

Radiokarbon und historisch-archäologische Datierung für den alten Orient. Neuere Entwicklungen.

Uwe Zerbst, Bahnhofstr. 39, 19258 Boizenburg

Zusammenfassung: In einem früheren Beitrag (ZERBST 1999b) hat sich der Autor mit Diskrepanzen zwischen archäologisch-historischen und naturwissenschaftlichen Altersbestimmungen auf der Basis von Radiokarbon (^{14}C) und Baumringmethode auseinandergesetzt. Die zu dieser Zeit publizierten Messungen hatten für die Zeit vor 1000 v.Chr. sowohl in Ägypten und Palästina als auch in der Ägäis deutlich höhere ^{14}C -Alter ergeben, als sie das konventionelle Datierungsschema vorsieht. Im vorliegenden Beitrag soll untersucht werden, ob sich die damals herausgearbeiteten Trends auch bei neueren Untersuchungen zeigen. Im Ergebnis können die damals getroffenen Aussagen im wesentlichen bestätigt werden. Neuere Vergleiche für das Alte Reich in Ägypten sowie für die Frühe Bronzezeit in Palästina (konventionell von 3000 bis 2250 v.Chr.) ergaben ähnlich den früheren Datensätzen einen Zeitversatz um mehrere Jahrhunderte, wobei die naturwissenschaftlichen Verfahren zu den höheren Werten tendierten. Ebenfalls bestätigt wurden die Aussagen hinsichtlich der Frühen Bronzezeit in der Ägäis (konventionell von 1600 bis 1400 v.Chr.), wobei die naturwissenschaftlichen Daten 100 bis 150 Jahre über dem archäologischen Rahmen lagen. Neu hinzugekommen ist eine intensive Diskussion der Eisenzeit in Palästina (insbesondere die Zeit von konventionell 1000 bis 900 v.Chr.), bei der sich möglicherweise ein umgekehrter Trend andeutet, nach dem die naturwissenschaftlichen Daten um 60 bis zu 100 Jahre niedriger liegen könnten als die archäologischen Vorstellungen. Die derzeit vorliegenden Daten sind aber zu widersprüchlich, um bereits definitive Aussagen ableiten zu können. Anschließend werden mögliche Ursachen für die Diskrepanzen auf Seiten der ^{14}C -Datierung/Denrochronologie kurz angesprochen, wie sie in ZERBST (1998a, b, 1999a, b) ausführlicher diskutiert wurden.

Seit dem Erscheinen der Studium Integrale-Aufsatzserie zu Problemen der ^{14}C -Datierung archäologischer Funde aus alttestamentlicher Zeit (ZERBST 1998a, b, 1999a, b) sind mehrere Jahre vergangen, während derer eine beträchtliche Anzahl neuer Daten generiert wurde. Ziel des vorliegenden Aufsatzes ist ein kurzer Überblick über die aktuelle Diskussion zu den Themenkreisen Altes und Mittleres Reich in Ägypten, Frühe und Späte Bronzezeit

sowie Eisenzeit in Palästina, Späte Bronze- und Eisenzeit in Anatolien und die Datierung der Thera-Katastrophe in der Ägäis. Die Frage, der dabei nachgegangen werden soll, ist, ob ^{14}C -Datierung und historisch-archäologische Datierung tatsächlich identische Ergebnisse liefern, wie dies immer wieder behauptet wird, oder ob sich der Eindruck systematischer Diskrepanzen erhärtet hat, den der Autor seinerzeit formuliert hatte.

Moderne Aspekte der ^{14}C -Datierung archäologischer Proben

Auf die wichtigsten Aspekte der Datierung archäologischer Proben ist der Autor ausführlich in ZERBST (1999b) eingegangen, weshalb an dieser Stelle auf eine detaillierte Diskussion verzichtet werden kann. Probleme aufgrund von Probenverunreinigung, Reservoir- und Altholzeffekten, einer ungenügenden Zuordnung von Proben und geschichtlichen Ereignissen u.a.m. sind dafür verantwortlich, daß Messungen vor Mitte der 1980er Jahre heute als wenig zuverlässig angesehen werden. Seither brachten die Einführung der AMS-Technik und die Bereitstellung von Hochpräzisions-Kalibrierkurven, in deren Gefolge die gesamte Datierungsphilosophie grundlegend überarbeitet wurde, einen wesentlichen Fortschritt. So schließt eine moderne ^{14}C -Datierung archäologischer Funde heute folgendes ein (vgl. VAN DER PLICHT & BRUINS 2001):

- die Verwendung kurzlebiger Proben wie Getreidekörner, Nuß- oder Eierschalen, Textilreste usw. neben konventionellen langlebigen Datierungsmaterialien wie Holz oder Holzkohle,
- die Prüfung ganzer Probenserien aus unterschiedlichen Materialien und von unterschiedlichen Stellen des Fundortes,
- sofern möglich, die Prüfung von Probenserien unterschiedlichen Alters einer Grabung, deren relative zeitliche Zuordnung archäologisch abgeschätzt werden kann („archäologisches Wiggles-Matching“) und
- eine konsequente Qualitätskontrolle der Prüflabors bzw. unabhängige Parallelmessungen durch mehrere Labors.

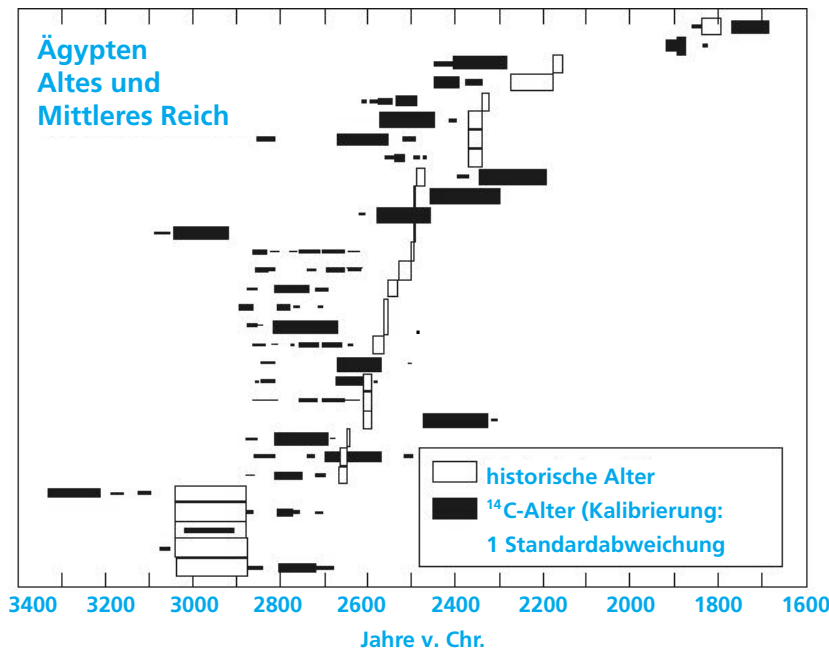


Abb. 1: Vergleich zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern für das Alte und Mittlere Reich in Ägypten (nach BONANI et al. 2001). Für ^{14}C -Daten ist jeweils eine Standardabweichung wiedergegeben. Die unterschiedliche Breite der Balken für die ^{14}C -Daten bezieht sich auf die unterschiedliche Wahrscheinlichkeit, die sich für die kalibrierten Alter ergeben hat.

