

Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
= Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie =
Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte

Band: 87 (2004)

Artikel: Vom Urwald zur Kulturlandschaft des Oberengadins :
Vegetationsgeschichte der letzten 6200 Jahre

Autor: Gobet, Erika / Hochuli, Peter A. / Ammann, Brigitta

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-117792>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Erika Gobet, Peter A. Hochuli, Brigitta Ammann und Willy Tinner

Vom Urwald zur Kulturlandschaft des Oberengadins

Vegetationsgeschichte der letzten 6200 Jahre

Zusammenfassung

Aufgrund der Untersuchung von Pollen, pflanzlichen Makrofossilien und organischen Sedimentpartikeln (z. B. Holzkohle) in zwei Oberengadiner Seen wird die Vegetationsentwicklung der letzten 6200 Jahre rekonstruiert und im Licht der Entwicklung menschlicher Einflussnahme betrachtet. Der zeitliche Ablauf der Vegetationsveränderungen beruht auf 38 ^{14}C -Datierungen terrestrischer Makroreste aus zwei Sedimentkernen. Die paläobotanischen Daten aus dem St. Moritzer See (Lej da San Murezzan) zeigen für die Zeit von 4200 bis ca. 3550 v. Chr. eine natürliche Waldvegetation bestehend aus Fichte (*Picea*), Wald- resp. Bergföhre (*Pinus sylvestris*/*P. mugo*), Arve (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*). Palynologische Kulturzeiger belegen erste Spuren neolithischer Veränderungen dieser Vegetation in der Zeit um ca. 3500 v. Chr. Eine tiefgreifende Vegetationsveränderung ist für die frühe Bronzezeit, um 2000 v. Chr. zu belegen. Die menschliche Besiedlung führte zu einer ausgeprägten Auflockerung des Waldes mit massiver Zunahme der Weide- und Kulturzeiger (z. B. Getreide, *Rumex acetosella*, *Plantago lanceolata*, *Urtica*, *Cichorioideae*) sowie einer starken Ausbreitung der Grünerle (*Alnus viridis*) und der Lärche (*Larix decidua*). Die Vegetationsentwicklung und die Verteilung von Holzkohlepartikeln in den Sedimenten weisen auf Waldbrände hin. Das Zurückdrängen des Waldes erfolgte in verschiedenen Phasen, die sich mit Besiedlungs- oder Kulturphasen erklären lassen. Der stärkste Rückgang des Waldes fällt ins Mittelalter (ab ca. 800 n. Chr.). In den letzten 200 Jahren nimmt die Baumvegetation vermutlich als Folge eines Nutzungsrückgangs wieder zu. Die ausgeprägtesten Veränderungen der Vegetation fallen mit Epochengrenzen zusammen, was sich mit technologischen Erneuerungen oder möglicherweise mit Einwanderungsphasen erklären lässt.

Résumé

L'étude des pollen, macro-fossiles et particules organiques provenant des sédiments (charbons par ex.) de deux lacs de la Haute Engadine a permis de reconstituer l'évolution de la végétation au cours des derniers 6200 ans, en la considérant sous l'angle de l'influence humaine. La séquence chronologique des transformations de la végétation repose sur la datation par ^{14}C de 38 macro-restes terrestres provenant de deux carottes de sédiments. Pour la période allant de 4200 à environ 3550 av. J.-C., les données paléobotaniques du lac de St-Moritz (Lej da San Murezzan) montre une couverture de forêt naturelle, constituée d'épicéa (*Picea*), de pin sylvestre, et pin de montagne (*Pinus sylvestris*/*P. mugo*), d'arole (*Pinus cembra*) et de mélèze (*Larix decidua*). Les indices palynologiques de culture fournissent les premières traces de transformation de cette végétation par l'homme à l'époque néolithique, vers 3500 av. J.-C. Un changement plus important est attesté au début de l'âge du Bronze, vers 2000 av. notre ère. L'occupation humaine a conduit à un éclaircissement prononcé de la forêt, avec une nette augmentation des indices de pâturage et de culture (céréales, *Rumex acetosella*, *Plantago lanceolata*, *Urtica*, *Cichorioideae*) de même qu'une expansion de l'aulne vert (*Alnus viridis*) et du mélèze (*Larix decidua*). Le développement de la végétation et la répartition des charbons de bois dans les sédiments indiquent des incendies de forêt. En plusieurs étapes de nouvelles surfaces ont progressivement été conquises sur la forêt, qui s'expliquent par les phases d'occupation et de culture. Le retrait le plus marqué a eu lieu au Moyen-Âge (env. vers 800 apr. J.-C.). Au cours des 200 dernières années, la forêt connaît une nouvelle expansion, probablement en raison d'une exploitation moins intense. Les transformations de la végétation les plus marquées interviennent aux transitions entre les différentes époques et s'expliquent par des innovations technologiques et peut-être par des périodes de migrations.

1. Einleitung

Archäologische Zeugen menschlicher Tätigkeiten treten in höheren Lagen des schweizerischen Alpenraumes spät und spärlich auf. Aufgrund der geringen Funddichte wird angenommen, dass die menschliche Besiedlung und damit der Einfluss auf die alpine Vegetation später als im Mittelland einsetzten. Archäologische Einzelfunde sowie archäobotanische und palynologische Daten deuten aber auf eine frühere Einflussnahme des Menschen hin, die in einzelnen Regionen bis ins Mesolithikum zurückgeht (Fedele/Wick 1996; Wick/Tinner 1997). Bei den bekannten Artefakten aus den höheren Lagen handelt es sich bisher meist um eher zufällige Funde. In diesem Sinn ist die archäologische Fundlage im Gebirge meist nicht mit den kontinuierlichen palynologischen Abfolgen vergleichbar, aufgrund derer sich Veränderungen oder Störungen in der Vegetation über lange Zeiträume verfolgen lassen. Der Nachweis von Brandrodungen und das Erfassen der darauf folgenden Reaktion der Vegetation ermöglicht es, das Ausmass des menschlichen Einflusses und der fortschreitenden Vegetationsveränderungen zu ermessen. Andererseits reflektieren diese die kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung und weisen somit für die untersuchte Region indirekt auf den Populationsdruck in prähistorischer wie auch in historischer Zeit hin.

Aus dem Engadin liegen bereits mehrere palynologische Studien vor. Das Material der bisherigen Untersuchungen stammt vorwiegend aus Torfmooren und kleinen Tümpeln (Keller 1930; Kleiber 1974; Heitz et al. 1982; Punchakunnel 1983; Zoller/Brombacher 1984). Bedingt durch die Sedimentationsprozesse in diesen sehr kleinräumigen Milieus sind Pollenprofile solcher Fundpunkte häufig unvollständig und zudem von zahlreichen lokalen Faktoren überprägt. Mit den früher angewandten Bohrgeräten war es ausserdem sehr schwierig, die älteren, siliziklastischen, d.h. durch Ton, Silt und Sand dominierten Sedimente zu erreichen und zu beproben. Ein direkter Vergleich mit unseren Resultaten ist deshalb nur bedingt möglich, wird aber in der Diskussion angegangen. Die vorliegenden Daten basieren auf der Untersuchung von je einer Kernbohrung im St. Moritzer See (Lej da San Murezzan) und im Champfèrer See (Lej da Chamfèr; Abb. 1). Kontinuierliche Kerne von ca. 12 m Länge wurden aus den tiefsten Bereichen der beiden Seen gezogen. Die jüngsten, unverfestigten Sedimente wurden mit ergänzenden Kurzkernen beprobt. Die untersuchten Kerne stellen kontinuierliche paläoökologische Archive der letzten 11 500 Jahre dar, aus denen sich die Entwicklung der Landschaft und der Vegetation rekonstruieren lässt. Die hier vorgestellten Resultate aus dem St. Moritzer See sind Teil einer umfassenden Untersuchung von Pollen und Sporen, organischen Sedimentpartikeln (z.B. Holzkohle- und Holzpartikel) und von Ma-

kreosten aus insgesamt 936 Proben. Für die Darstellung der archäologischen Aspekte beschränken wir uns hier auf das Zeitfenster der letzten 6200 Jahre. Weitere Resultate, insbesondere der Vergleich zum Champfèrer See sind aus den Publikationen von Gobet et al. (2003) und Gobet et al. (eingereicht) ersichtlich und werden in diesem Artikel nur kurz aufgenommen. In der vorliegenden Arbeit diskutieren wir die Rolle des menschlichen Einflusses auf die Vegetation seit dem Neolithikum und überprüfen, welche Rolle dabei die Anwendung von Feuer (vermutlich durch Brandrodung) gespielt hat. In verschiedenen früheren Arbeiten wurde bereits aufgezeigt, dass der menschliche Einfluss auch in den Alpen unerwartet früh einsetzen kann (Welten 1982).

2. Untersuchungsgebiet

Die untersuchten Seen, St. Moritzer See (Lej da San Murezzan) und Champfèrer See (Lej da Champfèr), bilden zusammen mit dem Silvaplaner See (Lej da Silvaplana) und dem Silser See (Lej da Segl) die Seenkette des Oberengadins, die durch den Inn verbunden ist (Abb. 1). Der St. Moritzer See liegt auf einer Höhe von 1768 m ü.M. und hat eine Fläche von 0.78 km²; seine maximale Tiefe beträgt 44 m (Bosli-Pavoni 1971; Limnex 1994). Die Morphologie des Tales wird durch die Engadiner Störung bedingt, an der die tektonischen Einheiten der westlichen Seite gegenüber der Ostseite des Tales versetzt sind. Spuren der letzten Vergletscherung sind augenfällig; während des Gletscherrückzuges wurden grosse Teile des Tales mit glazigenen Sedimenten aufgefüllt (s. Glaziologische Karte Julier-Bernina 1998). Der Ursprung der Seen wird auf grosse Toteismassen zurückgeführt, welche die Auffüllung der heutigen Seebecken verhinderten. In den untersuchten Seen beträgt die Sedimentfüllung der letzten 12 000 Jahre ungefähr 12 m.

