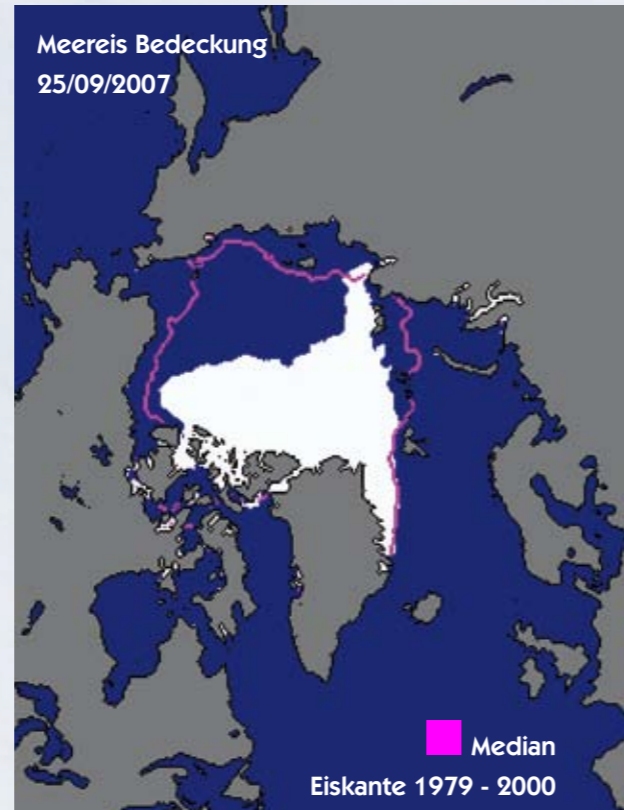


Ozean-Observatorien zur Erdsystembeobachtung in der Schlüsselregion **Atlantik-Arktis**



Ozeanobservatorien in der Schlüsselregion Atlantik-Arktis: eine Vision

Diese Broschüre bietet eine Vision für ein integriertes Netzwerk von Ozeanobservatorien in der Schlüsselregion Atlantik-Arktis. Der gesellschaftliche Bedarf dafür ist enorm, denn diese Region befindet sich in einem raschen Wandel mit Konsequenzen für unser Klima, die nachhaltige Nutzung und den Schutz des Ozeans und der Küstenregionen. Mit dieser Initiative möchte die deutsche Meeresforschung einen bedeutenden Beitrag zum besseren Verständnis des Wandels und seiner Folgen sowie für ein fundiertes menschliches Handeln in der Region liefern. Es ist das Ziel des Konsortiums Deutsche Meeresforschung (KDM), diese Vision in den nächsten Jahren in enger Kooperation mit unseren europäischen und internationalen Partnern zur Umsetzung zu bringen.



Gesamtausdehnung = 4.2 Millionen km²

Zielsetzungen

- Beobachtung und Vorhersage des Wandels in der Schlüsselregion Atlantik-Arktis
- Verbesserte methodische Ansätze zur Erforschung und Visualisierung der Ozeanumwelt
- Untersuchung des Lebens im Meer und der Auswirkung des Wandels durch in Raum und Zeit hoch aufgelöste in situ Beobachtungen
- Beitrag zu nachhaltigen, umweltschonenden Offshore Explorations- und Operationstechnologien

Unterwasser-Technologien und Datendienste

Interaktive Meeresforschung

Die Ursachen und Konsequenzen der raschen Änderungen in der Region Nordatlantik-Arktis zu verstehen, ist eine enorme wissenschaftliche Herausforderung. Daher sind Ozeanobservatorien ein wesentlicher Bedarf der Erdsystemforschung. Die Nachfrage nach direkter Beobachtung, hoher zeitlicher Auflösung, interaktiven Messungen und experimenteller Analyse steigt ständig. Durch Tiefseekabel mit Breitband-Verbindungen ist die Versorgung mit Energie und der interaktive Datentransfer möglich geworden. Experimente und Beobachtungen in allen Wassertiefen können von Land aus gesteuert werden. Das nützt nicht nur der Grundlagenforschung, sondern eröffnet auch vollkommen neue Wege für die Meerestechnik, zum Beispiel bei der Entwicklung und Erprobung neuer Verfahren für Unterwasseroperationen unter realistischen Einsatzbedingungen. Sowohl das Bundesministerium für Bildung und Forschung wie auch die Europäische Kommission haben in den letzten Jahren Machbarkeitsstudien und internationale wissenschaftliche Netzwerke für die Entwicklung von Langzeit-Ozeanobservatorien gefördert. Diese Broschüre beschreibt nun den Bedarf und die Zukunftsperspektiven der deutschen Meeresforschung für neue Ansätze in der Meeresbeobachtung. Die Vision eines komplexen Ozeanbeobachtungssystems zur Erfassung kritischer Veränderungen in der Schlüsselregion Atlantik-Arktis wird vorgestellt. Aufbauend auf vorhandenen Messsystemen und Observatorien sollen neue spezifische modulare Messsysteme für unterschiedliche Fragestellungen eingesetzt und eine Vernetzung von Beobachtungen in der Atlantisch-Arktischen Region erreicht werden.

