

Christian Blöss • Hans-Ulrich Niemitz

Kritik der Altersbestimmungsmethoden für das Quartär I

Die schwedische Warwenchronologie

In diesem ersten Teil des Artikels umreißen wir unsere Motive zur Beschäftigung mit Warwenchronologien, erklären, was unter einer Warwenchronologie überhaupt zu verstehen ist und begründen, daß die „klassische“ schwedische Warwenchronologie - die gemeint ist, wenn die C14-Methode mit dem Verweis auf „Warwen“ verteidigt wird - von schlechter Qualität ist. Im zweiten Teil des Artikels, der in der nächsten Ausgabe von „Zeitensprünge“ erscheinen wird, arbeiten wir die Widersprüche zwischen Warwenchronologien und der C14-Methode heraus und werfen einen Blick auf postglaziale Warwenchronologien. Betrachtungen weiterer Altersbestimmungsmethoden für das Quartär sollen folgen.

I. Chronologische Termini

Quartär (1.6 Millionen Jahre BP - 0 BP) und Tertiär (65 Millionen Jahre BP - 1.6 Millionen Jahre BP) bilden zusammen das jüngste erdgeschichtliche Zeitalter, das Känozoikum. Das Quartär teilt sich wiederum auf in das Pleistozän, dem „Eiszeitalter“, und das Holozän, dem „Postglazial“, dessen Länge mit rund 10.000 Jahren weniger als 1 Prozent von der des Pleistozäns betragen soll.

2. Die Chronologie des Postglazials ist zu lang

2.1 Warum wir ursprünglich Warwenchronologien untersuchten ...

In unserem 1997 erschienenen Buch „C14-Crash“ haben wir gezeigt, daß weder die C14-Methode noch die Dendrochronologie verlässliche Absolutdaten an die historischen Wissenschaften geben können. Nun stehen auch die Warwenchronologien¹ im Ruf, vertrauenswürdige Absolutdaten für die jüngsten 15 bis 20.000 Jahre liefern zu können und in diesem Rahmen auch

¹ Gerard De Geer schlug für die Bezeichnung einer Schicht (schwedisch „Warw“) im Bänderton [1912, 458] als erster „das Warw“ im Deutschen und „the varve“ im Englischen vor. Dieser Vorschlag hat sich in der wissenschaftlichen Literatur weitgehend durchgesetzt.

als Kalibriermaßstab für C14-Daten zur Verfügung zu stehen. Wir haben also starke Motive für die Beschäftigung mit Warvenchronologien: Wenn die gleichermaßen als jahrgenau geltenden Warven- und Baumringchronologien unabhängig voneinander deckungsgleiche Kalibrierkurven für C14-Daten lieferten, dann wäre

- die Praktikabilität der C14-Methode erhärtet,
- die Rekonstruktion der Baumringchronologien verifiziert und damit
- unsere Kritik an den beiden Methoden grundlegend in Frage gestellt.

Im Widerspruch zu diesen durchaus naheliegenden Einwänden und Vorhaltungen haben wir festgestellt, daß auch Warvenchronologien kein Vertrauen verdienen, wenn es um die Rekonstruktion jahrtausendelanger Zeiträume geht. Auch hier wurden Zeitvorstellungen nicht unvoreingenommen ermittelt, sondern weitgehend reproduziert.

2.2 ... und bei welchen Fragen wir am Ende landeten!

Da sich herauszuschälen beginnt, daß keine der Absolutdatierungsmethoden für das Holozän über ausreichende Legitimation verfügt, eine Aussage über seine absolute Länge machen zu dürfen, muß natürlich die Frage nach dem Urheber für die Zeitvorgabe für das Postglazial von rund 10.000 Jahren gestellt werden. Mit dieser Frage beginnt sich nun der ganze Komplex „Eiszeit“ zu entfalten, denn weder das Thema „Datierung des Postglazial“ im allgemeinen noch das Thema „Warven“ im besonderen ist ohne gleichzeitige Diskussion der zugrundeliegenden Eiszeitszenarien wirklich zu würdigen.

Wir erkennen in der Durchsetzung der Eiszeittheorie eine Ummünzung katastrophischer Fluttheorien, die bis Mitte des 19. Jahrhunderts angesichts des geologischen Befundes als selbstverständlich galten, in langandauernde Vorgänge der Vereisung und Schmelze - ohne jemals eine tragfähige Annahme von deren Ursache präsentiert zu haben. Alles, was sich „über Nacht“ ereignet zu haben schien, wurde nun auf einen Zeitraum von mehr als eine Millionen Jahre verteilt. Das „Postglazial“ ist dabei nur der kürzeste Teil dieses ganzen Szenarios und errechnete sich - ganz Programm des Aktualismus - schon sehr früh unter Extrapolation der Messungen von Sedimentationsgeschwindigkeiten in „glazialen“ Seen (siehe dazu das Schema in Bild 1).

Zu erkennen, daß die Chronologie des Postglazials systematisch falsch ist, führt also an die Analyse der Epoche zurück, die als „eiszeitliche“ Wiege der Menschheit ausgegeben wird. Wir werden in den ersten beiden Teilen dieses Artikel dennoch nur post- und spätglaziale Warvenchronologien untersuchen

und eine Diskussion der Vorgänge und der Chronologie des „Glazials“, oder wie immer auch diese Epoche oder dieser Vorgang zu bezeichnen sein wird, an anderer Stelle zu führen haben.

2.3 Der Zirkelschluß zwischen C14-Methode und Dendrochronologie

Unsere C14-Kritik erstreckte sich automatisch auf die Erstellung jener langen „holozänen“ Baumringchronologien, die als Basis für die Kalibrierung von C14-Daten (d.h. ihre jeweilige Umwandlung in Absolutdaten) gelten, sich ursprünglich aber umgekehrt von der C14-Methode bei der Vordatierung der zugrundeliegenden Baumproben helfen lassen mußten. Da die Grundlage der C14-Methode seinerzeit von der realitätsfremden Vorstellung eines quasistationären C14/C12-Verhältnis in der Atmosphäre bestimmt war, wurden die Baumproben unserer Auffassung nach mit tendenziell überhöhtem Alter vordatiert und die sukzessive entstehenden Baumringchronologien damit künstlich gestreckt. Das wiederum führte zu einer systematischen Überalterung historischer Funde via C14-Datierung.

Wenn umgekehrt viel kürzere Zeiträume für die historischen Epochen in Anschlag zu bringen sind, dann muß das C14/C12-Verhältnis über diese Zeit instationär, d.h. im wesentlichen ansteigend gewesen sein. Indizien dafür fanden wir beispielsweise in Baumproben aus dem pazifischen Bereich [Blöss/Niemitz 1997, 62], bemerkenswerter Weise aber auch in Warwenschichten des Spätglazials (siehe dazu den zweiten Teil dieses Artikels). Konsequenterweise würde dann eine Baumringchronologie, die allein nach dendrochronologischen Maßstäben erstellt worden wäre, bis zu der Phase, wo ihre Fortschreibung in das angrenzende Pleistozän gescheitert ist, keine 11.000 (wie aktuell gegeben) sondern vielleicht nur 5.000 oder sogar noch weniger Jahrringe ausweisen.

