

Ms. zur Publikation: No future? Brüche und Ende kultureller Erscheinungen im Neolithikum. Kulturen - Siedlungen - Artefakte. In: Th. Link, D. Schimmelpfennig (Hrsg.), Fokus Jungsteinzeit - Berichte der AG Neolithikum 4 (Welt und Erde Verlag: Kerpen-Loogh). - Eingereicht 31. 7. 2012.

Klima-, Kultur- und Wirtschaftswandel im Schweizer Neolithikum

Frank Siegmund¹

¹Dittingerstraße 33, 4053 Basel, Schweiz; www.frank-siegmund.de; mail@frank-siegmund.de

Zusammenfassung

Die zunehmend detailliertere Kenntnis der holozänen Klimageschichte erlaubt tiefere Einblicke in den Zusammenhang von Klima, Kulturen und Wirtschaftsgeschichte. Das Schweizer Neolithikum fällt in eine relativ warme Zeit, die mehr als üblich durch starke, kurz andauernde Klima-Ereignisse geprägt war; diese Ereignisse lösten keinen Kulturwandel aus. Die bedeutenden kulturellen Umbrüche erfolgten am Ende längerer kontinuierlicher Klimaveränderungen: einem etwa 200-jährigen Abschnitt bis 3800 v.Chr., in dem es immer trockener und wärmer wurde, gefolgt von einem warmen Abschnitt mit stetig zunehmender Nässe bis 3400 v.Chr., und um 2800 v.Chr. am Übergang von einer starken Kälteperiode in ein mittleres Klima. Die Anzahl der Siedlungen an feuchten und trockenen Standorten hängt bis 3400 v.Chr. nicht und anschließend nur schwach mit Klimaereignissen zusammen. Kurze, besondere klimatische Günst- und Ungünstzeiten haben einen deutlichen Einfluss auf die Nutzung von Wild- und Haustieren, doch die kulturell bedingten Unterschiede sind ähnlich groß und teilweise größer. Mit dem kulturellen Wandel ändern sich nicht nur die Mengen der genutzten Tiere, sondern auch die Artenzusammensetzung, wobei vorhandene Bestände nie abnehmen, sondern unterschiedlich stark zunehmen.

Schlüsselbegriffe

Neolithikum; Schweiz; Paläo-Klima; Wirtschaftsgeschichte; Haustierhaltung

Abstract

The climate of the Holocene becomes more and more known to us in details, which also allows deeper insights into the relation among climate, culture and economy. The paper compares some proxies of the Holocene climate with changes in the human culture, the number of settlements and the amount of hunting and animal husbandry. The Neolithic settlements (4300-2500 BC) in Switzerland existed during a generally warm period when some more than usual severe and short-term climatic changes

and volcanic activities took place (tab. 1). Short-term climatic crises did not cause deep changes in the human cultures (fig. 2). Contrary, bigger changes in the cultural history happened at the end of longer lasting shifts of the climate (fig. 1): after about 200 years of increase of temperature and dryness around 3800 BC, than after a longer period of successively growing wetness up to about 3400 BC, and than around 2800 BC, when a cold period ended and climate returned to normal conditions (fig. 1-2). The number of both lake dwellings and settlements on dry ground does not correlate with the climate up to 3400 BC. Results of our studies contradict former models, which suggested a strong relation between the number of lake dwellings and dryer and warmer conditions. After 3400 BC there was a weak correlation between increasing sun radiation and the number of settlements on wet as well as on dry grounds (fig. 1e, tab. 3). Short climatic changes correlated with changes in animal husbandry and in hunting habits (fig. 4): In times of very low sun radiation hunting increased and less domestic animals were consumed, while unusually sunny conditions were combined with a slight decrease in both hunting and in animal husbandry. A comparison of the amount of animal bones among different climatic conditions and different cultures shows (fig. 5 a-b), that the impact of the culture is of similar strength as the impact of the short-term climatic changes. The amount of hunted animals had a slightly stronger relation to climate, while animal husbandry depended more on culture than on climate changes (tab. 5-6). Different cultures bred different variety of domestic animals (fig. 6); there was never a decrease in the amount of specific species, while the increase differed for each culture.

Key words

neolithic period; Swiss lake dwellings; climate history; economic history; animal husbandry

Einleitung

Dank der besonders guten Überlieferungsbedingungen und der langjährigen, intensiven archäologischen Forschungen bieten die neolithischen Siedlungen in der Schweiz aus der Zeit 4300 - 2500 v.Chr. eine besonders gute Datenlage, um einen möglichen Zusammenhang zwischen Klima, Kulturbrüchen und Umbrüchen in der Wirtschaftsweise exemplarisch näher zu untersuchen. Zwar liegen zu dieser Frage ältere Synthesen und zahlreiche Einzelpublikationen vor (z.B. Stöckli u.a. 1995; Gross-Klee / Maise 1997; Schibler / Jacomet 2005; Arbogast u.a. 2006), doch fortdauernde Erkenntnisgewinne in der Archäologie und vor allem in der Klimaforschung lassen es sinnvoll erscheinen, erneut eine Bilanz zu ziehen. In einer Monographie hatte W. E. Stöckli (2009) alle Fundkomplexe des Schweizer Neolithikums neu gesichtet, ihre Datierungen überprüft, ggf. gegenüber älteren Arbeiten (insbes. Stöckli u.a. 1995; Schibler u.a. 1997) modifiziert und die Kulturreihenfolge schärfer herausgearbeitet. Die sich daraus ergebenden Neuordnungen bereits bekannter archäologischer Fundkomplexe sind hier berücksichtigt. Als Klimaschätzer wurden in den älteren Synthesen vor allem die $\delta^{14}\text{C}$ -Kurve und die rekonstruierten Wasserstände Schweizer und westfranzösischer Seen genutzt (z.B. Gross-Klee / Maise 1997; Magny 2004; Schibler / Jacomet 2005; Maise 2005; Arbogast u.a. 2006). Neuere Publikationen (z.B.

Bleicher 2011; Nussbaumer u.a. 2011; Siegmund 2011) zeigen, dass es vorteilhaft ist, weitere Klimaschätzer hinzuzuziehen und parallel zu beobachten, da dies mehr Sicherheit und differenziertere Einblicke gewährt. Neu steht für einen langen Zeitabschnitt des Holozäns nun eine Schätzung der direkten Sonneneinstrahlung auf die Erde (TSI, *total solar irradiance*) zur Verfügung, die auf ^{10}Be -Messungen an Eisbohrkernen beruht und in unserem Zusammenhang noch nicht genutzt wurde (Steinhilber / Beer / Fröhlich 2009; Steinhilber u.a. 2012). Hinzu kommen Ergebnisse des Berner Projektes HOLCLAT '*Holocene Climate Atlas*' (Wanner u.a. 2011), die noch nicht mit den archäologischen Befunden verglichen wurden. Daher wird hier versucht, die neueren Forschungsstände von Archäologie und Klimageschichte integrierend zu beleuchten.

Material und Methoden

Paläoklima

Als Klimaschätzer werden hier die Isotope ^{14}C , ^{10}Be und ^{18}O genutzt. Für die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte greifen wir auf Beobachtungen von der Nordhalbkugel zurück, die die Temperaturen über dem grönländischen Festlandeis widerspiegeln. Dazu wurden die gut zugänglichen Werte der drei in der Mitte der Insel gelegenen Bohrkerne GRIP, NGRIP und GISP2 nach dem Chronologiemodell GICC05 synchronisiert und das arithmetische Mittel aus den Werten der drei Kerne gebildet (Johnsen u.a. 2001; Vinther u.a. 2006; Andersen u.a. 2006; Rasmussen u.a. 2006; Svensson u.a. 2006); die Daten stehen für unser Zeitfenster in 20-Jahres-Intervallen zur Verfügung. Um den Temperaturtrend besser darstellen zu können und die recht unruhige Kurve der Rohdaten zu glätten, wurden diese hier im 100-jährigen gleitenden Mittel verrechnet (Abb. 1a). Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte sind im Vergleich etwa zu der $\delta^{14}\text{C}$ -Reihe und den TSI-Werten zeitlich nicht fein auflösend; es sind jedoch Beobachtungen an einem stabilen Isotop, die auf einen konstanten Standard (SMOW) bezogen sind und als einziger der hier verwendeten Klimaschätzer einen direkten Vergleich mit heutigen Temperaturen erlauben (Johnsen u.a. 2001; Treydte u.a. 2007). Das mit einer Halbwertszeit von ca. 1,5 mio Jahren recht langlebige radioaktive Isotop ^{10}Be wird in der Erdatmosphäre aufgrund der Sonnenstrahlung unter ähnlichen Bedingungen wie das Archäologen vertrautere ^{14}C gebildet, jedoch ohne längere Zirkulation in der Biosphäre innerhalb weniger Jahre als Bestandteil des Staubes auf der Erde abgelagert; es kann an Eisbohrkernen in langen Wertereihen beobachtet werden. Da es zudem beim ^{10}Be im Gegensatz zu ^{14}C nicht zu Reservoireffekten kommt, spiegelt es Klimaereignisse direkter wieder (Beer u.a. 2011; Nussbaumer u.a. 2011). Andererseits wird die Bildung des ^{10}Be auch vom Erdmagnetfeld beeinflusst und variiert mit dem Breitengrad. Nach Ausgleich verschiedener Parameter, insbes. der Wirkung des Erdmagnetfeldes, hat unlängst eine Forschungsgruppe um F. Steinhilber aus der Kombination von ^{10}Be -Messungen an mehreren Eisbohrkernen eine Schätzung der direkten Sonneneinstrahlung (TSI) für ein langes Zeitfenster im Holozän vorgelegt (Steinhilber / Beer / Fröhlich 2009; Abreu u.a. 2011; Steinhilber u.a. 2012). Die Werte wurden in 5-Jahres-Abständen publiziert, die jedoch aus einer ursprünglich gröberer Auflösung von 40 Jahren interpoliert sind. Diese rekonstruierten TSI-Werte zeigen in der Neuzeit eine hohe Korrelation mit

Klimaaufzeichnungen und alpinen Gletscherbewegungen (Nussbaumer u.a. 2011). Wir benutzen hier (Abb. 2a) die Datenreihe von Steinhilber, Beer und Fröhlich (2009), da die zunächst im März 2012 veröffentlichten Daten der Publikation Steinhilber u.a. (2012), in der die Bohrkerne beider Pole in das Modell integriert wurden, wieder zurückgezogen wurden und im Juli 2012 noch nicht wieder verfügbar waren (Archiv: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/forcing.html>; 17.7.2012). Die $\delta^{14}\text{C}\%$ -Werte werden nach IntCal04 übernommen, und zwar die mit einem 1000-jährigen gleitenden Mittel berechnete Wertereihe der Residuen (Reimer u.a. 2004); im betrachteten Zeitfenster stehen die Daten in einer Auflösung auf 5 Jahre zur Verfügung (Abb. 2b).