Technische Herausforderungen

- Echtzeitbeobachtung von ozeanischen Prozessen
- Zuverlässiger Einsatz von Unterwasserplattformen zum Aufbau und zur Wartung von Messgeräten
- Verbesserung des Langzeitverhaltens von Instrumenten und Sensoren
- Entwicklung effizienter Verfahren zur Verhinderung von Korrosion und Bewuchs
- Störungsfreier Betrieb der eingesetzten Systeme
- Interaktiver Zugriff auf alle Funktionen der Instrumente
- Austauschbarkeit von Messgeräten durch geeignete Standardisierung

Perspektiven

- Einbeziehung neuester Methoden aus den Bereichen Robotik, Nanotechnologie, und mariner Genomik
- Praxisnahe Untersuchungen mittels neuer Unterwassermessverfahren
- Echtzeitbeobachtung von ozeanischen Prozessen verknüpft mit georeferenzierten Informationsprodukten
- Nahtlose Integration von Forschungsdaten in das internationale Erdbeobachtungsnetzwerk GEO

Der Arktische Ozean im Wandel

äußere Einflüsse und Auswirkungen im Inneren

Die Erwärmung der arktischen Atmosphäre war in den vergangenen Dekaden doppelt so hoch wie im globalen Mittel. Modelle sagen voraus, dass dieser Trend anhalten wird. Im Wechselspiel zwischen Atlantik und Arktis überträgt der Ozean Veränderungen in die Arktis und beeinflusst damit die Meereisbildung über die Jahreszeiten hinaus. Die Atmosphäre zeigt eine vergleichbare Fernwirkung niedriger Breiten in die Arktis hinein. Zusammen regulieren und modulieren beide Beiträge die klimatischen Bedingungen in der Arktis, den gewaltigen Süßwasserzuström vom Festland sowie die Stoffkreisläufe im Ozean. Beobachtungen lokaler Variationen müssen daher mit Informationen über das globale Klimasystem gekoppelt werden. Im Ozean sind die erforderlichen Messreihen über mehrere Jahrzehnte in ausreichender räumlicher Abdeckung und Datenqualität noch nicht vorhanden. Ferner erschweren dekadische Schwankungen die Identifizierung von Trends über Klimazeiträume. Solche Analysen sind aber Voraussetzung, um die Folgen des Klimawandels für die Atlantisch-Arktische Region zu verstehen.