2.4 Einige Indizien, warum von einer systematischen Überalterung des Postglazials ausgegangen werden muß

Den deutlichsten Hinweis, daß die konventionelle Chronologie den Zeitraum, der sich nach dem Ende der letzten sogenannten „Eiszeit“ bis auf heute erstreckt und „Postglazial“ oder „Holozän“ (in Abgrenzung zu dem davor liegenden „Pleistozän“ oder „Eiszeitalter“) genannt wird, tatsächlich entschieden zu lang geraten ist, bietet die Archäologie selber. Ein 4.000 Jahre umfassender Zeitraum, der nach konventioneller Datierung das Ende des Pleistozän von ersten gut belegten neolithischen Fundhorizonten trennt, bleibt trotz aller Bemühung merkwürdig fundarm und damit zugleich für die hominide Ent-

wicklung bedeutungslos. Wir sehen in der Behauptung, daß das Erblühen hominider Kultur nach dem Einsetzen der Warmzeit erst mit einer Verzögerung von tausenden von Jahren einsetzt - ein Anachronismus, wie er im Buche steht - und erkennen in diesem „Mesolithikum“ ein klassisches „dark age“, welches archäologisch betrachtet als fundam gilt und typologisch gesehen als überflüssig anzusehen ist (dazu auch Heinsohn [1996, 94ff.] und Illig [1988, 145ff.]).

Ein weiterer starker Hinweis für die systematische Überalterung des Postglazials kommt aus der Palaeobotanik (siehe dazu den kommenden Artikel von G. Mentig). Es ist bekannt, daß Bäume ein wüstes Gebiet - wie etwa ein gerade vom Eis befreites Mittel- und Nordeuropa - in einer bestimmten Reihenfolge besiedeln. Es verwundert nun, daß diese Besiedlungsabfolge, wie sie sich als relative Chronologie in den Pollendiagrammen des Holozän darbietet, nach dem Ende der Eiszeit so lange gedauert haben soll. Eigentlich würden 1000 oder längstens 2000 Jahre ausreichen, um zu dem heute vorliegenden Zustand zu kommen. Um die chronologische Vorgabe von rund 10.000 Jahren erfüllen zu können, müssen sich die Palaeobotaniker etliche Theorien einfallen lassen, um zu erklären, warum die Wiederbesiedelung eigentlich so lange gedauert haben soll. Der Zeitraum könnte unter rein botanischen Gesichtspunkten um eine Größenordnung kürzer angesetzt werden.

2.5 Der Ursprung des Dilemmas

Es gibt also mehrere voneinander völlig unabhängige Anstöße, von einer überzogenen Länge des Postglazial auszugehen und nach fundamentalen Fehlern in den Methoden zur Gewinnung einer Absolutchronologie zu suchen. Wenn mit dem Mesolithikum ein klassisches „dark age“ vorliegt, dann darf umgekehrt auf das Setzen eines falschen Datums geschlossen werden, das zu einem Auseinanderreißen der Chronologie - nämlich zwischen dem Ende des Pleistozän und dem Beginn der neolithischen Epoche - geführt hat. Dieses erkennen wir in zeitlichen Vorgaben für das Postglazial, welchem noch im 19. Jahrhundert eine Mindestlänge von 10.000 Jahren zugeschrieben wurde. Das Datum für das Ende der Eiszeit stand also schon fest, ehe die erste Warve und ehe der erste Baumring zu Vergleichszwecken gezählt und lange bevor das erste C14-Datum genommen worden war.

Alle Datierungsmethoden haben diese überkommene chronologische Struktur bisher nur reproduziert. Der Grund dafür ist bei Warven- und Dendrochronologie derselbe: Ohne Vordatierung bzw. ohne Vorgabe eines chronologischen Gerüsts bleiben die immanent gegebenen Möglichkeiten zu sei-

nem Aufbau ohne ausreichende Kraft. Wir wollen das in diesem Artikel auch für die Warvenchronologie aufzeigen.

3. Was ist überhaupt eine „Warvenchronologie“?

3.1 Die Definition von Warven bzw. Warvenchronologie

Eine Folge optisch unterscheidbarer, mineralischer oder organischer bzw. entsprechend gemischter Ablagerungsschichten in Gewässern oder auf einem Landstrich, die einzeln jeweils innerhalb eines Jahres entstanden sein sollen, wird für gewöhnlich eine „Warvenchronologie“ genannt. Nur selten ist die oberste Schicht einer solchen Ablagerung rezent entstanden: Warvenchronologien sind fast also immer „schwimmend“ und damit in ihrem tatsächlichen d.h. Absolutalter unbekannt. Deshalb ist die Verifizierung sukzessiver und ununterbrochener ausschließlich jährweiser Entstehung natürlich schwierig bzw. in aller Strenge unmöglich [Brauer 1994, 13].

Die optische Unterscheidbarkeit erwächst aus einem periodischen Farbwechsel längs der Schichtung, die mit einem entsprechenden Wechsel in der Zusammensetzung einhergeht. So folgt in Gewässern gewöhnlich auf eine helle und mit größeren Inhaltsstoffen versehene Schlammschicht eine solche mit dunklerem und feiner gekörntem Material. Daraus ist auch die Bezeichnung als „Rhythmit“ erwachsen, wobei ein dunkler und ein heller Streifen als „Couplet“ bezeichnet wird [Embleton/King 1967, 437].

Solche Schichtenfolgen hat als erster Gerard De Geer ab 1884 systematisch näher untersucht und als „Bändertone“ bezeichnet [Strömberg 1983, 97]. Obwohl mit dieser Bezeichnung keinerlei chronologische Aussage verbunden war, unterstellte De Geer eine strikte jährliche Bildung solcher „Tonbänder“ während der Sommerschmelze einer Gletscherfront, die sich mit dem Abschluß der letzten Eiszeit über 8 Breitengrade von Süd- nach Nordschweden zurückgezogen haben soll (dazu Bild 2, links).

Sein Szenario saisonal bedingter Schichtenbildung wurde auf viele andere Arten der Schichtenstehung übertragen, obwohl auch den meisten dieser „Rhythmite“ eine jährliche Herausbildung in der gewünschten Strenge gar nicht nachgewiesen werden kann. „Warvenchronologien“ kommen folglich meist auf den Krücken von Hilfsdatierungen daher, die die chronologische Signifikanz fehlender oder offenbar nicht saisonal entstandener Schichten ersetzen sollen. Da es immer wieder C14-Daten sind, die als Eckpfeiler der Chronologie Verwendung finden, können umgekehrt Warvenchronologien

selber nicht ohne weiteres als Stütze der C14-Methode ausgewiesen werden. Den Zirkelschlußcharakter dieses immer wieder vorgetragenen Argumentes werden wir insbesondere im zweiten Teil dieses Artikels beschreiben.

3.2 Mechanismen für die Entstehung von Warwen

Für die Ablagerung verschiedenster Arten von Schichten werden entsprechend unterschiedliche Ursachen diskutiert, je nachdem, ob die Ablagerung im Wasser oder auf dem Land stattgefunden hat, und welchen Inhalts diese Schichten sind. Stets wurde ein enger Zusammenhang gesehen zwischen Warwen einerseits und massiven Materialschwemmungen am Rande von Gletschern andererseits, die zum Ende einer „Eiszeit“ endgültig wegschmelzen würden. Ohne diese Begleiterscheinungen einer Eiszeit muß die Möglichkeit der Entstehung von Warwen viel eingeschränkter gesehen werden. Nicht zufällig sind die allermeisten Warwenchronologien schwimmend, nämlich „glazial“², und die Jahresschichtung sogenannter „postglazialer“ Schichtenfolgen nicht weniger zweifelhaft. Folgende Entstehungsmechanismen im Zusammenhang mit glazialen Bändertonen können unterschieden werden:

- 1) Bei rein mineralischen, verhältnismäßig dicken und gut unterscheidbaren Schichten, deren Ausbreitung über einen größeren Landstrich in den skandinavischen Ländern bzw. alpinen Gebieten³ verfolgt werden kann, wird eine periodische Ausschwemmung ihres Inhalts aus schmelzenden Gletschern als Erklärung 1. Wahl herangezogen [Hörnsten 1970, 215]. So wie die Fließgeschwindigkeit niedrig genug ist, kann der Ton ausfallen. Solcherart Schichten können als „klassische“ Warwen bezeichnet werden (Bild 3).
- 2) Über diesen klassischen dicken Warwen werden auch dünnere, farblich anders gestaltete und wesentlich schlechter unterscheidbare Tonschichten gefunden. Die Abnahme der Schichtdicke wird auf die Abschneidung der Örtlichkeit von der *direkten* Zufuhr bzw. Überflutung von Gletscherschmelzwasser zurückgeführt. Diese Schichten überbrücken

² Als „glazial“ werden alle Ablagerungen und Bildungen einer Kaltzeit bezeichnet, als „glazigen“ die unmittelbar durch Eis (Gletscher, Inlandeis) entstandenen Sedimente und Bildungen wie Moränen bzw. Gletscherschrammen, während die eisbedingten, nur mittelbar vom Eis erzeugten Formen und Ablagerungen wie Schmelzwasserabsätze oder der Löß als „glaziär“ bezeichnet werden (nach Hohl [1985, 147]). Wir verwenden hier nur den Begriff „glazial“.