Datierung der Frühdynastischen Zeit, des Alten und Mittleren Reiches in Ägypten und der Frühen Bronzezeit in Palästina

Die Datierungen des Alten und Mittleren Reiches in Ägypten und der Frühen Bronzezeit (FBZ) in Palästina können als eine Einheit behandelt werden, da beide Regionen archäologisch über Keramik-Kreuzkorrelation miteinander verbunden sind. In ZERBST (1999b) wurde eine im Jahre 1984 begonnene Studie des *American Research Centre in Egypt* (ARCE) zitiert. HAAS et al. (1987) hatten 80 Proben von Pyramiden und anderen Monumenten der Dritten bis Sechsten Dynastie des Alten Reiches getrennt nach verschiedenen Materialien untersucht und dabei festgestellt, daß die ^{14}C -Messungen Alter ergeben hatten, die im Schnitt mehr als 300 Jahre (Einzelergebnisse: 294-414 Jahre) über den historisch-archäologischen Altern lagen (dort Abb. 52). Ähnliche Ergebnisse für das Alte Reich publizierten GEYH et al. (1989), während andere Autoren (LANGE 1989) für das Alte Reich und GÖRSDORF et al. (1998) für die frühdynastische Zeit

von deutlich geringeren Diskrepanzen berichteten. Spätere Messungen von HAAS und DOUBRAVA (1998) ergaben ebenfalls geringere Unterschiede, nach denen die ^{14}C -Alter nur noch 125 bis 230 Jahre über den historisch-archäologischen Daten lagen. Die Autoren sahen den neueren Datensatz aber als weniger repräsentativ an als die 1987 veröffentlichte Meßserie.

Die teilweise widersprüchlichen Aussagen waren seither Anlaß zu weiteren Untersuchungen, u.a. einer zweiten Kampagne des ARCE, die 1995 begonnen wurde. Die Ergebnisse wurden in BONANI et al. (2001) publiziert und sind zusammenfassend in Abb. 1 wiedergegeben. Insgesamt wurden in die Untersuchung 271 Proben aus Monumenten der Ersten bis Zwölften Dynastie einbezogen. Obwohl sich die Autoren selbst mit weitergehenden Schlußfolgerungen zurückhalten, ist doch zu erkennen, daß der Trend, wonach die kalibrierten ^{14}C -Daten zu deutlich höheren Altern neigen als die historisch-archäologischen Daten, im wesentlichen bestätigt wird.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch die Auswertung von Keramik in mehr als 100 Gräbern eines vordynastischen Friedhofes bei Naga-ed-Der, die andeutet, daß der Nagada II a/b-Nagada II b/c-Übergang auf der Grundlage von ^{14}C ebenfalls früher wäre als konventionell angenommen. Die Höherdatierung hätte unmittelbare Folgen für die Datierung der Frühen Bronzezeit in der südlichen Levante (SAVAGE 2001). Da diese archäologisch an die Daten der Frühdynastischen Periode und des Alten Reiches in Ägypten gekoppelt ist, ist zu erwarten, daß sich der für Ägypten beobachtete Trend zu hoher ^{14}C -Alter (oder zu geringer historisch-archäologischer Alter) auch in frühbronzezeitlichen Funden in Palästina wiederfindet. Daß dies tatsächlich der Fall ist, haben BRUINS & VAN DER PLICHT (1995a, 1995b, 1998) gezeigt, als sie für Tell-es Sultan, das antike Jericho ^{14}C -Alter erhielten, die um 150 bis 300 Jahre höher lagen als konventionell angenommen (ZERBST 1999b, Abb. 53). In einer neueren Studie (BRUINS & VAN DER PLICHT 2001) konnten die Autoren diese Angaben bestätigen (Abb. 2 und Tab. 1).

Ähnliche Ergebnisse, d.h. „zu hohe“ ^{14}C -Alter erhielt BRAUN (2001) für die Frühe Bronzezeit I und

Tab. 1: Differenz zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern für die frühbronzezeitlichen Schichten von Tell-es Sultan (Jericho). (Nach BRUINS & VAN DER PLICHT 2001)

Phase in Jericho, Graben III	Archäologische Einordnung	Konventionelles Alter	Differenz zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern ¹
XV/li-iii	Frühe FBZ II (Ägypten: 1. Dyn.)	3000 – 2800 v. Chr.	100 – 450 Jahre
XVI/lxi-lxii	Späte FBZ II (Ägypten: 2. Dyn.)	2800 – 2700 v. Chr.	200 – 500 Jahre
XVI/lxii-lxiii	Ende von FBZ II (Ägypten: Ende der 2. Dynastie)	ca. 2700 v. Chr.	200 – 300 Jahre
XVII/lxviii-lxix	Frühe FBZ III (Ägypten: Frühe 3. Dynastie)	ca. 2600 v. Chr.	100 – 300 Jahre

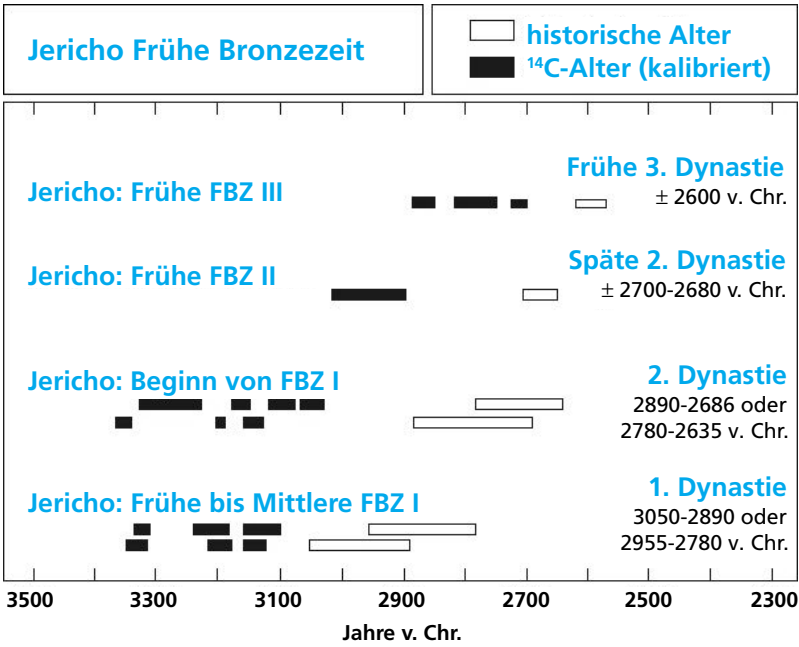
¹ Die ^{14}C -Datien liefern jeweils die höheren Alter.