Um neben den solaren Klimaursachen auch einen terrestrischen Verursacher größerer Klimaereignisse zu erfassen, wurden die von G. A. Zielinski und G. R. Mershon (1997) am grönländischen Kern GISP2 in einer langen Zeitreihe erhobenen vulkanischen Sulfate aufgenommen. Die Daten liegen im Beobachtungszeitfenster in etwa 2-jährigen Abständen vor. Wie vergleichende Untersuchungen gezeigt haben (Nussbaumer u.a. 2011), bewirken neben der Sonneneinstrahlung vor allem starke Vulkanausbrüche Klimaereignisse, da sie die auf der Erde ankommende Sonneneinstrahlung modifizieren. Da die übrigen hier verwendeten Beobachtungen zumeist in 5-Jahres-Intervallen vorliegen, werden die publizierten Beobachtungen der Sulfate auf Jahrfünftel verrechnet (Abb. 2c). Als weiteren Klimaschätzer nutzen wir Ergebnisse aus dem Projekt HOCLAT (Wanner u.a. 2011); es hat aus einer Fülle weltweit gesammelter Datensätze u.a. zwei Kurven kompiliert, die die Anzahl globaler Kälte-Ereignisse (ebd. Abb. 3a) und die Anzahl globaler Trocken-Ereignisse (ebd. Abb. 3c) darstellen. Die Mindestanforderung von Wanner u.a. (2011) für die Aufnahme einer einzelnen Datenreihe in diesen Fundus war eine zeitliche Abdeckung von mindestens 7000 Jahren und eine zeitliche Auflösung von besser als 160 Jahre, die dann zu gemeinsamen Kurven verrechnet wurden.

Zu Vergleichszwecken wird das von M. Magny (2004) erarbeitete System der rekonstruierten Meeresspiegelstände in der Westschweiz und Ostfrankreich gezeigt (Abb. 1d), obwohl es sich im Hinblick auf das Klima als mehrdeutig erwiesen hat (Bleicher 2011; Siegmund 2011). Ausgeklammert bleiben die wertvollen Beobachtungen zur Eisdrift auf der Nordhalbkugel (IRD, *ice rafted drift*: Bond u.a. 2001); dieses System spiegelt offenbar langfristige Trends gut wider, ergibt jedoch nicht die hier angestrebte feinere zeitliche Auflösung. Im untersuchten Zeitfenster weist diese Kurve nur einen lokalen Maximalbereich um 3550-3350 v.Chr. und einen Minimalbereich um 3000-2800 v.Chr. auf.

Archäologie

Als archäologische Beobachtung greifen wir zunächst auf eine systematische und schweizweit vollständige Datensammlung von A. Hafner und P. J. Suter (2003; 2006) zurück, die mit Stand Juni 2006 alle bekannten ^{14}C - und dendrochronologisch datierten Siedlungen und Siedlungsphasen erfasst haben. Die Zahl der dort gesammelten Feuchtboden- (n=629) und Trockenbodensiedlungen (n=239) wird hier für die Betrachtung entlang der Zeitachse in 20-Jahresintervallen aggregiert, weil sich sonst keine hinreichenden Häufigkeiten ergeben (Abb. 1e). Da für Schweizer Seeufersiedlungen wegen ihrer Exaktheit in

der Regel dendrochronologische Datierungen angestrebt werden und möglich sind, werden ¹⁴C-Datierungen vor allem für jene Fundstellen durchgeführt, die keine Feuchtbodenerhaltung aufweisen. Daher können die beiden Listen als Schätzer für die Anzahl der bislang bekannten Feuchtbodensiedlungen und Trockenbodensiedlungen herangezogen werden. Dies ermöglicht die Prüfung einer gängigen Hypothese, nach der die Schweizer Seeufersiedlungen vor allem aus klimatischen Gunstphasen stammen. Denn ohne das Zusammenspiel von tiefen Wasserständen während der Besiedlungszeit, die als klimatische Gunstphasen gedeutet werden, und anschließenden Wasserhochständen wäre die Feuchtbodenerhaltung und gute Überlieferung auf uns nicht gegeben.

Für die Beobachtung der Kulturenfolge des Schweizer Neolithikums nutzen wir die umfassende Studie von W. E. Stöckli (2009); in ihr hat er den bei Seeufersiedlungen oft schwierig zu fassenden Zusammenhang zwischen datierten Hölzern und archäologischen Funden systematisch durchgemustert und bestehende Korrelationsfehler bereinigt. Anschließend führte er eine Analyse des Fundgutes - insbesondere der Keramik - durch, und stellt deren Entwicklung über das ganze Neolithikum hinweg dar. Auch wenn die Kulturbegriffe gerade in der Schweiz in ihrer historischen Deutung umstritten sind (z.B. Hafner / Suter 2003), zeigen die in der Archäologie traditionell verwendeten Begriffe jeweils Zeitabschnitte höherer Konstanz und Selbstähnlichkeit an („Kulturen“), während ein starker kultureller Wandel mit einem nachfolgend deutlich veränderten Merkmalsbündel in der Regel zur Benennung mit einem neuen Begriff führt (Lüning 1972; Wotzka 2000; Siegmund 2012). Daher können die bewährten, traditionell verwendeten Begriffe genutzt werden, um jene Zeitpunkte zu identifizieren, in denen der Kulturwandel - soweit er für Archäologen in der materiellen Kultur und im fossilisierten Verhalten greifbar ist - so stark erfolgte, dass die Gemeinschaft der heutigen Archäologen das Vorher und Nachher mit einem jeweils anderen Begriff belegt (Abb. 1f-g; 2d-e). Der Vergleich von Kulturbegriffen und Klimadaten zeigt, ob die Zeiten besonders starken kulturellen Wandels mit Klimaphänomenen zusammenfallen.

Wirtschaftsgeschichte

Als Indikator der Entwicklung der Wirtschaftsweise und ggf. von ökonomischen Reaktionen der Menschen auf Klimaveränderungen und -krisen werden hier wie allgemein üblich die Tierknochenspektren herangezogen. Im Fokus des Interesses steht meist der Wildtieranteil; ein hoher Wildtieranteil wird als eine schnelle Reaktion der Siedlungsgemeinschaften auf Ungunstszeiten gedeutet, um durch vermehrte Jagd kurzfristige ökonomische Krisen auszugleichen (Uerpman 1977; Hüster-Plogmann / Schibler / Steppan 1999; Schibler 2006, 2008; Arbogast u.a. 2006). Daher wurden hier die für den Zürichsee (n=60) und den Bielersee (n=24) greifbaren archäozoologischen Daten zusammengestellt (nach: Hüster-Plogmann / Schibler / Steppan 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; vgl. Siegmund 2011). Die oben geschilderte Revision der chronologischen und kulturellen Zuordnung der Komplexe durch Stöckli (2009) wurde in diesen Datensatz eingearbeitet.

Als wichtige ökonomische Kennzahl wird aus den bestimmaren Knochen üblicherweise der Wildtieranteil berechnet als Anzahl resp. Menge der Wildtiere im Verhältnis zu allen bestimmten Tierknochen. An diesem Vorgehen hatte W. E. Stöckli bereits 1990 einleuchtende Kritik geübt; an den Daten der Seeufersiedlung Twann zeigte er auf, daß die gängige Prozentberechnung zu einer (negativen) Autokorrelation der Daten führt. Ein scheinbar geringerer Wildtieranteil könne aber auch dadurch entstehen, dass bei gleichbleibender Wildtiermenge die Menge der Haustiere ansteige. Zur Vermeidung dieses Phänomens schlug Stöckli vor, die notwendige Relativierung der Daten durch den Bezug auf eine dritte, unabhängige Größe herzustellen. Für Twann zeigte er, dass das Volumen der erfassten Siedlungsschichten dazu sehr geeignet ist und argumentierte mit der Anzahl der Haustierknochen und Wildtierknochen pro Kubikmeter Siedlungsschicht. Doch leider geht das ergrabene Schichtvolumen aus den Publikation anderer Grabungen nur sehr selten hervor, so dass dieser Weg für umfassender vergleichende Studien nicht umsetzbar ist. Die statt dessen gelegentlich zur Relativierung herangezogene Siedlungsfläche (z.B. Schibler 2006; 2010) ist naheliegenderweise ein nur sehr unvollkommener Ersatz für das Volumen und führt zu erheblichen Verzerrungen, wie am Beispiel Twann gezeigt werden kann (Siegmond 2011, 205 Tab. 15). Daher erprobte Chr. Lötscher (Hep Harp / Lötscher 2005) bei der Bearbeitung des Steininventars von Cham-St. Andreas das Konzept, jeweils andere archäologische Fundgattungen zur Relativierung zu nutzen; er konnte zeigen, dass dies praktikabel ist und zu besser auswertbaren Daten führt als eine Relativierung über die Siedlungsfläche. Eine systematische Sichtung der verfügbaren archäologischen Informationen über die hier benutzten 84 Tierknochenspektren zeigt, dass zu diesen Komplexen allein die Anzahl der Keramikscherben regelhaft verfügbar ist, während andere, für unseren Zweck zweifellos ebenso interessante Fundgattungen wie etwa die Mahlsteine oder Felsgesteingeräte nur deutlich seltener quantitativ erfasst und publiziert sind. Daher wird hier zusätzlich zur gängigen Prozentrechnung des Wildtieranteils aus der Gesamtzahl der Knochen die relative Haustier- und Wildtierdichte ermittelt. Da sich die Funddichten von Keramik und Knochen am Zürichsee und in der Westschweiz (hier: Bielersee) deutlich unterscheiden (Siegmond 2011, 206 Tab. 17), muss der Rechenweg entsprechend angepasst werden, um optimal miteinander vergleichbare Werte zu erhalten: (a) Für jede Fundgattung wird die übliche Mengenrelation -z.B. der Wildtiere- zur Anzahl der gefundenen Scherben am Zürichsee insgesamt und am Bielersee insgesamt ermittelt (Siegmond 2011, Tab. 17). - (b) Aus dieser Relation wird für jeden einzelnen Komplex errechnet, wie hoch gemäß der Anzahl der tatsächlich gefundenen Keramik die erwartete Zahl der untersuchten Fundgattung wäre, z.B. der Wildtiere. - (c) Die relative Funddichte ist die Größe „Beobachtet minus Erwartet“, z.B. beobachtete Wildtiermenge minus der anhand der Keramikmenge erwarteten Wildtiermenge. - (d) Die Zahlen werden anhand von Mittelwert und Standardabweichung aller Beobachtungen pro See auf den Mittelwert Null und die Standardabweichung 1 transformiert („z-Transformation“). Das Resultat ist die hier verwendete Wildtier- und Haustierdichte.

Die Datenverwaltung und die Berechnung der Statistiken erfolgte mit Hilfe von SPSS 20. Da die untersuchten Daten nicht der Normalverteilung folgen, werden nicht-parametrische Tests und Rangkorrelationskoeffizienten berechnet, die graphische Darstellung erfolgt als Boxplots.