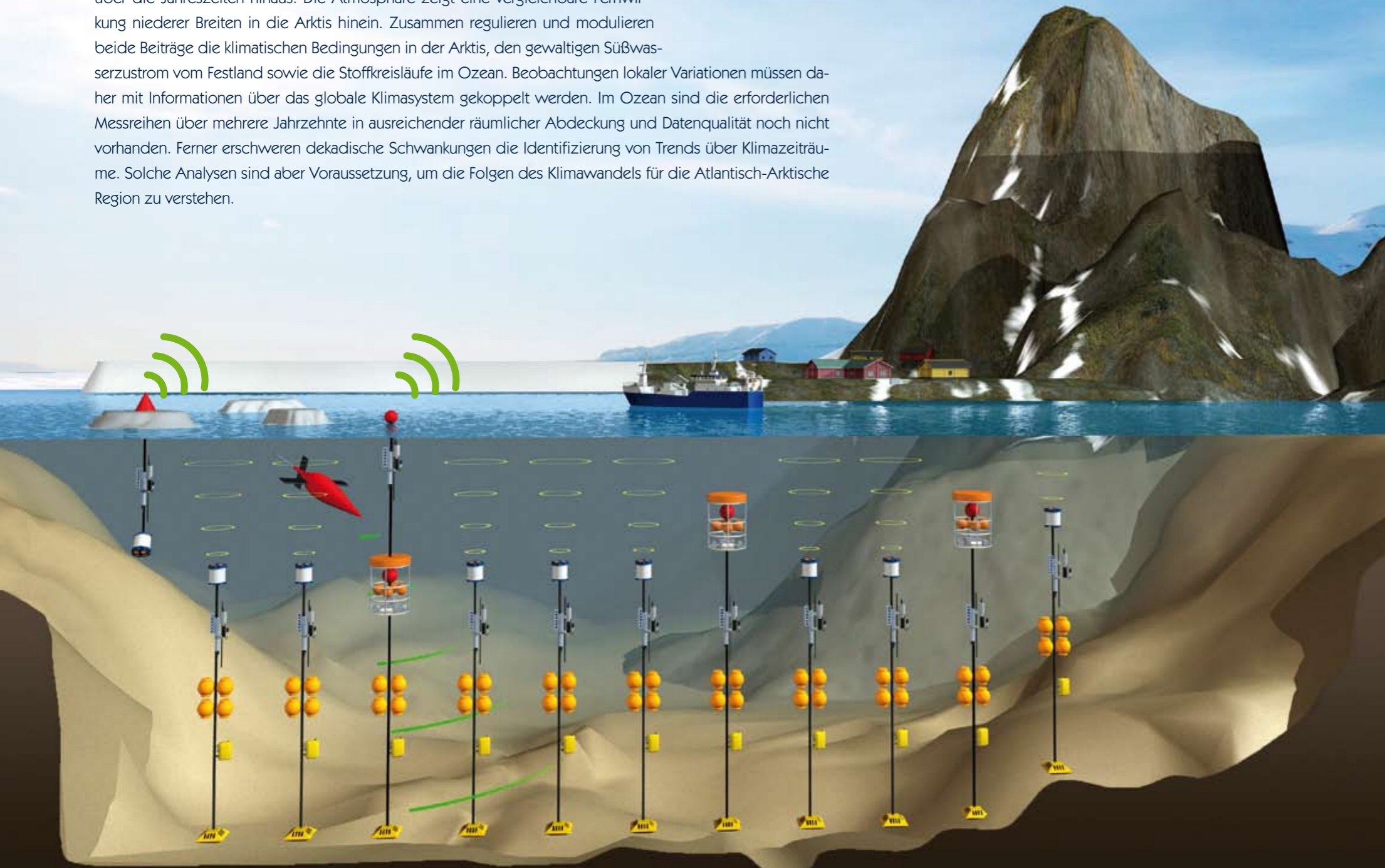


Wissenschaftliche Ziele

- Verständnis der Koppelungsprozesse zwischen atmosphärischen und ozeanischen Fluktuationen regional sowie für den gesamten Nordatlantik und Arktischen Ozean
- Erfassung in hoher zeitlicher Auflösung der Veränderung von Wassermasseigenschaften und -austausch in den Regionen Dänemarkstrasse, Labradorsee, Framstraße, Laptewsee
- Untersuchung von Veränderungen der Zirkulation in Arktis und Nordatlantik und ihrer Wechselwirkungen mit Süßwassereintrag und Meereisschwund

