



Durchschnittlich alle vier Jahre gerät das Wettergeschehen in vielen Regionen der Erde gehörig aus dem Gleichgewicht: Im Osten Australiens wird es ungewöhnlich heiß, so dass die Ernte auf den Feldern verdorrt. In Indonesien sind Bäume und Sträucher derart trocken, dass verheerende Waldbrände entstehen. Dagegen kommt es in Peru zu sintflutartigen Regenfällen, die gewaltige Erdbeben auslösen. Bis weit in das 20. Jahr-

der Meeresoberfläche um bis zu 8°C an. Fische finden dann keine Nahrung mehr und verlassen deshalb die Region. Die Erwärmung hält etwa ein Jahr an und bringt immer wieder zahlreiche Fischer um ihre wirtschaftliche Existenz. Da sie etwa zur Weihnachtszeit beginnt, gaben ihr die Betroffenen – nicht ohne Sarkasmus – den Namen El Niño. Heute wissen die Klimaforscher, dass sich während eines El Niño-Ereignisses die oberste

El Niño und La Niña – Forschen an der Klimaschaukel

hundert hinein blieben die Experten ratlos. „Das Wetter spielte weltweit verrückt, und keiner wusste warum“, sagt Mojib Latif vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Erst Mitte der 80er Jahre konnten die Wissenschaftler das Rätsel lösen.

EIN UNLIEBSAMES WEIHNACHTSGESCHENK

Sowohl die Dürrekatastrophen in Australien und Südostasien als auch die Überschwemmungen in Südamerika gehen auf das Konto ein und derselben Klima-anomalie, die längst vor ihrer wissenschaftlichen Erforschung einen Namen hatte: El Niño (spanisch: „das Christuskind“) – so taufte Fischer das Phänomen, das sie seit Jahrzehnten vor der Küste Perus beobachteten. Alle zwei bis sieben Jahre steigt dort die Wassertemperatur

Schicht des gesamten tropischen Pazifiks erwärmt. Nirgendwo sonst konnten sie bisher ähnlich hohe Temperaturschwankungen im Meer innerhalb nur weniger Monate nachweisen. Da zwischen den Ozeanen und der Atmosphäre starke Wechselwirkungen bestehen, beeinflusst El Niño nicht nur das Leben der peruanischen Fischer, sondern das Klima auf der ganzen Welt. Wie diese Wechselwirkungen im Detail aussehen, untersu-



Dürrekatastrophen einerseits und Überschwemmungen andererseits sind die verheerenden Auswirkungen von El Niño.

„EL NIÑO“: DAS SPIEL VON WIND UND MEER

NORMALE WETTERLAGE



EL NIÑO WETTERLAGE



Infolge der ausbleibenden nährstoffreichen Auftriebsströmung weichen die Fische in andere Gewässer aus.

B

© MPI für Meteorologie

▲ Vergleich der normalen Wetterlage mit der El Niño Wetterlage

➔ sehen auch Mojib Latif und seine Kollegen am Hamburger Max-Planck-Institut.

Normalerweise beträgt die Temperatur an der Wasseroberfläche im äquatornahen Ostpazifik rund 20°C, im Westpazifik dagegen etwa 30°C. Die Differenz zwischen diesen Werten spiegelt sich auch im Klima der beiden Regionen wieder. Denn im Westen steigt feuchte Luft über dem warmen Wasser auf; es bildet sich ein Tiefdruckgebiet mit vielen Wolken, die für ergiebige Niederschläge sorgen. In weiten Teilen Südostasiens wächst deshalb tropischer Regenwald. Dagegen sinken über dem vergleichsweise kühlen Ostpazifik trockene Luftmassen ab –

ein Hochdruckgebiet entsteht. Folge sind die küstennahen Wüsten Südamerikas. Aufgrund der unterschiedlichen Luftdrucke beiderseits des Pazifiks wehen die **Passatwinde** längs des Äquators von Osten nach Westen. Dabei „schieben“ sie Meerwasser vor sich her, bis der Meeresspiegel vor Indonesien etwa 60 Zentimeter höher liegt als vor Peru!