Proxy	4300 - 2500 BC		5500 BC - 2000 AD	
	mean \pm std.dev.	min. - max.	mean \pm std.dev.	min. - max.
δ TSI	-0.139 \pm 0.341	-0.97 - 0.44	-0.048 \pm 0.323	-0.97 - 0.80
$\delta^{14}\text{C}$	0.676 \pm 6.543	-10.8 - 16.1	-0.098 \pm 5.651	-14.8 - 16.1
$\delta^{18}\text{O}$	-34.797 \pm 0.237	-35.36 - -34.20	-34.906 \pm 0.279	-35.70 - -34.20
n cold	14.97 \pm 3.56	9.22 - 21.89	13.47 \pm 3.54	4.20 - 21.94
n dry	10.13 \pm 2.12	6.20 - 15.28	10.08 \pm 2.93	2.06 - 18.16
volcanic sulfate	6.64 \pm 29.49	(64 mal >30)	5.70 \pm 23.04	(161 mal >30)

Tab. 1. Zusammenstellung von Mittelwert (mean) plus/minus Standardabweichung (std.dev.), Minimum und Maximum der hier untersuchten Klimaschätzer im Zeitfenster des Schweizerischen Seeuferneolithikums (4300 - 2500 v.Chr.) im Vergleich zu den Werten für das gesamte agrarische Holozän (5500 v.Chr. bis heute).

Ergebnisse

Die Aussage der Klimaschätzer über das Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. insgesamt

Tab. 1 vergleicht die Mittelwerte der hier untersuchten Parameter im Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. mit den Daten für die gesamte Zeit des Holozäns, in der in Mitteleuropa Ackerbau und Viehzucht betrieben wurden (ca. 5500 v.Chr. bis heute). Die mittlere Sonneneinstrahlung (δ TSI) war im Mittel im Untersuchungszeitfenster etwas geringer bei ähnlicher Streuung der Werte. Die $\delta^{14}\text{C}$ -Reihe wird gegen ein langjähriges Mittel verrechnet, weshalb der Vergleich der beiden Mittelwerte hier keine besondere Aussage beinhaltet; interpretierbar ist jedoch die Beobachtung, dass die Standardabweichung im Neolithikum recht hoch war. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte sind im Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. höher als für den gesamten Zeitabschnitt seit 5500 v.Chr., insgesamt waren die Jahresmitteltemperaturen also etwas höher. Nach der Kompilation des Projektes HOCLAT (Wanner u.a. 2011) war die Anzahl der globalen Kalt-Ereignisse im Zeitabschnitt 4300-2500 v.Chr. etwas höher als üblich, während es hinsichtlich der Anzahl der Trocken-Ereignisse keinen Unterschied gab. Bei der Interpretation des vulkanischen Sulfats im Eiskern GISP2 (als ppb 'parts per billion' EOF-5: Zielinski / Mershon 1997) sind Mittelwert und Standardabweichung im Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. leicht erhöht, doch bilden beide Parameter in diesem Fall keine adäquaten Maßzahlen, da relativ wenige, kurz andauernde und starke Ereignisse vielen Jahren ohne Effekte gegenüberstehen, d.h. eine extrem linkssteile Verteilung der Daten vorliegt. Daher wird hier - orientiert am arithmetischen Mittel der Zeit 4300-2500 v.Chr. von um 30 ppb - die Anzahl der Jahrfünfte mit Ereignissen stärker als 30 ppb gezählt. Sie liegt mit 64 Ereignissen, d.h. 0.18 pro Jahrfünft, im Zeitabschnitt 4300-2500 v.Chr. um den Faktor 1.7 höher als im gesamten Zeitfenster, wo es seit 5500 v.Chr. insgesamt 161 Ereignisse sind, d.h. 0.11 pro Jahrfünft. Das deutet auf deutlich höhere vulkanische Aktivitäten während des Schweizer Seeuferneolithikums hin, die möglicherweise zu

vermehrten kurzfristigen Klimaereignissen geführt haben. Alle Parameter zusammen zeigen, dass man sich das damalige Klima im Vergleich zum holozänen Mittel als generell etwas wärmer und zugleich stärker schwankend vorstellen darf.

Vertiefende Einblicke zum Zusammenspiel der einzelnen Klimaschätzer gewährt die Betrachtung entlang der Zeitachse (Abb. 2a-c). Den genannten besonders starken vulkanischen Ereignissen (Abb. 2c) folgen jeweils stark erniedrigte δ TSI-Werte (4040-35, 3975, 3905, 3515, 2955 v.Chr.), aber nicht alle Täler der δ TSI-Kurve hängen mit vulkanischen Ereignissen zusammen. Die starken vulkanischen Ereignisse um 4040-35, 3975, 3905 und 3515 v.Chr. zeichnen sich auch in der $\delta^{14}\text{C}$ -Kurve (Abb. 2b) als Minima ausnehmend geringer Sonneneinstrahlung ab, während die Ereignisse um 3200-3170 und 2955 v.Chr. im Gegenteil mit Abschnitten hoher Sonneneinstrahlung einhergehen. Die δ TSI- und die $\delta^{14}\text{C}$ -Kurve (Abb. 2a-b) verlaufen gegenläufig mit nahezu identischer Lage der Maxima resp. Minima, gemeinsam sind sie offenbar gute und zeitsensible Anzeiger der Sonneneinstrahlung. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve und die Kurve der Kalt- und Trocken-Ereignisse (Abb. 1a-c) folgen dem Kurvenverlauf von δ TSI, $\delta^{14}\text{C}$ und des vulkanischen Sulfats nicht eng, was teils mit ihrer etwas gröberen zeitlichen Auflösung zusammenhängen mag, aber wohl auch mit dem Umstand, dass beim Klima Ursache, z.B. Sonne und Vulkanausbrüche, und Wirkung in einem sehr komplexen und nicht immer direkten Zusammenhang stehen.

Die Häufigkeit der Feuchtboden- und Trockenbodensiedlungen und ihr Klimabezug

Die Häufigkeit der Feuchtboden- (n=629) und Trockenbodensiedlungen (n=239) in den 20-Jahres-Intervallen ist gänzlich unabhängig voneinander; der Rangkorrelationskoeffizient (Kendall's tau) liegt bei 0.055 mit einer Signifikanz von 0.592. Nach der gängigen These, die Siedlungen mit Feuchterhaltung seien an niedrige Wasserstände gebunden, während die Trockenbodensiedlungen Zeiten hoher Wasserstände widerspiegeln, wäre eine signifikante negative Korrelation zu erwarten gewesen. Diese Unabhängigkeit voneinander zeigt sich auch entlang der Zeitachse (Abb. 1e), wo die beiden Kurven keine klare Gegenläufigkeit zueinander aufweisen. Vielmehr zeigen sich in einigen Zeitabschnitten eher parallele Zu- und Abnahmen beider Überlieferungsarten, z.B. im Zeitfenster 3900-3500 v.Chr. Dies betrifft insbesondere auch immer wieder diskutierte Krisenzeiten wie etwa 3660-3600 v.Chr. (Schibler 2010), in denen die Abnahme beider Siedlungsarten gänzlich parallel verläuft. Der Zusammenhang mit den Seespiegelständen nach Magny 2004 ist grundsätzlich für beide Siedlungstypen gegeben (Abb. 1d), wobei einige Zeitabschnitte mit dem gängigen Bild unvereinbar sind (insbes. 3650-3500 v.Chr. und 2950-2875 v.Chr.), was die bereits andernorts geäußerten Zweifel am System der Seespiegelstände nach Magny (2004) erhärtet. Die Korrelation der Anzahl beider Siedlungstypen mit den Klimaschätzern geht aus Tab. 2 hervor. Die Feuchtbodensiedlungen sind wie modellhaft erwartet mit den Klimaschätzern signifikant korreliert, die Zusammenhänge sind jedoch mit Korrelationskoeffizienten um 0.3 relativ schwach. Die Zahl der Trockenbodensiedlungen ist gänzlich unabhängig von der Mehrheit der Klimaschätzer; ein schwacher, aber signifikanter Zusammenhang besteht allein mit der Zahl der Trocken-Ereignisse. Eine Betrachtung entlang der Zeitachse vertieft dieses Bild (Abb. 1-2) und erweckt den Eindruck, dass die Verhältnisse vor und nach der Quellenlücke um 3300-3400 v.Chr. am Zürichsee

unterschiedlich sein könnten. Daher wird die Rangkorrelation der Parameter in Tab. 3 erneut untersucht, nun zeitlich in zwei Abschnitte differenziert. Danach ist die Anzahl beider Siedlungstypen im Zeitfenster 4300-3400 v.Chr. gänzlich unabhängig von allen hier beobachteten Klimaschätzern. Nach 3400 v.Chr., d.h. beginnend mit der Horgener Kultur, ist die Anzahl der Feuchtbodensiedlungen mit der Anzahl der Kalt- und Trocken-Ereignisse und der Sonneneinstrahlung positiv und signifikant korreliert (Tab. 3), während die Anzahl der Trockenbodensiedlungen allein mit der Sonneneinstrahlung korreliert, und zwar positiv und ähnlich stark wie bei den Feuchtbodensiedlungen.

	n cold	$\delta^{18}\text{O}$	n dry	δTSI	$\delta^{14}\text{C}$	volc. sulf.
n Siedlungen dendrodat.	** 0.334 0.000	-0.064 0,443	** 0.295 0.000	** 0.317 0.000	* -0.200 0.016	0.060 0.483
n Siedlungen ^{14}C -datiert	0.157 0.081	-0.135 0.134	* 0.202 0.024	0.120 0.184	0.069 0.444	0.077 0.409

Tab. 2. Rangkorrelation (Kendall's tau, oben, und Signifikanz, unten) der Anzahl der Feuchtbodensiedlungen und Trockenbodensiedlungen mit den Klimaschätzern. Signifikante Zusammenhänge (sign. < 0.05) sind mit einem * markiert, hochsignifikante (sign. < 0.01) mit **.

