Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: - (1991)

Heft: 12

Artikel: Atome einzeln abgezählt

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-967846

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Atome einzeln abgezählt

Sie blättern im Geschichtsbuch der Natur und entlarven kunsthandwerkliche Fälschungen – die Datierungsspezialisten an der ETH Zürich. Sie haben schon das Alter des berühmten «Leintuchs Christi» sowie der «Schriftrollen vom Toten Meer» bestimmt. Jetzt wollen sie sogar die Zeitpunkte der grossen Klimaschwankungen ermitteln.

Im Herbst 1988 ging die Meldung durch die Presse, dass drei Laboratorien auf der Welt beauftragt worden waren, das Alter des berühmten «Grabtuchs von Turin», jenes Leintuchs, in das der Leichnam Christi eingewickelt gewesen sein soll, zu bestimmen. Das Tuch weist Abdrücke eines bärtigen und blutbefleckten Mannes auf, und seit langem stellte sich die Frage, ob es sich dabei um eine heilige Reliquie oder um eine raffinierte mittelalterliche Fälschung handelt. Die Antwort der drei Labors war eindeutig: das Textilgewebe stammt vom Ende des 13. oder vom Anfang des 14. Jahrhunderts; das «Grabtuch» ist ein Kunstfabrikat.

Warum aber hat man so lange mit der Datierung zugewartet, obwohl doch Historiker und Naturwissenschafter seit mehr als 20 Jahren in dieser Sache Klarheit schaffen wollten? Weil man für die Altersbestimmung mit der herkömmlichen Radiokarbonmethode ein grosses Stück des Leintuchs hätte verbrennen müssen. Dank einer neuen Messmethode brauchte man diesmal aber nur noch Stoffproben von Briefmarkengrösse.

An der Entwicklung dieser Methode ist die Gruppe von Prof. Willy Wölfli massgeblich beteiligt; ihr gehören Physiker der ETH Zürich und des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) in Villigen/AG an. Seit ihrer Analyse des Grabtuchs bekamen sie eine ganze Reihe weiterer Kulturgüter zur Untersuchung in ihrem ETH-Labor am Hönggerberg (ZH). Zum Beispiel kleine Lederstückchen, die von vierzehn Schriftrollen vom Toten Meer stammen. So konnte in diesem Frühjahr nach vier Jahrzehnten Ungewissheit bestätigt werden, dass diese Funde tatsächlich 2000 Jahre alt oder sogar noch älter sind. Die Ungenauigkeit beträgt dabei nur dreissig Jahre.

Photos: ETHZ

Die Gruppe von Prof. Willy Wölfli vor dem Teilchenbeschleuniger. Auf dem Bild ist nur ein Teil der riesigen Apparatur zu sehen, mit der man die Atome einzeln zählen kann.

Möglich werden solche präzisen Aussagen aufgrund folgender Technik: Ein Kohlenstoff-14-Atom enthält zwei Neutronen mehr als Kohlenstoff-12, die häufigste Form. Ausserdem ist Kohlenstoff-14 radioaktiv. Die herkömmliche Datierungsmethode bestand daher darin, zunächst die Gesamtmenge des in einer Probe vorhandenen Kohlenstoffs und dann die Zerfallsrate des Kohlenstoffs-14 zu messen. Je weniger Zerfallsereignisse (im Verhältnis zur Gesamtmenge) noch stattfinden, desto älter ist die Probe. Um aber eine einigermassen exakte Schätzung vornehmen zu können, braucht man mehrere Gramm Holz, Leder, Gewebe oder Papier; das heisst, man müsste gleich mehrere Seiten eines Buchs oder einen beträchtlichen Teil eines Leintuchs verbrennen.

Wenn sich die ETH/PSI-Forscher mit einigen Milligramm Kohlenstoff begnügen, so deshalb, weil sie sich für den Zerfall gar nicht interessieren. Stattdessen zählen sie die Atome einzeln und separat, je nachdem ob es sich um Kohlenstoff-12 oder Kohlenstoff-14 handelt. Aus dem Mengenverhältnis beider Sorten lässt sich dann das Alter des betreffenden Materials errechnen.

