

**Press release****Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zürich)****Hochschulkommunikation**

01/19/2021

<http://idw-online.de/en/news761443>Research results, Transfer of Science or Research  
Physics / astronomy  
transregional, national**ETH** zürich**Sonnenaktivität über ein Jahrtausend rekonstruiert**

**Ein internationales Forschungsteam unter Leitung der ETH Zürich hat aus Messungen von radioaktivem Kohlenstoff in Baumringen die Sonnenaktivität bis ins Jahr 969 rekonstruiert. Die Ergebnisse helfen der Forschung, die Sonnendynamik besser zu verstehen und erlauben eine genauere Datierung organischer Materialien mit der C<sub>14</sub>-Methode.**

Was in der Sonne vorgeht, lässt sich nur indirekt beobachten. Sonnenflecken zum Beispiel geben Aufschluss über den Grad der Sonnenaktivität – je mehr Flecken auf der Sonnenoberfläche sichtbar sind, desto aktiver ist unser Zentralgestirn in seinem Innern. Auch wenn Sonnenflecken bereits seit dem Altertum bekannt sind, wurden sie doch erst seit Erfindung des Fernrohrs vor etwa 400 Jahren im Detail dokumentiert. Seitdem weiss man beispielsweise, dass sich die Zahl der Flecken in regelmässigen Elbjahreszyklen ändert und dass es darüber hinaus lang andauernde Phasen von starker und schwacher Sonnenaktivität gibt, die sich auch im irdischen Klima niederschlagen.

Wie sich die Sonnenaktivität allerdings vor Beginn dieser systematischen Aufzeichnungen entwickelt hat, liess sich bislang nur schwer nachvollziehen. Ein internationales Forschungsteam unter Leitung von Hans-Arno Synal und Lukas Wacker am Labor für Ionenstrahlphysik der ETH, an dem unter anderem das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen und die schwedische Universität Lund beteiligt waren, hat nun mithilfe von Messungen des Gehalts an radioaktivem Kohlenstoff in Baumringen den Elbjahreszyklus der Sonne bis ins Jahr 969 zurückverfolgt. Gleichzeitig haben die Forschenden damit eine wichtige Datenbasis zur genaueren Altersbestimmung mit der C<sub>14</sub>-Methode geschaffen. Ihre Ergebnisse wurden kürzlich im Fachjournal *Nature Geoscience* veröffentlicht.

**Sonnenaktivität aus Baumringen**

Um die Sonnenaktivität über ein Jahrtausend mit einer extrem guten zeitlichen Auflösung von nur einem Jahr zu rekonstruieren, nutzten die Wissenschaftler Baumring-Archive aus England und der Schweiz. In diesen Baumringen, deren Alter sich präzise durch Zählen der Ringe bestimmen lässt, befindet sich ein winzig kleiner Teil an radioaktivem Kohlenstoff C<sub>14</sub>, wobei von 1000 Milliarden Atomen nur etwa eines radioaktiv ist. Aus der bekannten Halbwertszeit dieses C<sub>14</sub>-Isotops – etwa 5700 Jahre – lässt sich dann auf den radioaktiven Kohlenstoffgehalt schliessen, der sich zum Zeitpunkt der Bildung eines Jahresrings in der Erdatmosphäre befand. Da radioaktiver Kohlenstoff hauptsächlich von kosmischen Teilchen gebildet wird, die wiederum vom Magnetfeld der Sonne mehr oder weniger von der Erde ferngehalten werden – je aktiver die Sonne, desto besser schirmt sie die Erde ab –, lässt sich aus einer Änderung des C<sub>14</sub>-Gehalts in der Atmosphäre auf die Sonnenaktivität schliessen.