4300-3400 BC	n cold	$\delta^{18}\text{O}$	n dry	δTSI	$\delta^{14}\text{C}$	volc. sulf.
n Siedlungen	0.097	0.181	0.220	0.185	-0.262	-0.171
dendrodat.	0.503	0.212	0.129	0.203	0.071	0.250
n Siedlungen	0.218	-0.050	0.118	0.007	-0.032	0.024
^{14}C -datiert	0.079	0.687	0.324	0.954	0.796	0.850
3400-2500 BC						
n Siedlungen	** 0.471	-0.104	** 0.451	** 0.392	-0.145	0.154
dendrodat.	0.000	0.319	0.000	0.000	0.165	0.154
n Siedlungen	0.086	-0,233	0.238	* 0.340	0.163	0.177
^{14}C -datiert	0.529	0.087	0.081	0.013	0.235	0.210

Tab. 3. Rangkorrelation (Kendall's tau, oben, und Signifikanz, unten) der Anzahl der Feuchtbodensiedlungen und Trockenbodensiedlungen mit den Klimaschätzern, differenziert in die Zeitabschnitte 4300-3400 v.Chr. (oben) und 3400-2500 v.Chr. (unten).

circa hier -oder vorher- auf linker Seite Abb. 1 einfügen; bitte dazu Abb. 2 gegenüber, und auf gleicher Höhe

Abb. 1: Zusammenstellung der langsamer reagierenden resp. zeitlich weniger differenziert aufgelösten Klimaschätzer entlang der Zeitachse 4300-2500 v.Chr. - (a) $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der grönländischen Eisbohrkerne GRIP, NGRIP und GISP2, berechnet im 100-jährigen gleitenden Mittel. Obere waagerechte Bezugslinie = Mittelwert im Zeitfenster 4300-2500 v.Chr.; untere waagerechte Bezugslinie = Mittelwert im Zeitfenster 5500 v.Chr. bis heute. - (b) Anzahl der globalen Kalt-Ereignisse nach Wanner u.a. 2011. - (c) Anzahl der globalen Trocken-Ereignisse nach Wanner u.a. 2011. - (d) Seespiegelstände nach Magny 2004; Linie oben = Zeitabschnitte hoher Seespiegelstände (Magny Episoden 10, 9 und 8), Linie unten = Zeitabschnitte niedriger Seespiegelstände. - (e) Anzahl der dendrochronologisch datierten Siedlungen (offene Symbole, durchgezogene Linie) und der ^{14}C -datierten Siedlungen (schwarze Symbole, unterbrochene Linie) nach Hafner / Suter 2006. - (f) Abfolge der neolithischen Kulturen in der Region Zürichsee nach Stöckli 2009: Egolzwil, Cortaillod, Pfyn, Horgen und Schnurkeramik. - (g) Abfolge der neolithischen Kulturen in der Westschweiz (Bielersee, Murtensee, Neuenburgersee) nach Stöckli 2009: Cortaillod ancien, Cortaillod classique, Cortaillod tardif / Port-Conty, Horgen, Lüscherz und Auvernier cordé. In den durch senkrecht gestrichelte Linien markierten Zeitabschnitten lassen archäologische Quellenlücken keine Aussage zu.

circa hier -oder vorher- auf rechter Seite Abb. 2 einfügen; bitte auf Seite gegenüber Abb. 1 und auf gleicher Höhe

Abb. 2: Zusammenstellung der schneller reagierenden resp. zeitlich stärker aufgelösten Klimaschätzer entlang der Zeitachse 4300-2500 v.Chr. - (a) Intensität der Sonneneinstrahlung auf die Erde (δTSI); hohe Werte bedeuten eine starke Sonnenaktivität. - (b) Verlauf der $\delta^{14}\text{C}$ -Werte; hohe Werte stehen für eine geringe Sonnenaktivität. - (c) Vulkanische Sulfate im grönländischen Eiskern GISP2; die besonders hohen Peaks >100 ppb fallen in die Jahre um 4040-35, 4010, 3975, 3905, 3515, 3200-3170 und 2955 v.Chr. - (d) Abfolge der neolithischen Kulturen in der Region Zürichsee nach Stöckli 2009: Egolzwil, Cortaillod, Pfyn, Horgen und Schnurkeramik. - (e) Abfolge der

neolithischen Kulturen in der Westschweiz (Bielersee, Murtensee, Neuenburgersee) nach Stöckli 2009: Cortaillod ancien, Cortaillod classique, Cortaillod tardif / Port-Conty, Horgen, Lüscherz und Auvernier cordé. In den durch senkrecht gestrichelten Linien markierten Zeitabschnitten lassen archäologische Quellenlücken keine Aussage zu.

Gibt es einen Zusammenhang von Klima und Kulturwandel ?

Der Kulturverlauf ist nicht über den ganzen Untersuchungszeitraum sicher beurteilbar, da einige Quellenlücken einer durchgehenden Kulturzuweisung entgegenstehen (Abb. 1 f-g und 2 d-e: gestrichelte Abschnitte). Soweit beurteilbar, fallen die starken kurzzeitigen Ereignisse, die sich in den Kurven des vulkanischen Sulfats, δTSI und $\delta^{14}\text{C}$ abzeichnen (Abb. 2a-c), mit Abschnitten einer ruhigen, kontinuierlichen Kulturentwicklung zusammen. Dies kann am Zürichsee mit Sicherheit vor allem für die Cortaillod-Kultur beobachtet werden, in deren Verlauf wiederholt sehr starke Schwankungen der Klimaverursacher ablesbar sind (Abb. 2a-c). An den Jurarandseen (Bielersee, Murtensee, Neuenburger See) ist dieser Befund noch sicherer beobachtbar, weil hier die kontinuierliche Kulturentwicklung von Cortaillod ancien über Cortaillod classique nach Cortaillod tardif und Port Conty zeitlich länger bis ca. 3350 v.Chr. beobachtet werden kann. Nach der Quellenlücke um 3400 v.Chr. lässt sich die Horgener Kultur vor allem am Zürichsee über einen langen Zeitraum beobachten; wiederum fallen in dieses Zeitfenster starke Klimaereignisse, z.B. um 3200-3150 und um 2975-2950 v.Chr., ohne einen starken generellen Kulturwandel hervorzurufen. Generalisierend kann daraus die These abgeleitet werden: Kurze starke Klimaereignisse führten im Schweizer Neolithikum nicht zu Kulturwandel. Lediglich der Übergang von Horgen zur Schnurkeramik resp. der Beginn von Lüscherz fallen um 2800 v.Chr. in die Zeit eines starken Sonnenmaximums.

Anders stellt sich dies beim Blick auf die Kurve der globalen Kälte- und Trocken-Ereignisse dar (Abb. 1b-c). In der Ostschweiz fällt der Übergang von Cortaillod zu Pfyn um 3800 v.Chr. mit einem lokalen Gipfel in beiden Kurven zusammen, was für eine Kombination von global sehr wenigen Kalt-Ereignissen und vielen Trocken-Ereignissen steht; zugleich zeigen auch die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte einen Wärme-Gipfel an (Abb. 1a). Der Übergang von Pfyn zu Horgen um 3400 v.Chr. erfolgt während des kältesten Abschnitts im gesamten Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. (Abb. 1a: $\delta^{18}\text{O}$), der zugleich mit besonderer Nässe (Abb. 1c: Minimum bei n dry) einhergeht. Der Übergang von Horgen zur Schnurkeramik um 2800 v.Chr. erfolgt in den Verläufen der Kalt-Ereignisse, Trocken-Ereignisse und der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte unmittelbar nach den jeweils zweitstärksten lokalen Minima des gesamten Zeitfensters (Abb. 1a-c). In der Westschweiz erkennen wir um 3800 v.Chr. und um 3400 v.Chr. keinen besonderen archäologischen Wandel, jedoch erfolgt hier um 2800 v.Chr. mit dem Beginn von Lüscherz resp. dem Wechsel von Horgen zu Lüscherz ebenfalls ein starker Kulturwandel. Die Einschnitte um 3800 v.Chr. und um 2800 v.Chr. fallen auch mit lokalen Minima in der Anzahl der Siedlungen zusammen (Abb. 1d), und zwar sowohl bei den Feuchtboden- als auch bei den Trockenbodensiedlungen. Demgegenüber besteht bei keinem dieser drei Brüche ein klarer Zusammenhang mit den Seespiegelständen (Abb. 2d). Generalisierend deutet sich damit an, dass der Kulturwandel im Schweizer Seeuferneolithikum nicht mit den kurzen Klimakrisen zusammenhängt, aber in mehreren Fällen mit dem Ende starker längerer klimatischer Stressphasen.

Gibt es einen Zusammenhang zwischen Klimaschätzern und Tierknochenmengen?

Eine erste Antwort auf diese Frage gibt die (Rang-) Korrelation zwischen dem Wildtieranteil resp. der Wildtier- und Haustierdichte mit den Klimaschätzern (Tab. 4). Auch da, wo der Korrelationskoeffizient Signifikanz erreicht (mit * resp. ** markiert), sind die Zusammenhänge schwach. Dies verdeutlicht die hier zusätzlich aufgeführte Korrelation mit der Zeit (in Jahren v.Chr.), die den langfristigen Entwicklungstrend erfasst. Im Falle des Wildtieranteils ist sie hochsignifikant und ähnlich hoch wie die Korrelation mit demjenigen der Klimaschätzer, der den stärksten Zusammenhang bietet (δ TSI). Hinsichtlich der Tierdichten gibt es keinen Zeittrend bei den Jagdtieren, aber einen starken Zeittrend bei den Haustieren, deren Menge hochsignifikant zunimmt. Dieser Zusammenhang zwischen der Zunahme der Haustiere und der Zeit zeigt die höchste Korrelation in der ganzen Tabelle.

	n cold	$\delta^{18}\text{O}$	n dry	δ TSI	$\delta^{14}\text{C}$	volc. sulf.	year BC
% Wild	** -0.233 0.003	** 0.238 0.003	-0.072 0.363	** - 0.273 0.001	-0.161 0.041	0.025 0.770	** -0.266 0.001
Wildtier- dichte	0.010 0.992	0.098 0.343	-0.091 0.379	* - 0.232 0.026	0.104 0.314	0.017 0.881	0.083 0.422
Haustier- dichte	* 0.246 0.017	** -0.316 0.002	0.000 1.000	0.108 0.299	-0.185 0.073	0.160 0.165	** 0.448 0.000

Tab. 4. Rangkorrelation (Kendall's tau, oben, und Signifikanz, unten) zwischen dem Wildtieranteil (in Prozent, übliche Berechnung), der Wildtier- und der Haustierdichte (relativ zur Keramikmenge) mit den Klimaschätzern und mit der Zeitachse.

In der Detailbetrachtung unterstreicht Tabelle 4 methodisch die von Stöckli (1990) formulierte Kritik an der Analyse der Wildtiere anhand ihres Prozentanteils. Wie nach dem gängigen Modell erwartet, korreliert der Wildtieranteil (% Wild) negativ mit der Sonneneinstrahlung δ TSI und positiv mit den $\delta^{14}\text{C}$ -Werten, d.h. die Wildtieranteile steigen signifikant mit nachlassender Sonnenintensität. Andererseits steigt der Wildtieranteil zugleich mit den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten und verhält sich gegenläufig zur Zahl der globalen Kälte-Ereignisse, d.h. er steigt mit zunehmender Wärme. Der widersprüchliche Befund löst sich bei der Analyse über die Dichte der Wild- und Haustiere. Die Wildtierdichte hängt allein signifikant mit der Sonneneinstrahlung (δ TSI) zusammen: je weniger Sonneneinstrahlung, desto mehr Wildtiere. Die Haustierdichte korreliert positiv mit der Anzahl der globalen Kälteereignisse und negativ mit den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten: die Menge der (geschlachteten) Haustiere nimmt mit den langsameren Indikatoren für kältere Jahre zu. Doch wie der Vergleich mit der Korrelation entlang der Zeitachse unterstreicht, sind die klimatisch bedingten Effekte relativ schwach.

