

DIE C¹⁴ METHODE

aus: Werner Keller, Und die Bibel hat doch recht, Wien 31964

Unter allen Methoden erregte die sogenannte Radiocarbon-Datierung von Willard F. Libby von der University of Chicago das größte Aufsehen - wie wir heute wissen, mit Recht.

Libby wurde 1908 auf einer Farm in Colorado geboren. Seinen Plan, Ingenieur zu werden, änderte er nach Beginn seines Studiums und wandte sich der Chemie zu. Chemie war schon damals ohne das Studium der Physik und Mathematik nicht mehr denkbar. So lag es nicht außerhalb seiner Studien, daß er sich mehr und mehr für Radioaktivität interessierte (das radioaktive Isotop C¹⁴ wurde 1940 bei Atomversuchen entdeckt). Zwischen 1941 und 1945 war Libby mit seinen Forschungen am Zustandekommen der Atombombe beteiligt - er spricht von dieser Zeit ganz allgemein als von »Kriegsforschung«. Nach dem Krieg ging er als Professor an die University of Chicago, und hier entwickelte er die Grundlagen der neuen Datierungsmöglichkeiten.

Als Theorie war bekannt, daß der atmosphärische Teil unserer Erde unter dauerndem Beschuß durch kosmische Strahlen steht. Diese Strahlen produzieren beim Auftreffen auf unsere Atmosphäre Neutronen, die auf die atmosphärischen Stickstoff-Atome reagieren und dabei winzige Mengen radioaktiven Kohlenstoffes (C¹⁴) entstehen lassen. Dieses C¹⁴ vermischt sich mit anderem »normalen« Kohlenstoff und Sauerstoff zu Kohlendioxyd und erreicht die Erde.

Dieses Kohlendioxyd nun, worin winzige Mengen von C¹⁴ enthalten sind, brauchen die Pflanzen unserer Erde durch Photosynthese führen sie es ihrer Nahrung zu. Da Tiere und Menschen pflanzliche Nahrung zu sich nehmen, geht C¹⁴ auch in jedes Tier und jeden Menschen ein.

Das alles rief nur begrenztes Interesse hervor, wenn nicht C¹⁴ radioaktiv wäre! - Der Schluß, den Libby zog, war, daß alle organische Substanz radioaktiv sei, und der weitere Schluß, daß es einen Weg geben müsse, diese Radioaktivität zu messen. Dafür war der Weg vorgezeichnet, denn radioaktive Substanzen haben die Eigenschaft, mit bestimmter Geschwindigkeit zu zerfallen. So ist es möglich, festzustellen, daß nach einer bestimmten Zeit der Gehalt an Radioaktivität in einem Material genau auf die Hälfte reduziert ist. Dieses nennt man die »Halbwertszeit«. Sie liegt bei C¹⁴ bei 5.568 Jahren (*so nahm man anfangs an*).

Wichtig ist nun, daß die Aufnahme von C¹⁴ durch Pflanzen immer konstant ist, solange die Pflanze lebt, durch ständigen Nachschub bleibt die Menge erhalten. Aber im Augenblick, da die Pflanze stirbt (oder der Mensch oder das Tier, die vorher Pflanzen konsumiert haben), beginnt die Reduzierung des C¹⁴-Gehaltes in diesem Körper. Wenn man nun mit dem Geigerzähler die Menge von erhaltenem C¹⁴ genau messen könnte, so hätte man das jeweilige Alter des gestorbenen Lebewesens (nicht seine Lebensdauer, sondern sein historisches Alter nach seinem Tode), also das historische Alter jedes organischen Stoffes, festgestellt.

Allerdings waren mehr als die Hälfte der Proben, die Libby in der ersten Arbeitsperiode untersuchte, amerikanischen Ursprungs, nämlich von 216 Proben 109. Das war nicht verwunderlich, da Libby natürlich zuerst von seinen amerikanischen Kollegen bestürmt wurde, ihnen bei den Datierungen zu helfen, mit denen sie sich seit Jahren erfolglos herumschlugen, zum Beispiel bei der Datierung der frühesten Spuren des Menschen auf dem amerikanischen Kontinent.

Aber es waren dennoch die Proben aus dem Mittelmeerraum, die Libbys Theorien bestätigten. Als erstes untersuchte er Akazienholz von einem Balken, der sich im Grab des ägyptischen Pharaos Djoser gefunden hatte. Diesen Pharaos datierten die Altertumswissenschaftler auf ungefähr 2700 v. Chr. Libbys Datierung ergab: ein wenig älter als 2000 v. Chr. Das war nicht präzise genug. Eine genauere Datierung gelang ihm, als er das Stück einer Planke untersuchte, die zum Totenschiff des Pharaos Sesostri III. gehört hatte. Hier irrte sich Libby nur um viereinhalb Prozent.