**Bessere Ergebnisse durch moderne Nachweismethoden**

Genauere Messungen der Änderung dieses ohnehin sehr kleinen Gehalts gleichen allerdings der Suche nach einem Staubkorn auf einer Nadel in einem riesigen Heuhaufen. «Die einzigen Messungen dieser Art wurden in den 80er und 90er Jahren gemacht», sagt Lukas Wacker, «allerdings nur für die letzten 400 Jahre und mit der extrem aufwendigen Zählmethode». Bei dieser Methode werden die radioaktiven Zerfallsereignisse von C<sub>14</sub> in einer Probe mit einem

Geigerzähler direkt gezählt, wozu man vergleichsweise viel Material und, wegen der langen Halbwertszeit von  $C_{14}$ , noch mehr Zeit braucht. «Mit der modernen Beschleuniger-Massenspektrometrie konnten wir nun mit einer tausendmal kleineren Jahresringprobe in wenigen Stunden den  $C_{14}$ -Gehalt auf etwa ein Promille genau bestimmen», ergänzt Nicolas Brehm, der als Doktorand für diese Analysen verantwortlich ist.

Bei der Beschleuniger-Massenspektrometrie werden die zunächst elektrisch aufgeladenen  $C_{14}$ - und  $C_{12}$ -Atome (der «normale», nichtradioaktive Kohlenstoff;  $C_{14}$  dagegen enthält in seinem Kern zwei Neutronen mehr) des Baummaterials mit einer Spannung von mehreren Tausend Volt beschleunigt und dann durch ein Magnetfeld geleitet. In diesem Magnetfeld werden die unterschiedlich schweren Kohlenstoffisotope verschieden stark abgelenkt und können so getrennt gezählt werden. Um aus diesen Rohdaten schliesslich die gewünschten Informationen über die Sonnenaktivität zu bekommen, müssen die Forscher diese anschliessend noch einer aufwendigen statistischen Analyse unterziehen und mittels Computermodellen aufarbeiten.

#### Regelmässiger Elfjahreszyklus über ein Jahrtausend

Dieses Vorgehen erlaubte es den Forschern, die Sonnenaktivität von 969 bis 1933 lückenlos zu rekonstruieren. Daraus konnten sie sowohl die Regelmässigkeit des Elfjahreszyklus über ein Jahrtausend bestätigen als auch die Tatsache, dass die Amplitude dieses Zyklus (also die Stärke des Ausschlags der Sonnenaktivität nach oben und unten) bei lang andauernden solaren Minima ebenfalls kleiner ist. Solche Erkenntnisse sind wichtig für ein besseres Verständnis der inneren Dynamik der Sonne. Die Messdaten erlaubten es auch, das solare Ereignis mit energetischen Protonen aus dem Jahr 993 zu bestätigen. Bei einem solchen Ereignis führen stark beschleunigte Protonen, die während einer Sonneneruption zur Erde gelangen, zu einer leichten Überproduktion von  $C_{14}$ . Darüber hinaus fand das Forschungsteam Anzeichen zweier weiterer, bislang unbekannter Ereignisse in den Jahren 1052 und 1279. Dies könnte darauf hindeuten, dass solche Ereignisse – die elektronischen Schaltkreise auf der Erde und in Satelliten empfindlich stören können – häufiger auftreten als bisher angenommen.