Abb. 3 trägt die Wildtieranteile und die Wild- und Haustierdichten entlang der Zeitachse auf und erlaubt so einen Vergleich mit Abb. 1 und 2. Die Haustiermenge (Abb. 3c) steigt im Trend von ca. 3900-3700 v.Chr. an und zeigt in diesem Abschnitt keinen Zusammenhang mit den Klimaschätzern. Hinter dem

starken Ausschlag bei Haus- und Wildtieren kurz nach 3800 v.Chr. steht allein die Station Cham-St. Andreas mit ihren von Reduktion geprägten Überlieferungsbedingungen, dieser Gipfel sollte daher nicht als wesentlich interpretiert werden. Nach um 3700 v.Chr. fällt die Haustierdichte bis ca. 3550 v.Chr. wieder ab, ohne dass ein eindeutiger Zusammenhang mit den Klimaschätzern erkennbar wäre (Abb. 1-2). Nach 2800 v.Chr. steigt die Haustierdichte kräftig an. Auch bei den Wildtierdichten (Abb. 3b) kann der kurze Gipfel um 3800 v.Chr. beiseite gelassen werden. Der Gipfel der Wildtierdichte um 3600 v.Chr. ist durch vier gut untersuchte und umfangreiche Komplexe vom Zürichsee bestens gestützt. Er fällt zusammen mit den extremen Ausschlägen der δTSI - und $\delta^{14}\text{C}$ -Werte um 3600 v.Chr. (Abb. 2a-b), die auf ein kurzfristig starkes Nachlassen der Sonnenaktivität hindeuten. Das konventionelle Modell, nach dem kurze klimatische Ungunstphasen von den Menschen durch vermehrte Jagd aufgefangen wurden (Schibler 2006; Schibler / Jacomet 2010), findet hier seine Stütze. Die beiden nach den δTSI - und $\delta^{14}\text{C}$ -Werten klimatisch ähnlich starken Extremzeiten um 3500-3475 v.Chr. und um 3400-3350 v.Chr. gehen jedoch nicht mit vergleichbar erhöhten Wildtiermengen einher. Der nächste Gipfel in der Kurve der Wildtiermengen um 3100 v.Chr. fällt nicht mit besonderen Klimaereignissen zusammen. Insofern unterstreicht die Analyse entlang der Zeitachse den schon an der Korrelationstabelle (Tab. 4) ablesbaren Befund, dass es über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg - von punktuellen Ausnahmen abgesehen - keinen engen Zusammenhang zwischen Klima, Jagd und Haustierwirtschaft gab.

circa hier Abb. 3 a-c einfügen

Abb. 3. Projektion der Tierknochenanalysen entlang der Zeitachse. (a) Wildtieranteil (% game), (b) Wildtierdichte (hunted animals), (c) Haustierdichte (domestic animals). Die Abbildung 3a enthält etwas mehr Beobachtungen als 3b-c, da für einige Stationen zwar Tierknochenbestimmungen, aber keine Keramikmengen vorliegen. Die waagerechte Linie zeigt zur Orientierung den Mittelwert im Zeitfenster 4300-3500 v.Chr. an.

Der Einfluss von Kultur und Klima auf die Tierdichte

Anhand der Korrelation (Tab. 4) und der näheren Analyse entlang der Zeitachse (Abb. 3) ist ein gewisser Zusammenhang zwischen einigen der Klimaschätzer und den Haus- und Wildtierdichten erwiesen. Unklar ist, wie bedeutend dieser Zusammenhang ist. Um dies abschätzen zu können, wird der Einfluss des Klimas mit dem Einfluss der Kulturen verglichen. Zunächst werden die klimatisch „extremen“ Jahre identifiziert, und zwar anhand der hier in feinerer Auflösung verfügbaren Schätzer δTSI , $\delta^{14}\text{C}$ und den vulkanischen Ereignissen, die gemeinsam für eher kürzere Ereignisse stehen. Im Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. werden diejenigen Jahre als „extrem“ klassifiziert, in denen entweder der δTSI -Wert oder der $\delta^{14}\text{C}$ -Wert jenseits ihres Interquartilbereiches (δTSI : -0.350 - 0.120; $\delta^{14}\text{C}$: -4.300 - 5.300) liegen, oder in denen die vulkanischen Sulfate mehr als 30 ppb erreichen. Jahre mit einem δTSI unter -0.350, einem $\delta^{14}\text{C}$ über 5.300 oder einem vulkanischen Sulfat über 30 ppb gelten als extrem sonnenarme Jahre, Jahre mit einem δTSI über 0.120 oder einem $\delta^{14}\text{C}$ unter -4.300 gelten als extrem sonnenreiche Jahre. Die automatische Gleichsetzung von „sonnenarm“ mit ungünstigen Bedingungen und vor allem von „sonnenreich“ mit günstigen Bedingungen hat unlängst Bleicher (2011) anschaulich mit Belegen

problematisiert, weshalb hier nur beschrieben wird, die Deutung der Klimaschätzer als günstig oder ungünstig jedoch vermieden wird.

Abb. 4a-b einfügen, beide Boxplots gleich groß & nebeneinander

Abb. 4a: Boxplot der Haus- und Wildtierdichten am Zürichsee in klimatisch ungünstigen (n=10), normalen (n=15) und günstigen Jahren (n=14). Die Unterschiede bei den Haustieren und bei den Wildtieren sind statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-H-Test, Haustiere χ^2 10.702, sign. 0.005; Wildtiere χ^2 8.255, sign. 0.016).

Abb. 4b: Boxplot der Haus- und Wildtierdichten am Zürichsee in den vier Kulturen Cortaillod (n=11), Pfyn (n=11), Horgen (n=10) und Schnurkeramik (n=6). Die Unterschiede bei den Haustieren sind statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-H-Test, χ^2 23.471, sign. 0.000; ohne Schnurkeramik: χ^2 14.147, sign. 0.001). Die Unterschiede bei den gejagten Tieren sind statistisch nicht signifikant (χ^2 5.005, sign. 0.171).

	25 %	Median	75 %
sonnenreiche Jahre	-0.673	0.019	0.343
normale Jahre	0.018	0.280	1.691
sonnenarme Jahre	-1.026	-0.337	-0.062
Schnurkeramik	0.937	1.600	1.885
Horgen	0.056	0.123	0.747
Pfyn	-0.869	-0.065	0.073
Cortaillod	-1.456	-0.341	-0.117

Tab. 5: Die Haustierdichten (Median, Interquartilbereich) für die normalen, extrem sonnenreichen und extrem sonnenarmen Jahre, sowie für die Kulturenfolge am Zürichsee. Die Spanne der Mediane entlang des Klimas beträgt 0.356, über die Kulturen 1.941 (resp. 0.464 ohne die Schnurkeramik).

	25 %	Median	75 %
sonnenreiche Jahre	-0.772	-0.249	-0.010
normale Jahre	-0.513	-0.157	0.065
sonnenarme Jahre	-0.108	0.183	1.564
Schnurkeramik	-0.555	-0.346	-0.115
Horgen	-0.213	0.087	0.557
Pfyn	-0.399	0.007	1.120
Cortailod	-0.767	-0.157	-0.078

Tab. 6: Die Wildtierdichten (Median, Interquartilbereich) für die normalen, extrem sonnenreichen und extrem sonnenarmen Jahre, sowie für die Kulturenfolge am Zürichsee. Die Spanne der Mediane entlang des Klimas beträgt 0.432, über die Kulturen 0.353.

In Abb. 4 sind die Haus- und Wildtierdichten für die Stationen am Zürichsee differenziert in diesen drei Gruppen dargestellt (Abb. 4a), daneben differenziert nach den archäologischen Kulturen (Abb. 4b; vgl. Jacomet / Schibler 2010, 119 Abb. 2). Tab. 5-6 liefern die Zahlen zu diesen Diagrammen (Abb. 4): Der Median wird als mittlerer Wert aufgeführt und der Interquartilbereich, in dem 50% aller Beobachtungen liegen, als Indikator für die Streuung. Die Unterschiede in den Haustier- und Wildtierdichten entlang der Klimaschätzer sind statistisch signifikant, und zwar für Haustiere und Wildtiere gleichermaßen (Abb. 4a-b). Im Vergleich zu normalen Jahren werden in besonders sonnenarmen Jahren mehr Wildtiere gejagt, aber auch weniger Haustiere konsumiert (anders: Schibler / Jacomet 2010). In den besonders sonnenreichen Jahren sind die Haustier- und die Wildtierdichte gemeinsam geringer als in den normalen Jahren. In der Kulturenfolge am Zürichsee zeigt sich bei den Wildtierdichten kein statistisch signifikanter Unterschied (Abb. 4b), während die Haustierdichten signifikant unterschiedlich sind, und zwar auch dann, wenn man die sehr haustierreiche Schnurkeramik ausklammert. Die Relationen zwischen Haus- und Wildtieren und die Mengentwcklung von Kultur zu Kultur weicht von andersorts entwickelten Darstellungen nicht unerheblich ab (Jacomet / Schibler 2010 Abb. 2). Die Spanne der Mediane der Haus- und der Wildtierdichte (Minimum - Maximum) liegt über die Klimaextreme und über die Kulturen bei jeweils um 0.4 (ohne Haustiere Schnurkeramik), d.h. der Einfluss der kulturellen Unterschiede ist ähnlich groß wie der von Klimaextremen. Bei der Haustierdichte ist der Einfluss der Kultur deutlich höher als der des Klimas, bei der Wildtierdichte ist Einfluss des Klimas leicht erhöht. Um die Bilder zu vereinfachen und die Trends des üblichen Geschehens am Zürichsee besser zu veranschaulichen, wurden die Tierdichten wieder zurückgerechnet in die mittlere Anzahl der entsprechenden Knochen pro 1000 Scherben und die Mittelwerte (Mediane aus Tab. 5-6) in Säulendiagrammen dargestellt (Abb. 5a-b). Wesentlich ist, dass sie in ihrer y-Achse gleich skaliert sind, so dass die Stärke des Einflusses von Kultur und von Klima vergleichbar ist. Abb. 5a macht deutlich, dass beim Klima die

Auswirkungen schwieriger Jahre auch auf den Haustierbestand gravierend waren und der Schwund dort stärker war als die Vermehrung der Wildtiernutzung. Der Blick auf die kulturbedingten Unterschiede (Abb. 5b) lässt erkennen, dass am Zürichsee in der Sequenz Cortaillod, Pfyn und Horgen auch die Nutzung der Wildtiere kontinuierlich zunahm, die der Haustiere jedoch stärker. Erst mit der Schnurkeramik zeigt sich ein deutlich abweichendes Kulturverhalten. Der Blick auf das Spektrum der Haustiere (Abb. 6) zeigt die wesentlichen Innovationen der jeweiligen Kulturen: Mit Pfyn nimmt die Tiernutzung insgesamt erheblich zu, bei durchaus ähnlichem Spektrum wie zuvor, mit der Horgener Kultur steigt die Schweinenutzung sehr stark an, während die Schnurkeramik bei gleichbleibend hoher Schweinehaltung nun erheblich mehr Rinder hält.

hier Abb. 5a-b einfügen

Abb. 5: Vergleich der Entwicklung der Haustier- und Wildtiermengen nach Klima- und Kulturgruppen. Die Mediane der Daten in Tab. 5-6 sind zurückgerechnet auf Tiermengen pro 1000 Scherben. - (a) Nach den drei Klimagruppen: extrem sonnenarme Jahre und/oder ungewöhnliche Vulkanaktivität, normale Jahre und extrem sonnenreiche Jahre. - (b) Nach den Kulturgruppen.

hier Abb. 6 einfügen

Abb. 6: Die kulturbezogene Entwicklung der Mengen der wesentlichen Haustiere (Rinder, Schweine und Schaf / Ziege) am Zürichsee. Dargestellt sind die auf Tiermengen pro 1000 Scherben zurückgerechneten Daten nach Siegmund 2011, Tab. 17 und 20.