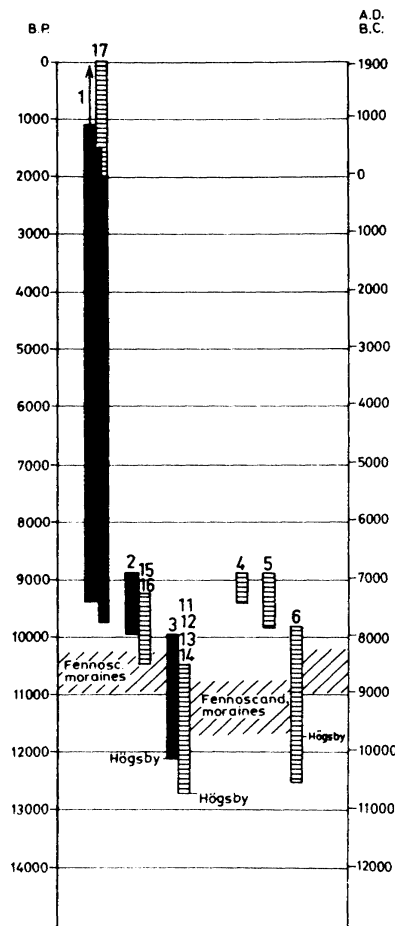
³ entsprechende Überlegungen gelten beispielweise auch für Nordamerika

... und bis heute

Die ersten Vergleiche der De Geerschen Ergebnisse mit unabhängig erstellten Warwenchronologien (4-6) ergaben im Vergleich zu den Chronologien (2) und (3) um einige Jahrhunderte verlängerte Zeiträume [Fromm 1970, 166ff.]. Strömberg [1983, 104] betont, daß die Möglichkeiten, die Sequenzen untereinander zu verbinden, überschätzt würden und etliche Korrelationen nicht vertrauenswürdig seien. Viele Warwenchronologien, die durch „jährliche Schichtbildung“ charakterisiert werden, weisen gleichwohl schwache Bereiche auf und sind Gegenstand von Streckung oder Stauchung [Hajdas et al. 1995]. Eine der Merkwürdigkeiten bei der Revision der schwedischen Warwenchronologie erwächst mit der regional nunmehr unterschiedlichen Zeitstellung für die fennoscandinavischen Moränen. Je nach Örtlichkeit entstehen sie gegenüber dem alten Zeitschema (siehe Bild 3 links) 800 Jahre früher bzw. später.

Die Lidénsche Chronologie wurde zwar häufig kritisiert, aber erst 1985 revidiert. Es ist nicht klar, warum die revidierte Chronologie 17 weitgehend als klassisch (schwarz) ausgegeben wird, obwohl I. Cato in diesem Zusammenhang von 25 neuen Sedimentbohrungen mit mehr als 10.000 Warwen spricht [Björck et al. 1992, 29], wobei er Zugriff auf die unveröffentlicht gebliebenen Meßdaten von R. Lidén für die Sequenz 1 hatte.

Obwohl die Qualität der „klassischen“ schwedischen Warwenchronologien en détail schon frühzeitig kritisiert wurde, blieb der chronologische Rahmen des Postglazials einschließlich des Spätglazials im wesentlichen erhalten. Niemand kam auf die Idee, auch die gewohnten Zeitvorgaben in Frage zu stellen.



nur einen Bruchteil des Zeitraums von 10-12.000 Jahren, der für das gesamte Postglazial angesetzt wird.

- 3) Theoretisch können Seen existieren, die mit dem Ende der Eiszeit aus massiv anfallendem Schmelzwasser entstanden sind und seitdem permanent und jahreszeitlich schwankend durchflossen werden, so daß sich eine jährliche Schichtung aus dem Flußsediment abgesetzt haben kann.

Ein zu hoher Salzgehalt des Wassers verhindert die Ausfällung des Tones, weshalb in Westschweden auch gar keine Bändertone gefunden werden. Der Anteil an organischer Materie in einer Schicht sowie auch ihre Zusammensetzung wird in der Regel als Hinweis auf das herrschende Klima und die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Phase innerhalb der Chronologie des Pleistozäns im Allgemeinen und der des Spät- bzw. Postglazials im Besonderen gewertet. In der Regel schließen sich „klassisches Warw“ und organischer Anteil aus. Darüber hinaus gibt es andere Schichtenfolgen, die in keinem direkten Zusammenhang mit „glazialen“ Vorgängen stehen:

- 4) „Warwenchronologien“ können auch in Seen ohne sedimentierenden Zufluß entstehen. Die Schichten bilden sich in jahreszeitlicher Abhängigkeit aus dem vergleichsweise spärlichen Material, das über die ganze Seeoberfläche eingetragen wird. Insbesondere durch das Gefrieren des Gewässers wird das Eindringen von Material zeitweise unterbunden, was zu besonders feinen und farblich abgesetzten Winterschichten führen kann.
- 5) Selbst „äolisch“, d.h. durch Heranblasen von Material auf dem Land entstandene Schichten werden unter Umständen als Warwenchronologie bezeichnet.
- 6) Auch die Schichtung organisch gewachsener Knochen oder Schalen wird u.U. als Warwenchronologie angesprochen.

3.3 Was war die Quelle für die umfangreich vorgefundenen glazialen Bändertone?

Ton weist einen Korndurchmesser von unter 2 µm auf und wird deshalb als „feinstes Ultraschluff“ bezeichnet (zur Nomenklatur siehe Anhang). Er gilt als Verwitterungsprodukt von Granit (Feldspaten etc.). Im Zuge unserer Untersuchung sind wir allerdings an keiner Stelle auf eine Diskussion des Prozesses gestoßen, der über den veranschlagten Zeitraum von Tausenden von Jahren während der jeweils relativ kurzen Schmelzperioden den massenhaften Nachschub dieses feinkörnigen „krytokristallinen“ Materials geregelt

haben könnte. Schließlich geht es um Jahresschichten, deren Dicke bis zu mehreren Dezimetern betragen kann [Hörnsten 1970, 216]. Die Frage, wodurch Ton in der fraglichen Menge entstehen und so regelmäßig ausgeschwemmt werden kann, erscheint uns hier durchaus berechtigt. Natürlich wird im Rahmen der Eiszeittheorie die Zertrümmerung von Gestein durch sich fortbewegende Gletscher ins Feld geführt, aber ist das Produkt gleich so massenhaft besagter feinkörniger Ton? Und woher stammt der ähnlich aufgebaute Löß außerhalb der Vereisungsgebiete, der wegen seiner Fähigkeit zur Wasserspeicherung so bedeutsam für die Entwicklung des Ackerbaus gewesen sein muß?

