

Klimaindikatoren für das Holozän und ihre Anwendung auf das Schweizer Seeuferneolithikum

Frank Siegmund

Zusammenfassung – Mit Blick auf das Schweizer Seeuferneolithikum werden die in der Archäologie gebräuchlichen Klimaschätzer für das Holozän näher beleuchtet: $\Delta^{14}\text{C}$ - und $\Delta^{18}\text{O}$ -Werte, Homogenitätskurve (HG) sowie Seespiegel-Episoden. Ihr Zusammenhang erweist sich teils als schwach ($\Delta^{14}\text{C}$ -, HG- und $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert), teils als unsystematisch (Seespiegel-Episoden zu $\Delta^{14}\text{C}$ -, HG- und $\Delta^{18}\text{O}$ -Werten), teils als gegenläufig zu den gängigen Deutungsmustern ($\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Wert). Am ehesten eignet sich eine Kombination von $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Wert, um klimatisch extreme Jahre und Zeitabschnitte zu identifizieren. Im Vergleich mit den Klimadaten zeigt sich, dass die Schweizer Seeufersiedlungen keinesfalls vorwiegend aus den klimatisch günstigen Jahren stammen. Die verbreitete These, ein erhöhter Jagdtieranteil sei eine Reaktion auf kurzfristige Klimakrisen, ist nicht haltbar. Ersetzt man die übliche, jedoch ungeeignete Betrachtung dieser Frage anhand von Prozentwerten am gesamten Tierspektrum durch einen geeigneten Mengenschätzer, erweist sich vielmehr die Haustiermenge als schwach korrelierend mit Jahren günstigen Klimas, während die Wildtiermenge keinen Klimabezug hat. Der Zusammenhang der Unterschiede in den Haustiermengen (und -spektren) mit den verschiedenen Kulturen ist weitaus stärker als jener mit dem Klima.

Schlüsselwörter – $\Delta^{14}\text{C}$ -, $\Delta^{18}\text{O}$, Baumringwachstum, Seespiegelschwankungen, Klimawandel im Holozän, Schweizer Seeuferneolithikum, Klima- und Wirtschaftsgeschichte, Klima und neolithische Kulturen

Abstract – The present paper considers four commonly used proxies for past climatic conditions, which are available for the whole Holocene: $\delta^{14}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, homogeneity of tree ring growth (HG) and lake level fluctuations, with the aim to evaluate the possible interrelations between human activities and climatic variability. Their correlation with each other is weaker than expected ($\delta^{14}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, HG) and seems to be unsystematic to lake level fluctuations. Significant correlations are opposed to the usual scheme of interpretation ($\delta^{14}\text{C}$, HG). While long term climatic change is mirrored at best by $\delta^{18}\text{O}$, a combination of $\delta^{14}\text{C}$ and HG gives a good indicator of short term extremities. The common thesis, that Swiss neolithic lake dwellings are closely related to phases of warm and dry climatic conditions and to low lake levels is set to serious doubts. Higher amount of game is usually taken as economic reaction of lake dwellers to short term climatic crises and their negative impact on agriculture. Based on a systematic collection of archaeo-zoological data for the neolithic settlements (ca. 4300 - 2500 BC) at the lake of Zurich (n=36) and at the lake of Biel-Bienne (n=16) a serious quantification of the amount of game and domestic animals is developed. While the amount of game shows no relation to climate, the amount of domestic animals rises with warmer and dryer conditions. Nevertheless, the influence of different cultures is shown to be more important than the influence of varying climatic conditions.

Keywords – $\Delta^{14}\text{C}$ -, $\Delta^{18}\text{O}$, treeringrowth, lake-level fluctuations, holocene climate variability, Swiss lake dwellers, climate and economy, climate and cultures

Produzierende Wirtschaftsweise steht in einem engen Zusammenhang mit Wetter und Klima, weshalb für das Verständnis der Geschichte die Frage nach dem Klima naheliegend ist.¹ In jüngeren Publikationen zur Archäologie der Schweiz wird zunehmend häufiger der relative ^{14}C -Gehalt (genauer: $\Delta^{14}\text{C}\%$) der Atmosphäre als Schätzer für das Paläoklima herangezogen. Man kann dies exemplarisch gut beobachten an der grossen, periodenübergreifenden Synthese, der von der Archäologie Schweiz (früher: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte) herausgegebenen Reihe "Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter".² Der Zeitpunkt für das Erscheinen der $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve in der Literatur lässt sich recht gut bestimmen. Das entsprechende Kapitel im 1995 erschienenen Band zum Neolithikum (SPM II) zeigt eine solche Kurve noch nicht,³ hier basieren die Thesen wesentlich auf anderen Argumenten. Im 1998 erschienenen Band zur Bronzezeit (SPM III) taucht dann diese Art der Darstellung erstmals auf und wird vor allem

mit Seespiegelschwankungen und Besiedlungsintensitäten an Schweizer und französischen Seeufern korreliert.⁴ Die Folgebände zeigen dann ähnliche Graphiken,⁵ wobei die Lektüre der Texte deutlich macht, dass nun die weiteren, ebenfalls aufgeführten Erscheinungen zur Illustration und Validierung dienen, die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve jedoch der zentrale Punkt der Argumentation ist. In die Zeit zwischen SPM II und SPM III fallen drei Aufsätze, in denen die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve als Klimaindikator in die Schweizer archäologische Diskussion eingebracht wurde,⁶ wobei die als Aufsatz im Jahrbuch SGUF erschienene Freiburger Dissertation von Christian Maise der ausführlichste und die Grundlagen am besten erläuternde Text ist.⁷

Auch jenseits der Archäologie gibt es ein umfangreiches Schrifttum zu Fragen des Paläoklimas, wobei im zurückliegenden Jahrzehnt – verursacht durch das politisch relevante Thema "globale Erwärmung"/"Klimakatastrophe" – ein besonderer Fokus auf der detaillierteren Erforschung der letzten tausend Jahre lag.⁸ Die jüngste

Vergangenheit ist von besonderem Interesse, weil nur hier die Gelegenheit besteht, dank moderner Instrumentenmessungen und schriftlicher Aufzeichnungen die dann weiter in die Vergangenheit zurückreichenden Klimaschätzer wie Baumringbreiten, Sauerstoffisotopenverhältnisse etc. zu eichen, d.h. mit konkreten Temperaturwerten, Niederschlagsmengen u.a. zu verknüpfen.⁹ Nach einer Phase der Euphorie zeigen neuere Synthesen, dass eine zuverlässige Klimarekonstruktion für das vergangene Jahrtausend noch nicht möglich ist,¹⁰ vor allem, weil vorhandene Informationen noch besser verknüpft werden müssten und nun als wichtig erkannte Datenserien noch fehlen. Zwar gibt es keine begründeten Zweifel an einem mittelalterlichen Klimaoptimum und einer "Kleinen Eiszeit" irgendwo im 14. - 19. Jahrhundert, und es besteht ein gewisser Konsens, dass die mittlere Temperatur des 20. Jahrhunderts nahe am mittelalterlichen Klimaoptimum lag, aber die konkreten Temperaturschätzungen differieren zwischen verschiedenen Forschergruppen, Methoden und Datengrundlagen beträchtlich.¹¹

Im Vergleich der Publikationen aus unterschiedlichen Wissenschaftskulturen fällt auf, dass insbesondere die genannten Schweizerischen Publikationen vorwiegend die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve heranziehen, während mehr naturwissenschaftlich orientierte eher auf andere Parameter abheben wie etwa das Baumwachstum oder die $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve, die ja insgesamt für die moderne Gliederung des Quartärs eine entscheidende Rolle spielt. Neben den Sauerstoffisotopen sind viele andere Messwerte untersucht worden und in fruchtbarer Diskussion, so z. B. das offenbar die Sonneneinstrahlung anzeigende Isotop ^{10}Be , aber viele Datenserien stehen bislang wegen der eingangs skizzierten Fokussierung auf das letzte Jahrtausend nur für kurze Zeitabschnitte oder in noch unbefriedigender zeitlicher Auflösung zur Verfügung.¹² Im Folgenden wollen wir vier Parameter näher beleuchten, die für das ganze Holozän verfügbar sind.

Referenzzeitfenster

Um die Werte und Masszahlen vergleichen und besser einschätzen zu können, werden zur Veranschaulichung Referenzen benötigt. Dazu betrachten wir zunächst den ganzen Abschnitt des Holozäns von der Neolithisierung Mitteleuropas bis zur industriellen Revolution, vereinfachend und schematisch von -6'000 AD bis 1'845 AD. Zusätzlich tabellieren wir – wenn verfügbar – die Werte für einen vorangehenden, sicher noch recht kalten

Abschnitt im Frühholozän (ca. -9'500 bis -8'000 AD), und für das Atlantische Klimaoptimum (-6'000 bis -5'000 AD).¹³ Für die jüngere Vergangenheit scheinen sich eingeführte Begriffe zu Klimaperioden aufzulösen, je mehr und detaillierter man um das Paläoklima weiss. Hier wählen wir statt des Abschnitts 900 bis 1'300 AD – auch als mittelalterliches Wärmeoptimum (auch: MWP, *medieval warm period*) bezeichnet¹⁴ – den engeren Abschnitt 1'200 bis 1'350 AD, der als besser belegtes "spätmittelalterliches Wärmeoptimum" (auch: LMWP, *late medieval warm period*) gilt.¹⁵ Die anschliessende Kleine Eiszeit (auch: LIA, *little ice age*) wurde ursprünglich weit gefasst auf etwa 1'300 bis 1'900 AD.¹⁶ Heute wird der Begriff meist enger gefasst auf etwa 1'550 bis 1'895 AD,¹⁷ wobei die darin eingebettete Zeit zwischen 1'700 und 1'800 AD offenbar wieder relativ günstig war, während umgekehrt das "späte Maunder-Minimum" (IMM) von 1'675 bis 1'715 AD eine besonders gravierende Ungunst-Phase war.¹⁸

Relativer ^{14}C -Gehalt der Atmosphäre

Der sukzessive Zerfall des vermeintlich konstant in der Atmosphäre neu gebildeten Isotops ^{14}C wurde nach seiner Entdeckung die Grundlage der ^{14}C -Datierung. Mit der zunehmend zeitlich rückschreitenden Verfügbarkeit dendrochronologisch datierter und zugleich ^{14}C -gemessener Hölzer wurden langfristige und kurzfristige Abweichungen vom Modell einer kontinuierlichen Neubildung dieses Isotops deutlich, deren genauere Erforschung zunächst vor allem der stetigen Verbesserung der ^{14}C -Kalibration diente. Später hat man die eigentlich störenden "wiggles" als Indikator temporär veränderter Sonneneinstrahlung gesehen und einen Bezug zum Erdklima hergestellt. Verstärkte Sonnenaktivitäten gehen mit einer verminderten Produktion von ^{14}C in der Erdatmosphäre einher; in seiner Dissertation hat Christian Maise die wesentlichen Modelle und Wirkungszusammenhänge zusammenfassend dargestellt.¹⁹ Dank des Fortschritts der Dendrochronologie und bei der Kalibration von ^{14}C -Daten sind die nötigen Daten heute für die Zeit ab etwa -24'000 AD auf hohem Genauigkeitsniveau verfügbar.²⁰ Um einen zuverlässigen zeitlichen Bezug zu anderen Informationen zu gewähren, werden die ^{14}C -Daten zunächst kalibriert. Da der ^{14}C -Gehalt der Atmosphäre auch einem langfristigen Trend unterworfen ist, der in diesem Kontext nicht weiter interessiert, und der atomare Zerfallsprozess rechnerisch auszugleichen ist, müssen diese Ef-

fekte aus den Daten herausgerechnet werden, um Klimateffekte adäquat sehen zu können. In der Anfangsphase wurden dazu offenbar verschiedene Modelle verfolgt.²¹ Nun hat für diesen Zweck die hinter IntCal04 stehende Forschergruppe für das Holozän eine Verrechnung gegen einen langfristig gleitenden Mittelwert²² über 1'000 Jahre und über 2'000 Jahre bereit gestellt, womit wir über zwei aktuelle und genormte Datensätze verfügen.²³

Für die Zeit vor etwa -10'500 AD – bis dahin reichen die sicheren Baumchronologien zurück – können wir eine kontroverse Diskussion um die richtige Kalibration der ¹⁴C-Daten beobachten,²⁴ doch die Kalibration für das Holozän ist seit längerem stabil, so dass ein sicherer Bezug auf unseren Kalender gewährleistet ist. Das online verfügbare Kalibrationsprogramm des Kölner ¹⁴C-Labors CalPal enthält alle relevanten Datensätze und erlaubt einen bequemen Vergleich der Kalibrationskurven und ihrer quantitativen Grundlagen.²⁵ Daran kann man recht leicht ablesen, dass die beiden älteren Datensätze IntCal86 und IntCal93 für die Zeit zwischen Heute und -5'000 AD Beobachtungen in 20-Jahresintervallen lieferten,²⁶ während IntCal98 bereits 10-Jahresintervalle bot, d.h. eine wesentlich höhere Auflösung. Das neuere IntCal04 liegt in 5-Jahresintervallen vor und beruht auf deutlich mehr berücksichtigten Baumchronologien und vor allem bei der Berechnung der Kalibrationskurve auf wesentlich verbesserten statistischen Verfahren.²⁷ Wir leiten daraus ab, dass bei Verwendung von $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten als Klimaschätzer beachtet werden sollte, auf welchen Datensatz zurückgegriffen wird, und dass heute nur der Datensatz IntCal04 und allenfalls IntCal98 als geeignet gelten können. IntCal04 liefert von 1'845 AD (Industrielle Revolution) bis -10'550 calAD Beobachtungen im 5-Jahresabstand, dann bis -13'050 Werte in 10-Jahresabständen und davor Werte im 20-Jahresabstand. Für das Folgende haben wir den Datensatz der Residuen²⁸ aus IntCal04 verwendet, und zwar jenen, der mit einem 2'000-jährigen gleitenden Mittelwert berechnet wurde. Die Unterschiede zum 1'000-jährigen gleitenden Mittel sind für unsere Zwecke nicht gross, und so behalten wir eine nähere Vergleichbarkeit der Werte zu den in der Archäologie bereits publizierten Thesen.

An **Tab. 1** erkennen wir die charakteristischen Werte und Schwankungsbereiche. Üblicherweise werden deutlich positive $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte als Zeiten schwacher Sonnenaktivitäten gelesen und deutlich negative Werte als Zeiten erhöhter Sonnenaktivitäten.²⁹ Die Werte in **Tab. 1** verdeutlichen,

	$\Delta^{14}\text{C}$ ‰ Mittelwert \pm Std.abw.
-6'000 / 1'845 calAD	-0,391 \pm 6,7082
-9'500 / -8'000 calAD	0,222 \pm 8,7543
-6'000 / -5'000 calAD	4,884 \pm 6,6069
1'200 / 1'350 calAD	-6,007 \pm 6,6489
1'550 / 1'845 calAD	0,258 \pm 6,1432

Tab. 1 $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte im Holozän.

dass hier mehr die relativen Veränderungen zum unmittelbar Vorangehenden wesentlich sind, denn die Mittelwerte für eigentlich signifikante Zeitfenster spiegeln die gängige Deutung nur erstaunlich diffus wieder.³⁰

Jahringbreiten an Bäumen

Das sich in den Jahringbreiten niederschlagende Wachstum von Bäumen ist unter anderem vom Klima abhängig. Vor allem in ariden Gebieten oder in Grenzlagen der Gebirge lassen sich aus den Jahringbreiten direkt Einblicke in das Klimageschehen gewinnen. Über weite Teile des europäischen Kontinents hinweg ist dieser Zusammenhang jedoch weniger eng, das Baumwachstum von einem komplexeren Faktorenbündel abhängig, weshalb ein direkter Bezug von gesammelten Jahringbreiten auf das Klima schwierig ist. Ein offenbar sehr valides Modell wurde erst vor wenigen Jahren auf der Basis einer umfassenden Datensammlung auf der ganzen nördlichen Halbkugel und mit aufwendigen Berechnungen erstellt,³¹ doch in der publizierten Fassung deckt es nur die letzten 1'200 Jahre ab.

Vor wenigen Jahren haben Burghart Schmidt und Wolfgang Gruhle einen modifizierten Ansatz vorgestellt, der das ganze Holozän abdeckt und tragfähig zu sein scheint.³² Er beruht darauf, die vielen verschiedenen Regionalchronologien zu vergleichen und den Korrelationskoeffizienten zu berechnen, Schmidt nennt das Resultat eine Homogenitätskurve (HG-Kurve). Sie signalisiert Jahre oder Zeitabschnitte, in denen sich klimapragt nahezu alle Bäume gleich (homogen) verhalten, und Jahre oder Zeitabschnitte, in denen sie es weniger tun, weil für ihr Wachstum andere Faktoren als das Klima stärker bestimmend waren. Ein anschliessender Vergleich der Homogenitätskurve mit Klimadaten aus jüngerer Zeit erlaubt die These, dass in Mitteleuropa Zeiten erhöhter Baumwachstumshomogenität mit Zeiten überdurchschnittlich hoher Niederschläge

	HG-Wert Baumringe Mittelwert \pm Std.abw.
-6'000 bis 1'845 AD	0,3888 \pm 0,1749
-9'500 / -8'000 AD	(keine Daten)
-6'000 / -5'000 AD	0,2760 \pm 0,1650
1'200 / 1'350 AD	0,5323 \pm 0,0589
1'550 / 1'845 AD	0,5167 \pm 0,0724

Tab. 2 Homogenitätswerte für Baumringe im Holozän.

einhergehen (Dominanz maritimer Wetterlagen), während eine geringe Homogenität mit trockenen Jahren (Dominanz kontinentaler Wetterlagen) einhergeht. In Folgeaufsätzen haben Schmidt und Gruhle diese These für zwei Zeitfenster vertieft und mit archäologischen Beobachtungen untermauert.³³ Unlängst wurden weitere Vergleiche mit europäischen Serien und vor allem auch mit Baumringkurven aus Indien herausgearbeitet, womit aufgezeigt ist, dass die HG-Kurve wohl für weite Teile der nördlichen Hemisphäre ein mächtiges Instrument der Klimabeobachtung darstellt.³⁴

Die konkreten Daten der HG-Kurve sind in der aktuellen Fassung des Kölner Kalibrationsprogramms CalPal enthalten und können dort ausgelesen werden; ab dem Jahr -6'017 AD bis heute liegt für jedes Kalenderjahr ein Wert vor (Tab. 2). Der Mittelwert aller Daten liegt bei 0,39 mit einer Standardabweichung von 0,17; höhere Werte stehen für ein über Mitteleuropa hinweg gleichartigeres Wachstum der Bäume, verursacht durch ein nasses, maritim – atlantisches Klima, während niedrigere Werte ein mehr individuelles, standortgeprägtes Wachstumsverhalten der Bäume anzeigen, was von einem mehr trockenen, kontinentalen Klima verursacht wird.