Das Klima im Oberengadin ist charakterisiert durch milde Sommer, kalte Winter, geringe Feuchtigkeit und hohe Sonnenscheindauer. Die Jahresmitteltemperatur für Sils-Maria (1802 m ü.M.) beträgt 1.4°C und der durchschnittliche Jahresniederschlag 978 mm (Normwerte 1961–90, Meteo Schweiz 2004). Heute wird das Vegetationsbild des Oberengadins durch die Lärche (*Larix*) geprägt. Sie bildet zusammen mit der Arve (*Pinus cembra*) die für die Zentralalpen typischen Lärchen-Arven-Wälder (Zoller/Brombacher 1984; Hegg et al. 1993; Ellenberg 1996; Ozenda 2002). Diese Gesellschaft kann sich bis zur heutigen Waldgrenze zwischen 2100 bis 2250 m ü.M. ausbreiten (Landeskarte der Schweiz, Oberengadin 1995). Die Fichte (*Picea*) kommt heute als Einzelbaum

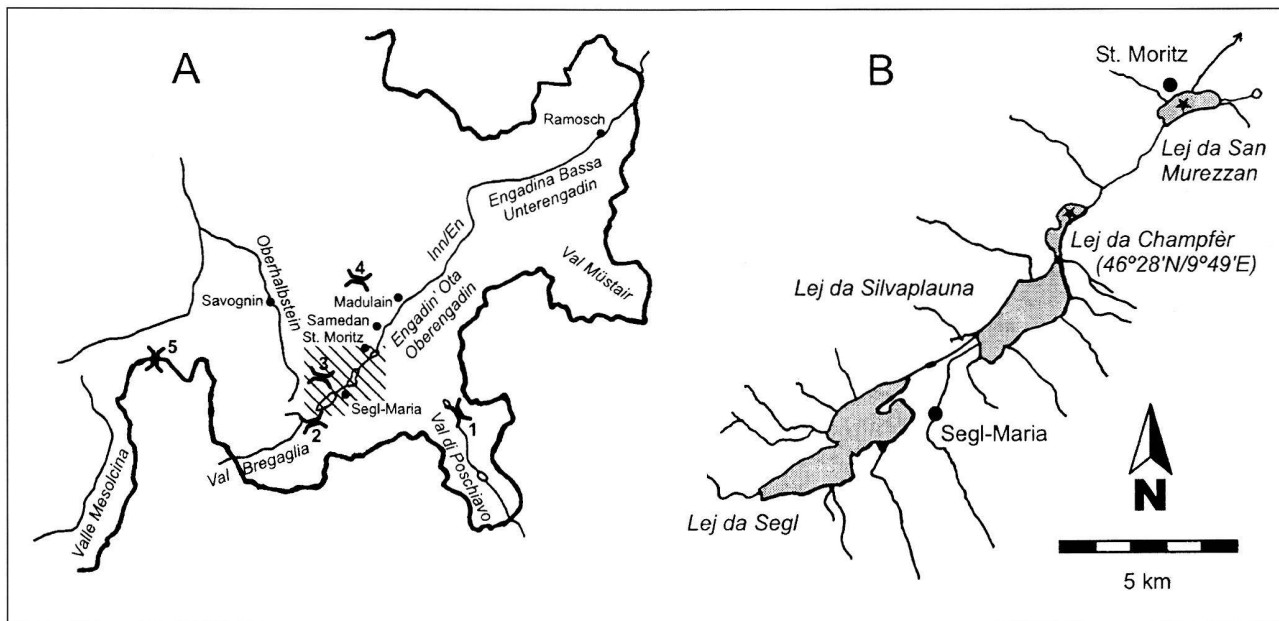


Abb. 1. Geographische Situation des Untersuchungsgebiets. A Erwähnte Lokalitäten und Alpenpässe sowie wichtigste Seen und Zuflüsse. 1 Bernina; 2 Maloja; 3 Julier; 4 Albula; * Bohrpunkte. Zeichnung Ch. Bigler und E. Gobet.

fast überall bis auf 2000 m vor, häufiger ist sie nur an den schattigeren Nordwest exponierten Hängen (Zoller/Brombacher 1984). Die Lärche und die Arve werden durch die geringe Luftfeuchtigkeit und die hohe Zahl der Sonnentage gegenüber der Fichte favorisiert. Die Grünerle (*Alnus viridis*) wächst vor allem entlang von Flüssen und Bächen, aber auch in Lawinenrutschen und auf aufgelassenen Weiden (Mayer/Ott 1991).

3. Archäologischer und historischer Kontext

In der vorliegenden Studie stellen wir die Vegetationsentwicklung, wie wir sie aus den pollenanalytischen Daten interpretieren, in Zusammenhang mit der archäologischen und historischen Entwicklung der Schweiz. Die verwendete zeitliche Gliederung basiert auf den Zusammenstellungen von Hochuli et al. (1998) und Müller et al. (1999). Wie diese Autoren betonen, sind die absoluten Datierungen einiger Epochen nur ungenügend gesichert; eine kritische Beurteilung der Daten ist aber nicht Ziel unseres Artikels. Ein direkter Bezug zu archäologischen Daten aus dem Oberengadin ist schwierig, da prähistorische Funde hier sehr spärlich sind (Rageth 2000a).

Neolithische Funde aus dem Oberengadin sind sehr selten; Hinweise auf Siedlungen fehlen gänzlich (Nauli 1981; Rageth 2000b). Für die Bronzezeit sind ebenfalls nur wenige Funde von Werkzeugen bekannt. Für diese Epoche wird das Vorhandensein von Siedlungen als wahrscheinlich erachtet, obwohl direkte Belege fehlen

(Nauli 1981; Rageth 2000b und pers. Mitt.). Die erste hölzerne Quelfassung der Thermalquelle von St. Moritz ist dendrochronologisch auf das Jahr 1466 v. Chr. und somit in die Mittlere Bronzezeit datiert (Seifert 2000). Nach Rageth (2000b) könnte eine verstärkte Besiedlung des Oberengadins während der Bronzezeit mit Kupferabbau in Verbindung stehen. Aus dem benachbarten Oberhalbstein sind Siedlungen mit Viehzucht, Ackerbau und Kupferverarbeitung seit mindestens 4000 Jahren belegt (Rageth 2001). Dort sind auch Vorkommen von Kupfererz nachgewiesen (Schmidt 1917; Kündig/de Quervain 1953; Schaer 2001; 2003). Während der Frühbronzezeit wurde Bronze aus Kupfer und Arsen oder Antimon produziert («Fahlerzbronze»), die eine ebenbürtige Qualität zur später hergestellten Kupfer-Zinn-Legierung aufweist (Fasnacht 1998). Arsen kommt natürlicherweise in Kupfererzen vor, wurde dem Kupfer aber vermutlich auch aus anderen Quellen beigefügt (Moesta 1986). Interessanterweise sind Anreicherungen von Arsen aus der Gegend des Bernina-Passes bekannt (Kündig/de Quervain 1953). Das zwischen dem Oberhalbstein und dem Gebiet des Bernina-Passes gelegene Oberengadin könnte für die Gewinnung oder Verarbeitung von Bronze eine Schlüsselrolle gespielt haben. Hinweise auf eine zumindest bescheidene Kupferverarbeitung sind von einem Fundpunkt in der Nähe von Madulain vorhanden (pers. Mitteilung J. Rageth; s. auch Bundi 1989). Die Verfügbarkeit von Holz war ein wesentlicher Faktor für die Metallverarbeitung. Nach Ebeling (1970) werden für das Aufschmelzen von einem Kilo Kupfer mindestens 35 Kilo Holz benötigt. Es ist daher anzunehmen, dass sich die

prähistorische Metallverarbeitung stark nach dem Angebot von Holz richtete.

Auch für die Eisenzeit (800–15 v.Chr.) fehlen im Oberengadin Belege für Siedlungen; seltene Funde stammen wiederum aus dem Oberhalbstein (Rageth 2000; 2001). Hingegen sind Siedlungen dieser Epoche aus dem Unterengadin bekannt. Nach Rageth könnten die Funde erste Hinweise auf die Existenz von Handelswegen über die Alpenpässe darstellen.

Für die römische Zeit ist intensiver Handel über die Alpenpässe Maloja und Julier durch befahrbare Strassen, Monumente und Importprodukte belegt (Conrad 1981; Nauli 1981; Planta 1986). Planta (1986) erwähnt die Möglichkeit, dass die römischen Strassen auf bereits existierenden prähistorischen Pfaden angelegt wurden. Die Bedeutung des Engadins als Durchgangszone erklärt sich durch die geographische Lage und durch relativ leichte Begehrbarkeit der Pässe (Abb. 1). Zumindest seit römischer Zeit führten Durchgangsverkehr und Handel zu verstärkter Besiedlung und Intensivierung der Landwirtschaft. Raetien, die römische Provinz, zu der das Engadin gehörte, war für die Produktion von Käse, Honig und Wachs berühmt (Strabon, Geographie IV, 6,9,26). Ferner wurde Lärchenholz von den Römern aufgrund seiner angeblichen Feuerbeständigkeit als Bauholz sehr geschätzt, galt aber als schwer transportierbar (Vitruv, *de architectura* 2, IX, 14–15; Plinius, *nat. hist.* XVI, 190). Intensive Landwirtschaft und entsprechender Rückgang der Wälder sind für das Mittelalter und die beginnende Neuzeit belegt (Bundi 1989). Wie aus Bilddokumenten hervorgeht, gab es im ausgehenden Mittelalter und bis ins 18. Jahrhundert im Oberengadin kaum mehr Wälder (Bücheler 1991). Der Trend zur Wiederbewaldung, welcher sich auch im Pollenniederschlag der letzten 200 Jahre abzeichnet, könnte mit der Auswanderung von Teilen der Oberengadiner Bevölkerung zusammenhängen (Bansi 1808).