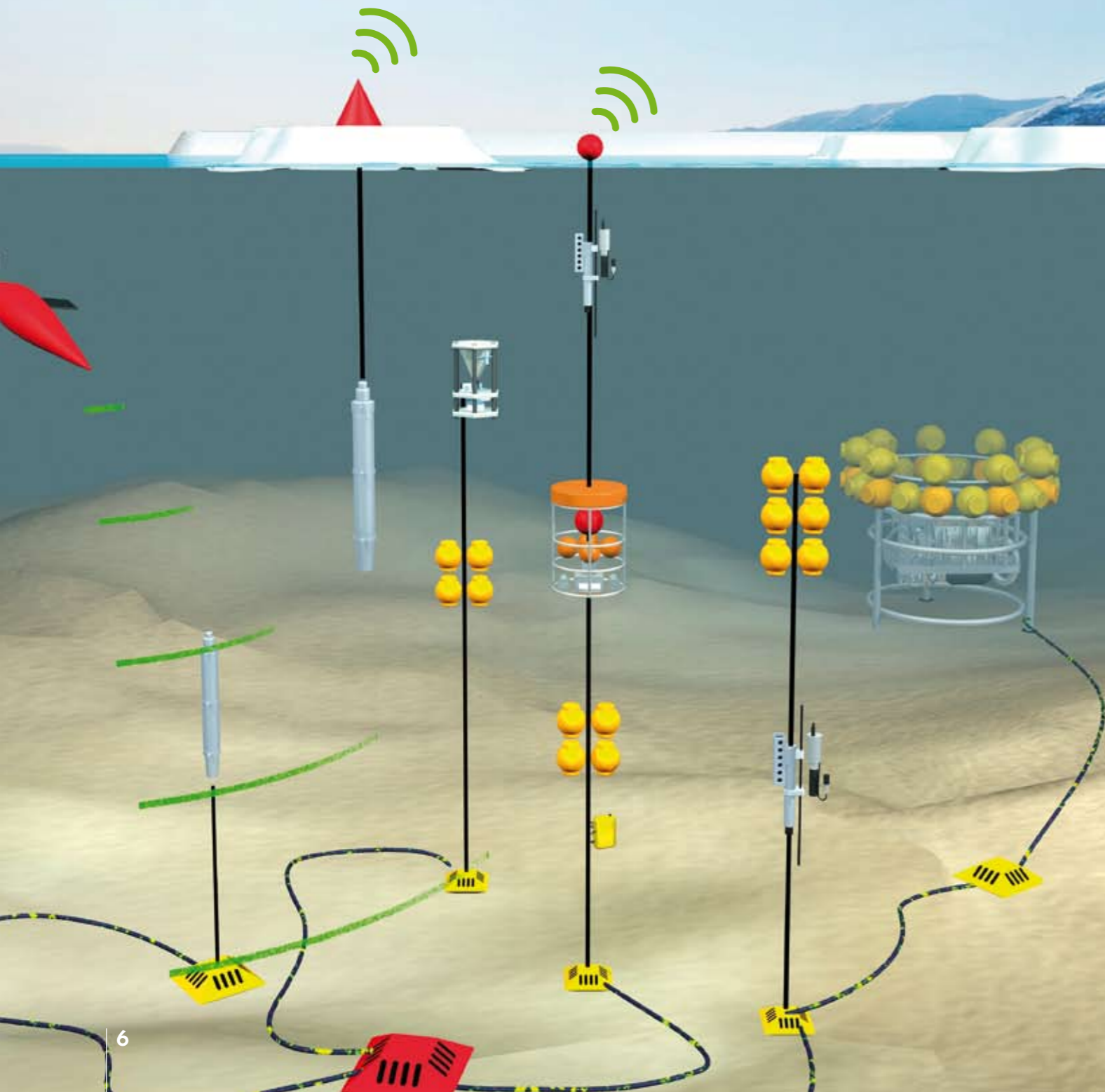
Technische Visionen

Um diese wissenschaftlichen Ziele zu erreichen muß ein Netzwerk autonomer Beobachtungsplattformen für den Nordatlantik und Arktischen Ozean entwickelt und implementiert werden. HAFOS (Hybrid Arctic Float Observing System) ermöglicht durch den kombinierten Einsatz von autonomen Messsystemen an festen Positionen (Verankerungen), in der freien Drift (eisgebundene Messplattformen, Driftsysteme) und auf kontrollierten Routen (Glider) die Erfassung des Wasseraustauschs zwischen Atlantik und Arktis und der hydrologischen Veränderungen im Inneren des Ozeans. Dazu müssen die einzelnen Komponenten vernetzt sein, was Kommunikationssysteme erfordert. Diese sollen durch Satellitenverbindungen, akustische Methoden und/oder durch Datenboten in Form von Glidern oder AUVs realisiert werden. Autonome Systeme in der Wassersäule müssen Andockstationen unter Wasser anlaufen können, um die längerfristige Energieversorgung und Datenübertragung zu ermöglichen. Eisbrechende Forschungsschiffe werden weiter benötigt, um die autonomen Netze zu erhalten und um Parameter zu erfassen, für die noch keine entsprechenden Sensoren bestehen. Diese Unterwassermessungen ergänzen die arktisweite Erfassung von Ozeanveränderungen über lange Zeitskalen und guter räumlicher Abdeckung mittels Satellitenfernerkundung. Insbesondere in der Arktis sind Messsysteme im Meer nötig, da die Eisbedeckung eine große Herausforderung für Beobachtung des Ozeans darstellt.



