

Wissenschaftliche Tiefseebohrungen liefern verblüffende Erkenntnisse über die Klimageschichte der Erde

# Vom Schiff aus den Ozeanboden anstecken

VON MARKUS WEIDMANN

Ziel erreicht. Position halten.» Computergesteuerte Stabilisatoren werden eingeschaltet, lassen das Raumschiff in stationärer Position 5000 Meter hoch über der unabharen, unsichtbaren Oberfläche des Planeten kreisen. Aus dem Bauch des Schiffes reckt sich ein stählerner Fühler, berührt den Planeten 12 Stunden später – ein Bohrgestänge, welches sich in den folgenden zwei Monaten 1000 Meter tief in dessen Haut bohren wird. Science-fiction? «Raumschiff Enterprise», neunhundertvierte Folge? Keineswegs. Denn seit über 25 Jahren ziehen Bohrschiffe über die Ozeane, um jene 70 Prozent der Erdoberfläche zu erkunden, welche uns wegen ihrer Unzugänglichkeit noch kaum bekannt sind. 25 Jahre, in denen der Meeresboden mit seinen Ablagerungen eine unvorstellbare Menge an Informationen preisgegeben hat. 25 Jahre, in denen es dank enormen Fortschritten in Wissenschaft und Technik gelungen ist, diese Informationen zu entschlüsseln. So konnten zum Beispiel Computermodelle der Klimaentwicklung mit wichtigen Fakten aus der Klimageschichte gefüttert werden.

Das Klima hat in letzten 65 bis 25 Millionen Jahren einen dramatischen Wechsel von einem warmen, ausgeglichene n Zustand zu kälteren Bedingungen vollzogen; so war die Tiefsee vor 55 Millionen Jahren durchschnittlich 10 °C wärmer als heute. Klimaänderungen und Vereisungszyklen in den letzten zwei Millionen Jahren sind in erster Linie eine Folge periodischer Änderungen zweier Erdbahnparameter: Neigung der Erdachse gegenüber der Umlaufbahn um die Sonne sowie Distanz Sonne-Erde. Dabei ist in diesen zwei Millionen Jahren der dominante Einfluss des ersten Parameters auf das Klima durch die Dominanz des zweiten Parameters abgelöst worden; parallel dazu hat die durchschnittliche Zeitspanne zwischen dem Wechsel von Warm- zu Kaltzeiten von 41 000 Jahren auf 100 000 Jahre zugenommen. Momentan leben wir in einem warmen Intervall einer Kaltzeit: Der aktuelle Meeresspiegel ist zwar 70 Meter tiefer, als wenn die Polargebiete warm und eisfrei wären, jedoch 120 Meter höher als im Maximum der letzten Vereisung vor 20 000 Jahren.

## Südpol wird Nordpol

Schon seit den sechziger Jahren ist bekannt, dass das Erdmagnetfeld die Polarität wechseln kann: Der magnetische Nordpol wird innerhalb einiger tausend Jahre zum magnetischen Südpol, der magnetische Südpol zum Nordpol. Dies bedeutet, dass nach einem (noch nicht vorher-sagbaren) Wechsel des heutigen Magnetfeldes die Nord-Enden aller Magnetkompassnadeln zum Südpol auf der Antarktis zeigen werden. Die Erde hat in den letzten 160 Millionen Jahren mehr als 300mal ihr Magnetfeld umgepol t; hochauflösende Untersuchungen von ozeanischen Ablagerungen, welche das Erdmagnetfeld während ihrer Entstehung speichern können, haben gezeigt, dass sich in den letzten 83 Millionen Jahren (nach einer Phase von 35 Millionen Jahren ohne Um-polung) die durchschnittliche Zahl der Um-polungen pro Million Jahre auf fünf erhöht hat.

Einer der grössten Erfolge des wissenschaftlichen Tiefseebohrens ist die Bestätigung der revolutionären Theorie der Plattentektonik. Diese Theorie geht davon aus, dass die Haut der Erde aus 70 bis 120 Kilometer dicken Gesteinsplatten besteht, wel-

che durch Strömungen im Erdmantel bewegt werden (die Kontinente sind feste Bestandteile dieser Platten). Dabei entstehen an den Plattenrändern Erdbeben, Vulkane und Gebirge. Mit den Tiefseebohrungen konnten Bewegungen dieser Platten nachgewiesen und rekonstruiert werden.

