

# SPURENLESER im Klimalabyrinth

Der Klimaforscher Gerald Haug sucht in der Vergangenheit den Schlüssel zum Verständnis der Gegenwart. Indem er einstige Klimaänderungen rekonstruiert und interpretiert, gewinnt er Erkenntnisse von hoher Brisanz für die Zukunft der Menschheit.



Von Sven Titz

Sein adrett aufgeräumter Arbeitsplatz befindet sich in einem modernen Gebäude der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. In dem geräumigen, lichtdurchfluteten Zimmer fühlt sich Gerald Haug sichtlich wohl. Durch eine großzügige Fensterfront hat er immer einen ungehinderten Blick auf das Hauptgebäude der ETH. Der Entwurf für den 145 Jahre alten Bau im Stil der Neorenaissance – errichtet als Polytechnikum Zürich – stamme von Gottfried Semper, dem Architekten der Oper in Dresden, erzählt mir mein Interviewpartner.

Der studierte Geowissenschaftler ist mit Untersuchungen zur Klima- und Menschheitsgeschichte bekannt geworden, in denen er mehrere Disziplinen virtuos kombiniert hat: Da ging die Geologie Hand in Hand mit der Ozeanografie, der Meteorologie, der Biogeochemie und der Geschichtsforschung. Der Niedergang der Maya-Hochkultur und der Tang-Dynastie, so glaubt Haug, hänge womöglich mit einer Wanderungs- bewegung des tropischen Regengürtels zusammen.

Wenn er im Interview seine großen Bögen von den Sedimentfunden über die Simulationen der ozeanischen und atmosphärischen Zirkulation bis hin zu historischen Entwicklungen spannt, ist deutlich zu spüren, wie ihn die komplexen Zusammenhänge auf der Erde faszinieren. Seine Begeisterung wirkt geradezu jungenhaft – der Leibniz-Preisträger von 2007 zählt in der Tat erst 41 Lenze, und man könnte ihn sogar noch jünger schätzen. An der Wand hängen Abbildungen mit den gezackten und gepunkteten Linien seiner paläoklimatologischen Befunde. Er streicht mit dem Finger darüber wie ein Musikkritiker über die Partitur einer neuen Oper.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT / ESTHER MICHEL



## ZUR PERSON

**Gerald Haug** wurde am 14. April 1968 in Karlsruhe geboren, wo er später auch Geologie studierte. Seine Doktorarbeit schloss er 1995 an der Universität Kiel ab. Dort blieb er bis 1996 als Postdoc. Danach zog es ihn für ein Jahr an die University of British Columbia im kanadischen Vancouver; ein weiteres Jahr verbrachte Haug im US-Bundesstaat Massachusetts an der Woods Hole Oceanographic Institution. 1998 wechselte er an die University of Southern California in Los Angeles, wo er zwei Jahre lang als Research Assistant Professor arbeitete.

**Im Jahr 2000** kehrte Haug nach Europa zurück und wurde Oberassistent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. 2001 verlieh ihm die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) den Albert Maucher-Preis für Geowissenschaften. 2002 habilitierte sich Haug in Zürich. Ein Jahr darauf ging er ans Geoforschungszentrum in Potsdam. Die Universität der Stadt berief ihn sogleich zum Professor.

**Im Jahr 2007** wurde Haug mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der DFG ausgezeichnet und wechselte wieder nach Zürich. Dort arbeitet er heute als Professor für Klimageologie im Departement Erdwissenschaften. Seine Hauptforschungsgebiete sind der Einfluss des Klimas auf die Zivilisation, die Abkühlung der Erde im späten Neogen, das vor 23 Millionen Jahren begann, und die Biogeochemie in Ozeanen und Seen.

**Spektrum der Wissenschaft:** Herr Professor Haug, Sie sind heute Klimaforscher, haben aber Geologie studiert. Bedauern Sie diesen Umweg?

**Prof. Dr. Gerald Haug:** Überhaupt nicht. Schauen Sie, die Geologie ist ja eine systemische Wissenschaft. Wer das Fach studiert, erhält eine Grundausbildung in Physik, Chemie und Biologie. Aber am Ende steht ein viel umfassenderes Bild. Mein Vater ist analytischer Chemiker. Ich selbst konnte mich nie für eine einzelne Grundlagenwissenschaft entscheiden. Das Systemverständnis, auf das die Geologie zielt, empfand ich schon beim Studium als extrem reizvoll, und es fasziniert mich bis heute.

**Spektrum:** Was war denn Ihr ursprüngliches Berufsziel?

**Haug:** Ich wollte Umweltgeologe werden, um etwas Nützliches zu leisten. Aber dann entwickelte ich schon im Grundstudium durch sehr gute Lehrer großes Interesse an der Grundlagenforschung. Ich habe in Karlsruhe studiert und arbeitete in einem Sonderforschungsbereich zur Riftentwicklung in Ostafrika. In Manfred Strecker, der heute Professor an der Universität Potsdam ist, hatte ich damals einen hervorragenden Lehrer.