$\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Sauerstoffisotopenkurve

Das Verhältnis des stabilen Sauerstoffisotops ^{18}O zum normalen Sauerstoff ^{16}O gilt als guter Anzeiger für die Lufttemperatur. Bei höheren Temperaturen verdunstet mit dem Wasser resp. dem Eis relativ mehr des normalen, im Atomgewicht etwas leichteren ^{16}O , so dass bei einer nachfolgenden Sedimentation etwa als Schnee und Eis anteilig weniger ^{18}O eingebettet wird.³⁵ In den Eisbohrkernen sind diese Verhältnisse in Luftbläschen archiviert und können für eine Geschichte der Lufttemperatur ausgewertet werden.

Das Inlandeis der Polarregionen wächst – ähnlich wie Jahresringe an Bäumen oder Warven – in jährlich sich ablagernden Schichten, die wiedererkannt und abgezählt werden können. Daher ist die an den Eisbohrkernen gewonnene Kurve der Paläotemperaturen zunächst einmal unabhängig von anderen Datierungsmethoden und gut auf unseren Kalender bezogen. Datierungsprobleme bestehen natürlich auch hier und bestimmen derzeit die Diskussion für Zeiten ab etwa -20'000/40'000 AD, doch sie betreffen das Holozän kaum. Das $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnis spielt heute in der Erforschung des Quartärs eine grosse Rolle, seit einigen Jahren gelten die Sauerstoffisotopenstadien (OIS) als Grundlage der inneren Gliederung des Eiszeitalters.³⁶

Beim Versuch, die Kalender der verschiedenen Eisbohrkerne zu verknüpfen, haben sich allerlei Probleme ergeben, die u. a. anzeigen, dass in den einzelnen Bohrungen wohl auch Diskordanzen bestehen.³⁷ Zudem gilt die enge Beziehung zwischen dem Alter des Eises und den Luftbläschen als nicht gesichert, innerhalb gewisser Grenzen scheinen die Luftbläschen im Eis "wandern" zu können. Daher spielen zusätzliche Verknüpfungsmöglichkeiten über andere Informationen, die Synchronlagen ergeben, eine wichtige Rolle, etwa über sicher identifizierbare Ablagerungen von grossen Ereignissen wie Vulkanausbrüchen, oder von den Luftblasen unabhängige Einbettungen wie etwa Staubpartikel. An ihnen kann z. B. auch der Gehalt an ^{10}Be gemessen werden, das als Indikator der direkten Sonneneinstrahlung gilt, und damit methodisch unabhängig vom Sauerstoffisotopenbild ebenfalls Klimahinweise gibt.³⁸ Die isolierte Betrachtung der einzelnen Bohrkerne und ältere Modelle ihrer Verknüpfung wurden unlängst abgelöst durch die "Greenland icecore chronology 2005" (GICC05), die die auf Grönland erbohrten Kerne GRIP, NorthGRIP (oder NGRIP, genauer NGRIP1 und NGRIP2), GISP2 und Dye-E3 verband,³⁹ und nun früher erbohrte Kerne und weitere Beobachtungen anknüpft.⁴⁰ Die offene Diskussion zwischen den Vertretern des Modells GICC05 und konkurrierenden Vorschlägen ist für die Quartärforschung bedeutend,⁴¹ beträgt die Divergenz doch für weiter zurückliegende Abschnitte derzeit ca. 1'200 Jahre.⁴² Die Zeit um -22'000/24'000 AD gilt als eine erste wichtige Problemzone. Für unsere Belange ist jedoch festzuhalten, dass es bis etwa -12'000 AD keine grossen Probleme mit den Synchronisierungen zu geben scheint, weshalb die Sauerstoffisotopenkurve für das Holozän als gesichert gelten kann.⁴³

Die Daten aus den grönländischen Eiskernen

	$\Delta^{18}\text{O}$ ‰ Mittelwert \pm Std.abw.		
	GRIP	NGRIP	GISP2
-6'000 / 1'845 AD	-34,919 $\pm 0,3602$	-34,938 $\pm 0,4413$	-34,772 $\pm 0,3649$
-9'500 / -8'000 AD	-36,518 $\pm 0,6925$	-36,753 $\pm 0,7561$	-36,396 $\pm 0,6709$
-6'000 / -5'000 AD	-34,640 $\pm 0,2994$	-34,542 $\pm 0,3679$	-34,628 $\pm 0,3574$
1'200 / 1'350 AD	-35,359 $\pm 0,2915$	-35,458 $\pm 0,4391$	-34,988 $\pm 0,2684$
1'560 / 1'845 AD	-35,201 $\pm 0,2479$	-35,511 $\pm 0,3615$	-35,137 $\pm 0,2687$

Tab. 3 $\Delta^{18}\text{O}$ -Werte für das Holozän von den drei Eiskernen im Zentrum Grönlands.

stehen in Intervallen von 20 Jahren und 50 Jahren zur Verfügung, sie sind *online* leicht auf mehreren Archiven erreichbar.⁴⁴ Für das offenbar besonders interessierende Frühholozän (ca. -9'500 bis -6'000 AD) sind $\Delta^{18}\text{O}$ -Daten sogar mit einer zeitlichen Auflösung von 5 und 10 Jahren verfügbar. Auch für das unmittelbar zurückliegende Jahrtausend liegen dichtere Beobachtungen vor, da diese Zeit für die Verknüpfung und Eichung der Beobachtungen mit modernen Klimaaufzeichnungen von besonderem Interesse ist.⁴⁵ Für das Holozän liefern die auf Grönland im Zentrum der Insel nahe benachbarten Kerne GRIP, NGRIP und GISP2 gut vergleichbare, recht ähnliche Werte. Dagegen weicht die Entwicklung der Paläotemperaturen an andernorts gelegenen Kernen, insbes. Dye-E3 und Renland am Rande des grönländischen Inlandeises und Agassiz in Kanada unmittelbar westlich von Nordgrönland, deutlicher ab; hier sind vermutlich auch lokale Faktoren wirksam, die für das Verständnis der Klima- und Wetterentwicklung von grossem Interesse, hier aber schlecht vergleichbar sind und eher verwirren. Da das Zusammenspiel von nördlicher und südlicher Hemisphäre noch in Diskussion ist, werden hier die beiden ähnlichen Projekte auf der Antarktis, VOSTOK und EPICA, nicht weiter beleuchtet.

Tabelle 3 zeigt die Werte für die drei Kerne zu den ausgewählten Zeitfenstern. Im Gegensatz zu den $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten, denen der Abgleich gegen ein langjährig gleitendes Mittel zu Grunde liegt, werden die ^{18}O -Messungen gegen einen vereinbarten Standard absolut geeicht und sind diachron vergleichbar. Wir erkennen, dass im Atlantikum höhere Konzentrationen bestimmt wurden und die Werte für das Frühholozän deutlich tiefer liegen.

Erheblich klarer als bei der $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten zeichnet sich hier auch die "Kleine Eiszeit" ab.

Um zu einer vereinfachten Darstellung zu kommen, werden für das Folgende die Messwerte der drei (bzw. vier) nahe beieinander liegenden und gut synchronisierten Kerne GRIP, NGRIP (NGRIP1 u. NGRIP2) und GISP2 im Zentrum Grönlands zusammengefasst zu ihrem arithmetischen Mittelwert, wodurch zugleich eventuelle Ausreisser in einzelnen Messungen etwas geglättet werden (**Tab. 4**).

Weitere Isotopen, die man mit dem Klima verbinden kann, z.B. das schon erwähnte, Sonneneinstrahlung anzeigende ^{10}Be , liegen bislang leider nicht in vergleichbarer Qualität über die ganze hier betrachtete Zeit hin vor.⁴⁶ Doch dessen Schwankungen laufen denen der $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve weitgehend parallel,⁴⁷ so dass das ursächlich dahinter stehende Phänomen bereits weitgehend über die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve erfasst ist. Die immer wieder angeführten Beobachtungen zu Vulkanaktivitäten können hier ebenfalls ausser Betracht bleiben,⁴⁸ da wir das Klima nur beobachten, nicht verstehen wollen. Die gerade im Kern GISP2 in hoher Auflösung in 2-Jahresintervallen gemessenen Sulfatkonzentrationen

GRIP / NGRIP / GISP2	$\Delta^{18}\text{O}$ ‰ Mittelwert \pm Std.abw.
-6'000 / 1'845 AD	-34,877 $\pm 0,2935$
-9'500 / -8'000 AD	-36,190 $\pm 0,7654$
-6'000 / -5'000 AD	-34,603 $\pm 0,2390$
1'200 / 1'350 AD	-35,268 $\pm 0,2575$
1'560 / 1'845 AD	-35,283 $\pm 0,1936$

Tab. 4 Gemittelte $\Delta^{18}\text{O}$ -Werte für das Holozän der drei Eiskerne GRIP, NGRIP und GISP2 im Zentrum Grönlands.

	Tendenz kalt, nass	Mittelwert	Tendenz warm, trocken
$\Delta^{14}\text{C}$	+6,32	-0,39	-7,10
HG-Wert	+0,56	+0,39	+0,22
$\Delta^{18}\text{O}$	-35,17	-34,88	-34,59

Tab. 5 Übersicht über die drei Klima-Indikatoren mit ihrem Mittelwert für das Holozän (mittlere Spalte) und die Deutung der Unter- oder Überschreitung um eine Standardabweichung (linke und rechte Spalte).

nen lassen starke vulkanische Ereignisse identifizieren;⁴⁹ während sie – erwartungsgemäss – mit den $\Delta^{14}\text{C}$ - und den HG-Werten kaum in einem Zusammenhang stehen, schlagen sich viele dieser Ereignisse als kräftige Temperaturstürze vor allem in der $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve nieder, so z. B. um -4'035, -3'900, -3'540/-3'517, -3'200 und -2'957/-2'955 AD, sind also dort bereits enthalten.⁵⁰

Für die Zukunft vielversprechend sind Isotopenuntersuchungen an Baumjährringen, doch zeitlich dichte und lange Messreihen liegen noch nicht vor. Mit Hilfe von Messungen des $\Delta^{13}\text{C}$ - und des ΔD -Gehaltes charakterisieren Mayr u.a. 2003 den Abschnitt -4'500 bis -2'000 AD als generell trocken, den folgenden Abschnitt -2'000 bis 905 AD als generell nass und kalt.⁵¹ Anhand besonders starker Amplituden und Korrelation der beiden Isotopen stellen sie die Jahre um -5'270, um -2'990 und um -2'180 AD als extrem warm-trockene Ereignisse heraus, und die Jahre um -6'230, um -5'600 und um 390 AD als besonders nass-kalte Ereignisse.⁵² Trotz ihrer Punktualität können solche Beobachtungen schon jetzt dazu dienen, das Verständnis der hier eingehender geschilderten, dicht diachron verfügbaren Messreihen zu vertiefen.

Seespiegelschwankungen

Als weiterer häufig verwendeter Indikator können Seespiegelschwankungen herangezogen werden. Hier hat unlängst in einer bemerkenswert umfassenden Studie Michel Magny viele ältere eigene, lokale Beobachtungen und Daten Dritter

	$\Delta^{14}\text{C}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O}$
$\Delta^{14}\text{C}$	-	-0,272**	0,185**
HG-Wert	-0,272**	-	-0,413**
$\Delta^{18}\text{O}$	0,185**	-0,413**	-

Tab. 6 Korrelation (Korr.-koeff. n. Pearson) der drei Kenngrössen im Zeitfenster -6'000 AD bis 1'845 AD (1 Beobachtungen alle 20 Jahre = 393 Beobachtungen). Zweiseitig signifikante Korrelationen auf dem Niveau 0,01 sind mit einem ** markiert.

aus Mitteleuropa zusammengetragen und in einer überregionalen Synthese zusammengefügt.⁵³ Er definiert 15 Episoden, in denen die mitteleuropäischen Seespiegel markante Hochstände hatten.⁵⁴ Seine Zusammenschau zeigt, dass hohe Seespiegelstände tendenziell mit Zeiten erhöhten ^{14}C -Gehaltes in der Atmosphäre einhergehen, also in die Zeiten verminderter Sonnenaktivitäten fallen.⁵⁵ Seines Erachtens stammt die Mehrheit der westfranzösischen und schweizerischen Seeufer-siedlungen aus den Zeiträumen der tiefen Seespiegelstände zwischen diesen Episoden;⁵⁶ diese Abschnitte niedriger Seespiegelstände gehen einher mit Gletscherrückgängen in den Alpen, und die diesen niedrigen Pegelständen zuweisbaren Sedimente und Pollen weisen auf Sommer mit längeren Wachstumsphasen hin.⁵⁷

Vergleich der vier Indikatoren

Insgesamt stehen vier unterschiedliche und bewährte Indikatoren zur Verfügung, für die über das ganze Holozän Daten vorliegen. Um einen vereinfachenden Überblick zu geben, stellen wir in Tab. 5 aufgrund der oben tabellierten Mittelwerte und der Standardabweichung für den Zeitraum -6'000 bis 1'845 AD eine Übersicht zusammen über typische Werte und die Deutung ihrer Unter- bzw. Überschreitung um jeweils eine Standardabweichung. In diesen Parametern stellt sich die vieldiskutierte Klimakrise der älteren Eisenzeit wie folgt dar:⁵⁸ als starker Ausschlag im $\Delta^{14}\text{C}$ um +15‰ zwischen -800 und -640 AD, als nasse, atlantische Phase mit +0,6 HG im Baumwachstum zwischen -850 bis -650 AD, als kalte Phase nach $\Delta^{18}\text{O}$ auf -35,0‰ zwischen -840 bis -600 AD und als Seespiegelhochstand Magny Episode 5 zwischen -750 bis -350 AD.

Als einfaches Instrument für die Verdeutlichung der Zusammenhänge können wir die Korrelation der drei Messwerte heranziehen (Tab. 6). Die Korrelationskoeffizienten fallen angesichts der Erwartungen überraschend niedrig, wenn auch signifikant aus.⁵⁹ Ebenso überraschend ist der etwas stärkere Zusammenhang zwischen dem HG-Wert und dem $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert, beider Ver-

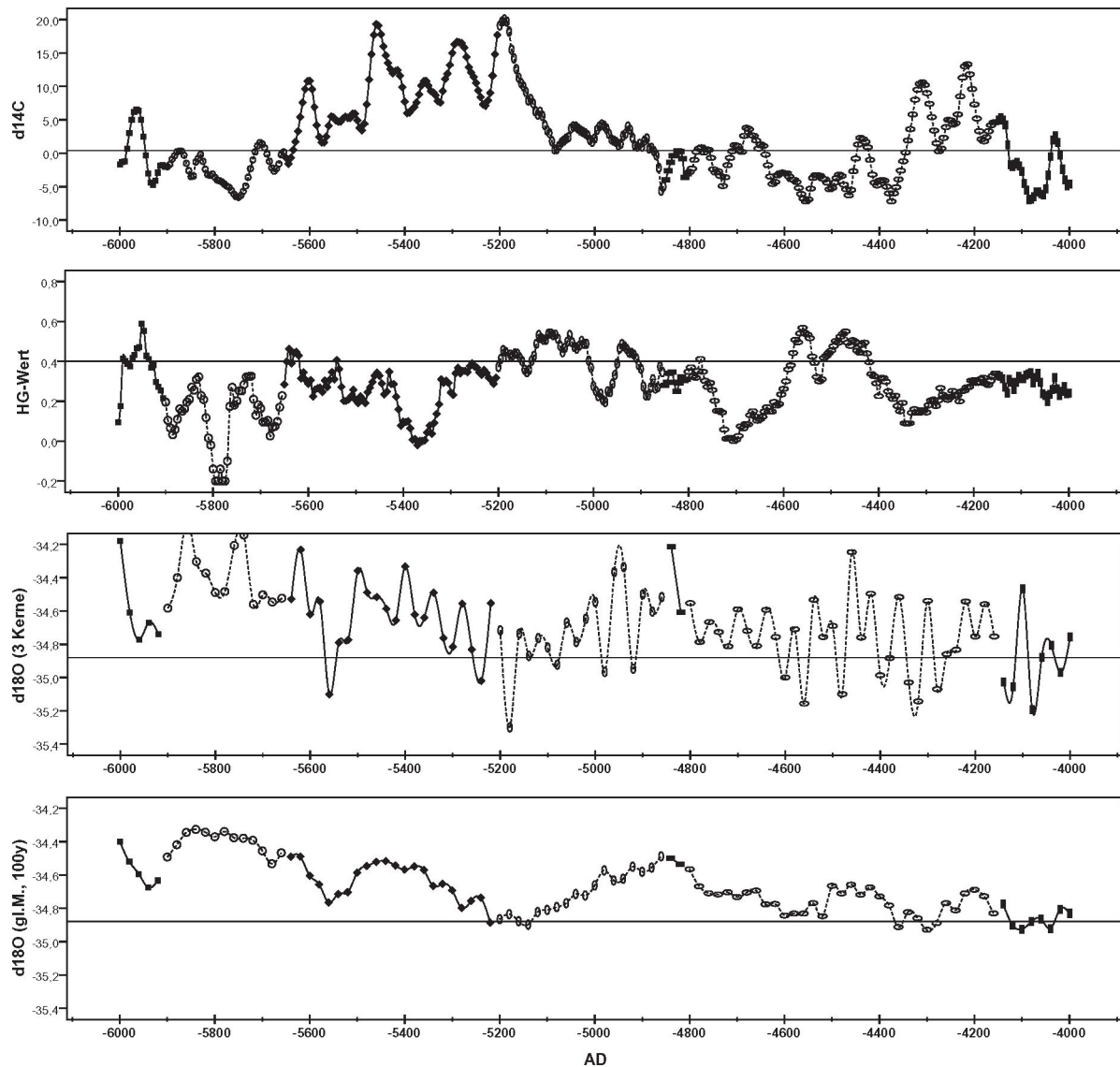


Abb. 1a-d Verlauf der vier Klima-Indikatoren im Zeitfenster zwischen -6'000 und -4'000 AD. Die Mittellinie zeigt jeweils den Mittelwert im Zeitfenster -6'000 bis 2'000 AD an. Die Symbole signalisieren Seespiegel-Episoden nach MAGNY 2004, gefüllte eckige Symbole stehen für die Zeiten hoher Seespiegel, offene rundliche Symbole für Tiefstände. (a) $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve nach IntCal04. (b) HG-Kurve nach SCHMIDT/GRUHLE 2003a, Werte auf 5-Jahresintervalle gemittelt. (c) $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve nach dem Mittelwert der Eisbohrkerne GRIP, NGRIP und GISP2 im Zentrum Grönlands, 20-Jahres-Intervalle. (d) $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve wie (c), jedoch berechnet als 100-jähriges gleitendes Mittel.