DAS WETTER AUF DEN KOPF GESTELLT

Wenn sich während einer El Niño-Phase das Wasser im Ostpazifik erwärmt, wird das Temperaturgefälle zwischen Ost- und Westpazifik kleiner. Dadurch verringert sich auch die Druckdifferenz in der Atmosphäre. Weil der Motor der Passatwinde auf diese Weise erlahmt, die Windrichtung zum Teil sogar dreht, sinkt der Meeresspiegel vor In-

donesien; lange Ozeanwellen transportieren warmes Wasser von Westen nach Osten. Die oberen Schichten des Ostpazifiks erwärmen sich dadurch noch mehr. So entsteht ein Kreislauf, der dafür sorgt, dass das Tiefdruckgebiet, das normalerweise über Südostasien und Australien Regen bringt, nach Osten wandert (**Abb. B**). Die normalen Wetterverhältnisse beiderseits des Pazifiks sind jetzt auf den Kopf gestellt: Im Westen vertrocknen ganze Landstriche, im Osten treiben Regenfälle und Überschwemmungen ihr Unheil. Aber der Einfluss von El Niño reicht noch weiter, über die Pazifikregion hinaus. So sorgt er beispielsweise für Stürme und starken Regen an der Westküste Nordamerikas oder überdurchschnittlich warme Winter in Kanada.

„Während viele Menschen noch unter dem ungewöhnlichen Wetter leiden, geht es El Niño allerdings schon längst an den Krügen“, weiß der Klimaexperte Latif. So schiebt sich zunächst fast unbemerkt eine Kaltwasserzunge, etwa 100 bis 200 Meter unter der Meeresoberfläche, langsam vom Westpazifik in Richtung Osten. Sobald sie vor der Küste Südamerikas die Oberfläche erreicht, beginnt ein neuer Kreislauf – im Vergleich zu El Niño nun allerdings mit umgekehrten Vorzeichen: Der Ostpazifik kühlt ab und sorgt damit letztendlich für eine stärkere Ausprägung der ursprünglichen Klimaverhältnisse. Das Hochdruckgebiet über der Küste Südamerikas sowie das Tiefdruckgebiet über Südostasien werden jeweils kräftiger. In weiten Teilen Südamerikas ist es deshalb noch trockener als in „normalen“ Jahren; in Südostasien und Australien regnet es besonders viel. Die Klimaforscher bezeichnen diesen Zustand als **La Niña** (spanisch: „das Mädchen“), also quasi als kleine Schwester von El Niño.

Die „Luftdruckschaukel“, die sich über dem Pazifik bildet, wenn das Klima zwischen El Niño und La Niña hin und her „schwingt“, wurde übrigens bereits in den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts entdeckt, lange bevor die Wissenschaftler ihre Bedeutung für das Weltklima kannten. Sie erhielt seinerzeit den Namen Southern Oscillation (**Südliche Oszillation, SO**). Da sie als wesentlicher Bestandteil von El Niño gilt, sprechen die Wissenschaftler heute meist vom El Niño/Southern Oszillation-Phänomen oder kurz **ENSO-Phänomen**.



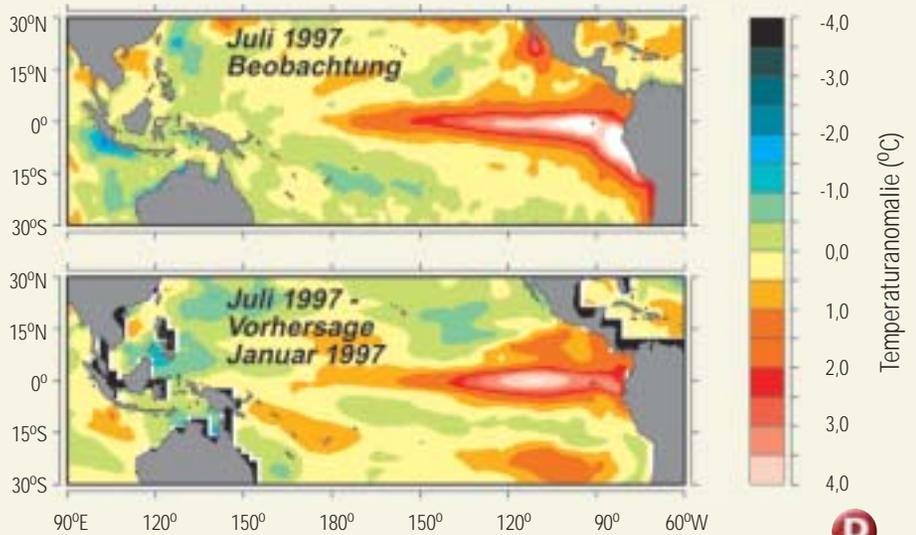
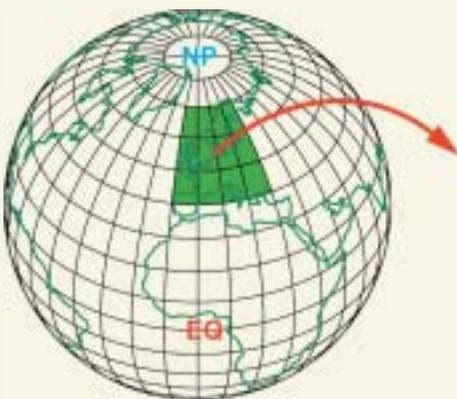
C