Schlussfolgerungen

Durch die Hinzuziehung mehrerer z.T. erst in jüngerer Zeit publizierter Schätzer kann das Klima im hier untersuchten Zeitfenster 4300-2500 v.Chr. genauer erfasst werden. Im Vergleich zum gesamten agrarisch genutzten Holozän ab 5500 v.Chr. war es im Mittel etwas wärmer bei zugleich leicht geringerer direkter Sonneneinstrahlung; bei mittlerer Trockenheit weist es etwas mehr Kalt-Ereignisse und häufigere Vulkanaktivitäten auf (Tab. 1). Entlang der Zeitachse werden vor allem mehrere starke kurzfristige Schwankungen greifbar (Abb. 1-2). Diese kurzen Ereignisse fallen im Schweizer Neolithikum in Abschnitte ruhiger, ungebrochener kultureller Entwicklung, sie haben den Kulturwandel nicht forciert. Starker Kulturwandel um 3800 v.Chr., 3400 v.Chr und 2800 v.Chr. fällt vielmehr zusammen mit den Extremen längerfristiger Entwicklungen (Kurve der Kalt-Ereignisse, Trocken-Ereignisse, $\delta^{18}\text{O}$), d.h. der Kulturwandel steht am Ende längerer Phasen von zunehmendem klimabedingtem Stress resp. er folgt ihnen unmittelbar (Abb. 1); dabei meint „Stress“ eine schleichende deutliche Veränderung des zuvor kulturimmanent üblichen Zustandes. Die Anzahl der Siedlungen ist nicht stark vom Klima geprägt (Abb. 1d). Bis zu der Quellenlücke um 3400 v.Chr., kulturell also im Abschnitt Egolzwil, Cortaillod und Pfyn, gibt es keinen Zusammenhang zwischen der Zahl der Siedlungen und den Klimaschätzern (Tab. 3), weshalb die Gleichung „Seeufersiedlung = Schönwettersiedlung“ nicht aufrecht erhalten werden kann. Danach, d.h. im Abschnitt Horgener Kultur und Schnurkeramik, besteht ein solcher Zusammenhang

(Tab. 3); er ist schwach und betrifft hinsichtlich der Sonneneinstrahlung Feucht- und Trockenbodenstandorte gleichermaßen. Die beiden hier als Wirtschaftsindikatoren herangezogenen Indizes Haustierdichte und Wildtierdichte zeigen einen Zusammenhang mit dem Klima; einzelne, aber keinesfalls alle starken kurzfristigen Klimaereignisse gehen mit einer erhöhten Wildtierdichte einher (Abb. 1-3). Anhand der Schätzer δTSI , $\delta^{14}\text{C}$ und stark erhöhter vulkanischer Sulfate können kurzfristige Klimaereignisse gut identifiziert werden. Die so herausgearbeiteten besonders sonnenreichen und besonders sonnenarmen Jahre fallen nicht unerwartet mit einer angepassten Tiernutzung zusammen (Abb. 4a, 5a): Bei extremer Sonnenarmut wurden weniger Haustiere geschlachtet und mehr Wildtiere gejagt, in extrem sonnenreichen Zeiten geht die Haus- und Wildtiernutzung zurück. Der Vergleich des Einflusses des Klimas mit dem Einfluss der Kultur (Tab. 5-6, Abb. 5) zeigt, dass der Einfluss der Kultur in etwa ebenso stark ist wie der des Klimas und bei den Haustieren die Bedeutung der Kultur die des Klimas deutlich übersteigt.

Literatur

- Abreu u.a. 2012: J. A. Abreu / J. Beer / F. Steinhilber u.a., ^{10}Be in Ice Cores and ^{14}C in Tree Rings: Separation of Production and Climate Effects. *Space Science Reviews* 2012. doi: 10.1007/s11214-011-9864-y.
- Andersen u.a. 2006: K. K. Andersen / A. Svensson / S. J. Johnsen u.a., The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15-42 ka Part 1: constructing the time scale. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3246–3257.
- Arbogast u.a. 2006: R. Marie Arbogast / St. Jacomet / M. Magny u.a., 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.
- Beer u.a. 2011: J. Beer / K. McCracken, J. Abreu u.a., Cosmogenic radionuclides as an extension of the neutron monitor era into the past: Potential and limitations. *Space Science Reviews* 2011, 1–12. doi: 10.1007/s11214-011-9843-3.
- Bleicher 2011: N. Bleicher, Einige kritische Gedanken zur Erforschung des Zusammenhangs von Klima und Kultur in der Vorgeschichte. In: F. Daim / D. Gronenborn / R. Schreg (Hrsg.), *Strategien zum Überleben: Umweltkrisen und ihre Bewältigung. RGZM Tagungen 11 (Mainz 2011)* 1-13.
- Bond u.a. 2001: G. Bond / B. Kromer / J. Beer u.a., Persistent solar influence on north Atlantic climate during the Holocene. *Science* 294 (2001), 2130-2135. doi: 10.1126/science.1065680.
- Glass / Schibler 2000: M. Glass / J. Schibler, Archäozoologische Auswertung der Tierknochen. In: A. Hafner / P. J. Suter, -3400: Die Entwicklung der Bauerngesellschaften im 4. Jahrtausend v.Chr. am Bielersee aufgrund der Rettungsgrabungen von Nidau und Sutz-Lattrigen (Bern 2000) 139-154.
- Gross-Klee / Maise 1997: E. Gross-Klee / Chr. Maise, Sonne, Vulkane und Seeufersiedlungen. *Jahrb. SGUF* 80, 1997, 85-94.
- Hafner / Suter 2003: A. Hafner / P. J. Suter, Das Neolithikum in der Schweiz. In: www.jungsteinsite.de - Artikel vom 27. November 2003.
- Hafner / Suter 2006: A. Hafner / P. J. Suter, Neolithikum Dendroliste, Neolithikum C14-Liste, Stand Juni 2006. Online unter: http://www.erz.be.ch/erz/de/index/kultur/archaeologie/daten/dendro-_und_c14-daten.html

- Hep Harp / Lötscher 2005: A. Hep Harp / Chr. Lötscher, Neolithische Seeufersiedlungen von Cham-Sankt Andreas (Kanton Zug). *Antiqua* 39 (Basel 2005).
- Hüster-Plogmann / Schibler / Steppan 1999: H. Hüster-Plogmann / J. Schibler / K. Steppan, 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: C. Becker u.a. (Hrsg.), *Historia Animalium ex Ossibus. Festschrift für Angela von den Driesch zum 65. Geburtstag* (Rahden 1999) 189-200.
- Jacomet / Schibler 2010: St. Jacomet / J. Schibler, Subsistenzwirtschaft aus archäo(bio)logischer Sicht. In: I. Matuschik u.a. (Hrsg.), *Vernetzungen: Aspekte siedlungsarchäologischer Forschung. Festschrift für Helmut Schlichtherle zum 60. Geburtstag* (Freiburg i. Br. 2010) 113-125.
- Johnsen u.a. 2001: S. J. Johnsen / D. Dahl-Jensen / N. Gundestrup u.a., 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. doi: 10.1002/jqs.622.
- Lüning 1972: J. Lüning, Zum Kulturbegriff im Neolithikum. *Praehistorische Zeitschrift* 47, 1972, 145-173.
- Magny 2004: M. Magny, 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.
- Maise 2005: Chr. Maise, Paläoklimatologie neolithischer Seeufersiedlungen. In: D. Gronenborn (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v.Chr. RGZM - Tagungen 1* (Mainz 2005) 181-187.
- Nussbaumer u.a. 2011: S. U. Nussbaumer, F. Steinhilber / M. Trachsel u.a., Alpine climate during the Holocene: a comparison between records of glaciers, lake sediments and solar activity. *Journal of Quaternary Science* 26(7), 2011, 703-713.
- Rasmussen u.a. 2006: S. O. Rasmussen / K. K. Andersen / A. M. Svensson u.a., A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of Geophysical Research* 111, 2006, D06102. doi: 10.1029/2005JD006079.
- Reimer u.a. 2004: P. J. Reimer / M. G. L. Baillie / E. Bard u.a., IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46, 2004, 1029-1058.
- Schibler 2006: J. Schibler, The economy and environment of the 4th and 3rd millennia BC in the northern Alpine foreland based on studies of animal bones. *Environmental Archaeology* 11(1), 2006, 49-64.
- Schibler 2008: J. Schibler, Die wirtschaftliche Bedeutung der Viehzucht während des 3. Jahrtausends v.Chr. aufgrund der Tierknochenfunde der Fundstellen im Schweizer Alpenvorland. In: W. Dörfler / J. Müller (Hrsg.), *Umwelt, Wirtschaft, Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südskandinaviens. Offa-Bücher 84* (Neumünster 2008) 379-391.
- Schibler / Jacomet 2005: J. Schibler / St. Jacomet, "Fair-weather archaeology?" A possible relationship between climate and the quality of archaeological sources. In: D. Gronenborn (Hrsg.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700-2200 v.Chr. RGZM Tagungen 1* (Mainz 2005) 27-39.
- Schibler / Jacomet 2010: J. Schibler / St. Jacomet, Short climatic fluctuations and their impact on human economies and societies: the potential of the Neolithic lake shore settlements in the Alpine foreland. *Environmental Archaeology* 15(2), 2010, 173-182.
- Schibler u.a. 1997: J. Schibler / H. Hüster-Plogmann / St. Jacomet u.a., 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 2010: J. Schibler, Crisis? What crisis? Die Nahrungskrise im 37. Jh. v.Chr. und ihre Bewältigung. In: Badisches Landesmuseum Karlsruhe (Hrsg.), Jungsteinzeit im Umbruch: Die „Michelsberger Kultur“ und Mitteleuropa vor 6000 Jahren (Karlsruhe 2010) 173-178.
- Siegmund 2011: F. Siegmund, Klimaindikatoren für das Holozän und ihre Anwendung auf das Schweizer Seeuferneolithikum. In: J. Meurers-Balke / W. Schön (Hrsg.), Vergangene Zeiten. LIBER AMICORUM. Gedenkschrift für Jürgen Hoika. Archäologische Berichte 22 (Bonn 2011) 187-213.
- Siegmund 2012: F. Siegmund, Schnelle Zeiten - langsame Zeiten: archäologische Chronologiesysteme als Geschichtsquelle. EAZ Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 52, 2012 (im Druck).
- Steinhilber / Beer / Fröhlich 2009: F. Steinhilber / J. Beer / C. Fröhlich, Total solar irradiance during the Holocene. *Geophysical Research Letters* 36, 2009, L19707. doi: 10.1029/2009GL040142.
- Steinhilber u.a. 2012: F. Steinhilber / J. A. Abreu / J. Beer u.a., 9.400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. *PNAS* 109(16), 2012, 5967-5971.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118965109.
- Stöckli 1990: W. E. Stöckli, Das Verhältnis zwischen Haus- und Wildtierknochen in den neolithischen Seeufersiedlungen von Twann (Kt. Bern). In: J. Schibler / J. Sedlmeier / H. Spycher (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie. Festschrift für Hans R. Stampfli (Basel 1990) 273-276.
- Stöckli u.a. 1995: W. E. Stöckli / U. Niffeler / E. Gross-Klee (Hrsg.), Neolithikum. SMP II: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter 2 (Basel 1995).
- Stöckli 2009: W. E. Stöckli, Chronologie und Regionalität des jüngeren Neolithikums (4300-2400 v.Chr.) im Schweizer Mittelland, in Süddeutschland und in Ostfrankreich. *Antiqua* 45 (Basel 2009).
- Svensson u.a. 2006: A. Svensson / K. K. Andersen / M. Bigler u.a., The Greenland Ice Core Chronology 2005, 15–42 ka Part 2: comparison to other records. *Quaternary Science Reviews* 25, 2006, 3258–3267.
- Treydte u.a. 2007: K. Treydte / D. Frank / J. Esper u.a., Signal strength and climate calibration of a European tree-ring isotope network. *Geophysical Research Letters* 34, 2007, L24302. doi: 10.1029/2007GL031106.
- Uerpmann 1977: H.-P. Uerpmann, Betrachtungen zur Wirtschaftsform neolithischer Gruppen in Südwestdeutschland. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 3, 1977, 144-161.
- Vinther u.a. 2006: B. M. Vinther / H. B. Clausen / S. J. Johnsen u.a., A synchronized dating of three Greenland ice cores throughout the Holocene. *Journal of Geophysical Research* 111, 2006, D13102. doi: 10.1029/2005JD006921.
- Wotzka 2000: H.-P. Wotzka, „Kultur“ in der deutschsprachigen Urgeschichtsforschung. In: S. Fröhlich (Hrsg.), Kultur: ein interdisziplinäres Kolloquium zur Begrifflichkeit. Halle (Saale), 18. bis 21. Februar 1999. Landesamt für Archäologie und Landesmuseum für Vorgeschichte Sachsen-Anhalt (Halle 2000) 55-80.
- Zielinski / Mershon 1997: G. A. Zielinski / G. R. Mershon, Paleoenviromental 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(5), 1997, 547-559. doi: 10.1130/0016-7606(1997)109<0547:PIOTIM>2.3.CO;2.

