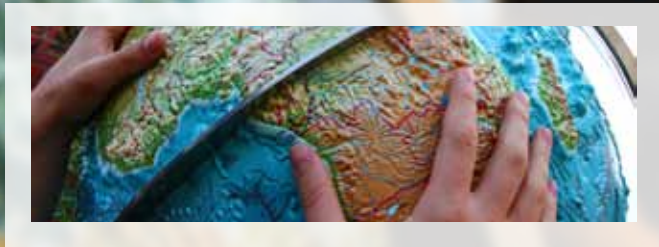


# Kinder- und Schüleruni Kiel 2012



**Technische Eingriffe  
ins Klima – wirksamer  
Schutz oder gefährlicher  
Größenwahn?**

Begleitheft zum Vortrag von  
Prof. Dr. Andreas Oschlies

Vortrag für Schülerinnen und Schüler von 12 bis 16 Jahren



## Technische Eingriffe ins Klima – wirksamer Schutz oder gefährlicher Größenwahn?

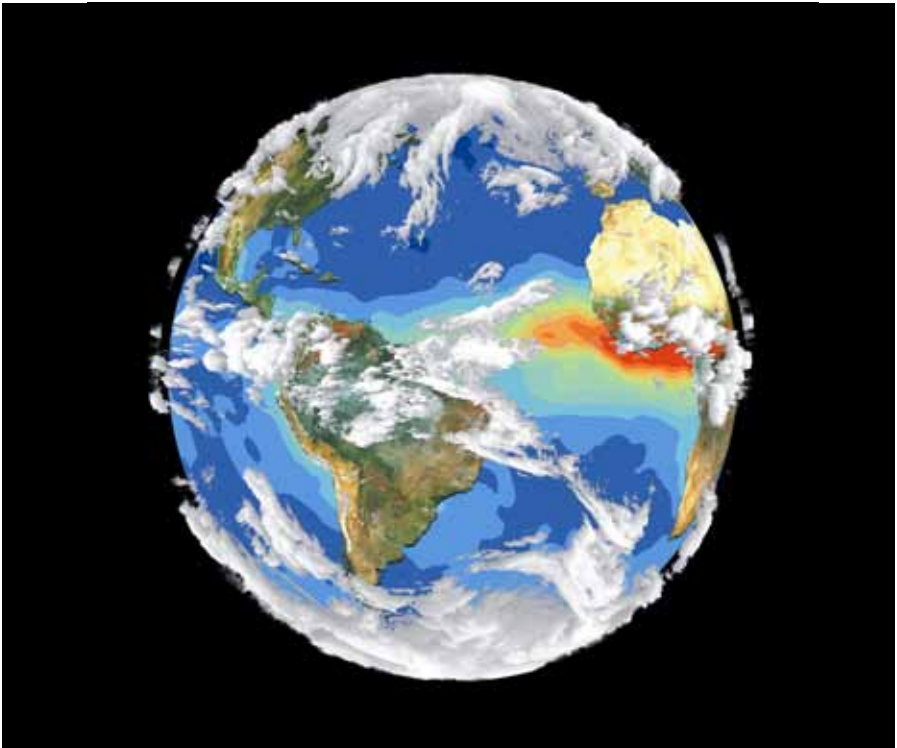
Prof. Dr. Andreas Oschlies  
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel  
und Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“

Vortrag für Schülerinnen und Schüler  
von 12 bis 16 Jahren



Absichtlich durchgeführte Eingriffe in das Klimasystem zur Abmilderung der Klimaerwärmung, sogenanntes Climate-Engineering, werden immer häufiger diskutiert. Es gibt die unterschiedlichsten Ideen – aber welche sind sinnvoll und welche eher gefährlich? Über den aktuellen Stand der Forschung in diesem Bereich berichtet Professor Andreas Oschlies.

