

Zur Entwicklung des Berner 14C-Labors

Autor(en): **Oeschger, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums**

Band (Jahr): **63-64 (1983-1984)**

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1043492>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Entwicklung des Berner ^{14}C -Labors

Hans Oeschger

Gründungsphase

Im Jahr 1952 wird Prof. F. G. Houtermans von Göttingen nach Bern berufen. Im Rahmen seiner Suche nach vielversprechenden, dem damals noch sehr kleinen Physikalischen Universitätsinstitut angemessenen Forschungsprojekten schlägt er vor, W. F. Libbys junge ^{14}C -Methode in Bern aufzubauen. ^{14}C wird in der Atmosphäre durch die kosmische Strahlung produziert. Es lässt sich im mit der Atmosphäre austauschenden Kohlenstoff, z. B. in den Pflanzen und Tieren, nachweisen und für die Datierung von organischen Funden benützen. F. G. Houtermans überträgt seinem Assistenten Hans Oeschger die Aufgabe, im Rahmen einer Dissertation eine Messapparatur für ^{14}C aufzubauen.

Da die ^{14}C -Aktivität des natürlichen Kohlenstoffs äusserst gering ist und bei der Messung mit konventionellen Radioaktivitätsdetektoren völlig in den Untergrund der registrierten Ereignisse der kosmischen Strahlung und der Umgebungsradioaktivität (Uran, Thorium und Tochterprodukte) verschwindet, musste im Eigenbau eine Zählapparatur entwickelt werden, bei der dieser Untergrund auf ein Minimum reduziert war. Wegen der damals geringen finanziellen Mittel konnte als Abschirmmaterial nicht spezielles, radioaktiv sauberes Blei eingekauft werden: Man war dankbar um gratis zur Verfügung gestelltes Roheisen der Firma von Roll AG. Sowohl das innere Zählrohr, das mit dem Zählgas Acetylen (C_2H_2), aus dem Kohlenstoff der Proben hergestellt, gefüllt wurde, wie auch der Kranz der umgebenden, die kosmische Strahlung eliminierenden Antikoinzidenzzähler wurden in der institutseigenen Werkstatt gebaut, die Röhrenelektronik der Hochspannung (4000 V) und der Verstärker von Doktoranden zusammengebastelt. So entstand eine Messapparatur, die wohl einwandfrei funktionierte, das ^{14}C nachzuweisen ermöglichte, jedoch gemessen am damaligen Standard einen nur durchschnittlichen Nulleffekt aufwies. Damit gab man sich nicht zufrieden, und es gelang schliesslich, einen neuen Zählrohrtyp mit *eingebauter* Antikoinzidenz zu konstruieren, der zur damaligen Zeit wohl den niedrigsten Nulleffekt aller derartigen Detektoren aufwies.

Die chemische Aufarbeitung der Probe wurde vorerst im Theodor-Kocher-Institut von den Herren Dr. P. Graf und Dr. H.-R. von Gunten entwickelt. Das Material wurde verbrannt, das CO_2 als Strontiumkarbonat gefällt, dieses zu Strontiumkarbid reduziert und durch Beigabe von Wasser Acetylen freigesetzt, das als Zählgas im ^{14}C -Detektor diente.

F. G. Houtermans' Sinn für interdisziplinäre Zusammenarbeit zeigte sich jedoch nicht nur beim Aufbau der experimentellen Seite, er knüpfte auch früh Beziehungen zu den potentiellen Anwendern der Methode an der Berner Universität: Prof. M. Welten vom Botanischen Institut und Prof. H.-G. Bandi vom Seminar für Urgeschichte. M. Welten hatte die Rekonstruktion der Klima- und Vegetationsgeschichte im Alpenraum aufgrund der Pollenanalyse an Torfmoor- und Seesedimentproben auf ein sehr hohes Niveau gebracht; ^{14}C -Altersbestimmungen am pollenanalytisch untersuchten Material sollten es gestatten, die zeitliche Abfolge der Vegetationsentwicklung in den verschiedenen Regionen und Höhenstufen zu bestimmen und generell die Zeitskala für den Klimaablauf während des Eiszeit/Nacheiszeit-Übergangs und im Holozän festzulegen.

H.-G. Bandi leitete die «Pfahlbauforschung», die sich damals in einer intensiven Phase befand. Die Funde in den einzelnen Siedlungen gestatteten wohl Quervergleiche und gaben so Hinweise über die zeitliche Abfolge, doch bereitete die absolute Datierung Mühe; es lag also auch hier ein äusserst interessantes Objekt für die neue ^{14}C -Altersbestimmungsmethode vor.