#### Genauere Datierung mit der $C_{14}$ -Methode

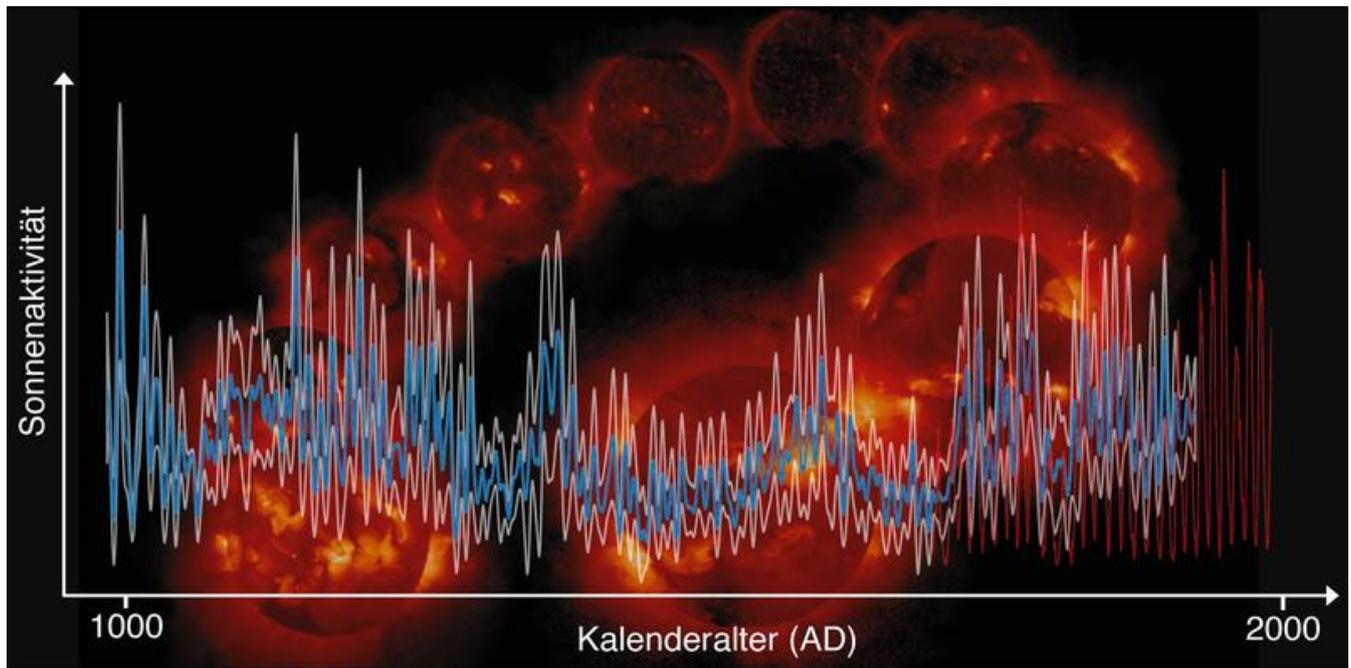
Da Baumring-Archive für die letzten 14'000 Jahre existieren, wollen die Forscher mit ihrer Methode demnächst die jährlichen  $C_{14}$ -Konzentrationen bis zum Ende der letzten Eiszeit bestimmen. Gleichsam als Zugabe können die Daten der neuen Studie in Zukunft für eine viel genauere Datierung organischer Materialien mit der  $C_{14}$ -Methode verwendet werden und sind bereits in die neue Ausgabe der international anerkannten Radiokarbon-Kalibrierkurven (IntCal) eingeflossen. «Zuvor war die ETH an dieser Referenzdatenbasis nicht beteiligt gewesen», sagt Lukas Wacker, «doch nun haben wir mit unseren Ergebnissen auf einen Schlag ein Drittel der Messwerte beigesteuert.»

contact for scientific information:

Lukas Wacker, wackerl@ethz.ch

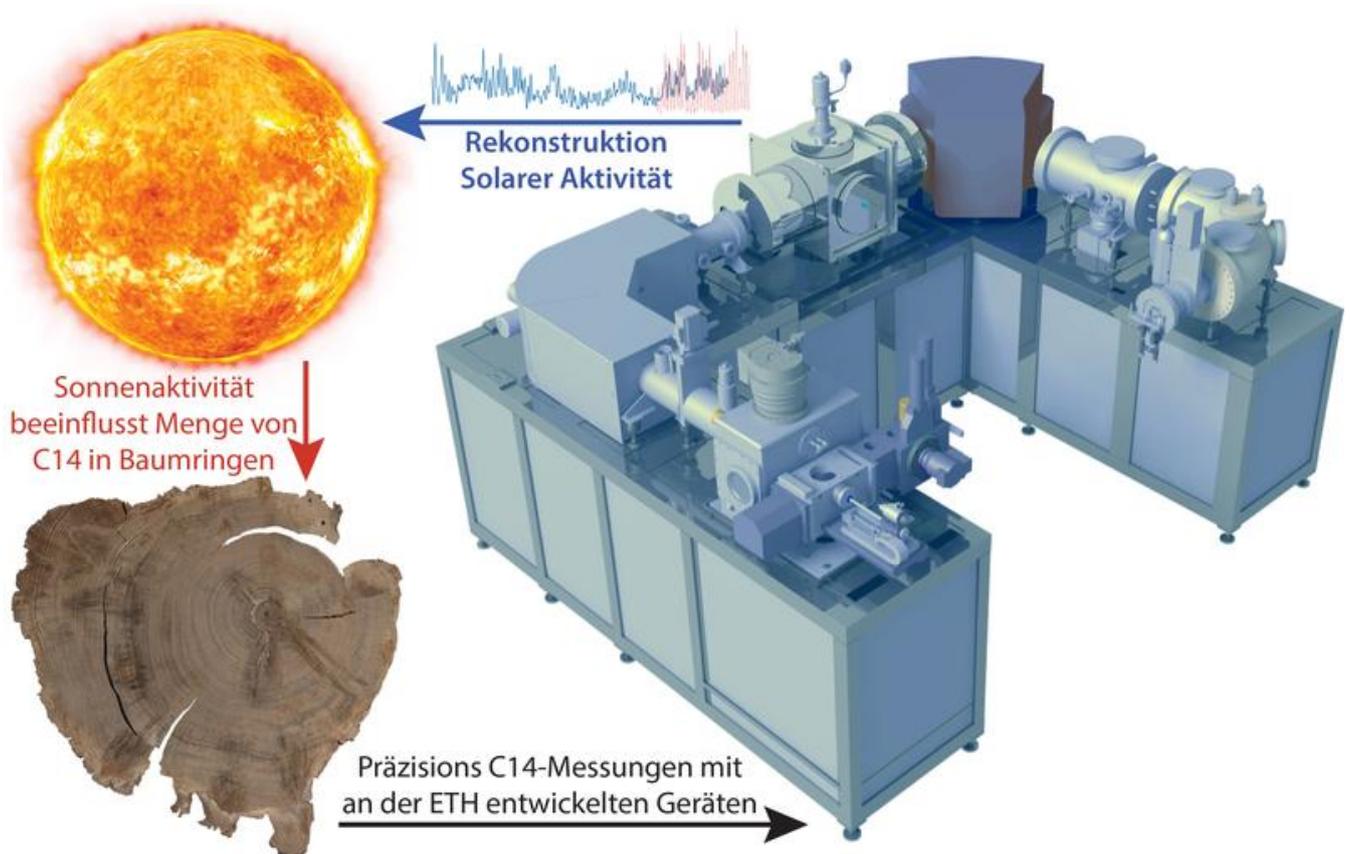
Original publication:

Brehm N, Bayliss A, Christl M et al. Eleven- year solar cycles over the last millennium revealed by radiocarbon in tree rings. *Nat. Geosci.* 14, 10–15 (2021). doi: 10.1038/s41561- 020-00674-0



Sonnenaktivität über die letzten 1000 Jahre (blau, mit Fehlerbereich in Weiss), Aufzeichnungen von Sonnenflecken über die letzten 400 Jahre (rote Kurve). Der Hintergrund zeigt einen typischen Elfmjahreszyklus der Sonne.

ETH Zürich  
ETH Zürich



Mit neuen, an der ETH entwickelten Instrumenten (rechts) können die Forscher kleinste Änderungen von wenigen Promille dieses Gehalts messen und daraus die Sonnenaktivität in der Vergangenheit rekonstruieren.

ETH Zürich  
ETH Zürich