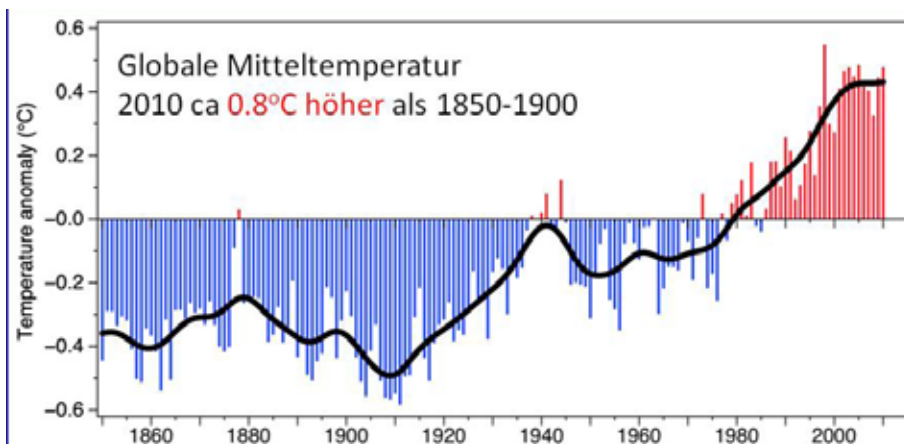
## Die Erde – wir Menschen haben sie verändert



Die Erde aus dem Weltraum betrachtet ist ein blauer Planet, wir sehen das Wasser und die Wolken und die Landmassen. Die uns schützende Lufthülle (Atmosphäre) ist unsichtbar, jedoch enorm wichtig für das Leben auf unserem Planeten. Leider greifen wir Menschen immer mehr in das Klima ein.  
Copyright: NASA

Das Klima auf der Erde befindet sich in einem natürlichen Gleichgewicht – es ist ein Wechselspiel zwischen der Lufthülle (Atmosphäre), den Ozeanen und der Landoberfläche. Das Klima unterliegt auch Schwankungen - so gab es beispielsweise Eiszeiten. Für unser Klima sorgt der **natürliche Treibhauseffekt**, der für eine angenehme durchschnittliche Temperatur von ca. 15 °C verantwortlich ist. Ohne die natürlich vorkommenden Treibhausgase Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan wäre die Erde ein eisiger Planet.

Aber über die natürlichen Veränderungen hinaus beeinflussen inzwischen auch wir Menschen immer mehr das Klima, man spricht von dem **anthropogenen (=durch Menschen gemachten) Treibhauseffekt**. Der Einfluss, den wir Menschen auf unser Klima haben, wird ein großes Problem, denn solche starken Änderungen in so kurzer Zeit hat es vorher noch nicht gegeben. Die bisher beobachtete Erwärmung beträgt seit dem Jahr 1900 ca. 0,8 °C. Das klingt erstmal nicht viel, aber die Wissenschaftler rechnen inzwischen damit, dass sich die Erde bis Ende dieses Jahrhunderts um ca. vier Grad °C erwärmt. Das hätte dann schon unabsehbare Folgen. Und die Erderwärmung verteilt sich nicht gleichmäßig über die Erde, sondern es gibt Gebiete, die sich besonders stark erwärmen, wie derzeit die Arktis, oder die sich sogar abgekühlt haben, trotz Erderwärmung.



Seit dem Jahr 1900 hat die vom Menschen verursachte Zunahme der Treibhausgase bis heute für eine Erwärmung um 0,8 °C gesorgt.

Copyright: Phil Jones, HadCRUT3, 2011

Die Erwärmung der Erde kann jede Menge Folgen haben

- ▶ Dürre
- ▶ Überschwemmungen
- ▶ Zunahme von Naturkatastrophen
- ▶ Verschmutzung der Atmosphäre
- ▶ Erwärmung der Ozeane und des Meeresbodens
- ▶ Folgen, die wir noch nicht einmal kennen.

