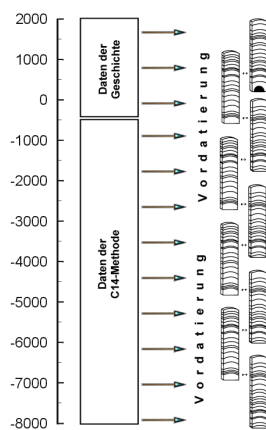


C14-Crashkurs

Warum wir mit C14-Methode und Dendrochronologie nicht absolutdatieren können
Christian Blöss & Hans-Ulrich Niemitz

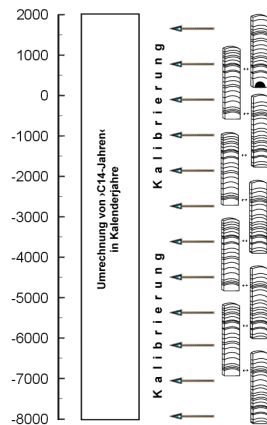
- 1 Ausblick
 - 2 Die Dendrochronologie
 - 2.1 Das Wesen und die Aufgabe der Dendrochronologie
 - 2.2 Das Problem der Dendrochronologie ...
 - 2.3 ... und das daraus erwachsende Dilemma
 - 2.4 Hat die Dendrochronologie den erforderlichen Preis für ihr Entkommen aus dem Dilemma entrichtet?
 - 3 Die C14-Methode
 - 3.1 Das Wesen und die Aufgabe der C14-Methode
 - 3.2 Mit welchen Erkenntnissen und Annahmen startete man in die Ära der C14-Datierung?
 - 3.3 Die Wissenschaftler werden von der Realität eingeholt ...
 - 3.4 ... und lassen sich von ihr überrollen ...
 - 3.5 ... anstatt sie zu akzeptieren
 - 3.6 C14-Konzentration der Atmosphäre – eine weiterhin unbekannte Geschichte
 - 3.7 Die Geschwindigkeit der C14-Uhr ist nicht an die unserer Alltags-Uhr gekoppelt
 - 3.8 Mögliche Tendenzen für die C14-Konzentration der Atmosphäre im Holozän
 - 4 Zusammenfassung
 - Anhang 1: Wie sich die Dendrochronologie unbesehen ins Abseits synchronisiert hat
 - Anhang II: Zur Problematik der Verwendung von »Kalibrierkurven«
- Literatur
- Notiz zu Entstehung und Absicht unseres Artikels

Bild 1: Mit Daten aus der Geschichte und von der C14-Methode heraus aus dem »dendrochronologischen Dilemma«



Das Dilemma der Dendrochronologie besteht darin, beim Ausbau ihrer Chronologie nicht von selbst erkennen zu können, wo sich dieser über trügerische Zufallslagen vollzieht. Deshalb hat sie die Holzproben für den Aufbau ihres Referenzmusters grundsätzlich vordatiert, und zwar in unterschiedlicher Weise für unterschiedliche Zeiträume: Der »historische« Teil des Referenzmusters beruht auf Daten aus der Geschichte der Neuzeit, des Mittelalters und des Altertums, während der ältere »vorhistorische« Teil des Referenzmusters auf C14-Datierungen beruht.

Bild 2: Mit dendrochronologischen Daten heraus aus dem Unwissen über die C14-Konzentration der Atmosphäre



Das entsprechende Dilemma der C14-Methode besteht darin, über die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre bereits umfassend informiert sein zu müssen, noch ehe das erste C14-Datum abgegeben werden kann. Diese Geschichte lässt sie sich von der Dendrochronologie entschlüsseln, der sie doch zuvor chronologische Hilfestellung geleistet hat. Diese wechselseitige Unterstützung ist unbeanstandet geblieben, weil daran geglaubt wird, daß die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre nahezu bekannt weil nahezu konstant ist.

C14-Crashkurs

Warum wir mit C14-Methode und Dendrochronologie nicht absolutdatieren können
Christian Blöss & Hans-Ulrich Niemitz

I. Ausblick

Mit diesem Artikel möchten wir die Kritik der Radiokarbonmethode wiederbeleben, denn noch immer werden chronologische Aussagen mit Radiokarbondaten begründet. Erneut arbeiten wir die Probleme sowohl der Radiokarbonmethode als auch der Dendrochronologie heraus und zeigen auf, wie gering der Spielraum für Datierungen mit Hilfe dieser beiden Methoden tatsächlich ist – ein Crash-Kursus in Sachen »C14-Crash«. Seitenangaben wie [177/164] verweisen auf die beiden Auflagen unseres Buches [¹1997/²2000].

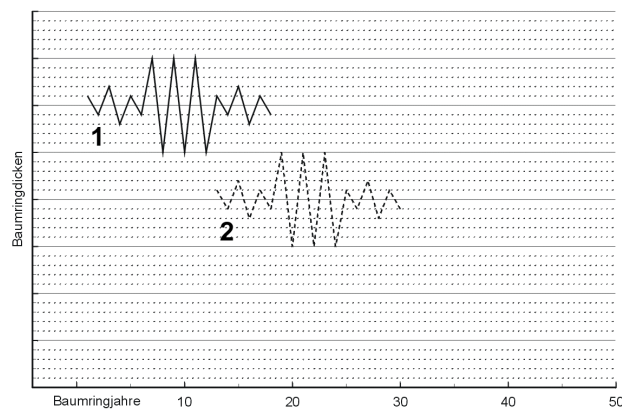
Zuerst betrachten wir das Wesen und die Aufgabe der Dendrochronologie. Daß sie ihre Baumringfolgen in sicherer Weise nur mit Hilfe anderer Datierungsmethoden verlängern kann, ist eine ganz entscheidende Randbedingung ihrer Arbeit. Diese Hilfe hat sich die Dendrochronologie insbesondere von der Radiokarbonmethode (im folgenden als C14-Methode bezeichnet) geholt (Bild 1). Kommt die C14-Methode ihrerseits ohne weitere Hilfe zu naturwissenschaftlich begründeten Datierungen? Nein, auch die C14-Methode ist auf andere Datierungsmethoden angewiesen, um selbst datieren zu können. Diese Hilfe erhoffte sie sich ausgerechnet von der Dendrochronologie (Bild 2, für eine graphische Veranschaulichung dieser zirkulären Beziehung siehe [162/150]).

Wie wurde dieses Patt überwunden? Um der Dendrochronologie trotz eigener Unzulänglichkeit mit Vordatierungen in den Sattel helfen zu können, bediente sich die C14-Methode weitgehender geschichtlicher Annahmen, die physikalisch betrachtet von Beginn an sehr gewagt waren und schon nach kurzer Zeit als empirisch hinfällig hätten erkannt werden müssen.

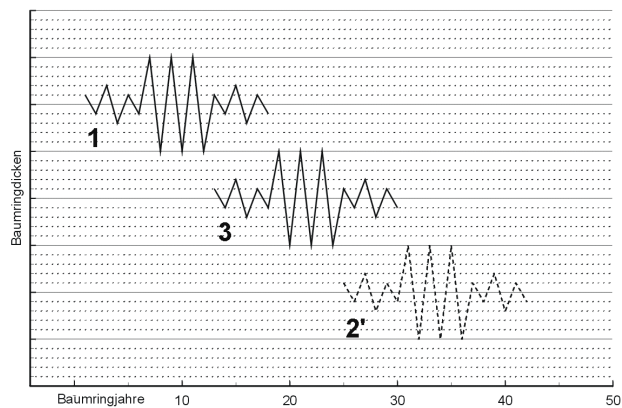
Gleichwohl werden diese Annahmen bis heute aufrechterhalten. Das bedeutet, daß die C14-Methode und die Dendrochronologie nicht als naturwissenschaftliche Datierungsmethode angesprochen werden können. Sie bieten weder einzeln noch zusammen eine ausreichende Basis für Schlußfolgerungen, die die Absolutchronologie betreffen.

Bild 3: Das »Dendrochronologische Dilemma«

Anfangs hat man die Baumringfolge 1 und kann die Baumringfolge 2 auf der rechten Seite von 1 synchronisieren (die aufgetragenen Baumringdicken sind rein schematisch zu verstehen.):



Sollte man jedoch noch eine Folge 3 finden, die an der Stelle »besser« synchronisieren würde (unten), dann gehört die (oben) als 2 platzierte Baumringfolge womöglich an die Stelle 2' (unten.) Diese Möglichkeit ist nie auszuschließen und als »Dendrochronologisches Dilemma« bekannt.



2. Die Dendrochronologie

2.1 Das Wesen und die Aufgabe der Dendrochronologie

Wissenschaftler wollen das Alter einer Holzprobe durch Mustervergleich bestimmen: Dazu synchronisieren sie das Baumringdickenmuster ihrer noch undatierten Holzprobe mit einem datierten Baumringdickenmuster nach bestimmten Vergleichskriterien. In diesem Vorgang – Synchronisation von Mustern nach bestimmten Vergleichskriterien – liegt das Wesen und die Aufgabe der Dendrochronologie begründet. Doch woher stammt das Datum des Referenzmusters?

Zu dem Datum des Referenzmusters gelangen die Dendrochronologen auf folgendem Weg: Sie versuchen, das Referenzmuster durch fortgesetzte Synchronisation vieler Baumringdickenfolgen bzw. Holzproben auszubauen. Dadurch wird der Zeitraum, der von dem Muster repräsentiert wird, immer weiter ausgedehnt: Er entspricht der Anzahl der im Gesamtmuster aufeinanderfolgenden Baumringe.

Stammen nun die jüngsten Baumringe aus einer gegenwärtig gewonnenen Holzprobe, dann bestimmt sich das Alter jedes Baumrings des Referenzmusters durch einfaches Abzählen. Dadurch ergibt sich auch das Alter einer jeden Holzprobe, die an diesem Referenzmuster synchronisiert werden konnte.

2.2 Das Problem der Dendrochronologie ...

Die Dendrochronologie würde ein längeres Referenzmuster nur dann aus sich heraus gewinnen können, wenn die Synchronisation der Holzproben untereinander eindeutig ist, d.h. wenn sich die Baumringdickenfolgen »von selbst« an den altersmäßig richtigen Ort im Gesamtmuster einordnen würden.