Dann jedoch geschah etwas, was wie der härteste Rückschlag aussah, der seiner Methode zuteil werden konnte, und sich dann in einen glänzenden Triumph verwandelte. Der große amerikanische Archäologe James H. Breasted, Gründer und erster Direktor des weltberühmten Oriental Institute der University of Chicago, die Autorität seiner Zeit für Ägyptologie, schickte Hölzer eines pharaonischen Sarkophags ein, von denen er mitteilte, daß sie von sehr hohem Alter sein müßten - das bedeutete, für ägyptische Verhältnisse, Jahrtausende. Libbys Messung ergab: Die Hölzer waren neu! Stimmt nun die Physik oder das autoritäre Wort der Kapazität? Breasted, ein keineswegs starrsinniger Mann, untersuchte seinen Sarkophag aufs neue, diesmal genau. Und er fand heraus, daß er, der große Kenner, tatsächlich einer modernen Fälschung aufgesessen war!

Das war für Libby ein Triumph ohnegleichen: Dennoch gab es auch wieder leichte Fehlschläge. So konnte es nicht ausbleiben, daß einige Altertumsforscher ganz vertraulich schon der Meinung Ausdruck gaben, daß man hier allzu früh einer großen Hoffnung aufgesessen sei. Libby nährte diese Meinung insofern, als er von Anfang an zugab, daß seine Messungen stets einen Unsicherheitsfaktor enthielten, der im Durchschnitt etwa zehn Prozent betrug; er drückte ihn so aus, daß er bei jeder Jahreszahl ein Plus und ein Minus hinzufügte. Also: Dieses Holz ist 2000 Jahre alt ± 100 oder ± 200 . Aber dieser Faktor ließ sich einigermaßen berechnen und war nicht allzu schmerzlich; denn bei prähistorischen Datierungen, wo es stets um Tausende von Jahren ging, war schon die Festlegung auf ein Jahrhundert ein gewaltiger Fortschritt. Libby wußte jetzt, daß er auf dem richtigen Weg war; es galt lediglich, seine Apparaturen zu verbessern.

Es ist nämlich leider nicht so, daß man nur einen Geigerzähler an ein Stück altes Holz zu halten braucht, um an der Anzahl der Tick-Laute die erhaltene gebliebene Radioaktivität und damit das Alter zu erkennen. Das ist einfach deshalb nicht möglich, weil die Strahlungsenergie von C^{14} zu schwach ist, und weil es außerdem in vielen Fällen so ist, daß noch andere radioaktive Substanzen ihren Einfluß geltend machen.

Das erste, was man zu tun hat, ist, aus dem zu prüfenden Material den reinen Kohlenstoff herauszupräparieren. Sonderbarerweise erreicht man das am einfachsten dadurch, daß man es verbrennt. Dabei sondert sich der Kohlenstoff gasförmig ab, den man leicht wieder zu fester Form reduzieren kann.

Bei dieser Mitteilung Libbys stockte den Altertumsforschern das Herz! Wie - die ganze Messung war nur möglich, wenn man die Proben zerstörte? Dieser Gedanke flößte Entsetzen ein, denn gerade Ende der vierziger Jahre hatte man ja die Schriftrollen am Toten Meer entdeckt, die unbekannte Bibeltextheile enthielten und deren Datierung so ungefähr das Wichtigste für Theologie und Kirchengeschichte darstellte, was sich denken ließ. Nun winkte hier die Möglichkeit einer genauen Datierung - aber war es nicht völlig undenkbar, daß man auch nur eine einzige dieser Rollen, deren Kostbarkeit außerhalb jeder materiellen Schätzung lag, zerstörte?

Nun - hier liegt wirklich ein Problem vor, Libby rechnete sofort aus, welche Menge eines Stoffes er brauchte. Um beim Holz zu bleiben: Wollte er wenigstens zwei Messungen durchführen (von Anfang an beharrte Libby der Kontrolle wegen auf mehreren Messungen), so brauchte er mindestens 20 Gramm Kohlenstoff - und dazu benötigte er ein Stück Holz von etwa 65 Gramm. Diese Menge ändert sich je nach dem Material. Um zum Beispiel Torf oder Leinen zu datieren, braucht man etwa 200 Gramm, bei Knochen noch mehr.

Eine Tatsache, die bei sehr vielen Materialien nicht ins Gewicht fällt, weil einfach so viel davon vorhanden ist, daß die Zerstörung von ein paar Gramm nicht wichtig ist. Bald aber zeigten sich andere Fehler, die selbst Libby kurze Zeit in größte Unruhe versetzten. Die Ungenauigkeiten, die am Anfang seiner Versuche dadurch entstanden waren, daß man die Einwirkung von anderen Strahlen nicht unterbinden konnte, wurden beseitigt, weil man schnell lernte, geeignete Schutzmaßnahmen einzuführen. Dennoch kam es hin und wieder vor, daß einige Messungen offensichtlich total falsch waren. Nun, hier stellte es sich heraus, daß manchmal nicht Libby Schuld hatte, sondern die Archäologen, die ihm das Material lieferten.