4. Methoden

4.1. Pollen

Die Proben der Kernbohrung PSM 90/3 wurden nach palynologischer Standard-Methode präpariert. Zur Abschätzung der Konzentration (Anzahl/cm³), respektive des Influx (Anzahl/cm²/Jahr) von Holzkohlepartikeln und Palynomorphen (Pollen, Sporen) wurde jede Probe mit einer bekannten Zahl von Marker-Sporen versetzt (Stockmarr 1971). Die Pollensumme pro Probe beträgt mindestens 650. Die Bestimmung der Pollen erfolgte nach der Referenzsammlung des Instituts für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern, sowie nach ver-

schiedenen Standardwerken (z.B. Punt/Clarke 1980; 1981; 1984; Punt et al. 1988; 1995; Faegri/Iversen 1989; Punt/Blackmore 1991; Moore et al. 1991). Für die Berechnung der Prozentwerte wurden Farnsporen, Pollen von Wasserpflanzen und unbestimmbare Pollen aus der Summe ausgeschlossen.

4.2. Makrofossilien

Die Makrofossilien aus dem St. Moritzer See stammen aus dem gleichen Kern wie die Pollen und Sporen. Dem Kern wurden alle 2 cm je 14.8 cm³ Sediment entnommen und mit einem Sieb von 0.2 mm Maschenweite gewaschen. Die Makrofossilien wurden unter dem Binokular bei 10–40facher Vergrößerung bestimmt. Die Auszählung, respektive die Abschätzung der Flächen, erfolgte nach den gebräuchlichen Methoden (Birks 2001). Spezielle Reste wie Flugsamenflügel, Holz und Antheren (Staubbeutel) wurden in mikroskopischen Präparaten mit dem Lichtmikroskop bestimmt. Für die Bestimmung standen die Referenzsammlung des Institutes für Pflanzenwissenschaften in Bern sowie die Bestimmungsschlüssel von Trautmann (1953), Katz et al. (1965), Berggren (1981), Schoch et al. (1988), Schweingruber (1990) zur Verfügung.

4.3. Mikroskopische Holzkohlepartikel

Die in den Pollenpräparaten ausgezählten Holzkohlepartikel gelten als Nachweis regionaler Brände in prähistorischer und historischer Zeit (MacDonald et al. 1991, Tinner et al. 1998; Whitlock/Larsen 2001). Die Holzkohle-Bestimmung erfolgte nach Clark (1988), die Berechnung von Influx und Konzentrationen nach dem gleichen Ansatz wie für Pollen und Sporen (Stockmarr 1971) und entsprechen der für die Südalpen entwickelten Methode (Tinner et al. 1998; Tinner/Hu 2003).

4.4. Datierung der Sedimente und Zonierung der Pollendiagramme

Aus den untersuchten Kernen PSM 90/3 (St. Moritzer See) und PCH 94/3 (Champfèrer See) wurden 38 Proben von organischem Material (Nadeln, Blättern, Holz und Rinde) mit Hilfe der AMS (Accelerator Mass Spectrometry) Technik am R. J. Van de Graff Laboratorium der Universität Utrecht datiert. Die Resultate der ¹⁴C-Analyse (Labornummer, Tiefe, unkal. Alter, datiertes Material) sind in Tabelle 1 dargestellt. Für den hier dargestellten Zeitabschnitt wurden nur Nadeln, Früchte und Knospen-schuppen terrestrischer Pflanzen datiert. Die Radiokar-

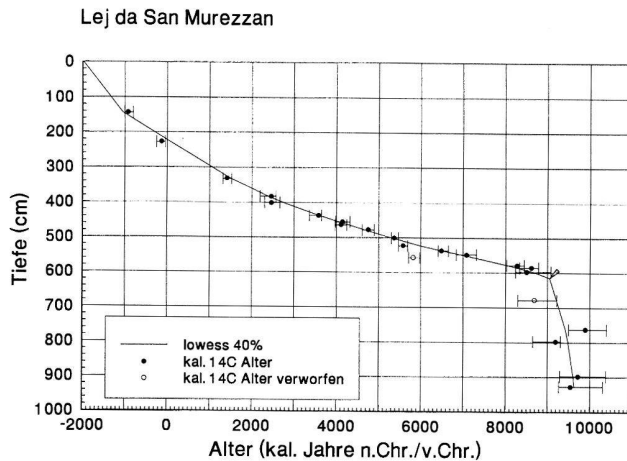


Abb. 2. Alters-Tiefen-Diagramm, kalibrierte und LOWESS geglättete Radiokarbon Datierungen des Sedimentkerns PSM 90/3 aus dem St. Moritzer See (Lej da San Murezzan) aufgetragen gegenüber der Kerntiefe. Der Pfeil weist auf den Punkt des Umschlags von siliziklastisch, d. h. durch Ton, Silt und Sand dominierten zu organogen dominierten Sedimenten, der als Datum in dieses Diagramm eingeführt wurde.

bonalter wurden mit dem Programm CALIB kalibriert (Stuiver et al. 1998) und nach der Methode von Stuiver/Polach (1977) dargestellt. Die Resultate wurden durch eine lokal gewichtete Regression (LOWESS) geglättet. Sie sind in Abb. 2 in einem Alters-Tiefen Diagramm dargestellt, das die Beziehung zwischen Proben-tiefen und Alter veranschaulicht. Das Modell setzt konstante Sedimentationsraten zwischen den datierten Proben voraus und somit wird jeder Tiefe ein Alter zugewiesen. Die Kurve wurde durch ein aus Sedimentumschlag und Pollenkonzentration errechneten Datum ergänzt (9100 v. Chr.). Zwei offensichtlich zu junge Alter wurden aus dem Datensatz ausgeschlossen (Abb. 2).

Für die Fragestellungen des vorliegenden Artikels wird das Pollen- sowie das Makrorestdiagramm der letzten 6200 Jahre nach der heute geläufigen archäologischen Zonierung und den entsprechenden Datierungen gegliedert (Stöckli 1995; Hochuli et al. 1998; Müller et al. 1999). Auf eine feinere Unterteilung des Neolithikum wird verzichtet, da die gebräuchlichen Epochen für das Engadin als nicht gesichert gelten (Curdy, persönliche Mitteilung). Das Pollendiagramm (Abb. 3) wird durch die statistisch ermittelten, lokalen Pollenzonen (SM 3–5) ergänzt (Gobet et al. 2003).

4.5. Bedeutung der erwähnten Taxa

Juniperus (Wacholder): *Juniperus* kommt mit zwei Unterarten vor: *Juniperus communis communis* und *Juniperus communis alpina* (auch *Juniperus nana*, Binz/Heitz 1990) vor. Die beiden Unterarten lassen sich weder

| Lab. Nr. | Tiefe (cm) | Alter (BP unkal.) | datiertes Material |
|----------|------------|-------------------|--------------------|
|----------|------------|-------------------|--------------------|

St. Moritzer See (Lej da San Murezzan)

| | | | |
|-----------|---------|-----------|------------------------------|
| UtC-9871 | 142-144 | 1120±30 | Nadeln |
| UtC-9870 | 226-228 | 1870±40 | Nadeln |
| UtC-9869 | 330-332 | 3140±40 | Nadeln |
| UtC-9868 | 382-384 | 3920±60 | Nadeln |
| UtC-9867 | 400-402 | 3950±40 | Nadeln |
| UtC-9865 | 436-438 | 4750±50 | Nadeln |
| UtC-9519 | 454-456 | 5300±50 | Nadeln |
| UtC-9864 | 462-464 | 5280±50 | Nadeln |
| UtC-9863 | 476-478 | 5880±50 | Nadeln |
| UtC-9862 | 500-502 | 6400±50 | Nadeln, <i>Betula</i> Frucht |
| UtC-9861 | 522-524 | 6670±50 | Nadeln |
| UtC-9860 | 536-538 | 7700±70 | Nadeln |
| UtC-9859 | 548-550 | 8110±60 | Nadeln |
| UtC-9858* | 556-558 | 6980±60 | Nadeln, <i>Betula</i> Frucht |
| UtC-9526 | 578-580 | 9070±70 | Nadeln |
| UtC-9525 | 584-586 | 9340±60 | Früchte, Nadeln, Borke |
| UtC-9524 | 596-598 | 9260±130 | Antheren, Nadeln |
| UtC-9523* | 675-680 | 9420±130 | Periderm, Borke, Samen, Holz |
| UtC-9857 | 760-765 | 10200±70 | Holz, Blätter |
| UtC-9522 | 795-800 | 9660±120 | Blatt, Holz, Borke |
| UtC-9521 | 895-900 | 10100±100 | Holz |
| UtC-9520 | 925-930 | 10050±90 | Holzkohle, Blätter |

Champfèrer See (Lej da Champfèr)

| | | | |
|-----------|-------------|-----------|--------------------------------------|
| UtC-7718 | 133-137 | 1720±40 | Nadeln |
| UtC-7719 | 160-162 | 1780±40 | Nadeln |
| UtC-7720 | 240-242 | 2620±40 | Nadeln, Samen |
| UtC-7721 | 287-290 | 2810±40 | Nadeln, Knospenschuppe |
| UtC-7722 | 381.5-384.5 | 5010±50 | Nadeln |
| UtC-7723 | 420-421 | 5390±50 | Nadeln, Borke |
| UtC-7724 | 452-454 | 7590±60 | Nadeln, <i>Betula</i> Frucht |
| UtC-7725 | 481-482 | 8510±60 | Nadeln, Borke |
| UtC-7726 | 487-488 | 8680±60 | Nadeln |
| UtC-7786 | 493-494 | 8790±130 | Nadeln, Borke |
| UtC-7727 | 497-498a | 9260±60 | Nadeln |
| UtC-7728 | 497-498b | 9370±60 | Holz |
| UtC-7787 | 500-503 | 9170±100 | Nadeln, Samen, Holz |
| UtC-7788 | 530-532.5 | 9650±120 | Zweig |
| UtC-7789 | 575-585 | 9800±160 | Borke, Holz, Frucht |
| UtC-7790* | 624-629 | 9400±300 | <i>Salix herbacea</i> Blätter, Borke |
| UtC-7791* | 779-789 | 4920±200 | Borke |
| UtC-7792 | 1035-1045 | 10100±500 | <i>Juniperus</i> Nadel |

* nicht für die Rekonstruktion der Chronologie verwendet

Tab. 1. Datiertes Material und ^{14}C -Alter aus den Sedimentkernen des St. Moritzer- und Champfèrer Sees.

pollenanalytisch noch aufgrund der Morphologie der Stomata (Spaltöffnungen) trennen. *Juniperus communis communis* ist häufig in lichten Wäldern, auf trockenen Hängen und auf Weiden (Binz/Heitz 1990), er kann als Weidezeiger (Waldweidezeiger) gelten, *J. communis alpina* kommt auf Weiden, in Zwergstrauchgesellschaften und auf Felsen vor.