Es gilt der Grundsatz, daß sich glaziale Vereisungsgebiete und massenhafte Lößverbreitung ausschließen, weil der Löß als Staub aus dem Geschiebemergel, d.h. den Grundmoränen der Gletscher ausgeweht und woanders niedergegangen sein soll [Müller-Karpe 1966, 116f.]. Auch hier gibt es ein Mengenproblem, wonach die vielmeterdicken Lehm- bzw. Lößschichten im Hinblick auf Sterilität über den angeblich jahrhundertewährenden Anwehungsprozeß (bzw. Auffüllungsprozeß in bewohnten Höhlen) nicht verstanden werden [Heinsohn 1996, 78ff.]. Soll der Löß tatsächlich aus dem Rückzugsgebiet der Gletscher ausgeweht worden sein? Dann müßte der Löß in den „Niederschlagsgebieten“ ebenfalls eine Tendenz zur Schichtenstruktur aufweisen (Stichwort „äolische Warwen“), die aber niemals beschrieben worden ist.

4. Die methodischen Unzulänglichkeiten der „Schwedischen Warwenchronologie“

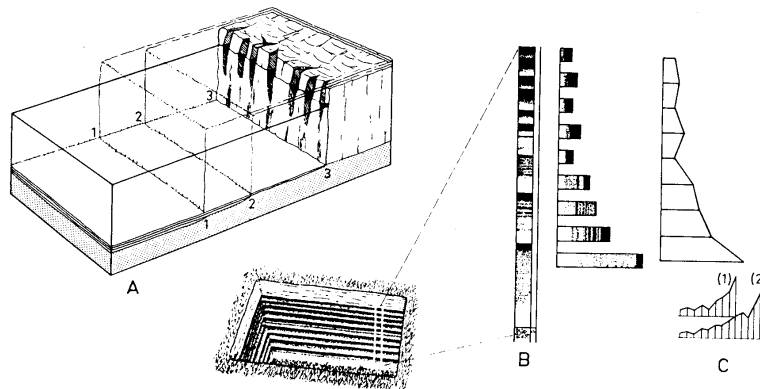
4.1 „Basics“

Warwenchronologien sollen Aussagen über die Länge verschiedener erdgeschichtlicher Epochen (bzw. Teile von ihnen) in Kalenderjahren machen. Wenn sie - wie insbesondere die schwedische - aus kurzen (meistens wenige Dutzend, teilweise bis zu ein-, zweihundert Schichten umfassende) Teilssequenzen aufgebaut sind, dann müssen die Voraussetzungen für deren Zusammenfügbarkeit bzw. Synchronisierbarkeit zu einer entsprechend langen Sequenz geklärt sein.

Bei Bändertonen geht es - genauso wie bei Baumringchronologien - um die Synchronisierung aufeinanderfolgender Schichten anhand des Vergleiches von Dickenschwankungen. Nur wenn von Anfang an ein „Simultanitätsprinzip“ nachgewiesen werden kann (so beispielsweise Fromm [1970, 166]), wonach die Schichten

3) Entstehung von Warven im Eisrückzugsgebiet

- A Die saisonal bedingte, aufeinanderfolgende Bildung von drei Tonwarven an der Spitze des zurückweichenden Eises.
- B Messung der Schichtdicken und Konstruktion der Warwendigramme
- C Korrelation zweier unterschiedlicher Graphen (1) und (2), letzterer von einem Fundort, durch den die Eisfront fünf Jahre früher gezogen sein soll.



Selbst bei einem gleichmäßigen Rückzug der skandinavischen Gletscherfront erwachsen allein aus dem Höhenrelief, das längs der Rückzugsfront natürlich uneinheitlich bleiben muß, schwerwiegende Probleme. Das Gletscherwasser ergießt sich nicht über eine waagerechte Fläche, wie es hier schematisch dargestellt ist, sondern sucht sich innerhalb des Höhenprofils stets das größte Gefälle. Je weiter sich das Wasser von der Gletscherfront entfernt hat, desto mehr hat es sich in einzelnen Bächen mit unterschiedlicher Fließgeschwindigkeit konzentriert. Letztere ist nun ausschlaggebend für die lokale Sedimentationsgeschwindigkeit und für die Ausbildung von [Fromm 1970, 168].

Die Ausgestaltung eines Systems von Abflurrinnen und Seen hat also entscheidenden Einfluß auf die entstehenden Warvenprofile ausgeübt. Selbstverständlich können Profile aus Niederungen, in denen sich zeitweise Seen gebildet haben, mit denen aus Rinnen, in denen das Schmelzwasser rasch abgeflossen ist, nicht verglichen werden. Eine ernsthafte Diskussion dieser oder anderer Einflußfaktoren ist nicht zu verzeichnen. Es ist auch zu erwarten, daß durch den periodisch an- und abschwellenden Wasserfluß lokale Stauungen bzw. Wasserdurchbrüche stattfinden, die dann in einem Jahr lokal mehrere Warven erzeugen, während anderenorts aufgrund benachbarter zeitweise effektiverer Abflußsysteme gar kein Schmelzwasser entlangfließt und weshalb dort dann auch keine Warven entstehen [Fromm 1970, 168].

- a) nach einem bekannten Zyklus (z.B. jährlich) entstehen,
- b) überall ähnlich dick und auch
- c) überall vorhanden sind,

ist bei derart „gestückelten“ Chronologien eine chronologische Aussage möglich. Dabei sollte erinnert werden, daß einzelne Schichten niemals in ihrer gesamten Ausdehnung freigelegt, sondern nur lokal nachgewiesen werden können.

Voraussetzung a) ist für eine Synchronisierung lokal gemessener Schichten solange bedeutungslos, wie keine Diskrepanzen zwischen Schichtenfolgen, die nach Lage der Dinge synchron laufen müssen, auftauchen. Sowie jedoch festgestellt werden muß, daß in der chronologischen Kette wenigstens eine von zwei zu vergleichenden Folgen offenbar zuwenig bzw. zu viele Schichten führt, muß die Frage nach dem wahren Zyklus bzw. der wahren Länge geklärt werden, denn es kann nur mit externen Mitteln entschieden werden, welche Folge richtig ist und welche nicht, solange die Schichten nun einmal keine absoluten Zeitmarken tragen.

So kann ein Dendrochronologe die Bedingungen a) bis c) durch den Vergleich der Ringwuchswerte von Bäumen nachweisen, die vor einer bestimmten Zeit in der gleichen Saison gekeimt haben und später in der gleichen Saison abgeholzt wurden. Wie wir nun zeigen werden, ist die Situation für den Bänderton-Chronologen viel schlechter, denn die aufgezählten, an sich zuerst zu verifizierenden Voraussetzungen werden ohne Prüfung mehr oder weniger stillschweigend als gegeben vorausgesetzt. Die Situation ist so schlecht, daß Bänderton-Chronologien aus gestückelten Sequenzen - wie die schwedische Warwenchronologie - tatsächlich wertlos sind.

4.2 Die Jahrgenauigkeit der Schichtung „glazialer“ Bändertone ist zweifelhaft

Die optische Unterscheidbarkeit der Schichten wird auf eine jahreszeitlich bedingte unterschiedliche Zusammensetzung des abgelagerten Materials zurückgeführt. Die ursprüngliche Bezeichnung als „Bändertone“ oder als „Rhytmite“ ist dabei wesentlich neutraler als „Warwenchronologie“, da so eine jahreszeitliche Korrelation nicht von vorneherein unterstellt wird. Zum Nachweis des Jahrescharakters der vorgefundenen Schichten stehen folgende Möglichkeiten offen, die jeweils mit erheblichen Problemen verbunden sind:

- Extrapolation des gegenwärtigen Ablagerungsverhaltens (falls es vorhanden ist!) in eine Vergangenheit, die möglicherweise mit Tausenden von Jahren veranschlagt wird.
- Analyse des organischen Inhalts der Schichten, daß also (jede) Sommer-schicht etwa Pollen enthält, (jede) Winterschicht hingegen höchstens Material ausgewachsener Pflanzen.
- Nachweis von Schwankungen in Dicke, Zusammensetzung oder Farbe, die mit bekannten Sonnenzyklen synchron laufen.