**Spektrum:** Was brachte Sie unter diesen Umständen denn dazu, nach dem Diplom fahnenflüchtig zu werden und in die Klimaforschung zu wechseln?

**Haug:** In Karlsruhe hielt ich einmal einen Vortrag zum Kohlenstoffkreislauf, in dem es um eine Untersuchung des Meeresgeologen und Klimaforschers Michael Sarnthein an der Universität Kiel ging. Bei ihm hatte ein Freund von mir gerade eine Doktorandenstelle angenommen. Eines Tages erzählte er mir, sein Betreuer plane ein Projekt für eine paläoklimatische Rekonstruktion im Nordpazifik. Das erschien mir reizvoll. Also bekundete ich Sarnthein in einem Brief mein Interesse. Bei dem Vorstellungsgespräch, zu dem er mich daraufhin einlud, bombardierte er mich eine halbe Stunde lang mit seinen Ideen zu dem Vorhaben. Ich verstand so wenig, dass ich schon kapitulieren wollte. Doch Sarnthein störte sich nicht im Geringsten an meiner Unbedarftheit, sondern ermunterte mich: Es habe noch keinem geschadet, mal etwas anderes zu tun. Ich solle morgen früh um neun Uhr kommen, um einen Doktorandenvertrag abzuschließen.

**Spektrum:** Haben Sie den Schritt je bereut?

**PROXYs**

Mit wissenschaftlichen Instrumenten wird das Erdklima erst seit ungefähr 150 Jahren vermessen. Für die Zeit davor bedarf es indirekter Methoden. Sie beruhen vor allem auf Proxy's (nach lateinisch *proximus*, »das Nächste«). Das sind natürliche Indikatoren früherer Klimabedingungen wie etwa **Baumringe**, **Eisbohrkerne**, **Stalagmiten** oder Sedimente in Meeren und Seen. Zu ihrer Nutzung benötigt man eine Eichmethode. Bei den Baumringen muss es zum Beispiel einen Zeitraum geben, für den sowohl exakte Messdaten als auch Proxywerte vorliegen. Dann wird die Ringdicke mit der Temperatur in Beziehung gesetzt. Diese Relation nutzt man, um frühere Temperaturen aus Baumringen zu erschließen.

Die von Gerald Haug und Kollegen gemessene Titankonzentration in den Sedimentschichten des Cariacobeckens vor Venezuela spiegelt die Regenhäufigkeit in Mittelamerika wider. Minima weisen auf drei Dürreperioden hin, die mit den drei Phasen zusammenfallen, in denen sich nach archäologischen Befunden der Untergang der Maya vollzog.

**Haug:** Nein. In Kiel habe ich nicht nur ausgefeilte Methoden der Meeresgeologie kennen gelernt, sondern durfte auch gleich beim internationalen Ocean Drilling Program mitarbeiten. Das gehörte zum Besten, was mir damals passieren konnte. An den Projekten waren Forscher aus 17 Nationen beteiligt. Als Doktorand da von Anfang an mitzumachen, gab meiner Karriere einen entscheidenden Impuls. Die Meeresgeologie ist völlig international ausgerichtet. Gleich zu Beginn mit dieser Welt-offenheit konfrontiert zu werden, hatte eine befreiende Wirkung.

**Spektrum:** Welches waren Ihre wissenschaftlichen Vorbilder?

**Haug:** Da ist natürlich vor allem Manfred Strecker zu nennen. Er faszinierte mich als Prototyp des jungen, dynamischen Hochschullehrers. In ihm habe ich nach wie vor einen sehr guten Freund. Und Michael Sarnthein ist ja ein berühmter Meeresgeologe. Neulich durfte ich eine Laudatio auf ihn halten, als er die höchste Auszeichnung der Geologischen Vereinigung, die Gustav-Steinmann-Medaille, überreicht bekam. Sarnthein hat 70 Stunden die Woche gearbeitet und unglaublich viel bewegt. Allerdings war er ein sehr anspruchsvoller Mentor. Die es bei ihm geschafft haben, sind alle Professoren geworden. Ein weiteres Vorbild für mich war und ist sicherlich der Ozeanograf Wallace Broecker – er hat mit seinen pointiert formulierten Thesen zum Klimawandel großen Einfluss auf mich ausgeübt.

**Spektrum:** Sie waren als Doktorand auch schon bei Bohrprojekten auf Schiffen dabei?

**Haug:** Das stimmt. Damals war ich auf dem Forschungsschiff Sonne im Indischen Ozean unterwegs. Als Postdoc bin ich dann auf dem internationalen Tiefseebohrschiff Joides Resolution in die Karibik gefahren. Später war ich auch noch auf anderen Forschungsschiffen. Neuerdings schicke ich aber lieber Doktoranden auf die See. Man ist acht Wochen unterwegs – eine lange Zeit für jemanden, der Verpflichtungen an der Universität hat. Außer-

dem werde ich seekrank (lacht). Ich reiße mich also nicht darum, mitzufahren.