Larix (Lärche): Die Lärche ist bekannt für ihre geringe Repräsentation in den Pollenspektren. Im Pollendiagramm (Abb. 3) ist die Verbreitung von Lärchen-Pollen in zwei Kurven dargestellt, zuerst mit den errechneten Prozentwerten und im Hauptdiagramm, mit vervierfachen Werten. Mit der letztgenannten Darstellung folgen

wir dem Vorschlag von Lang (1994), nach dem die vervierfachen Werte einer gegenüber anderen Bäumen repräsentativen Vertretung entspricht. Stomata-Funde sind praktisch durchgehend vorhanden. Als nadelwerfende Konifere ist die Lärche gegenüber den anderen Nadelbäumen durch Makroreste übervertreten.

Picea abies: (Fichte): Die Fichte ist in unserem Material durch Pollen, Stomata und durch Makroreste nachgewiesen. Ihre ältesten Makroreste stammen aus der Zeit um 5250 v.Chr. (Gobet et al. 2003). Die Fichte vermag sich danach sehr stark auszubreiten. Nach Landolt (1992) steigt sie in den Zentralalpen nicht über ca. 1900 m ü. M.

Pinus sylvestris Typ (Waldföhren Typ): Bei der Gattung *Pinus* lassen sich zwei Pollentypen unterscheiden, *Pinus sylvestris* Typ, der auch *P. mugo* (Bergföhre) einschliesst und *Pinus cembra* (Arve, s. unten). Die Stomata der drei *Pinus* Arten lassen sich nicht unterscheiden. Nach Lang (1994) ist der *Pinus sylvestris* Typ (Waldresp. Bergföhre) übervertreten. *Pinus sylvestris* und *P. mugo* sind im Oberengadin durch Makroreste für die Zeit zwischen 9000 und 6550 v.Chr. regelmässig nachgewiesen; nach 5250 v.Chr. fehlen die Makroreste beider Arten (Gobet et al., eingereicht).

Pinus cembra (Arve): Arven-Pollen sind im dargestellten Zeitraum durchgehend, aber mit stark variierender Häufigkeit vertreten. Nadeln treten ab 8550 v.Chr. regelmässig auf, sind ab 5050 v.Chr. allerdings nur noch sporadisch vorhanden. Die Kreuzkorrelation zwischen der Verteilung von Arven-Pollen und von Holzkohle zeigt, dass dieser Baum durch Feuereinwirkung stark beeinträchtigt wird (Gobet et al. 2003). In den Zentralalpen bildet die Arve heute zusammen mit der Lärche die typischen subalpinen Wälder, die bis zur potentiellen Waldgrenze reichen.

Alnus viridis (Grünerle): Der Grünerleanteil erreicht in unserem Profil bis zu 50%. Makroreste treten hingegen nur spärlich auf. Nach Mayer/Ott (1991) gedeihen Grünerlensträucher einerseits auf geomorphologisch bedingt waldfreien Standorten, andererseits an rutschgefährdeten Steilhängen und in Lawinenrutschen. Nach Gobet et al. (2003) zeigt eine ausgeprägte, positive Korrelation zwischen dem Auftreten der Grünerle und der Häufigkeit von Holzkohlepartikeln, dass diese Art durch Waldbrände gefördert wird.

Alnus glutinosa Typ: Zum *Alnus glutinosa* (Schwarz-erle) Typ gehört auch *A. incana* (Grauerle). Für das Oberengadin ist das Vorkommen von *Alnus incana* wahrscheinlicher, da diese Art im Gegensatz zu *A. glutinosa* bis in die Subalpine Stufe aufsteigt (Binz/Heitz 1990).

Bemerkenswert ist im untersuchten Material der Nachweis von Früchten beider Arten (Abb. 4).

Salix (Weide): Die Gattung *Salix* ist sehr artenreich und umfasst zahlreiche Baum-, Strauch- und Zwergstrauch- (Kriechweiden-)Arten. Pollenmorphologisch lassen sich die verschiedenen Arten nicht unterscheiden. Kriechweiden-Makroreste sind verschiedentlich nachgewiesen.

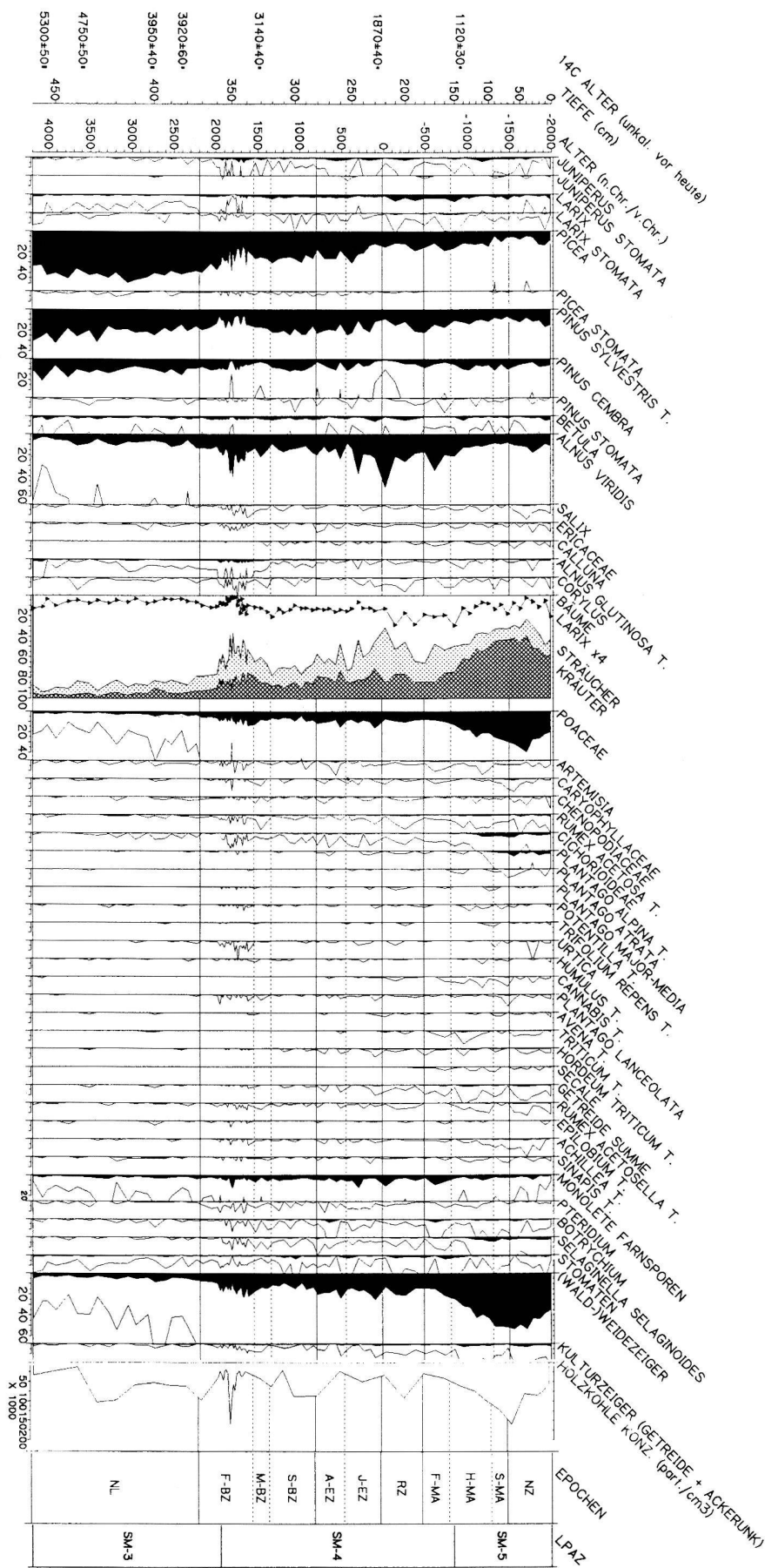
Ericaceae (Heidekrautgewächse): Mit Ausnahme der Gattung *Calluna* werden alle Gattungen dieser Familie (z.B. Alpenrose, Heidelbeere) in der vorliegenden Studie als eine pollenmorphologische Gruppe erfasst. Im betrachteten Zeitabschnitt gibt es keinen Makrorestnachweis der Familie der Ericaceae.

Corylus (Hasel): *Corylus avellana* ist in unserem Material nur durch Pollen repräsentiert. Obwohl die Art bis in die Subalpine Stufe aufsteigt, kommt sie im Oberengadin heute nicht vor (Candrian 1928; Welten/Sutter 1982). Ihr kontinuierliches Vorkommen in den Pollenprofilen ist wahrscheinlich auf Fernflug, z.B. aus dem Bergell, zurückzuführen.

Kräuter: Pollen von krautigen Pflanzen sind wegen deren relativen Kleinwüchsigkeit, aber auch aufgrund der häufigen Tierblütigkeit und der damit verbundenen geringeren Pollenproduktion in ungestörten Wäldern untervertreten. Eine Zunahme der Krautpollen deutet somit auf eine Öffnung der Wälder hin.

Weidezeiger: Die folgenden in Abb. 3 aufgeführten Pollentypen werden als (Wald-) Weidezeiger nach Lang (1994), Burga/Perret (1998), Binz/Heitz (1990) klassiert: Poaceae (Gräser), *Plantago lanceolata* (Spitz-Wegerich), *Rumex acetosa* (Wiesen-Sauerampfer), Cichorioideae (Zungenblütler), *Plantago major-media* (Mittlerer und Grosser Wegerich), *Plantago alpina* Typ (Alpenwegerich), *Plantago atrata* (Berg-Wegerich), *Trifolium repens* Typ (Kriechender Klee), *Urtica* (Brennnessel), *Sinapis* Typ (Moore et al. 1991). Der *Sinapis* Typ stellt eine Sammelgruppe dar, in der zahlreiche Brassicaceae (Kreuzblütler) zusammengefasst werden.

