

Drachenrücken zeigt Lauf der Sonne

Das älteste Observatorium Amerikas liegt in einem Wüstental im heutigen Peru. Die Menschen beobachteten damit bereits vor 2300 Jahren die Sonne.

Von **Daniel Bächtold**

Generationen von Archäologen haben darüber gerätselt, weshalb Menschen in einem Wüstental nahe der pazifischen Küste vor mehr als 2300 Jahren auf einem Hügelkamm 13 Türme nebeneinander gebaut hatten. Nun präsentieren zwei Forscher eine so einfache wie plausible Erklärung für das seltsame Bauwerk: Die Türme von Chankillo sind Teil des ältesten Sonnenobservatoriums auf dem amerikanischen Doppelkontinent. Demnach haben die Menschen im heutigen Peru bereits 1800 Jahre vor den Inkas den Lauf der Sonne festgehalten und ihren Lebensrhythmus darauf ausgerichtet («Science», Bd. 315, S. 1239).

Die Anlage von Chankillo, rund 400 Kilometer nördlich von Lima, umfasst mehrere Quadratkilometer. Sie entstand während des Untergangs der Chavin-Kultur, als viele Bevölkerungszentren entleert und andere befestigt wurden. Neben dem gezahnten Hügel, der einem Drachenrücken ähnlich sieht, dominiert eine mit drei ringförmigen Mauern umgebene Tempelanlage das Tal (siehe unten). Ob die Mauern der Verteidigung der Kultstätte dienten, ist allerdings in Fachkreisen umstritten. Denn sie haben viele Durchgänge, was die Verteidigung erschwert hätte. Und Halterungen im Mauerwerk legen nahe, dass sich die Tore nur von aussen schliessen liessen.

Zugang über einen schmalen Gang

Vor bald sechs Jahren kam ein Student der amerikanischen Yale University ins Tal, um die Kriegskunst der prähistorischen Bewohner und die Tempelanlage zu studieren. Dabei begann er sich für die 13 Türme auf dem nahen Hügel zu interessieren. «Bereits seit dem 19. Jahrhundert haben Experten darüber spekuliert, dass dieses Bauwerk den Lauf der Sonne oder des Mondes markieren könnte», erklärt Ivan Ghezzi, der heute an einer Universität in Lima tätig ist. «Doch niemand hat sich das genauer angeschaut.»

Zusammen mit dem britischen Archäologen Clive Ruggles von der Uni-



BILD IVAN GHEZZI

Der gezahnte Hügelkamm des Sonnenobservatoriums Chankillo von der Tempelanlage aus gesehen.

versity of Leicester begann Ghezzi die Strukturen auszumessen. Die 13 Türme sind zwischen zwei und sechs Meter hoch und verlaufen in Nord-Süd-Richtung, wobei die drei südlichsten etwas nach Südwesten abgelenkt sind. Von der Ebene aus betrachtet, formt der Hügelkamm einen künstlichen Horizont.

Im Westen, 235 Meter entfernt, stehen die Ruinen einiger Gebäude und Plätze (siehe Bild oben, vorne rechts). Die Forscher interessierten sich besonders für einen schmalen Gang, der an der Südseite eines Hauses geradewegs auf den künstlichen Horizont zuläuft. Am Ende des Ganges ist eine Öffnung, die den Blick auf die Türme freigibt. Im Boden rund um diese Öffnung fanden Ghezzi und Ruggles Keramikgefässe, Muschelschalen und andere Opfergaben. Auf der anderen Seite des Hügels befindet sich ein zweiter Beobachtungspunkt.

Von diesen beiden Punkten aus betrachtet, decken die 13 Türme genau den Lauf

der Sonne ab, wobei die beiden äussersten die Sommer- und Wintersonnenwende markieren. Die Türme auf dem Hügel seien deshalb eindeutig zur Beobachtung des Auf- und Untergangs der Sonne im Jahresverlauf gebaut worden, erklärt Ruggles. Chankillo zeige, dass die damaligen Menschen bereits klare astronomische Vorstellungen hatten.