▲ Zwei Mechaniker bei Wartungsarbeiten auf einer Messboje im Pazifik

WISSENSCHAFT IM MEER VERANKERT

Zur Erforschung dieses Phänomens haben vor allem amerikanische Wissenschaftler 1985, kurz nach der El Niño-Phase von 1982/83, ein Messnetz aus vielen Bojen innerhalb eines etwa 10.000 Kilometer breiten Gürtels längs des Äquators von Indonesien bis Südamerika installiert. Die Bojen gleichen großen Rettungsringen (Abb. C), die in rund 4000 Meter Tiefe vertäut sind. An den Ankerketten sind Sensoren befestigt, die Temperatur und Strömung in unterschiedlichen Wassertiefen messen. Über der Wasseroberfläche werden Lufttemperatur und Luftbewegungen registriert. Die Daten werden kontinuierlich gesammelt, zu Weltraum gestützten Satelliten gefunkt und dann den Wissenschaftlern weltweit zur Verfügung gestellt. „Wir holen uns etwa alle fünf Tage einen Datensatz aus dem Internet“, erklärt Mojib Latif, der seit

▼ Erstellen von Klimamodellen (die Kantenlänge der Würfel entspricht der räumlichen Auflösung)



D

rund 20 Jahren das ENSO-Phänomen erforscht. Er und seine Hamburger Kollegen haben sich darauf spezialisiert, ausgeklügelte Computermodelle zu entwickeln, mit denen sie das Weltklima, darunter auch El Niño- und La Niña-Ereignisse, simulieren können. „Unser Ziel ist es, das Klimageschehen besser zu verstehen“, sagt Latif. Dabei ist es dem Team zugleich gelungen, die El Niño-Vorhersagen entscheidend zu verbessern: Die Hamburger Klimaforscher waren weltweit die einzigen, die den bisher stärksten El Niño, den „El Niño Grande“ von 1997/98, bereits sechs Monate vor Eintreten der ersten Wetterveränderungen vorhersagen konnten (Abb. D). Das Klimamodell, das sie dabei verwendeten, entwickelten sie gemeinsam mit Kollegen des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage in Reading, England.

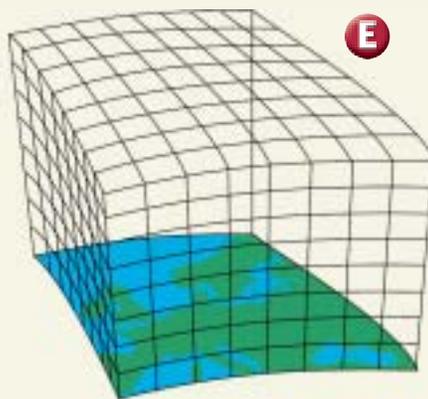
COMPUTER SPIELT MIT WÜRFELN

Ähnlich wie bei der Wettervorhersage, „füttern“ die Forscher ihr Computermodell mit Beobachtungsdaten, beispielsweise den Wasser- und Lufttemperaturen oder den Windgeschwindigkeiten der letzten ein bis zwei Jahre, und berechnen daraus quasi das

▲ Vergleich der vorhergesagten zu den tatsächlich gemessenen Werten während der El Niño-Phase von 1997