**Spektrum:** Auf Ihre Expeditionen mit Bohrschiffen und auf Bohrungen in Seen gehen Entdeckungen zurück, die auch in einer breiteren Öffentlichkeit Aufsehen erregten. Demnach beruhte der Niedergang der Maya auf einer lang anhaltenden Trockenphase. Dergleichen haben Sie politische Umstürze in China auf Klimaänderungen zurückgeführt. Was sind die wissenschaftlichen Hintergründe?

**Haug:** Über den Untergang der Mayakultur wurde viel gerätselt. Ähnlich mysteriös sind die Gründe für Umsturzphasen in verschiedenen Epochen der chinesischen Geschichte. Eine Hypothese lautete, dass das Klima eine entscheidende Rolle gespielt haben könnte. Die Maya und die chinesische Tang-Dynastie hatten sich im 8. Jahrhundert in eine prekäre Situation gebracht. Es herrschte Überbevölkerung. Hinzu kamen Probleme mit der Entwaldung und der Bodenerosion. Äußere Umwelteinflüsse wie die Klimaänderung haben die Situation verschärft und den Niedergang so beschleunigt. Über die Geschichte Chinas weiß man, dass sie von Bauernaufständen, Rebellionen, Hungersnöten und Kriegen geprägt war. Oft wechselten die Dynastien genau dann, wenn die Monsunregenfälle nicht ausreichten. Es ist klar, dass eine Dynastie nicht zusammenbricht, wenn die Lebensbedingungen optimal sind. Ich gehöre aber nicht zu denen, die sagen: Der Untergang lag nur am Klimawandel.

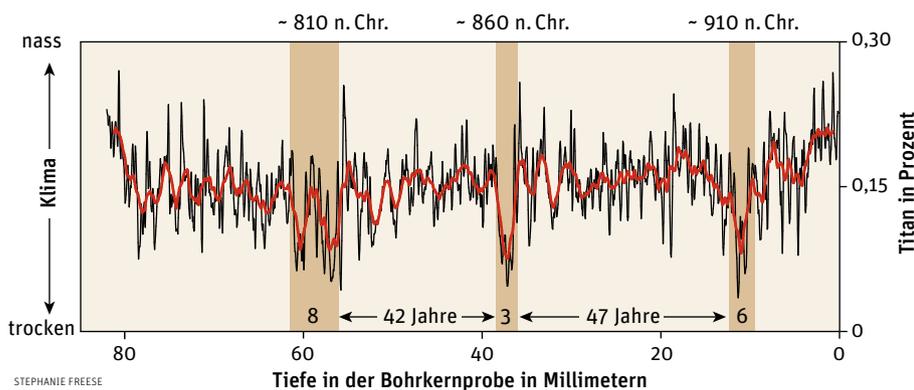
**Spektrum:** Historiker und Archäologen sehen eher innere Gründe dafür.

**Haug:** In der Tat gibt es eine Fraktion, die einen Klimawandel auch als Katalysator des Untergangs vehement ablehnt. Sie umfasst etwa ein Drittel der auf dem Gebiet tätigen Forscher. Es sind vor allem Kollegen, die sich als geisteswissenschaftlich verstehen oder sich ganz auf ihre Ausgrabungen stützen. Ein weiteres Drittel ist indifferent. Das letzte Drittel schließlich hält es für bewiesen, dass Umwelt und Klima eine entscheidende Rolle gespielt haben. Zu ihm zählen vor allem Vertreter von Disziplinen, die sich wie etwa die Umweltarchäologie mehr als naturwissenschaftlich orientiert verstehen.

**Spektrum:** Wie sieht denn die Rollenverteilung unter den Fachgebieten aus?

**Haug:** Wir rekonstruieren nur das Klima. Mit Auskünften zu diesem Teilaspekt klinken wir uns in die Diskussion ein. Die Kollegen aus der Archäologie und Anthropologie stellen interpretierende Hypothesen auf. Ich denke, unsere Erklärungsansätze ergänzen sich.

**Spektrum:** Welche Indizien für Klimaänderungen haben Sie gefunden?



STEPHANIE FRESE

**Haug:** Anhand von Sedimenten, die wir im Cariacobecken vor Venezuela und in chinesischen Seen erbohrten, konnten wir die tropischen Regenfälle rekonstruieren. Im Cariacobecken sind die Ablagerungen jahreszeitlich geschichtet. Ein Jahr entspricht einer Hell-dunkel-Abfolge, wissenschaftlich auch Warve genannt. In der Regenzeit werden vom Land her dunkle Sedimente angeschwemmt. Wenn dann im Jahresverlauf der tropische Regengürtel weiter nach Süden gewandert ist, tritt im Cariacobecken eine Algenblüte auf. Die absterbenden Mikroorganismen bilden nun eine helle Sedimentschicht. Aus der chemischen Zusammensetzung der Warven lässt sich die jährliche Niederschlagsmenge ablesen. Allerdings treten jahreszeitlich geschichtete Sedimente nur dort auf, wo am Meeresgrund weitgehend anoxische, also sauerstofffreie Bedingungen herrschen wie im Cariacobecken. Deshalb haben wir uns zusätzlich ein spezielles Element ausgesucht, das ebenfalls niederschlagsabhängig vom Festland eingeschwemmt wird, nämlich Titan. Es hat den Vorteil, dass es sich mit geochemischen Messinstrumenten wie dem Röntgenfluoreszenz-Scanner nicht nur besonders einfach, sondern auch noch besonders präzise messen lässt.