Ein ganz einfacher Fall: Archäologen hatten Reste eines Hauses ausgegraben, fanden dabei mehrere Balken, sägten ein Stück heraus und schickten es Libby zur Kontrolle, nur zur Kontrolle, denn aus anderen Anzeichen wußten sie bereits genau, wie alt das Haus war. Libbys Datierung zeigte ein um 200 Jahre höheres Alter an! In einem solchen Fall stellte sich bei nochmaliger Untersuchung der Grabungsstelle folgendes heraus: Das Haus war vor uralter Zeit einmal repariert worden, und zwar offenbar mit dem Abbruchholz eines Gebäudes, das schon zweihundert Jahre vorher errichtet worden war. Ausgerechnet nun dieses viel ältere Flick-Stück hatten die Archäologen Libby geschickt!

Ähnliche Probleme treten auf, wenn die Stratigraphie eines Fundortes nicht äußerst sorgfältig vorgenommen worden war, und man Libby Stücke schickte, von denen man *glaubte*, sie gehörten zur ältesten Schicht, die aber in Wirklichkeit zu einer viel jüngeren gehörten.

Eine andere Fehlerquelle gibt es, für die weder Libby noch die Archäologen verantwortlich zu machen sind. Sie liegt im Material. So hat sich z. B. herausgestellt, daß das Fleisch von gewissen Wassertieren weniger Spuren radioaktiver Substanz zeigt als die Schale. Oder daß gewisse Pflanzen nicht so viel C^{14} annehmen wie andere Pflanzen in anderer Umgebung. Das sind Fehlerquellen, die nur nach reicher Erfahrung ausgeschaltet werden können.

Ein höchst kuriose Messungsergebnis zeigte sich bei der Untersuchung von relativ jungen Bäumen längs der Autobahn. Nach der Radiocarbon-Datierung waren sie mehrere hundert Jahre alt - also ein offenbar unsinniges Resultat. Was war geschehen? Durch die Abgase unserer Fabriken und Autos, die ja von Jahr zu Jahr ein immer größeres Problem bilden, gerät eine Unmenge von Kohlenstoff in die Luft, die den normal vorhandenen Kohlenstoff sozusagen »verdünnt« und damit den Anteil an radioaktiver Substanz erheblich herabsetzt, also einen Zerfallsprozeß vortäuscht, der gar nicht stattgefunden hat.

Genauso ist auch das Gegenteil möglich. Seit 1954 zeigten sich in den Laboratorien Nordamerikas erheblich veränderte Meßergebnisse - alle Materialien schienen plötzlich um zehn Prozent oder noch mehr jünger zu sein als erwartet. Das Phänomen war für kurze Zeit völlig unerklärlich, bis einer der Forscher darauf kam, den seit 1954 wiederholt vorgenommenen Tests mit der Wasserstoffbombe die Schuld zu geben. Er hatte recht: Nach jeder Explosion trieb eine stark radioaktive Wolke von Westen nach Osten über Amerika hinweg und beeinflusste die Apparaturen. Um diese Einflüsse von außen möglichst

weitgehend zu unterbinden, hat man 1972 in East Kilbride in Schottland ein Meßlabor nicht nur unterirdisch errichtet, sondern auch mit 30 Zentimeter dicken Betonmauern versehen.

Man kennt heute noch weit mehr Fehlerquellen, aber sie werden nach und nach eliminiert. Doch ist es immerhin so, daß viele der ersten Messungen (bis zur Mitte der Fünfzigerjahre) wiederholt werden müssen. Zum Beispiel hat sich auch die Ansicht über die oben erwähnte Halbwertszeit geändert. Man nimmt jetzt an, daß sie nicht 5568, sondern 5730 ± 30 Jahre beträgt. Danach müssen alle alten Messungen, die vor 1961 vorgenommen wurden, rechnerisch noch einmal überprüft werden, weil sie um 3 Prozent zu niedrig liegen. Man rechnet heute mit so vielen weiteren Verbesserungen in naher Zukunft, daß man, wann immer das möglich ist, Teile der Materialproben aufbewahrt, um die Messung in einigen Jahren wiederholen zu können. Wobei es hilft, daß man heute zur Messung nicht mehr so viel Material zerstören muß wie anfangs; zum Beispiel konnten inzwischen die Schriftrollen vom Toten Meer ohne allzu große Zerstörung geprüft werden.

Hinzu kommt, daß man, wie eingangs bemerkt, ja nicht nur die Radiocarbon-Datierung zur Verfügung hat, sondern eine ganze Reihe anderer Datierungsverfahren. Und jeder gewissenhafte Archäologe versucht heute, mehrere unterschiedliche Messungen vornehmen zu lassen, die sich gegenseitig bestätigen müssen, ehe man das Ergebnis akzeptiert.

Unter allen Verfahren aber ist die C^{14} -Methode dennoch die bedeutendste, was die Reichweite ins Altertum betrifft. Als Libby anfing, glaubte er, daß Stoffe, die älter als 25.000 Jahre waren, keiner Messung mehr zugänglich seien. Heute kann man bereits bis zu 70.000 Jahren messen, also bis etwa in die Zeit des Neandertalers.

Willard F. Libby erhielt bereits 1960 den Nobelpreis für Chemie!

Er ist der einzige Wissenschaftler, der im Zusammenhang mit der Archäologie diesen Preis erhielt!