Grundsätzlich lässt sich aber jede Holzprobe mit einem entsprechend langen Referenzmuster wiederkehrend, also an unterschiedlich alten Lagen, synchronisieren. Von all diesen Lagen kann höchstens eine die richtige Lage sein, alle anderen müssen als irreführende »Zufallslagen« gewertet werden. So mussten immer wieder Synchronlagen, die bereits als gültig ausgegeben worden waren, revidiert und durch Auseinanderreißen und »Neurastung« – meistens um etliche Jahrzehnte [75/75] – geheilt werden.

Es existiert also folgende Notlage: Eine Holzprobe muß auf wenige Jahrhunderte, wenn nicht sogar Jahrzehnte genau vordatiert werden, um sie

verlässlich mit einem Referenzmuster synchronisieren zu können. Ohne diese Vordatierung könnte man ›Zufallslagen‹ von der richtigen Lage bzw. Datierung nicht unterscheiden.

Schaut man sich an, über welchen Zeitraum sich die Referenzmuster heute erstrecken – ca. 10.000 Jahre –, dann gibt es konservativ gerechnet jeweils einige dutzend Zufallslagen pro Holzprobe, wobei natürlich zu berücksichtigen ist, daß eine stratigraphische Vergesellschaftung bzw. Korrelation die Anzahl potentieller Zufallslagen einschränkt.

2.3 ... und das daraus erwachsende Dilemma

Die Dendrochronologie ist mit der Aufgabe, eine umfassende Baumringfolge allein durch Mustervergleich aufzubauen, also überfordert. Dieser Umstand spitzt sich immer wieder in demselben, allein aus sich heraus nicht überwindbaren Dilemma zu: Gehören Holzproben, die anscheinend am Ende der bereits bestehenden Baumringfolge synchronisieren und diese damit in die Vergangenheit bzw. in die Gegenwart ausbauen würden, wirklich hierher oder handelt es sich dabei nur um eine Zufallslage, weil die Holzprobe tatsächlich zu einer noch jüngeren oder einer noch älteren Lage gehört?

Selbst wenn alle anderen Lagen innerhalb des bestehenden Musters ausgeschlossen werden können, so blieben die älteren bzw. jüngeren Lagen stets unüberprüfbar. Es gibt also eine ständig schwelende Gefahr, sich beim Ausbau der Baumringfolge, dem sogenannten ›Master‹, zu irren (Bild 3). Weil jeder einmal gemachte Fehler die Baumringfolge von nun an in die Irre führen würde, geht der Griff wo immer es geht zur rettenden Vordatierung.

2.4 Hat die Dendrochronologie den erforderlichen Preis für ihr Entkommen aus dem Dilemma entrichtet?

Um ihrem Dilemma zu entkommen, hat die Dendrochronologie die Holzproben für den Aufbau ihres Referenzmusters grundsätzlich vordatiert, und zwar in unterschiedlicher Weise für unterschiedliche Zeiträume:

- Fall A: Der jüngere ›historische‹ Teil des Referenzmusters – ca. 500 v. Chr. bis heute nach konventioneller Datierung – beruht auf Daten aus der Geschichte der Neuzeit, des Mittelalters und des Altertums [Niemitz, Zeiteinsparungen 1995/3].

- Fall B: Der ältere ›vorhistorische‹ Teil des Referenzmusters – vom ältesten Datum bis ca. 500 v. Chr. – beruht auf C14-Datierungen.

Für den historischen Teil hat die Dendrochronologie also auf die herrschende Chronologie der Geschichte gesetzt (Fall A). Dafür hätte sie folgenden Preis zu zahlen: Weder darf sie als unabhängige Datenlieferantin für diese Chronologie auftreten, oder sich sogar als ›Kontrollinstanz‹ aufspielen, noch darf sie stillschweigend hinnehmen, als eine solche Datenlieferantin oder ›Kontrollinstanz‹ herangezogen zu werden.

Denselben Preis muß sie selbstverständlich auch für ihr Verhältnis zur C14-Methode bezahlen, von der sie C14-Daten für den vorhistorischen Teil bezogen hat. Insbesondere müßte sie im Auge behalten, wie sie umgekehrt von der C14-Methode als Datenlieferantin in Anspruch genommen wird, denn bekanntermaßen benutzt die C14-Methode primär Baumringchronologien, um C14-Messungen an einer historischen Probe in ein ›C14-Alter‹ umwandeln zu können.

Diese Aufmerksamkeit als Preis für die Überwindung ihres Dilemmas ist nicht aufgebracht worden, so daß sich ein Methodenwirrwarr herausbilden konnte. An der Schnittstelle zwischen C14-Methode und Dendrochronologie wird mit zweierlei Maß gemessen:

- 1) ›C14-Alter‹, die der Vordatierung von Baumringproben dienen sollen, werden ohne Umrechnung als ›annähernd richtige‹ Absolutalter benutzt (Dendrochronologie als Nutznießerin von C14-Daten).
- 2) ›C14-Alter‹, die allgemeinen Datierungen dienen sollen, werden über Baumringchronologien in ›exakte‹ Absolutalter umgerechnet (C14-Methode als Nutznießerin von Dendrodaten).

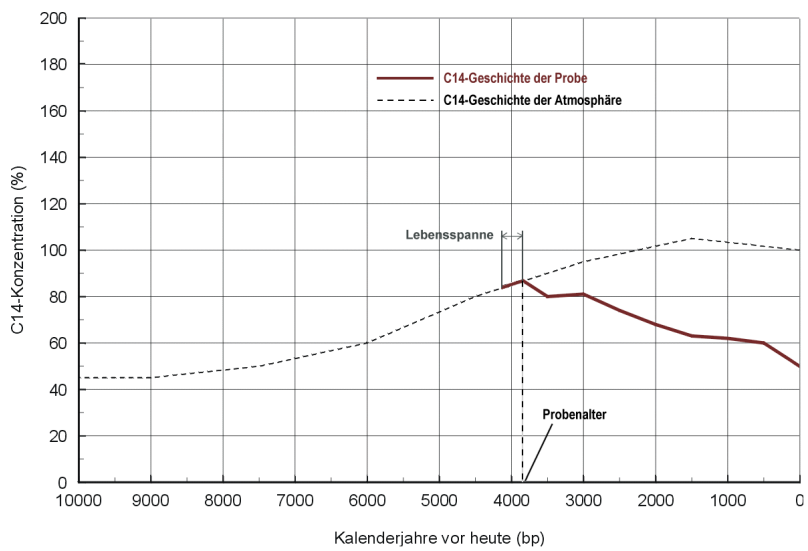
Die faktische Gleichsetzung von ›C14-Alter‹ und Absolutalter hat sehr wahrscheinlich zu einer falschen Länge des Postglazials geführt (bzw. diese Vorstellung unzulässig erhärtet), weil – wie wir zeigen werden – bereits kleine Änderungen in den Naturabläufen drastisch verjüngte bzw. vergreiste ›C14-Alter‹ ergeben. Dendrochronologen, die nicht wahrhaben wollten, daß sie ihrem Dilemma nicht ohne weiteres entkommen können, müssen nunmehr einen noch viel höheren Preis entrichten: Das Zugeständnis, daß ihre Baumringchronologien von A bis Z falsch aufgebaut sind.

Bild 4: So wird datiert

Nach dem Stoffwechselende der organischen Probe wird sich die C14-Konzentration in der Probe anders entwickeln als die C14-Konzentration in der Atmosphäre. Die C14-Konzentration in der Probe sollte vor allem durch den radioaktiven Zerfall bestimmt sein, während die C14-Konzentration in der Atmosphäre weiterhin den verschiedensten Einflüssen unterliegt. Erst wenn beide Geschichten komplett rekonstruiert sind, kennt man auch den Zeitpunkt des Stoffwechselendes der Probe. Grundsätzlich gibt es vier Einflußmöglichkeiten, die die Entwicklung bzw. die Geschichte der C14-Konzentration in einem offenen System bestimmen:

- 1) Produktion
- 2) Vernichtung (>radioaktiver Zerfall<)
- 3) Zuwanderung über die Systemgrenze
- 4) Abwanderung über die Systemgrenze

Während man für die Probe hoffen darf, daß es ein abgeschlossenes System bildet und damit die Punkte 1, 3 und 4 irrelevant sind (d.h. nur radioaktiver Zerfall des C14 in der Probe relevant ist), muß für die Atmosphäre grundsätzlich der vollständige Ursachenkatalog untersucht werden.



3. Die C14-Methode

3.1 Das Wesen und die Aufgabe der C14-Methode

Wissenschaftler wollen das Alter einer organischen Probe aus der Kenntnis zweier ›Geschichten‹ bestimmen:

- aus der Geschichte der C14-Konzentration¹ in der Probe und
- aus der Geschichte der C14-Konzentration in der Atmosphäre.

Das Alter der organischen Probe wird durch denjenigen Zeitpunkt in der Vergangenheit bestimmt, an dem sich die Geschichte der C14-Konzentration der historischen Probe von der Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre entkoppelt hat, also als die Probe mit ihrem Stoffwechsel aufhörte (Bild 4). Um beide Geschichten – und damit auch den für die Datierung entscheidenden gemeinsamen Schnittpunkt – rekonstruieren zu können, müssen alle Gesetze und Einflüsse, die diese Geschichten determinieren, bekannt sein.