Insbesondere für die glazialen bzw. spätglazialen Schichten gibt es den notwendigen Nachweis des jahreszeitlichen Charakters in den seltensten Fällen [Brauer 1994, 13]. Bereits G. De Geer wußte lediglich eine Plausibilitätsbetrachtung anzugeben, nach der seine schwedischen Warven „kaum irgend einer anderen, weniger regelmäßigen Periodizität zugeschrieben werden konnten, als der des Jahreslaufs“ [De Geer 1912, 458]. De Geer argumentierte für die „Telekonnektion“ aller glazialen Warven, indem deren Dicken jeweils einheitlich als Maß für die mittlere Sonneneinstrahlung genommen und so „grenzenlos“ miteinander verglichen werden könnten. Nur so konnte er seine schwedische Chronologie als weltweit gültigen Standard anbieten.

Andererseits ist zu erwarten [Fromm 1970, 168], daß sich durch lokale Änderungen der Fließrichtung und -geschwindigkeit von Schmelzwasser - etwa durch Brüche oder Wegschmelzen von Eisbarrieren - „extra“ Warven herausbilden können, genauso wie sie anderenorts dann auch komplett fehlen können (Diskussion in Bild 3). B. Strömberg betonte in seinem Übersichtsartikel zur Schwedischen Warvenchronologie [1983, 100] im Standardwerk über Glaziale Ablagerungen Nordwesteuropas [Ehlers 1983], daß tatsächlich nur einige wenige Warvensequenzen die „korrekte“ Anzahl von Warven enthalten würden. (Das Kriterium, nach dem Strömberg eine Anzahl von Warven als „korrekt“ d.h. als jahrgleich zu identifizieren vermag, wird allerdings nicht offenbart.) Strömberg sah sich zu dieser weitgehenden Aussage durch die Tatsache gezwungen, daß die Korrelation selbst eng benachbarter Schichten (bis zu einem Abstand von wenigen Metern oder sogar noch dichter [Strömberg 1983, 102]) mithilfe eines Vergleichs ihrer Schichtdickenfolgen viel zu häufig nicht gelingt. Es „fehlen“ von Ort zu Ort unterschiedlich viele Schichten bzw. es liegen von Ort zu Ort „überschüssige“ Schichten vor. Außerdem erweist sich bereits die bloße Identifizierung einer Schicht als Jahresschicht als höchst komplexer Prozeß, der Außenstehenden nicht zu vermitteln ist [Olsson 1970, 220ff.], und damit persönlicher Willkür unterliegt.

Aus diesem Grund ist es auch verständlich, warum es nie zu Computerauswertungen gekommen ist, denn ohne die Identifizierung aller fehlenden bzw. überschüssigen Schichten muß ein automatisierter Vergleich in die Irre führen. Schlußendlich steht die Qualität der seltenen gelungenen Korrelationen angesichts der vielen fehlgeschlagenen natürlich stark in Frage, weil sie nunmehr ebensogut zufällig sein können. Strömberg hat die Jahrgenauigkeit der schwedischen Warwen in Frage stellen müssen, weil die an verschiedenen Orten simultane Ausbildung von Warwen als notwendiges Kriterium nicht erfüllt ist.

Starke Winde können jüngst abgelagertes Material hochtreiben, so daß es anderenorts in einer den Jahrescharakter beiderseits verfälschenden Weise niedersinkt. Dieser Prozeß sei in mehreren Ländern Nordeuropas nachgewiesen und habe auch sehr wahrscheinlich zu falschen Einordnungen in De Geers schwedischer Warwenchronologie geführt, weshalb der Wert von Teilen dieser Chronologie auch von offizieller Seite angezweifelt wird [ENCYCLOPEDIA BRITANNICA (Macropedia) 1987, Stichwort „Geochronology“, 774]. Auch müsse davon ausgegangen werden, daß schmelzende Eisschollen diverses Material auf frisch entstandene Warwen abgelassen hätten, wodurch sowohl allgemeine Verfälschungen als auch Täuschungen über das Basiswarw entstehen könnten [Hörnsten 1970, 216], das die Grundlage für eine erste Einordnung der Sequenz bildet.

4.3 Die Schichtung „postglazialer“ Ablagerungen ist häufig diffus

Die Verwendung des Begriffs „Warwenchronologie“ suggeriert eine zuverlässige Verknüpfung der gezählten Schichten an den Jahreszyklus und setzt die durchgängige Zählbarkeit dieser Schichten wie selbstverständlich voraus. Bei vielen postglazialen „Warwenchronologien“ ist jedoch nicht einmal die Zählbarkeit selber gegeben. Es kommen Bereiche vor, in denen als existent unterstellte Schichten ungezählt bleiben müssen, schlicht weil sie nicht zu erkennen bzw. aufzulösen sind. Die Dicke der Schichten kann dabei von mehreren dm bis hinunter in den µm-Bereich reichen. 1969 - dem Jahr, in dem der C14-Methode in Uppsala Überlebensfähigkeit bescheinigt wurde - stellte W. Schumann fest, daß es in den meisten Ländern bisher nicht gelungen sei, „datierte Warwentone an die historische Zeit anzuschließen.“ [Schumann 1969, 51]

Bereits De Geer hatte auf das Problem des nahezu kompletten Fehlens der Jahresschichtung bei den postglazialen Tonen Schwedens hingewiesen [De Geer 1912, 469]. Der erste Versuch einer Aufstellung der postglazialen Sektion

der schwedischen Warwenchronologie konnte als purer Glücksfall gewertet werden: Ein „glazialer“ Binnensee war 1796 infolge eines Drainierungsvorhabens ausgelaufen und offenbarte damit eine bis dahin unter Wasser gelegene Bänderstruktur (vergleiche den Punkt 3 in Abschnitt 3.2). De Geer sah sich bereits nach 3 Wochen Feldarbeit in der Lage, die - teils gezählte, teils extrapolierte - Länge der postglazialen Schichtenserie mit rund 7.000 Jahren anzugeben. Diese Rekonstruktion wurde stillschweigend bald wieder fallengelassen, und stattdessen auf eine ähnlich lange, wenngleich schwimmende (nur über weitere Hilfsannahmen an die Jetztzeit angebundene) Chronologie gesetzt, die von R. Lidén über Jahre hinweg in mühevollster Kleinarbeit erstellt worden war (Bild 2, links). Dabei handelte es sich nicht um Bändertone, sondern um geschichtete Sedimente aus einer Folge hypothetischer Mündungen eines Flusses, die in einem Bereich Schwedens gefunden wurde, der sich in der Vergangenheit gleichmäßig gehoben haben soll, wodurch ältere Flußmündungen immer weiter landeinwärts gelegen haben mußten.

