Gerätes erfolgte eine umfangreiche Anpassung der Klimakassettendecke um eine gleichmäßige Raumklimatisierung zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang wurde auch die Anpassung der Deckenbeleuchtung, sowie die Anpassung und Erweiterung der Elektrounterverteilung erforderlich.

4. Eingehende Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das Vorhaben KASANDRA ist im Bereich der Grundlagenforschung anzusiedeln, da hier natürliche Phänomene und deren Grundlagen mittels hoch-präziser Spurenmetall- und Isotopenmessungen untersucht werden. Die im Rahmen des KASANDRA-Projektes angeschafften Geräte dienen im Wesentlichen dazu, die Konkurrenzfähigkeit des GEOMAR im Hinblick auf die Spurenmetall- und Isotopenforschung im internationalen Rahmen zu stärken und dessen Spitzenstellung in diesem Bereich zu halten. Letzteres wurde explizit in der Begutachtung des OCEANS-Programmes bei der Evaluierung in 2013 bestätigt. Eine wirtschaftliche Umsetzung von Ergebnissen aus dem KASANDRA-Vorhaben ist primär nicht vorgesehen. Gleichwohl haben einige an den Geräten zu messenden Isotopensysteme, wie z. B. das Ca, Mg und Sr-Isotopensystem das Potential zur Verwendung in der Medizin, der Pharmazie und neben der Biologie vor allem in den Lebenswissenschaften. Entsprechende Forschungsvorhaben sind unter Verwendung der Instrumente der Helmholtz-Gemeinschaft vorgesehen. In zunehmendem Maße finden präzise Spurenmetall- und Isotopenmessungen Anwendung in verschiedenen Bereichen der Medizin, Pharmazie, Ernährungswissenschaften und der Lebenswissenschaften. Mit dem KASANDRA-Projekt können zukünftig auch anwendungsbezogene Aspekte der Spurenmetall- und Isotopenforschung am GEOMAR verstärkt bearbeitet werden,

Die personellen und logistischen Voraussetzungen der ambitionierten Ziele sind ideal, da GEOMAR über eine kritische Masse an technisch-wissenschaftlicher Expertise verfügt, welche die Erfolgsaussichten für die Umsetzung der Arbeitsziele innerhalb der Laufzeit des Vorhabens und darüber hinaus sehr hoch erscheinen lassen. Der weitere Ausbau der Kapazitäten und die Etablierung neuester Methoden und Techniken folgen dem unten dargestellten Arbeitsplan. Die wissenschaftlichen Arbeiten werden erst nach Abschluss des vorliegenden Projektes beginnen:

Tab. 1: Zeit und Arbeitsplan für die Durchführung des KASANDRA-Projektes (1.9.2013 – 31.08.2014) und perspektivischer Aktivitäten

	1. Jahr Projektlaufdauer				2. Jahr perspektivisch				3. Jahr perspektivisch			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Installation des TIMS ; erreichen der Spezifikationen, technische Abnahme des Gerätes												
Installation des MC-ICP-MS ; Erreichen der Spezifikationen, technische Abnahme des Gerätes												
Erste Test-Messungen, System-Optimierung für TIMS und MC-ICP-MS												
Beginn der wissenschaftlichen Arbeiten												

Im Hinblick auf die Erdsystemforschung, des Geotechnologien- und des FONAs-Programms werden wir im Anschluss an das Vorhaben mit den neuen Geräten innovative Methoden und Isotopentechniken zur Rekonstruktion vergangener Klima- und der damit im Zusammenhang stehenden Meeresspiegelschwankungen entwickeln.

Darüber hinaus werden uns die neuen Instrumente zukünftig in die Lage versetzen, detaillierte Informationen über die Frequenz von Vulkanausbrüchen, wie den des Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 zu gewinnen, der den Flugverkehr massiv gefährdete und über Tage lahmlegte.

Im Hinblick auf die Klimaforschung im FONAs-Rahmenprogramm werden uns die neuen Instrumente in die Lage versetzen, mittels hochauflösender Bestimmung der B-Isotopenverhältnisse (¹¹B/¹⁰B) in marinen Karbonaten die pH-Schwankungen des Meerwassers auf kurzen und langen Zeitskalen zu rekonstruieren bzw. zu bestimmen. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Klimaforschung, da damit Aussagen über Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen in der heutigen Atmosphäre sowie in der Atmosphäre der Vergangenheit möglich sind.

5. Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Durchführung des Vorhabens sind uns keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden!

6. Eingehende Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11

Eine Veröffentlichung der an den beiden im Rahmen des KASANDRA-Vorhabens durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten ist vorgesehen. Die wissenschaftlichen Arbeiten orientieren sich dabei an dem durch das Zentrum vorgegebene Programm OCEANS und den forschungspolitischen Zielen des BMBF. Veröffentlichungen in diesem Sinne sind aber erst einige Zeit nach der Installation der Geräte und der spezifischen Forschungsarbeiten zu erwarten. Wir gehen hier von einem Zeitrahmen von mindestens einem Jahr nach der Geräteinstallation aus (siehe Tabelle 1).

III. Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das erfolgreich durchgeführte Vorhaben steht im Einklang mit dem Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)“ des BMBF in den Aktionsfeldern „*Erdsystem und Geotechnologien*“, „*Klima und Energien*“ und „*Nachhaltiges Wirtschaften und Ressourcen*“. Im Hinblick auf die Erdsystemforschung und Geotechnologien werden wir mit den installierten Geräten neue Methoden und Isotopentechniken zur Rekonstruktion vergangener Klima- und der damit im Zusammenhang stehenden Meeresspiegelschwankungen entwickeln. Darüber hinaus werden uns die neuen Instrumente in die Lage versetzen, detaillierte Informationen über die Frequenz von Vulkanausbrüchen, wie den des Eyjafjallajökull auf Island im Jahr 2010 zu gewinnen, der den Flugverkehr massiv gefährdete und über Tage lahmlegte. Im Hinblick auf die Klimaforschung im FONA Rahmenprogramm werden uns die neuen Instrumente in die Lage versetzen, mittels hochauflösender Bestimmung der Bor-Isotopenverhältnisse ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$) in marinen Karbonaten die pH-Schwankungen des Meerwassers auf kurzen und langen Zeitskalen zu rekonstruieren bzw. zu bestimmen. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Klimaforschung, da damit Aussagen über Auswirkungen erhöhter CO_2 -Konzentrationen in der heutigen Atmosphäre als auch in der Atmosphäre der Vergangenheit möglich sind. Im Hinblick auf die Ressourcenforschung innerhalb von FONA werden wir die Konzentrationen von Seltenen Erden und anderen Metallen in den Manganknollenfeldern des deutschen Lizenzgebietes und deren steuernde Faktoren bestimmen, um damit einen Beitrag zur Quantifizierung des vorhandenen Rohstoffpotentials zu leisten.

2. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Generell wird heute zwischen den sogenannten traditionellen Isotopensystemen, die mittels der klassischen TIMS aber auch der MC-ICP_MS Methode gemessen werden können, und den nicht-traditionellen Isotopensystemen, die ausschließlich mit der MC-ICP-MS Technik gemessen werden können, unterschieden. Gerade im Hinblick auf die im marinen Bereich so wichtigen Erdalkali-Isotopensysteme (Ca, Mg, Sr, Ba) werden durch die Anwendung der neuen „TIMS-Doppelspike“ und „MC-ICP-MS“ Technik an den beiden zu installierenden Geräten große wissenschaftliche Erfolge erzielt werden, aufbauend auf unsere früheren Arbeiten (BLANCHON et al., 2009; FIETZKE and EISENHAUER, 2006a; GUSSONE et al., 2003; HEUSER and EISENHAUER, 2010).

Hinsichtlich der Anwendung bei der Isotopenmessung werden sich in Zukunft beide Geräte sinnvoll ergänzen. Generell liefert die TIMS-Technik bei den traditionellen Isotopensystemen und kleinen Probenmengen in Verbindung mit der Doppelspike-Methode genauere Resultate als die MC-ICP-MS Technik. Weiterhin kann das Ca-Isotopenverhältnis, $^{44}\text{Ca}/^{40}\text{Ca}$ an einem TIMS-Gerät ohne Probleme unter Verwendung eines Ca-Doppelspikes gemessen werden. Während das gleiche Verhältnis an einer MC-ICP-MS-Maschine entweder gar nicht, aufgrund eines Isobareneffektes mit ^{40}Ar , oder nur mit einem sehr hohen Aufwand unter Verwendung der „cool plasma“-Technik (FIETZKE et al., 2004) gemessen werden kann. Umgekehrt entziehen sich Isotopensysteme mit weniger als drei (z.B. Mg) und weniger Isotopen (z.B. B) der Messung durch die TIMS-Technik (BULLEN and EISENHAUER, 2009), während die Messung von Mg- und B-Isotopenverhältnissen mittels der MC-ICP-MS-Technik und mittels der „Bracketing Standard“-Methode keine Probleme bereitet (FIETZKE and EISENHAUER, 2006b; WOMBACHER et al., 2009).