**Spektrum:** Und was verraten die Sedimentfunde?

**Haug:** Im 8. und 9. Jahrhundert war es 150 Jahre lang allgemein trockener. Das lässt sich gut im Rahmen der El-Niño-Schwankungen verstehen ...

**Spektrum:** ... also der Erwärmung des tropischen Pazifiks alle paar Jahre ...

**Haug:** Die Maya lebten ja auf der Yukatan-Halbinsel im heutigen Mexiko. Dort gab es wegen der jahreszeitlichen Wanderung des tropischen Regengürtels eine Regen- und eine Trockenzeit. El-Niño-Jahre waren durch die Fernwirkung aus dem Pazifik trockener. Das ist auch heute noch so. Die Maya hatten zwar Wasserspeicher, die der Bevölkerung ein oder zwei Jahre durch die Dürre halfen, wenn eine El-Niño-Schwankung besonders stark und lang anhaltend war. blieb aber das dritte Jahr ebenfalls trocken, war das eine Katastrophe. Verheerend wirkte sich dann auch aus, dass sich die Regenzeit um zwei bis drei Monate verspätete. Mitten in der tropischen Hitze säten die Bauern ihren Mais aus – in der Hoffnung auf Regen, der nicht rechtzeitig kam.

**Spektrum:** Es gibt ja unzählige Indikatoren für einstige Klimaänderungen, die so genannten Proxys – neben Metallen auch fossile Algen, Fettstoffe und dergleichen mehr. Wie behalten Sie da als Paläoklimatologe die Übersicht?

**Haug:** Na ja, so viele Proxys sind es auch wieder nicht. Aber es hat in jüngster Zeit einen



fantastischen Fortschritt in der analytischen Chemie gegeben, so dass immer mehr machbar wurde. Die Kunst besteht darin, jeweils den richtigen Proxy zu wählen – je nachdem, wo man sich befindet, ob in den Tropen oder den hohen Breiten. Wo muss ich nachschauen, um mehr über die Prozesse, die ich verstehen möchte, herauszufinden? Auf welcher Zeitskala? Das ist die Kunst.

**Spektrum:** Kann man das lernen?

**Haug:** Ich bin ja, wie gesagt, Geologe, und Geologen sind dafür hervorragend ausgebildet. Wir haben immer eine Zeitachse, die von Dekaden bis Jahrmillionen reicht, und eine y-Achse, die den Niederschlag, die Temperatur oder die Treibhausgaskonzentration wiedergibt. Dieser klassische geologische Ansatz lässt sich sehr gut mit modernen chemischen Methoden verbinden. Dabei wurden in den letzten 10 bis 15 Jahren enorme Fortschritte gemacht. Hätte man mir als Doktorand vorausgesagt, dass irgendwann im Sediment eine Mikrometerauflösung möglich sein würde, hätte ich das als Fantasterei abgetan.

**Spektrum:** Sie meinen, Sie können heute Schichten im Abstand von tausendstel Millimetern getrennt messen!?

**Haug:** Ja, im Cariacobecken sind wir bei Skalierungen von 100 bis 200 Mikrometern. Wenn Warven, also Jahresschichten, einen Millimeter dick sind, kann man somit alle 100 Mikrometer eine Messung machen und bekommt zehn Messpunkte pro Jahr.

**Spektrum:** Welche Rolle spielen beim Zusammenführen dieser Proxydaten die Klimamodelle?

**Haug:** Die Klimamodelle sind ganz entscheidend – sonst würden wir Unsinn in die Daten hineininterpretieren. Es gibt da eine erfreuliche Entwicklung. Die Paläoklimatologen und die Modellierer bewegen sich stark aufei-

»Klimamodelle sind ganz entscheidend – sonst würden wir Unsinn in die Daten hineininterpretieren«

## KLIMASENSITIVITÄT

Sie gibt an, wie das Klima auf die **Anreicherung von Treibhausgasen** in der Luft reagiert. In der Regel bezieht sie sich auf die Verdopplung des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre. Die mittlere Lufttemperatur an der Erdoberfläche steigt dabei nach Simulationen mit Klimamodellen langfristig um 2 bis 4,5 Grad Celsius. Kleinere und größere Werte lassen sich nicht ganz ausschließen. Bezugspunkt ist das **Temperaturniveau vor der Industrialisierung**, also am Beginn des 19. Jahrhunderts. Der größte **Unsicherheitsfaktor** bei der Berechnung der Klimasensitivität ist das Verhalten der niedrigen Wolken, wenn sich die Erde erwärmt.