Markierungen zur Beobachtung der Sonnenbahn benutzten auch die Inkas. Das jedenfalls hielten spanische Chronisten fest, die das Inkareich besuchten. Rund um die Hauptstadt Cuzco hätten Säulen gestanden, mit denen die Eliten den Zeitpunkt ritueller Feste und die Aussaat festgelegt hätten. Von den beschriebenen Säulen fehlt heute allerdings jede Spur.

Vor wenigen Jahren fanden Archäologen dann aber auf der für die Inkas wichtigen Sonneninsel im Títicacasee die Überreste zweier Säulen, die die untergehende Sonne zum Zeitpunkt der Wintersonnenwende eingerahmt hatten. Auf einer Platt-

form vor den Säulen habe jeweils die Elite ihre Zeremonien abgehalten, vermuteten die Wissenschaftler. Das gemeine Volk hatte keinen Zutritt zur Anlage, konnte seinen Führern aber von weiter weg huldigen. Indem sich die Inka-Herrscher ihrem Volk vor dem Hintergrund der untergehenden Sonnen präsentierten, unterstrichen sie ihren Status als «Kinder der Sonne».

Rhythmus des Lebens bestimmen

Mit dem Sonnenobservatorium von Chankillo konnten Ghezzi und Ruggles nun zeigen, dass eine Art Sonnenkult bereits weit mehr als ein Jahrtausend vor den Inkas im südlichen Amerika existiert haben musste. Ausgrabungen in Chankillo brachten kleine Figuren mit offensiven und defensiven Waffen in den Händen ans Licht. Die so dargestellten Krieger trugen diverse Zeichen der Macht, beispielsweise einen Kopfschmuck und Ornamente an Hals, Brust und Ohren. Diese Figuren würden möglicherweise vom Aufstieg einer Kriegerkaste erzählen, so vermuten die Archäologen. Die Macht sei zentralisiert und in den Händen einer kleinen Elite konzentriert worden.

Und nur wenige Auserwählte dieser Elite hatten wahrscheinlich Zugang zu der Öffnung am Ende des schmalen Ganges. Mit Hilfe des gezahnten Hügelkamms konnten sie den Lauf der Sonne «kontrollieren» – und damit über das Leben ihrer Untertanen bestimmen. Sie legten so den Zeitpunkt der religiösen Feste und Zeremonien und den Arbeitsrhythmus der Bauern fest. Mit dem Sonnenobservatorium von Chankillo legitimierte die Elite ihre Macht.

Düsteres Bild des Klimawandels

New York. – Der zweite Teil des Klimaberichts des Uno-Klimaexpertenrates IPCC zeichnet ein düsteres Bild des Klimawandels und seiner Folgen. Selbst mit einer deutlichen klimapolitischen Wende liessen sich die schwer wiegenden Folgen des Klimawandels bestenfalls abmildern. Allein in Europa könnten bis 2080 bis zu 2,5 Millionen Menschen an den Küsten von Überflutungen betroffen sein, heisst es im Schlussentwurf der Zusammenfassung, die anfangs April durch die Mitgliedstaaten abgesegnet werden muss. Ein schnelles Umsteuern sei nötig, könne aber nicht mehr verhindern, dass die globale Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100 um 0,6 Grad steigen werde, berichtete die «Financial Times Deutschland» unter Berufung auf die Ergebnisse der Uno-Studie.

Von den Folgen am betroffen seien alle Weltregionen. Deutlich zeigten sich die Veränderungen durch die Schnee- und Eisschmelze in Arktis und Antarktis sowie bei Gletschern. Kleine Gletscher würden in Europa vermutlich ganz verschwinden, grosse um bis zu 70 Prozent schrumpfen. Zudem rechnet der Uno-Klimarat fest mit steigenden Zahlen von Todesfällen und Erkrankungen durch Hitzewellen, Überschwemmungen, Unwetter und Dürren. Die Waldbrandgefahr in Nordamerika soll stark zunehmen. Weiter drohe ein empfindlicher Verlust an biologischer Vielfalt. Für 20 bis 30 Prozent aller Arten bestehe ein hohes Risiko der Auslöschung, sollte die globale Durchschnittstemperatur um etwa zwei Grad Celsius verglichen mit dem Stand von 1990 steigen.