Biogeochemie des Arktischen Ozeans

Der klimatische Wandel wird zu markanten Veränderungen in den marinen Stoffkreisläufen des Arktischen Ozeans führen. So stellt die durch fortschreitende Aufnahme von anthropogenem CO_2 aus der Atmosphäre hervorgerufene Ozeanversauerung eine Veränderung im chemischen Milieu dar, die im Arktischen Ozean besonders stark ausfällt. Durch gleichzeitige Veränderungen der physikalischen Umwelt können verschiedene, derzeit nicht vorhersagbare Rückkopplungen die Folge sein. Marine Ökosysteme reagieren dabei nicht nur auf veränderte physikalische, chemische und biologische Rahmenbedingungen, sondern können diese selbst z.B. durch Änderungen in den Stoffkreisläufen verursachen. Diese komplexe Interaktion biogeochemischer Stoffkreisläufe mit dem physikalischen und biologischen System des Arktischen Ozeans erfordert einen innovativen, integrierten Beobachtungsansatz.



Wissenschaftliche Fragen

- Welchen Einfluss hat die abnehmende Eisbedeckung auf den Gasaustausch (CO_2 , O_2 , N_2O) zwischen Atmosphäre und Arktischem Ozean?
- Wie werden biogeochemische Stoffkreisläufe des Arktischen Ozeans durch Veränderungen in den marinen Ökosystemen beeinflusst, z.B. durch die Erwärmung und Versauerung des Arktischen Ozeans?
- Inwieweit lässt die Dynamik von Kohlenstoff, Sauerstoff und Nährstoffen im Oberflächenozean Rückschlüsse auf physikalische und biologische Antriebsfaktoren und deren Veränderung zu?

Technische Visionen

Die Beobachtungsstrategie für Veränderungen der biogeochemischen Stoffflüsse im Ozean fusst auf zwei unterschiedlichen Ansätzen:

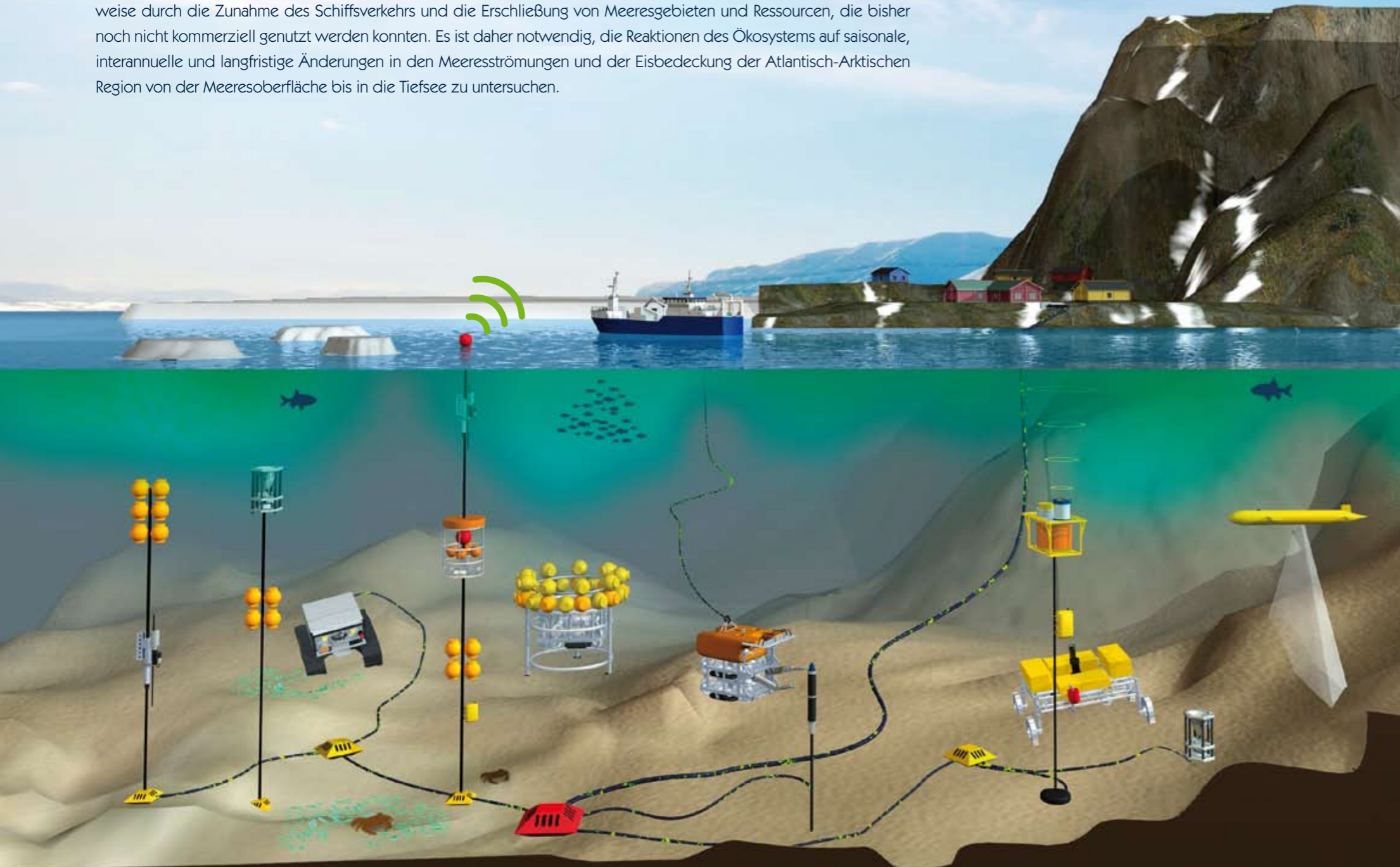
(I) Es werden oberflächennahe Beobachtungskomponenten für autonome Messungen eingesetzt, die neu entwickelte biogeochemische Sensorpakete (z.B. Temperatur, Salzgehalt, CO_2 , O_2 , Gesamtgasdruck, Chlorophyll, Nitrat) enthalten und die mittels verankerter Windensysteme zwischen einigen Hundert Metern Tiefe und der Ozeanoberfläche profilieren. Damit können Gradienten von Stoffverteilungen mit hoher Auflösung untersucht werden und so der Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre und die Dynamik der Stoffflüsse erfasst werden. Diese neue Funktionalität spielt eine wichtige Rolle im deutschen Beitrag zum internationalen und globalen „Integrated Carbon Observing System“. Die Untersuchungen zum „Atlantic-Arctic Gateway“ stehen im größeren atlantischen Kontext und werden durch Voluntary Ship Observations (VOS) und weitere Observatorien (zB Cap Verde Ocean Observatory - CVOO) ergänzt.