»Die deutsche Forschung ist – mit wenigen Ausnahmen – zu deutsch geblieben«

### DER LEIBNIZ-PREIS

Der nach dem Universalgelehrten Gottfried Wilhelm Leibniz benannte Preis wird seit 1986 jährlich von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an in Deutschland arbeitende Wissenschaftler aller Fachrichtungen verliehen. Mit einem Preisgeld von jeweils 2,5 Millionen Euro ist er der **höchstdotierte wissenschaftliche Förderpreis** weltweit. Die bewilligten Mittel müssen innerhalb von sieben Jahren projektbezogen verwendet werden. Sie sollen herausragenden **Nachwuchswissenschaftlern** bessere Arbeitsbedingungen ermöglichen, sie von Verwaltungstätigkeiten entlasten und es ihnen erleichtern, besonders qualifizierte junge wissenschaftliche Mitarbeiter zu beschäftigen. Die Entscheidung über die Preisträger trifft der Hauptausschuss der DFG auf der Grundlage einer Empfehlung des Nominierungsausschusses für das Leibniz-Programm.

ander zu. Ein Beispiel: Der Modellierer Michael Schulz, der Eisbohrkernforscher Hubertus Fischer und ich haben bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein Schwerpunktprogramm initiiert. Schon im Antrag lautete die Vorgabe, dass es eine Datenseite und eine Modellseite geben musste. Das läuft jetzt seit zwei Jahren und funktioniert wirklich sehr schön.

**Spektrum:** Betreiben Sie hier in Zürich beides – die Analyse von Sedimenten und das Modellieren?

**Haug:** Wir analysieren Sedimente, aber wir modellieren hier nicht selbst. Bei der heutigen Spezialisierung wäre das nicht sinnvoll. Ich habe jedoch früh gute Erfahrungen mit Modellierern gemacht, vor allem als Postdoc an der Woods Hole Oceanographic Institution und mit den Kollegen am Lamont-Doherty Earth Observatory sowie in Princeton. Bei den Ozeanphysikern Mark Cane und George Philander standen für uns Paläoklimatologen die Türen weit offen. In den USA hatte sich diese Zusammenarbeit früher als in Deutschland etabliert.

**Spektrum:** Bedenkt man das Zusammenführen von Indizien und Hypothesen in der Paläoklimatologie, so hat Ihre Arbeit ja im Grunde etwas Detektivisches. Lesen Sie eigentlich Krimis?

**Haug:** Das habe ich immer gerne gemacht. Als Kind waren das so Sachen wie »Die drei Fragezeichen« und später Agatha Christie. Was gibt es Größeres als Miss Marple, nicht? (lacht laut) Hinter diesem Interesse steckt wahrscheinlich so etwas wie die kindliche Neugier des Forschers. In der Paläoklimatologie gehört aber sehr viel Hartnäckigkeit, Geduld und Mühe dazu, bis man gelernt hat, die Sedimente richtig zu lesen. Oft lassen sich die Ergebnisse auch nicht so gut verkaufen und gleich mit der Entwicklung von Hochkulturen in Verbindung bringen.

**Spektrum:** Von 2003 bis 2007 haben Sie am Geoforschungszentrum in Potsdam geforscht, unter anderem über die Schließung der Panama-Landenge vor 2,7 Millionen Jahren. Eine fruchtbare Zeit?

**Haug:** Die Arbeiten zur Panama-Schließung und der Rolle speziell des subarktischen Pazifischen Ozeans auf das Nordhemisphärenklima sind eigentlich schon älter und stammen aus meiner Zeit als Doktorand und Postdoc. In Potsdam profitierte ich dann von einer ausgezeichneten Zusammenarbeit mit Andrej Ganopolski am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, einem weiteren tollen Modellierer. Das war sicher eines meiner Highlights damals. Da haben wir Modelle mit Daten kombiniert und eine spannende Publikation über die Vereisung der Nordhalbkugel geschrieben.

**Spektrum:** Die Schließung der Panama-Landenge hängt damit zusammen?

**Haug:** Schauen Sie, für die Vereisung der Nordhalbkugel muss es so kalt sein, dass der Regen im Winter als Schnee fällt. Im Sommer darf nicht so viel Schnee schmelzen, wie im Winter niedergeht. Und es muss feucht sein. Als Erklärung für die Herkunft der Feuchtigkeit, die für die Schneefälle benötigt wurde, galt damals die Schließung der Panama-Landenge. Dadurch ist die Ozeanzirkulation im Atlantik angesprungen, die Wärme nach Norden bringt. Die Hypothese war 100 Jahre alt, konnte aber nicht völlig überzeugen. Die Zirkulation scheint nämlich vor der endgültigen Schließung bereits in Gang gekommen zu sein. Mein Kollege Ralf Tiedemann vom Alfred-Wegener-Institut und ich konnten nun zeigen, dass schon vor 4 bis 4,5 Millionen Jahren nur noch eine sehr eingeschränkte Wasserverbindung zwischen Karibik und Pazifik bestand. Deshalb wurde damals bereits die Atlantikzirkulation angekurbelt.

**Spektrum:** In Potsdam haben Sie sich auch mit einem Kälterückfall auf der Nordhalbkugel zu Beginn des Holozäns beschäftigt – der jüngeren Dryas.