Für Uno-Generalsekretär Ban Ki-Moon ist der Klimawandel für die Menschheit eine ebenso grosse Bedrohung wie Kriege. Er werde über dieses wichtige Thema im Juni mit den Führern der sieben führenden Industrienationen und Russlands beim G-8-Gipfel in Deutschland sprechen. Die USA fordert er auf, eine Führungsrolle im Klimaschutz zu übernehmen. (SDA/DPA)

Vogelgrippe im Museum

Frauenfeld. – Das Naturmuseum Frauenfeld macht die Vogelgrippe in einer kleinen Ausstellung zum Thema. Sie informiert knapp und sachlich über den öffentlichen Umgang mit der Tierseuche, um ein Übergreifen auf den Menschen möglichst zu verhindern. Dabei lässt sie auch Kuriositäten nicht aus. So ist unter den Exponaten auch ein Vogelgrippe-Schnelltest-Set, das ein deutscher Hersteller auf den Markt geworfen hat und das wie ein Schwangerschaftstest funktioniert. (AP)

Wein verlängert Leben

Wageningen. – Ein Glas Wein pro Tag senkt im Vergleich zur Abstinenz das Sterberisiko durch Herzerkrankungen um fast die Hälfte. Das ist das Resultat einer Untersuchung der Universität Wageningen von 1400 niederländischen Männern, die zwischen 1900 und 1920 geboren wurden. Auch die Lebenserwartung von Männern, die andere alkoholische Getränke als Wein massvoll konsumierten, war noch um 1,6 Jahre höher als jene von Abstinenzlern. (AP)



BILD NATIONAL AERIAL SERVICE, PERU

Die befestigte Tempelanlage von Chankillo.



IA.Cra.Mib

Umweltbelastung pro Autogewicht einstufen

Zürich. – Die Strategien des Bundes, die CO₂-Emissionen aus Treibstoffen zu reduzieren, haben bisher wenig gewirkt – weder die Vereinbarung mit den Schweizer Automobilimporteuren, Energie sparende Neuwagen zu fördern, noch die Energieetikette für Neufahrzeuge. Die Emissionen sind in den letzten 15 Jahren um mehr als 7 Prozent gestiegen. So würden Anreize wie Bonus-Malus-Systeme an Bedeutung gewinnen, heisst es in einer ETH-Mitteilung. Es scheint zwar nahe liegend, den durchschnittlichen Benzinverbrauch als Kriterium für eine Belohnung oder steuerliche Belastung festzulegen. Untersuchungen einer ETH-Forschungsgruppe zeigten aber, dass damit zahlungskräftige Käufer nicht erreicht würden. Gerade die Autos dieses Käufersegments hätten aber ein hohes CO₂-Reduktionspotenzial. Diese Käuferschicht sei auch zu gewissen Verhaltensänderungen bereit. Man müsse ihr also etwas entgegenkommen. Die Forscher schlagen deshalb vor, die Umweltbelastung pro Gewicht zu betrachten. Das heisst: Grössere Autos dürfen mehr CO₂ ausstossen, können aber trotzdem als energieeffizient eingestuft werden. So könnten alle vom Anreiz profitieren. (ml) *Hybride sind top, Biogas ist besser, Seite 25*

Das ganze Ausmass des Treibhauseffektes ist sichtbar

Die Luftverschmutzung hat lange Zeit die Erde gekühlt und damit die tatsächliche Erderwärmung kaschiert. Mit dem Fortschritt in der Lufthygiene änderte sich das.

Von **Martin Läubli**

Ungewöhnlich ist die Kurve der durchschnittlichen Temperatur der letzten vierzig Jahre auf dem Land: Ein unauffälliger Verlauf von 1960 bis in die 1980er-Jahre. Dann ein deutlicher Anstieg in den letzten zwanzig Jahren. «Heute zeigt sich das ganze Ausmass des Treibhauseffektes», sagt Martin Wild vom Institut für Atmosphären- und Klimawissenschaften an der ETH Zürich. Seit 1960 ist es auf dem Land durchschnittlich um 0,8 Grad wärmer geworden.