Abb. 3. Pollen-Prozent-Diagramm ausgewählter Taxa aus dem St. Moritzer See (Lej da San Murezzan). Linie = zehnfache Überhöhung. Die Prozentwerte von *Larix* (Lärche) sind nach dem von Lang (1994) vorgeschlagenen Korrekturfaktor im Hauptdiagramm vervierfacht aufgetragen. T. = Typ; ausgezogene Linien = Hauptepochen; punktierte Linie = Sub-Epochen; F-BZ Frühbronzezeit; M-BZ Mittelbronzezeit; S-BZ Spätbronzezeit; A-EZ Ältere Eisenzeit; J-EZ Jüngere Eisenzeit; RZ Römische Zeit; F-MA Frühmittelalter; H-MA Hochmittelalter; S-MA Spätmittelalter; NZ Neuzeit. LPAZ = local pollen-assemblage zone.



Kulturzeiger: Unter dem Begriff «Kulturzeiger» fassen wir hier die Pollen von Getreide und von Getreide-Unkräutern zusammen (Burga/Perret 1998). Dazu gehören als primäre Indikatoren die Getreide-Arten: *Avena* Typ (Hafer), *Triticum* Typ (Weizen), *Hordeum Triticum* Typ (Gerste/Weizen Typ) und *Secale* (Roggen). Im Oberengadin wurde vermutlich ursprünglich nur Gerste (*Hordeum*) und ab der Römischen Epoche auch Roggen (*Secale*) angebaut. Die andern Arten sind wahrscheinlich als Ackerunkräuter oder als durch Fernflug hierher verfrachtet zu betrachten. Getreide-Pollen kommen während des Neolithikums nur sporadisch vor; in den darauffolgenden Zeitabschnitten sind sie regelmässiger vertreten. Leider fehlt in unserem Material der Nachweis von Getreide durch Makroreste. Nach Müller (1999) basierte die prähistorische Ökonomie im Wesentlichen auf dem Prinzip der Autarkie und somit der lokalen landwirtschaftlichen Produktion. Für das Oberengadin erwähnen verschiedene Autoren (Mathieu 1992; Bundi 1989) das Vorkommen von Ackerterrassen bis auf Höhenlagen von 1809 m ü.M., z.B. bei Sils-Maria (Candrian 1928; D. Giovanoli, pers. Mitteilung). Jacomet et al. (1999) zeigen anhand von Makroresten, dass in der Frühbronzezeit im Oberhalbstein (Abb. 1) auf 1210 m ü.M. Gerste (*Hordeum vulgare*) angebaut wurde. Candrian (1928) erwähnt, dass während des 1. Weltkriegs oberhalb von Samedan (1750–1850 m ü.M., Abb. 1) vermehrt Gerste (*Hordeum vulgare*) produziert wurde. Der Anbau von Getreide ist im Oberengadin (1800 m) durch die Anzahl der frostfreien Sommertage limitiert. Ist die Sommerperiode zu kurz oder zu regnerisch, gelangt selbst die Zweizeilige Gerste (*Hordeum distichum*), welche mit 90 bis 100 Tagen die kürzeste Vegetationszeit aufweist, nicht mehr zur Reife (Schellenberg 1900). Nur der Anbau von Roggen (*Secale cereale*) ist noch aus höheren Lagen nachgewiesen, so z.B. von Findelen im Wallis auf 2100 m ü.M. (Candrian 1928). Indirekte Hinweise auf Ackerbau ergeben sich auch aus dem Nachweis von *Rumex acetosella* (Kleiner Sauerampfer), der als sekundärer Indikator für Getreideanbau gilt (Lang 1994).

Sporenpflanzen: Die starke Repräsentation von Sporenpflanzen spricht generell für eine Auflockerung des Waldes und starke Störungen der ursprünglichen Vegetation. Am häufigsten sind die Sporen verschiedener Farn-gattungen (monoletale Farnsporen), die nicht genauer bestimmt werden konnten. Sie treten zusammen mit der Grünerle v.a. während Rodungsphasen gehäuft auf. Die erhöhte Häufigkeit weiterer Sporenpflanzen, z.B. der Mondraute (*Botrychium*) und des Dornigen Moosfarns (*Selaginella selaginoides*) weisen ebenfalls auf Auflichtung des Waldes hin.

5. Resultate

5.1. Sedimente und Datierung

Die Radiokarbondatierungen aus dem St. Moritzer See und dem Champfèrer See ergeben sehr ähnliche Alters-Tiefen-Modelle (Gobet et al. 2003). Die folgende Darstellung beschränkt sich daher auf den Kern des St. Moritzer Sees (Abb. 2). Drei Abschnitte sind zu unterscheiden: Aus dem tiefsten dargestellten Kernabschnitt, zwischen 920 und 620 cm, liegen, bedingt durch die äusserst geringen Mengen von organischem Material, relativ wenige Datierungen vor. Die Fehlergrenzen der Datierungen sowie die Spannweiten der Kalibrierung sind entsprechend gross. Dieser Abschnitt zeichnet sich durch einen beträchtlichen Sedimenteintrag von durchschnittlich 5 mm/Jahr aus; die Kurve des Alters-Tiefen-Diagramms steigt entsprechend steil an. Die Ablagerung des folgenden, 255 cm (620–365 cm) mächtigen Abschnitts dauerte 7000 Jahre (ca. 9000–2000 v.Chr.), was einer durchschnittlichen Sedimentationsrate von 0.3 mm pro Jahr entspricht. Hier ist der Anteil an organischem Material mit einem durchschnittlichen Gehalt von organischem Kohlenstoff von ca. 14 % sehr hoch (Gobet et al. eingereicht). Dieses, für die Fragestellungen nach dem Beginn des menschlichen Einfluss kritische Intervall wurde sehr dicht beprobt. Im obersten Abschnitt (365–0 cm), der während der letzten 4000 Jahre abgelagert wurde, zeichnet sich eine erneute Zunahme der Sedimentationsrate auf ca. 0.9 mm/Jahr ab. Der durchschnittliche Anteil an organischem Kohlenstoff fällt hier übergangslos auf ca. 10 % (Gobet et al., eingereicht). In den jüngsten Sedimenten (50–0 cm) steigt der Anteil an organischem Kohlenstoff wieder etwas an.

5.2. Pollen und Makroreste

Im Pollenprozent-Diagramm (Abb. 3) und im Diagramm der Makrorest-Konzentrationen aus dem St. Moritzersee (Abb. 4) ist die Verteilung ausgewählter Taxa (Pollen-Gruppen) für den Zeitabschnitt von 4200 v.Chr. bis 1990 n.Chr. dargestellt. Abb. 5 gibt einen Überblick über die Pollenkonzentrationen (Anzahl/cm³) der Hauptgruppen (Bäume, Sträucher, Kräuter) sowie über die Konzentration und den Influx (Anzahl/cm³, resp. Anzahl/cm²/Jahr) von Holzkohlepartikeln für den gesamten untersuchten Zeitabschnitt zwischen 10000 v.Chr. und 1990 n.Chr. Der Verlauf der Kurven am Champfèrer See stützt die Resultate aus dem St. Moritzer See (Gobet et al. 2003).

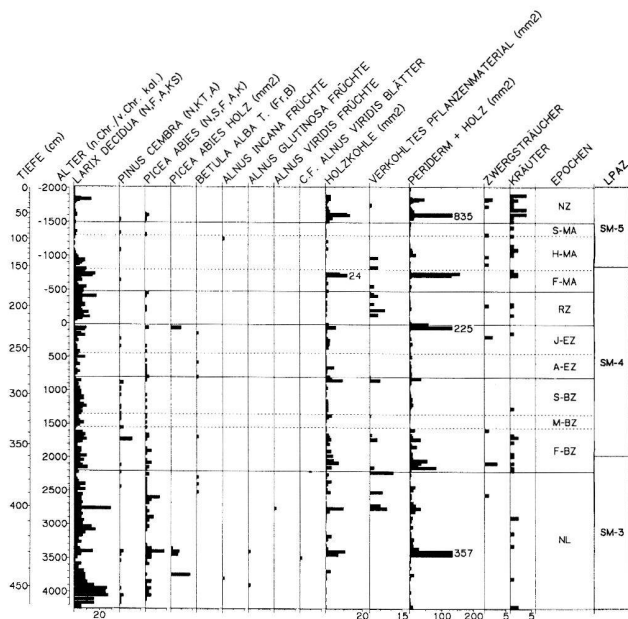


Abb. 4. Konzentration (Anzahl, resp. Fläche in $\text{mm}^2/14,8 \text{ cm}^3$) ausgewählter Makroreste aus dem St. Moritzer See. N = Nadel; KT = Kurztrieb; F = Flugsame/Flügel; A = Anthere (Staubbeutel); B = Blütenstand; S = Same; KS = Knospenschuppe; Fr = Frucht. LPAZ = local pollen-assemblage zone.

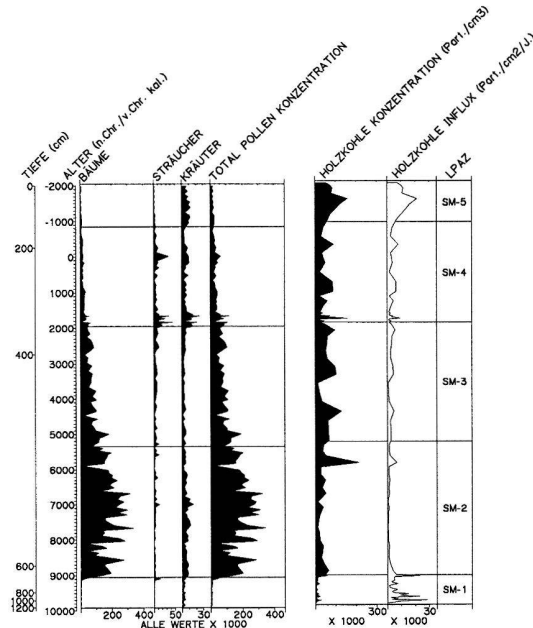


Abb. 5. Konzentration (Anzahl/ cm^3) der Baum-, Strauch- und Krautpollen sowie der mikroskopisch erkennbaren Holzkohlepartikel aus dem St. Moritzer See. Holzkohle Influx (Anzahl Partikel/ cm^2/Jahr).

5.2.1. Lokale Pollenzonen

Die Aufzeichnung der Daten beginnt um 4200 v. Chr. in der statistisch signifikanten lokalen Pollenzone SM-3 (ca. 5300–2000 v. Chr.; Gobet et al. 2003). Die Fichte (*Picea*) ist der häufigste Pollentyp, dazu kommen der Waldföhre Typ (*Pinus sylvestris* Typ), Arve (*Pinus cembra*) und Grünerle (*Alnus viridis*). Die Baumpollen erreichen Anteile von bis zu 90%. In Pollenzone SM-4 (ca. 2000 v. Chr.–850 n. Chr.) erreichen die Baumpollen (vor allem *Picea*, *Pinus sylvestris* Typ, *Pinus cembra* und *Larix*) nur noch Werte um 60%, während die Grünerle (*Alnus viridis*) als wichtigster Strauch maximale Werte von ca. 50% erreicht. Gräser (Poaceae), Farnsporen und andere Zeiger für menschlichen Einfluss nehmen zu. In der jüngsten Pollenzone (SM-5, 850–1990 n. Chr.) erreichen die Kräuter Werte von über 50%, während die Prozentwerte von Grünerle (*Alnus viridis*) auf 15% zurückgehen. Die Gras-Pollen (Poaceae) erreichen hier Werte von über 30% und die Kräuter wie die Zungenblütler (Cichorioideae) und Alpen-Wegerich (*Plantago alpina*) erreichen Höchstwerte.

5.2.2. Pflanzliche Makroreste

Die häufigsten Makroreste sind Lärchen-Nadeln (*Larix*); sie erreichen zwischen 4200 und 2200 v. Chr. teilweise Werte von über 20 Nadeln pro Probe zu $14,8 \text{ cm}^3$ (Abb. 4). Makroreste der Arve (*Pinus cembra*) sind nur sporadisch vorhanden; Fichtennadeln (*Picea abies*) sind etwas häufiger. Um 3500 und 2800 v. Chr. zeichnen sich zwei deutliche Holzkohlemaxima ab. Um 2800 v. Chr. tritt zudem vermehrt verkohltes Pflanzenmaterial auf. Für das Intervall um 3500 v. Chr. sind die Flächenkonzentration von Periderm (Rindengewebe) und Holz von über 100 mm^2 auffallend hoch; ein weiterer Höchstwert tritt um 2800 v. Chr. auf. Zwischen 2200–800 v. Chr. sind die Makroreste der Lärche (*Larix*) immer noch relativ häufig, erreichen aber nur noch Werte von maximal 10 Stück pro Probe ($14,8 \text{ cm}^3$). Die Anzahl der Fichten-Nadeln (*Picea abies*) geht zurück. Im Zeitabschnitt 2200–1550 v. Chr. (Frühbronzezeit, F-BZ) fallen die über längere Zeit erhöhten Holzkohlewerte sowie die hohen Flächenwerte von Periderm und Holz auf. Um 800 v. Chr. geht die Zahl der Lärchen-Nadeln (*Larix*) deutlich zurück; sie steigen erst um ca. 200 v. Chr. wieder an; zu Beginn der Römischen Epoche fällt sie ganz zurück. Gleichzeitig zeigen die Flächenwerte der Holzkohle sowie des Periderms ausgeprägte Maxima. Während der römischen Epoche nimmt die Zahl der Lärchen-Nadeln (*Larix*) wieder zu, gleichzeitig steigt der Anteil an ver-

kohlem Pflanzenmaterial. Im Frühmittelalter, besonders um 800 n.Chr., erreichen die Lärchen-Nadeln (*Larix*) einen Gipfel, der mit Maxima der Flächenwerte von Holz, Holzkohle und Periderm zusammenfällt. Ab 1200 n.Chr. nimmt die Konzentration der Lärchen-Nadeln (*Larix*) deutlich ab und bleibt bis ca. 1800 n.Chr. sehr tief; um ca. 1850 zeigt sie einen letzten Gipfel. In die Zeit um 1600 n.Chr. fällt ein weiterer Gipfel der Holzkohle-Konzentrationen und auch die Flächenwerte von Periderm und Holz steigen deutlich an.

6. Interpretation

6.1. Der «Urwald» oder die unbeeinflusste Vegetation

Die Geschichte der Wiederbewaldung des Oberengadins nach der letzten Vergletscherung wird von Gobet et al. (eingereicht) im Detail dargestellt. Für die folgenden Ausführungen betrachten wir die Vegetation der Zeit zwischen 4200 und 3300 v.Chr. als natürlich, d.h. als im wesentlichen vom Menschen unberührt.

Nach der Einwanderung und der Ausbreitung der Fichte um ca. 5300 v.Chr. stabilisierte sich die Waldvegetation mit den dominierenden Arten Fichte (*Picea abies*), Wald-/Bergföhre (*Pinus sylvestris*/*Pinus mugo*), Arve (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*).

6.2. Phasen der prähistorischen und historischen Vegetationsveränderung (Abb. 3.4)

6.2.1. Jung-/Spät- und Endneolithikum

Die Vegetation im älteren Abschnitt dieser Epoche (4200–3300 v.Chr.) erscheint vom Menschen kaum beeinflusst. Die Ausbreitung der Grünerlen-Gebüsche (*Alnus viridis*) um 3500 v.Chr., das verstärkte Auftreten von Farnsporen und der beginnende Anstieg der Weidezeiger, insbesondere der Gräser (Poaceae) um 3300 v.Chr. sowie die Maxima der mikroskopischen und makroskopischen Holzkohlepartikel könnten einen ersten möglichen Nachweis von Rodungen und landwirtschaftlicher Aktivität im Oberengadin darstellen. Um 2700 v.Chr. erreichen die Graspollen (Poaceae) Werte um 4 %. Gleichzeitig treten Weidezeiger, wie z.B. Zungenblütler (Cichorioideae) und immer noch sporadisch auch Getreidepollen auf. Zudem fallen die Häufigkeit der makroskopischen Holzkohlepartikel (Abb. 4) sowie das Vorkommen von Weideröschen- (*Epilobium*) Pollen auf. Letztere sind vor allem nach Waldbränden häufig (Schönenberger/Wasem 1997; Gobet et al. 2003). Diese Resultate sind ein starkes Indiz für eine, wenn auch möglicherweise noch vorübergehende Anwesenheit des Menschen im Oberengadin.

6.2.2. Bronzezeit

2200–1550 v. Chr., Frühbronzezeit (F-BZ): Zu Beginn der Bronzezeit setzt sich der am Ende des Neolithikums festgestellte Trend fort. Im Bereich zwischen 2000 und 1500 v.Chr. zeichnet sich eine tiefgreifende Veränderung der Vegetation ab. Im Vergleich zu den vorangehenden Epochen gehen alle Vertreter der Waldvegetation zurück. Die Kurve der Baumpollen fällt auf Werte von ca. 50 % zurück, während die krautigen Pflanzen und darunter insbesondere die Weidezeiger Werte von ca. 20 % erreichen. Weitere Anzeichen einer deutlichen Veränderung sind die erhöhten Prozentwerte der Grünerle (*Alnus viridis*) und der Sporenpflanzen sowie die höhere Konzentration der mikroskopischen Holzkohlepartikel (Abb. 5). Die beobachteten Schwankungen der erwähnten Parameter werden auf Brandrodung zurückgeführt (Gobet et al. 2003). Die Kulturzeiger sind ab 2000 v.Chr. kontinuierlich und mit zunehmender Tendenz nachzuweisen.

1550–1350 v. Chr., Mittlere Bronzezeit (M-BZ): Der Abschnitt der Mittleren Bronzezeit zeichnet sich im Oberengadin durch eine Ausbreitung der Waldvegetation und einen Rückgang der menschlichen Aktivität aus. Mit Ausnahme der Arve (*Pinus cembra*) nehmen die Prozentwerte der wichtigsten Waldbaumarten wieder etwas zu, und die Weidezeiger gehen leicht zurück. Die Kurve der Kulturzeiger ist zu Beginn der Mittelbronzezeit noch relativ hoch, fällt aber zur Grenze der Spätbronzezeit markant ab. Im Pollendiagramm fällt diese Grenze durch eine generelle Zunahme der Baumpollen und durch einen Einbruch der Pollenkurve der Grünerle (*Alnus viridis*) auf.

1350–800 v. Chr., Spätbronzezeit (S-BZ): Während der Spätbronzezeit stabilisiert sich die Waldvegetation und die Nadelbäume erreichen in einigen Proben Werte, wie sie zu Beginn zu der Bronzezeit beobachten sind. Im Gegensatz zum jüngeren Abschnitt der Frühbronzezeit und zur Mittleren Bronzezeit sind die Kulturzeiger hier seltener und nicht durchgehend vorhanden. Die abnehmenden Prozentwerte der Baumpollen zeigen ab 900 v.Chr. den Beginn einer weiteren Wende in der Vegetationsentwicklung an.

6.2.3. Eisenzeit

800–450 v. Chr., Ältere Eisenzeit, Hallstattzeit (A-EZ): Die Grenze zwischen der Spätbronzezeit und der Älteren Eisenzeit fällt durch einen deutlichen Rückgang der Baumpollen-Prozentwerte auf. Betroffen sind neben der Fichte (*Picea*) und der Wald- resp. Bergföhren (*Pinus sylvestris*/*Pinus mugo*) vor allem die Arve (*Pinus cem-*

bra). Gleichzeitig steigen die Werte der Grünerle (*Alnus viridis*) und der Weidezeiger deutlich an und weisen auf verstärkten anthropogenen Einfluss hin. Um 500 v. Chr. zeigen die Kurven des Waldföhren Typs (*Pinus sylvestris* Typ) und der Fichte (*Picea*) klare Einbrüche, während die Grünerle (*Alnus viridis*), die Weiden (*Salix*) und die Kulturzeiger kurzfristig deutlich höhere Werte aufweisen.

450–15 v. Chr., Jüngere Eisenzeit, La Tène-Zeit (J-EZ): Zu Beginn der jüngeren Eisenzeit kommt es zu einem starken Anstieg der Baumpollen-Prozentwerte. Fichte (*Picea*), Wald- resp. Bergföhren Typ (*Pinus sylvestris* Typ) und Arve (*Pinus cembra*) zeigen erhöhte Werte, während die Lärchenpollenkurve (*Larix*) auf ungefähr gleichem Niveau bleibt. Die Grünerle (*Alnus viridis*) fällt gleichzeitig stark zurück. Nach dieser kurzzeitigen Wiedererholung des Waldes, breiten sich, wie die steigenden Prozentwerte zeigen, Grünerlen-Gebüsche um 300 v. Chr. wieder aus. Getreidepollen sind nur sporadisch vorhanden; gegen Ende der Jüngeren Eisenzeit werden die höchsten prähistorischen Prozentwerte beobachtet. Auch die Werte der Kräuter und Sträucher steigen stark an. Insgesamt sprechen diese Parameter für intensive menschliche Aktivität im Oberengadin am Übergang zur Römerzeit.

6.2.4. Römische Zeit

15 v. Chr.–476 n. Chr. (RZ): Der sich zu Ende der Eisenzeit abzeichnende Trend setzt sich zu Beginn der Römischen Zeit fort. Die Pollen der Grünerle (*Alnus viridis*) erreichen um ca. 25 n. Chr. ein absolutes Maximum von ca. 50%. Dieser Gipfel fällt wiederum mit hohen Werten von Sporen, insbesondere von Farnsporen zusammen. Die Lärche (*Larix*) vermag sich auszubreiten, wie die steigenden Pollen-Prozentwerte sowie Konzentrationen von Makroresten zeigen. Die übrigen Baumarten werden stark zurückgedrängt. Die Kultur- und Weidezeiger stabilisieren sich auf hohem Niveau und weisen auf eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung hin. Der im Bereich Spätantike/Frühmittelalter, zwischen 350 und 500 n. Chr., beobachtete Anstieg der Kurven aller Waldbaum-Pollen lässt sich als Erholung der Waldvegetation interpretieren.

6.2.5. Mittelalter

476–800 n. Chr., Frühmittelalter (F-MA): Um ca. 650 n. Chr. ist ein weiteres ausgeprägtes Maximum der Prozentwerte der Grünerle (*Alnus viridis*) und der Farnsporen, bei gleichzeitigem Einbruch der Prozentwerte der

Arve (*Pinus cembra*) erkennbar. Diese Werte lassen auf ein erneutes Zurückdrängen des Waldes schliessen.

800–1300 n. Chr., Hochmittelalter (H-MA): Die Anteile der Baumpollen, aber auch der Strauchpollen (*Alnus viridis*) gehen zurück, jene der Weideanzeiger, insbesondere der Gräser (Poaceae), verschiedenen Kräuter und Sporenpflanzen nehmen hingegen stark zu. Die Prozentwerte der Kulturzeiger steigen ebenfalls stark an. Insbesondere ab 900 n. Chr. ist ein grundlegender Wandel in der Vegetationsentwicklung zu erkennen. Nach den abnehmenden Prozentwerten sowie dem fast vollständigen Fehlen der Makroreste der Lärche ist anzunehmen, dass die Bewirtschaftungsform der Lärchenweiden grösstenteils aufgegeben wird. Während in den vorangegangenen Phasen des Rückgangs des Waldes nebst den Kräutern immer auch die Sträucher, namentlich *Alnus viridis*, profitierten, geht nun der Anteil an Grünerlen-Gebüschen ebenfalls zurück. Dies deutet auf eine starke Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Flächen hin. Während des Spätmittelalters (S-MA, 1300–1500 n. Chr.) geht der oben erwähnte Trend weiter.

6.2.6. Neuzeit

1500–1990 n. Chr. (NZ): Um ca. 1700 n. Chr. erreicht die Zerstörung der Wälder ihren Höhepunkt. Die höchsten Prozentwerte der Weidezeiger, eine deutliche prozentuale Zunahme der Kulturzeiger sowie die hohen Konzentrationen der mikro- und makroskopischen Holzkohlepartikel sprechen für eine fortschreitende Intensivierung des menschlichen Einflusses auf die Vegetation im Oberengadin. Ab 1750 weisen die abnehmenden Werte der anthropogenen Zeiger sowie ein Gipfel in den Grünerlen-Pollen (*Alnus viridis*) auf einen leichten Rückgang der menschlichen Tätigkeit. Der folgende Anstieg der Baumpollen zeigt einen bis heute andauernden Trend zur Wiederbewaldung.

6.2.7. Auswirkung des Feuers

In den untersuchten Seesedimenten ergeben sich aus dem Vorkommen und der Verteilung von Holzkohlepartikeln (Abb. 4.5) zuverlässige Hinweise auf regelmässige Brandrodungen. Aus der Konzentration der mikroskopischen Holzkohlepartikel und der statistischen Beziehung zur Häufigkeit ausgewählter Pollen (Kreuzkorrelationen) vom St. Moritzer See lassen sich für einige Pflanzengruppen die Auswirkungen von Feuer nachvollziehen. Mit der Methode der Kreuzkorrelation gelingt erstmals der quantitative Nachweis, dass das vermehrte Auftreten von Grünerle (*Alnus viridis*) im Oberengadin zur Bron-

zezeit durch Einwirkung von Feuer und damit durch anthropogene Beeinflussung bedingt ist (Gobet et al. 2003). Weitere Pflanzen, deren Auftreten positiv mit Holzkohlparkeln korreliert, d.h. die durch Feuer gefördert werden, sind z.B. Farnpflanzen und Caryophyllaceae (Nelkengewächse) oder Weideröschchen (*Epilobium*), einige Jahrzehnte später auch Wiesen- und Weidezeiger wie z.B. die Röhrenblütler (*Aster* Typ) und Wiesenraute (*Thalictrum*). Negative Auswirkungen sind vor allem für die Fichte (*Picea*) und die Arve (*Pinus cembra*) festzustellen. Einige Pollentypen, welche als Zeiger für menschlichen Einfluss auf die Vegetation gelten (cf. Lang, 1994) wie die Zungenblütler (Cichorioideae) und das Sonnenröschen (*Helianthemum*) werden bereits 17–35 Jahre vor der intensiven Brandphase häufiger (positive Korrelationen). Diese Tatsache könnte ein Hinweis für die Anwesenheit des Menschen im Oberengadin sein, in der Zeit, welche der Phase mit erhöhter Feuerhäufigkeit voranging. Der Verlauf der Holzkohlekurve aus dem Champfèrer See ist bei geringerer zeitlicher Auflösung vergleichbar mit den Resultaten des St. Moritzer Sees.

Bis heute lässt sich aus dem Eintrag von Holzkohlepartikeln in die Sedimente die Ausdehnung von Waldbränden nur schwer abschätzen. Vergleiche zwischen Holzkohlehäufigkeit und Partikelgrösse in Pollenpräparaten, respektive Dünnschliffen einerseits und der Häufigkeit von Waldbränden andererseits zeigen für das Sottoceneri resp. die Südalpen einen klaren Zusammenhang (Tinner et al. 1998). Zudem existieren Modellberechnungen für die Abschätzung der Grösse einer zerstörten Waldfläche aus Veränderungen im fossilen Pollenspektrum und zwar in Abhängigkeit der Seegrösse wie auch der Distanz des Probestandes zum Ufer des Sees (Rainbow Lake, Alberta, Canada, Sugita 1997). Wegen der speziellen Topografie des Oberengadins ist jedoch eine Abschätzung der betroffenen Waldbrandflächen aufgrund der vorliegenden Daten zum heutigen Zeitpunkt nicht möglich.

7. Diskussion

7.1. Sedimente und Sedimentationsraten

Für den Zeitraum ab 2000 v.Chr. zeichnet sich eine gegenüber den davorliegenden 2 Jahrtausenden eine deutlich höhere Sedimentzufuhr ab (Abb. 2). Sie geht mit den einschneidenden Veränderungen in der Vegetation des Einzugsgebiets einher. Ab ca. 2000 v.Chr. führte die Reduktion der Wälder insbesondere in Hanglagen zu Destabilisierung der Böden und damit zu verstärkter Erosion. Der Rückgang des Anteils von organischem Kohlenstoff in den Sedimenten von 14% auf 10% entspricht einer stärkeren Verdünnung der organischen Partikel

durch siliziklastisches, das heisst toniges und sandiges Material (Gobet et al., eingereicht). Der erhöhte Eintrag von anorganischem Material wird auch aus anderen alpinen Regionen, z.B. aus dem Gebiet des Schwarzsees (Kt. Freiburg, 1046 m ü.M.) für die Frühbronzezeit beschrieben (Dapples et al. 2002).

7.2. Neolithischer Einfluss auf die Vegetation

Zwischen 3500 und 3300 v.Chr. gibt es im Oberengadin erste Hinweise auf ein Zurückdrängen der Wälder durch den Menschen und eine Ausbreitung der Grünerlen Gebüsche (*Alnus viridis*). Letztere erfolgte während einer klimatisch wärmeren Phase zwischen 3700 und 3400 v.Chr. – zwischen den relativ kühlen Phasen CE-5 und CE-6 (Haas et al. 1998: Für das vorrömische Holozän werden acht Kaltphasen [CE 1–8] unterschieden. Diese ersetzen ältere Klimaeinteilungen aus den Alpen und dem Alpenvorland, sie sind auf ± 100 Jahre genau datiert). Der Ausbreitung der Grünerle, belegt durch erhöhte Pollenprozentage und durch das Vorkommen eines *Alnus viridis*-Blattes, folgt ein Gipfel der makroskopischen Holzkohlepartikel sowie um 3300 v.Chr. der mikroskopischen Holzkohlepartikel und die Ausbreitung der Gräser (Poaceae, Abb. 3–5). Diese Ergebnisse werden in den Alpen durch Waldgrenzstudien am Lago Basso (Region Splügen GR) und von Gouillé Rion VS bestätigt, wo die Ausbreitung der Grünerlen-Gebüsche ebenfalls in Zusammenhang mit menschlichem Einfluss (Zunahme der Holzkohlepartikel) gestellt wird (Wick/Tinner 1997). Für die Zeit zwischen 3750 und 3150 v.Chr. sind auch im südalpinen Vorland einschneidende Vegetationsveränderungen zu beobachten, welche mit zunehmender menschlicher Aktivität wie Brandrodung und Landwirtschaft erklärt werden (Tinner et al. 1999). Die Kombination der ökologischen Faktoren im südlichen Tiefland sowie das günstigere Klima könnten eine Ausweitung der Landnutzung im Oberengadin begünstigt haben. Auch wenn archäologische Funde hier sehr spärlich sind (Nauli 1981; Rageth 2000a), sprechen viele Gründe, wie die Möglichkeit von Weidewirtschaft, Jagd, Fischerei und Handel dafür, dass sich Menschen in der 2. Hälfte 4. Jahrtausend im Engadin aufhielten und evtl. sogar niederliessen (s. auch Curdy et al. 1998).