**Haug:** Ja, das war ein weiteres Highlight. Zusammen mit Achim Brauer und anderen habe ich Sedimente von Seen in der Eifel mit Funden aus dem Nordatlantik kombiniert. So konnten wir sehr schön zeigen, wie schnell dieser Klimawechsel ablief. Innerhalb weniger Jahre drehten die Winde und sanken die Temperaturen!

**Spektrum:** Vor drei Jahren erhielten Sie dann den Leibniz-Preis, den wichtigsten deutschen Forschungspreis. Welche Möglichkeiten hat er Ihnen eröffnet?

**Haug:** Mir war immer klar: Wenn ich den Leibniz-Preis im Sinn der Erfinder nutzen will, dann soll das in Deutschland geschehen. Manfred Strecker und ich hatten vorgeschlagen, in Potsdam ein DFG-Leibniz-Zentrum zu gründen, um Untersuchungen der Erdoberfläche und des Klimas zu verknüpfen. Dort betreuen wir heute gemeinsam Doktoranden; es springt also ein echter Mehrwert für die Universität Potsdam heraus.

**Spektrum:** Bei der Preisverleihung zitierten Sie Dieter Imboden, den Forschungsrat des Schweizerischen Nationalfonds, mit der Aussage, ein Forscher sei ein »Anarchist des Geistes«. Was bedeutet das für Sie?

**Haug:** Sie kennen doch sicher das Schlagwort von der Freiheit der Forschung. Politiker sprechen inzwischen allerdings lieber von »programmorientierter« Forschung. Nur habe ich noch keinen Kollegen gefunden, der damit etwas anfangen konnte. Als Grundlagenforscher

will man keinem wissenschaftlichen Vorstand weisungsgebunden sein, wie es in der Helmholtz-Gemeinschaft üblich war. Erhält man dann die Chance, wie ich 2007, an die Columbia University oder ETH Zürich zu gehen, wo einem niemand Vorschriften macht, fällt die Entscheidung sehr leicht. Ich habe aber immer betont, dass ich eine sehr gute Zeit in Potsdam hatte.

**Spektrum:** Beim Wechsel zur ETH Zürich im Jahr 2007 bezeichneten Sie Ihre neue Stelle als »besten Job der Welt«. Sehen Sie das heute noch genauso?

**Haug:** Ja. Der Beruf des Hochschullehrers hier erscheint mir als einer der besten Jobs, die man haben kann. Er ist unglaublich vielseitig. Der Umgang mit den Studierenden und Doktoranden hält dynamisch. Man hat natürlich seine Unterrichtspflicht, aber auch alle wissenschaftlichen Freiheiten. Ich bin ja als begeisterter Humboldtianer der Überzeugung, dass Forschung und Lehre verknüpft werden müssen, die Forscher ansonsten aber die größtmögliche Freiheit genießen sollten. An der ETH Zürich zu arbeiten, empfinde ich in dieser Beziehung als ein echtes Privileg. Die Unterrichtsbelastung ist geringer als an deutschen Universitäten. Wenn man an einer deutschen Exzellenz-Universität arbeitet, muss man absurderweise neun bis elf Stunden Lehre absolvieren. Ein Harvard-Professor hat zwei Stunden Lehre. Wir liegen hier mit vier bis fünf Stunden so in der Mitte.

**Spektrum:** Sie haben sich in der Vergangenheit nicht immer positiv über die Forschungsförderung in Deutschland geäußert. Einmal andersherum gefragt: Welche Aspekte der Forschungsförderung in der Schweiz fallen Ihnen denn als positiv und nachahmenswert auf?

**Haug:** Die ETH Zürich ist eine bundesfinanzierte Forschungsuniversität. Deutschland hat mit seinen länderfinanzierten Hochschulen ein etwas anderes, differenzierteres System. Hier in Zürich ist jede Professur wie die Leitung einer kleinen Max-Planck-Gruppe – aber an einer Universität mit einem Ausbildungsauftrag. Da hat Deutschland mit der Exzellenzinitiative einen richtigen Schritt gemacht, wenn auch einen bescheidenen. Die ETH Zürich ist finanziell immer noch deutlich besser ausgestattet als jede deutsche Universität. Die Kritik, die ich nach dem Erhalt des Leibniz-Preises 2007 geäußert habe, richtete sich gegen die programmorientierte Forschung der Helmholtz-Gemeinschaft, die von einer Mehrheit der Helmholtz-Forscher nach wie vor als Behinderung empfunden wird. Es war aber auch eine Art Hilferuf für die unterfinanzierten deutschen Universitäten. Ich denke, dass bei ihnen das größte intellektuelle Potenzial

liegt. Durch eine entsprechende Finanzierung müsste man diese Plattform anheben.