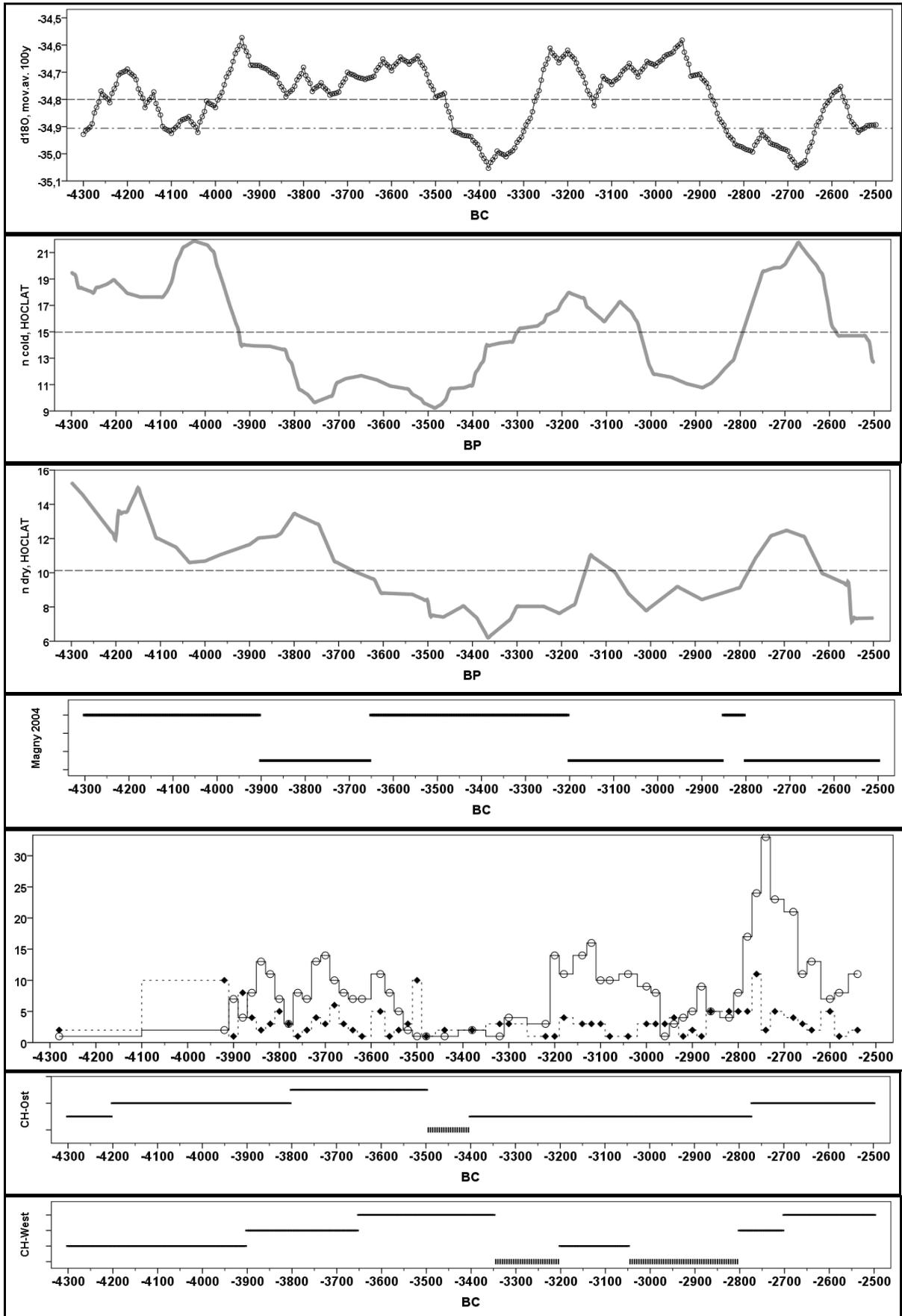


Abb. 1 a-g

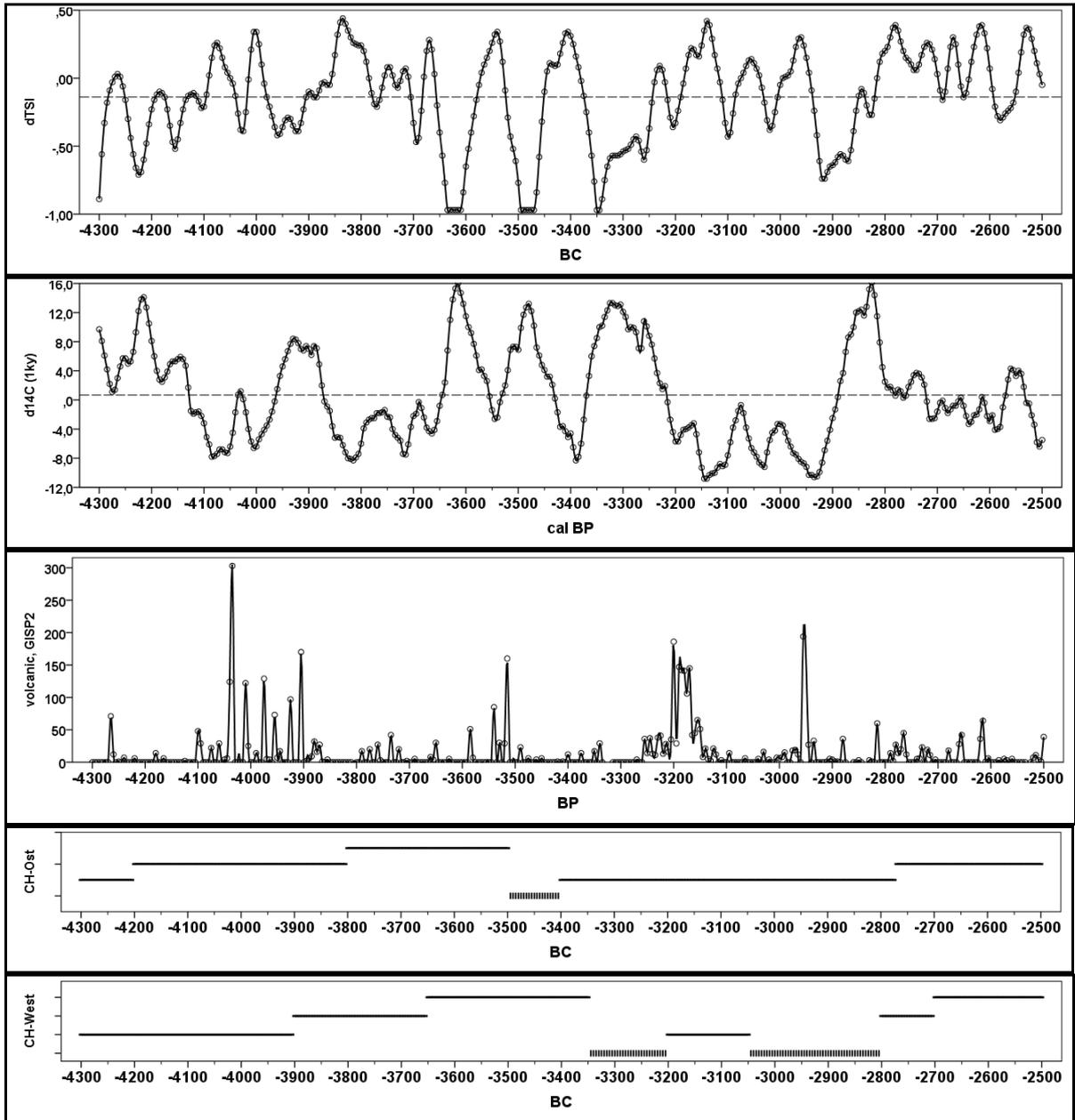


Abb. 2 a-f

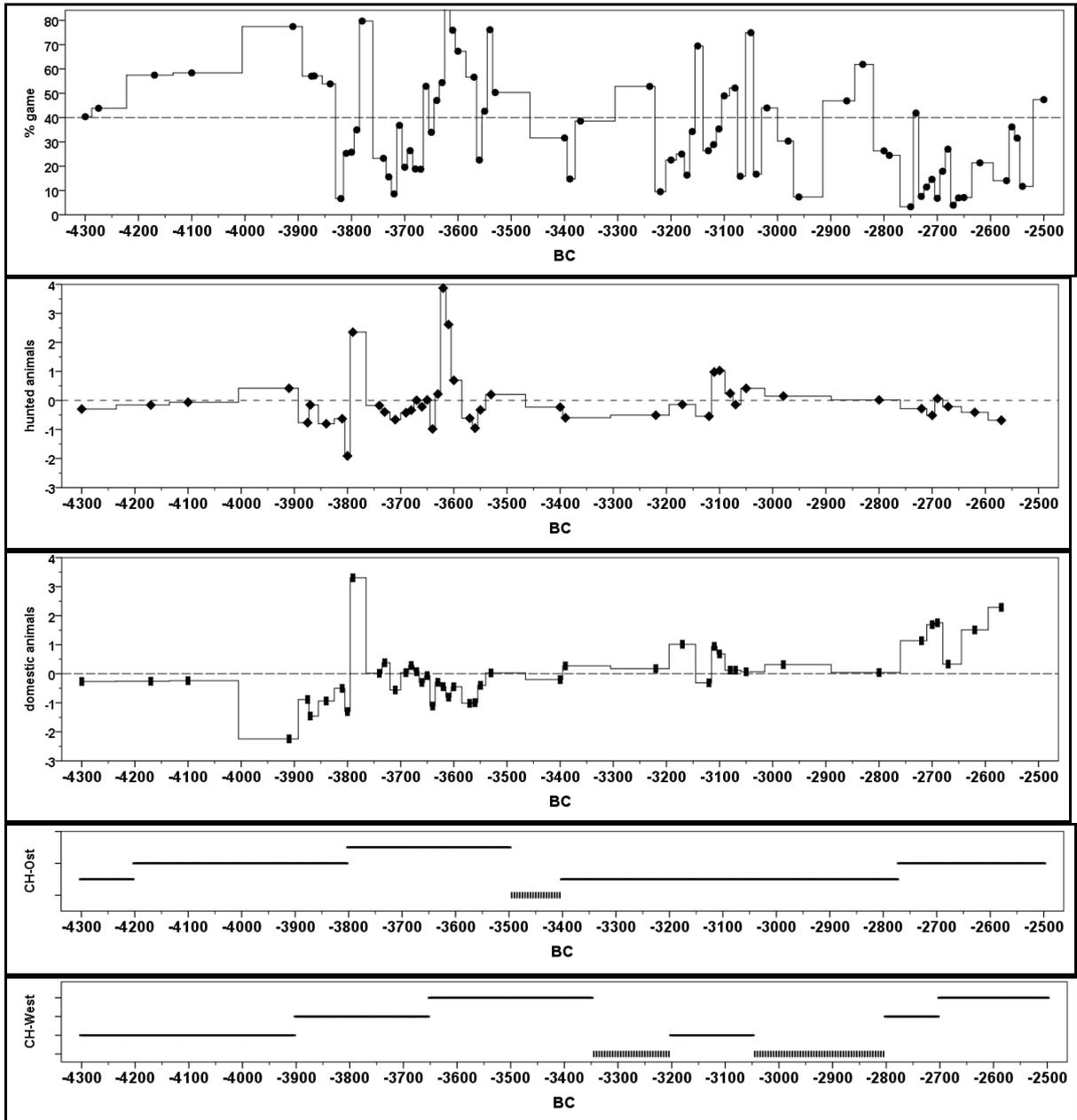


Abb. 3 a-e

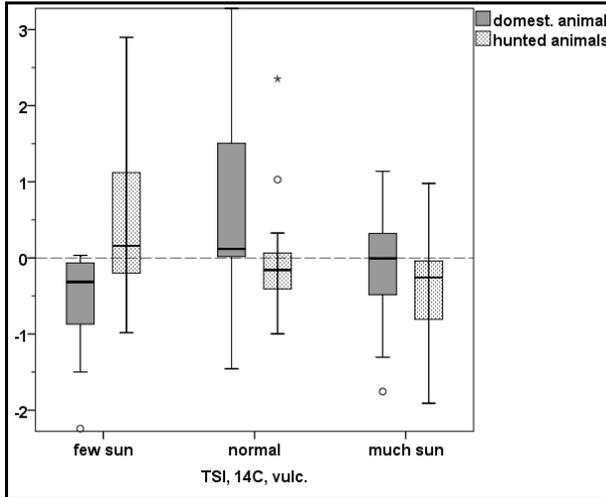