bindung mit dem gerne herangezogenen Parameter $\Delta^{14}\text{C}$ ist eher schwach. Irritierend ist zudem die Richtung des Zusammenhangs zwischen HG- und $\Delta^{14}\text{C}$ -Wert, denn an Stelle eines positiven Zusammenhangs, den die gängigen Deutungsmuster erwarten lassen, erkennen wir eine schwach negative Korrelation. Ein näheres Bild der Zusammenhänge vermitteln die **Abbildungen 1 - 4**, in denen in jeweils 2'000-jährigen Abschnitten die drei Parameter gegen die Zeitachse aufgetragen.⁶⁰ Die $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve (**Abb. 1c - 4c**), für die Werte ja nur in 20-Jahresintervallen vorliegen, wirkt im Vergleich zu den $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Kurven beson-

ders unruhig, so dass man angesichts starker Schwankungen "den Wald vor lauter Bäumen" kaum mehr sieht. Daher haben wir hier eine weitere Darstellung hinzugefügt (**Abb. 1d - 4d**), bei der die Werte mit einem 100-jährigen gleitenden Mittel verrechnet wurden.⁶¹ Andererseits zeigt z. B. ein Vergleich mit den Jahren stärkerer Vulkanaktivitäten, dass die kurzen Ausschläge der $\Delta^{18}\text{O}$ -Kurve nicht ohne tatsächlichen Hintergrund sind, weshalb die Darstellung der unveränderten Werte (**Abb. 1c - 4c**) beibehalten wurde. Die Symbole in den Kurven signalisieren die Seespiegelschwankungen gemäss den von Magny (2004)

Seespiegel-Episode	$\Delta^{14}\text{C}$	HG-Wert		$\Delta^{18}\text{O}$		AD
1/0	+2,14 \pm 6,03	0,540 \pm 0,073	a	-35,256 \pm 0,180	-	1400/1845
1	-5,38	0,431	k	-35,077	+	um 1394
2/1	-7,46 \pm 4,30	0,453 \pm 0,027	k	-35,327 \pm 0,071	-	1350/1380
2	-3,09 \pm6,51	0,558 \pm 0,057	a	-35,315 \pm 0,259	-	1250/1350
3/2	-10,32 \pm 3,66	0,544 \pm 0,111		-35,173 \pm 0,257	+	900/1250
3	-6,12 \pm3,90	0,544 \pm 0,097	a	-35,237 \pm 0,177	-	700/900
4/3	-7,58 \pm 3,33	0,475 \pm 0,097	k	-35,109 \pm 0,229	+	300/700
4	-4,49 \pm 2,48	0,567 \pm 0,072	k	-35,197 \pm 0,182	-	200/300
5/4	-2,41 \pm 3,98	0,649 \pm 0,101	a	-34,946 \pm 0,239	-	-350/200
5	+1,41 \pm8,06	0,472 \pm 0,115	k	-34,929 \pm 0,204	-	-750/-350
6/5	-1,72 \pm 3,84	0,553 \pm 0,114	a	-34,900 \pm 0,200	-	-1100/-750
6	+1,18 \pm2,79	0,314 \pm 0,112	a	-34,839 \pm 0,240	+	-1500/-1100
7/6	-4,36 \pm 2,23	0,310 \pm 0,100	a	-34,844 \pm 0,209	-	-1950/-1500
7	-4,70 \pm 2,71	0,234 \pm 0,071	k	-34,807 \pm 0,125	+	-2150/-1950
8/7	-1,60 \pm 3,08	0,310 \pm 0,063	k	-34,877 \pm 0,206	+	-2800/-2150
8	+10,60 \pm5,33	0,345 \pm 0,063	k	-34,928 \pm 0,138	-	-2850/-2800
9/8	-2,75 \pm 3,93	0,391 \pm 0,108	a	-34,718 \pm 0,207	+	-3200/-2850
9	+8,75 \pm6,36	0,206 \pm 0,141	k	-34,778 \pm 0,258	+	-3650/-3200
10/9	+0,19 \pm 3,02	0,410 \pm 0,113	a	-34,795 \pm 0,210	-	-3900/-3650
10	+2,95 \pm5,54	0,262 \pm 0,062	k	-34,776 \pm 0,253	-	-4350/-3900
11/10	+1,14 \pm 5,64	0,344 \pm 0,136	a	-34,722 \pm 0,228	-	-5250/-4350
11	+10,01 \pm4,34	0,226 \pm 0,115	k	-34,646 \pm 0,193	-	-5550/-5250
12/11	-0,44 \pm 3,88	0,219 \pm 0,166		-34,458 \pm 0,196		-6000/-5550

Tab. 7 Vergleich der Seespiegel-Episoden (hohe Seespiegel; grauer Hintergrund) und ihrer Zwischenzeiten (tiefe Seespiegel; weisser Hintergrund) nach MAGNY 2004 mit den drei übrigen Parametern. Tabelliert sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung. Symbolik: $\Delta^{14}\text{C}$ fett: höher als vorher; kursiv: niedriger als vorher. / HG-Wert "a": HG-Wert höher als vorher (atlantisch, nass); "k": HG-Wert niedriger als vorher (kontinental, trocken). / $\Delta^{18}\text{O}$: "-": tiefer als vorher; "+": höher als vorher.

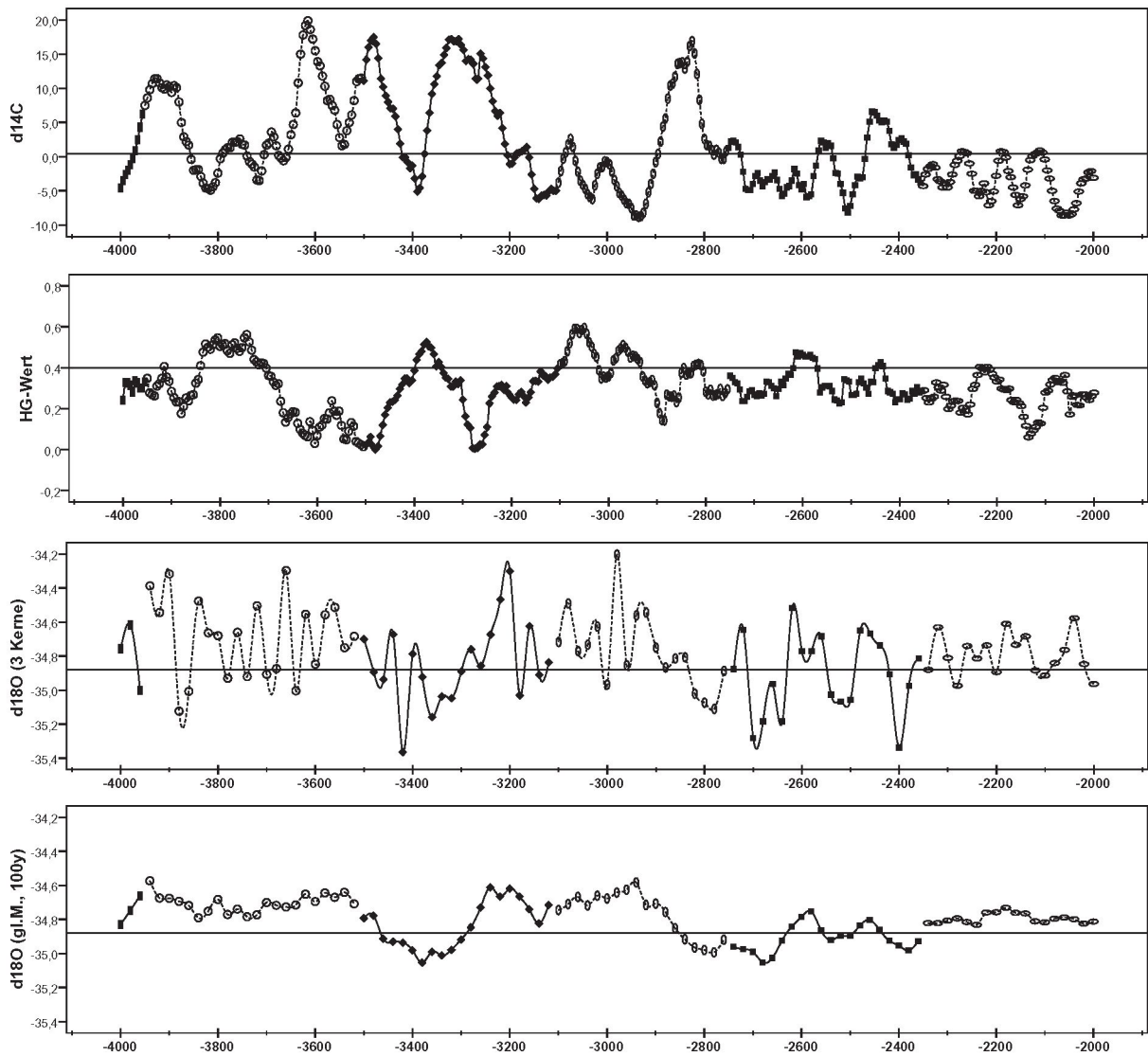


Abb. 2a-d Verlauf der vier Klima-Indikatoren im Zeitfenster zwischen -4'000 und -2'000 AD. Wie Abb. 1.

definierten Episoden; gefüllte eckige Symbole stehen für die Zeiten hoher Seespiegel, offene runde Symbole für Tiefstände.

Die Graphiken lassen unmittelbar erkennen, wie komplex die Zusammenhänge sind. Als Beispiel herausgegriffen sei der Abschnitt etwa -3'650 bis -3'200 AD, der als Episode 9 für eine Ungunstphase steht, was auch die hohen $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte anzeigen; die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve signalisiert innerhalb dieses Abschnitts eine kurze Gunstphase um -3'400 AD. Ganz gegenläufig signalisiert das Baumwachstum in dieser Episode ein eher trockenes, kontinentales Klima, wobei um -3'400 AD offenbar eine kurze, stärker nass-atlantische Phase eingeschoben ist. Die Temperaturen auf Grönland waren während der Episode 9 nicht niedriger, sondern vielmehr leicht höher als vorher und

nachher; um -3'400 AD zeichnet sich auch hier ein kurzes Ereignis mit einem Kältemaximum ab.⁶²

Tabelle 7 versucht mit einer anderen Darstellungsweise die Komplexität der Zusammenhänge zu fassen; als Ausgangspunkt dienen die Seespiegel-Episoden nach Magny, dazu tabellieren wir die jeweiligen Mittelwerte der drei Parameter und signalisieren die Veränderung gegenüber dem vorangehenden Zeitabschnitt. Für die Epoche des Neolithikums bis zur frühen Eisenzeit zeichnet sich ab, dass tendenziell die Zeitabschnitte der hohen Seespiegelstände mit erhöhten $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten einhergehen und geringeren (!) HG-Werten, also als Perioden gelesen werden könnten mit verminderter Sonneneinstrahlung und mehr trocken-kontinentalem Klima. Zwei Seespiegel-Episoden weichen davon jedoch ab.

ARBOGAST ET AL. 2006 Abb. 5	Episode MAGNY 2004	Zeit	$\Delta^{14}\text{C}$ ‰	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O}$ ‰
13		-2'600/-2'500	-2,73 ±3,48	0,340 ±0,086	-34,896 ±0,173
12	(8)	-2'850/-2'600	+1,14 ±6,51	0,326 ±0,064	-34,962 ±0,228
11		-2'900/-2'850	+6,67 ±5,04	0,226 ±0,058	-34,810 ±0,058
10		-3'240/-2'900	-2,44 ±4,20	0,390 ±0,103	-34,665 ±0,225
9	9	-3'390/-3'240	+11,27 ±6,54	0,282 ±0,179	-34,953 ±0,135
8	9	-3'470/-3'390	+3,81 ±4,84	0,281 ±0,094	-34,940 ±0,302
7	9	-3'520/-3'470	+13,53 ±3,05	0,029 ±0,028	-34,759 ±0,117
6	9	-3'600/-3'520	+7,59 ±4,36	0,133 ±0,054	-34,667 ±0,158
5	9	-3'700/-3'600	+7,25 ±7,68	0,182 ±0,108	-34,727 ±0,294
4		-3'900/-3'700	+0,66 ±4,22	0,417 ±0,120	-34,728 ±0,259
3	10	-4'000/-3'900	+5,02 ±5,77	0,316 ±0,044	-34,661 ±0,232
2	10	-4'150/-4'000	-2,22 ±3,70	0,286 ±0,041	-34,914 ±0,233
1	10	-4'300/-4'150	+5,47 ±3,51	0,256 ±0,054	-34,739 ±0,186

Tab. 8 Ungunstphasen (grau hinterlegt) und Gunstphasen (hell) im Schweizer Seeuferneolithikum nach ARBOGAST ET AL. 2006 im Vergleich mit Mittelwert und Standardabweichung der ausgewählten Klimaparameter.

Episode 7 weist zwar einen passenden HG-Wert auf, die $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte nehmen jedoch gegenüber der vorangehenden Gunstphase deutlich ab; dies deutet eine relative Erwärmung an, die sich nun auch im $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert wiederfindet. Zumindest als Frage darf die Hypothese formuliert werden, ob die Seespiegelhochstände der Episode 7 statt auf eine Klimaverschlechterung nicht eher auf eine Erwärmung samt deutlich verstärktem Schmelzen der Alpengletscher zurückgehen. In Episode 6 fügt sich der $\Delta^{14}\text{C}$ -Wert wieder in das übliche Muster, doch der HG-Wert der Bäume zeigt kaum eine Veränderung gegenüber der vorangehenden Gunstphase an, sondern signalisiert zusammen mit dem $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert kontinental-trocken-warme Bedingungen, was wiederum eine Arbeitshypothese ähnlich zu Episode 7 nahe legt.

Ab Episode 4, d.h. etwa ab der Zeitenwende, ist das "neolithisch-bronzezeitliche" Beziehungsmuster von Seespiegelschwankungen, $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Werten weitgehend aufgelöst. Der Verlauf der Kurven entlang der Zeitachse (Abb. 4) lässt jedoch in der Tendenz weiterhin Zusammenhänge zwischen den anderen Parametern erkennen. Kurze Abschnitte relativ tiefer HG-Werte (z.B. um 420 AD, 760 AD, 1100-1120 AD, 1600-1620 AD) fallen nun zusammen mit geringen $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten, zeigen also eine gegenüber dem älteren Zeitabschnitt umgekehrte Systematik.

Zwischenbilanz

Ein einfacher Klimaschätzer zeichnet sich nicht ab, die verschiedenen Indikatoren spielen in komplexer Weise zusammen. Die einfache These, dass die Abschnitte deutlich erhöhter $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte für Ungunstphasen stehen, erweist sich als problematische Vereinfachung, wenn man sie mit anderen Parametern und deren Deutung in Einklang zu bringen versucht. Für den Zeitabschnitt Neolithikum bis ältere Eisenzeit sind die Seespiegel-Episoden nach Magny ein nützlicher Vorschlag, doch nicht alle dieser Episoden stehen für gleichartige Klimavorkommnisse.