**Spektrum:** Könnten Sie das präzisieren?

**Haug:** Wenn ich einen Vorschlag machen darf: Man verdopple das Budget der Deutschen Forschungsgemeinschaft aus Bundesmitteln! Diese Institution funktioniert ja nach einem Bottom-up-Prinzip, bei dem die Forscher selbst den Zweck der Projekte vorgeben. Ich sehe da in letzter Zeit erfreuliche Entwicklungen. Dazu gehört, dass bei erfolgreichen Projekten nach der Bilanzierung Geldmittel von der DFG als so genannter positiver Overhead an die Universität fließen – das heißt zusätzlich zur Forschungsförderung gehen 20 Prozent an die Hochschule. So kann sich für die Universitäten profilierte Forschung richtig auszahlen.

**Spektrum:** Sie haben mehr als drei Jahre in den USA und Kanada gearbeitet und können vergleichen: Ist die Schweiz in der Forschung besonders stark, weil amerikanischer?

**Haug:** Nun, 63 Prozent der Professoren an der ETH Zürich sind Ausländer, ähnlich wie an den Universitäten der Ivy League in den USA. Einzige Wertmaßstäbe sind die Expertise und ein hohes wissenschaftliches Niveau. In den Erdwissenschaften sprechen wir bei den Kaffeerunden nur Englisch; denn das ist die einzige für alle verständliche Sprache. So lassen sich unterschiedliche Kulturen und wissenschaftliche Ansätze sehr gut integrieren. Die deutsche Forschung ist – mit wenigen bemerkenswerten Ausnahmen – häufig zu deutsch geblieben.

**Spektrum:** Kommen wir zum Schluss zu den aktuellen Veränderungen des Klimas. Manche Geologen und Paläoklimatologen, die lange Zeiträume von teils mehreren Millionen Jahren überblicken, sehen die momentane Erderwärmung relativ gelassen. Wie ist es bei Ihnen?

**Haug:** Mir scheint die Gefahr eher noch größer, als die doch recht konservativen IPCC-Szenarien nahelegen. Dort sind einige Klimaschwellenwerte nicht berücksichtigt worden, bei deren Überschreiten es zu plötzlichen drastischen Änderungen kommen kann. Ich denke, dass die Achillesferse des Klimas die Polarregionen sind, etwa wegen der empfindlichen Meereisbedeckung in der Arktis.

**Spektrum:** Gibt es weitere Aspekte, die Ihnen als Paläoklimatologen in der Diskussion fehlen?

**Haug:** Was praktisch alle Klimamodelle in den Szenarien der Erderwärmung falsch machen, ist der Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre. In den Zirkulationsmodellen verstärkte sich in einer wärmeren Welt die Temperaturschichtung des Ozeans. Das hieße, dass aus dem Meer weniger Kohlendioxid in die Atmosphäre entweichen würde. Nach

## DAS IPCC

Das 1988 gegründete Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) hat als **Organ der Klimarahmenkonvention** die Aufgabe, Ausmaß, Ursachen und Risiken der **globalen Erwärmung** zu beurteilen und mögliche **Gegenmaßnahmen sowie Anpassungsstrategien** vorzuschlagen. Der Ausschuss betreibt selbst keine Wissenschaft, sondern fasst nur die Forschungsergebnisse aus relevanten Fachgebieten zusammen und bewertet sie. Das geschieht in regelmäßig erscheinenden Sachstandsberichten. Der vierte und jüngste solche Report kam 2007 heraus.

»Was praktisch alle Klimamodelle falsch machen, ist der Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre«



den Paläodaten trifft aber das Gegenteil zu. Bei warmem Klima hat sich in den polaren Gebieten stets die Schichtung des Ozeans abgeschwächt, da sie dort hauptsächlich auf einem sehr dünnen Süßwasserdeckel beruht, der in einer wärmeren Welt verschwindet. Dadurch konnte CO<sub>2</sub> leichter an die Oberfläche gelangen und in die Atmosphäre übertreten – eine positive Rückkopplung also. Die IPCC-Modelle enthalten stattdessen eine negative Rückkopplung.

**Spektrum:** Wie beurteilen Sie also die Erderwärmung?

**Haug:** Der Zusammenhang zwischen Treibhausgasen und Klima ist eindeutig. Fest steht auch, dass sich die atmosphärischen Bedingungen in der Erdgeschichte noch nie derart schnell verändert haben. Die Menschheit hat es geschafft, unseren Planeten in einem Jahrhundert um fast ein Grad aufzuheizen. Das ist viel schneller als die Erwärmung am Ende der letzten Eiszeit, als es innerhalb von 3000 Jahren global um etwa vier Grad wärmer wurde. Überhaupt ist nach neuesten Paläoklimadaten die Klimasensitivität gegenüber Treibhausgasen höher als früher gedacht.

**Spektrum:** Können Sie das genauer erläutern?

**Haug:** Im Pliozän, das heißt vor 5,3 bis 2,6 Millionen Jahren, gab es eine eisfreie Nordhalbkugel. Alles andere war wie heute. Den besten CO<sub>2</sub>-Rekonstruktionen zufolge enthielt die Atmosphäre damals 420 ppm, also millionstel Anteile Kohlendioxid. Zum Vergleich: In den letzten Eiszeiten lag der Wert bei 200, in den Warmzeiten zwischen 280 und 300 ppm, aber nie darüber. Menschgemacht haben wir aktuell 380 ppm – das liegt also ganz nah an den 420 ppm im Pliozän. Damals gab es kein Eis auf der Nordhalbkugel, auch nicht auf Grönland. Die Welt war drei Grad wärmer. Ohne CO<sub>2</sub> geht das nicht.