Es dauerte rund dreißig Jahre, bis diese Ergebnisse dann veröffentlicht wurden [De Geer 1940; Lidén 1938], wobei Lidén komplett [Björck et al. 1992, 28] und De Geer größtenteils [Fromm 1970, 167] auf die Offenlegung ihrer jeweiligen Meßdaten verzichteten⁴. Es war aber genug Zeit ins Land gegangen, währenddessen Historikern und Geologen das frühzeitig offenbarte chronologische Gerüst in Fleisch und Blut übergegangen war. Dabei blieb weitgehend unbeachtet, daß die Anbindung der schwedischen Warwenchronologie an die Jetztzeit in Fachkreisen stets als unsicher galt [Strömberg 1983, 102] und daß erst 1985 eine solche Anbindung als nunmehr „definitiv“ vorgestellt wurde [Cato 1985; 1987]. Viele Warwenchronologien, die durch „jährliche Schichtbildung“ charakterisiert werden, weisen gleichwohl schwache Bereiche auf (Bild 4) und sind damit Objekt von Streckung oder Stauchung [Hajdas et al. 1995]. Bändertone sind „glazialen“ und damit vorgeschichtlichen Ursprungs. Ähnlich markante Bänderstrukturen für die postglaziale „eisfreie“ Epoche sind selten

⁴ Es besteht eine auffallende Ähnlichkeit zu der Situation, in der auch die empirischen Daten der Bristlecone-Pine-Chronologie über Jahre hinweg unveröffentlicht blieben, obwohl sie längst als Maßstab für die Konstruktion der europäischen Eichenchronologien Verwendung gefunden hatte [Blöss/Niemitz 1997, 72]. Lang ersehnte Aussagen über Absolutdaten waren jeweils voreilig aufgrund eines Prinzips abgeleitet worden, das ursprünglich als bombensicher angesehen wurde, obgleich die seriöse Analyse der vorliegenden Daten das noch gar nicht zugelassen hätte und später auch grundsätzlich in Frage stellen sollte. So wurde über Jahre bzw. Jahrzehnte hinweg versucht, das Unmögliche irgendwie doch noch möglich zu machen und das Ergebnis dieser zweifelhaften Bemühung dann - einem Geständnis seiner Unbrauchbarkeit gleich - nur in Rudimenten veröffentlicht.

und nicht weniger problematisch, wie wir am „Fall Holzmaar“ (in Teil 2 dieses Artikels) zeigen werden.

Entscheidende Vorgaben für die absolute Länge von Jungsteinzeit, Bronze- und Eisenzeit einschließlich der neuzeitlichen europäischen Geschichte hängen an einem seidenen Faden, dessen „Seele“ im allgemeinen Bewußtsein von der postglazialen schwedischen Warvenchronologie gebildet wird. Diese konnte der Öffentlichkeit gegen alle Skrupel nur übergeben werden, weil bereits andere, vergleichbar lange und als verlässlich geltende chronologische Vorgaben existierten. Aus der Mächtigkeit vorgefundener Fluß- und Seesedimente sowie rezent gemessenen Sedimentationsraten, die im aktualistischen Überschwang des 19. Jahrhunderts über Jahrzehntausende in die Vergangenheit fortgeschrieben wurden, hatte man schon längst die Zeit errechnet, die seit dem Ende der Eiszeit verstrichen sein mußte - stets handelte es sich dabei um Zeiträume zwischen 10 und 20.000 Jahren (zusammenfassend MEYER'S LEXIKON [1925, Stichwort „Eiszeit“]). Es ist von größter Bedeutung für die Chronologie des Holozän, daß der üblicherweise bemessene Zeitraum nicht sukzessive und im Bewußtsein eines offenen Endes abgezählt worden ist, sondern als Vorgabe schon längst selbstverständlich geworden war, ehe sich Forscher das erstmal anschickten, Warven- und Baumringchronologien zusammenzustellen.

4.4 *Beherrschung der Auswirkungen wechselnder Bewegungsrichtungen der Eisfront in Gebieten, die als vereist gegolten haben*

Die Schichtenbildung bei Warvenchronologien, die aus dem Glazial heraus ohne Unterbrechung an die Jetztzeit angeschlossen worden sind, beruht auf zwei völlig unterschiedlichen Mechanismen:

- Im *Spätglazial* sollen die Schichten infolge lokalen Wechsels von Schmelze und Frost längs des ganzen Rückzugsgebietes der Gletscher entstehen (was für gewöhnlich auf den periodischen Wechsel von Sommer und Winter zurückgeführt wird).
- Im *Postglazial* wird von einer Kopplung der Schichtbildung an den saisonal schwankenden Eintrag von freiem Material (bzw. an die Eintragsunterbrechung wegen Überfrierung) in lokale Seen sowie Ablagerungen in Flußbiegungen oder -deltas ausgegangen.

Die enorme Dicke glazialer Warven wird auf das endgültige und deswegen quantitative Abschmelzen der Eiszeitgletscher zurückgeführt. Damit verbunden ist eine relativ schnelle Wanderung der Eisgrenze, so daß für den Aufbau einer längeren Warvenchronologie eine Vielzahl jeweils relativ kurzer loka-

4) Schwache Korrelationen

B. Strömberg [1983, 102] stellt exemplarisch die „sehr schwache Korrelation“ zwischen drei Warvenmessungen fest, die jeweils weniger als 60 Meter voneinander entfernt vorgenommen wurden (Bild oben). Die untere Abbildung wurde von De Geer [1928, 309] auf recht suggestive Weise verwendet, um die Zuverlässigkeit seiner Korrelationen zu untermauern.

Ähnlich wie bei der Synchronisierung von Baumringsequenzen wird bei Warven die Gleichsinnigkeit von Mächtigkeitsschwankungen beurteilt. Allerdings steht weder genug Material zur Verfügung, noch ist auf die jeweils gleiche Anzahl gebildeter Schichten pro Zeiteinheit ausreichend Verlaß, um typische Mittelkurven zu bilden, d.h. es werden nur einzelne Sequenzen beurteilt - ein Verfahren, das Dendrochronologen wegen des unkontrollierbaren Einflusses zufälliger Ausschläge zur Erstellung von Chronologien strikt ablehnen würden.

Nicht zufällig stehen deshalb viele Korrelationen insbesondere der De Geerschen Chronologien in schlechtem Ruf bzw. werden nur als ungefährer Zeitmaßstab herangezogen. Da allzuoft Warvenchronologien mithilfe von fehlinterpretierten C14-Daten formiert worden sind, kann von einem unabhängigen Vergleich zwischen Baumring- und Warvenchronologien nicht die Rede sein.

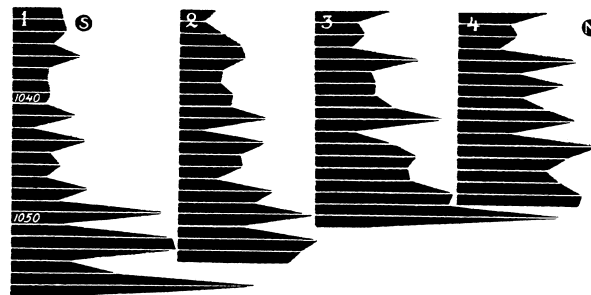
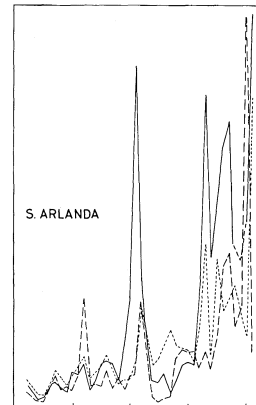


Diagramm zur Bestimmung des Eisrückgangs

ler Sequenzen mit benachbarten Sequenzen durch Vergleich der Schichtdickenschwankungen zu synchronisieren ist. Dazu muß aber nicht nur ein „Simultanitätsprinzip“ ähnlich wie bei der C14-Methode anwendbar, sondern auch die Bewegungsrichtung der Eisgrenze bekannt sein. Wenn die Bewegungsrichtung nicht einheitlich ist, sondern unter Umständen sogar mehrfach wechselt, dann wird es sehr schwierig, die auf einem Breitengrad liegenden, aus unterschiedlichen Oszillationsperioden stammenden Sequenzen in korrekter zeitlicher Reihenfolge zu verarbeiten.