So wurde nordwestlich von Australien ein mehr als 200 Meter mächtiger Rifffkomplex mit einem Alter zwischen 200 und 230 Millionen Jahren erbohrt, welcher sich zeitgleich mit den spektakulären versteinten Riffen der nördlichen Kalkalpen in den Dolomiten entwickelte. Die Dolomiten und der nordwestliche Kontinentalrand Australiens haben eine weitere Gemeinsamkeit: Vor 200 Millionen Jahren gehörten beide zum Südrand eines Ozeans mit dem Namen Tethys, welcher zwischen Indien, Nordafrika und Eurasien lag. Durch die Kollision dieser Kontinente wurde die Tethys zusammengeschoben, weshalb wir heute ihre Ablagerungen grösstenteils in den Alpen und im Himalaja wiederfinden.

Ein weiteres Relikt dieser zusammengeschobenen Tethys ist die Gegend um Weiss-

verwandelt sich für eine halbe Million Jahre in eine riesige Wüste mit bis zu 3 Kilometer mächtigen Salzablagerungen.

In zunehmendem Masse wird nicht nur das mit der Bohrung geförderte Material, sondern auch das Bohrloch selbst detailliert untersucht. Für diesen Zweck werden

**DIE SCHWEIZ IST DABEI** *Mit einem Bohrschiff werden in allen sieben Weltmeeren Tiefseebohrungen durchgeführt, seit bald dreissig Jahren. Die Besatzung, Erdwissenschaftler aus verschiedenen Ländern, erneuern das Bild der Erde, schreiben Ozean- und Klimageschichte. Die Schweiz ist an dem Unternehmen beteiligt.*

hochgezüchtete Messinstrumente eingeführt, die bei Temperaturen von bis zu 200 °C kontinuierlich physikalische und chemische Eigenschaften des umgebenden Gesteins oder der Ablagerungen aufzeichnen: Dichte, Temperatur, natürliche Radioaktivität, Orientierung des Erdmagnetfeldes oder Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schallwellen. Für spezielle Langzeitmessungen können Messgeräte auch fest installiert werden, wie zum Beispiel beim Aufbau des weltweiten Netzes zur Registrierung

seiner durch den Wellengang bedingte Auf- und-ab-Bewegung mit einer speziellen Vorrichtung im Bohrtrumpf ausgekleidet, damit sich das Bohrgestänge relativ zum Meeresboden nicht bewegt.

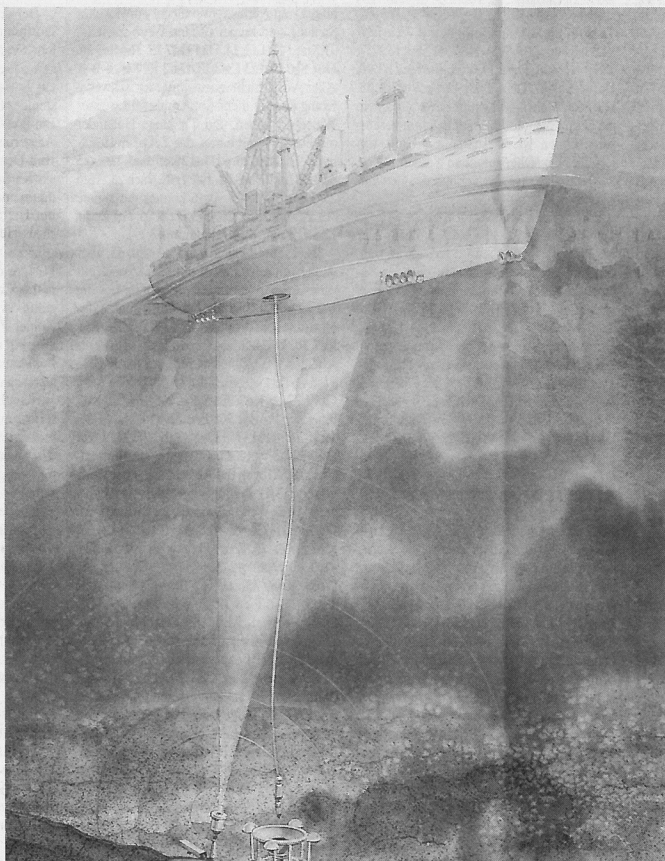
Dieses Bohrgestänge wird aus einzelnen röhrenförmigen Bohrstangen zusammengeschaubt. 320 Bohrstangen können zu einem Gestänge von maximal 9150 Meter Länge und 280 Tonnen Gewicht zusammengesetzt und in Wassertiefen bis zu 8200 Metern eingesetzt werden. Im Innern der Gestängespitze entsteht beim Bohren eine zylindrische Gesteinsprobe, der sogenannte Bohrkern, welcher mit einem zweiten Rohr erfasst und im Innern des Gestänges mit Drahtseilen auf Schiffsdeck gezogen wird. «Glo-mar Challenger» und «JOIDES Resolution» haben mit dieser Technik seit 1968 annähernd 2000 Bohrungen abgeteuft und dabei Bohrkern mit einer Gesamtlänge von 180 Kilometern gewonnen – die Untersuchungsberichte füllen ein Bücherregal von neun Meter Länge.