Grundsätzlich sind sowohl für die Probe als auch für die Atmosphäre vier verschiedene derartige Einflüsse zu berücksichtigen:

- 1) Produktion von C14
- 2) Vernichtung von C14 (= ›radioaktiver Zerfall‹)
- 3) Zuwanderung über die Systemgrenze
- 4) Abwanderung über die Systemgrenze

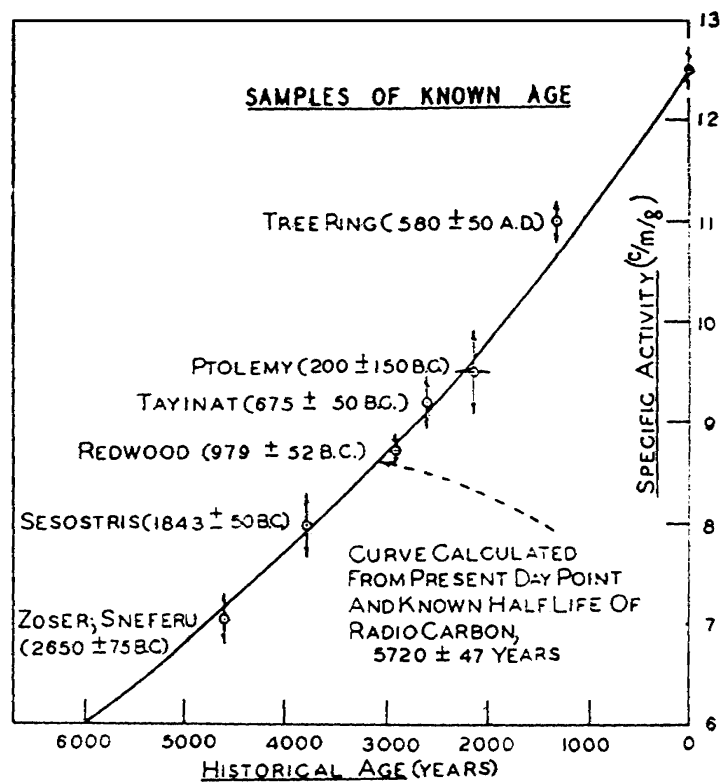
Die Geschichte der C14-Konzentration in der Probe ließe sich genau dann mit Hilfe des ›Zerfallsgesetzes‹ zurückrechnen, wenn diese ausschließlich durch radioaktiven Zerfall (Einfluss 2) bestimmt ist, wenn also mögliche andere, und dann unkalkulierbare Einflüsse wie beispielsweise ›in situ‹-Produktion (Einfluss 1) oder Kontamination (Einfluss 3) ausgeschlossen werden können.

Die Geschichte der C14-Konzentration in der Atmosphäre unterliegt dagegen grundsätzlich allen vier genannten Einflüssen: dem radioaktiven Zerfall von Kohlenstoff C14, seiner Produktion aus Stickstoff N14, der Zuwanderung aus und der Abwanderung der Kohlenstoffisotope C12 und C14 in angrenzende ›Kohlenstoffreservoir‹. Diese Reservoir werden ganz wesentlich durch die Ozeane gebildet, die Kohlendioxid CO₂ speichern. Sie weisen dabei grundsätzlich eine niedrigere C14-Konzentration als die Atmosphäre selbst auf, weil nur in ihr das C14 nachproduziert wird und andere Reservoir ohne

¹ Hier und im Folgenden umschreiben wir das an sich relevante *Verhältnis* von C14- und C12-Konzentration der Einfachheit halber mit ›C14-Konzentration‹.

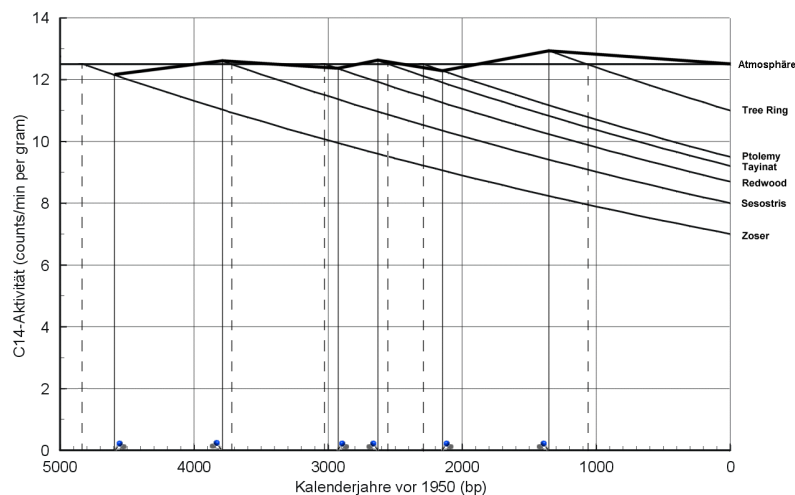
Bild 5: Die »Curve of Knowns« von 1949

Nie wieder in der Ära der C14-Datierung sollten Wissenschaftler zu einer so suggestiven Übereinstimmung zwischen gemessenen und erwarteten Werten vorstoßen können, wie zu Beginn ihrer Arbeit: Je genauer nämlich die C14-Werte historisch datierter Proben auf der eingezeichneten Sollkurve liegen würden (Bild links, Original gespiegelt), desto berechtigter wäre die Annahme, daß alle Proben ihren Stoffwechsel mit derselben C14-Aktivität beendet hatten und daß damit immer dieselbe C14-Konzentration in der Atmosphäre geherrscht haben muß. Die Präsentation dieser Meßergebnisse bedarf einer Interpretation (siehe Bild rechts).



Im Bild rechts sind beim Zeitpunkt 0 die gemessenen Aktivitäten der Proben als ›Endpunkte‹ der vermuteten Geschichte ihrer C14-Konzentration während der Lagerzeit aufgetragen. Diese Geschichten werden als Abklingvorgang derjenigen C14-Aktivität, wie sie zu Lebzeiten jeweils geherrscht hatte, infolge des radioaktiven Zerfalls verstanden. Wenn die historischen Daten stimmen, die den Proben zugeordnet sind, dann ließe sich die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre ansatzweise rekonstruieren: Jeder Schnittpunkt zwischen einer Abklingkurve und der senkrechten Linie des zugeordneten historischen Datums entspricht der C14-Konzentration der Atmosphäre zu diesem Zeitpunkt.

Hätte Libby die historischen Daten wirklich ausgewertet, anstatt sie lediglich als Stütze seiner zentralen Annahme zu präsentieren, dann wäre ihm sicherlich aufgefallen, daß die C14-Produktion (nicht C14-Konzentration!) beispielsweise in der Zeit zwischen den Proben ›Ptolemy‹ und ›Tayinat‹ (fallender Kurvenabschnitt) auf die Hälfte des angenommenen stationären Wertes gesunken gewesen sein müsste. So etwas kann sicherlich nicht als Schwankung interpretiert werden. Tatsächlich stören nebensächlich erscheinende Abweichungen das Bild stationärer Verhältnisse empfindlich. Ab einem bestimmten Gefälle (Bild 7) muß sogar von einer Diffusion ausgegangen werden, wodurch das ganze Modell endgültig hinfällig wird.



Zufuhr an atmosphärischem C14 verarmen würden. Deshalb ist der Fall einer Zuwanderung von C14 in die Atmosphäre aus ihrer Umgebung grundsätzlich auszuschließen (extraterrestrische Zufuhr ausgeschlossen) und wir können die möglichen Ursachen für Anreicherung oder Verarmung in ihr auf die drei Einflüsse Zerfall, Produktion und Abwanderung eingrenzen.

Um also das Alter der Probe aus dem Schnittpunkt der Geschichten für die Probe und für die Atmosphäre bestimmen zu können, müssen die genannten Einflußfaktoren sowohl für die Probe als auch für die Atmosphäre über die gesamte Lagerungszeit der Probe lückenlos bekannt sein – eine gewaltige Bringschuld für die neue Datierungsmethode. Mit welchen Erkenntnissen und Annahmen zu diesen Einflußfaktoren startete man in die Ära der C14-Datierung, um sich dieser Bringschuld in zureichender Weise zu entledigen?

3.2 Mit welchen Erkenntnissen und Annahmen startete man in die Ära der C14-Datierung?

Für die Begründung der C14-Datierungsmethode verwies W.F. Libby auf bestimmte Verhältnisse, die in der Atmosphäre geherrscht haben müssten:

- 1) Produktion und Zerfall von C14 in der Atmosphäre hätten sich die Waage gehalten.
- 2) Zu- und Abwanderung von C14 bzw. C12 hätten keinen Effekt auf die C14-Konzentration der Atmosphäre gehabt.

Diese beiden Vermutungen leitete er aus seiner »Curve of Knowns« ab. Dafür trug er die gemessene C14-Konzentration verschiedener historischer Proben mit jeweils dem Datum ein, das ihnen die Historiker zuerkannt hatten. Gemeinsam schienen sie eine Kurve zu bilden, die gleichbedeutend mit einer zeitlich konstanten C14-Konzentration der Atmosphäre war (Bild 5 links). Es wurde nicht erkannt, wie deutlich selbst in diesen selektiv vorgestellten Meßwerten Anzeichen für starke Veränderungen enthalten waren (Bild 5 rechts).

Libby leitete aus seiner idealisierten »Curve of Knowns« ein sehr einfaches Modell für die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre ab, mit der er sich seiner Bringschuld mit einem Schlag entledigt zu haben glaubte: In der Atmosphäre wird C14 mit konstanter Rate (nämlich aus Stickstoff N14 durch die kosmische Strahlung) erzeugt. Gleichzeitig zerfällt das in der Atmosphäre vorhandene C14 mit einer bestimmten Rate. Sofern die C14-Konzentration der Atmosphäre von Zu- oder Abwanderung unbeeinflusst bleibt, wird sich zwangsläufig früher oder später ein Zustand einstellen, in

dem sich Produktion und Zerfall die Waage halten und ab dem die C14-Konzentration der Atmosphäre als konstant betrachtet werden darf – so wie es die »Curve of Knowns« für die ganze historische Zeit signalisierte.

Wenn man bedenkt, wie viele Einflüsse grundsätzlich zu berücksichtigen sind, dann hätten derart außergewöhnliche Randbedingungen als großartiges Geschenk betrachtet werden dürfen. Wenn jetzt auch noch für historische Proben vorausgesetzt werden durfte, daß sie während ihrer Lagerzeit grundsätzlich keinen unerwünschten Einflüssen ausgesetzt sind, dann konnte man auch die zweite der beiden Geschichten, der zeitliche Verlauf der C14-Konzentration in einer jeden Probe, als bekannt voraussetzen bzw. diese Geschichte über das radioaktive Zerfallsgesetz zurückrechnen.

Wenn das alles so stimmte, dann war jede organische Probe wirklich denkbar einfach und ohne weitere Voraussetzungen und Annahmen datierbar: Ihr Alter bestimmte sich aus dem Schnittpunkt der C14-Zerfallskurve für die Probe mit dem zeitlich konstanten Konzentrationsverlauf für die Atmosphäre (Bild 6), was sich genau so auch über das Zerfallsgesetz ausrechnen ließ. Voller Hoffnung machte man sich daran, der Vor- und Frühgeschichte der Menschheit ein neues, endgültiges chronologisches Gerüst zu verschaffen.