Fallstudie Schweizer Seeuferneolithikum

Um den aktuellen Kenntnisstand an einem engeren Zeitfenster näher beleuchten und exemplarisch auch mit archäologischen Tatsachen vergleichen zu können, fokussieren wir im Folgenden auf das Schweizer Seeuferneolithikum, d.h. die Zeit -4'300 bis -2'500 AD. Hier hat in einer neueren Publikation eine Arbeitsgruppe um Rose-Marie Arbogast die Perioden der Seespiegelstände nach Magny (2004) aufgegriffen, aber in sich stärker gegliedert, wobei diese Binnengliederung wohl mit dem Blick auf die $\Delta^{14}\text{C}$ -Kurve vorge-

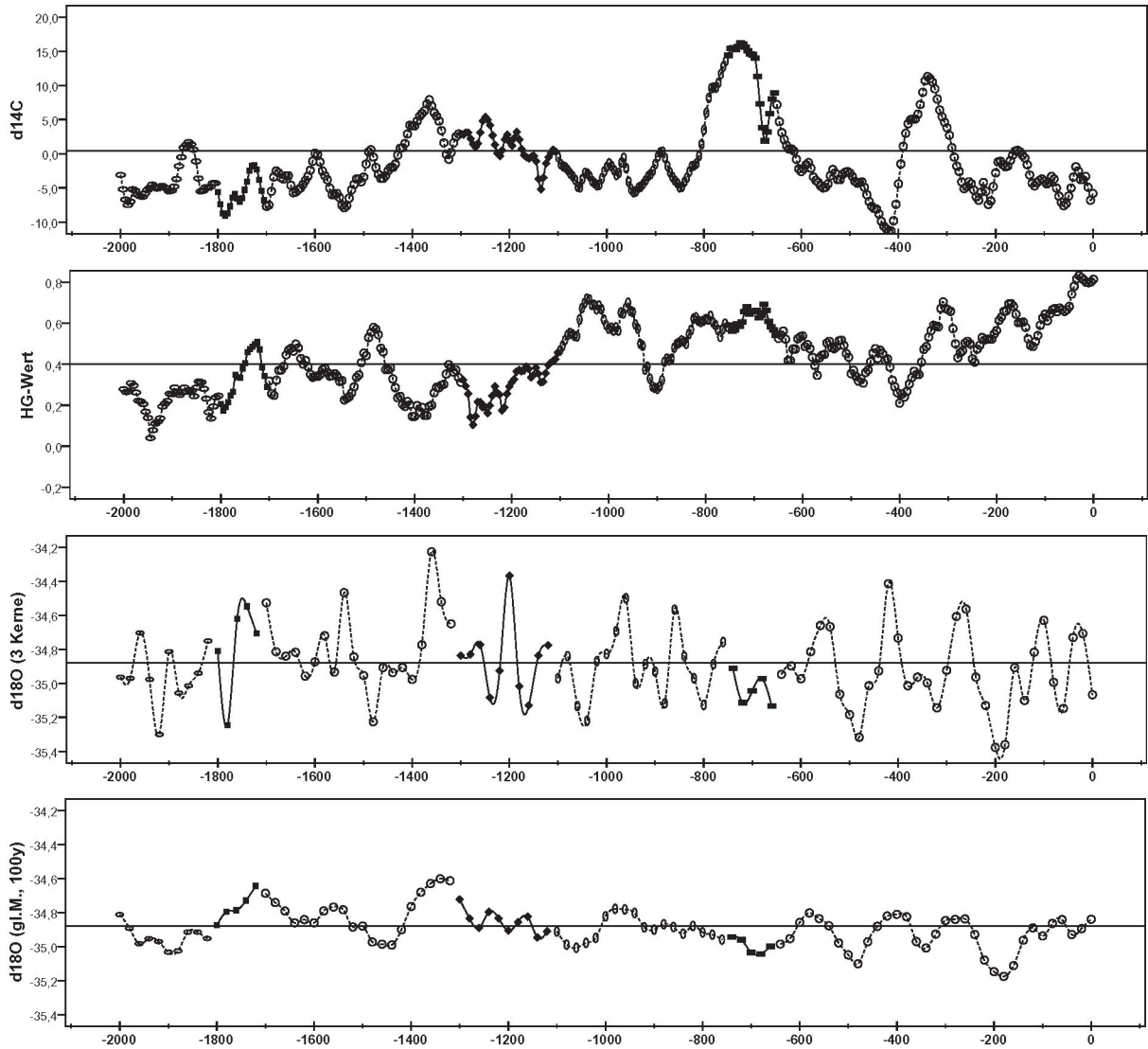


Abb. 3 a-d Verlauf der vier Klima-Indikatoren im Zeitfenster zwischen -2'000 und 0 AD. Wie Abb. 1.

nommen wurde.⁶³ Wir haben ihre Gunstphasen (niedrige Seespiegelstände) und Ungunstphasen (hohe Seespiegelstände) – von alt beginnend – mit 1 - 13 durchnummeriert, und geben in **Tabelle 8** die Mittelwerte und Standardabweichungen der diskutierten Klimaindikatoren hinzu. Die Zusammenstellung (**Tab. 8**) zeigt auf, dass die Gunst- und Ungunstphasen tatsächlich mit den $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten korrelieren; relativ zum jeweils Vorangehenden sind die $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte wie erwartet in den Ungunstphasen höher, in den Gunstphasen niedriger.⁶⁴ Nur die Gunstphase 6 und die Ungunstphase 13 weichen von diesem Muster deutlich ab. Das im HG-Wert erfasste Baumwachstum hingegen zeigt ein anderes Bild.⁶⁵ Von Phase 1 bis 4 deutet sich sukzessive zunehmend ein nass-atlantischer werdendes Klima an, die Ungunstphase 5 steht für

einen recht trocken-kontinentalen Abschnitt bis einschliesslich Ungunstphase 7, anschliessend folgt von Gunstphase 8 bis 10 wieder eine atlantisch-nassere Periode. Die Ungunstphase 11 steht hier für wieder deutlich trockener-kontinentalere Verhältnisse, die Gunst- und Ungunstphase 12 und 13 gemeinsam für ein relativ nass-atlantisches Klima. Die $\Delta^{18}\text{O}$ -Werte⁶⁶ kann man verallgemeinern als Hinweis auf recht warme Temperaturen über Grönland in den Phasen 1 bis 7 und kältere Temperaturen in den Phasen 8 bis 13. Dabei steht innerhalb dieses Musters die Gunstphase 2 für einen deutlich kalten Abschnitt, und die Gunstphase 10 für einen deutlich warmen Abschnitt.

Insgesamt ergibt sich ein wenig konsistentes Bild, denn sogar bei den $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten weichen immerhin zwei von 13 Phasen deutlich vom erwarteten

	sehr tiefer HG-Wert	sehr hoher HG-Wert
sehr geringes $\Delta^{14}\text{C}$	5	44
sehr hohes $\Delta^{14}\text{C}$	47	12

Tab. 9 Tabelle zum Zusammenhang zwischen Jahren mit extrem niedrigem bzw. hohem $\Delta^{14}\text{C}$ -Wert und extrem niedrigem bzw. hohem HG-Wert. Die Zahlen geben an, wie viele Jahrfünfte (Klimadaten hier in Fünf-Jahres-Intervallen) die entsprechende Kombination aufweisen. $\chi^2 = 51,7$, Sign. 0,000.

teten Muster ab, und der Vergleich mit den HG- und den $\Delta^{18}\text{O}$ -Werten erweist manche "Ungunstphase" als einen trocken-warmen Abschnitt. Das Ergebnis erinnert insofern an die Untersuchung der Seespiegel-Episoden nach MAGNY 2004. Offenbar können Seespiegelhochstände, auch wenn man sie statt in gröberer Auflösung (MAGNY 2004) nun in feinerer Auflösung (ARBOGAST u. A. 2006) betrachtet, nicht konsistent mit den übrigen Indikatoren verknüpft werden, da sie anscheinend auf unterschiedliche, teils sogar gegenläufige Klimaursachen zurückgehen können. Als Grundlage für eine Generalisierung eignen sie sich nicht.

Wir lösen uns daher von den Seespiegelständen und kehren zur Identifikation von extremen Jahren zu den drei Indikatoren $\Delta^{14}\text{C}$, HG-Wert und $\Delta^{18}\text{O}$ zurück. Im Zeitfenster zwischen -4'300 und -2'500 AD betrachten wir den Interquartilbereich jedes Parameters, in dem sich 50% der Jahre bewegen, als "normal", und die beiden Bereiche diesseits und jenseits als "extrem".⁶⁷ Mit einer Vierfeldertafel betrachten wir den Zusammenhang der extremen $\Delta^{14}\text{C}$ -Jahre mit den extremen HG-Jahren (Tab. 9). Der Zusammenhang ist stark

und nach einem χ^2 -Test hochsignifikant, inhaltlich in Bezug zu den eingangs dargestellten gängigen Deutungsmustern jedoch irritierend. Jahre mit extrem niedrigem $\Delta^{14}\text{C}$ -Wert, die als Jahre ungewöhnlich starker Sonneneinstrahlung gedeutet werden, fallen zusammen mit hohen Wuchsgleichläufigkeiten, die als Jahre nass-maritimer Wetterlagen gedeutet wurden. Umgekehrt hängen Jahre extrem hoher $\Delta^{14}\text{C}$ -Werte, die als Jahre sehr niedriger Sonnenaktivitäten gelten, mit sehr geringen Wuchsgleichläufigkeiten zusammen, als deren Ursache die Dominanz kontinental trockener Jahre genannt wurden. Wie entsprechende Versuche, die hier nicht gezeigt werden, nachweisen, besteht im betrachteten Zeitfenster zwischen $\Delta^{14}\text{C}$ -Extremen und $\Delta^{18}\text{O}$ -Extremen sowie HG-Extremen und $\Delta^{18}\text{O}$ -Extremen kein Zusammenhang.

Auf der Suche nach einem einfachen Indikator verwerfen wir daher auch den $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert und fassen die Indikatoren $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Wert zu einem Klimaschätzer zusammen. Dazu werden beide Werte jeweils einer sog. z-Transformation unterzogen⁶⁸, und gemäss dem oben aufgezeigten Zusammenhang der transformierte HG-Wert vom transformierten $\Delta^{14}\text{C}$ - Wert subtrahiert. Den Interquartilbereich des resultierenden Wertes verstehen wir als den zeitüblichen Normalbereich des Klimas, die beiden Bereiche diesseits und jenseits, die jeweils 25% der Jahre umfassen, als Zeiten besonderer Gunst- oder Ungunst. Dieser Ansatz lässt eine Phasenbildung zu, wobei man eine Mindestdauer für eine Phase von 30 einander dicht folgenden, gleichartig guten oder gleichartig schlechten Jahren als Minimum ansetzen könnte

	Anzahl Jahre	$\Delta^{14}\text{C}$	HG	$\Delta^{18}\text{O}$	von / bis AD
extrem sonnenreich, kontinental, trocken	90	-3,61 ±2,97	0,457 ±0,072	-34,755 ±0,097	-4'090 / -4'065 -3'840 / -3'710 -3'150 / -3'025 -2'990 / -2'915 -2'630 / -2'575
normal	181	+1,41 ±4,70	0,300 ±0,061	-34,831 ±0,124	
extrem sonnenarm, maritim, nass	90	+11,26 ±4,55	0,164 ±0,105	-34,796 ±0,120	-4'230 / -4'210 -3'900 / -3'875 -3'665 / -3'440 -3'335 / -3'240 -2'890 / -2'825

Tab. 10 Extreme Jahre (auf Basis Jahrfünfte) nach zusammengefasstem $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Wert. In der Mitte der Tabelle die resultierenden Mittelwerte (± Standardabweichung), rechts die sich ergebenden Zeitspannen inklusive kurzer eingeschlossener Abschnitte "normaler" Jahre.

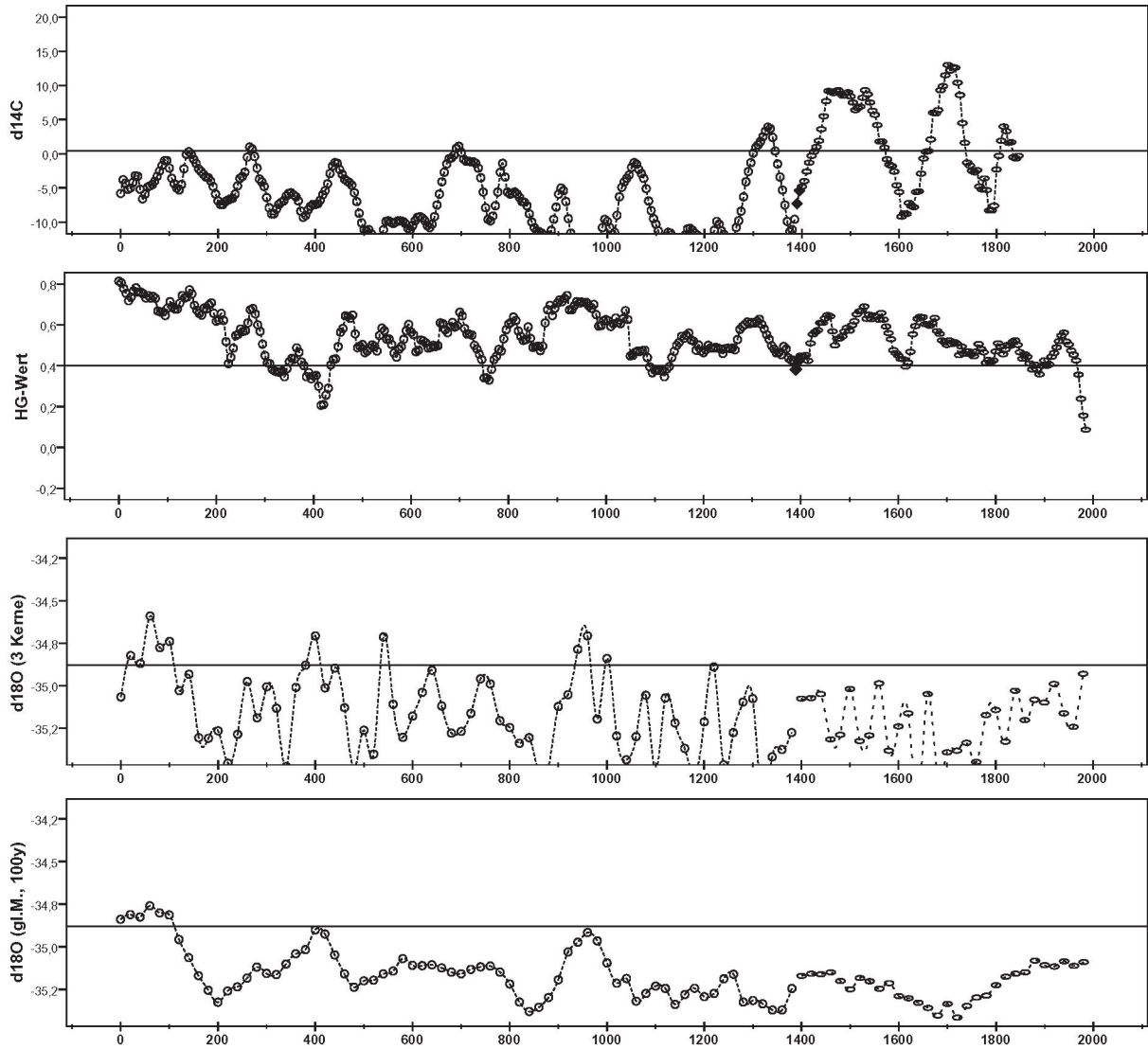


Abb. 4 a-d Verlauf der vier Klima-Indikatoren im Zeitfenster zwischen 0 und 2'000 AD. Wie Abb. 1.

und bei längeren Extremabschnitten eine maximale Unterbrechung von 15 Jahren durch "normale" Jahre zulässt. Das Ergebnis wird in **Tab. 10** veranschaulicht; es setzt jedoch eine gleiche Relevanz der beiden Parameter voraus und fokussiert wie jede Phasenbildung auf längere gleichartige Zeitabschnitte. Für die damaligen Menschen waren jedoch vermutlich kurze, heftige Ereignisse bedeutender als langfristige Phänomene, an die eine Anpassung leichter möglich war.

Tierknochenspektren und Klimaschätzer

Ein inzwischen recht verfestigtes Bild vom Zusammenhang zwischen menschlichen Siedlungen und Klima geht davon aus, dass die Schweizer

Seeufersiedlungen vor allem aus klimatischen Gunstphasen stammen, da ohne das Zusammenspiel von tiefen Seespiegelständen während der Besiedlungszeit, die als Gunstphasen gedeutet werden, und anschliessenden Wasserhochständen ihre Erhaltung und Überlieferung auf uns nicht gegeben wäre. In den Tierknochenspektren gilt der hohe Wildtieranteil als eine schnelle Reaktion der Siedlungsgemeinschaften auf Ungunztzeiten, um durch vermehrte Jagd kurzfristige ökonomische Krisen auszugleichen.⁶⁹ Um diese Thesen näher zu verfolgen, haben wir die heute üblicherweise für den Zürichsee und den Bielersee⁷⁰ herangezogenen Fundorte mit publizierten archäozoologischen Daten zusammengestellt.⁷¹ In der Regel stehen zu den Schweizer Seeufersiedlungen ¹⁴C-Datierungen und vor allem dendro-

ARBOGAST ET AL. 2006 Abb. 5	Zeit	Dauer	Zürichsee		Bielersee	
			Anzahl	pro Jh.	Anzahl	pro Jh.
13	-2'600/-2'500	100	2	2,0	-	-
12	-2'850/-2'600	250	10	4,0	6	2,4
11	-2'900/-2'850	50	-	-	-	-
10	-3'240/-2'900	340	18	5,3	5	1,5
9	-3'390/-3'240	150	-	-	-	-
8	-3'470/-3'390	80	-	-	3	3,8
7	-3'520/-3'470	50	-	-	-	-
6	-3'600/-3'520	80	2	2,5	4	5,0
5	-3'700/-3'600	100	9	9,0	5	5,0
4	-3'900/-3'700	200	13	6,5	1	0,5
3	-4'000/-3'900	100	1	1,0	-	-
2	-4'150/-4'000	150	3	2,0	-	-
1	-4'300/-4'150	150	2	1,3	-	-

Tab. 11a Bezug zwischen Ungunst- (grau) und Gunstphasen (hell) nach ARBOGAST U.A. 2006 Abb. 5 und der Anzahl der hier erfassten Siedlungen mit publizierten Tierknochenspektren vom Zürichsee (n=60) und vom Bielersee (n=24). Zur leichteren Vergleichbarkeit tabellieren wir nach der Anzahl und der Dauer der Phasen zusätzlich die Anzahl der Komplexe pro Jahrhundert.

chronologische Datierungen zur Verfügung, die in ihrer Fülle und Präzision im Vergleich zu Räumen ausserhalb der Schweiz eine ausserordentlich gute Datierungsgrundlage ergeben. Sehr oft ist jedoch der Zusammenhang der Daten mit den Befunden und Schichtpaketen problematisch. Die lange Zeit als Grundlage dienende Tabelle für den Zürichsee, die von Eduard Gross-Klee und Ulrich Eberli erarbeitet worden war,⁷² wurde unlängst in einer aufwendigen Studie von Werner E. Stöckli gründlich überprüft und – wo nötig – korrigiert.⁷³ Anders als zuvor üblich hat Stöckli neben den Grabungsbefunden und der rein naturwissenschaftlichen Datierung auch die Typologie der Keramik in seine Überlegungen zur Zuordnung von Schichten und Daten einbezogen. Dies führt gelegentlich dazu, dass die Dendrodaten und Fundkomplexe anders als bisher aufeinander bezogen werden, so dass die o.g. grundlegende Tabelle zur Schichtkorrelation am Zürichsee von 1997 anzupassen ist. Für alle hier berücksichtigten Komplexe haben wir zunächst die vorgefundene "traditionelle" Datierung übernommen, jedoch durchweg anhand der Studie von Stöckli überprüft und angepasst. Die resultierende Anzahl von 60 datierten Komplexen mit publizierten archäozoologischen Daten vom Zürichsee und 24 Komplexen vom Bielersee betrachten wir als repräsentative Stichprobe des Vorhandenen.