II an verschiedenen Stellen in Israel. Insbesondere seine ^{14}C -Daten der FBZ I lagen so deutlich über den konventionellen Altern, daß sie den Autor zu der Feststellung veranlaßten: „Akzeptierten wir diese neuen Daten, so wäre die logische Konsequenz, daß ... das ganze System nicht mehr haltbar ist.“

Damit kann festgehalten werden: Die neueren Ergebnisse haben den Trend erhärtet, wonach zwischen den kalibrierten ^{14}C - und den historisch-archäologischen Altersangaben der Frühdynastischen Periode und des Alten Reiches bis etwa zur Sechsten Dynastie in Ägypten sowie der Frühen Bronzezeit in Palästina (insgesamt konventionell ca. 3000-2250 v.Chr.) eine Diskrepanz in der Größenordnung mehrerer Jahrhunderte besteht, wobei ^{14}C systematisch zu den höheren Altern tendiert. Konsequenterweise fordern Autoren wie BRUINS & VAN DER PLICHT (2001) eine Korrektur der konventionellen Chronologie dieser Periode zu höheren Werten, wobei sie auf methodische Unsicherheiten der historisch-archäologischen Datierung abheben. Es muß jedoch betont werden, daß der Fehler potentiell auch auf Seiten der ^{14}C -Datierung liegen kann, wo ein systematischer Fehler der dendrochronologisch basierten Kalibrierkurve ungeachtet gegenteiliger Behauptungen nicht prinzipiell ausgeschlossen werden kann (s.a. unten).

Datierung der Frühen Bronzezeit in der Ägäis und der Thera-Katastrophe

Seit BENTACOURT 1987 aufgrund des ^{14}C -Befundes eine Höherdatierung der Späten Bronzezeit (SBZ) der Ägäis forderte, ist diese Region in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Das hängt u.a. damit zusammen, daß hier die Schnittstelle zwischen dem bis heute historisch-archäologisch datierten alten Orient und den seit den frühen 1970er Jahren mittels ^{14}C datierten Gebieten im Norden und Westen liegt. Eine seit dem Ende der 1970er Jahre erarbeitete, 1599 Jahre umfassende „schwimmende“ Baumringchronologie für Anatolien und die Ägäis (KUNIHOLM & STRIKER 1983, KUNIHOLM et al. 1996) wurde im Jahre 2001 um zwei Jahrzehnte zu höheren Werten korrigiert (MANNING et al. 2001a) und unlängst durch ein weiteres *Wiggle-Matching* über sechs Jahrzehnte vor 1700 v.Chr. bestätigt (MANNING et al. 2003). Bei der Korrektur von 2001 war das *Wiggle-Matching* zwischen der „schwimmenden“ Chronologie und der Standardchronologie allerdings nur dann befriedigend möglich, wenn die Daten zwischen ca. 750 und 800 v.Chr. weggelassen wurden, da sich für diese Zeitspanne ein systematischer Versatz von ca. 30 Jahren ergab. Als Ursache werden temporär auftretende geringfügige regionale Unterschiede des $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopen-Gleichgewichts in der nördlichen Hemisphäre vermutet (KROMER et al. 2001). Dendrochronologi-



sche Untersuchungen in der Region wurden neben türkischen Hölzern auch an Proben von Zypern, Griechenland, Kreta und dem Libanon vorgenommen.

Bei Anwendung der revidierten Baumring-Chronologie ergibt sich für die Spätminoischen Perioden IA und IB (konventionell 1600/1580 – 1425 v.Chr.) eine Differenz zu den historisch-archäologisch über Kreuzkorrelationen mit Ägypten ermittelten Zeiten von etwa 100 bis 150 Jahren, wobei die naturwissenschaftliche Datierung wiederum zu den höheren Altern tendiert (MANNING et al. 2001a, 2002, Tab. 2).

Ein weiteres Ergebnis der Neufixierung der anatolischen Baumringchronologie ist, daß der Ausbruch des Thera nunmehr auf 1650 (+4/-7) v.Chr. datiert wird (MANNING et al. 2001a). Den Widerspruch dieses Datums zu der bis vor kurzem in der ^{14}C /Dendrochronologie-Gemeinde sehr stark favorisierten Datierung des Ereignisses auf die Jahre 1628/1627 v.Chr. relativierten die Autoren wenig später durch die Erweiterung der Zeitspanne auf 1650-1620 v.Chr. (MANNING et al. 2002). In das Dendrojahr 1650 (+4/-7) v.Chr. fällt der erste von (je nach Probe) drei bis fünf ungewöhnlich breiten Baumringen der ägäischen Baumringchronologie. Das Datum 1628/1627 v.Chr. war u.a. mit

Abb. 2: Vergleich zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern für die Frühe Bronzezeit in Tell-es Sultan (Jericho) in Bezug auf Daten der Frühdynastischen Zeit und des Alten Reiches in Ägypten (nach BRUINS & VAN DER PLICHT 2001). Für ^{14}C -Daten ist jeweils eine Standardabweichung wiedergegeben.

Tab. 2: Differenz zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern für die spät-bronzezeitlichen Schichten in der Ägäis. (Nach MANNING et al. 2001b)

Periode/Ereignis	Historisch-archäologisches Alter	Alter auf der Basis von ^{14}C /Dendrochronologie
Spätminoisch IA		
Beginn:	1600/1580 v. Chr.	ca. 1765-1716 v. Chr.
Ende:	ca. 1480 v. Chr.	ca. 1610-1590 v. Chr.
Spätminoisch IB		
Ende:	1425 v. Chr.	ca. 1522/1512 v. Chr.
Ausbruch des Thera	1520-1500 v. Chr.	ca. 1650-1620 v. Chr.

Methoden und Fehlerquellen

AMS-Technik

Accelerator Mass Spectrometry: Verfahren, bei dem anders als bei der herkömmlichen Zählrohrmethode nicht der radioaktive Zerfall, sondern die Anzahl der ^{14}C -Atome bestimmt wird. In einem Teilchenbeschleuniger werden die Atome zunächst auf hohe Geschwindigkeit gebracht, um dann in einem Magnetfeld aus der Bahn ausgelenkt zu werden. Aufgrund der unterschiedlichen Massenzahl ist der Auslenkwinkel der einzelnen Isotope verschieden, was eine getrennte Erfassung der Teilchen ermöglicht. Hauptvorteil der AMS-Technologie gegenüber den Zählrohrverfahren ist, daß sie mit wesentlich geringeren Probenvolumina auskommt.

Dendrochronologie (Baumringmethode)

Bei der Dendrochronologie wird das Alter durch Auszählen von Baumringen gewonnen. Da keine Bäume existieren, deren Alter bis in die hier relevanten Zeiträume zurückreicht, muß zunächst aus vorhandenen Teilsequenzen eine Standardchronologie aufgebaut werden. Dabei macht man sich zunutze, daß die Baumringe klimabedingt von Jahr zu Jahr unterschiedliche Breiten aufweisen. Der Umwelteinfluß ist um so größer und die ausgebildeten Ringsequenzen umso charakteristischer, je ungünstiger der Wachstumsstandort eines Baumes war und ist (z.B. an Wüstenrändern oder der oberen Baumgrenze im Gebirge). Nicht alle Bäume sind deshalb zum Aufbau einer Baumringchronologie gleichermaßen geeignet. Die Einfügung von Teilsequenzen in die Standardchronologie geschieht durch Übereinanderpassen der charakteristischen Ringfolgen (Kreuzkorrelation), wobei kombiniert statistische und visuelle Methoden angewendet werden. Aufgrund sog. Autokorrelationseffekte (bestimmte Ringfolgen wiederholen sich grob von Zeit zu Zeit) und lokaler Standorteffekte der Ringausprägung führt die Kreuzkorrelation gelegentlich zu mehrdeutigen Ergebnissen. Das bedeutet, daß auf statistischer Basis prinzipiell mehrere zeitliche Zuordnungen möglich sind, was ein zusätzliches Kriterium zur Bestimmung der tatsächlichen Standardchronologie erforderlich macht. Dieses Kriterium liefert der Vergleich auf der Ebene von ^{14}C -Kalibrierkurven.