3.3 Die Wissenschaftler werden von der Realität eingeholt ...

Alle anfangs gemachten Annahmen über die C14-Geschichte organischer Proben im allgemeinen und die C14-Geschichte der Atmosphäre im besonderen stellten sich rasch als falsch heraus. Seit mehr als 50 Jahren gehen die Anstrengungen und Bemühungen der Wissenschaftler dahin, zu zeigen, daß sie alle nur ein bißchen falsch sind und daß man die Methode deswegen aufrechterhalten dürfe. Wir zeigen, daß sie so falsch sind, daß man die C14-Methode als selbständige Hilfswissenschaft der Geschichte aufgeben muß.

So lernte man binnen weniger Jahre viele verschiedenartige Einflüsse auf die C14-Konzentration der Probe kennen, die teils zu deren Lebzeiten (»Isotopenfraktionierung«, »Reservoireffekte«), teils während der Lagerzeit (»Kontamination«) und teils während der Probenaufbereitung und -messung im Labor wirken. Die Auswirkung dieser verschiedenartigen Einflüsse kann die Größenordnung des eigentlich zu untersuchenden Effektes erreichen, nämlich die Änderung der C14-Konzentration durch radioaktiven Zerfall während der Lagerzeit. Vor Proben, für die solche Einflüsse nicht ausgeschlossen werden können, muß die C14-Methode ihre Waffen strecken, denn

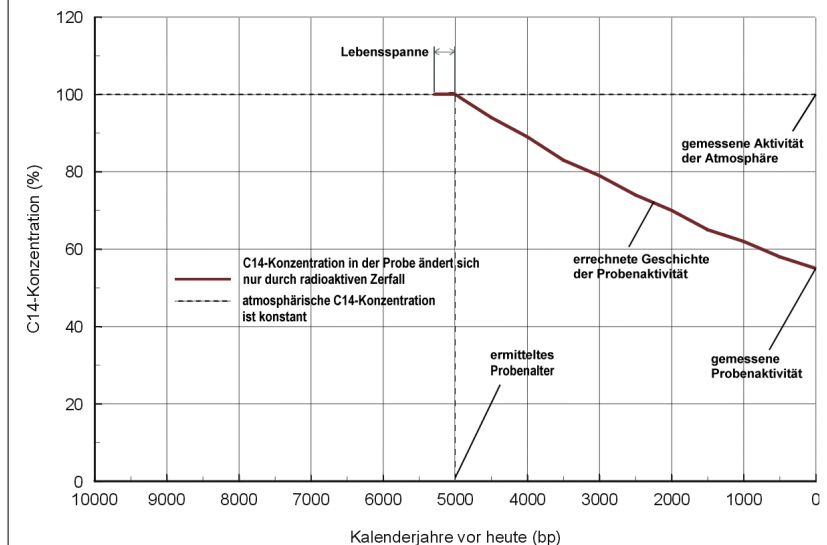
Bild 6: Wunderbare ideale C14-Methode

Wenn die C14-Konzentration der Atmosphäre konstant gewesen ist (also »immer wie heute«) und wenn die Geschichte der C14-Konzentration der Probe über das Zerfallsgesetz retrokalkulierbar ist (im Idealfall keine sonstigen Einflüsse während der Lagerzeit oder während der Probennahme und -auswertung), dann (und nur dann) hat man gute Karten und kann historische Proben ohne jedes weitere Wissen absolutdatieren!

In diesem speziellen Fall kann die Zeit, die seit dem Stoffwechsellende der Probe bis heute verstrichen ist, über das Zerfallsgesetz berechnet werden. In die entsprechende Formel für die Zeitberechnung gehen dann nur

- 1) die gemessene Restaktivität der Probe,
- 2) die gemessene aktuelle Aktivität der Atmosphäre und
- 3) die Halbwertszeit für das radioaktive C14 ein.

Die Anbindung des Modells an die Geschichte der C14-Konzentration in der Atmosphäre ist dadurch natürlich nicht verloren gegangen: Sie beruht auf der Voraussetzung, daß die aktuell gemessene C14-Konzentration auch zu jedem Zeitpunkt in der Vergangenheit geherrscht hat.



diese Einflüsse lassen sich nur bestimmen oder eingrenzen, wenn man das wahre Alter der Probe kennt. Hinsichtlich der Proben scheitert die C14-Methode also immer dort, wo sie das bereits kennen müsste, was zu bestimmen ihre eigentliche Aufgabe ist. Gleichwohl muß dieses Problem nicht unüberwindlich sein, denn unter der Vielzahl zur Verfügung stehender Proben könnte man sich auf die Auswertung ›guter‹ Proben beschränken, die also unter nachweisbar günstigen Umständen überdauert haben. Die Atmosphäre konnte man sich dagegen nicht aussuchen.

Das Modell eines stationären Gleichgewichts von Produktion und Zerfall für die Atmosphäre sollte sich nicht bewähren, denn 10 Jahre nach Einführung der C14-Methode wurde aus Messungen an Baumringen eines sehr alt gewordenen Baumes erkannt, daß sich die C14-Konzentration in der Atmosphäre über die Zeit geändert haben musste. Statt als allererstes die ohnehin äußerst rigide Annahme auf den Prüfstand zu stellen, daß Zu- und Abwanderung keinerlei Einfluss auf die C14-Konzentration hätten (siehe oben Annahme 2), erwog man lediglich Schwankungen der Produktionsrate für C14: Diese würden für ein Ungleichgewicht von Produktion und Zerfall sorgen und dadurch auch Schwankungen der C14-Konzentration in der Atmosphäre nach sich ziehen.

Die Produktionsrate für C14 hängt unter anderem von der Intensität der kosmischen Strahlung und von der Stärke des irdischen Magnetfeldes ab. Eine Änderung dieser Einflußgrößen konnte man sich nur als sehr begrenzt vorstellen. Folglich könnten die grundsätzlich stationären Verhältnisse auch nur mit kleinen Schwankungen überzogen werden. Aus diesem Grund hielt man an der Vorstellung fest, mit den ›C14-Jahren‹, die aus den Konzentrationswerten errechnet werden, das wahre Alter bereits annähernd zu kennen.

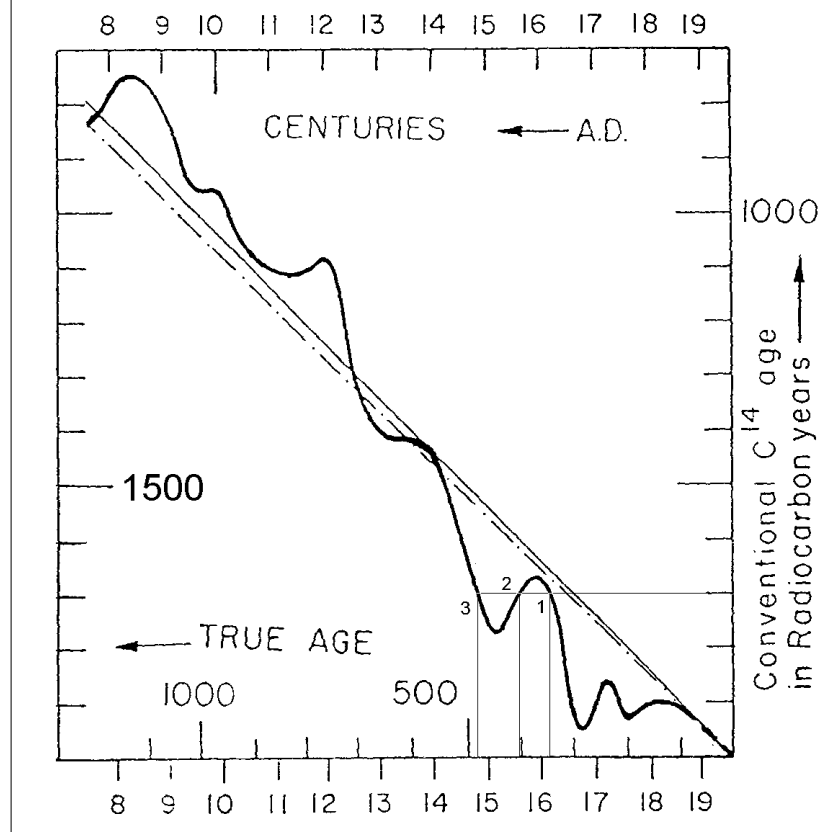
Hätte man die gemessenen Schwankungen quantitativ ausgewertet, wäre man in tiefe Zweifel an den Grundlagen der C14-Methode gestürzt worden, denn der ursprünglich als Nebeneffekt abgetane Einfluss auf die C14-Konzentration der Atmosphäre übertraf den eigentlichen Effekt, den radioaktiven Zerfall, um ein Vielfaches. Doch in der Ära der C14-Datierung geschah von Seiten der dazu berufenen Wissenschaftler nichts.

3.4 ... und lassen sich von ihr überrollen ...

Für die historische organische Probe darf zunächst erwartet werden, daß mit ihrem Tod (= Stoffwechselende) der stoffliche Austausch mit der Umgebung dauerhaft zum Erliegen kommt und daß sich deswegen die C14-Konzentration

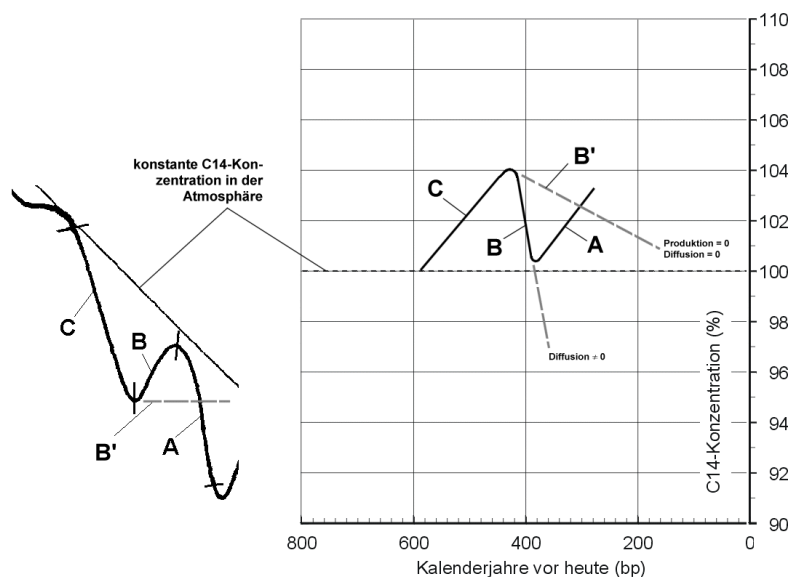
Bild 7: Mit »Cosmic Schwung« – aber blind

Das Bild links (Original gespiegelt) zeigt eine »Kalibrierkurve« aus dem Jahr 1970. Sie drückt das Ziel aus, wenigstens den langfristigen Trend der C14-Konzentration der Atmosphäre als konstant entziffern zu dürfen. Die Darstellung ist dafür gedacht, jedem »C14-Alter« einer Probe ihr »wahres« Alter zuordnen zu können – zuweilen auch mehrere Daten zuordnen zu müssen wegen der Mehrdeutigkeit der Kurve (wie hier beispielsweise bei etwa 300 »C14-Jahren«). Diese Kurve verschleiert aber die physikalische Bedeutung der einzelnen Kurvenabschnitte. Deshalb haben wir mit dem Bild rechts eine Übersetzung der Meßergebnisse vorgenommen.