So sind bei der Rekonstruktion des finnoskandinavischen Eisrückzuges (siehe Bild 2), in der es Stops und Oszillationen der Eisgrenze gegeben haben muß, ungelöste Probleme geblieben. Der Chronologie dieser wesentlichen Phasen des Spätglazials könne, so B. Strömberg [1983, 104], kein Vertrauen entgegengebracht werden, weil die zeitliche Abfolge der zugrundeliegenden Schichtenfolgen unklar ist bzw. ihr Arrangement in Frage gestellt werden muß. Auch gegenüber der finnischen Warwenchronologie wird für eine solche Phase offensichtlich oszillierender Eisgrenze ein entsprechender Vorbehalt geäußert und auf Unsicherheiten in Höhe mehrerer hundert Jahre hingewiesen [Kukkonen et al. 1995, 84].

4.5 Die Beherrschung der Synchronisierung von Einzelsequenzen

In der Dendrochronologie wird entsprechend der forstbotanischen Erfahrung vorausgesetzt, daß sich innerhalb einer klimatisch und ökologisch einheitlichen Region die Breite der Jahresringe bei einer Baumart relativ einheitlich entwickelt. Man könnte es auch als das „dendrochronologische Simultanitätsprinzip“ bezeichnen. Ohne seine Gültigkeit wäre es nicht möglich, dasselbe Alter für einander ähnliche Baumringsequenzen unbekannter Herkunft zu unterstellen. Um den Maßstab möglichst frei von individuellen Ausschlägen zu bekommen, wird eine Vielzahl sukzessive aneinander synchronisierter Sequenzen zu einer Mittelkurve zusammengefaßt. Über größere Entfernungen werden möglichst nur Mittelkurven verglichen. Wir haben bereits zuvor gesehen, daß für die schwedische Warwenchronologie ein entsprechendes „warwenchronologisches Simultanitätsprinzip“ wenigstens teilweise als widerlegt angesehen werden muß. Wie gehen die Warwenchronologen tatsächlich mit diesem Prinzip um?

Was Dendrochronologen als „geglückte Synchronisierung“ [vgl. Blöss/Niemitz 1997, 99] beschreiben, gilt den Warwenchronologen als „gelungene Konnektion“⁵ [Schumann 1969, 51]. Gleichermaßen wird der Richtungssinn von

⁵ Die Verwendung des Begriffs „Konnektion“ wurzelt in der Bemühung De Geers,

Schwankungen beurteilt, nämlich in der Abfolge von Wuchswerten bei Baumringen bzw. in der Abfolge von Mächtigkeiten (Schichtdicken) bei Warwen. Während Dendrochronologen frühzeitig zu einer statistischen Auswertung kompletter Wuchswertfolgen übergingen, konzentrierten sich die Warwenchronologen lediglich darauf, eine Mindestzahl aufeinanderfolgender, gleichsinniger Mächtigkeitsschwankungen jeweils in zwei zu vergleichenden Bändertonen zu finden, wobei die Vorgabe des notwendigen Umfangs der Übereinstimmung, um von Gleichzeitigkeit sprechen zu können, der Einschätzung des einzelnen Forschers überlassen bleibt [Schumann 1969, 52f.]. Im Gegensatz zu ihren forstbotanischen Kollegen verzichteten sie also auf die Mittelkurvenbildung (s.o.), da weder genug Material vorhanden ist, noch Informationen über das Ausmaß im Einzelnen vorliegender „Fehl-“ bzw. „Mehrfachsichten“ vorliegen [Strömberg 1983, 100].

Um nachzuweisen, daß die Schichten an verschiedenen Orten einer bestimmten Region in vergleichbarer Dicke aufeinanderfolgen, müssen diese natürlich in ausreichender Genauigkeit vermessen werden. Dieses Problem ist trotz der relativen Schichtenmächtigkeit nicht trivial, da nicht die Schichtdicken, sondern vielmehr ihre Schwankungen miteinander verglichen werden. Meßfehler müssen also unabhängig von den absoluten Schichtdicken in erster Näherung eine Größenordnung kleiner als diese Schwankungen bleiben. Folgen nun die Schichtdicken relativ gleichförmig aufeinander, dann ist selbst bei cm-dicken Schichten die Genauigkeit einer mikroskopischen Vermessung verlangt, was im Feld aber nie geleistet worden ist [Strömberg 1983, 100]. Folglich werden bei Warwensequenzen mit wenig ausgeprägten Schichtdickenschwankungen immer wieder eine Vielzahl alternativer Korrelationen ausgemessen [Strömberg 1983, 104], weshalb der Aufbau einer längeren Chronologie ohne weitere Datierungshilfen hier scheitern muß. Eine Gefahr, die auch bei den Baumringchronologien eine entscheidende Rolle spielt, und der man mit C14-Datierungen - irreführend, wie wir nachgewiesen haben [Blöss/Niemitz 1997] - zu begegnen versuchte.

Während de Geer seine Sequenzen vor allem an offen zutage tretenden Schichten gewonnen hatte, werden heutzutage vor allem Bohrkerne untersucht. Mit dieser Methode könne zwar mehr und zumal enger benachbartes Untersuchungsmaterial gewonnen werden, doch sei es nunmehr sehr schwer festzustellen, ob und inwieweit Störungen in den Warwen auftreten, eine

sämtliche Bändertone der Welt als synchronisierbar nachzuweisen. Dazu entwarf er die Vision einer „Telekonnektion“ durch die einheitliche Einwirkung der in ihrer Intensität unterschiedlich wirkenden Sonne auf schmelzende und gefrierende Gletscher überall auf der Erde.

Vorsichtsmaßnahme, die aber unerlässlich sei, um jahrgenau zählen zu können [Hörnsten 1970, 216f.]. Den Ausspruch des amerikanischen Warwenchronologen E. Antevs, daß eine Messung theoretisch sehr einfach sei, die gesamte Auswertung aber langes Training und große Leidenschaft verlange (vgl. Schumann [1969, 62]), würden auch die Dendrochronologen Wort für Wort unterschreiben [Blöss/Niemitz 1997, 92; 138]. Er zeigt andererseits, wie wichtig die Einstellung und die Zielvorgabe der Forscher bei der Findung des Zeitgerüsts ist und wie abgekoppelt die so entstandenen Chronologien von nachvollziehbaren Methoden sind.

Auch für die C14-Datierungsmethode mußte ursprünglich ein Simultanitätsprinzip verlangt bzw. bewiesen werden, um daraufhin C14-Daten sinnvoll interpretieren und miteinander vergleichen zu können: Das C14/C12-Verhältnis in gleichalten Proben muß immer gleich groß sein. F.W. Libby, der Wegbereiter der C14-Methode, hatte frühzeitig erkannt, daß er das Simultanitätsprinzip zuerst für Proben nachgewiesenermaßen gleichen Alters zu verifizieren hatte, ehe er dann beliebige C14-Daten vergleichen bzw. interpretieren konnte. Er benutzte dazu 18 rezente Hölzer aus verschiedenen Gegenden der Erde. Den korrekten Nachweis für die radiometrische Gleichaltrigkeit dieser 18 Proben konnte er allerdings nicht erbringen, sondern erzwang ihn durch unzulässige Interpretation der tatsächlich immensen Abweichungen im radiometrischen Alter als angeblich normale statistische Streuung um ein „wahres“ Alter [Blöss/Niemitz 1997, 281].