F. G. Houtermans, H.-G. Bandi und M. Welten stellten einen Antrag an die Eidgenössische Kommission für Atomwissenschaften zur Finanzierung des seit 1955 in Betrieb stehenden ^{14}C -Labors: Der Antrag wurde angenommen, und die Gehälter eines Physikers und einer Laborantin sowie ein kleiner Betriebskredit waren sichergestellt. Als die Kommission für Atomwissenschaften aufgelöst wurde, trat an ihre Stelle der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, der die Finanzierung des Projekts übernahm und im Laufe der Jahre einen wesentlichen Ausbau ermöglichte.

Erste Arbeiten

Klima- und Vegetationsgeschichte

In den ersten Jahren der interdisziplinären Zusammenarbeit, hauptsächlich mit den Paläobotanikern M. Welten (Bern) und H. Zoller (Basel), wurde die Frage der Zeitskala der Polleninformation weitgehend beantwortet. Gelegentlich entsprachen Resultate nicht den Erwartungen. Sehr oft liessen sich die Diskrepanzen durch Nachmessungen an neu entnommenem Probenmaterial oder bei anderer Vorbehandlung beheben. Eine gewisse Konfusion verursachten methodisch bedingte Mehrdeutigkeiten der ^{14}C -Alter, speziell im Bereich des Eiszeit/Nacheiszeit-Übergangs vor 10 000 ^{14}C -Jahren. So konnte an Proben vom Torfmoor Wachsedorn gezeigt werden, dass über ein Tiefenintervall, das aufgrund linearer Extrapolation etwa einer Alterszunahme von 500–800 Jahren entspricht, die ^{14}C -Alter weitgehend konstant sind.

Aufgrund dieses auch anderweitig bestätigten Befunds lassen sich die Ereignisse während des Übergangs Jüngere Dryas-Präboreal nicht auflösen. Eine Erklärung für die Störung der ^{14}C -Zeitskala mag der sich neu einstellende CO_2 -Gehalt der Atmosphäre während des Eiszeit/Nacheiszeit-Übergangs sein. Bei diesem Übergang stieg der atmosphärische CO_2 -Gehalt von 180–200 ppmV auf 250–300 ppmV. Das zusätzliche CO_2 entstammte dem Ozean und besass eine niedrigere ^{14}C -Konzentration, damit nahm das $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnis im atmosphärischen CO_2 ab. Diese Abnahme lief etwa gleich rasch ab wie diejenige aufgrund des radioaktiven Zerfalls im toten organischen Material. Dieses Phänomen entspricht vom Standpunkt der Datierung einem Mangel der ^{14}C -Methode. Es ist jedoch für das Verständnis des heute so wichtigen CO_2 -Kreislaufs und seiner natürlichen Variationen ausserordentlich interessant. Es ist mit ein Anlass dafür, dass sich aus dem reinen ^{14}C -Dienstleistungslabor immer mehr ein geophysikalisches und geochemisches Isotopenlabor entwickelt hat.

Äusserst wertvoll war es für uns Physiker, durch die Paläobotaniker eine Vorstellung vom Klimaablauf der letzten 14 000 Jahre zu erhalten.

Urgeschichtliche Datierungen

Im Vordergrund stand in der Frühphase die Datierung der schweizerischen «Pfahlbauten» Burgäschisee, Egolzwil und anderer. Eine grosse Zahl von Holz- und Knochenproben wurde datiert. Ein wichtiges Resultat war die gute Übereinstimmung der Proben verschiedenen Materials und vermutlich gleichen Alters. In dieser Frühphase der ^{14}C -

Methode waren die Messfehler noch relativ gross, und ein internationaler Standard war noch nicht festgelegt.

Während langer Zeit wurde in den ^{14}C -Labors die Frage der Konstanz der atmosphärischen ^{14}C -Konzentration untersucht. Abbildung 1 zeigt die ^{14}C -Konzentration, gemessen an Jahrringen der Borstenkiefer an einer ca. 8000 Jahre umfassenden dendrochronologisch bestimmten Reihe. Die ^{14}C -Aktivitäten wurden für den radioaktiven Zerfall aufgrund des absoluten Jahrringalters korrigiert und entsprechen somit den atmosphärischen $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnissen in früheren Zeiten. Es lässt sich ein sinusartiger Grundtrend feststellen: Vor ca. 7000 Jahren war die ^{14}C -Aktivität nur ca. 7% höher als heute; sie wies vor ca. 2000 Jahren ein Minimum auf und nahm dann wieder etwas zu. Diesem Grundtrend überlagert sind kurzfristige Schwankungen, die sogenannten Wiggles, Abweichungen der ^{14}C -Aktivität um ca. 2% während 100–200 Jahren. Während längerer Zeit war hauptsächlich die Existenz dieser Wiggles umstritten; vor einigen Jahren wurde sie durch hochpräzise Messungen in mehreren Labors sichergestellt.