"Schönwettersiedlungen" ?

Für die Überprüfung der These, die Seeufersiedlungen stammten vor allem aus klimatischen Gunstphasen, führen wir über die Datierung eine Zuordnung zu den Gunst- und Ungunstphasen nach Arbogast u.a. 2006 Abb. 5 durch und relativieren die Anzahl über die Zeitspanne (Tab. 11a).⁷⁴ Die resultierende Zahl der Komplexe pro Jahrhundert in den einzelnen Phasen eignet sich nur bedingt, die gängige These wirklich eindrucksvoll zu bestätigen, denn die Ungunstphase 5 weist an beiden Seen (zu) viele Stationen auf, während umgekehrt die Gunstphase 8 am Zürichsee zu wenige Stationen aufweist. Wenden wir das oben Tab. 10 ohne archäologischen Bezug allein an den Klimadaten für die Zeit -4'300 bis -2'500 AD (Parameter $\Delta^{14}\text{C}$ - und HG-Wert) entwickelte Modell einer Vereinfachung auf unsere 84 Siedlungen vom Zürich- und Bielersee an, fallen 44 Komplexe (52%) in den Bereich des Üblichen, 28 Siedlungen (32%) in den Bereich ungewöhnlich günstiger Zeiten und 13 Siedlungen (15%) in den Bereich ungewöhnlich schlechter Zeiten.⁷⁵

Man könnte gegen die hier gewählten Stichprobe der Stationen mit publizierten Daten zu Tierknochenspektren vorwerfen, sie sei zu klein. Daher ziehen wir zusätzlich eine Liste aller dendrochronologischen Schlagphasen des Schweizer Neolithikums heran, die Albert Hafner und Peter J. Suter 2003 publiziert haben,⁷⁶ sie umfasst im

Tab. 11 b Bezug zwischen Ungunst- (grau) und Gunstphasen (hell) nach ARBOGAST u.a. 2006 Abb. 5 und dendrochronologischen Schlagphasen des Schweizer Neolithikums gemäss der Datensammlung von SUTER/HAFNER 2003.

ARBOGAST ET AL. 2006 Abb. 5	Zeit	Dauer	Anzahl	pro Jh.
13	-2'600/-2'500	100	43	43,0
12	-2'850/-2'600	250	214	85,6
11	-2'900/-2'850	50	18	36,0
10	-3'240/-2'900	340	153	45,0
9	-3'390/-3'240	150	17	11,3
8	-3'470/-3'390	80	9	11,3
7	-3'520/-3'470	50	4	8,0
6	-3'600/-3'520	80	29	36,3
5	-3'700/-3'600	100	46	46,0
4	-3'900/-3'700	200	83	41,5
3	-4'000/-3'900	100	6	6
2	-4'150/-4'000	150	-	-
1	-4'300/-4'150	150	1	0,7

Zeitfenster -4'300 bis -2'500 AD insgesamt 623 Siedlungen bzw. Siedlungsphasen. Da hier keine Zuordnung zu Schichtkomplexen und kulturelle Zuweisungen nötig sind, liefert diese Betrachtung einen guten Einblick in die Überlieferungsdichte des Schweizer Seeuferneolithikums, denn die Existenz von Dendrodaten setzt in der Regel die übliche Feuchtbodenerhaltung voraus. Unsere Umsetzung in **Tab. 11 b** zeigt noch deutlicher, dass aus den vermeintlichen Ungunstphasen viele Seeufersiedlungen bekannt sind.

Unabhängig von der Frage des Ansatzes ergibt sich also stets der gleiche Befund: nach jetzigem Stand der Daten ist die These einer Dominanz von "Schönwettersiedlungen" nicht haltbar.⁷⁷

Jagd als Krisenzeichen ?

Die Datensammlung erlaubt es, auch die These vom Zusammenhang von Jagdtieranteil und Klima zu veranschaulichen. Leider beruhen diese Statistiken hier notwendigerweise auf den Knochenzahlen (Fragmentzahlen), denn die methodisch richtigeren Mindestindividuenzahlen stehen fast nie zur Verfügung und die statistisch zumindest erheblich geeigneteren Knochengewichte sind nur für etwa zwei Drittel der Komplexe publiziert.⁷⁸ Wir beginnen mit einer Tabelle der Phasen nach Arbogast u.a. 2006 und ordnen die Tierknochen über die Datierung der Komplexe den 13 Phasen zu (**Tab. 12**). Auch ohne kom-

plexe Statistik zeigt sich bereits über eine einfache Prozentrechnung, dass die These eines erhöhten Wildtieranteiles in Ungunstphasen nicht ohne Einschränkungen haltbar ist.

Wieder wollen wir den Befund auch ohne eine vorgegebene Phasenbildung überprüfen. Dazu untersuchen wir zunächst an den 84 Siedlungen die (Rang-) Korrelation zwischen dem Wildtieranteil und den drei Klima-Indikatoren (**Tab. 13**). Alle drei Zusammenhänge erweisen sich als schwach, der schwache Zusammenhang zum $\Delta^{14}\text{C}$ -Wert und zum $\Delta^{18}\text{O}$ -Wert sind statistisch signifikant. Zur weiteren Klärung und Veranschaulichung definieren wir nach dem Interquartilbereich aller Daten unserer Stichprobe jene 25% Siedlungen mit extrem geringem Wildanteil (unter 14,0%) und jene mit extrem hohem Wildanteil (über 51,5%) und vergleichen die resultierenden drei Klassen mit den Klima-Indikatoren (**Tab. 14**). Die in **Tab. 14** erkennbaren Unterschiede sind für alle drei Parameter statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-Test). So fallen insgesamt zwar in allen Ansätzen die Unterschiede hinsichtlich des Jagdtieranteils – und vice versa des Haustieranteils – in den Gunst- und Ungunstphasen nicht sehr gross aus, aber sie sind statistisch signifikant, womit die gängige These anscheinend als bestätigt gelten kann.

ARBOGAST ET AL. 2006 Abb. 5	Zeit	n Wild	n total	% Wild
13	-2'600/-2'500	570	4089	13,9
12	-2'850/-2'600	2033	20777	9,8
11	-2'900/-2'850	-	-	-
10	-3'240/-2'900	6018	21800	27,6
9	-3'390/-3'240	-	-	-
8	-3'470/-3'390	1150	7734	14,9
7	-3'520/-3'470	-	-	-
6	-3'600/-3'520	4459	8038	55,5
5	-3'700/-3'600	16831	32920	57,2
4	-3'900/-3'700	7532	20826	36,2
3	-4'000/-3'900	1802	2326	77,5
2	-4'150/-4'000	430	609	70,6
1	-4'300/-4'150	194	384	50,5

Tab. 12 Bezug zwischen Ungunst- (grau) und Gunstphasen (hell) nach ARBOGAST U.A. 2006 Abb. 5 und den Wildtierzahlen und -anteilen am Zürich- und Bielersee in diesen Phasen.

Relative Anteile als Argumentationsgrundlage ?

In einem kurzen und vielbeachteten Aufsatz hatte W. E. Stöckli (1990) auf ein gewichtiges methodisches Problem bei der hier diskutierten Fragestellung aufmerksam gemacht und anhand der Siedlungen von Twann BE am Bielersee eine Lösung entwickelt. Die übliche Betrachtung der Haus- und Jagdtieranteile erfolgt über Prozentwerte, die sich über die Grundgesamtgesamtheit aus Haus- und Jagdtieren ergeben. Die beiden dadurch stets in engem Bezug stehenden Grössen können dann nicht unabhängig voneinander betrachtet werden. Stöckli schlug vor, die zu Vergleichszwecken nötige Mengenrelativierung nicht über die Knochengesamtmenge, sondern über eine dritte, unabhängige Grösse vorzunehmen, nämlich das Volumen an ergrabenem Sediment des Siedlungsbefundes. So könne wahrgenommen werden, ob sich eine Häufigkeit unabhängig von der anderen Häufigkeit verändere. Für Twann ergab die

(Rang-) Korrelation Wildtieranteil mit	$\Delta^{14}\text{C} \text{ ‰}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$
Kendall τ	0.252	-0.144	0.264
sign.	0.001	0.566	0.000

Tab. 13 Rangkorrelationskoeffizient (Kendall τ) zwischen Wildtieranteil und Klima-Indikatoren.

Umsetzung dieser methodischen Anregung den Nachweis, dass die Häufigkeit der Haustierte über alle Siedlungsphasen hinweg weitgehend konstant ist und lediglich die Häufigkeit der Jagdbeute starken Schwankungen unterliegt.⁷⁹

In der Folgezeit wurde die Anregung Stöcklis von der Schweizer Forschung breit aufgegriffen, jedoch entscheidend verändert. Da die jeweiligen Schichtvolumina praktisch nie publiziert sind, wurde an ihrer Stelle in den Folgeuntersuchungen die ergrabene Siedlungsfläche zur Relativierung herangezogen.⁸⁰ Doch die scheinbar kleine Veränderung von Kubik- zu Quadratmetern hat – nicht überraschend – erhebliche Auswirkungen, was an einer Zusammenstellung von Christoph Lötscher aufgezeigt werden kann. Für die nähere Deutung eines Fundkomplexes aus Cham – Sankt Andreas ZG hat er eine Tabelle erarbeitet, die die ergrabenen Siedlungsflächen und die Häufigkeiten einiger Fundgattungen von gut 30 typischen, gut untersuchten Seeufersiedlungen der Schweiz zusammenfasst.⁸¹ Die Relativierung über eine unabhängige Grösse – hier die Quadratmeter – nimmt an, dass es ein übergreifend typisches Verhältnis gebe, so dass man die Abweichung zwischen (lokal) beobachteter Häufigkeit und (global) erwarteter Häufigkeit bewerten kann. **Tabelle 15** zeigt einen Vergleich dieser Ansätze für die bereits als Modell herangezogenen Schichten aus Twann. Ergänzend zur Relativierung über das Volumen und über die Fläche wird zusätzlich eine Relativierung über die Zahl der pro Schicht gefunden

Wildtieranteil	$\Delta^{14}\text{C} \text{ ‰}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$
hoch	+6,14 ±8,24	0,249 ±0,148	-34,781 ±0,126
normal	-0,53 ±3,44	0,357 ±0,123	-34,753 ±0,104
gering	-1,17 ±3,62	0,333 ±0,088	-34,892 ±0,140
Zeit allgemein	+2,61 ±6,89	0,305 ±0,129	-34,797 ±0,237

Tab. 14 Siedlungen mit extrem hohem und extrem niedrigen Wildtieranteil im Vergleich zu den drei Klima-Indikatoren.

Scherben vorgenommen, die gegenüber den Knochen ja ebenfalls eine unabhängige Grösse darstellt und als häufige Fundgattung kaum dem Fehler der kleinen Zahl unterliegt. Wir erkennen, dass der Schritt von Kubikmetern zu Quadratmetern die Ergebnisse für Twann recht kräftig verändert, während eine Relativierung über die Anzahl der Scherben zu Mengenverhältnissen führt, die nahe an jenen sind, die sich für Twann über die Kubikmeter ergeben. Entwickeln wir für die gesamte Tabelle von Löttscher eine Schätzung der Fundmengen über die Quadratmeter und alternativ über die Scherbenzahl, ergibt sich eine erheblich stärkere Korrelation zwischen den tatsächlichen Fundmengen und den Schätzungen über die Scherbenzahl als über die Fläche (Tab. 16). Daher werden wir für die weitere Untersuchung als Ersatz für die von Stöckli herangezogene Relativierung über die Kubikmeter, für die konkrete Werte leider nur selten publiziert werden, eine Verrechnung gegen die Scherbenzahl vor-

Twann	/ m ³	/ 100 m ²	/ n Keramik
OH	600	6817	0,991
MH	700	5448	0,826
UH	400	4660	0,817
OS	2800	271	1,866
MS	2200	526	2,160
US	1700	838	2,664

Tab. 15 Fundanfall Tierknochen aus Twann in Bezug zu anderen Grössen. "/m³": Gramm Haus- und Wildtiere pro Kubikmeter nach Stöckli 1990, 274 Abb. 2. - "/ 100m²": Anzahl Knochen pro Quadratmeter nach LÖTSCHER 2005, 84 Abb. 96. - "/ n Keramik": Anzahl Knochen pro Anzahl Scherben, nach den Daten bei LÖTSCHER 2005 ebd.

	über m ²	über n Keramik
n Knochen	0,536	0,787
n Silexgeräte	0,588	0,713
n Beile	0,578	0,567

Tab. 16 Korrelationskoeffizient (Kendall τ) zwischen beobachteten und erwarteten Häufigkeiten bei einer Schätzung über Quadratmeter Befundfläche und über die Anzahl der Keramikfragmente an der Stichprobe LÖTSCHER 2005 Abb. 95-96.

nehmen, da hierzu weitaus häufiger verlässliche Zahlen vorliegen.⁸² Da sich Zürich- und Bielersee deutlich unterscheiden, haben wir die Zahlen getrennt (Tab. 17).⁸³ Mit diesem Instrument lässt sich für die einzelnen Stationen resp. Komplexe anhand der dort geborgenen Anzahl von Scherben abschätzen, wie viele Haustierknochen oder Rinderknochen etc. vorkommen sollten.⁸⁴ Aus der Differenz zwischen den erwarteten und den beobachteten Zahlen lässt sich ablesen, ob Mengen höher oder tiefer sind als erwartet.⁸⁵

Am Zürichsee kann die Haus- und Wildtierknochenmenge auf diesem Wege für 39 Stationen vergleichend beurteilt werden, am Bielersee für 16 Stationen.⁸⁶ Zwei Boxplots zeigen das Ergebnis für den Zürichsee (Abb. 5) und den Bielersee (Abb. 6); die Boxen zeigen jenen Wertebereich an, in den 50% aller Beobachtungen fallen, der dicke Querbalken in den Boxen zeigt den Median (=mittlerer Wert). In beiden Graphiken sind die Siedlungen nach drei Gruppen geordnet; diejenigen, die in das neolithische Normalklima fallen, bilden die mittlere Gruppe, rechts und links davon werden die Siedlungen der klimatisch extremeren Jahre dargestellt. Träfe das gängige Deutungsmuster zu, würden wir für die Haustiermengen - da nach gängigem Modell weitgehend unabhängig vom Klima - eine starke Überlappung der Boxen erwarten, für die Wildtiermengen hingegen - da klimaabhängig - eine deutliche Verschiebung der Boxen gegeneinander. Doch an beiden Seen ist die Überlappung der Boxen bei den Haustieren erkennbar geringer als bei den Wildtieren. Die zugehörigen Korrelationen sind in Tab. 18 dargestellt. An beiden Seen sind die Haus- und Wildtiermengen nicht miteinander korreliert, was uns zunächst einmal den Erfolg des methodischen Ansatzes bestätigt, denn bei einer konventionellen Betrachtung über die Prozentwerte ergäbe sich notwendigerweise eine signifikante, stark negative Korrelation. Sodann zeigt sich an Tab. 18 zu einigen der Klima-Indikatoren eine schwa-

	Zürichsee (n=36)		Bielersee (n=16)	
	Anzahl	pro 1'000 Scherben	Anzahl	pro 1'000 Scherben
Keramik	155'926	-	64'175	-
Knochen	40'910	262,368	47'917	746,661
Wildtiere	16'001	102,619	19'206	299,275
Haustiere	24'909	159,749	28'711	447,386
Rinder	12'621	80,942	11'958	186,334
Schweine	9'773	62,677	8'708	135,691
Schaf/Ziege	1'979	12,692	6'047	94,227
Hund	871	5,586	2'001	31,180

Tab. 17 Fundzahlen und über die Keramik relativierte Häufigkeiten für die Stationen am Zürich- und Bielersee mit verfügbaren Daten.

che Korrelation, wobei der Zusammenhang auch in dieser Betrachtung bei den Haustiermengen stärker ist als bei den Wildtiermengen.⁸⁷

Die nicht gegebenen bzw. schwachen Zusammenhänge der Haus- und Wildtiermengen mit den Klimaindikatoren legen angesichts tatsächlich vorhandener grösserer Unterschiede die Frage nahe, ob die wirkliche Ursache nicht anderswo liegt. Als ein mögliches Erklärungsmodell ver-

gleichen wir die Tiermengen mit den kulturellen Zuordnungen der Komplexe. Die Graphiken **Abb. 7-8** stellen das Ergebnis bildlich dar.⁸⁸ Am Zürichsee nehmen von Cortaillod über Pfyn zu Horgen sowohl die Haustier- als auch die Wildtiermenge zu, die Haustiermenge jedoch stärker, die Überlappung der Streubereiche ist geringer als bei den Wildtiermengen. Die Schnurkeramik steht dann für einen sprunghaften Anstieg

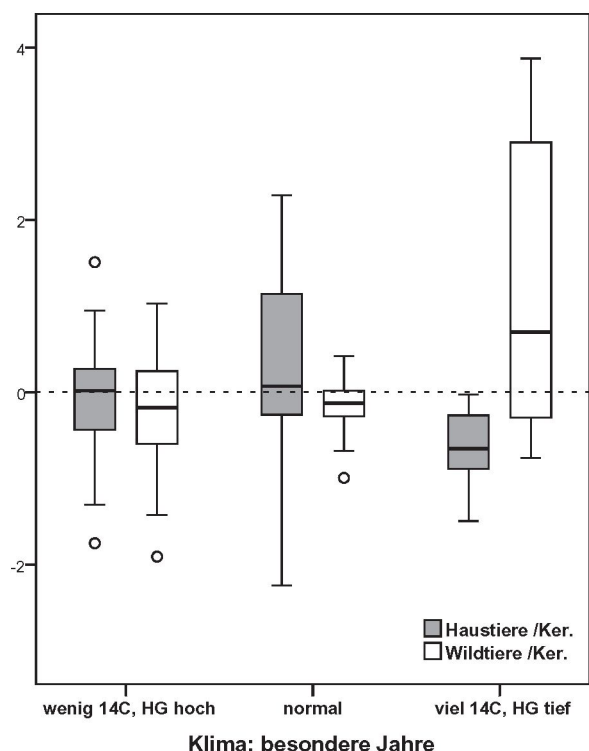


Abb. 5 Wild- und Haustiermengen am Zürichsee in Bezug zu normalen (Bildmitte) und extremen Klimajahren (rechts und links im Diagramm). Aufgetragen sind "Boxplots" mit Median (dicker Querbalken), Interquartilbereich (Boxen, in denen 50% aller Beobachtungen liegen) und Ausreißern (Kreise, Sterne).