^{14}C -Kalibrierkurven

Werden dendrochronologisch datierte Baumringe zusätzlich mittels ^{14}C datiert, so liefert die Auftragung beider Datenreihen eine sog. Kalibrierkurve für die ^{14}C -Datierung, mit deren Hilfe ^{14}C -Alter in tatsächliche Alter umgerechnet werden können. Daß zwi-

schen ^{14}C -Altern und wirklichen oder kalibrierten Altern unterschieden werden muß, hat seine Ursache in Verschiebungen des Verhältnisses aus der Menge der radioaktiven ^{14}C -Teilchen und der nicht-radioaktiven ^{12}C -Teilchen in der Vergangenheit. Verantwortlich für diesen Effekt waren zeitliche Schwankungen des Erdmagnetfeldes, der Sonneneinstrahlung u.a. Die Möglichkeit der nachträglichen Korrektur der ^{14}C -Alter setzt voraus, daß die Baumringdaten tatsächlich zuverlässig sind. Historisch wurden Kalibrierkurven in verschiedenen Teilen der Welt erarbeitet. Sind sie unabhängig von ihrer Herkunft identisch, so bedeutet das, daß auch die zugrundeliegenden Dendrochronologien korrekt sein müssen (Argument der Reproduktion). Tatsächlich wird auf diese Weise für die Richtigkeit sowohl der Baumringdaten als auch der Kalibrierkurven argumentiert. Letztere sind inzwischen zu einer weltweit einheitlichen Kurve zusammengefaßt, die gelegentlich erweitert und geringfügig korrigiert wird. Frühere Kalibrierkurven paßten weniger gut zusammen und wurden aufgrund des Vergleichs überarbeitet und angepaßt. Das Argument der Reproduktion setzt voraus, daß die in den Vergleich einbezogenen Einzelkalibrierkurven tatsächlich völlig unabhängig zustande kamen. Das ist jedoch methodisch gar nicht möglich, weil neu aufgefundene Proben zunächst mittels ^{14}C *vordatiert* werden, wodurch eine Reihe von Alterszuordnungen bereits ausscheiden, die sich auf rein dendrochronologischer Ebene hätten ergeben können. Zudem wurde und wird bereits bei der Erstellung der jüngeren Langzeit-Kalibrierkurven in Europa, der Ägäis und anderswo das sog. Wiggle-Matching angewendet, was die Kurven ebenfalls voneinander abhängig macht.

Wiggle-Matching und Schwimmende Chronologien

Reicht eine Sequenz der ^{14}C -Kalibrierkurve nicht bis zur Gegenwart, so wird sie als schwimmende Chronologie bezeichnet. Dabei kann es sich um eine einzelne Probe oder auch um eine aus mehreren Proben zusammengesetzte Sequenz handeln. Der charakteristische Verlauf der schwimmenden Chronologie erlaubt dennoch eine zeitliche Zuordnung, wenn sie mit einem vergleichbaren Kurvenabschnitt einer bereits bestehenden, bis zur Gegenwart heranreichenden Kalibrierkurve verglichen wird. Dieses Vorgehen wird als Wiggle-Matching bezeichnet. Praktisch alle jüngeren Kalibrierkurven wurden auf diese Weise mit Hilfe vorhandener

Kurven an die ursprüngliche amerikanische Borstenkiefer-Kalibrierkurve und später an die einheitliche Kalibrierkurve angepaßt, *weshalb sie von diesen nicht unabhängig sein können*. In jüngster Zeit wurde das Prinzip des Wiggle-Matching auch zur Datierung archäologischer Proben herangezogen (archäologisches Wiggle-Matching). Dabei werden von einem Fundort Daten unterschiedlichen ^{14}C -Alters (z.B. unterschiedlicher Schichten) einbezogen, deren zeitliche Relativbeziehung archäologisch abgeschätzt werden kann. Die erhaltene Sequenz wird dann wie eine schwimmende Chronologie behandelt und zur Datierung in die existierende Standardchronologie eingefügt.

Verunreinigungseffekte

Anders als die systematischen Fehler bei ^{14}C -Rohdaten können Fehler aufgrund von Probenverunreinigung nicht im Nachhinein mittels einer Kalibrierkurve korrigiert werden. Verunreinigungseffekte entstehen dann, wenn nach der Einbettung im Fundort ein nachträglicher Stoffaustausch zwischen der Probe und der Umgebung stattgefunden hat. Verunreinigungseffekten begegnet man durch die mechanische und chemische Reinigung der Proben vor der Datierung. Unterschiedliche Materialien neigen in unterschiedlicher Weise zu Verunreinigung und erfordern auch unterschiedliche Reinigungsmaßnahmen. Das Problem der Probenreinigung ist nicht für alle Materialien in gleicher Weise gelöst. Kritisch sind insbesondere Knochenfunde.

Altholz-Effekt

Bei der Datierung archäologischer Proben spielt neben den systematischen und zufälligen Fehlern der ^{14}C -Rohdaten der Fundzusammenhang eine wichtige Rolle. So muß idealerweise sichergestellt sein, daß ein Fund einem bestimmten Fundhorizont und dieser wiederum einem bestimmten Ereignis zweifelsfrei zugeordnet werden kann. Die ist nicht immer gewährleistet. Eine spezielle Problematik ist der sog. Altholz-Effekt. Manche Bäume, z.B. Zedern, haben ein Alter von mehreren Jahrhunderten erreicht, bevor sie eingebaut wurden, die ^{14}C -Datierung ergibt in einem solchen Fall Daten, die das Alter des zu datierenden Gebäudes weit übersteigen. Wurden die Balken nach dem Abriß eines alten Gebäudes erneut verbaut, so ist die Diskrepanz sogar noch größer. In der Regel wird der Werdegang des Holzes nicht nachvollziehbar sein, da es nur noch als Holzkohle z.B. in einer Brandschicht aus der Zerstörung des Gebäudes vorliegt.

Archäologische Periode	Konventionelle Datierung	¹⁴ C-Datierung (kalibriert)
Späte EZ IA	12. bis Mitte 11. Jahrhundert v. Chr.	mindestens bis 975 v. Chr.
Späte EZ IB	zweite Hälfte 11. bis frühes 10. Jhd. v. Chr.	ca. 975-880 v. Chr.
Übergang EZ I/EZ II	Frühes 10. Jahrhundert v. Chr.	ca. 880-ca. 850 v. Chr.
EZ II A	10. Jahrhundert v. Chr.	nach 850 v. Chr.