Um diese Zählung vorzunehmen, braucht es allerdings eine ziemlich komplizierte Anlage, die in einem 40 Meter langen Labor untergebracht ist. Dazu gehören u.a. ein Teilchenbeschleuniger, lange Stahlröhren, starke Magnete und ganze Wände von elektronischen Geräten, die untereinander durch wirre Kabelstränge verbunden sind.

Beim blossen Betrachten der Anlage wird klar, dass die Methode – genannt *AMS (Accelerator Mass Spectroscopy)* – alles andere als leicht aufzubauen war. Zehn Jahre hat Prof. Wölflis Gruppe daran gearbeitet. Jetzt kann man damit nicht nur Kohlenstoff, sondern auch Beryllium, Alu-

minium und Chlor messen, die ebenfalls zu den Elementen gehören, von denen es in der Natur radioaktive Isotope gibt. Für die Forschung tut sich so eine phantastische Vielfalt von Möglichkeiten auf, und dabei geht es um Fragen von grundlegender Bedeutung für die Zukunft – zum Beispiel: «Wieviel Kohlendioxid (CO_2) sind die Weltmeere in der Lage aufzunehmen?» Mit anderen Worten: Wann wird die Belastung der Atmosphäre durch Industrie, Verkehr und andere menschliche Einwirkungen derart zunehmen, dass die Durchschnittstemperatur um ein paar Grade steigt – und eine Katastrophe eintritt?

Um hierzu eine Aussage machen zu können, müssen die Wissenschafter zunächst verstehen, wie der Kohlenstoffaustausch zwischen Atmosphäre, Meer und Lebewesen funktioniert. Das lässt sich am besten aus den Störungen ersehen, die den Austauschprozess in der Vergangenheit beeinträchtigt haben. Zu diesem Thema gibt es nämlich sozusagen natürliche Archive: winzige Luftbläschen, die seit bis zu 100 000 Jahren in den polaren Eismassen eingeschlossen sind, oder das Wasser am Grund der Ozeane, das seit Jahrhunderten nicht von dort aufgestiegen ist; indem man dort die Anteile von Kohlenstoff-14 und Beryllium-10 bestimmt, kann man erschliessen, mit welcher Geschwindigkeit das Meer durchmischt wird.