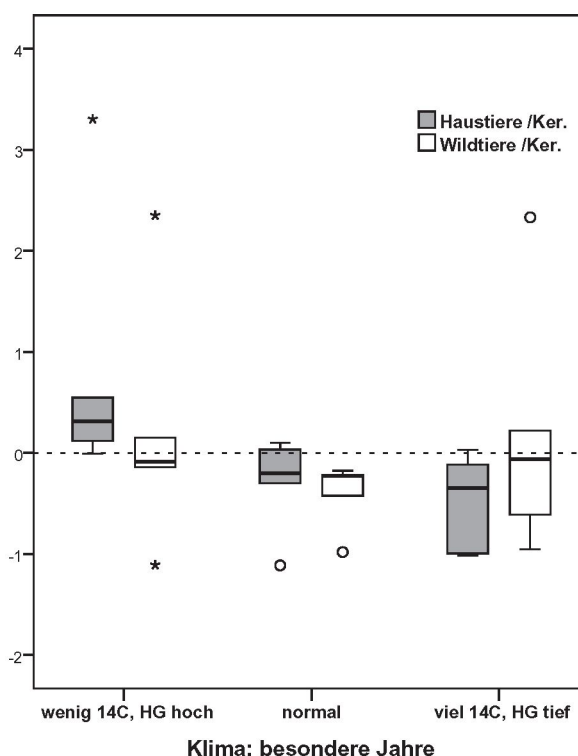


Abb. 6 Wild- und Haustiermengen am Bielersee in Bezug zu normalen und extremen Klimajahren. Wie Abb. 5.

Tab. 18 Korrelation der Haustier- und Wildtiermengen mit den Klimaindikatoren, oben Zürichsee, unten Bielersee. Dargestellt ist in den Zellen der Rangkorrelationskoeffizient (Kendall τ , oben) und die Signifikanz (unten); die schwach signifikanten Werte des Koeffizienten sind zusätzlich fett gesetzt.

Zürichsee				
	Wildtiere	$\Delta^{14}\text{C}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O}$
Haustiere /Ker.	0,026	-0,231	0,081	-0,260
	0,818	0,040	0,475	0,021
Wildtiere /Ker.	-	0,223	-0,196	0,192
		0,047	0,083	0,088
Bielersee				
	Wildtiere	$\Delta^{14}\text{C}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O}$
Haustiere /Ker.	0,350	-0,377	0,424	-0,192
	0,059	0,043	0,024	0,300
Wildtiere /Ker.	-	0,059	-0,034	0,142
		0,752	0,856	0,444

der Haustiere, bei schwachem Abfall der Wildtiermengen. Am Bielersee entspricht das Bild für den Abschnitt Cortaillod tardif, Port-Conty und Horgen occidental der Entwicklung am Zürichsee; die ältesten Komplexe hingegen (Cortaillod classique) sind sehr tierreich.⁸⁹

Die Graphiken und Tests zeigen, dass die Entwicklung der Haustiermengen deutlicher unterschiedlich ist als die der Jagdtiermengen, und dass der Zusammenhang zu den Kulturen stärker ist als zum Klima. Die immer wieder diskutier-

ten scheinbaren Zusammenhänge mit dem Klima ergeben sich dadurch, dass die Kulturen in leicht unterschiedlichen Klimaten stattfinden (Tab. 19). Es ist interessant, die Schwankungen der Tiermengen für den Zürichsee – nur hier haben wir eine ausreichende Anzahl an Komplexen – einmal kulturimmanent zu beleuchten (Tab. 20). Da wir unsere Zahlen auf den Mittelwert Null und die Standardabweichung Eins normiert haben, fällt sofort auf, dass die Standardabweichung in der Regel kleiner sind, der Mittelwert der kulturim-

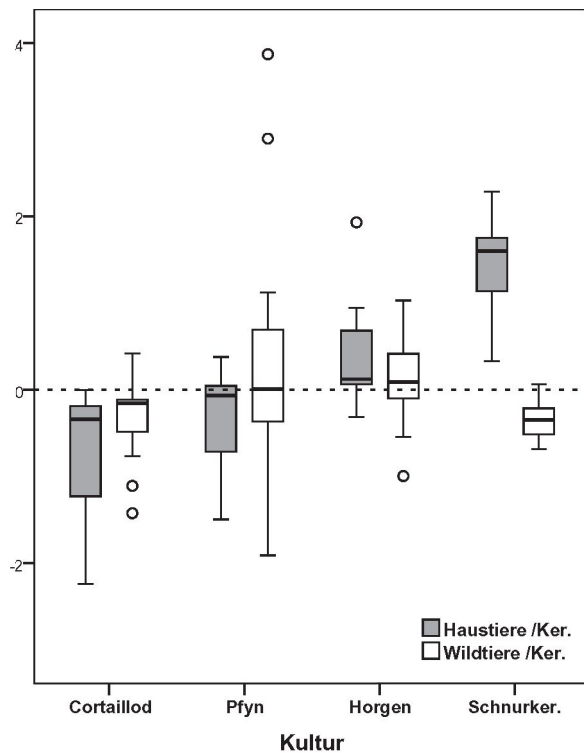


Abb. 7 Wild- und Haustiermengen am Zürichsee im Vergleich der Kulturen. Wie Abb. 5.

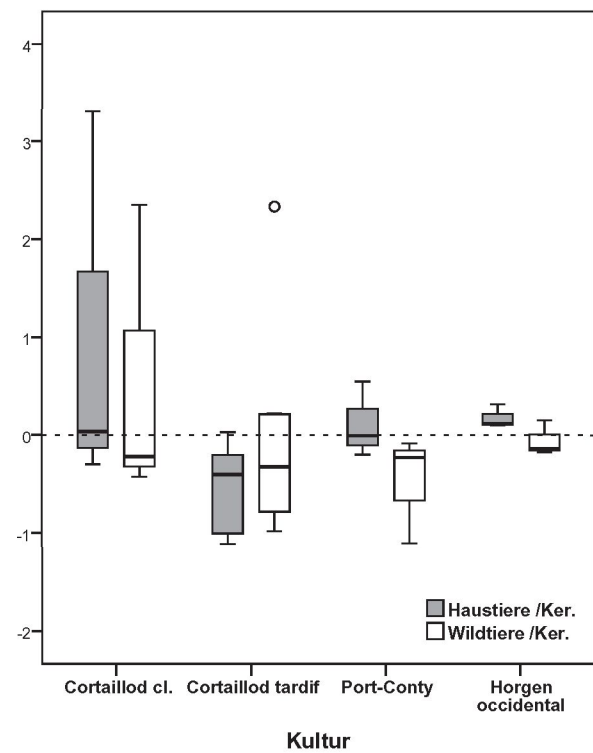


Abb. 8 Wild- und Haustiermengen am Bielersee im Vergleich der Kulturen. Wie Abb. 5.

	Zeit (AD)	$\Delta^{14}\text{C} \text{ ‰}$	HG-Wert	$\Delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$
Schnurkeramik	-2'750/-2'500	-2,59 \pm 2,81	0,330 \pm 0,074	-34,914 \pm 0,242
Horgen	-3'300/-2'750	+1,85 \pm 7,39	0,332 \pm 0,134	-34,755 \pm 0,221
Pfyn	-3'800/-3'300	+6,73 \pm 6,86	0,273 \pm 0,171	-34,808 \pm 0,234
Cortailod	-4'300/-3'800	+2,30 \pm 5,57	0,296 \pm 0,081	-34,768 \pm 0,249

Tab. 19 Mittelwerte der drei Klima-Indikatoren für die vier herangezogenen Kulturen. Die Mittelwerte beruhen auf den reinen Klimadaten in den angegebenen schematischen Zeitfenstern, d.h. sie sind unabhängig von der Frage der Existenz bzw. dem archäologischen Nachweis von Siedlungen.

manenten Standardabweichungen liegt bei 0,69. Vor diesem Hintergrund wiederum auffallend sind die wenigen deutlich höheren resp. deutlich tieferen Standardabweichungen. Die Haustiermengen sind offenbar weitgehend konstant, die Wildtiermengen bei den Pfynern Komplexen sehr heterogen, in der Schnurkeramik sehr genormt. Die Rinder-, Schweine und Schaf-/Ziegenmengen für Cortailod und Pfyn weisen kulturimmanent die üblichen Schwankungen auf, hingegen erkennt man für Horgener Komplexe deutlich genormte Rinder und Schaf-/Ziegenmengen und hohe Schwankungen der Schweinemengen. Die Tabelle erlaubt die These, dass Pfyn Siedlung hinsichtlich der Wildtiermengen besonders divers sind, Horgener Siedlungen bezüglich der Schweinemengen.⁹⁰ Wenn wir die Unterschiede in den Tierknochenspektren besser verstehen wollen, benötigen wir – neben systematischer und besser zugänglich publizierten Daten und adäquaterer Statistik – vor allem mehr traditionelle Archäologie.

Anmerkungen

¹ Ich danke meinem Berner Kollegen Werner E. Stöckli für anregende Fragen, die den Anstoß zur vorliegenden Untersuchung gaben. Meinen Doktorandinnen Wenke Hoyer und Sandra Viehmeier danke ich für geduldiges Zuhören, kritische Lektüre und viele nützliche Hinweise.

² STÖCKLI U.A. 1995; HOCHULI U.A. 1998; MÜLLER U.A. 1999; FLUTSCH U.A. 2002; WINDLER U.A. 2005.

³ STÖCKLI U.A. 1995, 53-58, insbes. 55 Abb. 22 und 57 Abb. 23.

⁴ HOCHULI U.A. 1998, 139 Abb. 46.

⁵ SPM IV: MÜLLER U.A. 1999, 94 Abb. 37. SPM V: FLUTSCH U.A. 2002, 31 Abb. 18. SPM VI: WINDLER U.A. 2005, 85 Abb. 26.

⁶ GROSS-KLEE/MAISE 1997; MAISE 1997; MAISE 1998.

⁷ MAISE 1998 (die Arbeit wurde 1996 abgeschlossen).

⁸ Zuletzt als zeitlich weit gespannte, allgemeinverständliche Synthese: SIROCKO 2009; vgl. GOOSSE U.A. 2009. Gute allgemeine Einführung und Grahiken auf dem "Hamburger Bildungsserver" (<http://www.hamburger-bildungsserver.de>, unter Themen, Klimawandel), dem Wiki "Global warming art" (<http://www.globalwarmingart.com>) und der WWW-Präsenz der UNO-Einrichtung "Intergovernmental Panel on Climate Change" IPCC (<http://www.ipcc.ch/index.htm>) [alle besucht im Mai 2009].

⁹ PFISTER 1999; GLASER 2001.

¹⁰ z. B. JONES/MANN 2004; FRANK U.A. 2007; MANN U.A. 2008; JONES U.A. 2009.

	Wildtiere	Haustiere	Rinder	Schweine	Schaf/Ziege
Schnurkeramik	-0,34 \pm 0,26	1,45 \pm 0,66	1,68 \pm 0,92	0,84 \pm 0,61	1,64 \pm 0,85
Horgen	0,13 \pm 0,62	0,39 \pm 0,65	0,00 \pm 0,26	0,68 \pm 1,07	0,08 \pm 0,34
Pfyn	0,43 \pm 1,65	-0,37 \pm 0,63	-0,29 \pm 0,69	-0,46 \pm 0,53	-0,56 \pm 0,62
Cortailod	-0,34 \pm 0,54	-0,77 \pm 0,76	-0,71 \pm 0,63	-0,76 \pm 0,66	-0,55 \pm 0,77

Tab. 20 Mittelwerte und Standardabweichung der Tiermengen am Zürichsee auf Basis der Knochenmengen pro Keramikscherben für den Zürichsee insgesamt. Wesentlich sind hier die Unterschiede in den Standardabweichungen, der Mittelwert aller Standardabweichungen liegt bei 0,69.

- ¹¹ z. B. ESPER U. A. 2002; BRIFFA/OSBORN 2002.
- ¹² Vgl. MAYR U. A. 2003; WENINGER U. A. 2005, 79-86; STRIEN/GRONENBORN 2005, 131-133 mit Abb. 1.
- ¹³ In diesem Jahrtausend erreichte die Baumgrenze in den Alpen ihre maximale Höhe während des Holozäns (NICOLUSSI U. A. 2005, 126).
- ¹⁴ PFISTER 1999, 52.
- ¹⁵ GLASER 2008, 202-206 mit Abb. 77.
- ¹⁶ GROVE 1988.
- ¹⁷ GLASER 2008, 202-260 mit Abb. 77. In unseren Tabellen verwenden wir 1'845 AD als Obergrenze, um eine Vergleichbarkeit mit den $\Delta^{14}\text{C}$ -Werten zu erhalten, die nach 1'845 (Industrielle Revolution) nicht vorliegen bzw. nicht mehr verwendet werden, um die Zeit des dann massiven Verbrennens fossilen Kohlenstoffs auszuklammern.
- ¹⁸ GLASER ebd.
- ¹⁹ MAISE 1998, 204-207. Vgl. SIROCKO 2009, 55-56.
- ²⁰ IntCal04: REIMER U. A. 2004.
- ²¹ GROSS-KLEE/MAISE 1997, 89 Abb. 1: 2'400-jähriges gleitendes Mittel [g.l.M.]; MAISE 1998: 2'300-jähriges g.l.M.; MAISE 2005, 182 Abb. 1: 1'000-jähriges g.l.M.
- ²² Beispiel für ein 1000-jähriges gleitendes Mittel: für das Jahr -2'000 v.Chr. wird das arithmetische Mittel der ^{14}C -Messungen aus den tausend Jahren -2'500 bis -1'500 v.Chr. gebildet, für das folgende Jahr -1'999 das Mittel der tausend Jahre -2'499 bis -1'499 v.Chr., für das folgende Jahr 1'498 das Mittel der Jahre -2'498 bis -1'498 v.Chr., usw.
- ²³ REIMER U. A. 2004. Die Daten stehen u. a. auf der Webseite der Zeitschrift Radiocarbon zur Verfügung.
- ²⁴ Erhellend, mit umfangreicher weiterführender Literatur: CHIU U. A. 2007.
- ²⁵ www.calpal.de, besucht am 3.3.2009.
- ²⁶ Auf diese Daten greift MAISE 1998 zurück.
- ²⁷ vgl. auch BLACKWELL/BUCK/REIMER 2006.
- ²⁸ Residuum (lat. "das Zurückbleibende") bezeichnet hier die Differenz zwischen dem 2'000-jährigen gleitenden Mittelwert und der tatsächlichen Beobachtung für dieses Jahr, also das relative Mehr oder Weniger im Vergleich zu diesem Mittelwert
- ²⁹ z. B. MAISE 1998, 218 f. mit Abb. 22.
- ³⁰ Die von Maise (1998, 224-228) als dramatisch herausgestellte Klimakrise um 400 v.Chr. stellt sich im Lichte der feiner auflösenden $\Delta^{14}\text{C}$ -Daten nach IntCal04 eher als ein sanfter Übergang zu ungünstigeren Zeiten dar.
- ³¹ ESPER/COOK/SCHWEINGRUBER 2002; vgl. BRIFFA/OSBORN 2002.
- ³² SCHMIDT/GRUHLE 2001; 2003a.
- ³³ SCHMIDT/GRUHLE 2003b; SCHMIDT/GRUHLE/RÜCK 2004. Zu einer zeitlich verschobenen Verknüpfung der HG-Kurve mit den archäologischen Beobachtungen – die hier keine Rolle spielt – in der Bandkeramik siehe jetzt: STRIEN/GRONENBORN 2005, 142.
- ³⁴ SCHMIDT/GRUHLE 2005.
- ³⁵ Eine ähnliche Dynamik gilt zwischen dem normalen, leichteren Wasserstoff H und dem schweren Wasserstoff Deuterium, so dass auch der Deuteriumanteil in den Eiskernen als Indikator für die Paläotemperatur herangezogen werden kann (z.B. SIROCKO 2009, 66 Abb. 10.1).
- ³⁶ z. B. LE TENSORER/NIFFELER 1993, 24-29 und 32-38 Abb. 2 u. 4.
- ³⁷ Eine gute zusammenfassend Einführung in den Kenntnisstand und die Probleme gibt WENINGER U. A. 2005, 77-79.
- ³⁸ z. B. SIROCKO 2009, 71 Abb. 11.1 und 88 Abb. 14.1.
- ³⁹ JOHNSEN U. A. 2001; VINTHER U. A. 2006; ANDERSEN U. A. 2006; RASMUSSEN U. A. 2006; SVENSSON U. A. 2006.
- ⁴⁰ RENLAND: JOHNSEN U. A. 1992. AGASSIZ: FISHER U. A. 1983; FISHER U. A. 1995.
- ⁴¹ Insbes. "SFPB" nach SHACKLETON U. A. 2004.
- ⁴² SKINNER 2008.
- ⁴³ Auch der diesbezüglich skeptische Aufsatz von WENINGER U. A. 2005 geht für das dort betrachtete sogenannte "8200-event" von einer nur geringen Datierungsungenauigkeit aus. Seine Graphiken (insbes. WENINGER U. A. 2005, 90 Abb. 4) weisen nach, wie gut die verschiedenen Indikatoren ab dieser Zeit gleichläufig zusammenpassen.
- ⁴⁴ Datenarchive bieten insbes. Universität Kopenhagen: <http://www.iceandclimate.nbi.ku.dk/data/>; und National Climatic Data Center, USA: z. B. <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/greenland/ngrip/ngrip-data.html>; beide besucht am 5.3.2009.
- ⁴⁵ Insbes. für den Kern GISP2: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/greenland/summit/document/gispisot.htm>.
- ⁴⁶ Eine Visualisierung der verfügbaren Messreihe liefert z. B. SIROCKO 2009, 71 Abb. 11.1.
- ⁴⁷ MUSCHELER U. A. 2007; MAGNY U. A. 2007, Abb. 9.
- ⁴⁸ z. B. MAISE 1998, 218 f.
- ⁴⁹ ZIELINSKI U. A. 1994; ZIELINSKI U. A. 1997. Die Daten stehen wiederum im Archiv für GISP2 offen zur Verfügung (<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/icecore/greenland/summit/document/gispchem.htm>; besucht am 14. 4. 2009).
- ⁵⁰ Im Zeitfenster -4'300/-2'500 AD besteht zwischen $\Delta^{18}\text{O}$ -Werten und vulkanischem Sulfatanteil eine schwache, statistisch signifikante Korrelation.
- ⁵¹ MAYR U. A. 2003, 400.
- ⁵² MAYR U. A. 2003, 400-410.
- ⁵³ MAGNY 2004.
- ⁵⁴ MAGNY 2005, 72-75 mit Abb. 2.
- ⁵⁵ MAGNY 2004, 75 Abb. 3.
- ⁵⁶ MAGNY 2004, 76 Abb. 4.
- ⁵⁷ Die naturwissenschaftlichen Publikationen geben die Zeitstellung in der Regel in PB an. Leider wird nicht immer offen gelegt, wie PB gemeint ist. Diejenigen, die mehr mit Eiskernen arbeiten, verstehen PB meist bezogen auf 2'000 AD (GISP2: 1'950 AD!). Diejenigen, die mit ^{14}C -Datierungen arbeiten, orientieren sich meist an der Setzung "present = 1'950 AD", während Dendrochronologen wiederum meist AD verwenden. Erfreulicherweise wird in allen grundlegenden Publikationen von Daten zu Eiskernen und ^{14}C -Kalibrierungen sorgfältig das Bezugsdatum genannt, so dass die hier zusammengestellten Daten zuverlässig und eindeutig auf unseren Kalender bezogen werden konnten.