Für die Projekte des wissenschaftlichen Tiefseebohrens hat sich die halbe Welt vereint. Was 1964 mit dem Zusammenschluss der zehn grössten ozeanographischen Institutionen Nordamerikas unter dem Kürzel JOIDES (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling) begann, wuchs durch den Beitritt von Grossbritannien, Deutschland, Frankreich, Japan, Australien, Kanada, der ehemaligen UdSSR sowie einem aus 12 Ländern bestehenden Europäischen Konsortium (ECOD) zum grössten erdwissenschaftlichen Gemeinschaftsprojekt der Menschheit heran. JOIDES finanziert die Tiefseebohr-Projekte zur Zeit mit rund 45 Millionen US-Dollar pro Jahr; die Hälfte davon bezahlen die Vereinigten Staaten. Das ECOD-Mitglied Schweiz trägt jährlich 400 000 bis 500 000 Franken aus dem Nationalfonds bei. Dies öffnet der erdwissenschaftlichen Forschung und Ausbildung in der Schweiz die Tore zu einer globalen Forschungsgemeinschaft und ermöglicht die Teilnahme an modernsten Untersuchungen von Ozeangeschichte und Klimaentwicklung.

## In den Erdmantel

Zur Zeit ist die JOIDES-Gemeinschaft in einer Phase des Umbruchs, denn bis zum Jahr 2003 muss sie das Tiefseebohren für das nächste Jahrhundert definieren. Zur Diskussion stehen Bohrungen in Gebieten mit möglichen Erdöl- und Erdgasvorkommen (was bis anhin nicht möglich war, weil auf der «JOIDES Resolution» die entsprechende Sicherheitstechnologie fehlt). Bohrungen durch die ozeanische Erdkruste bis in den Erdmantel und eine intensive Probengewinnung aus Meeresablagerungen zum vertieften Verständnis der Ozean- und Klimageschichte sowie der globalen Meeresspiegelschwankungen. Für die Lösung dieser Aufgaben sind ein neues Bohrschiff mit einem bis zu 10 000 Meter langen Bohrgestänge, kleinere Spezial-Bohrschiffe mit längerer Einsatzzeit, stationäre Bohr-

ILLUSTRATION: JACK GROOMPTON



Bohrschiff «JOIDES Resolution»: Sonar-Reflektoren beim Bohrloch erlauben das Halten der Position

plattformen und ein Umbau der «JOIDES Resolution» geplant.

## Wassertiefen bis zu 8200 Metern

Wie und wann auch immer JOIDES eine neue Generation von planetaren Raumschiffen mit neu definierten wissenschaftlichen Missionen in die Ozeane entsenden wird – eines steht fest: Auf Tiefseebohrungen kann die Wissenschaft auch in Zukunft nicht verzichten. Denn die Bohrgestänge sind der einzige Schlüssel zum Archiv der Ozeanböden, ein Archiv mit Informationen aus 200 Millionen Jahren Erd-, Ozean- und Klimageschichte, und die Bohrschiffe sind die einzigen mobilen Observatorien, welche einen räumlichen und zeitlichen Einblick in dieses Archiv ermöglichen.