Tab. 3: Differenz zwischen kalibrierten ¹⁴C- und historischen Altern für die eisenzeitlichen Schichten in Tel Dor. (Nach GILBOA & SHARON 2001)

schmalen Ringen der Borstenkiefer- und Eichen-chronologie in Nordamerika und Westeuropa begründet worden. Daß ein Extremereignis wie ein Vulkanausbruch in den gemäßigten Zonen besonders schmale und gleichzeitig in wärmeren Gebieten besonders breite Baumringe verursachen kann, wird so erklärt, daß sich die durch den vulkanischen Staub bewirkte Abkühlung in der ohnehin kalten Gegend wachstumshemmend, in der wärmeren Gegend jedoch wachstumsfördernd auswirkt. Im Zusammenhang mit der Neudatierung scheint ein weiteres, bis vor kurzem noch sehr hoch gehandeltes Argument für den Ausbruch des Vulkans im Jahre 1628/1627 v.Chr., die auffälligen Säureschichten um 1636 v.Chr. des grönländischen Eis-Bohrkerns „GRIP“, ebenfalls vom Tisch zu sein, nachdem in mehreren Studien (ZIELINSKI & GERMANI 1998, KEENAN 2003) nachgewiesen wurde, daß die geochemischen Daten des Thera mit denen der Eisschichten nicht in Einklang zu bringen sind. Im Kontext des vorliegenden Aufsatzes ist v.a. wichtig, daß das ¹⁴C/Dendrochronologie-Datum des Ausbruchs des Thera mit 1650 (+4/-7) v.Chr. etwa 100 bis 150 Jahre höher ist als das historisch-archäologische Datum mit 1520 bis 1500 v.Chr. (s. Tab. 2).

Damit ist festzuhalten, daß die naturwissenschaftlichen Datierungsverfahren auch für die Späte Bronzezeit in der Ägäis (konv. ca. 1600 bis 1400 v.Chr.) und damit parallel für die Hyksoszeit und den Beginn der 18. Dynastie in Ägypten sowie das Ende der Mittleren und den Beginn der Späten Bronzezeit in Palästina nach derzeitigem Wissensstand signifikant höhere Alter liefern als die historisch-archäologischen Verfahren.

Datierung des Übergangs von der Bronze- zur Eisenzeit und der Eisenzeit in Palästina

Besonders kontrovers stellt sich die Diskussion derzeit für die Eisenzeit (EZ) in Palästina dar. Die EZ I umfaßt konventionell die beiden Jahrhunderte von 1200 bis 1000 v.Chr., die EZ II reicht im Anschluß daran bis zum Babylonischen Exil 567 v.Chr. Angefacht wird die heftige Auseinandersetzung durch den Vorstoß des israelischen Archäologen ISRAEL FINKELSTEIN, die Eisenzeit I aufgrund von archäologischen Argumenten um 50 bis 100 Jahre später anzusetzen (FINKELSTEIN 1996, 1998). Die ¹⁴C-Datierung ist gegenwärtig Teil des Kon-

fliktes, indem von ihr erwartet wird, eine Bestätigung bzw. Widerlegung von FINKELSTEINS Spätdatierung zu liefern. So haben GILBOA & SHARON (2001) 22 ¹⁴C-Messungen einer Keramiksequenz von Dor an der israelischen Mittelmeerküste und einer Sequenz von Tel Rehov nahe des Jordan vorgelegt, die Funde der EZ I-IIA einschließt und starke Korrelationen nach Phönizien aufweist. Im Ergebnis erhalten sie mehrheitlich Alter, die 70 bis 100 Jahre später sind als konventionell angenommen (Tab. 3). Allerdings beträgt die einfache Standardabweichung der kalibrierten ¹⁴C-Daten im Schnitt nicht weniger als 160 Jahre (GILBOA & SHARON 2003, Tab. 22), was wohl einer der Gründe ist, warum sich die Autoren sehr vorsichtig ausdrücken, und lediglich einräumen, daß FINKELSTEINS Vorschlag denkmöglich ist, und ansonsten die Untersuchung weiterer Fundorte fordern. Ihrer Sache sicherer geben sich FINKELSTEIN & PIASETZKI (2003a) in einem Aufsatz, in dem sie 33 Messungen an kurzlebigen Materialien von Tel Rehov (Schichten C1, D3 und D4), Tel Hadar (Schicht IV) und Tel Dor (Schicht D2/10) auswerten, die sie archäologisch mit Megiddo (Horizonte VIA und VA-IVB) korrelieren. Gemäß den Autoren sollen die Daten eindeutig die Spätdatierung stützen, eine Aussage, die für den Leser wegen der unvollständigen Wiedergabe der kalibrierten ¹⁴C-Daten jedoch nur sehr eingeschränkt nachvollziehbar ist. Zudem wäre eine Angabe über die Streuung der Daten wünschenswert gewesen.

Gerade das Argument der großen Streuungen führen MAZAR & CARMI (2001) ins Feld, die gegen FINKELSTEINS vorgeschlagene Chronologie-Revision argumentieren möchten. Die Autoren präsentieren 32 neue ¹⁴C-Messungen der EZ I und II von Tel Beth Shean (Stratum S1, konventionell ca. 1200 v.Chr.) und Tel Rehov (Stratum V) in Nordisrael. Bei letzterem handelt es sich um eine der aussagefähigsten EZ IIA Sequenzen in Israel. Obwohl die Autoren insgesamt den Trend sehen, daß die Daten die konventionelle Chronologie bestätigen, räumen sie ein, daß eine eindeutige Zuordnung aufgrund der großen Streuungen schwierig ist (Tab. 4). Zwei der drei Daten für die EZ I-Schicht wären auch für FINKELSTEINS Chronologie zu spät. Die teilweise recht hohen Alter der EZ II-Strata S1 und V-IV könnten etwas damit zu tun haben, daß sie an Holz- bzw. Holzkohleresten aufgenommen wurden, Materialien, in denen sich ein „Altholzeffekt“ abgebildet haben könnte. Alle weiteren Datierungen in Tab. 4 wurden an kurzlebigen Materialien

* 2795 +/- 20 vor heute

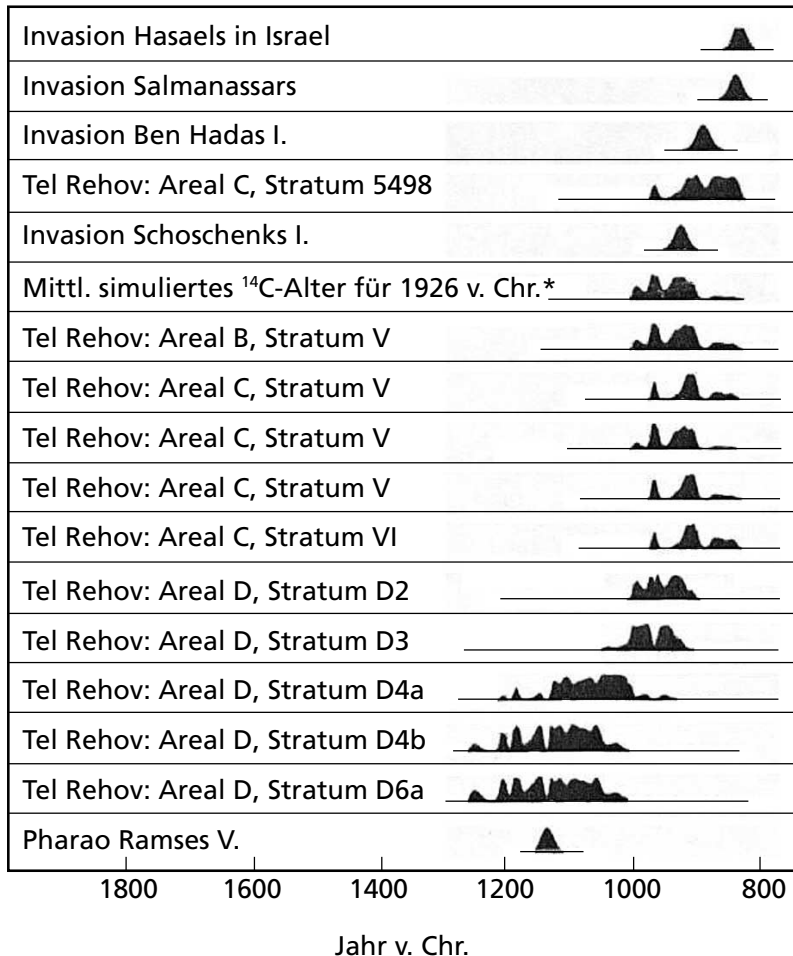


Abb. 3: Eisenzeitliche Strata von Tel Rehov: Stratigraphische Sequenz der kalibrierten ^{14}C -Daten und Vergleich mit historischen Begebenheiten. (Nach BRUINS et al. 2003)

durchgeführt.