Unklar bleiben die Aussagen zu den Seespiegelständen bei M. Magny (2004), wo im Text offen bleibt, welches Bezugsjahr gewählt wurde. Ein entsprechender Versuch alternativ mit 1'950 AD und 2'000 AD zeigt, dass seine These der guten Korrelation zwischen seinen Episoden und den relativen ^{14}C -Maxima nur dann aufgeht, wenn man 2'000 AD als 'present' annimmt - wovon im vorliegenden Text ausgegangen wird.

⁵⁸ MAISE 1998, 219-224.

⁵⁹ Aufgrund der Art der Berechnung enthalten die Kenngrößen $\Delta^{14}\text{C}$ und HG-Wert keinen langfristigen zeitlichen Trend. Hingegen fällt die mittlere Temperatur über Grönland zwischen -6'000 und 1'845 AD spürbar ab, die $\Delta^{18}\text{O}$ -Werte sinken ziemlich linear von ca. -34,55‰ auf -35,20‰. Um eine verbesserte Vergleichbarkeit der Kenngrößen zu schaffen, könnte man diesen Trend auch aus den $\Delta^{18}\text{O}$ -Werten herausrechnen; dies verändert die tabellierte Korrelation jedoch nur unbedeutend.

⁶⁰ Um die Graphik nicht mit allzu dichten Punkten zu überfrachten und die Bilder vergleichbar zu halten, wurden die jährlich vorliegenden HG-Werte auf 5-Jahresintervalle reduziert, dargestellt ist jeweils das arithmetische Mittel in diesen Intervallen.

⁶¹ Die Wahl noch breiterer Zeitfenster, etwa als 200-jährig gleitendes Mittel, führt zu einer Verschiebung markanter Minima bzw. Maxima entlang der Zeitachse und ist daher nicht sachdienlich.

⁶² Auf ganz unterschiedliche Deutungen der zeitlich parallel laufenden Anomalien insbesondere im Zusammenhang mit den Seespiegelständen machen auch H.-Chr. Strien und D. Gronenborn (2005, 140) aufmerksam.

⁶³ ARBOGAST U.A. 2006, insbes. 411 Abb. 5.

⁶⁴ Über die ganze Periode -4'300 bis -2'500 AD: Mittelwert $+2,61 \pm 6,89$.

⁶⁵ Über die ganze Periode -4'300 bis -2'500 AD: Mittelwert $0,305 \pm 0,129$.

⁶⁶ Über die ganze Periode -4'300 bis -2'500 AD: Mittelwert $-34,797 \pm 0,237$.

⁶⁷ Interquartilbereich $\Delta^{14}\text{C}$ -2,800 bis +7,750, HG-Wert $+0,240$ bis $+0,380$, $\Delta^{18}\text{O}$ -34,9018 bis -34,6988.

⁶⁸ Beobachteter Wert minus Mittelwert, dividiert durch Standardabweichung des ganzen Zeitfensters. Im Ergebnis hat diese Variable über das Zeitfenster -4'300 bis -2'500 AD den Mittelwert Null und die Standardabweichung 1.

⁶⁹ Grundlegend UERPMANN 1977, aktuell z.B. HÜSTER-PLOGMANN/SCHIBLER/STEPHAN 1999; SCHIBLER 2006, 2008; ARBOGAST U.A. 2006.

⁷⁰ Eine schöne Kartierung der Stationen liefert HAFNER/SUTER 2003, Abb. 18.

⁷¹ Grundlage der Zusammenstellung waren die Listen bei: HÜSTER-PLOGMANN/SCHIBLER/STEPHAN 1999 Tab. 1; SCHIBLER 2008 Tab. 1 rechte Spalte; GLASS/SCHIBLER 2000, CD 12.10\6 Tab. 1-2; SCHIBLER 2006, 52-53 Tab. 1 (alle Nachweise siehe dort). - Auf die Diskussion der gut 20 Siedlungen vom Neuenburgersee, für die archäozoologische Daten vorliegen (zusammenfassend: SCHIBLER 2008), musste leider verzichtet werden. Wie die eingehende Diskussion ihrer Stratigraphie und Datierung bei STÖCKLI (2008, 92-114) zeigt, ist eine sichere, enge Datierung der Komplexe meist nicht

möglich, zudem decken sich oft die ehemals den archäozoologischen Bearbeitungen zu Grunde gelegten Fundeinheiten nicht mehr mit der aktuellen archäologischen Stratifizierung. Die Grundlage ihrer recht exakten zeitlichen Ansetzung etwa bei GLASS/SCHIBLER 2000, CD 12.10\2-5 oder SCHIBLER 2008, 380 Tab. 1 und Abb. 3 ff. ist mir nicht ersichtlich.

⁷² EDUARD GROSS-KLEE/ULRICH EBERLI, Die archäologischen Grundlagen. In: SCHIBLER u.a. 1997, 18-37, insbes. 22 f. Abb. 1-2.

⁷³ STÖCKLI 2008.

⁷⁴ Insgesamt 60 Komplexe vom Zürichsee aus der Zeit -4'300 bis 2'500 AD bedeutet bei Gleichverteilung über die Zeit im Mittel 3,3 Komplexe pro Jahrhundert.

⁷⁵ Extreme Siedlungen des Typus "wenig ^{14}C , HG-Wert hoch" (vermutliche Gunstjahre) in zeitlicher Reihenfolge: ZH Kleiner Hafner 4F, ZH Mozartstrasse 5u, ZH Kleiner Hafner 4G, ZH Mozartstrasse 5o, ZH Seefeld KanSan 9, ZH AKAD Pressehaus L, Twann E1+2, Meilen Rohrenhaab 4, ZH Seefeld KanSan 8, Feldmeilen 9, Feldmeilen 8, Horgen Dampfschiffsteg, Sutz-Lattringen Ried, Twann UH, ZH Mozartstrasse 3u, ZH Mythenschloss 3, ZH Mozartstrasse 3 allg., LaNeuveville-Schafis, ZH Mozartstrasse 3o, ZH AKAD Pressehaus E, Horgen-Scheller 4, ZH Seefeld KanSan 2, Twann OH, Horgen-Scheller 3, Feldmeilen 1y, Nidau BKW 3, Lüscherz-Binggeli, ZH Mozartstrasse 2u. - Extreme Siedlungen des Typus "viel ^{14}C , HG-Wert niedrig" (vermutliche Ungunstjahre): ZH Kleiner Hafner 5 A/B, ZH Kleiner Hafner 4E, Twann E5, ZH Mozartstrasse 4u, ZH Mozartstrasse 4m, Twann E5a, ZH Seefeld KanSan 5, ZH Mozartstrasse 4o, Twann E6+7, Port-Stüdeli OS, Twann E8, Twann E9, Feldmeilen 4.

⁷⁶ HAFNER/SUTER 2003. Der online publizierte Artikel umfasst im Gegensatz zur später auch gedruckt publizierten Fassung (HAFNER/SUTER 2005) in drei Excel-Tabellen gut organisierte Listen aller Fundorte, aller Dendrodaten und aller ^{14}C -Daten.

⁷⁷ z. B. SCHIBLER/JACOMET 2005.

⁷⁸ Zum Themenkomplex Mindestindividuenzahlen (mit Verweis auf die ältere Diskussion) zusammenfassend: EBERSBACH 2002, 182-183.

⁷⁹ STÖCKLI 1990, 274 Abb. 2.

⁸⁰ Zunächst SCHIBLER/SUTER 1990, 223-226 und SCHIBLER u.a. 1997, 43; NACHFOLGEND z.B. ARBOGAST u.a. 2005, 411 Abb. 5; SCHIBLER 2008, 384 Abb. 6.

⁸¹ LÖTSCHER 2005, 82-84 Abb. 95-96.

⁸² Für manche wichtigen Komplexe am Zürichsee konnten die Bearbeiter nur einen Teil der Keramik den feinstratigraphischen Einheiten zuweisen (z.B. Moz. 4u, 4m, 4o), während andere Scherben nur den Obereinheiten zugeordnet sind (z.B. Moz. 4 unstratifiziert). Damit nicht eine allzu hohe Zahl von Scherben unberücksichtigt bleibt, wurde hier das grob stratifizierte Material auf die feinstratigraphischen Einheiten verteilt. Diese Verteilung erfolgte nicht schematisch, sondern entsprechend der Anteile, wie sie sich aus den gut zugeordneten Scherben ergeben. - Aus den einschlägigen archäozoologischen Publikationen geht meist nicht hervor, wie dieses Problem der Stratifizierung für die Knochenfunde gelöst wurde. Der Umstand, dass die Komplexe am Zürichsee teils vollständig, teils nur zu

etwa 50 Prozent bearbeitet wurden (SCHIBLER u.a. 1997, 40 f.), lässt sich hier mangels hinreichender Konkretisierung leider nicht berücksichtigen.

⁸³ Interessanterweise ähneln die Mengenverhältnisse am Bodensee und im Thurgau mehr den Zahlen des Bielersees als des Zürichsees, doch für eine nähere Beleuchtung dieser Beobachtung bedürfte es einer grösseren Datengrundlage. – Alternativ zu dem hier gewählten, eher einfachen Ansatz könnten Regressionsrechnungen durchgeführt werden; wie entsprechende Versuche zeigten, führen sie zu sehr ähnlichen Ergebnissen, der argumentative Mehraufwand ist nicht lohnend. Auch die Integration weiterer archäologische Funde wie Beile, Silices und Mahlsteine wurde erfolgversprechend durchprobiert, doch werden dadurch die Ergebnisse nicht wirklich genauer, und vor allem sind verlässliche Zahlen zur Anzahl der Beile, Silices und Mahlsteine deutlich seltener publiziert als Keramikhäufigkeiten.

⁸⁴ Der Rechenweg: Für eine Siedlung am Zürichsee beispielsweise gemäss der Zahlen in Tab. 17: Anzahl Keramikscherben mal 0,159749 = erwartete Haustierzahl, oder Anzahl Keramikscherben mal 0,080942 = erwartete Rinderzahl. Dann beobachtete Zahl minus erwartete Zahl = Differenz.

⁸⁵ Um den Unterschied zwischen kleinen und grossen Komplexen und folglich tendenziell kleineren Abweichungen versus grösseren Abweichungen auszugleichen und zu vergleichbaren Zahlen zu gelangen, werden die Beobachtungen anschliessend "z-transformiert" (minus Mittelwert durch Standardabweichung der gesamten Kohorte).

⁸⁶ Für die übrigen Stationen fehlen uns Angaben zur Anzahl der Scherben, meist, weil die archäologische Bearbeitung noch aussteht.

⁸⁷ Der Befund wiederholt sich auch bei einem anderen Ansatz. Testet man die Haus- und Wildtiermengen gegen die oben herausgearbeiteten extrem günstigen und extrem ungünstigen Jahre (Kruskal-Wallis-Test), ergibt sich für den Zürichsee ein signifikanter Unterschied bei den Haustieren, nicht bei den Wildtieren; für den Bielersee ergibt sich sowohl für Haus- als auch für Wildtiere kein signifikanter Unterschied.

⁸⁸ Nach einem Kruskal-Wallis-Test sind die Unterschiede am Zürichsee und am Bielersee bei den Haustieren jeweils statistisch signifikant, bei den Wildtieren nicht.

⁸⁹ Für die Schnurkeramik (resp. Auvornier cordé) fehlen uns publizierte Keramikmengen, so dass die Berechnungen nicht möglich sind.

⁹⁰ Zu den ebenfalls grossen Unterschieden (= Spezialisierungen?) nahezu zeitgleicher Horgener Siedlungen am Bielersee s. HAFNER/SUTER 2003, 26 mit Abb. 16.

Literatur

- ACHOUR-USTER, C./EBERLI, U./EBERSBACH, R./FAVRE, P. (2002): Die Seeufersiedlungen in Horgen. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 36. Zürich 2002.
- ANDERSEN, K. K./SVENSSON, A./JOHNSEN, S. J./RASMUSSEN, S./BIGLER, M./ROTHLISBERGER, R./RUTH, U./SIGGAARD-ANDERSEN, M.-L./STEFFENSEN, J. P./DAHL-JENSEN, D./VINTHER, B. M./CLAUSEN, H. B. (2006): The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15-42 ka Part 1: constructing the time scale. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3246-3257.
- ARBOGAST, R.-M./JACOMET, S./MAGNY, M./SCHIBLER, J. (2006): The significance of climate fluctuations for lake level changes and shifts in subsistence economy during the late Neolithic (4300-2400 B.C.) in central Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* 15, 2006, 403-418.
- BLACKWELL, P. G./BUCK, C. E./REIMER, P. J. (2006): Important features of the new radiocarbon calibration curves. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 408-413.
- BLEUER, E./HARDMEYER, B. (1993): Die neolithische Keramik. Zürich "Mozartstrasse": Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen 3. Zürcher Denkmalpflege Archäologische Monographien 18. Zürich 1993.
- BRIFFA, K. R./OSBORN, T. J. (2002): Blowing hot and cold. *Science* 295, 2002, 2227-2228.
- CHENAL-VELARDE, I./FISCHER, M. (2007): Die Tierknochen der Rettungsgrabungen 1988-91. In: RÖDER, B./HUBER, R. (Hrsg.), *Archäologie in Steinhausen „Sennweid“* (Kanton Zug): Ergebnisse der Untersuchungen von 1942 bis 2000. *Antiqua* 41. Basel 2007, 292 ff.
- CHIU, T.-C./FAIRBANKS, R. G./CAO L./MORTLOCK R. A. (2007): Analysis of the atmospheric ¹⁴C record spanning the past 50,000 years derived from high-precision ²³⁰Th/²³⁴U/²³⁸U, ²³¹Pa/²³⁵U and ¹⁴C dates on fossil corals. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 18-36.
- DE CAPITANI, A. U. A. (2002): Die jungsteinzeitliche Siedlung Arbon Bleiche 3: Funde. *Archäologie im Thurgau* 11. Frauenfeld 2002.
- EBERSBACH, R. (2002): Von Bauern und Rindern: Eine Ökosystemanalyse zur Bedeutung der Rinderhaltung in bäuerlichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum. *Basler Beiträge zur Archäologie* 15. Basel 2002.