## EXTRAKTE

**ZU VIEL LAUFEN SCHADET DEM GEDÄCHTNIS.** Marathonläufer im Alter von über fünfzig, die über viele Jahre hinweg Hochleistungs-Ausdauer Sport betrieben, haben nicht nur eine veränderte Stresshormonregulation, sondern zeigen ebenso – offenbar infolge des ständigen physischen Stresses – eine verminderte Gedächtnisfunktion. Das ist ein Zeichen dafür, dass der Körper des Mannes ab dem fünfzigsten Lebensjahr zwar noch erhebliche Ausdauerleistungen erbringen kann, aber weder hormonell noch neuronal auf die ständige physische Überlastung eingestellt ist. Dies haben Untersuchungen des Klinischen Instituts des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie (München) unter Leitung von Isabella Heuser an elf älteren gesunden Marathonläufern im Vergleich mit älteren gesunden, aber nicht sportlich aktiven Männern erwiesen. Erste Untersuchungen im Jahre 1991 hatten ergeben, dass ältere Marathonläufer in einem Hormontest, der die Regulation des wichtigsten endokrinen Stresssystems abbildet, eine Überproduktion von Cortisol zeigen. Damals war allerdings noch offen, ob sie auch Störungen der Gedächtnisfunktion aufweisen. Bisher war der Effekt von hohen Cortisolspiegeln auf die Gedächtnisfunktion, d.h. auf Stoffwechsellvorgänge im Gehirn, nur durch Tierexperimente und durch Untersuchungen an gesunden jungen Männern belegt, die über wenige Tage mit synthetischen Glukokortikoiden behandelt worden waren. Die Untersuchungen des Klinischen Instituts haben jetzt bestätigt, dass die Gedächtnisleistung der älteren Ausdauer Sportler verändert ist. (mgp)

**HITZSCHLAG OHNE SONNENSCHNEIN.** Ältere Menschen sollten sich bei schwülem Wetter besonders schonen – sie tragen, wegen oft bestehender Kreislaufkrankungen, ein erhöhtes Risiko, einen Hitzekollaps oder einen Hitzschlag zu erleiden. Üppige Mahlzeiten oder Alkohol als Durststiller verstärken die Gefahr zusätzlich. Anfällig sind aber auch Babies und Kleinkinder, die sehr schnell hohe Körpertemperaturen entwickeln und gewissermassen austrocknen. Ein Hitzschlag droht, wenn die Körpertemperatur über 41 Grad Celsius klettert, weil die Wärmeabgabe, also die Selbstkühlung durch ausreichendes Schwitzen, wegen der bei Schwüle vorherrschenden hohen Luftfeuchtigkeit blockiert ist. Ein Hitzschlag hat buchstäblich viele Gesichter: stark aufgedunsene oder rot-blau zum Beispiel. Dazu kommt starker Kopfschmerz. Das Versiegen der Schweissproduktion und starke Benommenheit weisen darauf hin, dass der gesamte Körper betroffen ist. Schliesslich brechen seine Funktionen zusammen – es kommt zum Kollaps. Bis der Notarzt an Ort und Stelle ist, sollte die oder der Betroffene möglichst in nasse Tücher gehüllt oder vorsichtig mit kühlendem Wasser übergossen und dabei flach im Schatten gelagert werden. Bei Ohnmacht auf keinen Fall versuchen, Flüssigkeit einzufüllen! (dggk)

**FASTEN – UNGEEIGNET GEGEN NAHRUNGSMITTELALLERGIEN.** Bei vermuteter Nahrungsmittelallergie ist oft der Rat zu hören, man solle eine Zeitlang auf das gewohnte Essen verzichten, also fasten. Doch das führt sehr rasch zu Ratlosigkeit, beeinträchtigt die Lebensqualität und löst obendrein das Problem nicht wirklich. Man sollte einen anderen Weg wählen: Liegt mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Nahrungsmittelallergie vor, hat unbedingt eine gründliche fachärztliche Diagnostik zu erfolgen. Der Allergologe wird sich dabei nicht mit Hauttesten oder Laborergebnissen begnügen, sondern die einzelnen Nahrungsmittelgruppen stufenweise austesten, um Klarheit zu bekommen, welche von ihnen allergieauslösend sind. Fastenkuren mögen zwar kurzfristig Symptomfreiheit bringen, doch geschieht das häufig um den Preis neuer Gesundheitsgefährdungen, etwa Störungen des Mineralhaushalts. Unter ärztlicher Aufsicht dagegen – speziell im Rahmen der Allergietestung – ist eine Ernährungsumstellung zweckmässig. Anschliessend müssen nur die nachweislich allergen wirkenden Lebensmittel weggelassen werden. Eine Allergie gegen viele verschiedene Nahrungsbestandteile ist äusserst selten. (dggk)