## Die Ursachen – wie verändern wir Menschen das Klima?

Seit wir Menschen auf der Erde leben, verändern wir unsere Umwelt. Bis vor 200 Jahren geschah dies durch die Veränderung der Landoberflächen, beispielsweise durch die Abholzung oder Verbrennung von Wäldern, um Ackerland zu gewinnen. Mit der sogenannten industriellen Revolution benötigten wir Menschen immer mehr Energie, und die wurde in Form von **Kohle, Öl und Gas genutzt (=fossile Brennstoffe)**. Bei der Verbrennung dieser Stoffe entstehen Abgase, vor allem das Treibhausgas Kohlendioxid. Die Folgen für das Klima sind nicht alle sofort zu spüren, denn es handelt sich um komplizierte Prozesse und einige Auswirkungen der Abgaszunahme werden erst zeitlich verzögert sichtbar werden.

Dass sich das Klima gerade wandelt, bezweifelt inzwischen kaum noch ein Wissenschaftler. Denn die Messungen der Lufttemperaturen, der Wassertemperaturen und der Schnee- und Eisbedeckungen der Erde sowie der Anstieg des Meeresspiegels ist inzwischen klar belegt. Ab wann der Temperaturanstieg gefährlich für uns Menschen ist, lässt sich jedoch nicht so eindeutig festlegen, die Auswirkungen werden vermutlich für Menschen z.B. in Bangladesh oder Afrika viel bedrohlicher sein als für uns.

## Wie können wir Menschen nun mit den unausweichlichen Klimaveränderungen umgehen?

### Problemlösungen: Ansätze 1 und 2

#### **Ansatz 1: Weitermachen und Anpassen.**

Wir könnten einfach weitermachen wie bisher und uns anpassen, also die Klimaerwärmung akzeptieren. Das bedeutet aber, dass beispielsweise viele Menschen, die an der Küste leben, umziehen müssen, wenn der Meeresspiegel und die Zahl der Stürme steigen. Auch Menschen aus den sich immer weiter ausbreitenden Dürregebieten werden umziehen müssen, wenn das Wasser knapp wird. Deiche müssen ebenfalls erhöht werden - dies sind nur einige der extrem teuren Maßnahmen, die wir Menschen ergreifen müssen. Aber viele Länder haben überhaupt kein Geld, um solche teuren Maßnahmen zu bezahlen. Und wir müssten akzeptieren, dass einige Tier- und Pflanzenarten von unserem Planeten verschwinden, weil sie sich nicht so schnell an das wärmere Klima anpassen können.