Die Zusammenarbeit mit H.-G. Bandi war vor allem in der Frühphase des Berner ^{14}C -Labors äusserst wertvoll. Neben dem fachlichen Interesse war es vor allem die kameradschaftliche Art, die uns (obschon in einem Randgebiet der Physik tätig) das Gefühl verlieh, wertvolle wissenschaftliche Arbeit zu leisten. Gerade weil die ^{14}C - und Umweltwissenschaft heute so viel Beachtung findet, sind wir H.-G. Bandi für die Unterstützung in einer Phase, in der dies noch kaum voraussehbar war, äusserst dankbar.

Unvergessen bleibt auch die Verfilmung des experimentellen Prozedere einer ^{14}C -Bestimmung im Rahmen des fertiggestellten Films über das Pfahlbauproblem mit W. Landolt als ungemein bedachtem Regisseur und Operateur.

Viele Überraschungen brachten die Datierungen von Holz und Walknochen, die H.-G. Bandi und seine Mitarbeiter von Forschungsprojekten in Alaska zurückbrachten. Holz- und Knochenproben, die aufgrund der Fundumstände eindeutig gleichaltrig hätten sein sollen, unterschieden sich systematisch um ca. 400 ^{14}C -Jahre; in jedem Fall waren die Walknochen um etwa diese Zeitdifferenz älter. Diese Feststellung entspricht jedoch den Erwartungen, da die ^{14}C -Aktivität des Kohlenstoffs in der Ozeanoberfläche (im anorganischen und organischen Material um etwa 5%) niedriger ist als in der Atmosphäre. Eine 5% tiefere ^{14}C -Aktivität entspricht einer Altersdifferenz von ca. 400 Jahren. Dies bedeutet, dass für die in der Ozeanoberfläche lebenden Tiere die ^{14}C -Uhr bei einem scheinbaren Alter von 400 Jahren zu laufen beginnt. Subtrahiert man diesen Wert von den Altern der Walknochen, werden die Diskrepanzen grösstenteils beseitigt. Dass man bei der Berechnung der

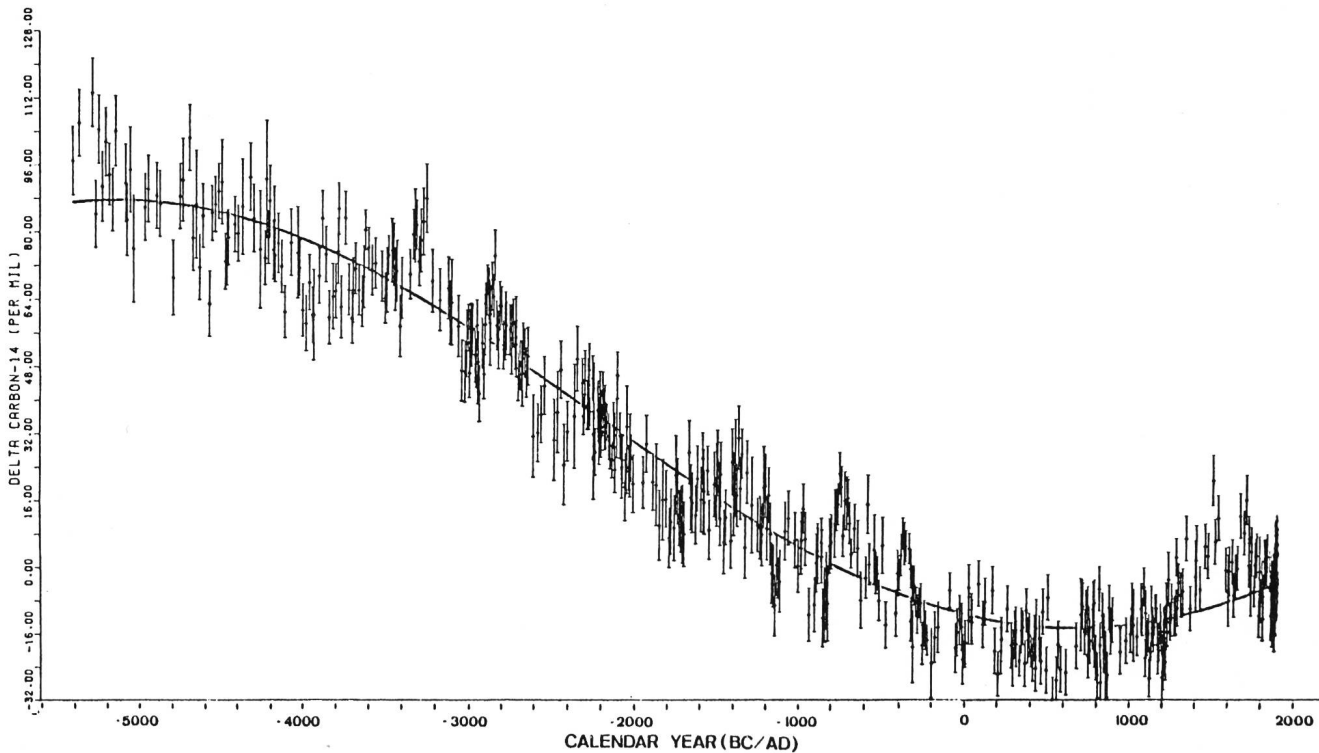


Abb. 1. ^{14}C -Konzentration, gemessen an Jahrringen der Borstenkiefer an einer ca. 8000 Jahre umfassenden dendrochronologisch bestimmten Reihe.

^{14}C -Alter achten muss auf die ^{14}C -Aktivität des Kohlenstoffs im Reservoir, in dem die Pflanzen und Tiere leben und den sie einbauen, wird oft als Reservoir-Effekt bezeichnet. Er ist z. B. auch zu berücksichtigen bei Knochen von Menschen, die sich hauptsächlich von Fischen ernähren.

Von der ^{14}C -Datierungsmethode zur Umwelt- und Klimawissenschaft

Die Erfolge der ^{14}C -Methode bei Anwendungen in den verschiedensten Disziplinen veranlasste uns, den Nachweis auch anderer, durch die kosmische Strahlung der Erdatmosphäre produzierter Radioisotope anzustreben. Ende der 1960er Jahre gelang uns der erstmalige Nachweis von ^{39}Ar (Argon) und ^{81}Kr (Krypton). ^{39}Ar leistet heute für die Hydrologie und Ozeanographie gute Dienste, und messtechnische Verbesserungen werden es ermöglichen, ^{81}Kr für die Datierung von Grundwasser im Bereich von 30 000 bis 1 000 000 Jahren einzusetzen.

Es waren aber vor allem die ^{14}C -Bestimmungen, auch die Unzulänglichkeiten der ^{14}C -Methode, die uns dazu bewogen, ein Laboratorium für Umweltp Physik aufzubauen.

Die ^{14}C -Datierungsmethode basiert auf der Annahme, dass während der letzten 50 000 bis 100 000 Jahre das $^{14}\text{C}/\text{C}$ -

Verhältnis im atmosphärischen CO_2 und damit auch in den Pflanzen und Tieren zu ihrer Lebenszeit konstant war. Es zeigte sich bald, dass diese Annahme, wie zu erwarten, nur innerhalb von gewissen Grenzen erfüllt ist. Das Studium der ^{14}C -Variationen als Folge menschlicher Aktivitäten, aber auch in der vorindustriellen Periode, eröffnete eine Fülle von Informationen über Prozesse im Sonnensystem und auf der Erdoberfläche, die im folgenden, gegliedert in anthropogene und natürliche Phänomene, kurz zusammengefasst sind:

a) Anthropogene Störungen des $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnisses

- Die Abnahme des $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnisses von 1800 bis 1950 um ca. 2 % hat ihre Ursache in der Emission von ^{14}C -freiem CO_2 in die Atmosphäre; dies steht wiederum im Zusammenhang mit der Nutzung fossiler Brennstoffe.
- Nuklearwaffentests führten zu einem Anstieg des $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnisses um ca. einen Faktor 2 in den Jahren 1963 und 1964. Seither nimmt das $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnis im atmosphärischen CO_2 durch den Austausch mit dem Kohlenstoff im Ozean und in der Biosphäre wieder ab. Der Überschuss beträgt heute noch ca. 20 %.

- In den Kernkraftwerken wird ebenfalls ^{14}C in geringen Mengen produziert und an die Umgebung abgegeben. Die maximalen Erhöhungen am sogenannten kritischen Punkt sind von der Grössenordnung von wenigen bis maximal 10 % des natürlichen Pegels.

Die *anthropogenen* Änderungen des $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnisses führen zur Auseinandersetzung mit dem Problem der *anthropogenen* Erhöhung der Umweltradioaktivität und der Erhöhung des Treibhauseffekts durch den ansteigenden CO_2 -Pegel in der Atmosphäre.

b) Natürliche ^{14}C -Schwankungen

^{14}C -Messungen an Baumrinden zeigen, dass das atmosphärische $^{14}\text{C}/\text{C}$ -Verhältnis während der letzten 9000 Jahre charakteristische Schwankungen zeigte:

- Es gibt Variationen um ca. 2 % mit Perioden von etwa 200 Jahren.
- Ein Grundtrend besteht rückwärtsblickend in einer Abnahme um etwa 2 % bis 2000 Jahre vor heute, gefolgt von einer systematischen Zunahme bis zu 10 % bis 8000 Jahre vor heute.
- Anzeichen von deutlichen Schwankungen wurden während des Eiszeit/Nacheiszeit-Übergangs und während der letzten Eiszeit beobachtet. Diese Informationen stammen u. a. aus Torfmoor- und Seesedimentproben.

Heute steht fest, dass die kurzfristigen Variationen auf Schwankungen der ^{14}C -Produktion durch die kosmische Strahlung zurückzuführen sind. Der langfristige Trend wurde bisher Änderungen des Dipol-Moments des Erdmagnetfeldes zugeschrieben. Neue Messungen von ^{10}Be (Beryllium) an polaren Eisproben zeigen aber den langfristigen Produktionstrend nicht, und es scheint wahrscheinlicher, dass er das Resultat interner Schwankungen des Austausches und der Durchmischung von CO_2 im System Atmosphäre-Biosphäre-Ozean ist. Ebenso reflektieren wohl auch die bei drastischen klimatischen Veränderungen beobachteten ^{14}C -Schwankungen Änderungen der Dynamik des CO_2 -Kreislaufs.

Der Anwendungsbereich der ^{14}C -Methode hat sich in den letzten Jahren dank einer neuen Messtechnik nochmals stark erweitert. Bis Ende der 1970er Jahre wurden ^{14}C -Bestimmungen ausschliesslich über die Messung der radioaktiven Zerfallsrate einer Probe durchgeführt, wobei Probenmengen von einigen Gramm Kohlenstoff benötigt wurden. Mit Hilfe von Teilchenbeschleunigern, die ursprünglich für kernphysikalische Untersuchungen gebaut wurden, gelingt heute der massenspektrometrische Nachweis von ^{14}C , ^{10}Be und anderen durch die kosmische Strahlung pro-

duzierten Isotope. Die Probenmengen für ^{14}C -Bestimmungen konnten von wenigen Gramm C auf 1 mg C reduziert werden, wobei allerdings die Genauigkeit der klassischen Messmethode noch kaum erreicht wurde. Beispiele der Anwendung der neuen Methode sind Datierungen:

- von kleinen Holzkohlestücken, die in verschiedensten Materialien, z. B. Keramik, Eisen oder Mörtel, gefunden werden können;
- von organischen Makroresten in Seesedimenten;
- von separierten Fraktionen von Skeletten benthischer und planktonischer Foraminiferen in Ozeansedimenten;
- von polarem Eis durch Messungen der ^{14}C -Konzentration des eingeschlossenen CO_2 .

In der Schweiz wurde auf Anregung und in Zusammenarbeit mit dem Berner ^{14}C -Labor der Tandembeschleuniger der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich für die Messungen bereitgestellt.

Die Fülle dieser Entwicklungen führte zu einer neuen Forschungsdisziplin, die man als Umweltphysik bezeichnen kann. Sie umfasst:

- das Studium der heutigen Umweltvorgänge, basierend auf der Analyse von Spurenstoffen und Isotopen;
- die Entwicklung von Modellen für die heutigen Systemvorgänge;
- die Entzifferung der in den natürlichen Archiven erhaltenen Informationen über frühere Umweltvorgänge; Validierung der Modelle aufgrund der Information über kausale Faktoren wie auch über Systemreaktionen, und
- Prognosen der zukünftigen Entwicklung aufgrund anthropogener Eingriffe, aber auch möglicher natürlicher Systemtrends.

Dass diese Disziplin, die immer stärkere Beachtung findet, in der Schweiz Fuss fassen und ins Ausland ausstrahlen konnte, ist der Initiative, Originalität und Weitsicht von F. G. Houtermans, den beharrlichen, konsequenten und zielstrebigem Arbeiten und Aufträgen von M. Welten sowie dem echten Interesse, den wertvollen Anregungen und der freundschaftlichen Unterstützung durch H.-G. Bandi zu verdanken.

Prof. Dr. Hans Oeschger
Physikalisches Institut
der Universität Bern
Sidlerstrasse 5
CH-3012 Bern