Abb. 4a

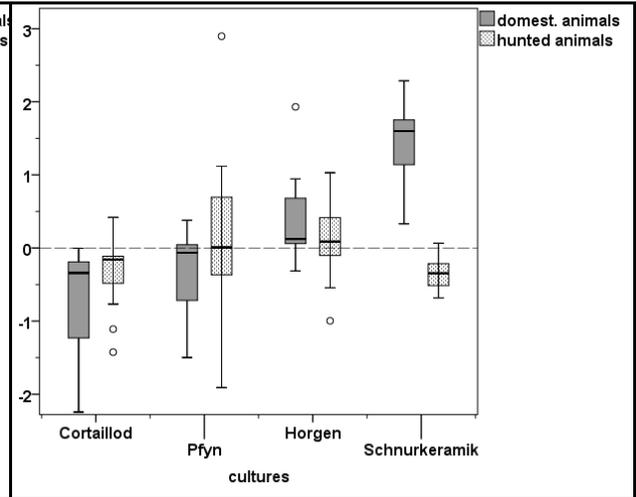


Abb. 4b

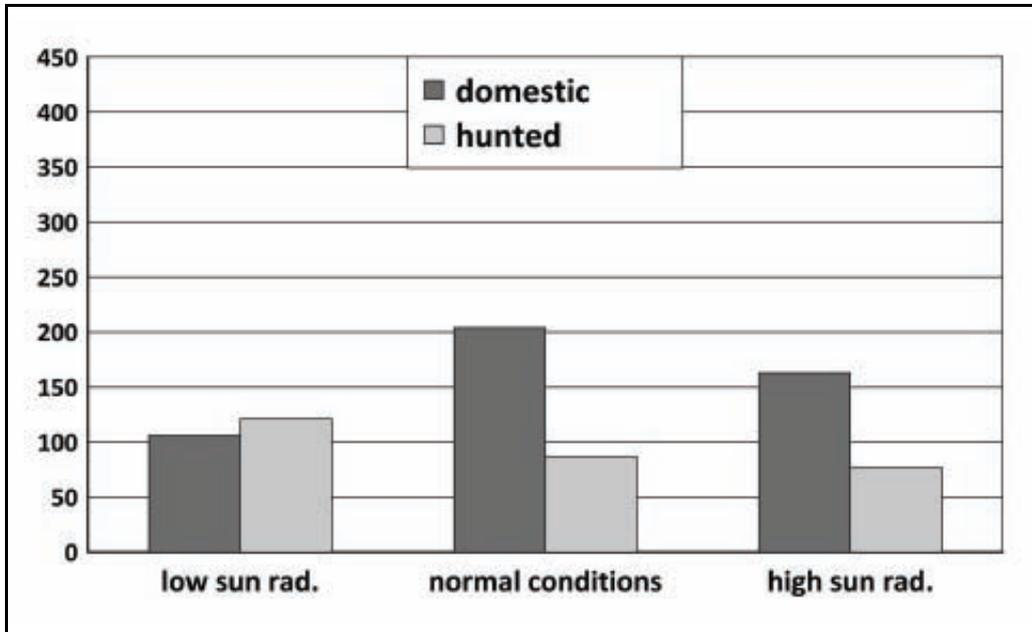


Abb. 5a

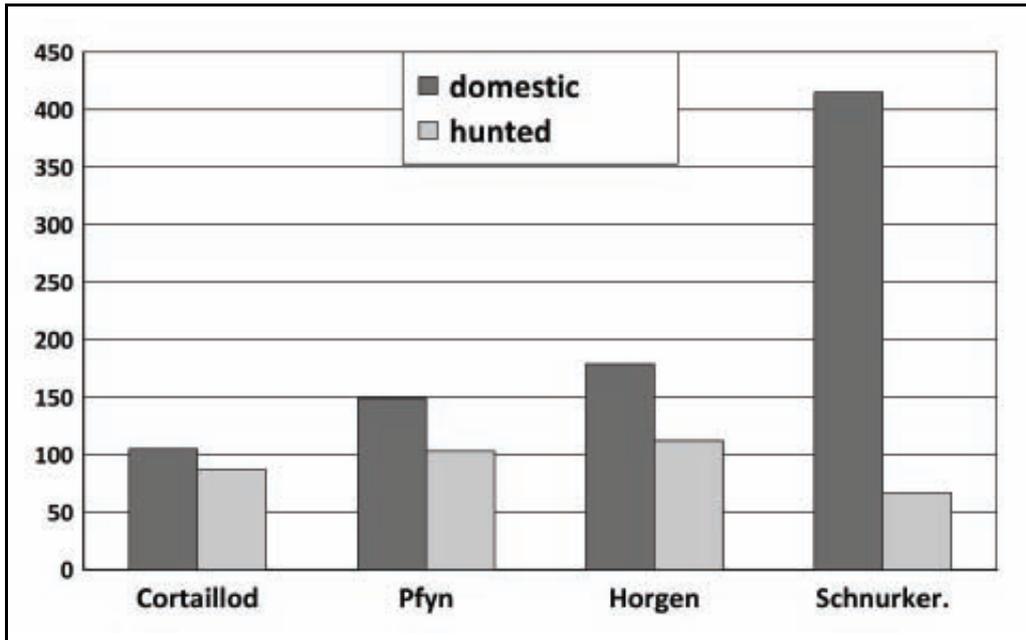


Abb. 5b

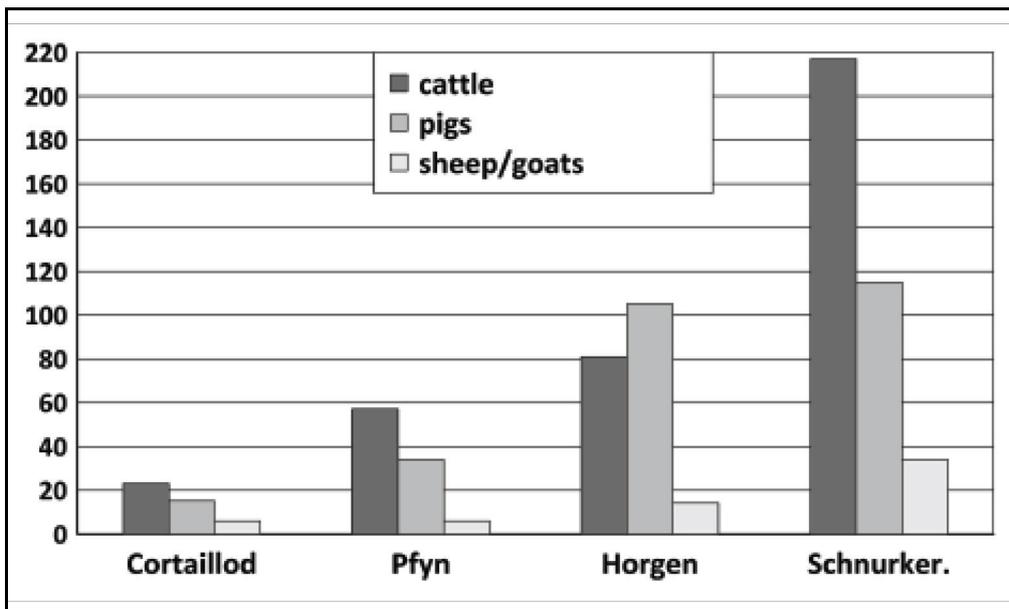


Abb. 6