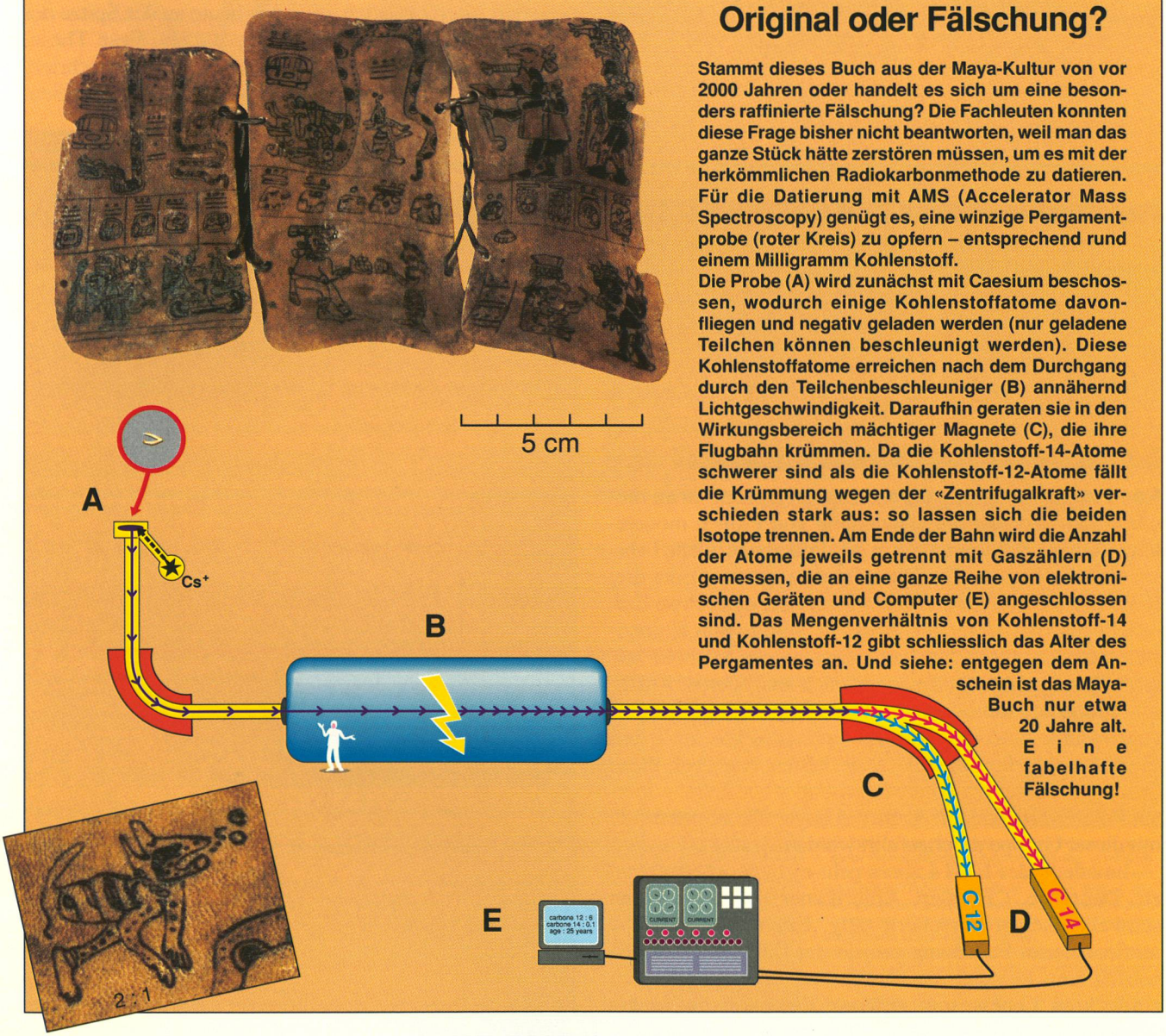
Noch tiefer, im Meeresboden, befinden sich jahrtausendealte «Skelette» einzelliger Lebewesen; durch ihre Datierung können die Forscher ermitteln, wann jene abrupten Temperaturschwankungen eingetreten sind, die zum Aussterben bestimmter Arten führten. Das geschah jeweils, als die Meeresströmungen änderten und das Klima auf den

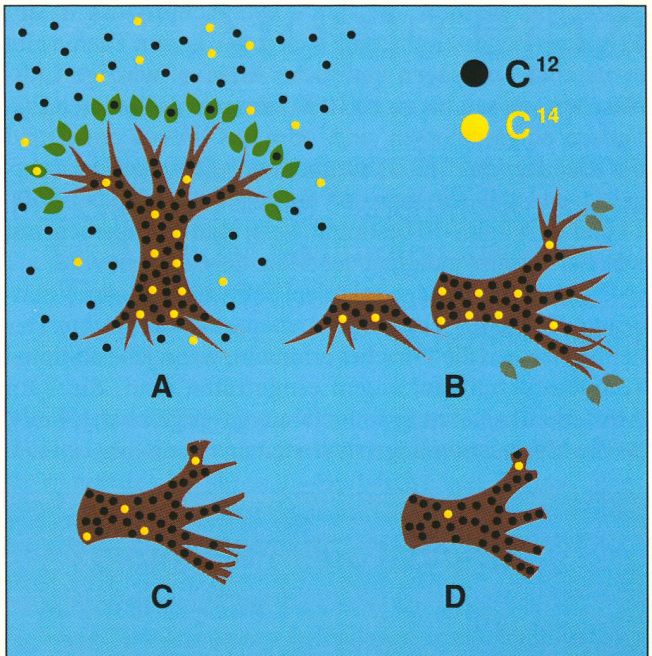
Weiter auf S.14

Original oder Fälschung?