Die Graphik übersetzt drei ausgewählte Abschnitte der ›Kalibrierkurve‹ in die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre (zur Problematik der Verwendung von ›Kalibrierkurven‹ siehe Anhang II):

- ›Anreicherung‹: In den Abschnitten A und C steigt die Konzentration deutlich an. Dies könnte allein durch eine gestiegene C14-Produktion hervorgerufen werden.
- ›Verarmung‹: Im Abschnitt B sinkt die Konzentration deutlich ab. Um die Atmosphäre so stark an C14 verarmen zu lassen, muß mehr geschehen, als daß die Produktion von C14 auf Null zurückgeht. Es müssen Diffusionsvorgänge ablaufen, bei denen die Ozeane mehr C14 als sonst aufnehmen. Das bedeutet aber, daß die C14-Geschichte der Atmosphäre generell von Diffusion bestimmt oder sogar dominiert wird. Mit der Stationaritätsannahme werden Diffusionsvorgänge ungerechtfertigterweise ausgeblendet.
- ›Grenzfall‹: Hinzugenommen haben wir den Abschnitt B', in welchem die Konzentration genau mit der C14-Halbwertszeit abnimmt. So ein Vorgang wäre nur dann zu beobachten, wenn im Grenzfall weder Produktion noch Diffusion von C14 stattfinden oder diese sich aufheben.



on innerhalb der Probe als geschlossenem System nur noch durch radioaktiven Zerfall verringert.

Die Atmosphäre dagegen muß immer als offenes System betrachtet werden. Tatsächlich wandert ja auch der Großteil des in der Atmosphäre produzierten C14 in die Ozeane ab. Diese gewaltigen Austauschvorgänge brauchen sich nur geringfügig zu ändern, um sich ganz drastisch auf die C14-Konzentration der Atmosphäre auszuwirken. Für ein offenes System wie der irdischen Atmosphäre ist immer mit Änderungen der Austauschvorgänge statt mit gleichbleibenden Verhältnissen an seinen Grenzen zu rechnen. Gleichwohl haben die Wissenschaftler für die C14-Methode unbeirrt in Anspruch genommen, daß die C14-Konzentration der Atmosphäre keinen Einflüssen unterliegt, die über die Systemgrenzen wirken.

Diese Stationaritätsannahme hätte nur aufrechterhalten werden dürfen, wenn der Nachweis gelungen wäre, daß Zu- und Abwanderung über die Systemgrenzen einen deutlich geringeren Beitrag zur Veränderung der C14-Konzentration in der Atmosphäre leisten als die quasi-stationären Erscheinungen Produktion und Zerfall. Zu welchen Ergebnissen für das Ausmaß der Zu- und Abwanderungsraten wäre man gekommen, hätte man sich dieser entscheidenden Frage gestellt?

3.5 ... anstatt sie zu akzeptieren

Soweit man in Anspruch nahm, die Geschichte der atmosphärischen C14-Konzentration – vor allem durch Baumringfolgen – rekonstruiert zu haben, sah man sich mit folgendem Befund konfrontiert:

- 1) In dieser Geschichte kommen immer wieder Abschnitte vor, in denen die C14-Konzentration der Atmosphäre so zunahm, daß ihre Abnahme durch radioaktiven Zerfall stark überkompensiert wurde (Bild 7, Fälle A und C, »Anreicherung«)
- 2) In dieser Geschichte kommen immer wieder auch Abschnitte vor, in denen die C14-Konzentration der Atmosphäre deutlich stärker abgenommen hatte, als durch radioaktiven Zerfall allein möglich gewesen wäre (Bild 7, Fall B, »Verarmung«).

Dieser Befund hätte die Alarmglocken schrillen lassen müssen: Insbesondere die starke Abnahme (Fall B) kann nicht mehr durch radioaktiven Zerfall allein sondern nur noch durch massive Abwanderung von C14 in angrenzende Reservoirs (Ozeane) erklärt werden (bzw. massive Wanderung von C12 in

die umgekehrte Richtung). Diese Evidenz hätte die bisherige Erklärung, der Effekt sei allein auf eine Verminderung der Produktion von C14 zurückzuführen, als Trugschluss offenbaren müssen.

1978 wurde erneut exemplarisch eine 250 Jahresringe umfassende Probe von einem einzelnen Baum C14-datiert, um mit seinerzeit modernster Meßtechnik endlich einmal das wahre Ausmaß der Abweichungen der C14-Konzentration in der Atmosphäre von dem konstanten Idealmaß zu erfassen. Diese Ergebnisse hätten C14- und Dendro-Wissenschaftler endgültig wachrütteln müssen: Die C14-Konzentration in der Atmosphäre änderte sich durch Zu- und durch Abwanderung bis zu 40 mal stärker als durch den radioaktiven Zerfall [328-332/360-364].

Angesichts solcher Verhältnisse hätte es sich von selbst verboten, weiterhin mit der Annahme quasi-stationärer C14-Verhältnisse in der Atmosphäre zu arbeiten. Doch leider hätte es auch bedeutet, der habhaft geglaubten Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre endgültig verlustig zu gehen, die einem durch die Annahme stationärer Verhältnisse bisher wie von selbst zugewachsen war. Das mag der Grund gewesen sein, weshalb die Wissenschaftler vor solchen Überlegungen quantitativer Art zurückschreckten.

3.6 C14-Konzentration der Atmosphäre – eine weiterhin unbekante Geschichte

Dieser Befund instationärer C14-Verhältnisse hat dramatische Konsequenzen für die Methode der C14-Datierung – speziell natürlich auch für die Vordatierung von Baumproben. Unter diesen Umständen darf die C14-Konzentration einer Probe nicht mehr direkt – dem bisherigen Mißbrauch entsprechend – in ein ›annähernd richtiges‹ Absolutdatum umgerechnet werden. Denn die Grenze für die zu erwartende ›Ungenauigkeit‹ liegt keineswegs bei den 10%, die die neuesten Kalibrierkurven² ausweisen. Diese Grenze kann, wie wir gleich sehen werden, ohne weiteres um einen Faktor 10 größer sein. Dann haben wir es nicht mehr mit ›Ungenauigkeiten‹ zu tun, sondern bereits mit einem grundlegenden Irrtum. Um die dramatischen Konsequenzen für die C14-Datierung zu erfassen, müssen wir die möglichen Szenarien für die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre als offenem System erfassen und verstehen.

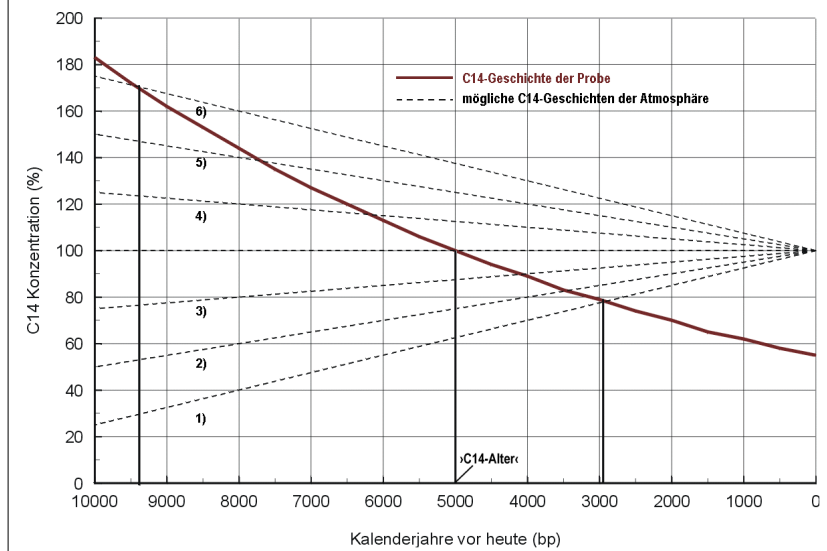
Es gibt grundsätzlich nur zwei Szenarien, die dabei zu berücksichtigen sind: Entweder die in Frage kommenden drei Ursachen für die Änderung der C14-Konzentration wirken so zusammen, daß die Atmosphäre an C14 ver-

² Download unter <http://depts.washington.edu/qil/>

Bild 8: Mögliche Geschichten der C14-Konzentration der Atmosphäre

Für die Altersbestimmung der Probe mit der C14-Methode ist es nicht nur von entscheidender Bedeutung, daß sich die C14-Konzentration in der Probe während der Lagerzeit nur durch radioaktiven Zerfall geändert hat. Auch die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre muß lückenlos bekannt sein, um aus dem Schnittpunkt dieser beiden Geschichten das Alter der Probe zu bestimmen (Bild 4).