#### **Ansatz 2: Halbierung des weltweiten Abgas Ausstoßes bis zum Jahr 2050.**

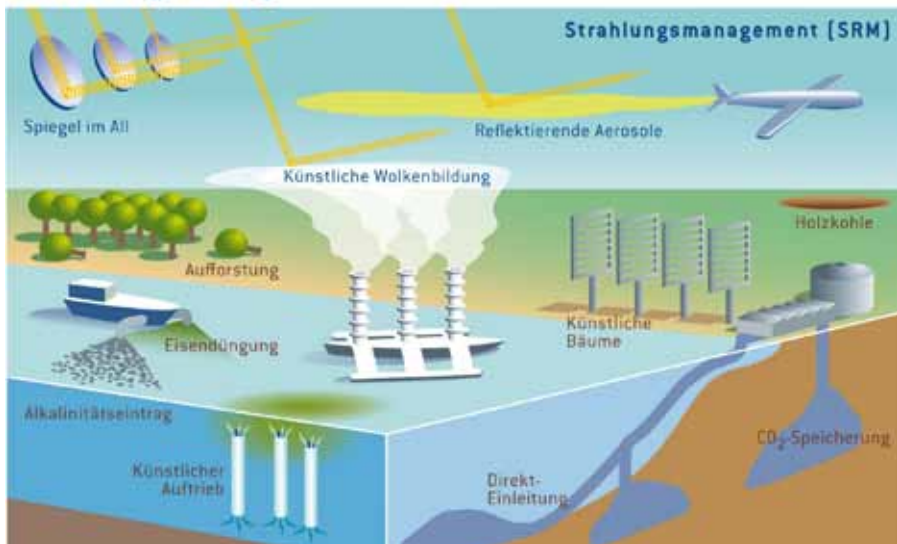
Wissenschaftler haben errechnet, dass wir Menschen im günstigsten Fall noch mit einem blauen Auge davonkommen, wenn wir es schaffen, den Temperaturanstieg auf der Erde um 2 °C nicht zu überschreiten. Dazu müssten wir unseren jährlichen weltweiten Ausstoß von Kohlendioxid noch bis zum Jahr 2050 halbieren. Wenn wir dabei den erwarteten Anstieg der Weltbevölkerung berücksichtigen und gerechterweise jedem Menschen auf der Erde dieselbe Menge CO<sub>2</sub> erlauben, müssten wir unseren CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis zum Jahr 2050 sogar um einen Faktor 20 reduzieren. Das wäre technisch u.a. mit einem weiteren starken Ausbau regenerativer Energieerzeugung möglich, ist aber vermutlich sehr teuer und weltweit schwer durchsetzbar.

### Problemlösung: Ansatz 3

#### Ansatz 3: Künstliche Abkühlung der Erde

Lässt sich die Erde überhaupt künstlich abkühlen? Und was können wir Menschen tun, ohne der Erde und damit uns zu schaden? Wir müssen nämlich entweder die Wärme, die mit dem einfallenden Sonnenlicht auf die Erde kommt, abschwächen oder der Atmosphäre das Kohlendioxid wieder entziehen. Dazu gibt es einige Vorschläge, die unter dem Namen **technische Eingriffe in das Klima** oder **Geo-Engineering** oder **Climate-Engineering** diskutiert und erforscht werden.

#### Climate Engineering



Bei den technischen Eingriffen in das Klima (=Climate Engineering) gibt es zwei Gruppen von Maßnahmen. Die einen verringern die Sonneneinstrahlung auf die Erde, indem die Sonnenstrahlen zurück ins Weltall geschickt werden (=Reflektion), die anderen nehmen das Treibhausgas Kohlendioxid aus der Lufthülle der Erde.



### Climate-Engineering, Beispiel „Verspiegelung der Erde“

Um eine angenommene Verdoppelung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre in den nächsten 100 Jahren auszugleichen, müsste die Einstrahlung der Sonne auf die Erde um 1,7 Prozent abgeschwächt werden.

**Maßnahme:** Verspiegeln von 1,7 Prozent der Erdoberfläche oder der Atmosphärenoberfläche:

**Das bedeutet:** Es müssten 3000 Kilometer mal 3000 Kilometer auf der Erde verspiegelt werden, also alle sechs Minuten die Fläche von einem Quadratkilometer – also müsste alle 26 Sekunden die Fläche von einem Fußballfeld verspiegelt werden. Und das ganze 100 Jahre lang!! Die Verspiegelung könnte auf der Erde oder im Weltall stattfinden.

### Climate-Engineering, Beispiel „Weißeln“

**Maßnahme:** Weißeln von Dächern bzw. Häusern aller menschlichen Siedlungen. Denn weiße Flächen reflektieren das Sonnenlicht. Schon heute sind beispielsweise im Mittelmeerraum viele Häuser weiß gestrichen.