- EBERSBACH, R. (2005): Die Tierknochen aus den Epi-Rössener Schichten. In: RIGERT, E. u. a., Die Epi-Rössener Siedlung von Sevelen SG - Pfäfersbüel. Jahrb. SGUF 88, 2005, 41-86, hier: 58-60.
- ESPER, J./COOK, E. R./SCHWEINGRUBER, F. H. (2002): Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science* 295, 2002, 2250-2253.
- FISHER, D. A./KOERNER, R. M./PATTERSON, W. S. B./DANSGAARD, W./GUNDESTRUP, N./REEH, N. (1983): Effect of wind scouring on climatic records from ice-core oxygen-isotope profiles. *Nature* 301, 1983, 205-209.
- FISHER, D. A./KOERNER, R. M./REEH, N. (1995): Holocene climatic records from Agassiz Ice Cap, Ellesmere Island, NWT, Canada. *Holocene* 5(1), 1995, 19-24.
- FLUTSCH, L./NIFFELER, U./ROSSI, F. (Hrsg.)(2002): Römische Zeit. SPM V: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 5. Basel 2002.
- FRANK, D./BÜNTGEN, U./BÖHM, R./MAUGERI, M./ESPER, J. (2007): Warmer early instrumental measurements versus colder reconstructed temperatures: shooting at a moving target. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 3298-3310.
- FURGER, A. R. (1980): Die Siedlungsreste der Horgener Kultur. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann 7. Bern 1980.
- GLASER, R. (2008): Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Darmstadt 2. verb. Auflage 2008.
- GLASS, M./SCHIBLER, J. (2000): Archäozoologische Auswertung der Tierknochen. In: HAFNER, A./SUTER, P. J. (Hrsg.), - 3400: Die Entwicklung der Bauerngesellschaften im 4. Jahrtausend v. Chr. am Bielersee aufgrund der Rettungsgrabungen von Nidau und Sutz-Lattrigen. Bern 2000, 139-154.
- GOOSSE, H./BARRIAT, P. Y./LEFEBVRE, W./LOUTRE, M. F./ZUNZ, V. (visited 24.5.2009): Introduction to climate dynamics and climate modeling - Online textbook available at <http://www.climate.be/textbook>.
- GROSS-KLEE, E./MAISE, C. (1997): Sonne, Vulkane und Seeufersiedlungen. Jahrb. SGUF 80, 1997, 85-94.
- GROVE, J. M. (1988): The Little Ice Age. London 1988.
- HAFNER, A./SUTER, P. J. (2003): Das Neolithikum in der Schweiz. In: www.jungsteinsite.de - Artikel vom 27. November 2003.
- HAFNER, A./SUTER, P. J. (2005): Raum/Zeit-Ordnung und neue Denkmodelle. Archäologie im Kanton Bern 6A. 2005, 431-498.
- HASENFRATZ, A. (Hg.)(2006): Anorganische Funde, Palynologie und Synthese. Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur 5. Archäologie im Thurgau 13. Frauenfeld 2006.
- HEP HARB, A./LÖTSCHER, C. (2005): Neolithische Seeufersiedlungen von Cham-Sankt Andreas (Kanton Zug). *Antiqua* 39. Basel 2005.
- HOCHULI, ST./NIFFELER, U./RYCHNER, V. (Hrsg.)(1998): Bronzezeit. SPM III: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 3. Basel 1998.
- HÜSTER-PLOGMANN, H./SCHIBLER, J./STEBBAN, K. (1999): The relationship between wild mammal exploitation, climatic fluctuations, and economic adaptations. A transdisciplinary study of Neolithic sites from the Lake Zurich region, Southwest Germany and Bavaria. In: BECKER, C. u.a. (Hrsg.), *Historia Animalium ex Ossibus*. Festschrift für Angela von den Driesch zum 65. Geburtstag. Rahden 1999, 189-200.
- JOHNSEN, S. J./CLAUSEN, H. B./DANSGAARD, W./GUNDESTRUP, N. S./HANSSON, M./JONSSON, P./STEFFENSEN, J. P./SVEINBJÖRNSDÓTTIR, Á. E. (1992): A deep ice core from east Greenland. *Medd. Groenl.* 29, 1992, 3-29.
- JOHNSEN, S. J./DAHL-JENSEN, D./GUNDESTRUP, N./STEFFENSEN, J. P./CLAUSEN, H. B./MILLER, H./MASSON-DELMOTTE, V./SVEINBJÖRNSDÓTTIR, Á. E./WHITE, J. (2001): Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. *Journal of Quaternary Science* 16(4), 2001, 299-307.
- JONES, P. D./MANN, M. E. (2004): Climate over past millennia. *Rev. Geophys.*, 42, 2004. RG2002, doi:10.1029/2003RG000143.
- JONES, P. D./BRIFFA, K. R./OSBORN, T. J./LOUGH, J. M./VAN OMMEN T. D./VINSTER B. M./LUTERBACHER, J./WAHL, E. R./ZWIERS, F. W./MANN, M. E./SCHMIDT, G. A./AMMANN, C. M./BUCKLEY, B. M./COBB, K. M./ESPER, J./GOOSSE, H./GRAHAM, N./JANSEN, E./KIEFER, T./KULL, C./KÜTTEL, M./MOSLEY-THOMPSON, E./OVERPECK, J. T./RIEDWYL, N./SCHULZ, M./TUDHOPE, A. W./VILLALBA, R./WANNER, H./WOLFF, E./XOPLAKI, E. (2009): High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: a review of current status and future prospects. *The Holocene* 19(1), 2009, 3-49.

- JUCKES, M. N./ALLEN, M. R./BRIFFA, K. R./ESPER, J./HEGERL, G. C./MOBERG, A./OSBORN, T. J./WEBER, S. L. (2007): Millennial temperature reconstruction intercomparison and evaluation. *Climate of the Past* 3, 2007, 591-609.
- KIESELBACH, P./KOLB, M. (2004): Siedlungen der Pfynner Kultur im Osten der Pfahlbaubucht von Sipplingen, Bodenseekreis. Hemmenhofer Skripte 4, 1. Hemmenhofen 2004.
- KUSTERMANN, A.-C. (1984): Die jungneolithische Pfynnergruppe im unteren Zürichsee-Becken. *Zürcher Studien zur Archäologie* 2. Zürich 1984, 5-92.
- LETENSORER, J.-M./NIFFELER, U. (Hrsg.)(1993): Paläolithikum und Mesolithikum. Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter I (Basel 1993).
- MAGNY, M. (2004): Holocene climate variability as reflected by mid-European lake level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary international* 113, 2004, 65-79.
- MAGNY, M./VANNIÈRE, B./DE BEAULIEU J.-L./BÉGEOT, C./HEIRI, O./MILLET, L./PEYRON, O./WALTER-SIMONNET, A.-V. (2007): Early-Holocene climatic oscillations recorded by lake-level fluctuations in west-central Europe and in central Italy. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 1951-1964.
- MAISE, C. (1997): Der klimageschichtliche Hintergrund. In: SCHIBLER u.a. 1997, 335-342.
- MAISE, C. (1998): Archäoklimatologie: Vom Einfluss nacheiszeitlicher Klimavariabilität in der Ur- und Frühgeschichte. *Jahrb. SGUF* 81, 1998, 197-235.
- MAISE, C. (2005): Paläoklimatologie neolithischer Seeufersiedlungen. In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr.* RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 181-187.
- MANN, M. E./ZHANG, Z./HUGHES, M. K./BRADLEY, R. S./MILLER, S. K./RUTHERFORD, S./NI, F. (2008): Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 2008, 13252-13257.
- MAYR, C./FRENZEL, B./FRIEDRICH, M./SPURK, M./STICHLER, W./TRIMBORN, C. (2003): Stable carbon- and hydrogen-isotope ratios of subfossil oaks in southern Germany: methodology and application to an composite record for the Holocene. *The Holocene* 13, 2003, 393-402. DOI: 10.1191/0959683603hl632rp.
- MÜLLER, F./KAENEL, G./LÜSCHER, G. (Hrsg.) (1999): Eisenzeit. SPM IV: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 4 (Basel 1999).
- MUSCHELER, R./JOOS, F./BEER, J./MÜLLER, S. A./VONMOOS, M./SNOWBALL, I. (2007): Solar activity during the last 1000 yr inferred from radionuclide records. *Quaternary Science Reviews* 26, 2007, 82-97.
- NICOLUSSI, K./PATZELT, G./SLUPETZKY, H./TURNER, A. (2005): Dendrochronologische Analysen zur Klimaentwicklung in den Ostalpen im 8. Jahrtausend vor Heute. In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr.* RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 119-129.
- PFISTER, C. (1999): *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995)*. Bern 1999.
- RAMSEYER, D. (ED.) (2000): *Muntelier/Fischergässli: Un habitat néolithique au bord du lac de Morat (3895 à 3820 avant J.-C.)*. Archéologie fribourgeoise 15. Fribourg 2000.
- RASMUSSEN, S. O./ANDERSEN, K. K./SVENSSON, A.M./STEFFENSEN, J. P./VINTHER, B. M./CLAUSEN, H. B./SIGGAARD-ANDERSEN, M.-L./JOHNSEN, S. J./LARSEN, L. B./DAHL-JENSEN, D./BIGLER, M./RÖTHLISBERGER, R./FISCHER, H./GOTO-AZUMA, K./HANSSON, M. E./RUTH, U. (2006): A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journ. Geophys. Res.* 111, 2006, D06102; doi:10.1029/2005JD006079.
- REIMER, P. J./BAILLIE, M. G. L./BARD, E./BAYLISS, A./BECK, J. W./BERTRAND, C. J. H./BLACKWELL, P. G./BUCK, C. E./BURR, G. S./CUTLER, K. B./DAMON, P. E./EDWARDS, R. L./FAIRBANKS, R. G./FRIEDRICH, M./GUILDERTSON, T. P./HOGG, A. G./HUGHEN, K. A./KROMER, B./McCORMAC, G./MANNING, S./RAMSEY, C. B./REIMER, R. W./REMMELE, S./SOUTHON, J. R./STUIVER, M./TALAMO, S./TAYLOR, F. W./VAN DER PLICHT, J./WEYHENMEYER, C. E. (2004): IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46, 2004, 1029-1058.
- SCHMIDT, B./GRUHLE, W. (2001): Ähnlichkeitsprofil (Homogenitätsgrad) von Jahrringchronologien Westeuropas während der letzten Jahrhunderte. In: GEHLEN, B./HEINEN, M./TILLMANN, A. (Hrsg.), *Zeit-Räume. Gedenkschrift für Wolfgang Taute*. Archäologische Berichte 14,1. Bonn 2001, 43-53.
- SCHMIDT, B./GRUHLE, W. (2003 a): Niederschlagschwankungen in Westeuropa während der letzten 8000 Jahre: Versuch einer Rekonstruktion mit Hilfe eines neuen dendrochronologischen Verfahrens (Grad der Wachstumshomogenität). *Arch. Korbl.* 33, 2003, 281-300.

- SCHMIDT, B./GRUHLE, W. (2003b): Klimaextreme in römischer Zeit: Eine Strukturanalyse dendrochronologischer Daten. *Arch. Korrbbl.* 33, 2003, 421-426.
- SCHMIDT, B./GRUHLE, W./RÜCK, O. (2004): Klimaextreme in bandkeramischer Zeit (5300 bis 5000 v. Chr.): Interpretation dendrochronologischer und archäologischer Befunde. *Arch. Korrbbl.* 34, 2004, 303-307.
- SCHMIDT, B./GRUHLE, W. (2005): Tree-ring growth-homogeneity applied to climate analysis. In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr.* RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 17-26.
- SCHIBLER, J. (1987): Osteoarchäologische Untersuchungen der neolithischen Knochenkomplexe. In: SUTER, P. J. 1987, 167-179.
- SCHIBLER, J./SUTER, P. J. 1990): Archäozoologische Ergebnisse datierter neolithischer Ufersiedlungen des schweizerischen Mittellandes. In: SCHIBLER, J./SEDLMEIER, J./SPYCHER, H. (Hrsg.), *Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie.* Festschrift für Hans R. Stampfli. Basel 1990, 205-240.
- SCHIBLER, J./HÜSTER-PLOGMANN, H./JACOMET, S./BROMBACHER, C./GROSS-KLEE, E./RAST-EICHLER, A. (1997): Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee: Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenfeldschloss in Zürich. *Monographien der Kantonsarchäologie Zürich* 20. Zürich und Elgg 1997.
- SCHIBLER, J./JACOMET, S. (2005): "Fair-weather archaeology? A possible relationship between climate and the quality of archaeological sources. In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr.* RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 27-39.
- SCHIBLER, J. (2006): The economy and environment of the 4th and 3rd millenia BC in the northern Alpine foreland based on studies of animal bones. *Environmental Archaeology* 11(1), 2006, 49-64.
- SCHIBLER, J. (2008): Die wirtschaftliche Bedeutung der Viehzucht während des 3. Jahrtausends v. Chr. aufgrund der Tierknochenfunde der Fundstellen im Schweizer Alpenvorland. In: DÖRFLER, W./MÜLLER, J. (Hrsg.), *Umwelt, Wirtschaft, Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südkandinaviens.* Offa-Bücher 84. Neumünster 2008, 379-391.
- SHACKLETON, N. J./FAIRBANKS, R. G./CHIU, T.-C./PARRENIN, F. (2004): Absolute calibration of the Greenland time scale: implications for Antarctic time scales and for D¹⁴C. *Quaternary Sci. Rev.* 23, 2004, 1513-1522.
- SIROCKO, F. (HRSG.) (2009): *Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung von der Eiszeit bis ins 21. Jahrhundert.* Stuttgart 2009.
- SKINNER, L. C. (2008): Revisiting the absolute calibration of the Greenland ice-core age-scales. *Climate of the Past* 4, 2008, 295-302.
- STEPHAN, K. (2004): Die Tierknochenfunde aus der Schicht 9 von Sipplingen-Osthafen. *Hemmenhofener Skripte* 4,2. Hemmenhofen 2004, 87-96.
- STÖCKLI, W. E. (1981): *Die Keramik der Cortaillod-Schichten. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann* 20. Bern 1981.
- STÖCKLI, W. E. (1990): Das Verhältnis zwischen Haus- und Wildtierknochen in den neolithischen Seeufersiedlungen von Twann (Kt. Bern). In: SCHIBLER, J./SEDLMEIER, J./SPYCHER, H. (Hrsg.), *Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie.* Festschrift für Hans R. Stampfli. Basel 1990, 273-276.
- STÖCKLI, W. E. (2008): Chronologie und Regionalität des jüngeren Neolithikums (4300-2400 v. Chr.) im Schweizer Mittelland, in Süddeutschland und in Ostfrankreich. *Antiqua* 45. Basel 2008.
- STÖCKLI, W. E./NIFFELER, U./GROSS-KLEE, E. (Hrsg.) (1995): *Neolithikum. SMP II: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter* 2. Basel 1995.
- STRIEN, H.-C./GRONENBORN, D. (2005): Klima- und Kulturwandel während des mitteleuropäischen Altneolithikums (58./57. - 51./50. Jahrhundert v. Chr.). In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr.* RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 131-149.
- SUTER, P. J. (1987): *Zürich "Kleiner Hafner": Tauchgrabungen 1981-1984.* Berichte der Zürcher Denkmalpflege, Monografien 3. Zürich 1987.
- SVENSSON, A./ANDERSEN, K. K./BIGLER, M./CLAUSEN, H. B./DAHL-JENSEN, D./DAVIES, S. M./JOHNSEN, S. J./MUSCHELER, R./RASMUSSEN, S. O./RÖTHLISBERGER, R./STEFFENSEN, J. P./VINTHER, B. M. (2006): The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15-42 ka Part 2: comparison to other records. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3258-3267.

UERPMMANN, H. P. (1977): Betrachtungen zur Wirtschaftsform neolithischer Gruppen in Südwestdeutschland. Fundberichte aus Baden-Württemberg 3, 1977, 144-161.

VINTHER, B. M./CLAUSEN, H. B./JOHNSEN, S. J./RASMUSSEN, S. O./ANDERSEN, K. K./BUCHARDT, S. L./DAHL-JENSEN, D./SEIERSTAD, I. K./SIGGAARD-ANDERSEN, M.-L./STEFFENSEN, J. P./SVENSSON, A. M./OLSEN, J./HEINEMEIER, J. (2006): A synchronized dating of three Greenland ice cores throughout the Holocene. Journal of Geophysical Research 111, 2006, D13102; doi:10.1029/2005JD006921.

WENINGER, B./ALRAM-STERN, E./BAUER, E./CLARE, L./DANZEGLOCKE, U./JÖRIS, O./KUBATZKI, C./ROLLEFSON, G./TODOROVA, H. (2005): Die Neolithisierung von Südosteuropa als Folge des abrupten Klimawandels um 8200 CAL BP. In: GRONENBORN, D. (Hrsg.), Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v. Chr. RGZM - Tagungen 1. Mainz 2005, 75-117.

WINDLER, R./MARTI, R./NIFFELER, U./STEINER, L. (Hrsg.) (2005): Frühmittelalter. SPM VI: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 6. Basel 2005.

ZIELINSKI, G. A./FIACCO, R. J./MAYEWSKI, P. A./MEEKER, L. D./WHITLOW, S. I./TWICKLER, M. S./GERMANI, M. S./ENDO, K./YASUI, M. (1994): Climatic impact of the A.D. 1783 Asama (Japan) eruption was minimal: Evidence from the GISP2 ice core. Geophysical Research Letters 21, 1994, 2365-2368.

ZIELINSKI, G. A./MERSHON, G. R. (1997): Paleoenvironmental implications of the insoluble microparticle record in the GISP2 (Greenland) ice core during the rapidly changing climate of the Pleistocene-Holocene transition. Geological Society of America Bulletin 109, 1997, 547-559.

ZWAHLEN, H. (2003): Die jungneolithische Siedlung von Port-Stüdeli. Ufersiedlungen am Bielersee 7. Bern 2003.

*Prof. Dr. Frank Siegmund
Dittingerstrasse 33
CH-4053 Basel
frank.siegmund@bluewin.ch*