Bereits Mitte der 1990er Jahre hatten BRUINS & VAN DER PLICHT (1995a, b) Untersuchungen zum Ende der Späten Bronzezeit auf Tell Es-Sultan (Jericho) vorgelegt, für die sie Daten innerhalb eines weiten Streubandes im 17. und 16. Jahrhundert v. Chr. ermittelten. Am unteren Ende schließen die kalibrierten Alter auch das konventionelle historisch-archäologische Datum um 1550 v. Chr. ein (ZERBST 1999b, Abb. 54). Mit dem von FINKELSTEIN postulierten sehr viel späteren Beginn der anschließenden Eisenzeit sind diese Ergebnisse nicht in Übereinstimmung zu bringen.

Im Kontext der Datierung der Eisenzeit ist weiterhin ein unlängst erschienener Beitrag von BRUINS et al. (2003) erwähnenswert, die ebenfalls Schichten in Rehov ausgewertet haben. Abb. 3 zeigt eine vereinfachte Darstellung der ausgewerteten Sequenz, die die Autoren bestimmten historischen Ereignissen wie den Invasionen Hasaels (konv. ca. 844-804 v. Chr.), Salmanassars III. (konv. 858-824 v. Chr.), Ben-Hadads I. (konv. erstes Viertel des 9. Jahrhunderts v. Chr.) und Schoschenks I. (konv. 945-924 v. Chr.) sowie den Regentschaftsdaten eines Pharaos der 20. Dynastie, Ramses V. (konv. 1147-1143 v. Chr.), zuordnen. Im Ergebnis ihrer

Untersuchung sehen die Autoren die konventionelle Eisenzeit-Chronologie mit Ausnahme der EZ IIA bestätigt, die sie auf ca. 980-835 v. Chr., also später als derzeit etabliert (1000-900 v. Chr.) ansetzen wollen. Die chronologische Revision FINKELSTEINS, die die EZ IIA ausschließlich ins neunte Jahrhundert v. Chr. stellen würde, lehnen sie jedoch als überhöht ab. In einer Stellungnahme weisen FINKELSTEIN & PIASETZKI (2003a) diese Kritik zurück und werfen den Autoren vor, eine Reihe aus anderen Untersuchungen vorhandener Daten (s.o.) nicht einbezogen und bei der eigenen Probenwahl unter archäologischen Gesichtspunkten nicht in allen Fällen optimal vorgegangen zu sein. Zudem nehmen sie eine eigene Kalibrierung der ^{14}C -Rohdaten vor, für die sie beanspruchen, daß sie mit ihrer Spätdatierung besser in Übereinstimmung zu bringen sei als mit der von FINKELSTEIN & PIASETZKI vorgenommenen Einordnung.

Abschließend sei auf eine Arbeit von FRUMKIN et al. (2003) verwiesen, die den Hiskia zugeschriebenen Siloam-Tunnel datierten. Hiskia lebte von 727-698 v. Chr. Der Tunnel wird archäologisch in die EZ II datiert. Daß nicht nur die berühmte Inschrift, sondern auch der Tunnel selbst auf Hiskia zurückgehen, ist jedoch bezweifelt worden. Hier versuchten die Autoren Klarheit zu schaffen, indem sie organische Materialien aus den Tunnelwänden mittels ^{14}C datierten. Unter Einschluß der einfachen Standardabweichung erhielten sie für eine Holzprobe Alter zwischen 822-896 v. Chr. und für eine Probe aus kurzlebigem Pflanzenmaterial Alter zwischen 790 bis 760 v. Chr. bzw. 690 bis 540 v. Chr. Das höhere Alter der Holzproben könnte plausibel mit dem „Altholzeffekt“ erklärt werden. Die Autoren folgern aus dem Befund, daß der Tunnel um 700 v. Chr. in den Fels getrieben sei, was tatsächlich für Hiskia als Erbauer spräche.

Wie aussagefähig sind ^{14}C -Daten für archäologische Funde?

Faßt man die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen zusammen, so ergibt sich etwa folgendes Bild: Für die Zeit zwischen (konventionell) 3000 und 2250 v. Chr. liefert die ^{14}C -Datierung Alter, die um mehrere Jahrhunderte über den historisch archäologischen Altern liegen. Derselbe Trend jedoch mit geringeren Diskrepanzen von 100 bis maximal 150 Jahren ergibt sich für die Zeit zwischen (konventionell) 1600 und 1400 v. Chr. Für die Zeit um (konventionell) 1200 v. Chr. scheint keine Diskrepanz nachweisbar, obwohl einige Messungen in Richtung höherer, andere in Richtung niedrigerer ^{14}C -Alter weisen. Für die anschließende Zeit und insbesondere für die Zeit um (konventionell) 1000 bis 900 v. Chr. deuten sich ^{14}C -Alter an, die um 60 bis 100 Jahre geringer sein

könnten als die historisch-archäologischen Alter. Allerdings sind definitive Aussagen aufgrund der vergleichsweise hohen Fehlermarge nur schwer möglich. Es sollte ergänzt werden, daß Aussagen für den Zeitraum zwischen 750 und 400 v. Chr. aufgrund des flachen Verlaufs der ^{14}C -Kalibrierkurve und der daraus resultierenden außerordentlich großen Fehlerbreite der kalibrierten Alter praktisch nicht möglich sind.

Angesichts des differenzierten Befundes überrascht der unterschiedlich kritische Umgang der Archäologen mit den ^{14}C -Daten. Während von Seiten der naturwissenschaftlichen Datierung der Ruf immer lauter wird, die historisch-archäologischen Daten durchgängig zugunsten der ^{14}C /Baumringdaten zu ersetzen, widersetzen sich die Archäologen bislang dieser Forderung für die Zeiträume vor (konventionell) 1400 v. Chr. Anders ist die Situation für die Eisenzeit in Palästina, bei der die archäologische Forschung seit FINKELSTEINS Vorschlag einer Späterdatierung der Frühen Eisenzeit (nach konventionell 1200 v. Chr.) um 50 bis 100 Jahre gespalten ist. Hier fällt auf, daß beide Seiten, die Vertreter der konventionellen und der revidierten Chronologie, ^{14}C als unabhängigen Prüfstein zu akzeptieren scheinen. Auch wird das ^{14}C -Argument regelmäßig ins Feld geführt, wenn es darum geht, gegen weitergehende Forderungen nach chronologischen Revisionen der palästinischen Archäologie etwa nach JAMES et al., ROHL oder HAGENS zu argumentieren (z.B. MANNING et al. 2001b; GILBOA & SHARON 2003). Eine Zusammenstellung solcher Vorschläge findet sich in VAN DER VEEN & ZERBST (2002).