**Spektrum:** Woher wissen Sie das?

**Haug:** Die Erdgeschichte zeigt einfach: Nie waren beide Pole vereist, wenn der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft 360 ppm überstieg. Im warmen Eozän vor 50 Millionen Jahren betrug der CO<sub>2</sub>-Anteil mehr als 2000 ppm. Das war eine ganz eisfreie Welt. Der Zusammenhang zwischen Kohlendioxid und der Temperatur ist in den geologischen Daten eindeutig.

**Spektrum:** Welche Rolle spielt denn die Paläoklimatologie im Konzert der verschiedenen Teildisziplinen der Klimaforschung?

**Haug:** Wir Paläoklimatologen erkennen ganz andere Geschwindigkeiten und Größenordnungen von Klimaänderungen, als sie in den letzten 50 Jahren beobachtbar waren. Außerdem offenbart der historische Blickwinkel Faktoren, welche die heutigen Computermodelle noch nicht abbilden können. Wir Paläo-

klimatologen weisen etwa auf zusätzliche Schwellenwerte hin, die bisher wohl unterschätzt wurden, speziell im Bereich der polaren Ozeane und der Eiskappen. Zum Beispiel kann CO<sub>2</sub> aus dem tiefen Ozean ausgasen, und in der Arktis gibt es den Eis-Albedo-Effekt, der das Abschmelzen des Eises beschleunigt. Dadurch dürfte vor allem der Anstieg des Meeresspiegels sehr viel stärker ausfallen als vom IPCC extrapoliert.

**Spektrum:** Welche Bedeutung haben Hypothesen in der Paläoklimatologie?

**Haug:** Wir machen Messungen und publizieren zunächst nur diese Messergebnisse. Zugleich versuchen wir sie aber – idealerweise anhand eines physikalischen Modells – zu verifizieren und eine passende Interpretation zu finden. Ich stimme die gemessenen Daten immer mit Kollegen ab, die sich mit den physikalischen Modellen auskennen. Eventuell sagen die: »Das ist ja totaler Blödsinn, das kann gar nicht sein – messt noch einmal nach!« So etwas kommt vor allem bei der Entwicklung neuer Proxys vor.

**Spektrum:** Aber eigentlich verwendet man Proxydaten ja umgekehrt, um Modellvorstellungen zu testen.

**Haug:** Richtig, und da kenne ich auch ein nettes Beispiel. Zwei modellierende US-Kollegen hatten die Hypothese aufgestellt, dass die indonesische Meerenge entscheidend für den Wasseraustausch zwischen dem Pazifik und dem Indischen Ozean ist. Als sich durch die Nordverlagerung einer indonesischen Insel die Meerenge öffnete, könnte kälteres pazifisches Wasser in den Indischen Ozean vorgedrungen sein. Das sollte die Zunahme der Trockenheit in Afrika vor 2,7 Millionen Jahren erklären. Anfangs faszinierte mich die Idee. Später fiel mir aber ein, dass es eine Paläo-Zeitreihe von Nick Shackleton gibt, die die Hypothese widerlegt: eine planktische Isotopenkurve. Sie zeigt eine Erwärmung in der Region, keine Abkühlung. Das habe ich einem der amerikanischen Kollegen geschickt. Der meinte: Wenn Shackleton richtig gemessen hat, dann war es das wohl mit unserer Hypothese. So etwas passiert eben.

**Spektrum:** Woran arbeiten Sie ganz aktuell?

**Haug:** Nun, nächste Woche muss dieser Artikel hier heraus zur Begutachtung. Da geht es wieder um die Bedeutung der Polarmeere für den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre. Und dann ist hier der Artikel eines Postdocs zur Klimadynamik vor 3,5 Millionen Jahren. Die dritte Untersuchung dreht sich um die Verbindung von Eisbohrkerndaten mit Monsundaten und Sedimentdaten aus dem Cariacobecken. Da beschreiben wir die Klimaentwicklung in den letzten 100 000 Jahren. <



Sven Titz ist promovierter Meteorologe und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Berlin.

**Haug, G. H. et al.:** Climate and the Collapse of Maya Civilization. In: *Science* 299, S. 1731–1735, 2003.

**Haug, G. H., Tiedemann, R.:** Effect of the Formation of the Isthmus of Panama on Atlantic Ocean Thermohaline Circulation. In: *Nature* 393, S. 673–676, 1998.

**Haug, G. H. et al.:** Role of Panama Uplift on Oceanic Freshwater Balance. In: *Geology* 29, S. 207–210, 2001.

**Yancheva, G. et al.:** Influence of the Intertropical Convergence Zone on the East Asian Monsoon. In: *Nature* 445, S. 74–77, 2007.

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter [www.spektrum.de/artikel/1019957](http://www.spektrum.de/artikel/1019957).