Stammt dieses Buch aus der Maya-Kultur von vor 2000 Jahren oder handelt es sich um eine besonders raffinierte Fälschung? Die Fachleuten konnten diese Frage bisher nicht beantworten, weil man das ganze Stück hätte zerstören müssen, um es mit der herkömmlichen Radiokarbonmethode zu datieren. Für die Datierung mit AMS (Accelerator Mass Spectroscopy) genügt es, eine winzige Pergamentprobe (roter Kreis) zu opfern – entsprechend rund einem Milligramm Kohlenstoff.

Die Probe (A) wird zunächst mit Caesium beschossen, wodurch einige Kohlenstoffatome davonfliegen und negativ geladen werden (nur geladene Teilchen können beschleunigt werden). Diese Kohlenstoffatome erreichen nach dem Durchgang durch den Teilchenbeschleuniger (B) annähernd Lichtgeschwindigkeit. Daraufhin geraten sie in den Wirkungsbereich mächtiger Magnete (C), die ihre Flugbahn krümmen. Da die Kohlenstoff-14-Atome schwerer sind als die Kohlenstoff-12-Atome fällt die Krümmung wegen der «Zentrifugalkraft» verschieden stark aus: so lassen sich die beiden Isotope trennen. Am Ende der Bahn wird die Anzahl der Atome jeweils getrennt mit Gaszählern (D) gemessen, die an eine ganze Reihe von elektronischen Geräten und Computer (E) angeschlossen sind. Das Mengenverhältnis von Kohlenstoff-14 und Kohlenstoff-12 gibt schliesslich das Alter des Pergamentes an. Und siehe: entgegen dem Anschein ist das Maya-Buch nur etwa 20 Jahre alt. Eine fabelhafte Fälschung!





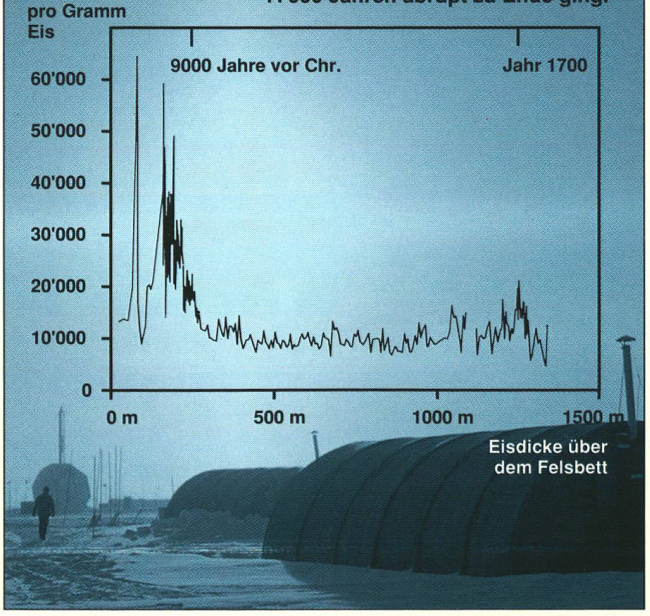
Unausgesetzt trifft kosmische Strahlung auf die oberen Schichten der Atmosphäre. Durch die Kollision mit Luftmolekülen bildet sich laufend radioaktiver Kohlenstoff-14, der ein wenig schwerer ist als der normale Kohlenstoff-12. Kohlenstoff-14 hat eine Halbwertszeit von 5730 Jahren. Das heisst, wenn man heute ein Gramm davon aufhebt, dann wird in 5730 Jahren nur noch ein halbes Gramm übrig sein.
Genauso wie Kohlenstoff-12 wird auch Kohlenstoff-14 von allen Lebewesen, seien es Pflanzen oder Tiere, aufgenommen. Der Kohlenstoff-14-Anteil beträgt dabei etwa ein Billionstel des gesamten Kohlenstoffs. Solange der Organismus lebt, erneuert er diesen einprozentigen Anteil laufend. Nach dem Tod aber hört der Austausch auf und die Kohlenstoff-14-Menge wird allmählich abnehmen – im Verhältnis zum Kohlenstoff-12-Anteil, der ja nicht zerfällt.