(II) Der zweite Ansatz nutzt das vorhandene „Hybrid Arctic Float Observing System“ (HAFOS), in dem driftende und andere mobile Plattformen zusätzlich für biogeochemische Messungen instrumentiert werden. Diese Kombination erlaubt ganzjährige Beobachtungen sowohl in eisbedeckten als auch in eisfreien Regionen.



Marine Ökosysteme der Arktis in rapidem Wandel

Der Arktische Ozean ist ganzjährig mit Meereis bedeckt, dessen Ausdehnung und Dicke starken saisonalen Schwankungen unterworfen sind. Seit den achtziger Jahren ist die sommerliche Ausdehnung des arktischen Meereises um 35 Prozent zurück gegangen. Der Schwund des mehrjährigen Meereises führt schon jetzt zum Artenverlust und zu Änderungen der Stoffkreisläufe im Arktischen Ozean. Die Verdrängung einheimischer Arten durch Einwanderer aus dem Atlantik und Verschiebungen in den arktischen Nahrungsnetzen sind bedeutende Konsequenzen der Veränderungen. Der prognostizierte weitere Rückgang der Meereisbedeckung wird zusätzliche Risiken für arktische Ökosysteme schaffen, beispielsweise durch die Zunahme des Schiffsverkehrs und die Erschließung von Meeresgebieten und Ressourcen, die bisher noch nicht kommerziell genutzt werden konnten. Es ist daher notwendig, die Reaktionen des Ökosystems auf saisonale, interannuelle und langfristige Änderungen in den Meeresströmungen und der Eisbedeckung der Atlantisch-Arktischen Region von der Meeresoberfläche bis in die Tiefsee zu untersuchen.



Wissenschaftliche Fragen

- Was sind die Konsequenzen des Meereisschwundes für die Ökosysteme der Nordhemisphäre einschließlich der arktischen Tiefsee?
- Wie wirken sich die Änderungen auf die biologische Kohlenstoff-Pumpe im Atlantik und der Arktis aus?
- Gibt es pelagische und benthische Indikatorarten für den Wandel der marinen Umwelt?
- Gibt es kritische Schwellenwerte bei Temperatur, Versauerung, Meereisbedeckung und Verschmutzung, deren Überschreitung eine massive Veränderung arktischer Lebensgemeinschaften auslöst?