Die Frage ist, ob das, was gegenwärtig in der Archäologie geschieht, nicht in Wirklichkeit ein Argumentieren im Kreis ist. Stimmen die ^{14}C -Daten etwa für die Späte Bronzezeit in der Ägäis nicht mit den historisch-archäologischen Angaben überein, so werden sie zurückgewiesen, passen sie mit dem jeweils eigenen Datierungsschema der Eisenzeit in Palästina zusammen, so werden sie akzeptiert. Dabei scheint es für die Archäologen kaum von Interesse zu sein, wie zuverlässig die naturwissenschaftlichen Verfahren aufgrund ihrer eigenen Modellannahmen tatsächlich sind, bzw. wo mögliche Fehler auch der ^{14}C -Datierung zu suchen wären.

Gerade solche Betrachtungen sind aber dringend angezeigt, will man in konsistenter Weise argumentieren. Akzeptiert man die naturwissenschaftlichen Datierungsverfahren in unkritischer Weise, so ist es selbstverständlich methodisch zulässig, sie als „Eichverfahren“ für archäologische Datierungen anzusehen, wie die Archäologen dies derzeit für die Eisenzeit-Schichten in Palästina tun. Ist es dann jedoch zulässig, ^{14}C -Daten für andere Zeiträume zurückzuweisen, nur weil sie den historisch-archäologischen Vorstellungen widersprechen? Und umgekehrt: Werden ^{14}C -Daten für einen bestimmten Zeitraum zurückgewiesen, weil sie nicht mit der eigenen Chronologie in Einklang zu

Fundort	Konventionelles Datum	Kalibriertes ^{14}C -Datum ¹
Beth Shean, Areal N, Cluster 1, Ende 19. oder Beginn 20. Dyn. in Ägypten	ca. 1200 v. Chr. (evtl. Reste eines späteren Gebäudes von Level IV, 1130 v. Chr. eingemengt)	1210-1040 v. Chr. 1270-1130 v. Chr. 1210-1000 v. Chr.
Beth Shean, Areal N, Cluster 2, Letzte ägypt. Präsenz oder spätere Phase, während der die alten Bauten renoviert wurden	Mitte 12. Jahrhundert v. Chr., evtl. auch bis ins 11. Jahrhundert v. Chr. reichend	1190-1000 v. Chr. 1300-1120 v. Chr. 1210-1040 v. Chr. 1260-1050 v. Chr.
Tel Rehov, EZ I-Strata	11. Jahrhundert v. Chr.	895-795 v. Chr. 1000-900 v. Chr. 900-800 v. Chr.
Tel Rehov, EZ II-Stratum S1	10. oder frühes 9. Jahrhundert v. Chr.	1260-1120 v. Chr. 1050-920 v. Chr.
Tel Rehov, EZ II-Strata V-IV	10. bis zweite Hälfte 9. Jahrhundert	1400-1260 v. Chr. 1130-990 v. Chr. 970-840 v. Chr.
Tel Rehov, EZ II-Stratum V	10. bis 9. Jahrhundert v. Chr., vor 830 v. Chr.	900-830 v. Chr. ²
Tel Rehov, Ende EZ II (Zerstörungsschicht)	Mitte 8. Jahrhundert v. Chr., wahrscheinlich 732 v. Chr.	770-520 v. Chr. 800-750 v. Chr. ³ 690-540 v. Chr. ⁴ 520-390 v. Chr.

¹Angaben mit einer Standardabweichung

²gewichtet aus 18 Einzelmessungen

³Wahrscheinlichkeit von 23%

⁴Wahrscheinlichkeit von 77%

bringen sind, wie will man dann den völlig unkritischen Umgang für andere Zeiträume methodisch rechtfertigen?

Wenn in der eingangs erwähnten Aufsatzreihe des Verfassers (v.a. ZERBST 1999a) von potentiellen Fehlerquellen der ^{14}C -Datierung die Rede war, sind damit nicht in erster Linie Fehler wie Probenverunreinigung, Reservoir-Effekte, „Altholzeffekt“ u.ä. gemeint, die einen eher zufälligen Charakter haben. Das entscheidende Problem liegt in der nicht vollständig gewährleisteten, und aufgrund von ^{14}C -Vordatierung der Proben und „Wiggle-Matching“ auch nicht gewährleistbaren unabhängigen Reproduktion der verschiedenen Langzeit-Baumring-Chronologien, die das Rückgrat der ^{14}C -Kalibrierung bilden (vgl. die ausführliche Diskussion des Autors in der erwähnten Quelle). Damit ist zwar nicht gesagt, daß Teile der gegenwärtig akzeptierten Kalibrierkurve tatsächlich falsch sind, prinzipiell ausgeschlossen ist es aber ebensowenig. Entsprechend der Natur der potentiellen Fehler der Kalibrierkurve könnte es durchaus sein, daß sich für einzelne Zeitabschnitte zu geringe und für andere Zeitabschnitte zu hohe Jahreszahlen ergäben. Weichen ^{14}C -Daten und historisch-archäologische Alter voneinander ab, so könnte der Fehler deshalb auf beiden Seiten liegen. Mehr noch: Es könnte der

Tab. 4: Differenz zwischen kalibrierten ^{14}C - und historischen Altern für die eisenzeitlichen Schichten von Tell Beth Shean und Rehov. (Nach MAZAR & CARMi 2001)

außerordentlich unbefriedigende Zustand eintreten, daß naturwissenschaftliche und historisch-archäologische Datierung übereinstimmen und dennoch falsch sind. In diesem Sinne wird eine sehr viel weiter reichende Diskussion der Diskrepanzen zwischen naturwissenschaftlichen und historisch-archäologischen Datierungen notwendig werden, die beide Seiten in kritischer Weise einschließt. Es ist zu hoffen, daß dieser Aspekt im Rahmen der zahlreichen Projektvorhaben eine angemessene Rolle spielen wird, die in jüngster Zeit initiiert wurden, um das Problem der chronologischen Unstimmigkeiten im Alten Orient in umfassender Weise anzugehen (z.B. SCIEM 2000).