Aufgrund der gestiegenen Anforderung nach hoher räumlicher Auflösung ($\cong 10 \mu\text{m}$) in Kombination mit einer präzisen Isotopenmessung ($\sim <10 \text{ ppm}$) ist die Kopplung eines MC-ICP-MS

Massenspektrometers mit einer Laser-Ablations-Vorrichtung, wobei im Wesentlichen Excimer Laser mit einer Wellenlänge von 193 nm zum Einsatz kommen, zukünftig sinnvoll. Obwohl bisher nur ausgewählte Isotopensysteme (Cl, B, Sr) mittels Laser-Ablationstechnik gemessen werden können (FIETZKE et al., 2008a; FIETZKE et al., 2011; FIETZKE et al., 2008b), ist geplant weitere Isotopensysteme, insbesondere für die U und Th-Isotope, in Zukunft zu entwickeln (FIETZKE et al., 2005).

3. Die Fortschreibung des Verwertungsplans

3.1 Standortbezogene Verwertung und weitere Verwertungsmöglichkeiten

Mit Hilfe der im GEOMAR vorhandenen analytischen Möglichkeiten wurden Methoden und Techniken zur Bestimmung der Isotopenverhältnisse der Elemente Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Strontium (Sr) und Zink (Zn) entwickelt bzw. weiter entwickelt. Hier haben wir durch die technische Möglichkeit, alle Isotopensysteme simultan messen zu können, ein Alleinstellungsmerkmal erreicht. Diese Verfahren wurden bisher ausschließlich für geo-wissenschaftliche Forschungsarbeiten im Bereich der marinen Geochemie angewendet. Bei diesen Methoden handelt es sich aber um „Dual-Use“-Methoden, die auch in anderen Gebieten, insbesondere der Medizin und Medizintechnik Anwendung als diagnostisches Hilfsmittel zur Frühdiagnose von Krankheiten (u.a. Krebs und insbesondere Osteoporose), Organversagen (Nieren) sowie Mangel(Fehl)ernährung finden können. Isotopische Ansätze haben einen Vorteil gegenüber den traditionellen Methoden. Sie erlauben eine individuelle Medizin, eine präzise Diagnose und sind für den Patienten entweder nicht oder nur geringfügig invasiv. Für diese Art (Vorsorge und Frühdiagnose) Untersuchungen existiert ein großer Markt, der allein für Osteoporose auf mehrere Milliarden Euro geschätzt wird.

3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Es wird an eine weitere Evaluierung der „Dual-Use“-Bereiche im Rahmen der Validierungsverfahren der Helmholtz Gemeinschaft bzw. des BMBF gedacht, mit dem Fernziel einer Ausgründung im Rahmen eines „Start-up“-Unternehmens. Der Zeithorizont der geplanten Maßnahme soll drei Jahre nicht überschreiten.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Keine

5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Diese sind im Rahmen der unter Punkt 3. dargestellten Fortschreibungen des Verwertungsplans gegeben und erwünscht.

6. Die Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Aufgrund umfänglicher Aus- und Umbaumaßnahmen konnte der ursprüngliche Zeitplan nicht eingehalten werden. Dies liegt darin begründet, dass wir mit dem Vorhaben KASANDRA zum Teil technisch-wissenschaftliches Neuland betreten haben. So wurde z. B. eine Ammoniak-Düse in das MC-ICP-MS-Gerät eingebaut, um die technische Messbarkeit der Bor-Isotopenverhältnisse zu ermöglichen. Ammoniak ist aber ein gesundheitsschädliches und explosives Gas, so dass besondere Sicherheitsmaßnahmen und damit bauliche Veränderungen herbeigeführt werden mussten, um die Sicherheit unserer Mitarbeiter während des Forschungsbetriebs zu gewährleisten. Diese (haus)technisch komplizierten Umbauten haben den Zeitplan und somit den Beginn des Routine-Betriebs um ca. ein Jahr verzögert. Es sei hier aber betont, dass diese Verzögerung durch die geforderte Sicherheit alternativlos war und dem Wohle unserer Mitarbeiter geschuldet ist.