Technische Visionen

In der Framstraße soll das FRAM Observatorium "Frontiers in Arctic Marine Monitoring" entstehen, das auf das vorhandene Observatorium „HAUSGARTEN“ aufbaut. Es liegt im Einflussbereich des Westspitzbergenstroms im Osten, von Ausläufern der Transpolar-Drift und des Ostgrönlandstrom im Westen. Das Observatorium besteht aus 17 Stationen in einem Ost-West-Transekt (Wassertiefen von 1000 - 5000 m) und einem Süd-Nord-Transekt entlang der 2500 m Tiefenlinie bis nahe 80° nördlicher Breite, von der eisfreien bis zur saisonal eisbedeckten Zone. FRAM soll aus modularen Instrumenten bestehen und an das norwegische Unterwasser-Kabelnetzwerk angeschlossen werden. Zu den technischen Visionen gehören benthische Crawler, die Sedimentproben sammeln, moderne Sinkstofffallen, sowie verschiedene optische, hydrographische und akustische Messstationen und ökologische Experimentalfelder.



Methan aus dem Meeresboden

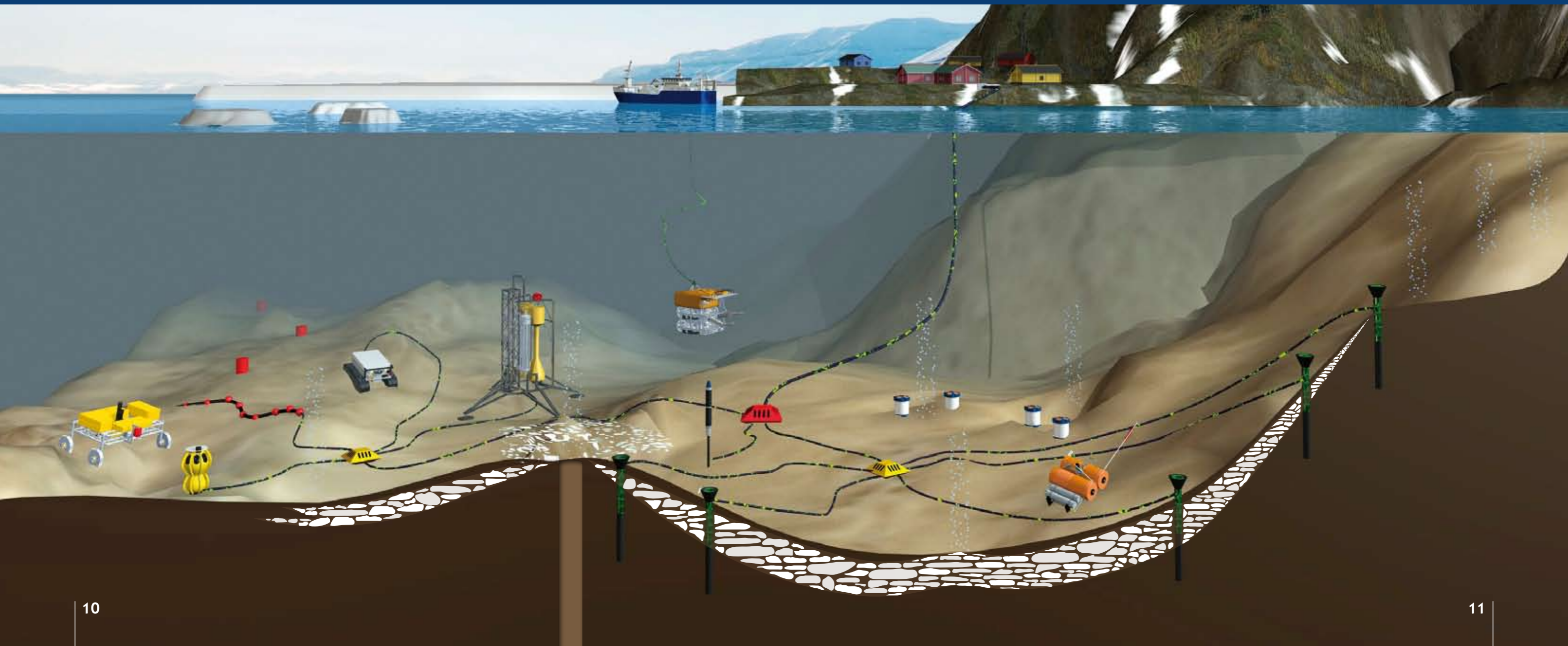
In arktischen Kontinentalrändern lagern große Mengen an Kohlenstoff in Form von Methanhydraten. Diese festen Verbindungen aus Methan und Wasser sind nur unter hohem Druck und bei niedrigen Temperaturen stabil. Aufgrund der Klimaerwärmung steht zu befürchten, dass sich ein Teil dieser Hydrate auflöst und das Methan freigesetzt wird. Abhängig von der Geschwindigkeit der Freisetzung ist es möglich, dass das Methan von Mikroorganismen verbraucht wird, oder aber als starkes Treibhausgas in die Atmosphäre gelangt. Da Methanhydrate den Meeresboden verfestigen, kann es bei ihrer Auflösung zu unterseeischen Hangrutschungen kommen. In der Framstraße westlich Spitzbergens gibt es Anzeichen, dass der Prozess der Hydratauflösung bereits im Gang ist. So werden vermehrt Gasaustritte am oberen Kontinentalhang beobachtet. Um die Beziehung der Verteilung und Auflösung von Methanhydraten zu Änderungen der Hydrographie oder anderen Parametern festzustellen, ist es notwendig, dieses komplexe System langfristig und kontinuierlich zu beobachten. Durch interdisziplinäre Forschung an Installationen auf dem Meeresboden und Bohrlochobservatorien (CORKS) lassen sich Vorhersagen treffen, wie sich die Methanhydratauflösung in Zukunft weiter entwickelt und was für Konsequenzen für die benthischen Ökosysteme, die Hangstabilität und das Erdsystem zu erwarten sind.