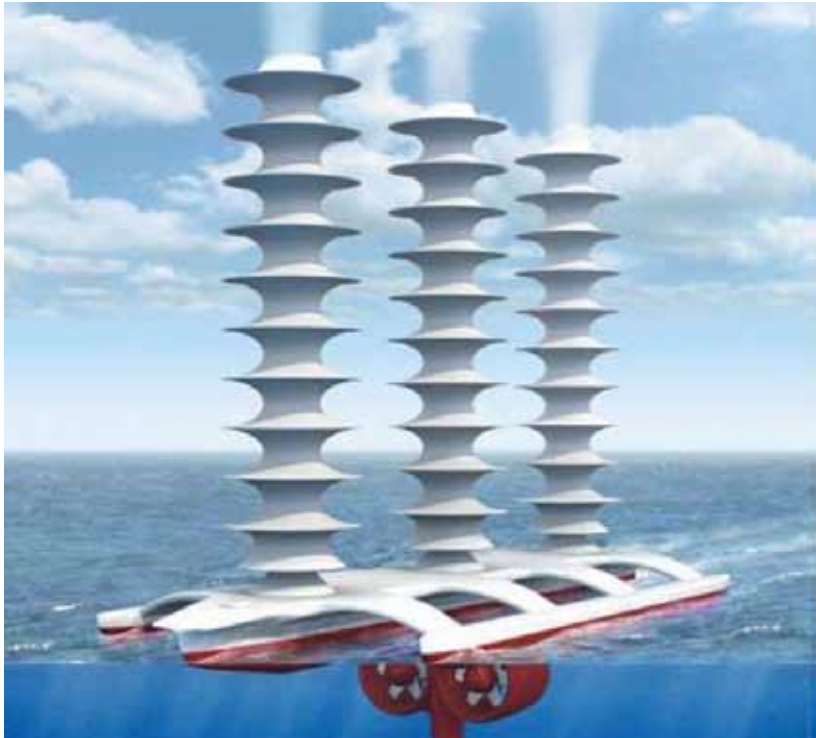
**Das bedeutet:** Alle sechs Minuten muss die Fläche von einem Quadratkilometer geweißelt werden – dann wären nach ca. 3,5 Jahren alle Siedlungsflächen „weiß“. Der maximale Effekt wäre also ein Zeitgewinn von 3,5 Jahren. Danach würde die Erderwärmung mit steigendem Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre weitergehen.

### Climate-Engineering, Beispiel Aufhellen von Wolken

Wolken werfen die Sonneneinstrahlung teilweise zurück ins Weltall (Reflektion).

**Annahme:** mehr Kondensationskeime sorgen für mehr und kleinere Tröpfchen in den Wolken, was wiederum mehr Reflektion der Sonneneinstrahlung bedeuten würde.

**Umsetzung:** Dazu müssten von Schiffen aus Kondensationskeime wie zum Beispiel salzige Meerwassertröpfchen in die Luft gesprüht werden.



Durch das Versprühen von Meerwasser könnte die Zahl der Wassertröpfchen in den Wolken erhöht, die Wolken weißer gemacht und mehr Sonnenlicht reflektiert werden. Damit würde sich die Erde abkühlen.

Bei der Aufhellung der Wolken gibt es einige technische Herausforderungen und noch jede Menge unerforschte Fragen:

Was ist die ideale Tröpfchengröße? Wie verändert sich die Temperatur? Was hat das für Folgen für die Pflanzen und Tiere, die im Ozean leben? Was sind die möglichen Nebenwirkungen? Was passiert mit den vielen Wolken? Gibt es mehr Regen? Verändert sich die Temperatur des Meeres? Wie verändern sich die Strömungen in den Ozeanen und in der Luft?

## Climate-Engineering, Beispiel Methoden zum Einbringen von Aerosolen

Durch verschiedene Maßnahmen werden kleine Teilchen (=Aerosole) in die Luft geblasen. Die wirken wie Miniaturspiegel und reflektieren die Sonnenstrahlen zurück in den Weltraum. Dadurch kann sich die Erde abkühlen.



Verschiedene Methoden, wie wir Menschen kleine Teilchen in die Luft blasen könnten, die wie ein kleiner Spiegel die Sonnenstrahlen in den Weltraum zurückschicken würden. Dies würde die Erde abkühlen.