Kontinenten nachhaltig durcheinanderbrachten. In all diesen Fällen bedeutet die Gewinnung von Proben monatelange Arbeit: Tiefbohrungen in den Polkappen, weite Fahrten über die Ozeane. Der Ertrag besteht aus zwei oder drei Kilos Eis, einigen Litern Meerwasser oder einer Prise Einzeller – das heisst: nicht einmal ein Milligramm Kohlenstoff oder Beryllium. Nur mit einer einzigen Methode lassen sich so geringe Stoffmengen noch analysieren: AMS.

Allein auf dem Sektor «Klimaforschung» gibt es gegenwärtig rund ein Dutzend Grossprojekte. Zu ihnen gehören auch die vor rund zehn Jahren von Prof. Hans Oeschger und seinen Mitarbeitern an der Uni Bern initiierten Polareisprojekte, die seither in enger Zusammenarbeit mit dieser Gruppe durchgeführt werden.

Innerhalb des ETH-Labors geht es recht international zu: Deutsche, Chinesen, Amerikaner sind hier neben schweizerischen Forschern tätig. Ein von der NASA mitfinanziertes Forschungsprojekt der Universität Florida betrifft zum Beispiel die ältesten auf unserem Planeten entdeckten Lebewesen: gewisse Flechten, die in die antarktischen Felsen eingeschlossen sind, wo man jegliche Vegetation für ausgeschlossen hielt. Mit Hilfe des AMS konnte eine erste annähernde Altersbestimmung dieser sonderbaren Organismen vorgenommen werden: sie leben seit mindestens 600 Jahren sozusagen in Zeitlupe.

Ein anderes Forschungsprojekt betrifft das exakte Alter der ägyptischen Pyramiden. Zu diesem Zweck untersuchten die Wissenschafter hauptsächlich die winzigen im Mörtel eingeschlossenen Pflanzenteile. Dabei stellte sich heraus, dass alle zwischen der 2. und der 6. Dynastie errichteten Pyramiden durchweg 400 Jahre älter sind als bisher angenommen. Ausserdem ergab die Analyse von Proben der grossen Cheopspyramide, dass der an der Pyramidenspitze befindliche Mörtel älter ist als der weiter unten verwendete. Wahrscheinlich waren diese Bauwerke ursprünglich stufenförmig errichtet und erst danach geglättet worden – und zwar von oben beginnend. Die polierten Marmorplatten, die noch heute an der Spitze der Cheopspyramide vorhanden sind, stützen diese These. Herodot hatte also recht, als er vor 2400 Jahren schrieb, dass die Pyramiden von oben her verkleidet worden seien.

J. Schwander

Genauso wie Kohlenstoff-14 ist auch Beryllium-10 ein radioaktives Isotop, das ständig in den oberen Schichten der Atmosphäre entsteht. Seine Halbwertszeit beträgt 1,6 Millionen Jahre. Nach dem Aufenthalt in der Luft schlägt es sich mit Regen oder Schnee auf der Erde nieder. Jedes Gramm Polareis enthält davon ein paar tausend Atome – eine winzige Menge, die nur mit AMS messbar ist, wenn man über wenig Eis verfügt. Die Kurve zeigt die Konzentration von Beryllium-10 in einer anderthalb Kilometer tief reichenden Bohrprobe, die auf Grönland (Camp Century) entnommen wurde. Bei der Analyse stellte sich heraus, dass in der Eisschicht, die 250 Meter über dem Felskern (mehr als einen Kilometer unter der Oberfläche) lagert, eine starke Berylliumkonzentration anzutreffen ist. Sie lässt auf eine schwache Sonnenaktivität während der letzten Eiszeitschliessen, die vor 11 000 Jahren abrupt zu Ende ging.