Wissenschaftliche Fragen

- Findet aufgrund des Klimawandels Methanhydratauflösung statt und wieviel?
- Gibt es einen zusätzlichen Methaneintrag und wie beeinflusst er die arktischen Ökosysteme?
- Gelangt Methan aus der Hydratauflösung in die Atmosphäre und ist dieser Prozess klimawirksam?
- Können Hangrutschungen ausgelöst werden und welches sind die ökologischen und ökonomischen Folgen?

Technische Visionen

Am westlichen Kontinentalrand Spitzbergens wurde eine Vielzahl von Gasaustritten am oberen Rand der Methanhydratstabilitätszone beobachtet. Hier soll zusätzlich zu einem schon vorhandenen autonomen System ein dauerhaftes Observatorium installiert werden. Die Verkabelung mit dem FRAM Observatorium und dem geplanten norwegischen Tiefseekabelnetz würde sowohl eine kontinuierliche Datenerfassung hydrographischer Daten erlauben als auch den Betrieb hydroakustischer Systeme zur Detektion von Gasblasen, von Seismometern und verschiedener geophysikalischer und chemischer Sensoren (CH_4 , pH). Bohrlochobservatorien (CORKS) sollen die Veränderungen in den oberen Sedimenten bis in eine Tiefe von bis zu 200 m erfassen.



KDM - Konsortium Deutsche Meeresforschung:

- Alfred Wegener Institut für Polar und Meeresforschung in der Helmholtz Gemeinschaft
- Center für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg
- Department Maritime Systeme Interdisziplinäre Fakultät, Universität Rostock
- Deutsches Meeresmuseum (DMM), Stralsund
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung
- Institut für die Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg
- Jacobs University Bremen
- Johann Heinrich von Thünen Institut, Aquatische Ressourcen, Hamburg, Rostock
- Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), Kiel
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung, Warnemünde
- Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie, Bremen
- MARUM Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen
- Max Planck Institut für Marine Mikrobiologie, Bremen
- Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg
- Senckenberg Forschungsinstitute und Naturmuseen, Frankfurt

Impressum:

Endredaktion: Susan Beddig, Antje Boetius (AWI), Sabine Lüdeling (Medieningenieure), Rolf Peinert (KDM)

Text & Bildquellen:

AWI: Antje Boetius, Eberhard Fahrbach, Michael Klages, Ursula Schauer, Thomas Soltwedel
IfM-Geomar: Christian Berndt, Arne Körtzinger, Sebastian Krastel, Olaf Pfannkuche
Jacobs University Bremen: Laurenz Thomsen,
KDM : Jan-Stefan Fritz, Rolf Peinert
MARUM Universität Bremen: Gerhard Bohrmann, Achim Kopf, Christoph Waldmann
Universität Hamburg: Detlef Stammer

Layout/3D-Grafik:

Titelbild: Sabine Lüdeling (Foto: shutterstock),
Seite 2 bis 13: Sabine Lüdeling, info@medieningenieure.de, www.medieningenieure.de

Frühjahr 2011



Konsortium Deutsche Meeresforschung
Markgrafenstraße 37
10117 Berlin

Tel.: 030 / 200 747 90
Fax: 030 / 200 747 92

www.deutsche-meeresforschung.de

KDM
Konsortium Deutsche Meeresforschung



Konsortium Deutsche Meeresforschung