De Geer als Wegbereiter der warwenchronologischen Methode hat nicht einmal den Versuch des Beweises erbracht, daß gleichalte Schichtenfolgen *stets* gleiche Schichtdickenmuster aufweisen. Er konnte es auch gar nicht, denn anders als Libby verfügte er über keine Warwenchronologien eindeutig gleichen Alters, da seine glazialen Schichten ja „schwimmend“ und damit unbekanntes Alters waren. So konnte er nur markante Ähnlichkeiten einiger benachbarter Schichtenfolgen präsentieren, und synchronisierte ansonsten ähnliche Schichtdickenmuster grundsätzlich als synchron, wobei er auch andere geomorphologische Charakteristika ins Kalkül zu ziehen versuchte. Tatsächlich ist nicht einmal die Ausbildung ähnlicher und - vor allem - gleich vieler Schichten in engster Nachbarschaft gesichert (siehe Abschnitt 3.1), so daß selbst von lokaler „Telekonnektion“ keine Rede sein kann, zumal ja die Schichtdicke von der Fließgeschwindigkeit und damit von lokalen Bodenaussparungen abhängig gewesen sein muß. Obwohl seine überregionalen Synchronisierungen fast einhellig abgelehnt und seine regionalen Synchronisierungen erheblich kritisiert wurden - Fromm [1970, 167] etwa sprach von „quite

unreliable results” -, wurden die von ihm gezogenen chronologischen Konsequenzen nie wirklich in Frage gestellt.

Wenn W. Schumann [1969, 61] für das Alpenvorland feststellt, daß es hier kaum möglich sei, selbst benachbarte Gebiete verschiedener Vorlandgletscher allein aufgrund eines Schichtdickenvergleiches zu verknüpfen, verzichtet er mithin auf das mächtigste Instrument, die Annahme einer Jahrgenauigkeit der Ablagerung zu untermauern: Das Simultanitätsprinzip. Ist es erfüllt, dann kann immerhin von lückenloser Ablagerung gesprochen und nunmehr die Annahme einer saisonalen und zugleich überregionalen Kopplung sinnvoll diskutiert werden. Umgekehrt kann man natürlich auch sagen, daß die Nichtanwendbarkeit des Simultanitätsprinzips der beste Schutz gegen die Kritik einer Annahme der Jahrgenauigkeit der Ablagerungen darstellt.

Als einzig unumstrittene immanente synchronistische Klammer zwischen Warvenchronologien kann zur Zeit tatsächlich nur die Asche des Vulkanausbruchs in der Gegend des heutigen Laacher Sees (das sogenannte „Laacher See Tephra“ [LST]) angenommen werden. Für Südschweden gelten spätglaziale Erdbeben als gesichert und ihre überregionalen Auswirkungen können möglicherweise ebenfalls als Synchronismen ausgewertet werden [Tröften/Mörner 1997].

5. Literatur

- Björck, S., I. Cato, L. Brunnberg und B. Strömberg (1992): „The clay-varve based swedish time scale and its relation to the late weichselian radiocarbon chronology“; in: Ward/Broecker (1992, eds.)
- Blöss, C. und H.-U. Niemitz (1997): „C14-Crash. Das Ende der Illusion, mit Radiokarbonmethode und Dendrochronologie datieren zu können“; Gräfelting (Mantis Verlag)
- Brauer, A. (1994): „Weichselzeitliche Seesedimente des Holzmaars - Warvenchronologie und Nachweis von Klimaschwankungen“; Trier (Dissertation Universität Trier)
- Cato, I. (1985): The definitive connection of the Swedish Geochronological Time Scale with the present and the new date of the zero-year in Döviken, northern Sweden“; in: BOREAS 14 117-22
- (1987): „On the definitive connection of the Swedish Geochronological Time Scale with the present“; in: SVER. GEOL. UNDERS. Ser. Ca 68

- De Geer, E.H. (1959): „Das wahre Null-Warw der Zeitskala von G. De Geer“; in EISZEIT UND GEGENWART 10 113-117
- De Geer, G. (1912): „Geochronologie der letzten 12000 Jahre“; in: GEOLOGISCHE RUNDSCHAU 3, 457-471
- (1928): „Geochronology“; in: ANTIQUITY 2 308-318
 - (1940): „Geochronologia Suecica“; in: K. SV. VER. AK. HANDL., Ser. 3, Bd. 18, No. 6
- Ehlers, J. (1983, ed.): „Glacial Deposits in North-West Europe“; Rotterdam (A.A. Balkema)
- (1993, ed.): „Glacial Deposits in North-East Europe“; Rotterdam (A.A. Balkema)
- Embleton, C. und C.A.M. King (1967): „Glacial and Periglacial Geomorphology“
- Fromm, E. (1970): „An estimation of errors in the Swedish varve chronology“; in: Olsson (1970, ed.)
- Hajdas, I., S.D. Ivy-Ochs und G. Bonani (1995): „Problems in the Extension of the Radiocarbon Calibration Curve (10-13 kyr BP)“; in: RADIOCARBON 37 75-79
- Heinsohn, G. (1996): „Wie alt ist das Menschengeschlecht? Stratigraphische Grundlegung der Paläoanthropologie und der Vorzeit“; Gräfelfing (Mantis Verlag)
- Hörnstein, Å (1970): „Summary of discussion of the measurements and identification of varves“; in: Olsson (1970, ed.)
- Hohl, R. (1985, ed.): „Die Entwicklungsgeschichte der Erde“; Hanau (Verlag Werner Dausien)
- Kukkonen, E., J. Niemelä und L. Sahala (1983): „Glacilacustrine sediments in Finland“; in: Ehlers (1983, ed.)
- Illig, H. (1988): „Die veraltete Vorzeit. Eine neue Chronologie der Prähistorie“; Frankfurt am Main (Eichborn Verlag)
- Lidén, R. (1938): „Den senkvartära strandförskjutningens förloppoch kronologi i Ångermanland“; in: GEOL. FÖREN. FÖRH. STOCKH. 60 397-404
- Müller-Karpe, H. (1966): „Handbuch der Vorgeschichte. Erster Band: Altsteinzeit“; München (C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung)
- Olsson, I.U. (1970, ed.): „Radiocarbon Variations and Absolute Chronology“; Stockholm (Almqvist & Wiksell)
- Schumann, W. (1969): „Geochronologische Studien in Oberbayern auf der Grundlage von Bändertonen“; ABHANDLUNGEN DER BAYRISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Math.-Nat. Klasse), Neue Folge 134
- Strömberg, B. (1983): „The Swedish varve chronology“; in: Ehlers (1983, ed.)

Tröften, P.-E. und N.-A. Möner (1997): „Varved clay chronology as a means of recording paleoseismic events in southern Sweden“; in: J. GEODYNAMIC 24 1-4 249-58

Ward, E. und W.S. Broecker (1992, eds.): „The Last Deglaciation: Absolute and Radiocarbon Chronologies“; NATO ASI Series I, Vol.2, Berlin et al. (Springer-Verlag)

6. Bildnachweise

Bild 2 links: Fromm 1970

Bild 2 rechts: Björck et al. 1992

Bild 3: Strömberg 1983

Bild 4 oben: Strömberg 1983

Bild 4 unten: De Geer 1928

7. Anhang

<i>Nr.</i>	<i>Gesteinsart</i>	<i>Beschreibung</i>
1	Ton	Verwitterungsprodukt von Feldspaten wie Granit, mit einer Korngröße unter 2 µm (sog. „Feinstschluff“, gegenüber 60 bis 600 µm bei „Sand“, der nächstgröberen Kategorie), dessen Plastizität sich aus der Fähigkeit ergibt, Wasser aufzunehmen (bis hin zur Konsistenz von Schlamm).
2	Mergel	Ton mit einem mehr oder weniger hohen Kalkanteil (Bezeichnungen gehen von Tonmergel mit 5% Kalkanteil bis Kalkmergel mit 95%)
3	Löß	„Äolischer“ Mergel (50% Schluff, 30% Grobschluff und 20% Sand), wird durch Verwitterung zu Lößlehm
4	Lehm	Ton mit Sand- und Glimmeranteilen, wodurch sich gegenüber reinem Ton eine geringere Plastizität ergibt.
5	Geschiebemergel	„Glaziale“ Mergel, d.h. Mergel, die von Gesteinsbrocken unterschiedlicher Größe durchsetzt sind.
6	Geschiebelehme	Infolge Verwitterung entkalkter Geschiebemergel