Dass mehr kleine Teilchen oder Partikel in der Luft das Klima wirklich verändern, zeigen die Folgen der großen Vulkanausbrüche, bei denen gewaltige Mengen Asche und Schwefeldioxid in die Atmosphäre geblasen werden. Untersucht wurde dies beispielsweise nach dem Ausbruch des Vulkans Pinatubo, der am 12. Juni 1991 auf den Philippinen ausbrach. Nach großen Vulkanausbrüchen kühlte sich die Erde immer um mehrere zehntel Grad ab.



Der Vulkan Pinatubo auf den Philippinen brach 1991 aus. Er brachte so viel Asche in die Atmosphäre, dass sich die Erde für ein bis zwei Jahre ein wenig abkühlte.

## Es gibt eine weitere Gruppe von Vorschlägen zu technischen Eingriffen (Climate-Engineering) – die Kohlendioxid-Speicherung an Land und im Ozean

Die folgenden Vorschläge bekämpfen direkt die Ursachen zur Klimaveränderung und nicht die Auswirkungen (= Symptome). Allerdings sind sie nur langsam umzusetzen und daher vielleicht zu langsam für eine Notoperation unseres „Patienten Erde“. Und viele dieser Maßnahmen müssten über Jahrhunderte fortgeführt werden.

### **Climate-Engineering, Beispiel Aufforstung**

Bei der Aufforstung, das heißt dem Pflanzen von Bäumen, wird Kohlendioxid gespeichert. Denn die Bäume nehmen das Kohlendioxid aus der Luft auf und produzieren sogar noch Sauerstoff. Dieser Prozess heißt Photosynthese. Er spielt sich im Blattgrün der Bäume ab. Wissenschaftler denken sogar über das Pflanzen künstlicher Bäume nach, die keine Nährstoffe, wohl aber Energie benötigen, um CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu filtern.

### **Climate-Engineering, Beispiel Eisendüngung**

In den Weltmeeren gibt es jede Menge kleiner Algen. Sie gehören zum Plankton und bilden die Grundlage für das Leben im Meer. Sie machen die Hälfte der weltweiten Photosynthese aus. Bei der künstlichen Eisendüngung werden riesige Meeresgebiete mit Eisen gedüngt. Dies begünstigt das Wachstum der Algen, die ihrerseits Kohlendioxid aufnehmen. Wenn die Algen absterben, sinkt mit ihnen das aus der Luft aufgenommene Kohlendioxid in die Tiefe der Ozeane hinab und wird dort für Jahrtausende gespeichert.

### **Climate-Engineering, Beispiel Auflösen von Kalk und Gesteinen**

Wenn man ganze Berge zermahlt und den feinen Staub austreut, würde auch das unser Klima beeinflussen. Denn Kalk und sogenanntes Silikatgestein reagieren mit dem Kohlendioxid aus der Luft, man nennt das Verwitterung. Dabei wird der Luft Kohlendioxid entzogen, was unserer Klimaproblem verbessern könnte.

## Wo steht die Wissenschaft?

Vieles erscheint technisch machbar. Jedoch sind die Wirkungen und auch die Nebenwirkungen von diesen technischen Eingriffen in das Klima größtenteils noch nicht bekannt. Das Thema der technischen Eingriffe (Climate-Engineering) beeinflusst jedoch schon jetzt die Klimaverhandlungen vieler Politiker. Es besteht aber die Gefahr voreiliger Tests oder Einsätze, auch wenn die Folgen noch nicht richtig erforscht sind. Andererseits verzichten wir Menschen vielleicht auch auf nützliche und einfache Lösungen für unser Klimaproblem, wenn wir uns nicht einmal trauen, an technische Eingriffe zu denken oder sie überhaupt zu erforschen.