„Klima der Zukunft“. Um eine möglichst hohe räumliche Auflösung zu erreichen, teilen sie das Modell der Erde und Atmosphäre zuvor in Würfel (Abb. E). Für jeden einzelnen berechnet der Computer dann – nach den Gesetzen der klassischen Physik – ein „lokales“ Klima. „Da steckt nicht so viel Intelligenz dahinter, sondern vor allem eine wahnsinnig hohe Rechnerleistung“, sagt Mojib Latif. So gesehen bestimmt letztlich der Computer die Genauigkeit der Klimaanalyse. Für eine exakte Abbildung der Natur müssten die Forscher das Modell in unendlich viele kleine Würfel teilen. In diesem Fall würde der Computer dann aber auch unendlich lange benötigen, um das Klima zu berechnen. Die Forscher müssen sich deshalb mit einer räumlichen Auflösung von 250 Kilometern begnügen; und selbst dann braucht der Rechner immer noch 100 Tage, um das Klima für die nächsten 100 Jahre zu simulieren.

Mit mathematischen Näherungen – statt mit exakten Lösungen – müssen die Wissenschaftler auch an anderer Stelle arbeiten. Da von der Temperatur über das Pflanzenwachstum bis hin zur Wolkenbildung oder dem Kohlendioxidgehalt der Luft schier unendlich viele Faktoren das Klima bestimmen, können die Forscher in ihren Berechnungen nur die wichtigsten berücksichtigen. Um die Güte der unterschiedlichen Klimamodelle zu beurteilen, berechnen sie Klimaszenarien der Vergangenheit und vergleichen die Ergebnisse mit den tatsächlichen Beobachtungsdaten. Nur bei ausreichender Übereinstimmung können



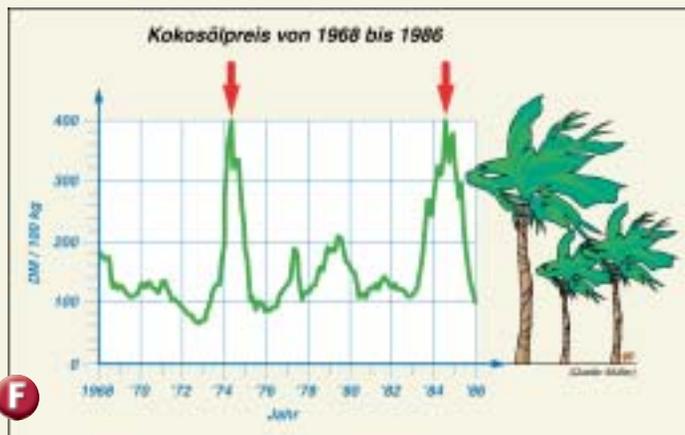
E

→ sie sicher sein, dass ihr Computermodeill auch gut genug für die Prognose zukünftiger Klimaszenarien ist.

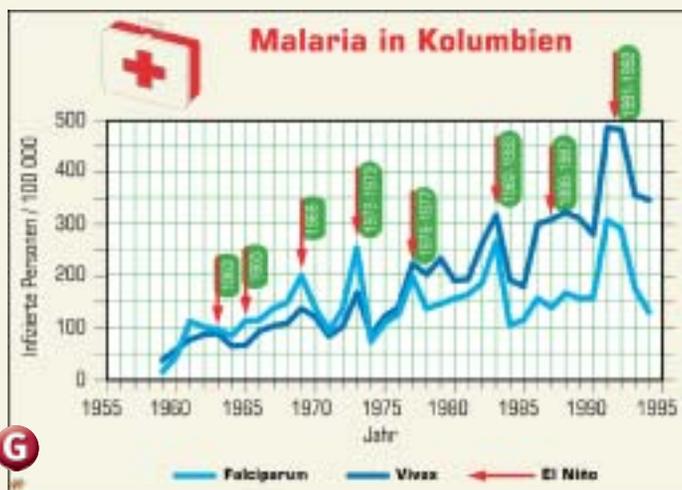
Auf diese Weise erhielten Mojib Latif und seine Kollegen gleichfalls ein detailliertes Klimamodell für Europa. Da sie sich dabei auf einen Erdteil beschränkten, konnten sie eine höhere räumliche Auflösung wählen als bei ihrem globalen Modell. Die hohe Qualität ihrer Simulationen bewiesen die Forscher, indem sie das europäische Klima der letzten 100 Jahre berechneten. „Wir konnten wichtige Klimabeobachtungen des vergangenen Jahrhunderts korrekt reproduzieren, auch zurückliegende El Niño-Ereignisse,“ berichtet Latif. Den Hamburger Wissenschaftlern gelang es erstmals festzustellen, wie El Niño das Wetter in verschiedenen Teilen Europas beeinflusst. Das Ergebnis: El Niño führt zu einer leichten Verschiebung charakteristischer Wetterphänomene. So wandern die meisten Tiefdruckgebiete normalerweise über den nördlichen Teil unseres Kontinents. Während eines El Niño-Ereignisses verschiebt sich ihre Route dagegen nach Süden. In Skandinavien und England regnet es folglich weniger, im Mittelmeerraum dagegen mehr als in anderen Jahren. Im Vergleich zu den Wetterveränderungen beiderseits des Pazifiks sind diese Effekte allerdings gering.