Literatur

- BENTACOURT PP (1987) Dating the Aegean Late Bronze Age with radiocarbon. *Archaeometry* 29, 45-49.
- BONANI G, HAAS H, HAWASS Z, LEHNER M, NAKHLA S, NOLAN J, WENKE R & WOLFLI W (2001) Radiocarbon dates of Old and Middle Kingdom monuments in Egypt. *Radiocarbon* 43, 1297-1320.
- BRAUN E (2001) Proto, early dynastic Egypt, and Early Bronze I-II of the southern Levant: Some uneasy ^{14}C correlations. *Radiocarbon* 43, 1279-1295.
- BRUINS HJ & VAN DER PLICHT J (1995a) Tell Es-Sultan (Jericho): Radiocarbon results of short-lived cereal and multiyear charcoal samples from the end of the middle Bronze Age. *Radiocarbon* 37, 213-220.
- BRUINS HJ & VAN DER PLICHT J (1995b) The Exodus enigma. *Nature* 382, 213-214.
- BRUINS HJ & VAN DER PLICHT J (1998) Early Bronze Jericho: high precision ^{14}C dates of short-lived palaeobotanic remains. *Radiocarbon* 40, 621-628.
- BRUINS HJ & VAN DER PLICHT J (2001) Radiocarbon challenges archaeo-historical time frameworks in the Near East: The Early Bronze Age of Jericho in relation to Egypt. *Radiocarbon* 43, 1321-1332.
- BRUINS HJ, VAN DER PLICHT J & MAZAR A (2003) ^{14}C dates from Tel Rehov: Iron-Age chronology, pharaohs, and Hebrew kings. *Science* 300, 315-318.
- FINKELSTEIN I (1996) The archaeology of the United Monarchy: An alternative view. *Levant* 28, 177-187.
- FINKELSTEIN I (1998) Bible archaeology or archaeology of Palestine in the iron Age? A rejoinder. *Levant* 30, 167-173.
- FINKELSTEIN I & PIASETZKI E (2003) Recent radiocarbon results and king Salomon. *Antiquity* 77, 771-779.
- FINKELSTEIN I & PIASETZKI E (2003) Comment on „ ^{14}C dates from Tel Rehov: Iron-Age chronology, pharaohs, and Hebrew kings“ *Science* 302, 568.
- FRUMKIN A, SHIMRON, A & ROSENBAUM J (2003) Radiometric dating of the Siloam tunnel, Jerusalem. *Nature* 425, 169-171.
- GEYH MA, MUNRO P & GERMER R (1989) Zur absoluten Chronologie des Alten Reiches und der 1. Zwischenzeit nach konventionellen und kalibrierten ^{14}C -Daten. *Studien zur altägyptischen Kultur* 16, 65-81.
- GILBOA A & SHARON I (2001) Early Iron Age dates from Tel Dor: Preliminary implications for Phoenicia and beyond. *Radiocarbon* 43, 1343-1351.
- GILBOA A & SHARON I (2003) An archaeological contribution to the Early Iron Age chronological debate: Alternative chronologies for Phoenicia and their effects on the Levant, Cyprus, and Greece. *Bulletin of the American Society for Oriental Research (BASOR)* 32, 7-80.
- GÖRSDORF J, DREYER G & HARTUNG U (1998) New ^{14}C dating of the archaic royal necropolis Umm el-Qaab at Abydos (Egypt). *Radiocarbon* 40, 641-47.
- HAAS H., DEVINE J, WENKE R, LEHNER R, WOLFLI W & BONANI G (1987) Radiocarbon chronology and the historical calendar in Egypt. In: AURENCHÉ O, EVIN J & HOURS F (Hrsg.) *Chronologies in the Near East*, BAR International Series, 585-606.
- HAAS H & DOUBRAVA MR (1998) Calibration technique for ^{14}C data clusters: fitting relative chronologies onto absolute time scales. *Radiocarbon* 40, 561-569.
- KROMER B, MANNING SW, KUNIHOLM PI, NEWTON MW, SPURK M & LEVIN I (2001) Regional $^{14}\text{CO}_2$ Offsets in the Troposphere: Magnitude, Mechanisms, and Consequences. *Science* 294, 2529-2532.
- KUNIHOLM PI, KROMER B, MANNING SW, NEWTON MW, LATINI CE & BRUCE MJ (1996) Anatolian tree rings and the absolute Chronology of the eastern Mediterranean, 2220-718 v.Chr. *Nature* 381, 780-783.
- KUNIHOLM PI & STRIKER CL (1983) Dendrochronological investigations in the Aegean and neighbouring regions, 1977-1982. *Journal of Field Archaeology* 10, 411-420.
- LANGE M (1998) Wadi Shaw 82/52: ^{14}C dates from a predynastic site in northwest Sudan, supporting the Egyptian historical chronology. *Radiocarbon* 40, 687.
- MANNING SW, KROMER B, KUNIHOLM PI und NEWTON MW (2001a) Anatolian tree rings and a new chronology for the east Mediterranean Bronze Ages. *Science* 294, 2532-2535.
- MANNING SW, WENIGER B, SOUTH AK, KLING B, KUNIHOLM PI, MUHLY JM, HADJISAVVAS A, SEWELL DA & CADOGAN G (2001b) Absolute Age Range of the Late Cypriot IIC Period on Cyprus. *Antiquity* 75, 328-340.
- MANNING SW, RAMSEY CB, DOUMAS C, MARKETOU T, CADOGAN G & PEARSON CL (2002) New evidence for an early date for the Aegean Late Bronze Age and Thera eruption. *Antiquity* 76, 733-744.
- MANNING SW, KROMER B, KUNIHOLM PI & NEWTON MW (2003) Confirmation of near-absolute dating of east Mediterranean Bronze-Iron dendrochronology. *Antiquity* 77, Project Gallery (<http://antiquity.ac.uk/ProjGall/Manning/manning.html>)
- MAZAR A & CARMİ I (2001) Radiocarbon dates from Iron Age strata at Tel Beth Shean and Tel Rehov. *Radiocarbon* 43, 1333-1342.
- SAVAGE SH (2001) Towards an AMS Radiocarbon chronology of predynastic Egyptian ceramics. *Radiocarbon* 43, 1255-1277.
- SCIEM 2000 (2000) www.nhm-wien.ac.at/ciem 2000. Der u.a. von der Universität Wien initiierte SFB „Synchronisation of the Civilisations in the Eastern Mediterranean in the Second Millennium BCE“ schließt in umfassender Weise archäologische und naturwissenschaftliche Datierungsverfahren ein. Neben einer Auflistung der zahlreichen internationalen Partner des Projekts werden unter derselben Adresse Angaben zu parallelen Vorhaben gemacht, die vergleichbare Zielstellungen verfolgen.
- VAN DER PLICHT J & BRUINS HJ (2001) Radiocarbon dating in Near-Eastern contexts: Confusion and quality control. *Radiocarbon* 43, 1155-1166.
- VAN DER VEEN P & ZERBST U (2002) Biblische Archäologie am Scheideweg? Für und Wider einer Neudatierung archäologischer Epochen im alttestamentliche Palästina. Holzgerlingen, Edition Pascal.
- ZERBST U (1998a) Die Datierung archäologischer Proben mittels Radiokarbon. Teil I. Grundlagen. *Stud. Int. J.* 5, 17-28.
- ZERBST U (1998b) Die Datierung archäologischer Proben mittels Radiokarbon. Teil IIa. Die Kalibrierung von ^{14}C -Altern. Grundlagen. Die Nordamerikanischen Borkenkieferradiocarbonchronologien. *Stud. Int. J.* 5, 57-69.
- ZERBST U (1999a) Die Datierung archäologischer Proben mittels Radiokarbon. Teil IIb: Die Kalibrierung von ^{14}C -Altern. Die europäischen Eichenchronologien und weitere Langzeitchronologien. *Stud. Int. J.* 6, 19-31.
- ZERBST U (1999b) Die Datierung archäologischer Proben mittels Radiokarbon. Teil III: Probleme bei der ^{14}C -Datierung für den Alten Orient. *Stud. Int. J.* 6, 51-68.