Seit Jahren spekulieren Klimaforscher, wie stark die Luftverschmutzung die Wärmewirkung des Treibhauseffektes kaschiert. Unbestritten ist: Russ und Salze aus den Auspuffen der Autos und den Schornsteinen der Fabriken und Wohnhäuser kühlen die Erdoberfläche ab, weil

sie weniger Sonnenlicht auf die Erdoberfläche lassen. Doch das Ausmass dieser «Verdunkelung» konnten die Forscher bis heute nur grob schätzen. Martin Wild und Kollegen der ETH Zürich liefern nun erstmals konkrete Resultate: «Die Luftverschmutzung hat zwischen 1958 und 1985 die Wirkung des Treibhauseffektes um etwa 60 bis 70 Prozent gedämpft».

Die ETH-Forscher untersuchten die durchschnittlichen Höchsttemperaturen am Tag und die niedrigsten Temperaturen in der Nacht zwischen 1958 und 2002 auf dem Land. Anhand dieser beiden Werte konnten sie den Einfluss der veränderten Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche von der Wirkung des Treibhauseffektes trennen. Denn: Am Tag hat die Sonne den grössten Einfluss auf die Temperaturen, in der Nacht hingegen ist der Wärmerückhalt der Atmosphäre – diktiert durch den Treibhauseffekt – massgebend. Die Informationen dazu lieferte eine umfassende Datenbank der britischen University of East Anglia. Seit dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1958 gibt es zudem zuverlässige Messungen der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche.

Die Resultate machen deutlich: Zwischen 1958 und 1985 sanken die Höchsttemperaturen am Tag, während die nied-

rigsten Werte in der Nacht um 0,1 Grad Celsius pro zehn Jahre anstiegen. Im Vergleich: Die Erwärmung über den ganzen Tag gemittelt betrug in dieser Zeitperiode nur 0,036 Grad pro Dekade.

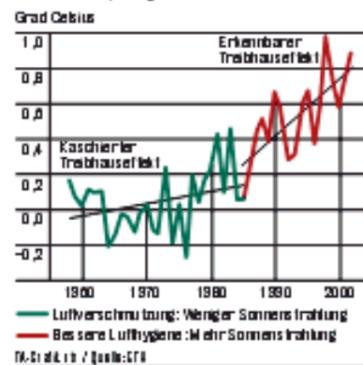
Seit 1985 ist nun eine Trendumkehr erkennbar: Die höchsten Tagestemperaturen steigen in gleichem Masse wie die niedrigsten Temperaturen in der Nacht: um 0,38 Grad pro Dekade. «Sicher mehr als 0,2 Grad sind auf den Treibhauseffekt zurückzuführen», sagt Martin Wild.

Sonne strahlt nicht stärker

Ausgeschlossen ist, dass die Sonne stärker strahlt. Die Ergebnisse der Satellitenauswertung des Weltstrahlungszentrums in Davos zeigen: Die Strahlkraft der Sonne hat sich in den letzten 25 Jahren nicht spürbar verändert. Dafür machen sich die Fortschritte in der Lufthygiene bemerkbar. Seit Anfang der 90er-Jahre, so zeigte ebenfalls eine ETH-Studie vor zwei Jahren, wird es auf der Erde wieder heller. In Europa sind das die Früchte der Massnahmen gegen die Luftverschmutzung. Über Zentral- und Osteuropa ist dieser Trend bereits seit Mitte der 1980er-Jahre messbar. Dort schwächt die Wirtschaft seit dem Zerfall des kommunistischen Sys-

Temperaturen auf dem Land

Durchschnittliche Temperaturänderung auf der Erdoberfläche, bezogen auf Mittelwert von 1960



tems. Entsprechend ist die Luft weniger belastet. Für ETH-Forscher Martin Wild ist deshalb nun die ganze Tragweite des Treibhauseffektes sichtbar. Eine Kaschierung durch eine veränderte Sonneneinstrahlung wegen der Luftverschmutzung sei nur noch marginal vorhanden. Die Lufthygiene zeige Erfolg, umso wichtiger sei nun, dass der Klimaschutz greife.