Egal wie wir Menschen uns entscheiden. Eines hat sich in der Vergangenheit schon jetzt gezeigt: Wenn die Menschheit mit technischen Eingriffen in das Klima anfängt, bedarf es klarer Regeln und Gesetze, wie dies inzwischen bei der Genforschung gemacht wird. Denn immer wenn wir Menschen in die Natur eingreifen, kann das schwerwiegende Folgen haben und sehr leicht gefährlich werden. Und fast alle Eingriffe ins Klima gehen über die Landesgrenzen hinaus und müssen deswegen mit anderen Ländern abgestimmt werden. Das bedeutet, dass sich nicht nur ein Land mit neuen Gesetzen beschäftigen muss, sondern sogar viele oder alle Länder. Das macht die Schaffung dieser Gesetze nicht einfacher. Es gibt noch kein internationales Überwachungssystem für technische Eingriffe in das Klima.

**Achtung: im Falle des Klimawandels können wir nicht nichts tun!**



## Wie wird man Physikalischer Ozeanograph und welche Voraussetzungen gibt es?

Wichtig ist, dass man viel Interesse am Ozean, an der Natur und am Klima hat. Man muss neugierig sein und Spaß am Forschen haben – und man sollte auch gerne draußen sein. Als physikalischer Ozeanograph will man nämlich herausfinden, wie Meeresströmungen entstehen, warum in einigen Meeresgebieten Algen gut wachsen und woanders nicht so gut, welche Rolle der Ozean im Klimasystem spielt oder wo sich das Klima auch unter dem Einfluss des Menschen verändern wird.

In der Schule sollte man solche Fächer wie Erdkunde, die Naturwissenschaften (Physik, Chemie und Biologie) und Mathematik gerne mögen. Denn als Ozeanograph erforscht man nicht nur das Meer, sondern man muss auch jede Menge messen und diese Messungen dann am Computer auswerten. Und dazu braucht man Mathematik und Statistik.

Wichtig ist auch, dass man gut Englisch sprechen kann oder seine Fähigkeiten im Laufe der Ausbildung verbessert, denn Englisch ist die Sprache, mit der sich Forscher aus aller Welt unterhalten und ihr Wissen miteinander teilen.

## **Berufsberatung Physikalische Ozeanographie - Modellierer Spezialgebiet Biogeochemische Modellierung**

Physikalische Ozeanographie kann man an der Universität Kiel studieren. Um an die Universität zu kommen, braucht Ihr die allgemeine Hochschulreife (das Abitur) oder die fachgebundene Hochschulreife. Danach studiert man drei Jahre an der Universität und kann seinen ersten Abschluss machen (= Bachelor). Mit einem weiteren Abschluss (=Master) dauert das Studium etwa fünf Jahre. Wenn man nach dem Studium noch eine Doktorarbeit machen möchte, braucht man noch mal drei Jahre, arbeitet dabei aber bereits an einem Institut und verdient auch schon Geld. Während einer Doktorarbeit muss man etwas Neues herausfinden und in Fachzeitschriften veröffentlichen.





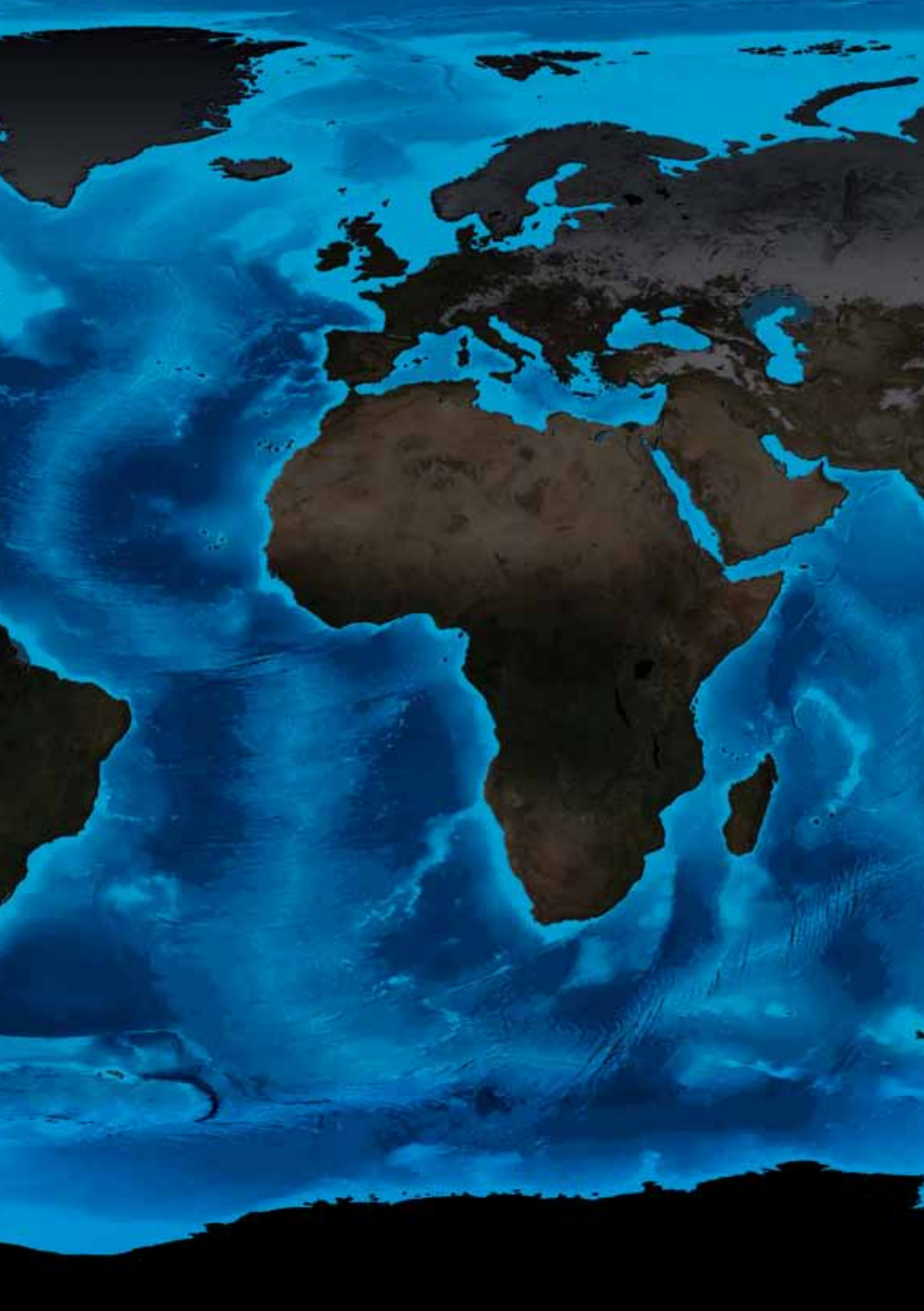
**Prof. Dr. rer. nat. Andreas Oschlies**

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und Exzellenzcluster  
„Ozean der Zukunft“, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

[aoschlies@geomar.de](mailto:aoschlies@geomar.de)

**Text** Prof. Dr. Arne Körtzinger, GEOMAR Helmholtz-Zentrum  
für Ozeanforschung Kiel und Dr. Katrin Knickmeier, Exzellenz-  
cluster „Ozean der Zukunft“, Christian-Albrechts-Universität  
Kiel

**Layout** Philipp Neumeyer



## Der Kieler Exzellenzcluster

### Ozean der Zukunft

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 240 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel, des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaften sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von den deutschen Forschungsgemeinschaften im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen [www.futureocean.org](http://www.futureocean.org)



**Kieler Nachrichten**



**IPN**