

# Prähistorische Besiedlung von zentralen Alpentälern in Bezug zur Klimaentwicklung

Klaus Oegg<sup>1)</sup> & Kurt Nicolussi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Institut für Botanik der Universität Innsbruck, Innsbruck

<sup>2)</sup> Institut für Geographie der Universität Innsbruck, Innsbruck

## *Abstract*

### **Prehistoric Colonization of Central Alpine Valleys Related to Climate Development**

Climate impact on ecosystems is a matter of thresholds and scale. Here we present the compilation of the pre-historic colonization of central Alpine valleys tracked by pollen analyses which we correlate with the record of sub-fossil logs from altitudes above 2000 m, as well as with the oxygen-isotope curve from Greenland ice cores (NGRIP). Both serve as proxies for the climate development in the Alps, but also on a larger (northern hemispheric) scale. On long-term scales no relationship between settlement and climate was detectable, but shorter time-scales (<500 years) indicated a positive correlation, at least for parts of the Neolithic (e.g. between ca. 4500 and 3000 and ca. 2800 and 2400 BC, before Christ). A negative correlation was indicated for the period from ca. 3000 until 2800 BC. Climate deteriorations (e.g. as around 2700 BC) seem not to have severely affected the settling in central Alpine valleys indicating robust and resistant agricultural structures. From the Bronze Age onwards there was no significant correlation between climate and peopling of these Alpine valleys. These examples showed that climate has been an important trigger, but the relationship between climate and settling is more complex (e.g. influence of socio-economic structures, ore resources, etc.).

## *Einleitung*

Der Einfluss des Klimas auf die Siedlungstätigkeit ist mannigfaltig. Er kann zwischen Extremen, wie anhaltende Trocken- bis Dürrezeiten, die zum Zerfall von Kulturen führten (deMendocal 2001, Haug et al. 2003), bis hin zu Niederschlagsreichtum schwanken, der ebenfalls Veränderungen im Siedlungsverhalten bedingen kann (Turney und Brown 2007, Tinner et al. 2003, Arbogast et al. 2006). In den Alpen kommt mit dem Relief noch die Abnahme der Temperatur mit der Höhe hinzu, die die Abhängigkeit der Nutzungsstrukturen vom Klima noch weiter akzentuieren (Schmidt et al. 2002, 2007). Daraus könnte man verallgemeinern, dass Klimagunst die Siedlungsaktivität fördert, beziehungsweise umgekehrt Klimaverschlechterungen zu einem Rückgang in der Siedlungstätigkeit führen (Berglund 2002). Im scheinbaren Gegensatz dazu steht jedoch eine Reihe von jüngeren pollenanalytischen Befunden

aus den Tallagen (600 – 1500 m) im zentralen Alpenraum zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte während der Bronze- und Eisenzeit (Wahlmüller 2002, Oeggel et al. 2005, Schmidl et al. 2005), die auch für klimatisch ungünstige Phasen eine rege Siedlungsaktivität belegen. Diese Ergebnisse stellen eine rein deterministische Betrachtungsweise der Beziehung zwischen Klima und Siedlungstätigkeit in Frage. Im folgenden Bericht soll dieser Frage für die prähistorische Siedlungstätigkeit (Zeitfenster vom Neolithikum, 4500 v. Chr., bis zum Beginn der Römerzeit) in Tälern

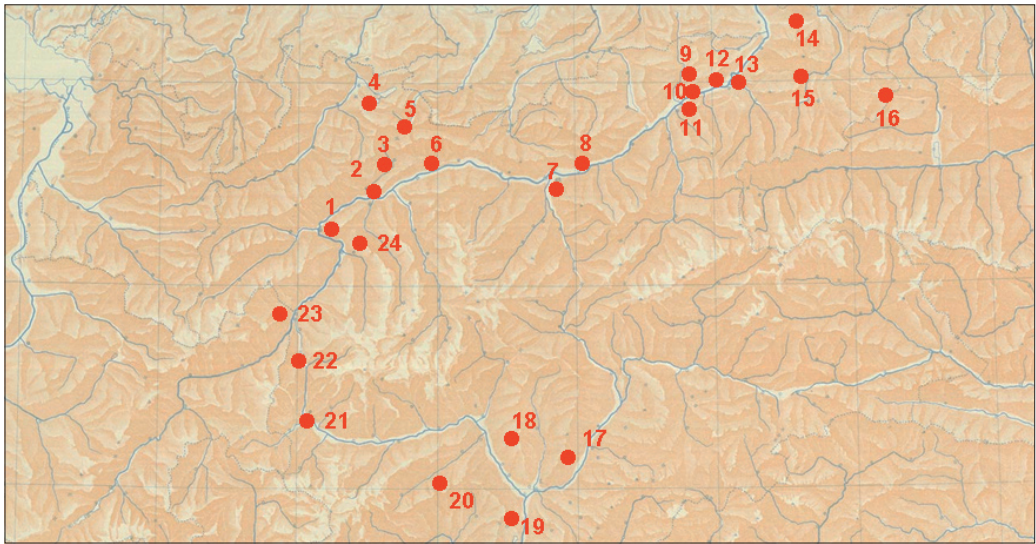


Abb. 1: Lage der pollenanalytisch untersuchten Moore zur Siedlungsentwicklung im mittleren Alpenraum: 1 Plemun Weiher (Walde 2006), 2 Tollinger Moor (Hubmann 1994), 3 Seecek (Walde, unpubl. Daten), 4 Heiterwanger Moor (Walde, unpubl. Daten), 5 Lermoos (Oeggel 1998), 6 Mieminger See (Wahlmüller 1985), 7 Tantegert (Oeggel, unpubl. Daten), 8 Luchner Moor (Oeggel 1999), 9 Brandenberger Moor (Eidenhammer 1999), 10 Frauensee (Walde 1999), 11 Oberkienberg (Walde 1999), 12 Lindenmoos (Oeggel, unpubl. Daten), 13 Kirchbichl (Wahlmüller 1985), 14 Schwemm (Oeggel 1988), 15 Giering (Bortenschlager & Bortenschlager 1984), 16 Fieberbrunn (Eidenhammer 1999), 17 Wallnereck (Wahlmüller-Oeggel, unpubl. Daten), 18 Tammerle Moos (Wahlmüller 1990), 19 Montiggler See (Kompatscher & Oeggel 2005), 20 Totes Moos (Heiss et al. 2005), 21 Flora Moos (Walde, unpubl. Daten), 22 Fuhrmannsloch (Walde, unpubl. Daten), 23 Komperdell (Wahlmüller, 2002), 24 Piller Sattel (Hubmann, 1994)

Fig. 1: Location of mires with palynological records of human impact and settlement development in the central part of the Alps: 1 Plemun Weiher (Walde 2006), 2 Tollinger Moor (Hubmann 1994), 3 Seecek (Walde, unpubl. data), 4 Heiterwanger Moor (Walde, unpubl. data), 5 Lermoos (Oeggel 1998), 6 Mieminger See (Wahlmüller 1985), 7 Tantegert (Oeggel, unpubl. data), 8 Luchner Moor (Oeggel 1999), 9 Brandenberger Moor (Eidenhammer 1999), 10 Frauensee (Walde 1999), 11 Oberkienberg (Walde 1999), 12 Lindenmoos (Oeggel, unpubl. data), 13 Kirchbichl (Wahlmüller 1985), 14 Schwemm (Oeggel 1988), 15 Giering (Bortenschlager & Bortenschlager 1984), 16 Fieberbrunn (Eidenhammer 1999), 17 Wallnereck (Wahlmüller-Oeggel, unpubl. data), 18 Tammerle Moos (Wahlmüller 1990), 19 Montiggler See (Kompatscher & Oeggel 2005), 20 Totes Moos (Heiss et al. 2005), 21 Flora Moos (Walde, unpubl. data), 22 Fuhrmannsloch (Walde, unpubl. data), 23 Komperdell (Wahlmüller, 2002), 24 Piller Sattel (Hubmann, 1994)

der mittleren Alpen nachgegangen werden, wobei pollenanalytische, archäologische und dendrochronologische Ergebnisse miteinander verknüpft werden.

### *Methodik*

Das bezüglich der prähistorischen Siedlungsaktivität bearbeitete Gebiet umfasst das Nordtiroler Inntal mit seinen Seitentälern und das Etsch- und Eisacktal der Provinz Bozen-Südtirol (Abb. 1). Aus dieser Region existieren zahlreiche Pollendiagramme (Wahlmüller 1993), die neben der holozänen Vegetationsentwicklung auch die Siedlungsgeschichte im jeweiligen Gebiet erfassen. Aus diesen wurden 24 Pollendiagramme für diese Studie nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Die Pollendiagramme müssen von Lokalitäten aus den Tieflagen (600 - 1500 m) stammen.
- Der Durchmesser der untersuchten Lokalität muss kleiner als 300 m sein, damit überwiegend die lokale Vegetationsentwicklung erfasst wird (cf. Jacobson & Bradshaw 1981).
- Die ausgezählte Mindestpollensumme muss über 500 Pollenkörner/Probe betragen.
- Die Pollendiagramme müssen mindestens fünf Radiokarbondatierungen aufweisen, um eine ausreichende Tiefen-Zeit-Modellierung zu ermöglichen.

Der Nachweis der Siedlungsaktivität an den einzelnen Lokalitäten erfolgte pollenanalytisch über die sogenannte „Landnahme“ nach Iversen (1941, 1972). Dabei zeigen Einbrüche in den Kurven der Klimaxbaumarten, begleitet von Siedlungs- und Kulturzeigern *sensu* Behre (1981) sowie von Holzkohlepartikeln (Brandrodung), Rodungen von Wäldern zur Gewinnung von Siedlungsflächen an. Derartige Siedlungsphasen wurden für jedes der 24 Pollendiagramme erfasst, und anschließend wurde die Anzahl der Pollendiagramme mit einer Siedlungsphase in 100-Jahr-Intervallen entsprechend den kalibrierten <sup>14</sup>C-Daten aufgetragen (Abb. 2).

Der Abgleich der Siedlungsaktivität mit der Klimaentwicklung erfolgte sowohl mit einem regionalen als auch einem überregionalen Klimaproxy-Datensatz. Als regionalen Klimazeiger verwendeten wir die Summenkurve aller dendrochronologisch datierten subfossilen Baumstämme, die im mittleren Alpenraum im Bereich zwischen 2000 und 2500 m N.N. außerhalb von Gletschervorfeldern gefunden wurden. Der klimatische Zusammenhang besteht darin, dass es unter günstigen Klimabedingungen zu einer Verschiebung der alpinen Baumgrenze nach oben und gleichzeitig zu einer Verdichtung der Baumbestände im Waldgrenzökoton kommt (Nicolussi et

al. 2005). Umgekehrt sterben bei einer Klimaverschlechterung mehr Bäume ab, und synchron dazu erfolgt eine Auffichtung der Bestände mit einem Absinken der Wald- und Baumgrenze. Dadurch werden während und am Ende ungünstiger Klimaphasen potenziell mehr Baumleichen abgelagert als in Perioden mit günstigen klimatischen Bedingungen. Zur überregionalen Kontrolle, ob subfossile Bäume tatsächlich ein Signal für das Paläoklima der Alpen liefern, wurde die Baumebelegkurve mit der Sauerstoff-Isotopenkurve ( $\delta^{18}\text{O}$ ) von NGRIP (North Greenland Ice Core Project Members 2004) unterlegt (Abb. 2). Über weite Strecken entspricht die Sauerstoffisotopenkurve dem Verlauf der Baumebelegungskurve, sodass letztere tatsächlich als Proxy-Klimadatensatz für die Alpen verwendet werden kann.

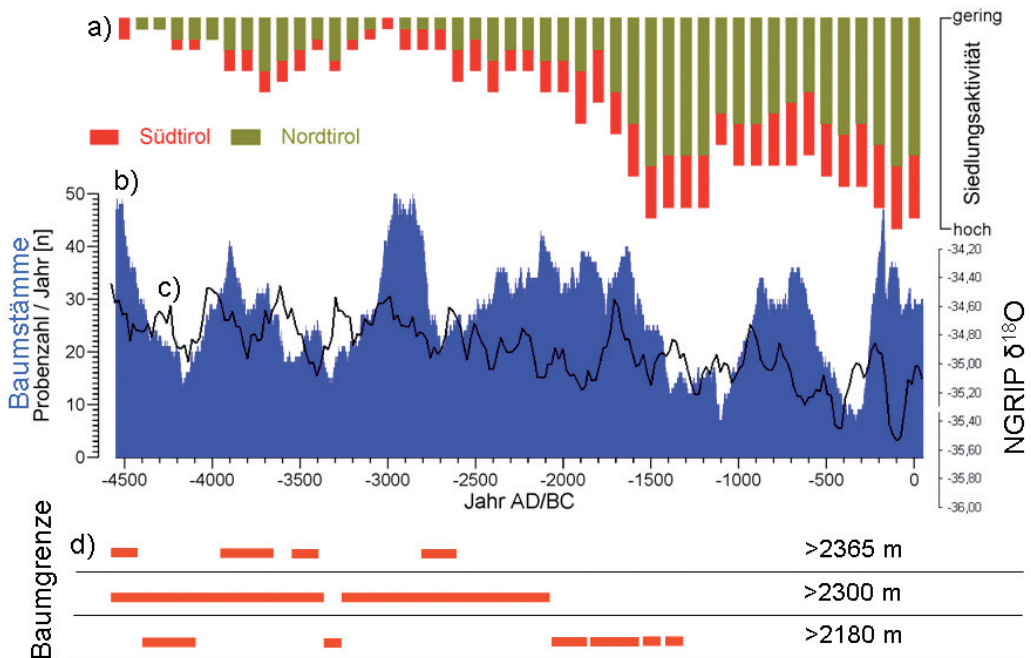


Abb. 2: Die Siedlungs- und Klimaentwicklung im mittleren Alpenraum im Zeitraum zwischen 4500 v. Chr. und Christi Geburt: a) Siedlungsaktivität im mittleren Alpenraum anhand der Pollenanalysen an den in Abb. 1 genannten Lokalitäten nach kalibrierten  $^{14}\text{C}$ -Daten, zusätzlich unterteilt für Nord- bzw. Südtirol, b) Summenkurve der dendrochronologisch datierten subfossilen Baumstämme aus dem mittleren Alpenraum, c) Sauerstoff-Isotopenkurve ( $\delta^{18}\text{O}$ ) von NGRIP (North Greenland Ice Core Project Members 2004), 100-Jahr-Mittel, d) Lage der Baumgrenze in den nördlichen Zentralalpen.

Fig. 2: Settlement and climate history of the central parts of the Alps from 4500 BC until birth of Christ: a) colonization of the Alps recorded by pollen analyses from mires shown in fig. 1, b) cumulative curve of dendrologically dated subfossil logs from the central part of the Alps, c) NGRIP  $\delta^{18}\text{O}$ -values (North Greenland Ice Core Project Members 2004), centennial mean, d) location of the timberline in the northern central Alps.

## Ergebnisse

In der Mitte des 5. Jahrtausends v. Chr. (Frühe Jungsteinzeit = frühes Neolithikum) wurde offenbar der zentrale Alpenraum für die Menschen auch als Dauersiedlungsraum interessant. Die ersten Siedlungstätigkeiten zeichnen sich in den Pollendiagrammen aus der randalpinen Buchen-Tannen-Fichtenwaldzone und der zwischenalpinen Fichten-Tannenzone für die Zeit um 4500 v. Chr. ab (Abb. 2). Klimatisch steht diese Besiedelungsphase am Ende des mehrphasigen mittelholozänen Wärmeoptimums, das von ca. 7000 - 3500 v. Chr. gedauert hat (Kalis et al. 2003). Während dieser Wärmeperiode erreichte die Waldgrenze in den zentralen Ostalpen Höhen von 2400 bis 2550 m (Pott et al. 1995, Staffler & Feichter 1999, Krapf 2001, Nicolussi et al. 2005), die im späteren Holozän nie mehr erreicht wurden. Vergleichbare Waldgrenzen für diesen mittelholozänen Zeitraum sind auch für die Westalpen belegt (u. a. Burga und Perret 1998), die mit geringer Ausdehnung der Alpengletscher korrespondieren (u. a. Hormes et al. 2001). Diese früh-neolithische Besiedlungsphase unter überwiegend klimatisch günstigen Bedingungen kulminiert um 3700 v. Chr. Anschließend ist ein Rückgang feststellbar, der um 3000 v. Chr. seinen Tiefststand erreichte. Diese negative Siedlungsentwicklung im 4. Jahrtausend v. Chr. deckt sich zumindest abschnittsweise mit einer Gletschervorstoßphase (Rotmoos II Schwankung), die etwa in den Zeitraum zwischen 3700 und 3200 datiert (Bortenschlager 1970, Jörin et al. 2008). Möglicherweise ist die Rotmoos Schwankung durch stark schwankende Klimabedingungen mit phasenweise kühlen und niederschlagsreichen Verhältnissen charakterisiert. Diese könnte in den neolithischen Pfahlbausiedlungen des Schweizer Alpenvorlandes zu katastrophalen Auswirkungen geführt haben (u.a. Schibler et al. 1997). Entsprechende Untersuchungen aus den Pfahlbausiedlungen am Nordrand der Ostalpen stehen noch aus. Die zumindest phasenweise klimatisch ungünstigen Bedingungen im 4. Jahrtausend v. Chr., wie sie aus den dendrochronologischen Befunden ersichtlich sind (Abb. 2), scheinen jedoch zu keiner gänzlichen Unterbrechung in der Siedlungstätigkeit geführt zu haben. In dieser Periode scheint sogar eine negative Korrelation zwischen Siedlungsintensität und Klima zu bestehen (Abb. 3).

Erst im Spätneolithikum (ab ca. 3000 v. Chr.) nimmt die Siedlungstätigkeit wieder zu, ab der frühen Bronzezeit (ca. 2200 v. Chr.) wurden auch die Seitentäler intensiver besiedelt, und in der mittleren Bronzezeit (ca. 1500 v. Chr.) erreichte die Siedlungstätigkeit ihre maximale Ausdehnung. Mit dem Beginn der Urnenfelderzeit (ca. 1300 v. Chr.) ist in den Pollenprofilen eine leichte Abnahme der Siedlungstätigkeit festzustellen, die bis in die Eisenzeit anhielt. Mit der Latènekultur (ca. 500 v. Chr.) macht



sich im zentralen Alpenraum wiederum eine verstärkte Siedlungsaktivität bemerkbar. Zunehmende Eingriffe des Menschen im Waldgrenzbereich seit der Bronzezeit könnten jedoch die Datenlage der Baubelegkurve verfälschen, was ihre Auswertung als Klimasensor in diesem Zeitabschnitt problematisch macht. Dies erklärt möglicherweise sowohl die mangelhafte Kongruenz der Baubelegungskurve mit der Sauerstoff-Isotopenkurve (Abb. 2) als auch die nun teilweise gegenläufigen Korrelationswerte mit der Siedlungstätigkeit (Abb. 3), sodass auf eine weitere Auswertung ab 1500 v. Chr. verzichtet wurde.

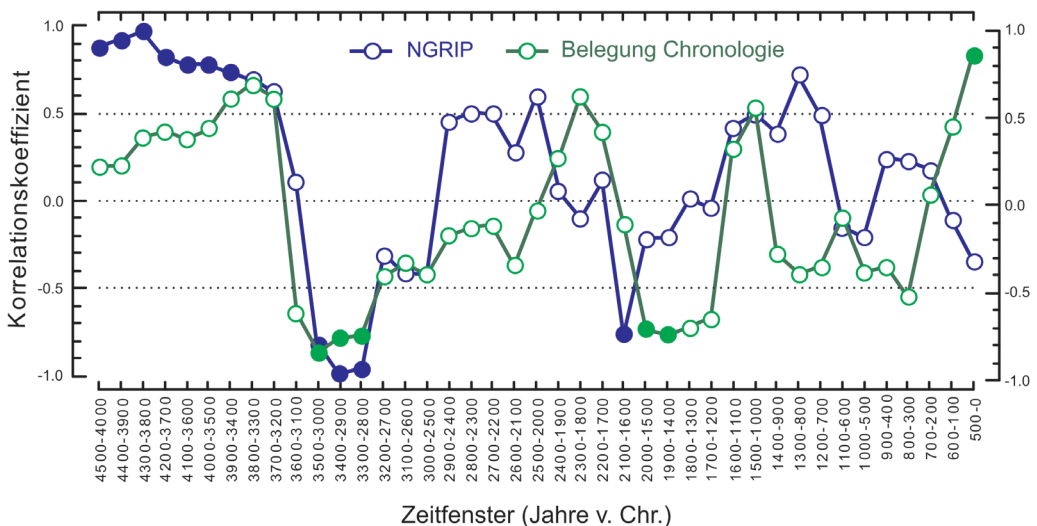


Abb. 3: Pearson Korrelation zwischen dem Siedlungsaufkommen im mittleren Alpenraum und (blau) der Sauerstoff-Isotopenkurve von NGRIP (North Greenland Ice Core Project Members 2004) sowie (grün) der Baubelegungskurve aus mittleren Alpenraum über ein gleitendes Zeitintervall von 500 Jahren. Alle drei Datensätze wurden vor den Korrelationsberechnungen mittels linearer Regression vom linearen Trend bereinigt. ○ nicht signifikant, ● 95% signifikant.

Fig. 3: Pearson correlation between settlement activity and (blue) NGRIP  $\delta^{18}\text{O}$ -values (North Greenland Ice Core Project Members 2004) and (green) the replication record of dated subfossil logs from the central part of the Alps in a moving time window of 500 years. All three data sets are adjusted from the linear trend by linear regression. ○ = not significant, ● = 95% significant.

### *Schlussfolgerungen und Hypothesen*

Auffallend ist der Beginn der intensiven Besiedelung der zentralen Alpentäler im 5. Jahrtausend v. Chr., der sowohl mit dem Ende des mittelholozänen Klimaoptimums als auch mit einer ersten Nutzung der ostalpinen Erzlagerstätten (Höppner et al. 2005, Martinek 1997) zusammenfällt. Der Auslöser für diese Migration ist unbekannt. Möglicherweise wird die südliche Erschließung der Alpen durch Bevölkerungsdruck in Kombination mit Extremereignissen (Dürre, Überschwemmungen) ausgelöst. Dafür sprechen Veränderungen im Siedlungsverhalten in der Poebene, wo im 5. Jahrtausend v. Chr. die bevorzugten Siedlungsflächen an niederen Flussterrassen gegenüber höher gelegenen Plätzen auf Moränenhügeln und in Alpentälern aufgegeben werden (Biagi und Nisbeth 1987, Biagi et al. 1993). Dagegen scheidet Bevölkerungsdruck als treibender Faktor für die frühe Aufsiedlung der Alpen von Norden aus, wie jüngste Untersuchungen von Shennan und Edinborough (2007) zeigen.

Betrachtet man das Siedlungsverhalten im zentralen Alpenraum und die Klimaentwicklung von 4500 v. Chr. bis Christi Geburt, so besteht über den Gesamtzeitraum zwischen beiden kein signifikanter Zusammenhang (Abb. 3). Dagegen zeichnet sich für kürzere Zeitabschnitte (500 Jahre) bis in die mittlere Bronzezeit (1500 v. Chr.) annähernd eine Wechselbeziehung ab (Abb. 3). So lässt sich für die Zeit zwischen ca. 4500 bis 3000 v. Chr. ein positiver, von ca. 3000 bis 2800 v. Chr. ein negativer und für ca. 2800 bis 2400 v. Chr. wiederum ein tendenziell positiver Zusammenhang zwischen Klima und Siedlungsverhalten ablesen. Dieses Muster könnte damit erklären werden, dass in den Tallagen nur Klimarückschläge stärkerer Intensität, wie zum Beispiel zwischen 3700 - 3200 v. Chr. (Rotmoos II Schwankung), zu einem Rückgang oder gar zu einer Unterbrechung der Besiedelung führten. Dagegen verursachten kurzfristige und/oder kleinere Schwankungen im Neolithikum zwar Änderungen in der bäuerlichen Wirtschaftsweise (Berglund 2002), jedoch blieb eine signifikante Wirkung auf das Siedlungsverhalten aus.

Dieses resistente Verhalten scheint sich in der frühen bis mittleren Bronzezeit noch weiter zu verstärken, wie die negative Beziehung zwischen Klima- und Siedlungsaufkommen zwischen ca. 2100 bis 1500 v. Chr. (Abb. 3) vermuten lässt. Dies zeigt, dass die Beziehung Siedlungsgeschichte-Klima komplex ist, und viele Faktoren, wie zum Beispiel sozio-ökonomische Einflüsse und der nun intensive Kupferbergbau in diesem Raum (Bartelheim 2007), zu berücksichtigen sind. Hinzu kommt, dass Veränderungen im Niederschlagsverhalten weit schwieriger detektierbar sind als Temperaturschwankungen. Der Niederschlag stellt jedoch

eine bestimmende Einflussgröße für die Siedlungstätigkeit dar, denken wir nur an prähistorische Trocken- und Dürreperioden (deMendocal 2001, Hodell et al. 2001, Jalut et al. 2008) oder Überschwemmungen ufernaher Siedlungsräume um ca. 3600 v. Chr. (siehe oben) während der neolithischen Pfahlbaukultur.

## *Dank*

Die vorliegende Studie wurde durch mehrere Forschungsförderungen an K. Oegg (FWF P8227-HIS, FWF P16714-G02) und K. Nicolussi (P13065-GEO, EXPICE P15828) ermöglicht.

## *Literatur*

- 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. *Veget Hist Archaeobot* 15: 403 - 418
- Bartelheim M. 2007: Die Rolle der Metallurgie in vorgeschichtlichen Gesellschaften. Sozioökonomische und kulturhistorische Aspekte der Ressourcennutzung. Ein Vergleich zwischen Andalusien, Zypern und dem Nordalpenraum. *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft* 2, Rahden (Westf.), Verlag Marie Leidorf, Rhaden: 471 pp.
- Behre K.-E. 1981: The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23: 225 - 245.
- Berglund B. E. 2002: Human impact and climate change – synchronous events and a causal link? *Quaternary International* 105: 7 - 12.
- Biagi P., Nisbeth R. 1987: Ursprung der Landwirtschaft in Norditalien. *Zeitschrift für Archäologie* 21: 11 - 24.
- Biagi R., Cremaschi M., Nisbet R. 1993: Soil exploitation and early agriculture in northern Italy. *The Holocene* 3: 164 - 168.
- Burga C., Perret 1998: *Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter*. Thun.
- Bortenschlager S. 1970: Waldgrenz- und Klimaschwankungen im pollenanalytischen Bild des Gurgler Rotmooses. *Mitteilungen der Ostalpin-dinarischen Gesellschaft für Vegetationskunde* 11: 19 - 26.
- Bortenschlager I., Bortenschlager S. 1984: Pollenanalytischer Nachweis früher menschlicher Tätigkeit in Tirol. *Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum* 61: 5 - 12.
- deMendocal P.B. 2001: Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science* 292: 667 - 673.
- Eidenhammer S. 1999: Palynologische Untersuchungen zur holozänen Vegetationsentwicklung im Raum Fieberbrunn und Brandenberg unter besonderer Berücksichtigung des anthropogenen Einflusses. Diplomarbeit Universität Innsbruck.



- Haug G. H., Günther D., Peterson L.C., Sigman D.M., Hughen K.A., Aeschlimann B. 2003: Climate and the Collapse of Maya Civilization. *Science* 299: 1731 - 1735.
- Heiss A.G., Kolfer W., Oeggel K. 2005: The Ulten Valley in South Tyrol, Italy: Vegetation and Settlement History of the Area, and macrofossil Record from the Iron Age Cult Site of St. Walburg. *Palyno-Bulletin* 1 (1-2): 63 - 73.
- Hodell D.A., Brenner M., Curtis J. H., Guilderson T. 2001: Solar Forcing of Drought Frequency in the Maya Lowlands. *Science* 292: 1367 - 1370.
- Höppner B., Bartelheim M., Huijsmans M., Krauss R., Martinek K.-P., Pernicka E., Schwab R. 2005: Prehistoric copper production in the Inn valley (Austria), and the earliest copper in Central Europe. *Archaeometry* 47/2, 293 - 315.
- Hormes A., Müller B. U., Schlüchter C. 2001: The Alps with little ice: evidence for eight Holocene phases of reduced glacier extent in the Central Swiss Alps. *The Holocene* 11: 255 - 265
- Hubmann G. 1994: Palynologische Untersuchung zweier Sedimentprofile aus dem Oberen Inntal mit besonderem Augenmerk auf die anthropogene Beeinflussung. Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Iversen, J. 1941: Land occupation in Denmark's Stone Age. *Danmarks geol. unders.* II, 66: 68 pp.
- Iversen, J. 1972: The development of Denmark's Nature since the Last Glacial. *Geology of Denmark III. Geological Survey of Denmark V. Series, 7-C*: 126 pp.
- Jacobson G.L., Bradshaw R.H.W. 1981: The selection of sites for palaeovegetational studies. *Quaternary Research* 16: 80 - 96.
- Jalut G., Dedoubat J.J., Fontugne M., Otto T. 2008: Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: Climate forcing and human impact. *Quaternary International*: DOI:10.1016/j.quaint.2008.03.012.
- Kalis A.J., Merkt J., Wunderlich J. 2003: Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. *Quaternary Science Reviews* 22: 33 - 79.
- Kompatscher K., Oeggel K. 2005: Die spätglaziale und holozäne Vegetationsgeschichte des Überetsch. *Palyno-Bulletin* 1 (3-4): 31 - 38.
- Krapf V. 2001: Palynologische Untersuchungen zur Klima- und Vegetationsgeschichte im Kauner- und Langtaufertal. Diplomarb. Univ. Innsbruck
- Martinek K.-P. 1997: Der neue Werkstoff – Metall. In: Archäologisches Landesmuseum (ed): *Goldene Jahrhunderte: Die Bronzezeit in Südwestdeutschland*. *ALManach* 2: 16 - 25
- Magny M., Leuzinger U., Bortenschlager S., Haas J.N. 2005: Tripartite climate reversal in Central Europe 5600 – 5300 years ago. *Quaternary Research* 65: 3 - 19.
- Nicolussi K., Kaufmann M., Patzelt G., Pflücht J. van der, Thurner A. 2005: Holocene tree-line variability in the Kauner-valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. *Vegetation History and Archaeobotany* 14: 221 - 234.
- North Greenland Ice Core Project Members 2004: High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431: 147 - 151.
- Oeggel, K. 1988: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols VII: Das Hochmoor Schwemm bei Walchsee. *Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck* 75: 37 - 60.
- Oeggel K. 1998: Palynologische Untersuchungen aus dem Bereich des römischen Bohlenweges bei Lermoos, Tirol. In: Walde E. (Hrsg.): *Via Claudia. Neue Forschungen*. Institut für Klassische Archäologie der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck: 147 - 171.

- Oeggel K. 1999: Das Luchner Moor - Pollenanalytische Untersuchungen zur Siedlungsgeschichte auf der Gnadenwaldterrasse im Raum Fritzens. In: Gedenkschrift für Aufschnaiter. Heimatkundliche Blätter 8/99: 55 - 64.
- Oeggel K., Kofler W., Wahlmüller N. 2005: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Montafon. In: Rollinger R. & Rudigier A. (Hrsg.): Montafon. Geschichte, Kultur und Naturlandschaft. Band 1: Die naturräumlichen Grundlagen: 183 -207.
- Pott R., Hüppe J., Remy D., Bauerochse A., Katenhusen O. 1995: Paläoökologische Untersuchungen zu holozänen Waldgrenzschwankungen im oberen Fimbatal (Val Fenga, Silvretta, Ostschweiz). Phytocoenologia 25: 363 - 398.
- Schibler J., Jacomet S., Hüster-Plogmann H., Brombacher C. 1997: Economic crash in the 37th and 36th centuries cal. BC in Neolithic lake shore sites in Switzerland. Anthropozoologia 25/26: 553 - 570.
- Shennan S., Edinborough K. 2007: Prehistoric population history: from the Late Glacial to the Late Neolithic in Central and Northern Europe. Journal of Archaeological Science 34: 1339 - 1345
- Schmidl A., Kofler W., Oeggel-Wahlmüller N., Oeggel K. 2005: Land use in the Eastern Alps during the Bronze Age – An archaeobotanical case study of a hill-top settlement in the Montafon (Western Austria ). Archaeometry 47: 455 - 470.
- Schmidt R., Koinig K., Thompson R., Kamenik C. 2002: A multi proxy core study of the last 7000 years of climate and alpine land-use impacts on an Austrian mountain lake (Unterer Landschitzsee, Niedere Tauern). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 187: 101 - 120.
- Schmidt, Kamenik C., Schmidt R. 2007. Siliceous algae-based seasonal temperature inference and indicator pollen tracking ca. 4000 years of climate/land use dependency in the southern Austrian Alps. J. Paleolimnol. 38: 541 - 554.
- Staffler H., Feichter A. 1999: Subfossile Holzrestfunde in Langtaufers, Vinschgau, Ötztaler Alpen. Der Schlern 73: 161 - 166.
- Tinner W., Lotter A. F., Ammann B., Conedera M., Hubschmid P., Leeuwen van J. F. N., Wehrli M. 2003: Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. Quaternary Science Reviews 22: 1447 - 1460
- Turney C.S.M., Brown H. 2007: Catastrophic early Holocene sea level rise, human migration and the Neolithic transition in Europe. Quaternary Science Reviews 26: 2036 - 2041.
- Wahlmüller, N. 1985: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck, 72: 101 - 144.
- Wahlmüller N. 1990: Spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Tschöggelberges (Südtirol). Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 77: 7 – 16.
- Wahlmüller N. 1993: Palynologische Forschung in den Ostalpen und ihren vorgelagerten Gebieten. Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 80, 81 - 95.
- Wahlmüller N. 2002: Die Komperdellalm im Wandel der Jahrtausende. In: Klien R. (Hrsg.): Serfaus. Innsbruck: 71 - 84.
- Walde C. 1999: Palynologische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsentwicklung im Raum Kramsach – Brixlegg. Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 86: 61 - 79.
- Walde C. 2006: Die Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Oberen Gericht. Pollenanalytische Untersuchungen des Plemun-Weiher (Fließ, Tirol). In: Walde E., Grabherr G. (Hrsg.): Via Claudia Augusta und Römerstraßenforschung im östlichen Alpenraum. Ikarus 1: 394 - 407.