WIRD DIE AUSNAHME ZUR REGEL?

Grundsätzlich handelt es sich bei El Niño um ein uraltes, natürliches Phänomen; das belegen unter anderem Untersuchungen von Eisbohrkernen. Schriftlich überliefert wurden El Niño typische Ereignisse schon seit der Entdeckung Amerikas vor über einem halben Jahrtausend. Mittlerweile beobachten Klimaforscher, dass die gemessenen Schwankungen der Wassertemperaturen im Pazifik innerhalb der letzten 100 Jahre stetig zugenommen haben. Die Frage, die die Forscher vom Max-Planck-Institut für Meteorologie daher besonders interessiert, lautet: Inwieweit beeinflusst der weltweit beobachtete **anthropogene Treibhauseffekt** die Intensität oder Häufigkeit von El Niño-Phasen?



▲ Etwa ein Jahr nach El Niño-Ereignissen steigt der Kokosölpreis. Verantwortlich dafür ist die extreme Dürre in Südostasien, die zu zahlreichen Missernten führt.



▲ El Niño verursacht eine Häufung von Malariafällen. Vivax und Falciparum sind die beiden wichtigsten Erreger dieser Erkrankung.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen El Niño und dem anthropogenen Treibhauseffekt nachweisen zu können, simulierten die Hamburger Forscher den Treibhauseffekt mit dem Klimamodell, mit dem sie bereits den El Niño Grande korrekt vorhergesagt hatten. Die gewählte Zeitspanne reichte von 1860 bis 2100. Bis 1990 konnten sie die tatsächlich gemessenen Treibhausgaskonzentrationen einsetzen, für die Zeitspanne danach wählten sie die von einem internationalen Expertengremium vorhergesagten Werte. Das Ergebnis der Berechnungen: Der Treibhauseffekt verursacht ähnliche Temperaturverschiebungen im Pazifik wie El Niño, nämlich eine Temperaturerhöhung im Ostpazifik und eine Abkühlung im Westpazifik. Adiert man die beiden Effekte, erkennt man sehr schnell, dass El Niño durch den anthropogenen Treibhauseffekt verstärkt, La Niña-Ereignisse dagegen abgeschwächt werden. „Bei weiterhin ungebremstem Anstieg der Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre werden El Niño-ähnliche Zustände

stärker vermehren. Folglich steigt die Zahl der Malariaerkrankten (Abb. G). All dies kann auch die exakteste El Niño-Vorhersage nicht verhindern. Aber es gibt erste Versuche, El Niño-Warnungen in konkrete Vorsorgemaßnahmen umzusetzen: In El Niño-Jahren gibt beispielsweise die peruanische Regierung Empfehlungen, welches Saatgut die Landwirte bevorzugt einsetzen sollen. Dabei handelt es sich um Pflanzensorten, die trotz der zu erwartenden Regenfälle noch relativ gute Ernten versprechen.

Schlagwörter: Passatwinde, La Niña, Südliche Oszillation, ENSO-Phänomen, Klimamodelle, anthropogener Treibhauseffekt

Lesetipp: Stichwort El Niño, Christian Eckert, Heyne-Verlag, 1998.

Internet: www.mpimet.mpg.de, www.noaa.gov

DIE „MAX“-REIHE

auch unter www.max-reihe.mpg.de

BIOMAX, GEOMAX und TECHMAX erscheinen jeweils zweimal im Jahr und berichten über aktuelle Forschungsergebnisse aus den Max-Planck-Instituten vor allem für Lehrer und Schüler. Weitere Exemplare können unter folgender Adresse kostenlos bestellt werden: