

Pollenanalysen an drei Bohrkernen aus dem Profundal des Ortasees (Piemont, Italien)

Manfred Rösch, Elske Fischer, Jutta Lechterbeck und Lucia Wick

1 Einleitung

Der Ortasee (Lago d'Orta) liegt am italienischen Alpensüdrand im Piemont (45°49' N, 8°24' O) 290 m über dem Meeresspiegel (Abb. 1). Mit 13,4 km Länge und maximal 2,5 km Breite hat er eine Wasserfläche von 18,2km² und eine maximale Tiefe von 143 m. Er entwässert nach Norden in Strona und Toce und damit letztlich in den östlich gelegenen Lago Maggiore, von dem er durch das bis 1491 m ansteigende Mottarone-Massiv getrennt ist. Im Westen scheidet ihn eine ähnlich hohe Bergkette vom Valsesia-Tal (<http://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:Search=?ns=1&search=ortasee> [Zugriff: 28.2.2011]).

Mitte der 1980er Jahre entnahm Dr. Günter Michler vom Geographischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München entlang eines Süd-Nord-Transseks in Seemitte mit einem Ramm-Kolbenlot fünf bis zu 5 m lange Sedimentkerne. Aus den Kernen 3, 4 und 5 stellte er uns freundlicherweise bereits fertig aufbereitete Proben für eine pollenanalytische Untersuchung zur Verfügung. Im Südbecken in Seemitte, etwas nördlich von Orta San Giulio, wurde Kern 3 gezogen, 5 km weiter nördlich auf der Höhe von Colma, auf der Schwelle zwischen Nord- und Südbecken, Kern 4 und im Nordbecken zwischen Nonio und Agrano Kern 5 (Abb. 2). Die Proben zur pollenanalytischen Untersuchung waren in Tiefenabständen von 10 cm aus den Kernen entnommen worden. Ziel der Untersuchung war, auf pollenanalytischem Wege Anhaltspunkte zum Zeitgehalt der Sedimente zu gewinnen, was seinerzeit auf radiometrischem Wege noch nicht möglich war. Dadurch sollte eine bessere Interpretation der geochemischen Untersuchungen ermöglicht werden, die im Rahmen eines Projektes des Institute for Health and Consumer Protection des EU Joint Research Center Ispra durchgeführt wurden und das sich mit der Kupfersedimentation befasste (Camusso et al. 1989; Baudo et al. 1989). Hier werden nun die vegetationsgeschichtlichen Ergebnisse vorgestellt.

Seit dem Abschluss der Pollenanalysen im Jahr 1989 sind am südlichen Alpenrand eine ganze Reihe neuer und absolut datierter Pollenprofile bearbeitet worden, die es ermöglichen, die Ergebnisse vom Ortasee in einen größeren südalpinen Kontext zu stellen. Damit ist auch ohne direkte radiometrische Datierung eine weitgehend zuverlässige zeitliche Einordnung des vegetationsgeschichtlichen Geschehens möglich.

Hervorzuheben sind Untersuchungen am Lago di Annone östlich von Como (Keller et al. 2002; Wick/Möhl 2006), im selben Gebiet am Lago del Segrino (Gobet et al. 2000), am Lago Piccolo di Avigliana westlich von Turin (Finsinger/Tinner 2006; Finsinger et al. 2006; Belis et al. 2008), am Lago di Muzzano in Lugano (Tinner et al. 1999; Gobet et al. 2000), am Lago di Origgio nördlich von Lugano (Tinner et al. 1999; Gobet et al. 2000; Finsinger et al. 2006) und am ehemaligen Lago Lucone im südwestlichen Gardaseegebiet (Valsecchi et al. 2006). Berücksichtigt wird zudem die noch nicht endgültig publizierte Studie vom Lago di Ghanna zwischen Lugano und Varese (Schneider/Tobolski 1985). Einen Überblick über den Forschungsstand am Alpensüdrand mit besonderem Augenmerk auf die Geschichte von Weißtanne, Rotbuche, Fichte und Eiche während der letzten 15000 Jahre geben van der Knaap et al. (2005).

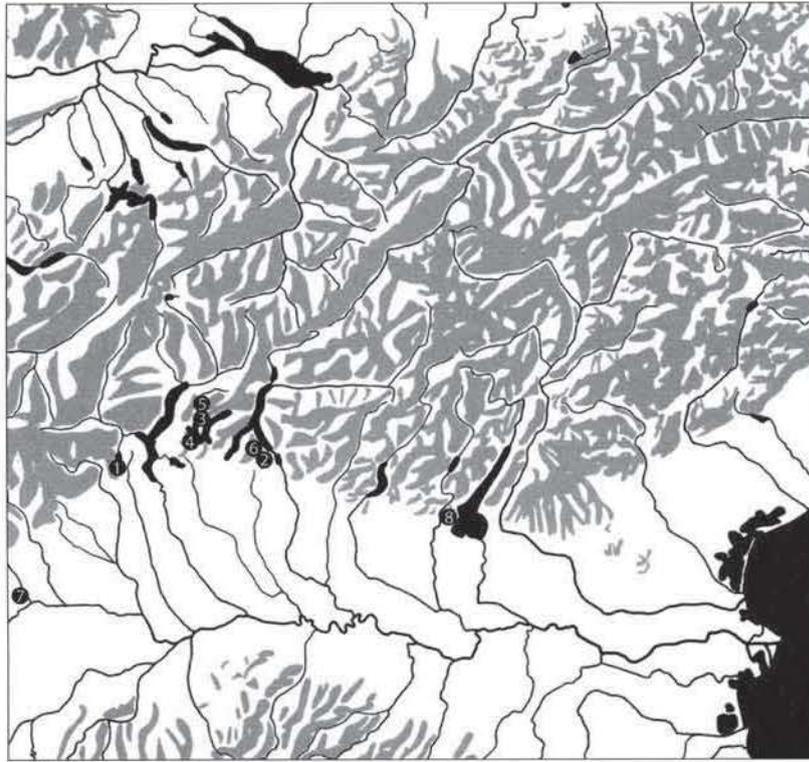


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet mit dem Ortasee und den diskutierten anderen Profilen. 1 Lago d'Orta; 2 Lago di Annone; 3 Lago di Muzzano; 4 Lago di Ghanna; 5 Lago di Origlio; 6 Lago del Segrino; 7 Lago Piccolo di Avigliana; 8 Lago Lucone.

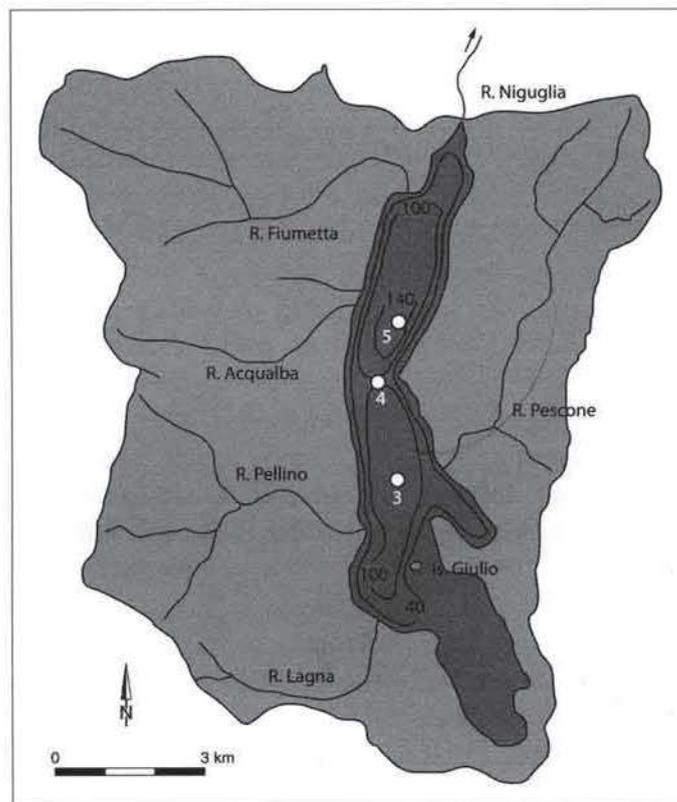


Abb. 2. Bathymetrische Karte vom Ortasee in seinem Einzugsgebiet und Lage der Bohrpunkte. Deutlich zu sehen ist die Schwelle, die den See in ein südliches und ein nördliches Becken trennt.

2 Material und Methoden

Bei den Sedimenten handelt es sich um kalkhaltige, mineralreiche Mudden. Genaue lithologische Beschreibungen fehlen. Die Proben wurden am Geographischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München unter Verwendung von heißer HCL, heißer KOH, heißer HF und Acetolyse, aber ohne Zugabe von Lycopodium-Sporen aufbereitet und in Glycerin überführt. 1989 konnte der Erstautor die Proben im Labor für Archäobotanik des Landesdenkmalamts in Hemmenhofen an Glycerin-Ausstrich-Dauerpräparaten analysieren, wobei jede Probe auf etwa 400 Gehölzpollen ausgezählt wurde, sofern die Pollenführung es erlaubte. Holzkohlepartikel wurden nicht quantitativ erfasst. Datentechnisch wurden dann 2010 die Bestimmungen neu eingegeben und mit Tilia/Tiliagraph (Grimm 2002) gezeichnet und ausgewertet. Die Diagramme mit ihrer Gliederung in lokale Pollenzonen werden nachfolgend vorgestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beschreibung der Pollenzonen

Die Terminologie zu den Pollenzonen in den Diagrammen vom Ortasee folgt Bastin (1979) und Firbas (1949).

Ortasee 3 (Abb. 3)

Orta 3-1 (440–405 cm) EMW-*Alnus*-Zone

Auf Kodominanz Erle-EMW (Eichenmischwald) folgt Prädominanz EMW bei Subdominanz Erle. Hasel liegt unter 15 %, Rotbuche unter 10 %, Weißtanne bei 5 %. Ulme und Linde sind kontinuierlich, aber unter 3 %. Hainbuche ist subkontinuierlich; Hopfenbuche, Mannaesche und Steineiche kontinuierlich bis subkontinuierlich. Die Spitzwegerichkurve ist kontinuierlich, die Getreidekurve diskontinuierlich. Aufgrund des Dominanzwechsels ist eine Unterteilung in zwei Subzonen (a und b) bei 425 cm möglich.

Orta 3-2 (405–125 cm) *Alnus*-Zone

Erle ist meist prädominant, stellenweise auch kodominant mit EMW. Kulturzeiger sind in der unteren Hälfte selten, in der oberen, wie NBP generell, etwas häufiger. Folgende fünf Subzonen sind zu unterscheiden:

2a (405–355 cm) *Corylus*-Subzone

Bei Prädominanz Erle sind EMW und Hasel subdominant. Die Spitzwegerichkurve setzt aus.

2b (355–335 cm) EMW-*Abies*-Subzone

Auf Kodominanz Erle-EMW folgt eine kurze Prädominanzphase der Weißtanne. Der Gehölzpollenanteil liegt meist über 90 %, und Kulturzeiger bleiben spärlich. Ulme nimmt ab, Esche zu, und Eiche erreicht ein Minimum.

2c (335–265 cm) *Alnus*-Subzone

Erle ist prädominant, EMW subdominant. In der oberen Hälfte nehmen die NBP zu, Kulturzeiger werden häufiger und die Spitzwegerichkurve setzt wieder ein. Die absoluten Kurven von Walnuss und Esskastanie beginnen. Am Ende wird die Lindenkurve subkontinuierlich.

2d (265–235 cm) *Alnus*-EMW-Subzone

Erle (schwach dominierend) und EMW sind kodominant, Rotbuche und Hasel subdominant. Die empirischen Kurven von Walnuss und Esskastanie setzen ein.

2e (235–125 cm) *Castanea*-Subzone

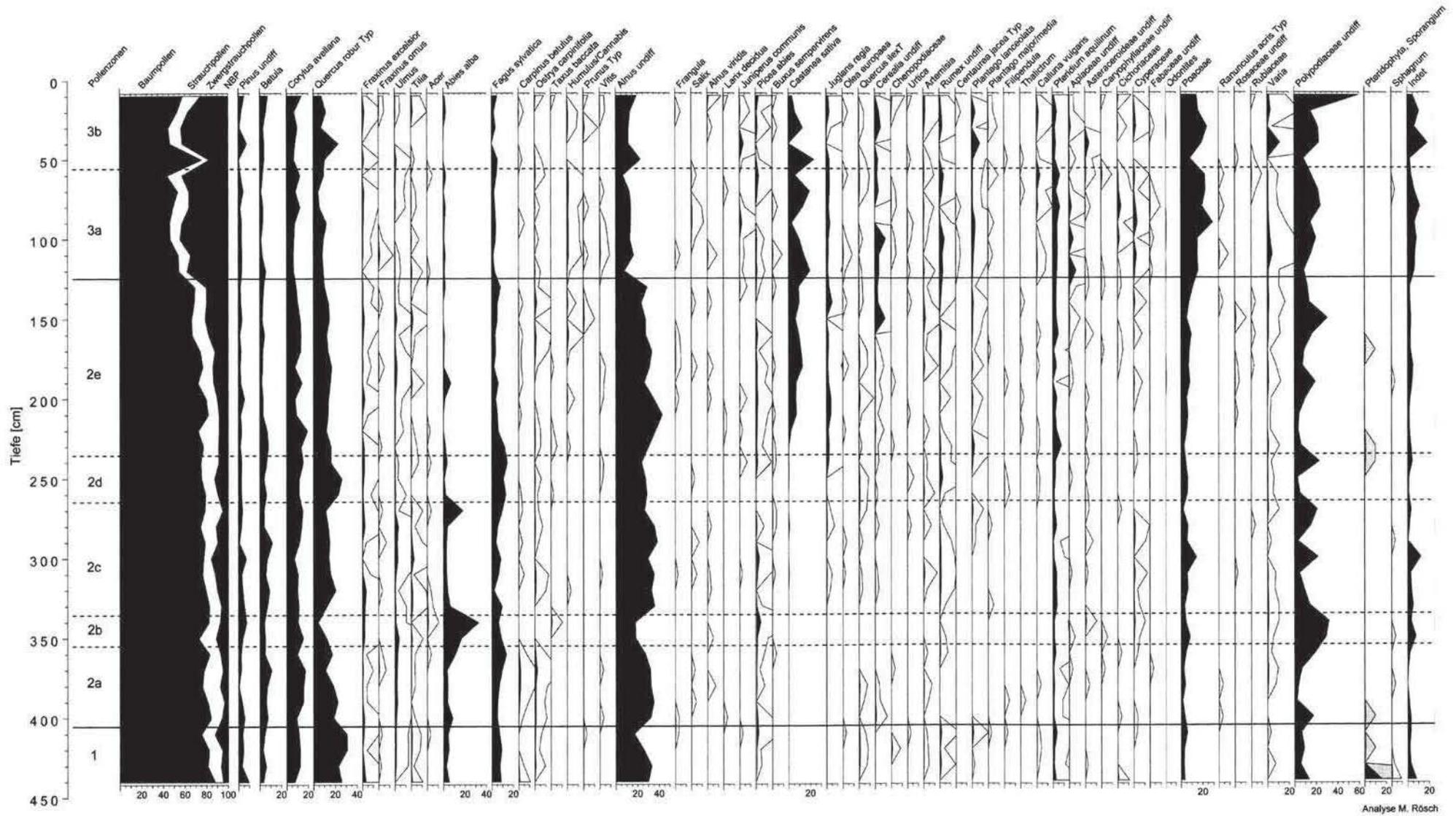
Erle bleibt überwiegend prädominant. Subdominant sind EMW (kurzfristig auch kodominant mit Erle), Hasel und Esskastanie, welche auf Werte bis 15 % steigt. Der Gehölzpollenanteil sinkt von unten nach oben von 90 auf 80 %. Dort steigt die Getreidekurve auf 3–10 %.

Orta 3-3 (125–10 cm) NBP-*Castanea*-Zone

Der Gehölzpollenanteil beträgt meist nur noch zwischen 50 und 70 %. Bei den Gehölzen besteht meist Kodominanz von Esskastanie, EMW, Hasel und Erle. Kulturzeiger sind stark vertreten. Wacholder ist subkontinuierlich. Zwei Subzonen sind zu unterscheiden:

3a (125–55 cm) NBP-Subzone

Der Gehölzpollenanteil liegt meist unter 60 %, und Esskastanie ist oft prädominant.



Verzweigungen

Abb. 3. Pollendiagramm Ortasee 3.

Analyse M. Rösch

Ortasee - 290 m üNN, Kern 4

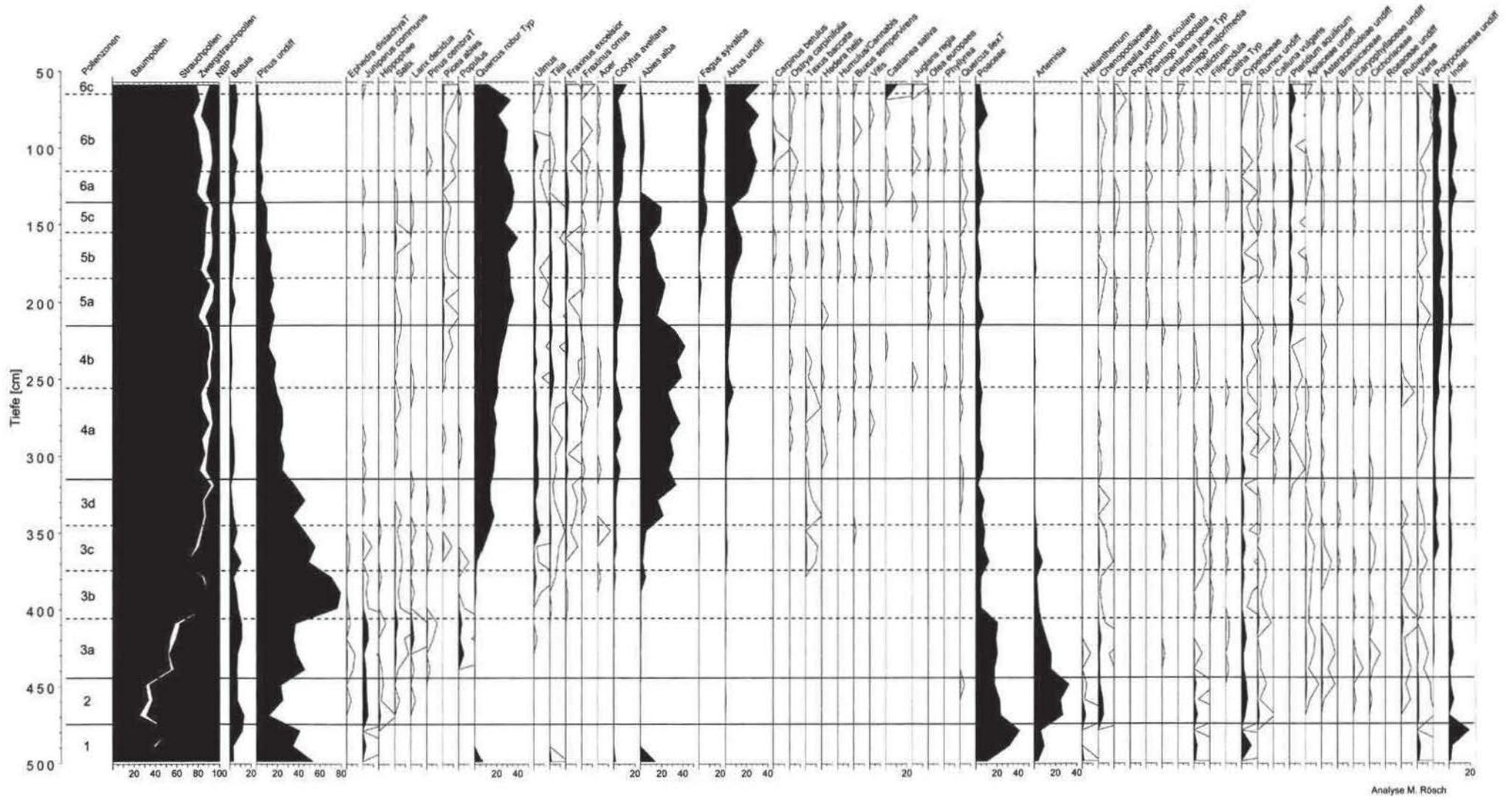


Abb. 4. Pollendiagramm Ortasee 4.

3b (55–10 cm) *Alnus-Quercus*-Subzone

Der Gehölzpollenanteil liegt zu Beginn und am Ende über 70 %. Die Esskastanienkurve sinkt von fast 25 % unter 5 %. Adlerfarn geht zurück.

Ortasee 4 (Abb. 4)

Orta 4-1 (499–475 cm) NBP-*Pinus*-Zone

Der Gehölzpollenanteil sinkt von 80 % unter 40 %. Bei den Gehölzen ist Kiefer prädominant. Die Beifußkurve liegt bei 5 %. An der Basis haben thermophile Gehölze gut 20 % Anteil.

Orta 4-2 (475–445 cm) NBP-Zone

Der Gehölzpollenanteil sinkt unter 30 %, doch setzt sich die Kieferndominanz fort. Daneben treten Birke, Wacholder, Sanddorn, Weide, Lärche, Meerträubel und Eiche (Einzelpollenkorn) auf. Beifuß erreicht 30 %.

Orta 4-3 (445–315 cm) *Pinus*-Zone

Bei von 50 % auf 90 % steigenden Gehölzpollenanteilen ist Kiefer prädominant. Folgende vier Subzonen werden unterteilt:

3a (445–405 cm) NBP-Subzone

Der Gehölzpollenanteil liegt zwischen 50 und 60 %. Kiefer hat etwa 40 % Anteil, Wacholder und Pappel bis 5 %, Birke bis 6 %. Die absoluten Kurven von Zirbelkiefer und Ulme sowie die empirische Kurve von Eiche beginnen. Beifuß hat um 15 %.

3b (405–375 cm) *Pinus*-Subzone

Der Gehölzpollenanteil steigt auf 90 %, Kiefer auf 80 %. Meerträubel, Weide, Sanddorn, Wacholder, Lärche, Pappel, Birke und die meisten Kräuter gehen zurück. Die Kurven von Ahorn und Eibe setzen ein.

3c (375–345 cm) NBP-EMW-Subzone

Der Gehölzpollenanteil sinkt rasch auf 70 % ab und steigt dann langsam wieder an. EMW nimmt zu (Beginn der rationalen Kurve), und Kiefer sinkt schließlich unter 40% ab. An der oberen Grenze beginnen die rationale Tannenkurve und die absoluten Kurven von Buchsbaum und Fichte.

3d (345–315 cm) *Abies*-Subzone

Der Gehölzpollenanteil steigt von 85 auf 95 %. Kiefer sinkt weiter ab, während EMW und Weißtanne zunehmen. So wird die anfängliche Prädominanz der Kiefer von der Kodominanz Kiefer-EMW-Tanne abgelöst. Die absoluten Kurven von Hopfenbuche und Steineiche beginnen.

Orta 4-4 (315–215 cm) *Abies*-Zone

Bei Gehölzpollenanteilen zwischen 87 und 97 % dominiert Weißtanne und ist meist prädominant vor EMW, teilweise auch kodominant mit diesem. Zwei Subzonen sind zu unterscheiden:

4a (315–255 cm) *Pinus*-Subzone

Kiefer hat etwa gleichen Anteil wie EMW und ist wie dieser ko- oder subdominant. Die Kurven von Efeu, Mannaesche und Weinrebe setzen ein.

4b (255–215 cm) *Quercus*-Subzone

Kiefer sinkt unter 20 %, Eiche steigt über 25 %. Ulme fällt ab, dann auch Weißtanne. Linde erreicht mit 4 % ihr Maximum und geht dann wieder zurück. Die empirische Fichtenkurve und die absoluten Kurven von Steinlinde, Walnuss, Esskastanie und einigen Kulturzeigern setzen ein.

Orta 4-5 (215–135 cm) *Quercus*-Zone

EMW, hauptsächlich aus Eiche bestehend, ist mit Werten um 40 % prädominant. Weißtanne, Kiefer und Erle sind subdominant, liegen aber meist unter 20 %. Drei Subzonen können unterscheiden werden:

5a (215–185 cm) *Pinus*-Subzone

Weißtanne und Kiefer sind subdominant. Die empirische Rotbuchenkurve beginnt. Es gibt Getreidepollen.

5b (185–155 cm) *Alnus*-Subzone

Weißtanne und Kiefer gehen zurück. Erle wird subdominant. Die Getreidekurve setzt aus.

5c (155–135 cm) *Fagus*-Subzone

Erle sinkt ab, und Weißtanne steigt wieder über 20 %. Die rationale Kurve von Buche und die absolute von Grünerle beginnen. Die Getreidekurve setzt erneut ein.

Orta 4-6 (135–59 cm) EMW-*Alnus*-Zone

Bei einem Gehölzpollenanteil zwischen 82 und 93 % sind EMW und Erle kodominant. Drei Subzonen sind zu unterscheiden:

6a (135–115 cm) *Quercus*-Subzone

EMW ist prädominant. Erle ist subdominant und steigt an.

6b (115–65 cm) *Alnus*-Subzone

EMW und Erle sind kodominant. Unten setzt die empirische, oben die rationale Kurve von Esskastanie ein. In der unteren Hälfte setzen die Kurven von Getreide und Spitzwegerich aus.

6c (65–59 cm) *Castanea*-Subzone

Esskastanie steigt auf 16 % und wird subdominant, während Eiche zurückgeht.

Ortasee 5 (Abb. 5)

Orta 5-1 (470–425 cm) *Alnus-Quercus-Fagus-Zone*

Erle ist dominierend und prä- bis kodominant. Eiche und Rotbuche sind sub- bis kodominant. Hainbuche und Hopfenbuche sind häufig. Die Esskastanienkurve ist subkontinuierlich. Ein Rotbuchengipfel leitet über zu Orta 5-2.

Orta 5-2 (425–285 cm) *Quercus-Alnus-Zone*

Eiche und Erle sind kodominant. Hasel ist subdominant. Rotbuche liegt bei 5 %. Die Kurven von Walnuss und Esskastanie sind diskontinuierlich. Die Zone kann in zwei Subzonen gegliedert werden.

2a (425–355 cm) *Fagus-Alnus-Subzone*

Erle ist dominierend bis prädominant. Rotbuche ist viel häufiger als Weißtanne. Kulturzeiger kommen kontinuierlich vor.

2b (355–285 cm) *Quercus-Subzone*

Eiche ist meist häufiger als Erle. Die Tannenwerte sind anfangs erhöht. Linde nimmt zu. Die Kulturzeiger setzen aus.

Orta 5-3 (285–245 cm) *Quercus-Zone*

Eiche ist prädominant. Erle, Hasel und Weißtanne sind subdominant. Kulturzeiger sind vorhanden.

Orta 5-4 (245–195 cm) *Quercus-Alnus-Corylus-Abies-Zone*

Bei dominierender Eiche sind Erle, Hasel und Weißtanne kodominant. Kulturzeiger fehlen in der unteren Hälfte. Oben gehen Linde und Weißtanne zurück, Birke nimmt zu.

Orta 5-5 (195–125 cm) *Alnus-Quercus-Zone*

Erle dominiert und ist zunächst prädominant, dann kodominant mit Eiche. Zwei Subzonen lassen sich ausgliedern:

5a (195–175 cm) *Alnus-Subzone*

Erle ist prädominant, Eiche subdominant. Rotbuche und Linde haben geringe Werte. Spitzwegerich ist vorhanden, Getreide fehlt. Walnuss und Esskastanie sind diskontinuierlich.

5b (175–125 cm) *Quercus-Fagus-Subzone*

Eiche nimmt zu und Erle geht etwas zurück. Die Rotbuche wird subdominant. Linde verschwindet. Walnuss und später Esskastanie werden kontinuierlich und nehmen zu.

Orta 5-6 (125–60 cm) *Alnus-Quercus-Castanea-Zone*

Erle bleibt dominierend und meist prädominant, Eiche subdominant. Esskastanie schließt zu Eiche auf. NBP und Kulturzeiger sind häufig. Die Zone kann in drei Subzonen unterteilt werden:

6a (125–105 cm) *Alnus-Subzone*

Erle ist prädominant, Eiche unter 15 % abgesunken. Esskastanie steigt an. NBP haben ein Minimum.

6b (105–65 cm) *Castanea-Subzone*

Zuerst erreicht Eiche, dann Esskastanie ihr Maximum. Beide gehen danach zurück, die Esskastanie stärker. Erle nimmt nochmals vorübergehend zu, bevor die Kurve der NBP stark ansteigt.

6c (65–60 cm) *NBP-Subzone*

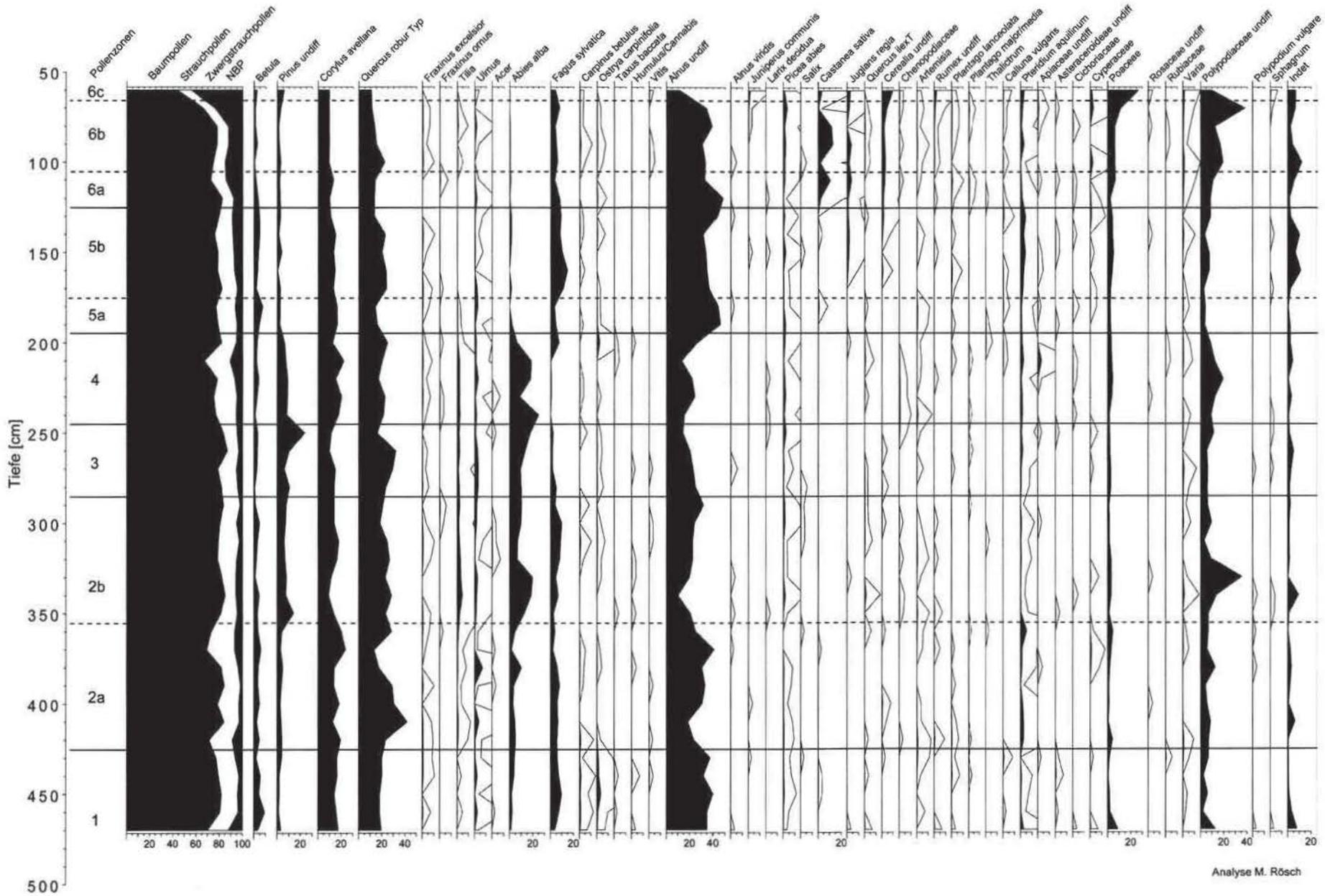
Alle Gehölze gehen stark zurück, bis auf Eiche, die bei 10 % verharrt. NBP steigen auf 30 %. Allein Getreide hat mehr als 10 % Anteil.

3.2 Korrelierung und Datierung der Bohrkern

Eine Korrelierung der lokalen Pollenzonen der Kerne 3, 4 und 5 erfolgte aufgrund ihrer Pollen-Zusammensetzung (Tab. 1). Auffälligerweise haben die Kerne bei gleicher Länge von jeweils 5 m einen ganz unterschiedlichen Zeitgehalt: Kern 4 umfasst beinahe 15000 Jahre, ein komplettes Spätwürm und Holozän mit Ausnahme der letzten 1000 Jahre, wogegen die Kerne 3 und 5 nur das Subatlantikum enthalten. Hier bestanden in jüngerer Zeit sehr hohe Sedimentationsraten. Diese Unterschiede in der Sedimentbildung sind aus der Lage der Kerne im Seebecken und ohne sedimentologische Untersuchung nicht ohne weiteres erklärbar.

Als weiteres Ergebnis der Kernkorrelierung können regionale Pollenzonen für den Ortasee definiert werden. Ihre Bezeichnung erfolgt aufgrund der dominierenden Pollentypen. Durch Fernkonnektierung mit absolut datierten Pollenprofilen vom Alpensüdrand ergeben sich eine Zuordnung der regionalen Pollenzonen zu den Chronozonen nach Mangerud et al. (1974) und mit dem Übergang zur siderischen Zeitskala Altersangaben in Jahren. Es wurde dabei auf die absolut datierten Profile von Lago Lucone, Lago di Annone, Lago di Muzzone, Lago di Ghanna, Lago di Origlio, Lago del Segrino und Lago Piccolo di Avigliana zurück gegriffen und die Zeit-

Ortasee - 290 m üNN, Kern 5



Analyse M. Rösch

stellung markanter pollenanalytischer Ereignisse betrachtet (Tab. 2). Die indirekte Datierung schränkt die Genauigkeit der Altersangaben natürlich ein. Der Vertrauensbereich kann auf ± 200 – 300 Jahre geschätzt werden.

Insbesondere im Spätglazial sowie im frühen und mittleren Holozän, als Klima und natürliche Faktoren wie Bodenentwicklung, Arealerweiterung und interspezifische Konkurrenz die Vegetationsentwicklung prägten, wäre im betrachteten Gebiet eigentlich weitgehende Synchronität der vegetationsgeschichtlichen Ereignisse zu erwarten. Das ist aber nicht unbedingt der Fall. Ein Spielraum von 500 Jahren für ein bestimmtes vegetationsgeschichtliches Ereignis ist die Regel. Bei manchen Ereignissen wird dieser Spielraum durch einzelne stark abweichende Daten auf bis zu 2600 Jahren erweitert. So ist das Weißtannenmaximum am Lago di Muzzano auf 6000 calBC datiert, an allen übrigen Seen aber auf 4000 calBC. Ob das ein Problem von Material und Methoden ist, was durch weitere Untersuchungen gelöst werden könnte, oder ein vegetationsgeschichtliches Faktum, kann nicht entschieden werden. Ein möglicher Grund für die Heterogenität der Alter mag sein, dass die Ereignisse aufgrund der Zeitmodelle der jeweiligen Bearbeiter datiert wurden- und, nur selten direkt durch Radiokarbonaten. In vielen Fällen beruhen diese Zeitmodelle auf relativ wenigen Radiokarbonaten und sind daher nur als bedingt zuverlässig einzustufen.

Bei Erle als Bestandteil der azonalen Vegetation ist Synchronität nicht unbedingt vorauszusetzen.

Das älteste betrachtete Ereignis, der Rückgang der – subdominanten – Birke, wurde zwischen 12000 und 11500 calBC datiert.

Der Beginn des Kiefernabfalls ist in allen Profilen, außer im Lago Piccolo di Avigliana, festzumachen und bewegt sich zwischen 11300 und >10500 calBC. Für den Ortasee wird als Mittelwert 11000 calBC angenommen.

Danach gibt es einen weiteren kurzen Birkengipfel, der dem Anstieg der thermophilen Gehölze vorangeht. Das Alter liegt zwischen 10500 und 10000 calBC. Der Mittelwert von 10300 calBC wird auch für den Ortasee angenommen.

Der Eichenanstieg bewegt sich zwischen 10000 und 9500 calBC. Wir legen für den Ortasee einen Wert von 9800 calBC zugrunde.

Es folgt der Haselanstieg, der zwischen 8700 und 8000 calBC datiert wurde. Am Ortasee spielt Hasel im frühen und mittleren Holozän nur eine sehr untergeordnete Rolle, weshalb kein deutlicher Haselanstieg zu erkennen ist. Der mutmaßliche Anstieg muss zwischen Eichen- und Weißtannenanstieg liegen, die bei Kern 4 vom Ortasee aufgrund der Probenabstände nicht zeitlich differenziert werden können.

Der Weißtannenanstieg ist dagegen am Ortasee gut erfasst. Er ist anderweitig zwischen 7200 und 6500 calBC datiert, womit ein Alter kurz vor 6800 calBC für den Beginn des Anstiegs am Ortasee recht plausibel ist. Das Ende des Anstiegs mit dem Aufschluss der Tannen- zur Kiefernkurve wird mit 6400 calBC veranschlagt.

Das Weißtannenmaximum ist überall mit 4000 calBC datiert, nur am Lago di Muzzano 2000 Jahre früher. Nichts spricht dagegen, den gängigen Zeitansatz von 4000 calBC auf den Ortasee zu übertragen.

Der endgültige Rückgang von Weißtanne fällt mehr oder weniger mit dem Anstieg von Rotbuche zusammen und wurde zwischen 3900 und 3700 calBC datiert, deutlich älter wiederum nur am Lago di Muzzano. Der Rotbuchenanstieg datiert zwischen 3000 und 2500 calBC. Am Ortasee ist der Tannenrückgang ein sich länger hinziehendes Ereignis, und erst an dessen Ende nimmt Rotbuche zu. Wir veranschlagen daher den Beginn des Tannenrückgangs mit 3800 calBC und das Ende mit 2800 calBC.

Das Eichenmaximum ist schwer zu fassen, da die Kurve mehrgipfelig ist. Die Altersangaben schwanken dennoch nur zwischen 1500 und 1200 calBC. Lediglich am Lago di Ghanna liegt dieses Ereignis viel früher, dort aber auch in anderem pollenstratigraphischen Kontext. Am Ortasee liegt das Eichenmaximum am Ende der Subzone Orta 4-5c und wird auf 1300 calBC geschätzt.

Die nächste Marke, das Hainbuchenmaximum, wird zwischen 1000 und 600 calBC datiert. Wir veranschlagen es am Ortasee mit 800 calBC.

Alle ausgewerteten Arbeiten sind sich mit der Datierung 0 calBC/AD für den Beginn von Esskastanien- und Walnussanstieg einig. Wir schließen uns dem an, eingedenk des Problems, dass zuvor beide Arten schon eine Weile mit geringen Werten mehr oder weniger kontinuierlich vorhanden sind, was eine frühere Einführung nach Italien als bisher angenommen oder aber Fernflug aus dem ostmediterranen Raum implizieren würde.

Als letzte Zeitmarken können schließlich das Esskastanienmaximum mit 800 calAD und das Walnussmaximum mit 1500 calAD veranschlagt werden.

| Regionale Pollenzonen | Lokale Pollenzonen | | | Pollenstratigraphie | Chronozone | Jt. BC/AD |
|-----------------------|--------------------|--------|--------|---|-----------------------------|-----------|
| | Orta 3 | Orta 4 | Orta 5 | | | Zonenende |
| Orta 1 | | 1 | | vegetationsarm | Älteste Dryaszeit | |
| Orta 2 | | 2 | | waldfrei | Älteste Dryaszeit | 14000 |
| Orta 3 | | 3a | | <i>Pinus</i> -NBP | Bölling/Alleröd | 11500 |
| Orta 4 | | 3b | | <i>Pinus</i> | Jüngere Dryaszeit | 10500 |
| Orta 5 | | 3c | | <i>Pinus</i> -EMW | Jüngere Dryaszeit/Präboreal | 9000 |
| Orta 6 | | 3d | | <i>Pinus</i> -EMW- <i>Abies</i> | Boreal/Frühes Atlantikum | 6000 |
| Orta 7 | | 4a | | <i>Abies</i> -EMW- <i>Pinus</i> | Mittleres Atlantikum | |
| Orta 8 | | 4b | | <i>Abies</i> - <i>Quercus</i> | Spätes Atlantikum | 4000 |
| Orta 9 | | 5a | | <i>Quercus</i> - <i>Abies</i> 1 | Frühes Subboreal | 3000 |
| Orta 10 | | 5b | | <i>Quercus</i> | Frühes Subboreal | 2500 |
| Orta 11 | | 5c | | <i>Quercus</i> - <i>Abies</i> 2 | Mittleres Subboreal | 1500 |
| Orta 12 | 1 | 6a | 1, 2a | <i>Quercus</i> - <i>Alnus</i> 1 | Mittleres/Spätes Subboreal | |
| Orta 13 | 1, 2a | 6b | 2b | <i>Alnus</i> - <i>Quercus</i> 1 | Spätes Subboreal | Mitte 500 |
| Orta 14 | 2a | 6b | 3 | <i>Quercus</i> - <i>Alnus</i> - <i>Corylus</i> | Frühes Subatlantikum | 0 |
| Orta 15 | 2b | 6b | 4 | <i>Abies</i> - <i>Alnus</i> - <i>Quercus</i> | Mittleres Subatlantikum | |
| Orta 16 | 2c | 6b | 5a | <i>Alnus</i> - <i>Quercus</i> 2 | Mittleres Subatlantikum | |
| Orta 17 | 2d | 6b | 5b | <i>Quercus</i> - <i>Alnus</i> 2 | Mittleres Subatlantikum | |
| Orta 18 | 2e | 6c | 6a | <i>Alnus</i> - <i>Quercus</i> - <i>Castanea</i> | Mittleres Subatlantikum | 800 |
| Orta 19 | 3a | | 6b | <i>Quercus</i> - <i>Castanea</i> | Spätes Subatlantikum | 1500 |
| Orta 20 | 3b | | 6c | NBP- <i>Quercus</i> | Spätes Subatlantikum | |

Tab. 1. Pollenstratigraphie Ortasee.

| See | Lago Lucone | Lago di Annone | Lago del Segrino | Lago di Origlio | Lago di Muzzano | Lago di Ghanna | Lago Piccolo di Avigliana |
|--|-----------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| Ost | 10° 29' | 9° 21' | 9° 17' | 8° 57' | 8° 56' | 8° 51' | 7° 23' |
| Nord | 45° 33' | 45° 50' | 45° 52' | 46° 03' | 46° 01' | 45° 54' | 45° 03' |
| m Höhe ü. NN. | 249 | 226 | 374 | 416 | 337 | 460 | 356 |
| Autoren | Valsecchi et al. 2006 | Wick / Möhl 2006 | Gobet et al. 2000 | Tinner et al. 1999 | Gobet et al. 2000 | Schneider / Tobolski 1985 | Finsinger / Tinner 2006 |
| Anzahl ¹⁴ C-Daten | 4 | 19 | 10 | 25 | 12 | ? | 10 |
| Abfall <i>Betula</i> | | | 11500 | | 12000 | 12000 | |
| nach <i>Pinus</i> -Maximum | 11000 | >10000 | 11000 | 11100 | 11300 | 11100 | |
| <i>Betula</i> -Gipfel | 10500 | 10000 | 10500 | 10200 | 10500 | 10400 | 10000 |
| <i>Quercus</i> -Anstieg | 10000 | 9500 | 9500 | 9600 | 10000 | 9600 | 9800 |
| <i>Corylus</i> -Anstieg | 9000 | 8700 | 8000 | 8200 | 8500 | 8000 | 8500 |
| <i>Abies</i> -Anstieg | | 6500 | 6500 | 7200 | 7000 | 7000 | 6800 |
| <i>Abies</i> -Maximum | | 4000 | 4000 | 4000 | 6000 | 4100 | 4000 |
| <i>Abies</i> -Abfall | | 3800 | 3800 | 3800 | 5000 | 3900 | 3700 |
| <i>Fagus</i> -Anstieg | 2800 | 2500 | 3000 | 2500 | 3000 | 3000 | 2700 |
| <i>Quercus</i> -Maximum | | 1500 | 1500 | 1300 | 1200 | 3800 | 1500 |
| <i>Carpinus</i> -Maximum | 800 | 800 | 500 | | 600 | 800 | 1000 |
| <i>Castanea</i> / <i>Juglans</i> empirisch | 200 | 500 | 200 | 300 | 200 | | 500 |
| <i>Castanea</i> / <i>Juglans</i> -Anstieg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Castanea</i> -Maximum | | 400 | 500 | 1300 | 500 | 800 | 1200 |
| <i>Juglans</i> -Maximum | | 1500 | 1400 | 1500 | 1200 | | 1200 |
| <i>Alnus</i> >15% | | 7000 | 2500 | 6900 | 7300 | 5000 | 7500 |

Tab. 2. Absolute Alter (calBC/AD) vegetationsgeschichtlicher Ereignisse in südalpinen Pollenprofilen.

Obwohl alle drei Kerne aus dem Ortasee etwa gleich lang sind und aus dem tiefsten Bereich des Profundals stammen, ist ihr Zeitgehalt überraschenderweise sehr unterschiedlich (Abb. 6). Kern 4 hat den größten Zeitgehalt, nämlich von der Ältesten Dryaszeit bis ins Jüngere Subatlantikum, also rund 14000 Jahre. Lediglich die letzten rund 1500 Jahre fehlen, möglicherweise nur, weil die oberen 59 cm des Kerns nicht beprobt wurden.

Die Kerne 3 und 5 setzen dagegen erst zu Beginn des Älteren Subatlantikums ein, enthalten also in gut 4 m Sediment nur etwa 2500 Jahre. Daraus resultieren einerseits unterschiedliche Sedimentationsraten – hoch in den Kernen 3 und 5, gering in Kern 4 (s. Abb. 6), aber auch – wegen gleicher Beprobungsabstände – unterschiedliche zeitliche Auflösungen. Ohne eingehende sedimentologische Bearbeitung der Kerne gibt es hierfür keine hieb- und stichfeste Erklärung. Es ist jedoch bekannt, dass die Sedimentationsraten in Seen nicht nur im Litoral zeitgleich und räumlich stark variieren und dass strömungsbedingte laterale Materialumlagerungen keine Seltenheit sind (Rösch 1997). Allerdings wird das Seebecken durch eine geomorphologische Schwelle (s. Abb. 2) auf der Höhe von Ronco/Colma in ein südliches und ein nördliches Teilbecken gegliedert (Baudo et al. 1989). Die Lage von Kern 4 auf dieser Schwelle könnte die deutlich geringere Sedimentationsrate erklären.

3.3 Zur Vegetationsentwicklung am Ortasee während Spätwürm und Holozän

Nach dem Abschmelzen des Eises fehlt in der Ältesten Dryaszeit zunächst eine örtliche Vegetation, und der Pollenniederschlag wird von Kiefernpollen (Ferntransport) dominiert (Regionale Pollenzone Orta 1). Ebenfalls noch in der Ältesten Dryaszeit kommt es zur Ausbildung von Steppenrasen, und Zwergbirke, Wacholder, Sanddorn, Weiden und Meerträubel siedeln sich an (Orta 2). Im Bölling- und Alleröd-Interstadial entstehen, eingeleitet durch eine Birkenphase, lichte Kiefernwälder (Orta 3), die sich in der Jüngeren Dryaszeit zunächst nochmals lichten, dann aber geschlossen sind (Orta 4). Noch in der Jüngeren Dryaszeit, aber verstärkt im Prä-

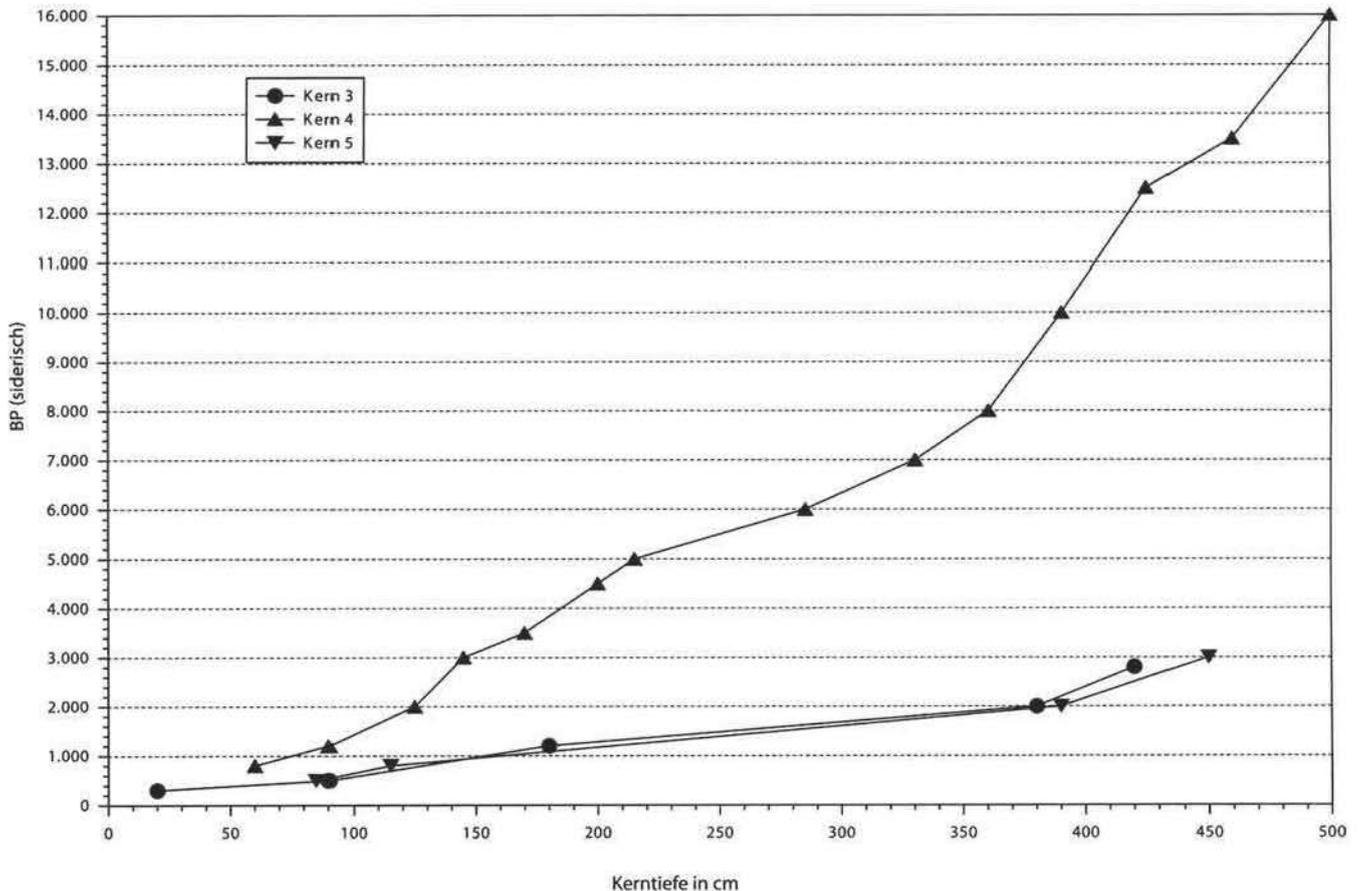


Abb. 6. Zeit-Tiefe-Diagramm zu Ortasee Kernen 3, 4 und 5.

boreal breiten sich Eichen und Ulmen aus (Orta 5). Dem geht wiederum ein Bewaldungsschub durch Birken voraus. Ulme, Eiche, Linde und Weißtanne wandern ein. Im Boreal und im Frühen Atlantikum drängt der Eichenmischwald die Kiefer zurück (Orta 6). Dann breitet sich die Weißtanne aus, während die Kiefer weiter zurück gedrängt wird und sich der Eichenmischwald behaupten kann (Orta 7, Mittleres Atlantikum). Eine Höhenzonierung mit der Weißtanne in den höheren Lagen ist anzunehmen. Im Späten Atlantikum (Orta 8) setzt sich die Ausbreitung von Weißtanne und Eichenmischwald zu Lasten der Kiefer fort. Getragen wird er beim Eichenmischwald von (laubwerfenden) Eichen und von Linden, während die Ulme bereits zurück geht und die Eschen stagnieren. Zu Beginn des frühen Subboreals (Orta 9 und 10) wird die Weißtanne zusehends zurück gedrängt. Auch Ulme und Esche gehen zurück. Erle (extrazonal in den Auen) und Rotbuche beginnen sich auszubreiten. Das ganze geschieht, wie die Kulturzeiger andeuten, unter dem Einfluss des wirtschaftenden Menschen. Im mittleren Subboreal (Orta 11) nimmt die Weißtanne nochmals zu, während die Kulturzeiger aussetzen: eine Parallele zur Situation am nördlichen Alpenrand, wo es zwischen Neolithikum und Bronzezeit bei nachlassendem menschlichen Einfluss ebenfalls zu einem Vorstoß der Schatthölzer, in tieferen Lagen hauptsächlich der Rotbuche, kommt. Der Übergang Mittleres/Spätes Subboreal (Orta 12) ist erstmals in allen drei Profilen belegt. Die Erle prägt in den Auen die Landschaft und die Eiche außerhalb. Die menschlichen Eingriffe – wir befinden uns in der Bronzezeit – nehmen wieder zu, doch kommt es noch nicht zu großflächiger Entwaldung. Im späten Subboreal (Orta 13, Spätbronzezeit und Hallstattzeit) ändert sich an den Vegetationsverhältnissen wenig. Menschlicher Einfluss und anthropogene Entwaldung bleiben begrenzt. Das ändert sich auch im Frühen Subatlantik (Orta 14, Latènezeit) nicht grundsätzlich. Zu Beginn des mittleren Subatlantiks (Orta 15, Römische Kaiserzeit) werden Walnuss und Esskastanie eingeführt. Die Entwaldung bleibt bescheiden. Im weiteren Verlauf des mittleren Subatlantiks (Orta 16, Spätantike, frühes Frühmittelalter) ist nahezu kein menschlicher Einfluss mehr fassbar. Die Weißtanne kann davon nicht mehr profitieren. Stattdessen breiten sich Rotbuche und Eiche aus. Gegen Ende des mittleren Subatlantiks (Orta 17, Frühmittelalter) nehmen die menschlichen Eingriffe zu und führen zu starker Entwaldung. Davon ist vor allem die Rotbuche betroffen, später auch Hasel, Eiche und Birke. Eine nachfolgende kurze Wiederbewaldungsphase zu Beginn des Späten Subatlantiks (Orta 18) ist möglicherweise nur auf die Auen beschränkt, in denen die Erle zunimmt. Gefördert durch Niederwaldwirtschaft kann sich die Esskastanie stark ausbreiten. Zwischenzeitlich wird sie, bei vermindertem menschlichem Einfluss, nochmals von der Eiche zurückgedrängt. Als Zeitstellung für dieses Ereignis kann das Spätmittelalter angenommen werden. Anschließend werden die Esskastanienniederwälder wieder zur landschaftsprägenden Vegetation (Orta 19, Frühe Neuzeit). Danach gehen sie zurück, und Ackerbau und Entwaldung erreichen ein Ausmaß wie nie zuvor (Orta 20).

3.4 Human Impact am Alpensüd- und am Alpennordrand – ein Vergleich

In der geographischen Länge der betrachteten Seen, also etwa zwischen Turin und Como, bestehen zwischen dem nördlichen und südlichen Alpenrand erhebliche topographische und geologische Unterschiede zwischen dem nördlichen und südlichen Alpenrand: Die südalpinen Seen liegen zwar teilweise deutlich niedriger als die nordalpinen, doch sind sie eingebettet in eine randalpine Umgebung mit hoher Reliefenergie und Erhebungen bis 2000 m. Die nordalpinen Seen liegen dagegen, zumindest im hier als Referenzregion herangezogenen Rheingletschergebiet, außerhalb der Alpen im Jungmoränen-Hügelland. Dort besteht der geologische Untergrund aus wärmzeitlichem Geschiebe oder Molasse und ist mehr oder weniger kalk- und basenreich. Am südlichen Alpenrand, zwischen Turin und dem Lago Maggiore, stehen hingegen vorwiegend kristalline Gesteine an, die basenarme Böden bilden (Schneider 1978; Wick 1996). Nur östlich vom Comer See steht Kalkgestein an. In klimatischer Hinsicht sind Alpennord- und -südrand recht ähnlich, was die Jahresniederschläge betrifft. Die Jahresmitteltemperaturen liegen jedoch mit 11 bis 13 °C am Alpensüdrand 2–5 °C höher als am nördlichen Alpenrand. Aufgrund von Relief und Geologie ist die ackerbauliche Eignung in der Umgebung der südalpinen Seen weniger gut als im Gebiet der Rhein-Vorlandvergletscherung. Dennoch beginnt die bäuerliche Besiedlung am Alpensüdrand bereits um 5000 calBC und somit 700 Jahre früher als am nördlichen Alpenrand (Bagolini/Pedrotti 1998; Suter/Schlichtherle 2009). Bezüglich des menschlichen Einflusses auf Vegetation und Landschaft sind also chronologische und quantitative Unterschiede zwischen Nord- und Südseite zu erwarten. Einige

Daten zur Landnutzungsgeschichte wurden aus den Diagrammen herausgezogen und in Tab. 3 zusammengestellt. Als nordalpines Vergleichsprofil wurde Hornstaad am Bodensee-Untersee (Rösch 1992; 1993; 1997) herangezogen. Es steht beispielhaft für eine ganze Reihe hochauflösender, teilweise noch nicht publizierter Pollenprofile aus dem Bodenseeraum (Wick/Rösch 2006). Außer dem Zeitpunkt des Beginns der bäuerlichen Landnutzung wurden die drei Zeitscheiben Jungneolithikum (4000–3500 calBC), Eisenzeit mit Späthallstatt/Frühlatène (600–400 calC) und Hochmittelalter (1000–1300 calAD) betrachtet. In Hinblick auf den Beginn der neolithischen Landnutzung korrespondiert die Vegetationsgeschichte mit der Archäologie: Die bäuerliche Landnutzung am Bodensee beginnt 4300 calBC mit dem Abfall von Rotbuche, Linde und Ulme, der Zunahme von Hasel, Birke und Holzkohle sowie dem Vorkommen von Getreide und anderen Kulturzeigern. Dem entspricht eine zeitgleiche südalpine Nutzungsphase, die mit dem endgültigen Weißtannenabfall einher geht und nachfolgend genauer zu betrachten ist. Dies ist hier aber bereits die zweite Nutzungsphase, der eine Erholung der Weißtannenbestände vorausging. Bereits davor, etwa zwischen 5000 und 4500 calBC war es nämlich bereits zu einem Weißtannenabfall gekommen, verbunden mit einem Anstieg von Hasel und Birke, der Zunahme von Holzkohle und dem Auftreten von Getreidepollen und anderen Kulturzeigern. Letztere sind etwas seltener als in der folgenden Phase. Am Ortasee (Orta 4-4a) ist der erste Weißtannenrückgang schwächer als an den anderen genannten Lokalitäten, aber sichtbar, ebenso der schwache Nichtbaumpollenanstieg. Anhand der palynologischen Indizien lässt sich kein Unterschied in der Bewirtschaftungsweise zwischen den beiden neolithischen Nutzungsphasen am Alpensüdrand einerseits und der jungneolithischen Nutzungsphase am Alpennordrand andererseits feststellen. Für das nördliche Alpenvorland wurde ein Wald-Feldbau-Verfahren mit Brand postuliert (Rösch 1987; Rösch et al. 2008).

Wick/Möhl (2006) haben sich intensiv mit dem mittelholozänen Weißtannenabfall in den Südalpen und seinen möglichen Ursachen auseinandergesetzt und können ihn nicht allein mit (natürlichen) Waldbränden erklären, sondern machen einen Ursachenkomplex von Bränden, menschlichen Eingriffen, Klimaveränderung und mangelnder Anpassung der Tannenpopulation an Trockenstress verantwortlich. Dem ist nicht zu wider-

| | Alpen- nordrand | Alpensüdrand | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|
| | Horn- staad | Ortasee | Lago Lucone | Lago di Annone | Lago del Segrino | Lago di Origlio | Lago di Muzzano | Lago di Ghanna | Lago Piccolo di Avigliana |
| Hochmittelalter (1000-1300 calAD) | | | | | | | | | |
| % NBP | 25 | 40 | 30 | 55 | 50 | 45 | 40 | 55 | 55 |
| % Getreide | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Eisenzeit (600-400 calBC) | | | | | | | | | |
| % NBP | 25 | 12 | 12 | 30 | 25 | 35 | 40 | 15 | 40 |
| % Getreide | 1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 1 | 1 | 1 | <1 |
| Jungneolithikum (4000-3500 calBC) | | | | | | | | | |
| % NBP | 6 | 10 | | 8 | 10 | 5 | 8 | 10 | 8 |
| % Getreide | 0,5 | <0,3 | | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| % Holzkohle | Influx 10 | | | Influx 15 | | Influx 50 | | | |
| % Hasel | 28; +10 | 10; +5 | | 30; +15 | 35; +20 | 35; +20 | 30; +20 | 15; | 20; +5 |
| % Birke | 12; +7 | 6; +4 | | 12; +8 | 5; +3 | 10; +4 | 4; +1 | 5; +3 | 15; +5 |
| % Rotbuche | 10; -10 | 3; +2 | | 8; +6 | 2; +1 | 1 | 1 | <1 | <1 |
| % Weißtanne | 2 | 20; -20 | | 2; -35 | 5; -15 | 15; -20 | 3; -15 | 15; -15 | 1; -1 |
| erste neolithische Landnahme | | | | | | | | | |
| | 4300 calBC | | | 5200 calBC | 5000 calBC | 4900 calBC | 5000 calBC | 5000 calBC | 5000 calBC |

Tab. 3. Menschliche Eingriffe und ihre Auswirkungen auf die Vegetation – Vergleich von Pollenprofilen nördlich und südlich der Alpen.

sprechen, doch muss gefragt werden, in welchem Umfang in montanen Weißtannen-Mischwäldern mit großflächigen natürlichen Bränden, beispielsweise in Folge von Blitzschlägen, zu rechnen ist. Außerdem soll die Schlüsselrolle des Menschen bei diesen Vorgängen herausgehoben werden, die auch dadurch evident wird, dass der erste Tannenabfall zeitlich mit der Besiedlung des Gebiets durch die Impressokeramische Kultur und die Isolino-Gruppe (etwa 5500–5000 calBC) zusammen fällt, der zweite mit der Besiedlung durch die Bocca-quadrata- und die nachfolgende Lagozza-Kultur (etwa 4300–3400 calBC, Bagolini/Pedrotti 1998). Die palynologischen Indizien für menschliche Eingriffe in dieser Zeit wurden schon dargestellt. Die Weißtanne, im natürlichen Bergwald des südlichen Mitteleuropa und Südeuropas aufgrund Wuchshöhe, Lebensalter und vor allem Schattentoleranz in der Jugend und Schattenwurf im Alter das konkurrenzstärkste Gehölz, erweist sich bei Störungen als das empfindlichste: Der dünnborkige Baum ist nicht feuerhart, seine Jungpflanzen werden von Vieh und Wild bevorzugt verbissen, und mit dem Abschlagen ist er – im Gegensatz zu den ausschlagsfähigen Laubhölzern – beseitigt. Weiterhin kann sich die Weißtanne nur unter Schirm verjüngen, hat also keine Pioniereigenschaften. Am Alpennordrand wurde die Rotbuche durch menschliche Eingriffe ebenfalls zurückgedrängt, konnte sich aber ihr Wuchsgebiet immer wieder zurück erobern, wenn die Eingriffe nachließen, und könnte das vermutlich noch heute. Im Schwarzwald ist auch die Weißtanne unter gewissen Rahmenbedingungen dazu in der Lage. Dass sie es am südlichen Alpenrand nicht konnte, sondern dauerhaft verdrängt wurde, ist möglicherweise klimatisch bedingt. Immerhin sind am Ortasee noch zwei kürzere und schwächere Ausbreitungsschübe der Weißtanne im ersten vorchristlichen Jahrtausend dokumentiert (Orta 3-2b, 2c/d, Orta 5-2b, 3, 4).

Am Bodensee äußert sich die jungneolithische Landnutzung im Rückgang der Rotbuche von mehr als 20 % auf weniger als 10 % bei gleichzeitiger Zunahme der Hasel um mehr als 10 % und der Birke um etwa 7 %. Der Nichtbaumpollenanteil ist mit etwa 6 % nur schwach erhöht, und der Getreideanteil bleibt unter 1 %, während der Holzkohleeintrag beträchtlich ist. Am Alpensüdrand hat die Weißtanne die Rolle der Rotbuche. Ihr Anteil geht in der Bocca-quadrata-/Lagozza-Nutzungsphase, die zeitlich dem Jungneolithikum am Alpennordrand entspricht, um 15 bis 35 % auf ein Drittel oder weniger zurück (Ausnahme Lago Piccolo di Avigliana außerhalb des Tannenareals). Hasel und Birke nehmen ebenfalls deutlich zu, die Nichtbaumpollen dagegen nur schwach, auf Werte zwischen 5 und 10 %. Getreide ist vorhanden, bleibt aber unter 0,5 %. Die Übereinstimmung zwischen der nord- und der südalpinen Nutzungsphase ist geradezu verblüffend. Auch die erste neolithische Besiedlungsphase am südlichen Alpenrand durch Träger der Impressokeramischen Kultur und der Isolino-Gruppe, die kein zeitliches Pendant am Alpennordrand hat, hebt sich im Pollenniederschlag nicht von der zweiten ab, was auf ähnliche Wirtschaftsweise hindeutet. Somit wurden Wald-Feldbau-Verfahren möglicherweise nicht erst in der Michelsberger Kultur in den mitteleuropäischen Lössgebieten entwickelt (Schier 2009), sondern bereits wesentlich früher, als neolithische Siedler von Süden her an den dicht bewaldeten Alpensüdfuß heranrückten.

Im Neolithikum äußert sich die landwirtschaftliche Tätigkeit der Menschen weniger in der Schaffung von Offenland als in der Umstrukturierung dunkler natürlicher Waldbestände in zu vielfältiger Nutzung geeignete lichtreiche Wirtschaftswälder (Kalis/Meurers-Balke 1988). Ab den Metallzeiten bewirkt eine auf ortsfesten, mit Kurzbrache bewirtschafteten Feldern, Waldweide und Mistdüngung basierende extensive Landnutzung eine zunehmende Entwaldung (Kalis et al. 2003). Zwischen Wirtschaftskraft, Human Impact und Entwaldungsgrad, nachvollziehbar am Nichtbaumpollenanteil, besteht ein mehr oder weniger linearer Zusammenhang. Vergleicht man so die Landnutzung südlich und nördlich der Alpen, so stehen maximal 25 % Nichtbaumpollen in Hornstaad am Bodensee Werte zwischen 12 und 40 % am Alpensüdfuß gegenüber. Im Bodenseegebiet sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Profilen gering, was an der einheitlicheren und weniger gekammerten Landschaft liegt (Fischer et al. 2010). Am Alpensüdfuß bestanden dagegen offensichtlich erhebliche Unterschiede in der Nutzungsintensität der einzelnen Siedlungsräume. Die Getreidewerte sind überall ähnlich und liegen mit 0,5–1 % nur geringfügig höher als im Neolithikum.

Im Hochmittelalter werden am Alpensüdrand Nichtbaumpollenwerte zwischen 40 und 55 % erreicht. Nur am Lago Lucone sind sie mit 30 % etwas geringer. 50 % Nichtbaumpollen bedeutet weitgehende Waldfreiheit (Rösch 1994). Am Bodensee werden 30 % nur in einzelnen Spitzen überschritten. Die Getreidewerte sind hier hingegen mit 5 % höher als am südlichen Alpenrand, wo sie nur am Ortasee 5 % erreichen. Die Werte sind durchaus vergleichbar, da am nördlichen und südlichen Alpenrand Roggen etwa gleich stark beteiligt ist. Die niedrigeren Getreidewerte am südlichen Alpenrand resultieren aus den reliefbedingt kleineren ackerfähigen Flä-

chen. Der geringere Gehölzpollenanteil bedeutet nicht unbedingt weniger Waldfläche, sondern ist möglicherweise in der hier viel ausgedehnteren Niederwaldwirtschaft begründet, bei der wenig Gehölzpollen erzeugt wird.

4 Korrespondenzanalytische Auswertung der Pollendaten und kritische Würdigung der Methode

4.1 Vorbemerkungen

In den letzten Jahren wurde die Korrespondenzanalyse – auch in ihrer kanonischen Form – in zahlreichen Arbeiten verwendet, um Human Impact als Hauptklärungsdimension aus Pollendaten zu extrahieren (Birks et al. 1988; Kalis/Zimmermann 1997; Kerig/Lechterbeck 2000, 2004; Lechterbeck 2004; Lechterbeck et al. 2009).

Für die Durchführung der Analyse wurde zunächst jeder Probe der Kerne 3, 4 und 5 aus dem Ortasee – Profile OR3, OR4 und OR5 – eine Datierung zugewiesen (Abb. 6). Datiert wurden die Pollenproben auf der Basis der hier vorgestellten biostratigraphischen Korrelation. Als Vergleichsprofil wurde ein Datensatz vom Luganer See gewählt (LG 83-17; Wick 1989). Für dieses Profil wurde auf der Grundlage der publizierten Radiokarbondaten (Niessen et al. 1992) eine neue Zeit-Tiefen-Kurve erstellt und auch hier jeder Probe eine Datierung zugewiesen. In alle multivariaten Analysen gingen nur Proben jünger als 5500 v. Chr. ein (s. Abb. 9). Diese Einschränkung wurde getroffen, weil die spätglaziale und frühholozäne Vegetationsentwicklung so verschieden von derjenigen der mittel- und spätholozänen ist, dass die multivariate Analyse sehr stark polarisiert würde und eventuelle Gradienten nicht sichtbar wären. Es kann davon ausgegangen werden, dass die spätglaziale und frühholozäne Vegetationsentwicklung bis 5500 v. Chr. abgeschlossen war, der menschliche Einfluss sich aber noch nicht auf die Vegetation ausgewirkt hat.

Die verbleibenden Horizonte aller vier Profile wurden dann gemeinsam analysiert, wobei solche Taxa ausgeschlossen wurden, die in weniger als 5 % aller Horizonte vorkamen. Dieses Ausschlusskriterium ist rein empirisch und schließt sowohl den Großteil aller Einzelfunde als auch Massenfunde einzelner Arten in einzelnen Horizonten aus, die bei einer pollenanalytischen Detailuntersuchung einen Aussagewert haben, aber die statistische Analyse stören würden.

Für die kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) wurde die Zeitachse als kanonisch gesetzt, daher wird die Analyse auf solche Veränderungen in der pollenanalytischen Überlieferung optimiert, die mit der Zeit korrelieren. Der kanonische Korrelationskoeffizient der hier gezeigten Analyse beträgt 0,857. Dieser Wert würde 0 annehmen, wenn das Artenspektrum nicht mit seinem Alter korreliert wäre, ein Wert von 1 würde bedeuten, dass das Alter des Spektrums aufgrund der Zusammensetzung fehlerfrei vorherzusagen wäre. Die Pollendaten von Luganer See und Ortasee weisen einen deutlichen Gradienten auf. Dieser Gradient ist unschwer als Entwicklung von der natürlichen Waldvegetation hin zur offenen Kulturlandschaft zu erkennen. Das zeigen auch die Werte der Koordinaten auf dem 1. Eigenvektor für die Taxa: hohe negative Werte sind mit Waldarten korreliert, positive Werte mit Offenland- und Kulturzeigern, auch haben genutzte Gehölze intermediäre bis positive Werte (Tab. 4; Abb. 7).

4.2 Ergebnisse

Das Streudiagramm (Abb. 8) der Horizonte zeigt, dass Ortasee und Luganer See eine deutlich parallele Vegetationsentwicklung haben.

Die CCA eignet sich nicht, um den Human Impact im Neolithikum abzubilden (Lechterbeck et al. 2009). Frühe Eingriffe, etwa in der Bandkeramik, sind oftmals in der pollenanalytischen Überlieferung nicht oder nur undeutlich belegt. Letztlich bleibt die Repräsentanz von Landnutzung im Pollendiagramm ein räumlich-sta-

tistisches Problem, wobei außer der Entfernung der Nutzflächen zum Pollenarchiv die Art und Intensität der Landnutzung eine Rolle spielen. Hinzu kommt noch ein chronologischer Faktor, denn menschliche Eingriffe in die Vegetation akkumulieren sich mit der Zeit und werden erst ab einem bestimmten „Schwellenwert“ sichtbar (Lechterbeck 2008).

Die neolithische Landwirtschaft fand in einer bewaldeten Umgebung statt und verdrängte den Wald nur vorübergehend. Daher ist ihr Einfluss auf die Pollenzusammensetzung zwar erheblich, äußert sich aber vor allem im Rückgang bestimmter Gehölzpollen bei gleichzeitiger Zunahme anderer. Der Gradient von mehr oder weniger geschlossener Waldlandschaft zu offener Kulturlandschaft ist über den gesamten Zeitraum betrachtet einfach stärker und wird daher durch die Haupterklärungsdimension abgebildet.

Entgegen der Annahme von Kalis und Zimmermann (1997) können die Werte auf der 1. Achse der CCA also auch nicht als Proxy für Populationsdichte benutzt werden, zumindest nicht für den gesamten Zeitraum der Vorgeschichte. Der Anstieg der von ihnen publizierten Kurve seit der Bronzezeit fällt zusammen mit einer veränderten Art der Landnutzung, die zu einer verstärkten Offenlandbildung führte (Kalis et al. 2003). Die Korrelation mit den Bevölkerungsdichteschätzungen muss aber letztlich nicht kausal sein. So kann es bei gleichbleibender Bevölkerungsdichte auch dann zu einer verstärkten Offenlandbildung kommen, wenn z. B. die Viehwirtschaft verstärkt wird.

Trägt man die Werte auf der 1. Achse der CCA für jedes Profil gegen die Zeit auf (Abb. 9), so erhält man je eine Kurve, die das Verhalten der Haupterklärungsdimension über die Zeit beschreibt. Für Luganer See (LUG)

| Taxa | 1. Achse | Taxa | 1. Achse |
|------------------------------|----------|----------------------------|----------|
| <i>Hippophae</i> | 0,9339 | Poaceae | 0,2962 |
| Cerealia | 0,9257 | <i>Ostrya carpinifolia</i> | 0,2867 |
| <i>Castanea</i> | 0,8468 | <i>Potamogeton</i> | 0,2656 |
| <i>Prunus</i> -Typ | 0,8441 | <i>Larix decidua</i> | 0,2437 |
| <i>Secale cereale</i> | 0,7679 | <i>Alnus</i> | 0,2358 |
| <i>Juglans</i> | 0,7667 | <i>Pistacia</i> | 0,2143 |
| <i>Humulus/Cannabis</i> | 0,7559 | Rubiaceae | 0,21 |
| <i>Trifolium</i> -Typ | 0,7392 | <i>Carpinus</i> | 0,198 |
| <i>Olea europea</i> | 0,6971 | <i>Alnus viridis</i> | 0,1906 |
| <i>Sparganium</i> | 0,6787 | <i>Vitis</i> | 0,1757 |
| <i>Juniperus</i> | 0,6716 | <i>Salix</i> | 0,1656 |
| <i>Populus</i> | 0,6488 | <i>Buxus</i> | 0,1523 |
| <i>Plantago lanceolata</i> | 0,634 | <i>Ephedra fragilis</i> | 0,1501 |
| Campanulaceae | 0,6212 | Chenopodiaceae | 0,1354 |
| <i>Plantago</i> indet. | 0,6157 | <i>Pteridium</i> | 0,1153 |
| Ranunculaceae | 0,5889 | <i>Betula</i> | 0,1104 |
| <i>Potentilla</i> -Typ | 0,5746 | <i>Artemisia</i> | 0,0949 |
| <i>Pinus cembra</i> | 0,5621 | <i>Frangula alnus</i> | 0,0902 |
| <i>Centaurea jacea</i> | 0,5473 | Cyperaceae | 0,008 |
| <i>Calluna</i> | 0,5456 | <i>Picea abies</i> | -0,0089 |
| Cichoriaceae | 0,516 | <i>Corylus</i> | -0,0288 |
| <i>Ranunculus acris</i> -Typ | 0,5049 | <i>Fraxinus ornus</i> | -0,032 |
| Ericaceae | 0,5037 | <i>Quercus ilex</i> | -0,0754 |
| Polypodiaceae | 0,4992 | Brassicaceae | -0,0756 |
| <i>Rumex</i> sp. | 0,4985 | <i>Caltha</i> -Typ | -0,0779 |
| <i>Polygonum aviculare</i> | 0,4901 | <i>Helianthemum</i> | -0,0887 |
| <i>Plantago major/media</i> | 0,4751 | <i>Quercus</i> | -0,1302 |
| Rosaceae | 0,4404 | <i>Acer</i> | -0,1575 |
| Apiaceae | 0,433 | <i>Thalictrum</i> | -0,2508 |
| Fabaceae | 0,4242 | <i>Odontites</i> | -0,2609 |
| <i>Urtica</i> | 0,4012 | <i>Fraxinus excelsior</i> | -0,3749 |
| Caryophyllaceae | 0,3723 | <i>Ulmus</i> | -0,4248 |
| <i>Sphagnum</i> | 0,3719 | <i>Filipendula</i> | -0,4488 |
| <i>Mentha</i> -Typ | 0,3705 | <i>Taxus</i> | -0,6169 |
| <i>Sambucus</i> | 0,3546 | <i>Tilia</i> | -0,7342 |
| <i>Ephedra distachya</i> | 0,3222 | <i>Hedera</i> | -0,8853 |
| Asteraceae | 0,3052 | <i>Pinus</i> | -0,9305 |
| <i>Fagus</i> | 0,3026 | <i>Abies</i> | -1,0928 |

Tab. 4. Werte auf dem 1. Eigenvektor der CCA für die Taxa. CCA Luganer See und Ortasee.

und Ortasee (OR) beschreiben die Kurven der Werte auf dem 1. Eigenvektor die Vegetationsgeschichte im abgebildeten Zeitraum in kursorischer Weise, wobei ein paralleler Verlauf auch eine ähnliche Vegetationsentwicklung bedeutet. Letztlich sind diese Kurven nicht aus sich heraus zu interpretieren; es bedarf immer eines Rückgriffs auf die originalen Pollendaten. Der Weißtannengipfel im Profil aus dem Luganer See beispielsweise zwischen 4700 und 3700 v. Chr. ist deutlich als Rückgang in der Kurve zu sehen. Die Kurve für OR4 zeigt

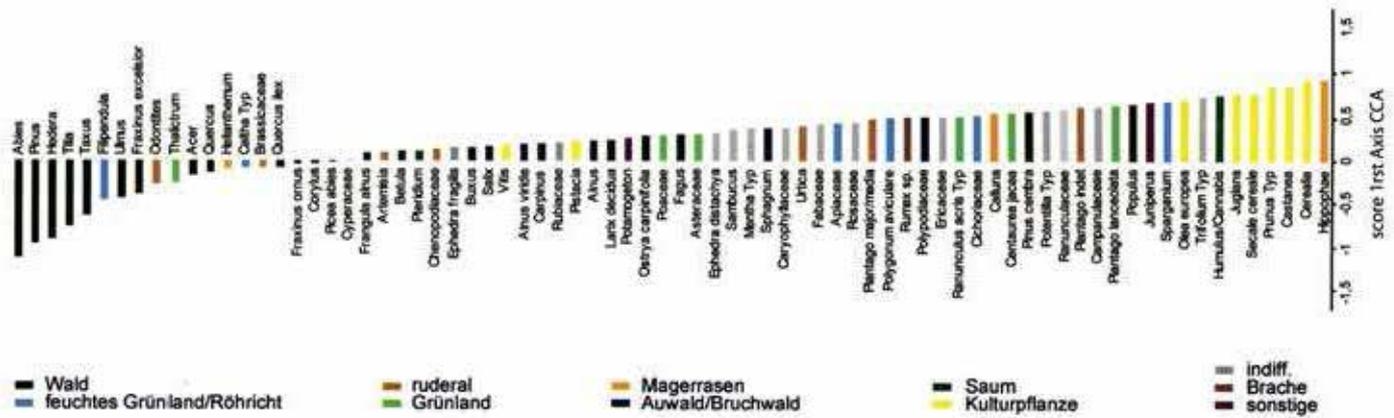


Abb. 7. Werte auf dem 1. Eigenvektor für die Taxa, CCA Luganer See und Ortasee. Hohe negative Werte sind mit Waldarten verbunden, hohe positive Werte vor allem mit Kulturpflanzen. Den höchsten negativen Wert hat die Weißtanne.

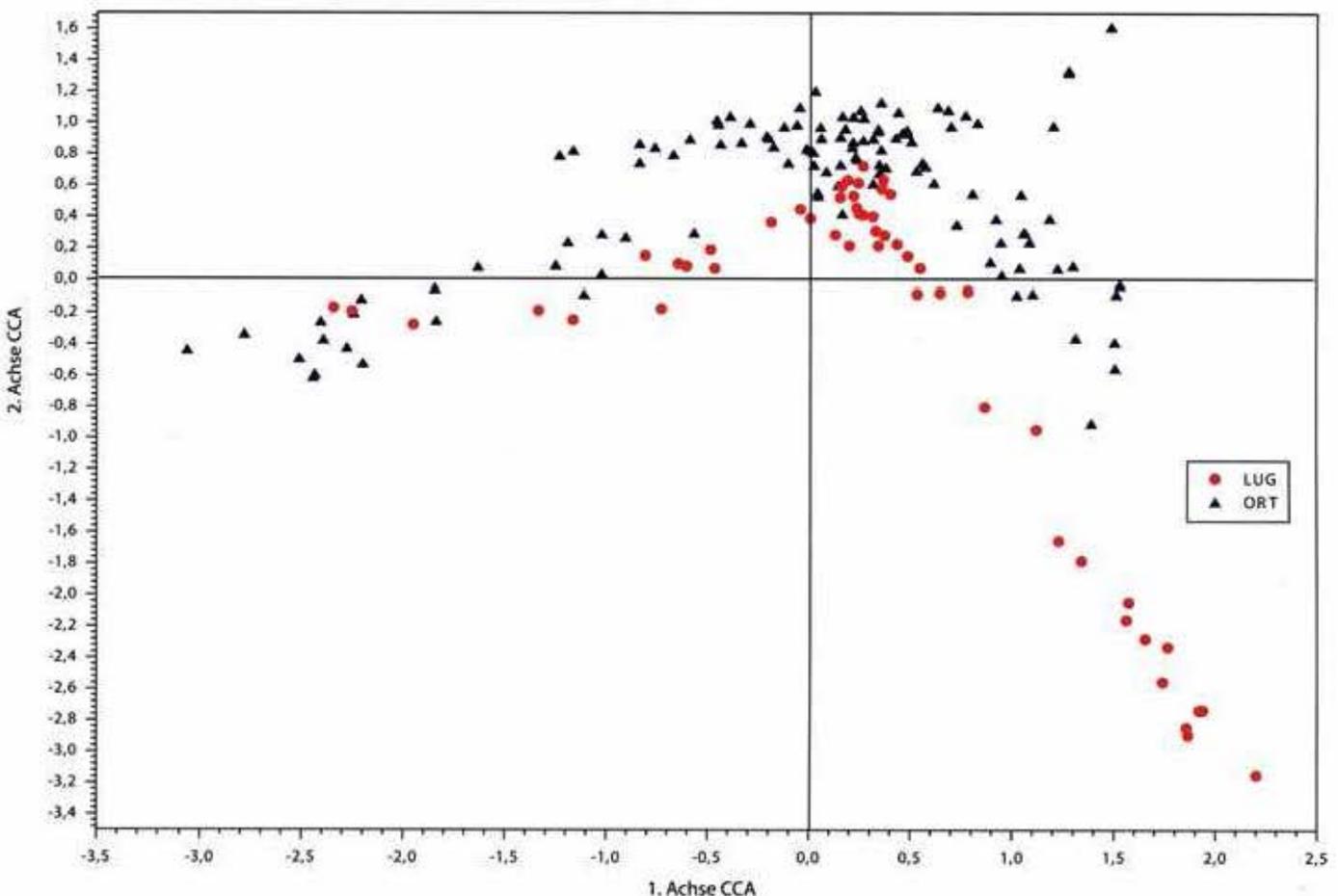


Abb. 8. Streudiagramm der Proben von Luganer See (LUG) und Ortasee (ORT). Aufgetragen sind die Werte auf der 1. Achse der CCA gegen die Werte auf der 2. Achse der CCA.

dieses Ereignis weniger deutlich; die Kurve schwankt häufiger. Klar erkennbar ist jedoch auch hier der Weißtannenabfall um 3700 v. Chr. als deutlicher Anstieg der Kurve.

Gegenüber den Pollendiagrammen wurde eine andere Datierung angenommen. OR4 endet bereits um 500 n. Chr., und die beiden Abfälle der Weißtannenkurve wurden mit dem Luganer See korreliert, so dass der erste Abfall um 3900 v. Chr. und der zweite Abfall um 1700 v. Chr. liegt. Beim Luganer See steigen die Werte auf der 1. Achse der CCA etwa bis auf Werte um 0, bei OR4 zunächst nur auf Werte um -1. Der Ortasee weist höhere Weißtannenwerte auf, die dazu führen, dass die Werte so niedrig bleiben, da die Weißtanne den höchsten negativen Wert auf der 1. Achse hat. Beide Kurven erreichen Werte um 0 nach dem endgültigen Abfall der Weißtannenkurve um 1700 v. Chr. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Datierung nun in sich stimmt, wofür auch der etwa gleichzeitige Anstieg der Buchenkurve spricht.

Ab etwa 100 v. Chr. beginnt die Kurve für den Luganer See deutlich anzusteigen, was auf einen kräftigen Anstieg der Nichtbaumpollen zurückzuführen ist. Die Kurve steigt kontinuierlich mit einem kleinen Rückschlag um 400 n. Chr.. Das Profil endet um 700 n. Chr.. Aufgrund der geringen Auflösung ist die Kurve von OR4 für diesen jüngeren Abschnitt nicht allzu aufschlussreich – jedoch kann auch hier ein deutlicher Anstieg der Kurve zwischen 200 und 450 n. Chr. am Ende des Profils verzeichnet werden.

Belegt und gut aufgelöst ist dieser jüngere Zeitabschnitt in den beiden Profilen OR3 und OR5. Da die Profile aus dem gleichen See stammen und sie den gleichen Zeitraum abdecken, sollten die Kurven der Werte auf der 1. Achse der CCA auch parallel verlaufen und ähnliche Werte aufweisen. Das tun sie jedoch nur in begrenztem Maße. Die Gründe dafür liegen in der Datierungsungenauigkeit – beide Profile wurden über biostratigraphische Korrelationen datiert, daher lassen sich Abweichungen in den Datierungen nicht vermeiden. Aus diesem Grund liegen auch die Werte teilweise nicht in der gleichen Größenordnung. Bei beiden Kurven lassen sich aber die Minima und Maxima korrelieren. Es ist lediglich nicht möglich zu sagen, welche Datierung nun „stimmt“. In Abb. 9 sind mit dickem Strich die angenommenen Korrelationen eingezeichnet. Zwischen 1200 und 800 v. Chr. haben beide Kurven ein lokales Maximum, welches weniger ausgeprägt auch in OR4 zu verzeichnen ist. Die Auflösung der Kurven erlaubt hier keine weitergehende Interpretation. Ein weiterer deutlicher Anstieg erfolgt bei 350 v. Chr. (OR5) bzw. 200 v. Chr. (OR3). Um 50 n. Chr. ist ein erstes Maximum in beiden Kurven festzustellen – aufgrund der Datierungsungenauigkeiten ist es wahrscheinlich zeitgleich mit dem Anstieg der Kurve vom Luganer See um 100 v. Chr.. Ab etwa diesem Zeitpunkt spiegelt die Kurve der Werte auf dem 1. Eigenvektor der CCA die Intensität des Human Impact wider.

Ein deutliches Muster in den beiden Kurven von OR3 und OR5 sind zwei ausgeprägte Minima, das eine fast gleichzeitig in beiden Kurven um 150 n. Chr., das andere um 450 AD (OR3) bzw. 650 n. Chr. (OR5). Beide Minima korrespondieren jeweils mit einer Wiederbewaldungsphase durch die Weißtanne. In OR3 sind diese Phasen kurz und sehr ausgeprägt, in OR5 dagegen sind sie weniger scharf voneinander abgegrenzt, und der Abfall zwischen ihnen ist weniger deutlich. Wenn man sich hier für eine Datierung entscheiden müsste, dann würde einiges für die frühere Datierung des zweiten Abfalls sprechen. Dieses Nachlassen im Nutzungsdruck würde dann etwa um 450 n. Chr. datieren und wäre zeitgleich mit dem Rückschlag im Luganer See, so dass damit vielleicht ein regionales Phänomen erfasst wäre, was ungefähr mit dem Zusammenbruch des weströmischen Reiches zusammenfällt. Gleichzeitig würden dann auch die Kurven von Esskastanie und Walnuss in OR 5 früher einsetzen, was ebenfalls mit der regionalen Biostratigraphie in Einklang stünde.

Nach diesen beiden Wiederbewaldungsphasen spielt die Weißtanne für die Vegetationsentwicklung kaum noch eine Rolle und auch die Werte auf der 1. Achse der CCA werden von anderen Arten bestimmt: hohe positive Werte korrelieren mit Esskastanie, Walnuss, Eiche, Süßgräsern und Getreide, negative Werte vor allem mit Rotbuche und Hasel.

Ab etwa 600 n. Chr. ist es dann die starke Ausbreitung von Esskastanie und Walnuss, die die Werte auf dem 1. Eigenvektor prägt.

Wenn es um die Intensität des Human Impact geht, dann muss berücksichtigt werden, dass sich die prähistorische Wirtschaftsweise durch die Jahrtausende mehrfach änderte. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf das Pollenspektrum sind vielfältig und die wirtschaftsgeschichtlichen Übergänge oft zugleich regressive Phasen der Landnutzung. Eigentlich macht es keinen Sinn, nach nur einem Proxy für Human Impact zu suchen, es wäre sinnvoller, verschiedene Proxies für unterschiedliche Arten des Human Impact zu haben, etwa für Viehwirtschaft, Pflugbau, Gartenbau usw. – ganz analog zu den Klimaproxies, die ja auch unterschiedliche Aspekte

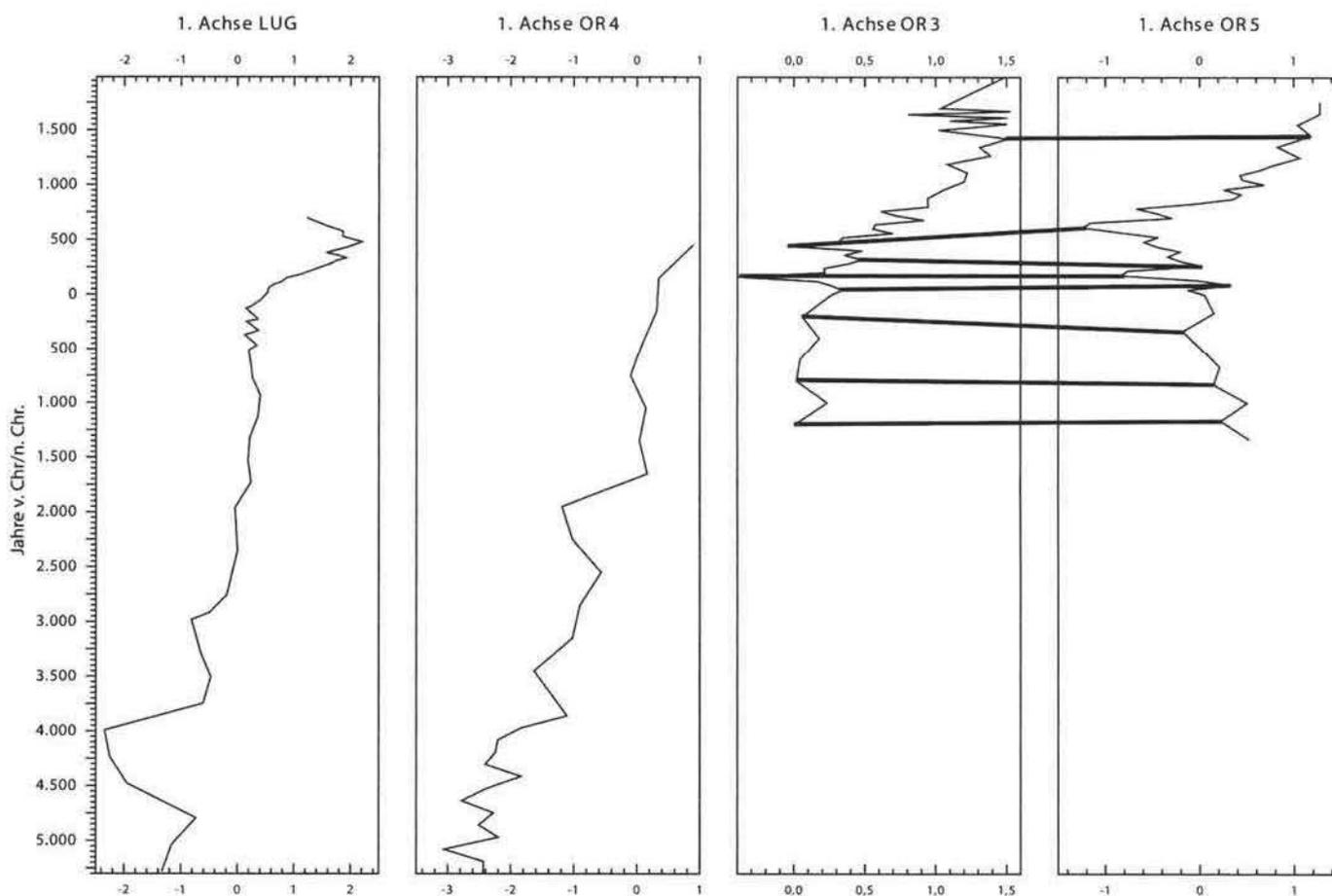


Abb. 9. Werte auf der 1. Achse der CCA gegen die Zeit aufgetragen. Die Kurven zeigen das Verhalten der Hauptklärungsdimension über die Zeit.

des Klimas vertreten, wie mittlere Jahrestemperatur, Temperatur des kältesten Monats, Niederschlagsmenge u.s.w. Hier böte sich die Hauptkomponenten- oder Faktorenanalyse an, die mehrere unabhängige Variablen aus dem Datensatz extrahiert. Das Problem dabei ist jedoch, dass die Daten stark von den häufigen, windblütigen Taxa dominiert werden und daher die extrahierten Faktoren meist die Waldentwicklung beschreiben, die auch in einfacher Form aus dem Pollendiagramm ablesbar ist. Bezieht man nur die bekannten Kulturzeiger (z. B. Behre 1981) in die Analyse ein, entsteht das Problem, dass diese aufgrund ihrer geringen Repräsentanz statistisch häufig nicht repräsentativ sind. Die Korrelationsmatrix (oder Kovarianzmatrix, je nach Analyse), die als Ausgangsmatrix dient, enthält dann viele Nullwerte und ist für die Analyse häufig ungeeignet.

Die kanonische Korrespondenzanalyse von Ortasee und Luganer See ermöglicht durch die Darstellung der Vegetationsentwicklung in einer einzigen Kurve die genauere Korrelation einzelner Ereignisse und in der Folge auch deren Datierung. Durch die Angabe des kanonischen Korrelationskoeffizienten ergibt sich praktisch eine „Prüfgröße“ für die Güte der biostratigraphischen Korrelation und der sich daraus ergebenden Datierung. In Zweifelsfällen kann entschieden werden, welche Korrelationsmöglichkeit die wahrscheinlichere ist. Für die Auswertung von Pollendaten – insbesondere von mehreren Datensätzen – ist die kanonische Korrespondenzanalyse eine gute Ergänzung und ein wichtiges Hilfsmittel. Um die Werte auf dem 1. Eigenvektor jedoch als Proxy nutzen zu können, müssen diese monokausal erklärt werden, was aus den bereits geschilderten Gründen über den gesamten Zeitraum der Ur- und Frühgeschichte nicht möglich ist. Für einzelne Zeitabschnitte kann das aber durchaus funktionieren, wenn die Daten durch eine unabhängige, externe Größe geeicht werden können, etwa mit Angaben über die Bevölkerungsdichte.

5 Fazit

Dass Pollenprofile sich auch ohne direkte absolute Datierung und ohne lithologische Begleitung in ein bekanntes zeitliches und absolut datiertes Geschehen einordnen lassen, ist trivial. Andernfalls ließen sich keine regionalen Pollenstratigraphien aufstellen. Jedoch – und das zeigt das Beispiel Ortasee deutlich – müssen dafür bestimmte Voraussetzungen gegeben sein: eine einheitliche Klima- und Wuchsregion, wie sie der Alpensüdrand zwischen Turin und Como in erster Näherung darstellt, und ein ungestörtes hiatusfreies Material mit regionaler Aussagekraft. Das ist bei Profundalsedimenten kleiner bis mittelgroßer Seen die Regel, bei nicht lakustrinen Sedimenten allerdings eher die Ausnahme.

6 Zusammenfassung¹

Von den pollenanalytisch untersuchten drei Bohrkernen aus dem Profundalsediment des Ortasees in Norditalien umfassen zwei Kerne die Vegetationsentwicklung der letzten drei Jahrtausende, der dritte Kern die letzten 15 Jahrtausende von der Ältesten Dryaszeit bis ins Jüngere Subatlantikum. Nachgezeichnet wird der generelle Ablauf der spät- und postglazialen südalpinen Entwicklung mit der Abfolge NBP (Nichtbaumpollen) – *Pinus* (Kiefer) – *Quercus* (Eiche) – *Abies* (Tanne) – *Quercus/Alnus* (Eiche/Erle) und *Quercus/Castanea/Alnus* (Eiche/Esskastanie/Erle). Die zeitliche Einordnung erfolgte durch die Korrelation mit radiokarbondatierten limnischen Profilen aus der Region.

Bei der Betrachtung des anthropogenen Einflusses in diesem Gebiet und im Vergleich mit der Situation am nördlichen Alpenrand, werden menschliche Eingriffe als Hauptursache für den Rückgang der Weißtanne im Späten Atlantikum und Frühen Subboreal wahrscheinlich gemacht.

Aus dem Ortasee steht somit ein weiteres Pollenprofil zur Verfügung, das künftig in regionale Untersuchungen der Vegetationsentwicklung und der Landnutzungsdynamik einbezogen werden kann.

1 Riassunto: Tre carote con sedimento da lago di Orta sono stati analizzati palynologico. Questo lavoro vuol essere un contributo alla conoscenza sull'evoluzione tardo- e postglaciale della vegetazione pedemontana piemontese nel Lago di Orta. E' stato possibile di determinare la vecchiaia dell'evoluzione della vegetazione per confrontare i diagrammi con altri diagrammi di laghi piemontesi datati assolutamente con il metodo del 14C. Due carote contengono un po' meno di tre millennii, la terza circa quindici millennii. Lo sviluppo della vegetazione è dominato per primo da piante non arboree, poi da pino, poi da quercia, poi da abete, poi da quercia e alno e finalmente per quercia, castagno et alno. L'influsso umano sulla vegetazione è in discussione e viene messo in confronto dell' influsso umano nella zona prealpina settentrionale. La diminuzione dell' abete nel quinto millennio è probabilmente causato della colonizzazione neolithico nella zona pedemontana. (Für sprachliche Überarbeitung danken wir Susanne Faber, Lignano.)

Literatur

Bagolini/Pedrotti 1998

B. Bagolini/A. Pedrotti, L'Italie septentrionale. In: J. Guilaine (Hrsg.), Atlas du Néolithique européen, Vol. 2A: L'Europe occidentale. Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège 46, 1998, 233–341.

Bastin 1979

B. Bastin, Essai de définition d'une terminologie précise applicable au commentaire des diagrammes polliniques se rapportant au quaternaire. Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique 112, 1979, 7–12.

Baudo et al. 1989

R. Baudo/L. Amantini/F. Bo/R. Cenci/P. Hannaert/A. Lattanzio/G. Marengo/H. Muntau, Spatial distribution patterns of metals in the surface sediments of Lake Orta (Italy). Science of the Total Environment 87/88, 1989, 117–128.

Behre 1981

K.-E. Behre, The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. Pollen et Spores 23, 1981, 225–245.

Belis et al. 2008

C. A. Belis/W. Finsinger/B. Ammann, The late glacial-Holocene transition as inferred from ostracod and pollen records in the Lago Piccolo di Avigliana. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 264, 2008, 306–317.

Birks et al. 1988

H. J. B. Birks/J. M. Line/ T. Persson, Quantitative Estimation of Human Impact on Cultural Landscape Development. In: H. H. Birks/H. J. B. Birks/P. E. Kaland/D. Moe (Hrsg.), The Cultural Landscape – Past, Present and Future (Cambridge 1988) 229–240.

Camusso et al. 1989

M. Camusso/G. Tartari/E. Cappelletti, Seasonal trends of copper sedimentation in lakes. Science of the Total Environment 87/88, 1989, 59–75.

Finsinger/Tinner 2006

W. Finsinger/W. Tinner, Holocene vegetation and land-use changes in response to climatic changes in the forelands of the southwestern Alps, Italy. Journal of Quaternary Science 21, 2006, 243–258.

Finsinger et al. 2006

W. Finsinger/W. Tinner/W. O. van der Knaap/B. Ammann, The expansion of hazel (*Corylus avellana* L.) in the southern Alps: a key for understanding its early Holocene history in Europe? Quaternary Science Reviews 25, 2006, 612–631.

Fischer et al. 2010

E. Fischer/M. Rösch/M. Sillmann/O. Ehrmann/H. Liese-Kleiber/R. Voigt, Landnutzung im Umkreis der Zentralorte Asperg, Heueneburg und Ipf. Archäobotanische Untersuchungen und Modell-

berechnungen zum Ertragspotential des Ackerbaus. In: D. Krausse/J. Biel (Hrsg.), Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse im südlichen Mitteleuropa, Teil 2. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 120, 2010, 195–265.

Firbas 1949

F. Firbas, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. 1: Allgemeine Waldgeschichte (Jena 1949).

Gobet et al. 2000

E. Gobet/W. Tinner/P. Hubschmid/I. Jansen/M. Wehrli/B. Ammann/L. Wick, Influence of human impact and bedrock differences on the vegetational history of the Insubrian Southern Alps. Vegetation History and Archaeobotany 9, 2000, 175–187.

Grimm 2002

E. Grimm, <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/tiliafaq.html> (Zugriff: 23.2.2011).

Kalis/Meurers-Balke 1988

A. J. Kalis/J. Meurers-Balke, Wirkungen neolithischer Wirtschaftsweisen in Pollenanalysen. Archäologische Informationen 11(1), 1988, 39–51

Kalis/Zimmermann 1997

A. J. Kalis/A. Zimmermann, Anthropogene Einflüsse auf die Umwelt – Eine kanonische Korrespondenzanalyse von prähistorischen Pollenspektren. In: J. Müller/A. Zimmermann (Hrsg.), Archäologie und Korrespondenzanalyse – Beispiele, Fragen, Perspektiven. Internationale Archäologie 23 (Espelkamp 1997), 179–182.

Kalis et al. 2003

A. J. Kalis/J. Merkt/J. Wunderlich, Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. Quaternary Science Reviews 22, 2003, 33–79.

Keller et al. 2002

F. Keller/H. Lischke/T. Mathis/A. Möhl/L. Wick/B. Ammann/F. Kienast, Effects of climate, fire, and humans on forest dynamics: forest simulations compared to the palaeological record. Ecological Modelling 152, 2002, 109–112.

Kerig/Lechterbeck 2000

T. Kerig/J. Lechterbeck, 16000 Jahre unter dem See – Zum historischen Quellenwert der Steißlinger Laminite. Hegau 57, 2000, 85–109.

Kerig/Lechterbeck 2004

T. Kerig/J. Lechterbeck, Laminated Sediments, Human Impact, and a Multivariate Approach: A case study in linking palynology and archaeology (Lake Steißlingen, South-West Germany). Quaternary International 113, 2004, 19–39.

Lechterbeck 2004

J. Lechterbeck, Human Impact in Space and Time: Adding a new dimension to pollenanalysis. In: K. F. Ausserer/W. Börner/M. Gorianny/L. Karlhuber-Vöckl (Hrsg.), Enter the Past. The E-way into the four Dimensions of Cultural Heritage. CAA 2003, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. British Archaeological Reports, International Series 1227 (Oxford 2004), 460–463.

Lechterbeck 2008

J. Lechterbeck, The Event Horizon in Landscape Development: When Economy makes the Landscape Cultural. – In: A. Poluschny/K. Lambers/I. Herzog (Hrsg.), Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, April 2–6, 2007. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 10 (Bonn 2008) 378–384.

Lechterbeck et al. 2009

J. Lechterbeck/A. J. Kalis/J. Meurers-Balke, Evaluation of Prehistoric Land Use Intensity in the Rhine Catchment Area by Statistical Analysis of Pollen data – A Contribution to LUCIFS. Geomorphology 108, 2009, 138–144.

Mangerud et al. 1974

J. Mangerud/S. T. Andersen/B. E. Berglund/J. J. Donner, Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. Boreas 3, 1974, 109–128.

Niessen et al. 1992

F. Niessen/L. Wick/G. Bonani/C. Chondrogianni/C. Siegenthaler, Aquatic system response to climatic and human changes: productivity, bottom water oxygen status, and sapropel formation in Lake Lugano over the last 10 000 years. Aquatic Sciences 54(3/4), 1992, 257–276.

Rösch 1987

M. Rösch, Zur Umwelt und Wirtschaft des Neolithikums am Bodensee – Botanische Untersuchungen in Bodman-Blissenhalde. Archäologische Nachrichten aus Baden 38/39, 1987, 42–53.

Rösch 1992

M. Rösch, Human impact as registered in the pollen record: some results from the western Lake Constance region, Southern Germany. Vegetation History and Archaeobotany 1, 1992, 101–109.

Rösch 1993

M. Rösch, Prehistoric land use as recorded in a lake-shore core at Lake Constance. Vegetation History and Archaeobotany 2, 1992, 213–232.

Rösch 1994

M. Rösch, Gedanken zur Auswirkung (prä)historischer Holznutzung auf Wälder und Pollendiagramme. In: A. F. Lotter/B. Ammann, Beiträge zur Systematik und Evolution, Floristik und Geobotanik, Vegetationsgeschichte und Paläoökologie (Festschrift Gerhard Lang). Dissertationes Botanicae 234 (Stuttgart 1994) 447–471.

Rösch 1997

M. Rösch, Holocene sediment accumulation in the shallow water zone of Lake Constance. Archiv für Hydrobiologie/Supplement 107 (Monographic Studies) (Stuttgart 1997) 541–562.

Rösch et al. 2008

M. Rösch/O. Ehrmann/B. Kury/A. Bogenrieder/L. Herrmann/W. Schier, Spätneolithische Landnutzung im nördlichen Alpenvorland: Beobachtungen – Hypothesen – Experimente. In: W. Dörfler/J. Müller (Hrsg.), Umwelt – Wirtschaft – Siedlungen im dritten vorchristlichen Jahrtausend Mitteleuropas und Südskandinaviens. Offa, N.F. 84 (Neumünster 2008) 301–315.

Schier 2009

W. Schier, Extensiver Brandfeldbau und die Ausbreitung der neolithischen Wirtschaftsweise in Mitteleuropa und Südsandinavien am Ende des 5. Jahrtausends v. Chr. Prähistorische Zeitschrift 84, 2009, 15–45.

Schneider 1978

R. Schneider, Pollenanalytische Untersuchungen zur Kenntnis der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Südrand der Alpen zwischen Turin und Varese (Italien). Botanische Jahrbücher, Systematik 100, 1978, 26–109.

Schneider/Tobolski 1985

R. Schneider/K. Tobolski, Lago di Ghanna – Late-Glacial and Holocene Environments of a Lake in the Southern Alps. In: G. Lang (Hrsg.), Swiss lake and mire environments during the last 15000 years. Dissertationes Botanicae 87 (Stuttgart 1985) 229–271.

Shennan 1997

S. Shennan, Quantifying Archaeology² (Edinburgh 1997).

Suter/Schlichtherle 2009

P. J. Suter/H. Schlichtherle, Pfahlbauten / Palafittes / Palafitte / Pile dwellings / Kolišča (Biel 2009).

Tinner et al. 1999

W. Tinner/P. Hubschmid/M. Wehrli/B. Ammann/M. Conedera, Long-term forest fire ecology and dynamics in Southern Switzerland. Journal of Ecology 87, 1999, 273–289.

Valsecchi et al. 2006

V. Valsecchi/W. Tinner/W. Finsinger/B. Ammann, Human impact during the Bronze Age on the vegetation at Lago Lucone (northern Italy). Vegetation History and Archaeobotany 15, 2006, 99–113.

van der Knaap et al. 2005

W. O. van der Knaap/J. F. N. van Leeuwen/W. Finsinger/E. Gobet/R. Pini/A. Schweizer/V. Valsecchi/B. Ammann, Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea* and *Quercus* since

15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews* 24, 2005, 645–680.

Wick 1989

L. Wick, Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Luganersee (Südtessin, Schweiz). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 82(1), 1989, 265–276.

Wick 1996

L. Wick, Spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte in den Südalpen zwischen Comersee und Splügenpass (Norditalien). (Dissertation Universität Bern 1996).

Wick/Möhl 2006

L. Wick/A. Möhl, The mid-Holocene extinction of silver fir (*Abies alba*) in the Southern Alps: a consequence of forest fires? *Palaeobotanical records and forest simulations. Vegetation History and Archaeobotany* 15, 2006, 435–444.

Wick/Rösch 2006

L. Wick/M. Rösch, Von der Natur- zur Kulturlandschaft – Ein Forschungsprojekt zur jungsteinzeitlichen und bronzezeitlichen Landnutzung am Bodensee. *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 35(4), 2006, 225–233.

Manfred Rösch

Elske Fischer

Jutta Lechterbeck

Landesamt für Denkmalpflege im RP Stuttgart

Fischersteig 9

78343 Gaienhofen-Hemmenhofen

manfred.roesch@rps.bwl.de

elske.fischer@rps.bwl.de

jutta.lechterbeck@rps.bwl.de

Lucia Wick

Institut für prähistorische und naturwissenschaftliche

Archäologie Universität Basel

Spalenring 145

CH-4055 Basel

lucia.wick@unibas.ch