Das schematische Bild 8 zeigt, wie trügerisch das »C14-Alter« im Hinblick auf das wahre Alter der Probe wird, wenn sich die C14-Konzentration in der Atmosphäre mit einem bestimmten Trend ändert. Reichert sich die Atmosphäre mit C14 an (1-3), dann täuscht das »C14-Alter« ein zu hohes Alter vor, verarmt die Atmosphäre dagegen an C14 (4-6), dann täuscht das »C14-Alter« ein zu niedriges Alter vor. Diese Bandbreite an Möglichkeiten muß solange in Rechnung gestellt werden, wie die wahre C14-Geschichte der Atmosphäre unbekannt ist. Sie unter der Annahme zu rekonstruieren, es habe weitgehend stationäre Verhältnisse geherrscht, ist voreilig gewesen und kann unsere Vorstellungen über die zeitliche Dauer des Postglazials völlig in die Irre geleitet haben.



armt, oder sie wirken so zusammen, daß die Atmosphäre sich mit C14 anreichert:

- 1) »C14-Verarmung«: Die C14-Konzentration der Atmosphäre sinkt permanent, wenn die Abnahme durch Zerfall und Wanderung dauerhaft größer ist als die Zunahme durch C14-Produktion.
- 2) »C14-Anreicherung«: Die C14-Konzentration der Atmosphäre steigt permanent, wenn die Zunahme durch C14-Produktion dauerhaft größer ist als die Abnahme durch Zerfall und Wanderung.

Auf die Frage, ob und in welchem zeitlichen Abstand sich diese beiden Phasen eventuell abwechseln, gehen wir in Kapitel 3.8 ein. Die Zunahme durch C14-Produktion und die Abnahme durch Zerfall und Wanderung sind im Prinzip nur dann gleich, wenn eines der beiden Szenarien in das andere übergeht. Ein solcher Übergangsmoment hat mit der Annahme dauerhafter stationärer Verhältnissen natürlich nichts zu tun.

In Bild 8 sind die beiden Szenarien in jeweils drei unterschiedlich starken Ausprägungen einschließlich des Übergangszustandes schematisch dargestellt. Das C14-Alter einer Probe wird demnach essentiell davon bestimmt, welches der beiden Szenarien für die C14-Konzentration in der Atmosphäre in welchem Ausmaß tatsächlich vorgeherrscht hat:

- 1) Konsequenzen für die konventionelle Datierung bei »C14-Verarmung«: Je mehr die Abnahme überwogen hat (Kurven 4, 5 und 6 in Bild 8), desto geringer wird das errechnete »C14-Alter« und täuscht dadurch ein zu niedriges Alter vor.
- 2) Konsequenzen für die konventionelle Datierung bei »C14-Anreicherung«: Je mehr die Zunahme überwogen hat (Kurven 1, 2 und 3 in Bild 8), desto »greisenhafter« wird das errechnete »C14-Alter« und täuscht dadurch ein zu hohes Alter vor.

Je nach Szenario liegt das »C14-Alter« der Probe in diesem schematischen Beispiel um einen Faktor von ungefähr 2 zu hoch bzw. zu niedrig. Das bedeutet, daß die »C14-Uhr« doppelt so schnell bzw. halb so schnell läuft wie unsere Alltagsuhr. Wer wollte es wagen, angesichts einer solchen Bandbreite das sogenannte »C14-Alter« weiterhin als Quasi-Absolutalter anzusprechen? Wir zeigen jetzt, daß – nach dem Schema »kleine Ursache, große Wirkung« – bereits eine kleine Änderung in den Randbedingungen die Geschwindigkeit der »C14-Uhr« so stark verändert, daß unsere C14-bestimmte Chronologie revolutioniert würde.

3.7 Die Geschwindigkeit der C14-Uhr ist nicht an unsere Alltags-Uhr gekoppelt

Welche quantitativen Verhältnisse liegen vor, wenn die C14-Uhr beispielsweise nur doppelt so schnell lief wie bisher angenommen? Eine schneller laufende C14-Uhr bedeutet, daß sich Zunahme und Abnahme nicht die Waage halten, sondern die Zunahme dauerhaft um ein gewisses Maß überwiegt. Um die C14-Uhr über beispielsweise 1.000 Kalenderjahre um den Faktor 2 schneller laufen zu lassen als unsere Alltags-Uhr, müsste sich die Atmosphäre in diesem Zeitraum um 12% mit C14 anreichern – Jahrhundert für Jahrhundert also um gut 1%.

Einen solchen Anreicherungseffekt könnte man nur entdecken, wenn aus diesem Zeitraum entsprechend sicher datierte historische Proben zur Verfügung stehen. Mit den Baumringchronologien kann ein solcher Effekt nicht mehr entdeckt werden, weil die Holzproben mit C14 vordatiert wurden in dem Glauben, daß C14- und Alltags-Uhr annähernd gleich schnell laufen. Das bedeutet aber auch, daß die Baumringchronologien ganz erheblich zu lang oder zu kurz sein können. Mit anderen Worten, über die Länge der geschichtlichen und vorgeschichtlichen Zeit können sie uns nichts aussagen. Im Anhang beleuchten wir diejenige Vorgehensweise bei der Erstellung von Baumringchronologien, durch die sich dieser Fehler einschleichen musste.

Die Rekonstruktion der Geschichte der C14-Konzentration in der Atmosphäre im allgemeinen und der Nachweis jenes Anreicherungseffektes im besonderen ist problematisch genug. Dasselbe für die Ozeane vorzunehmen sogar unmöglich: So entspricht der Anreicherung der Atmosphäre um 12% über die besagten 1000 Kalenderjahre die ›Verarmung‹ der Ozeane um ca. 2‰ (i.W.: zwei Promille) seines Bestandes an C14 [380, 348].

3.8 Mögliche Tendenzen für die C14-Konzentration der Atmosphäre im Holozän

Auch aus konventioneller Sicht hätte insbesondere die C14-Geschichte des Spätglazials daraufhin geprüft werden müssen, ob sie als eine Phase der C14-Verarmung oder als eine Phase der C14-Anreicherung der Atmosphäre interpretiert werden muss. Als eine Möglichkeit beschreiben wir die Abfolge einer ›C14-Verarmung‹ im Spätglazial und einer ›C14-Anreicherung‹ im Postglazial bzw. Holozän:

- ›C14-Verarmung‹ im Spätglazial: Massives Abschmelzen ›fossilen‹ und damit C14-freien Gletscherwassers hätte dazu führen können, daß die Atmosphäre an C14 verarmt, weil ihr C14 vermehrt in die geschmolzenen C14-armen Wässer diffundieren müsste. Das entspräche dem Szenario 1 für das Spätglazial – die ›C14-Verarmung‹. Bei den damit einhergehenden Änderungen in den Ozeanströmungen wäre zu prüfen, ob verstärkt ›fossiles‹ Tiefenwasser an die Oberfläche kommen würde, die diesen Effekt noch verstärken würden.
- ›C14-Anreicherung‹ im Postglazial bzw. Holozän: In dem darauf folgenden Holozän hätte es zu einer entsprechenden Erholung des C14-Haushalts der Atmosphäre kommen müssen, weil die Rate der C14-Abwanderung in die Ozeane langsam wieder auf ein früheres Maß gesunken und die C14-Konzentration der Atmosphäre damit wieder gestiegen wäre. Das entspräche dem Szenario 2 für das Holozän – die ›C14-Anreicherung‹.

Nicht einmal ansatzweise ist etwas derartiges in der C14-Kalibrierkurve zu erkennen, die ja die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre – wenn auch in verschlüsselter Form – widerspiegelt: Die Kurve geht mit einer Tendenz, die quasi-stationäre Verhältnisse bedeutet, ›stur‹ durch diese Phase des Umbruchs hindurch. Diskussionen darüber ersticken im Keim, weil das chronologische Gerüst des Holozäns als zu gut bestätigt gilt [382, 347].

In einem früheren Artikel für ›Zeitensprünge‹ [1998/4] haben wir ein alternatives Szenario entworfen, wie der Ungleichgewichtszustand, dessen Rückbildung sich für das Holozän abzeichnet, auch durch den Einschlag eines Himmelskörpers in einen der Ozeane hervorgerufen worden sein könnte. Denn auch dadurch werden die Ozeanströmungen gestört, so daß an die Oberfläche geratenes ›fossiles‹ Tiefenwasser über längere Zeit das C14 in erhöhtem Maße absorbiert, so daß die Atmosphäre zeitweise an C14 verarmen muß, um sich danach wieder einem früheren Zustand anzunähern.

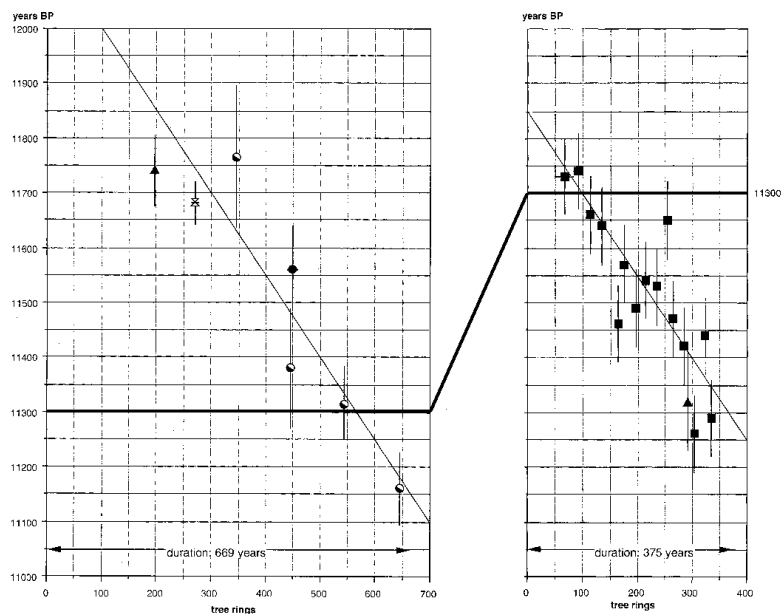
4. Zusammenfassung

Es ist möglich, daß ein C14-Ungleichgewicht in der Atmosphäre den bisher geglaubten Radiokarbonkalender um einen ganz erheblichen Faktor staucht oder streckt. Dabei geht es nicht um 10%, wie bisher ›rekonstruiert‹, sondern um eine Größenordnung mehr. Mit dieser Möglichkeit bewegen wir uns in dem Rahmen, den die kritische Chronologie auf unterschiedlichen Ebenen als realistisch für das Holozän erkannt hat. Es geht mindestens um eine Halbie-

Bild 9: Zwei schwimmende Baumringchronologien

Im rechten Diagramm [Kaiser 1993, 37] sind Meßdaten einer ca. 375 Kalenderjahre umfassenden, aus 6 archäologisch zusammengehörigen Föhren bestehenden Baumringchronologie als »C14-Jahre« aufgeführt. Im linken Diagramm [Kaiser 1993, 36] sind die »C14-Jahre« einer weiteren Baumringchronologie eingetragen, die aus 4 archäologisch zusammengehörigen Föhren erstellt wurde und ca. 670 Kalenderjahre umfasst.

Das Beispiel zeigt, wie mißverständlich die Verwendung von »C14-Jahren« werden kann, denn die beiden Ausgleichsgeraden zeigen an, daß jeweils über 50% mehr »C14-Jahre« als Kalenderjahre verstrichen sind. Hätte dieser Trend über die gesamte Lagerzeit der Föhren angehalten, dann betrüge ihr wahres Alter nur 2/3 des radiometrischen Alters. Und alle radiometrisch jüngeren Baumproben wären auch nur über einen 2/3 so langen Zeitraum zu verteilen gewesen. In den Bildern 8 und 9 offenbart sich das ganze Ausmaß der Tragödie, falls nach der Faustformel »1 C14-Jahr = 1 Kalenderjahr« vordatiert worden ist.



rung wenn nicht sogar um eine Drittelung oder Viertlung des bisher für richtig erachteten zeitlichen Rahmens von 10.000 Jahren.

Daß sich dies in den Baumringchronologien nicht widerspiegelt, hat einen so einfachen wie auch ärgerlichen Grund: Welche Annahmen auch immer über die Geschichte der C14-Konzentration getroffen werden, genau diese Geschichte wird von denjenigen Baumringchronologien rekapituliert, die unter Rückgriff auf entsprechende C14-Vordatierungen erstellt worden sind. Man erkennt also:

- Jede der beiden Datierungsmethoden hat einen auch sich selbst nicht behebbaren Defekt: Chronologische Aussagen werden nur durch chronologische Hilfestellung von außen möglich.
- Die gegenseitige chronologische Hilfestellung stellt einen Zirkelschluß dar, der sämtlich dendro- und radiochronologischen Aussagen entwertet.

Was die Chronologie des Holozäns angeht, wären damit alle Historiker wieder an die ›Zeichenbretter‹ zurückverwiesen – dort, wo sich die ›Chronologiekritiker‹ seit Jahrzehnten um eine saubere Chronologie des Holozäns bemühen.

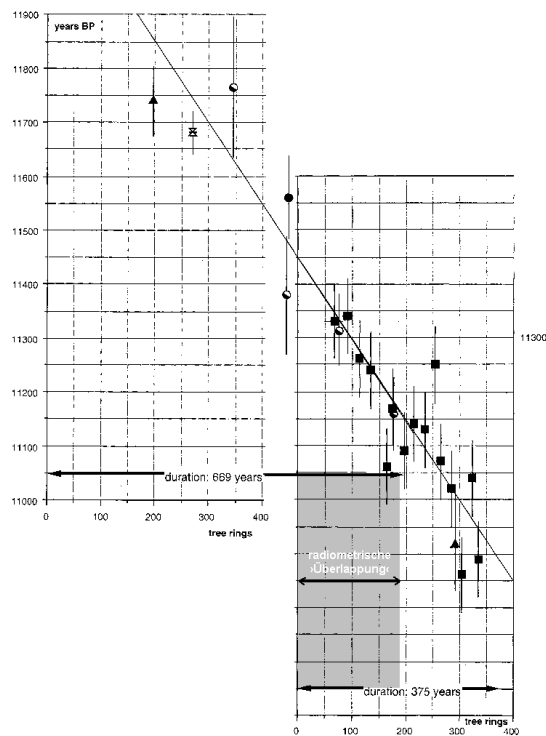
Anhang I: Wie sich die Dendrochronologie unbesehen ins Abseits synchronisiert hat

In »C14-Crash« haben wir Meßergebnisse an einem neuseeländischen Kauri-Baum als eines von mehreren Beispielen für eine mögliche C14-Anreicherung der Atmosphäre angeführt. C14-Anreicherung bedeutet, daß konventionell C14-datierte Proben tatsächlich viel jünger sind. Hier zeigen wir an einem Beispiel C14-datierter Baumproben, wie – entgegen jeder Evidenz – unbeirrt an unzutreffenden Vorstellungen festgehalten wird und wie dadurch systematische Fehler in eine Baumringchronologie eingehen müssen [Kaiser 1993].

Das Bild 9 zeigt im rechten Diagramm C14-Daten einer ca. 375 Kalenderjahre umfassenden Baumringchronologie, die aus 6 archäologisch zusammengehörigen Föhren erstellt wurde. Im linken Diagramm sind C14-Daten einer weiteren Baumringchronologie eingetragen, die aus 4 archäologisch zusammengehörigen Föhren erstellt wurde und ca. 670 Kalenderjahre umfasst. Die Jahresmarken für den Wert 11.300 C14-Jahre sind in beiden Diagrammen als horizontale Linien hervorgehoben und durch eine Hilflinie miteinander verbunden worden. Dadurch unterstellen wir im folgenden, daß gleiche C14-Aktivität auch gleiches Absolutalter bedeutet, was auch als ›Si-

Bild 10: Methodisch korrekte radiometrische Synchronisierung

Eine radiometrische Synchronisierung der beiden Baumringchronologien aus Bild 9 ist angezeigt, weil sie a) einen vergleichbaren Trend im Verlauf der C14Konzentration ausweisen und weil sie sich b) radiometrisch überschneiden. Die Synchronisierung geschieht durch Übereinanderlegen von Ausgleichsgeraden und C14-Skalen, was in diesem Fall zu einer ›physischen‹ Überlappung der beiden Baumringchronologien in einem Bereich von ca. 200 Kalenderjahren führt. Im Rahmen der Unsicherheit dieser radiometrischen Synchronisierung wäre jetzt nach einer ›Verzahnung‹ zu suchen, bei der die beiden Chronologien auch nach dendrochronologischen Vergleichskriterien synchron laufen. Welche dendrochronologische Katastrophe sich vollzieht, wenn der ausgewiesene Trend der Daten einfach negiert wird, zeigt Bild 11.



multianitätsprinzip« bezeichnet wird. Es stellt eine starke Annahme dar, denn es schließt insbesondere Kontaminationen und lokale Unterschiede in der C14-Aktivität der Atmosphäre aus.

In die Graphik wurden nicht die gemessenen C14-Konzentrationswerte eingetragen, sondern das jeweilige sogenannte »C14-Jahr«, dasjenige »Alter« also, welches sich unter Annahme stationärer Verhältnisse aus der C14-Konzentration errechnet. Diese »Altersangaben« verwirren mehr als das sie nützen, denn es ist evident, daß die C14-Konzentration nicht konstant gewesen ist: Für die rechte Baumringchronologie kann beispielsweise abgelesen werden, daß auf meßtechnisch erfasste 250 Kalenderjahre der Baumringchronologie eben nicht 250 »C14-Jahre« kommen, sondern rund 50% mehr. Das ergibt sich insbesondere, wenn man die Ausgleichsgerade zu Rate zieht, die von uns nach Augenschein zugefügt wurde. Für die linke Chronologie kann eine ganz ähnliche Betrachtung angestellt werden, wobei hier deutlich weniger Meßwerte vorliegen und deshalb die Lage der Ausgleichsgeraden weniger evident ist.

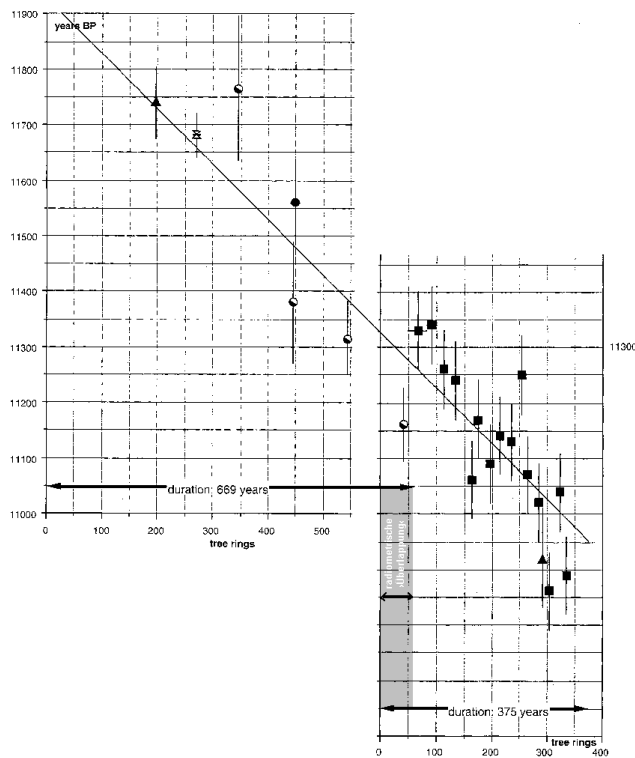
Wegen der radiometrischen Überlappung der beiden Baumringchronologien – es gibt einen Bereich, in dem bei beiden Chronologien jeweils die gleiche C14-Konzentration gemessen wird – können die beiden Ausgleichsgeraden übereinander gelegt werden (Bild 10). Dadurch kommt es zu einer Überlappung in den Baumringen von knapp 200 Kalenderjahren. Nun wäre es methodisch angemessen zu prüfen, ob die beiden Chronologien in dieser Konstellation in einer bestimmten Verzahnung auch nach dendrochronologischen Vergleichskriterien synchron laufen.

Der Autor der Veröffentlichung, der wir diese beiden Chronologien entnommen haben, hat sich von der Stationaritätsannahme nicht lösen können und deshalb die Graphiken mit 45°-Geraden versehen. Damit ging er von der Annahme »Ein C14-Jahr gleich ein Kalenderjahr« aus. Doch in beiden Bildern ist es sehr unwahrscheinlich, daß ausgerechnet die 45°-Gerade die Tendenz der Meßwerte richtig wieder gibt. Es besteht also eine erhöhte Gefahr, daß die beiden Chronologien falsch verzahnt werden, wenn man die entsprechende radiometrische Synchronisierung vornimmt (Bild 11). Und so wird sich zwangsläufig das einschleichen, was man am meisten verhindern möchte: eine trügerische »Zufallslage«, die dann die ganze Baumringchronologie verdirbt.

Jede dendrochronologische Verzahnung, die die tatsächlichen Trends ignoriert und stattdessen an der radiometrischen Synchronisierung mittels der 45°-Steigung festhält, wird diese trügerischen Zufallslagen erzeugen. Daran

Bild 11: Methodisch unzureichende radiometrische Synchronisierung

Nötigt man den C14-Daten eine 45°-Gerade auf, dann kommt es zu einer gänzlich anderen radiometrischen Synchronisierung und damit auch zu einer gänzlich anderen dendrochronologischen Überlappung, die hier statt ca. 200 Kalenderjahren nur ca. 50 Kalenderjahre beträgt (was in diesem Fall die Synchronisierung nach dendrochronologischen Vergleichskriterien ohnehin problematisch machen würde). Zwingt man den Teilchronologien generell falsche radiometrische Synchronisierungen auf, dann landet man am Ende bei einer Chronologie, die nur eines verlässlich wiedergibt: Dasjenige Vorurteil über die Geschichte der C14-Konzentration der Atmosphäre, mit dem man an die Lösung der Aufgabe herangetreten ist.



kann auch das Argument nichts ändern, unabhängig voneinander erstellte Baumringchronologien würden an bestimmten Stellen nach dendrochronologischen Gesichtspunkten signifikant korrelieren und diese somit nach immanenten Kriterien bestätigen. Solange beide Chronologien auf derselben C14-Konstruktionsvorschrift basieren, werden solche Korrelationen zwangsläufig auftreten, ohne in irgendeiner Weise beweisen zu können, daß die Chronologien stimmen. Alle längeren Baumringchronologien beruhen auf herkömmlichen C14-Vordatierungen, die die Hinweise auf instationäre Trends in den C14-Daten ignoriert haben.

Wir weisen daraufhin, daß dermaßen verzerrende Anpassungen der Kurven – nämlich an sich viel steilerer Kurven an die 45°-Steigung – automatisch zu den vielbeschworenen ›wiggles‹ führen, die Phasen der C14-Verarmung der Atmosphäre [104, 102] vortäuschen oder auch künstliche ›C14-Plateaus‹ erzeugen, wie sie vornehmlich im spätglazialen Teil der Baumringchronologien gesehen werden.

Anhang II: Zur Problematik der Verwendung von ›Kalibrierkurven‹

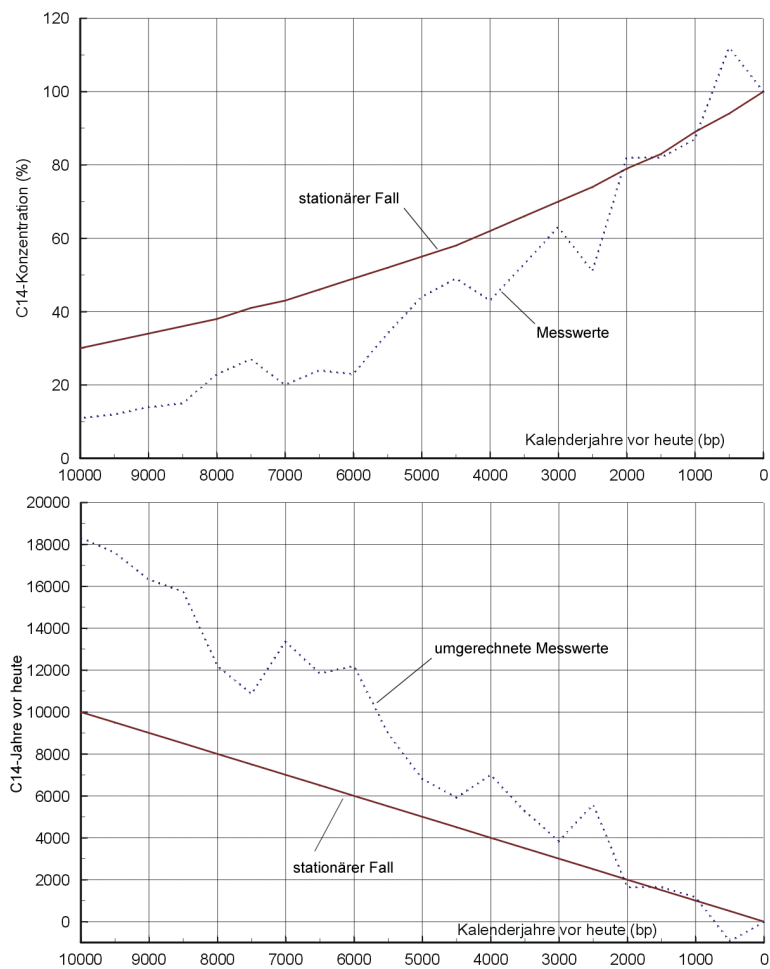
In diesem Artikel haben wir versucht, C14-Daten stets im Rahmen einer ›Geschichte‹ der C14-Konzentration darzustellen, um die physikalischen Ursachen interpretieren zu können, die diese Geschichte prägen. Dieser Zugang ist erschwert oder sogar versperrt, wenn C14-Daten als konventionelle ›Kalibrierkurve‹ aufbereitet werden.

Die aktuell gemessenen C14-Daten einer historischen Probe dürfen als Endpunkte einer Exponentialkurve betrachtet werden, die durch den radioaktiven Zerfall in der Probe entsteht, wenn sie keinerlei Stoffwechsel mehr erfährt. Für die C14-Geschichte der Atmosphäre, die aus solchen C14-Daten konstruiert wird, gibt es keine entsprechenden Vorgaben. Sie muß vollständig rekonstruiert werden. Wir haben gezeigt, daß die Geschichte der atmosphärischen C14-Konzentration nicht nur von Produktion und Zerfall des C14 geprägt ist, sondern vor allem von Diffusionen. Wenn diese Diffusion über historische Zeit in eine Richtung überwogen haben sollte, dann ist die Geschwindigkeit der ›C14-Uhr‹ von der unserer Alltags-Uhr entkoppelt: Die Angabe von C14-Jahren anstatt der ursprünglichen C14-Konzentration wird entsprechend mißverständlich.

Um eine Geschichte der C14-Konzentration aufzustellen, stehen keine Meßergebnisse zur Verfügung, die in der Vergangenheit gewonnen worden sind. Die C14-Geschichte insbesondere der Atmosphäre muß deshalb grund-

Bild 12: Kalibrierkurven

Die obere Graphik beruht auf gemessenen C14-Konzentrationswerten historischer Proben, die untere hingegen auf »C14-Jahren«, in die die C14-Konzentrationswerte zuvor umgerechnet worden sein müssen. Kalibrierkurven beruhen auf der unteren Darstellungsweise, weil man glaubt, mit »C14-Jahren« bereits annähernd das wahr Alter der Probe zu kennen.



sätzlich aus heutigen Messungen an historischen Proben bekannten Alters rekonstruiert werden. Aus jeder ›Restaktivität‹ kann dann diejenige C14-Konzentration zurückgerechnet werden, die zum Zeitpunkt des Stoffwechselendes dieser Probe in der Atmosphäre geherrscht hatte. Mit ausreichend vielen solcher datierten Proben kann dann der zeitliche Verlauf der C14-Konzentration in der Atmosphäre rekonstruiert werden (Bild 4). Die entsprechende Graphik erlaubt dann auch die Betrachtung physikalischer Ursachen, die den zeitlichen Verlauf bestimmen, sie erlaubt es aber nicht, die C14-Messung an einer historischen Probe unmittelbar in ein Absolutdatum zu überführen. Dazu müsste man auch die Probengeschichte, die Zerfallskurve also, in die Graphik legen, um aus dem Schnittpunkt der beiden Geschichten das Alter der Probe zu bestimmen. Diese Vorgehensweise ist sehr unpraktisch. Deshalb müssen die C14-Daten der Atmosphäre anders aufbereitet werden, um eine praktikable ›Kalibrierkurve‹ zu erhalten.

Am einfachsten ist es, die ursprünglich gemessenen C14-Konzentrationen der historischen Proben über ihr jeweils bekanntes Alter aufzutragen, so wie es anfangs auch Libby mit seiner ›Curve of Knowns‹ (Bild 5) praktiziert hatte. Jeder Messwert an einer aktuellen Probe kann dann direkt in ein Absolutdatum überführt werden (Bild 12 oben). C14-Labore veröffentlichen in der Regel aber keine Konzentrationswerte sondern ›C14-Jahre‹. Deshalb beruhen konventionelle Kalibrierkurven auch nicht auf der C14-Konzentration, sondern auf ›C14-Jahren‹ (Bild 12 unten).

Der zusätzliche Aufwand, die miteinander zu vergleichenden Messwerte noch einmal in ›C14-Jahre‹ umzurechnen, ist nur gerechtfertigt, wenn diese dem tatsächlichen Alter jeweils annähernd entsprechen würden, die C14-Verhältnisse der Atmosphäre mithin ausreichend stationär gewesen sind. Doch genau das steht schwer in Zweifel. Deshalb tragen Kalibrierkurven, die auf ›C14-Jahren‹ basieren, leider dazu bei, das Mißverständnis über die Funktionsweise der ›C14-Uhr‹ aufrechtzuerhalten.

Literatur

- Blöss, Christian und Niemitz, Hans-Ulrich (1998): »'Postglaziale' Gletschervorstöße. Kritik der Altersbestimmungsmethoden für das Quartär III«; in Zeiteinsprüche 1998/4
- Blöss, Christian und Niemitz, Hans-Ulrich (2000): »C14-Crash. Das Ende der Illusion, mit Radiokarbonmethode und Dendrochronologie datieren zu können.«; Berlin (1997, Gräfelting)

Kaiser, Klaus, Felix (1993): »Beiträge zur Klimageschichte vom späten Hochglazial bis ins frühe Holozän, rekonstruiert mit Jahrringen und Molluskenschalen aus verschiedenen Vereisungsgebieten«; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft; Birmensdorf

Niemitz, H.-U. (1995): »Die 'magic dates' und 'secret procedures' der Dendrochronologie«; in Zeiteinsparungen 1995/3