7.3. Tiefgreifende Veränderungen in der Bronzezeit

Die zu Beginn der Bronzezeit, zwischen 2200 und 2000 v.Chr., beobachteten Veränderungen entsprechen einer relativ langsamen, doch kontinuierlichen Zunahme des menschlichen Einflusses. Um 2000 v.Chr. beginnen die intensiven Rodungen, welche den mittleren und spä-

ten Abschnitt der Frühbronzezeit charakterisieren. Es lassen sich dabei mehrere Phasen unterscheiden; auf die erste, jene um 2000 v. Chr., folgt eine zweite, weit intensivere um 1800 v. Chr. Im Gegensatz zu späteren Rodungen scheinen in der Frühbronzezeit alle Baum-Arten betroffen zu sein. Die Weidezeiger nehmen deutlich zu und die Kurve der Kulturzeiger erscheint erstmals nahezu durchgehend. Die erste Phase (um 2000 v. Chr.) fällt mit dem Beginn der von Rageth (2000a) definierten «Innernalpinen Bronzezeit» (2000–1200 v. Chr.) zusammen. Die Zeit von ca. 2100 bis 1900 v. Chr. zeichnet sich durch ein relativ warmes und trockenes Klima aus und ist sowohl nördlich wie auch südlich der Alpen als intensive Kulturphase belegt (Tinner et al. 2003). In nahezu die gleiche Zeit (2200–2000 v. Chr.) wird der Beginn des Getreideanbaus im Unterengadin datiert (Raba 1996, Zoller et al. 1996, Abderhalden-Raba/Bischoff 1998). Die intensiven Rodungen um 1800 v. Chr. fallen im Oberengadin zwischen zwei ausgeprägte, von Tinner et al. (2003) definierte Kulturphasen. Diese Rodungen stimmen jedoch zeitlich mit einem markanten Gipfel der Kulturzeiger am Soppensee (Schweizer Mittelland) überein (Tinner et al. 2003). In unserem Material sind die Prozentwerte der Grünerle (*Alnus viridis*) mit bis zu 40% auffallend hoch, zudem werden mehrmals Werte von über 20% erreicht. Die Grünerle wird durch Brandrodungen gefördert. Dies steht im Gegensatz zu älteren Arbeiten aus dem Oberengadin, in denen die Werte von *Alnus viridis* praktisch immer unter 10% bleiben (z.B. Punchakunnel 1983, Zoller/Brombacher 1984). Es ist zu bemerken, dass das Material für jene Studien aus Mooren stammt und die Ergebnisse eher die lokale Vegetation widerspiegeln dürften. Ausserdem wird in den erwähnten Publikationen mehrfach auf den teilweise schlechten Erhaltungszustand der Pollen hingewiesen. Nach unseren Befunden breitet sich im Oberengadin um ca. 1700 v. Chr. der Vegetationstyp der «Lärchenweiden» aus, d.h. die beweideten lichten Bestände von Lärchen (*Larix*), die das Aufkommen einer sehr artenreichen Krautschicht ermöglichen. Dagegen schlagen Punchakunnel (1983) und Zoller/Brombacher (1984) die Spätbronzezeit als Zeitpunkt der Ausbreitung der Lärchwiesen vor. Nach unseren Daten ist der Übergang zur Spätbronzezeit durch eine gewisse Erholung des Waldes gekennzeichnet. Die Kurve der Weidezeiger geht zurück und erreicht um 1300 v. Chr. ein Minimum. Diese Entwicklung geschieht in einer klimatisch warmen und trockenen Phase (ca. 1450–1250 v. Chr.), die nördlich und südlich der Alpen durch intensive landwirtschaftliche Tätigkeit gekennzeichnet ist (Tinner et al. 2003). Obwohl sich die Werte der Weide- und Kulturzeiger wieder etwas erholen, bleiben sie bis zum Ende der Spätbronzezeit auf tieferem Niveau als in der zweiten Hälfte der Frühbronzezeit. Wie die Kurve der Baumpollen anzeigt (Werte über 75%), dehnen sich

gleichzeitig mit dem Rückgang der Weidezeiger die Nadelwaldgebiete wieder aus und erreichen um 1000 v. Chr. ein Maximum. Eine kalte und feuchte Klimaphase um ca. 1000–950 v. Chr. (Tinner et al. 2003) könnte die Ursache sein für eine Abwanderung aus dem unwirtlich gewordenen Oberengadin und einer damit verbundenen Ausdehnung der Wälder.

7.4. Eisenzeitliche Fluktuationen

Die nächste Rodungsphase (ca. 800 v. Chr.) im Oberengadin fällt in eine klimatisch instabile Phase (ca. 850 v. Chr.–750 v. Chr.), während der sich das Klima schrittweise verschlechtert, die aber immer wieder durch Erholungsphasen unterbrochen wird (Maise 1998). Die Phase um ca. 800 v. Chr. ist durch einen Grünerle- (*Alnus viridis*) Gipfel und auffällig hohe Konzentrationen von verkohltem Pflanzenmaterial gekennzeichnet. Die zweite Rodungsphase der älteren Eisenzeit (ca. 500 v. Chr.) zeichnet sich durch einen markanten Anstieg der Weidezeiger und einen Abfall der Baumpollenkurve aus. Im Vergleich zu den früheren Epochen scheint es sich nun um gezieltere Rodungen zu handeln, bei denen die Lärche (*Larix*) geschont wird. Um 700 v. Chr. verschwinden die Getreide- und Ackerunkraut-Pollen ein letztes Mal praktisch vollständig; allerdings bleibt der Wald offen und die relativ konstante Kurve der Weidezeiger weist auf konstante menschliche Aktivität hin. Dieser Zeitabschnitt entspricht einer kalten und feuchten Klimaphase, die auch in den Regionen nördlich und südlich der Alpen zu einem Rückgang der Kulturzeiger führt (Maise 1998; Tinner et al. 2003). In der warmen Klimaphase innerhalb der Hallstattzeit (ca. 650–450 v. Chr., Tinner et al. 2003) erholen sich die Getreide- und Ackerunkräuter und die Weidezeiger steigen im Oberengadin stark an. Diese Entwicklung stimmt zeitlich mit einer Phase intensivierter Landwirtschaft nördlich und südlich der Alpen überein (Tinner et al. 2003). Am Übergang von der Hallstatt- zur La Tène-Zeit (ca. 450 v. Chr.) beobachten wir im Oberengadin einen markanten Rückgang der Kulturindikatoren und eine gleichzeitige Ausbreitung von Fichte (*Picea*), Arve (*Pinus cembra*) und von Wald- resp. Bergföhren (*Pinus sylvestris* Typ). Bemerkenswert ist auch der Rückgang der Grünerle (*Alnus viridis*). Diese Ausdehnung der Wälder (Baumpollenprozentwerte über 70%) könnte mit dem «Klimasturz» kurz vor 400 v. Chr. zusammenhängen, welcher möglicherweise einen Abwanderungstrend auslöste (Maise 1998). Eine Phase mit starker Ausbreitung der Grünerle (*Alnus viridis*) fällt in die Zeit um 300 v. Chr. Der starke Anstieg der Prozentwerte der Kultur- und Weidezeiger um 100 v. Chr. lässt sich im Engadin wie auch im südlichen und nördlichen Vorland der Alpen als Phase mit intensiver Landwirtschaft interpretieren.

7.5. Vegetationsveränderungen während der Römischen Epoche

Am Übergang zur Römischen Epoche vermag sich die Grünerle (*Alnus viridis*) erneut stark auszubreiten und erreicht ein Pollenprozent-Maximum von über 40%. Im gleichen Intervall erscheinen im Makrorest-Diagramm Gipfel von Holzkohle, Holz und von Periderm. Anschliessend verschwinden die Nadeln und die Stomata der Lärche (*Larix*). Der schon vorher beobachtete Rückgang der Baumpollen geht weiter und vor allem die Arve (*Pinus cembra*) wird ausgesprochen selten; die Werte der Kulturzeiger bleiben hoch. Für das Oberengadin deutet alles auf intensive menschliche Aktivität (Brandrodung) in einem warmen und trockenen Zeitabschnitt hin, der nördlich und südlich der Alpen mit einer intensiven Kulturphase zusammenfällt (Tinner et al. 2003). Diese Phase wird in der Spätantike von einer kurzzeitigen Zunahme aller Baumpollen unterbrochen. Die nun unsicheren politischen Verhältnisse, aber auch das kühle und feuchte Klima (Tinner et al. 2003) führen wahrscheinlich zum Zerfall der bisherigen Bewirtschaftungsform und damit zur Erholung des Waldes.

7.6. Auswirkungen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Landwirtschaft

Eine weitere Rodungsphase, um 650 n. Chr., fällt in einen warmen und trockenen Klimaabschnitt (Tinner et al. 2003). Die Kultur- und Weidezeiger nehmen im untersuchten Material massiv zu. So spiegelt die um 800 n. Chr. einsetzende Veränderung eine Nutzung in einer bisher unbekannten Intensität wider. Davon betroffen sind nicht nur alle Baumarten, sondern auch die Sträucher, namentlich die Grünerle (*Alnus viridis*). Diese Tatsache lässt sich am besten mit einem erhöhten Bedarf an Holz als Energiespender erklären, wobei die Qualität des Holzes offensichtlich nicht mehr entscheidend war. Der ökonomische Druck ist nun anscheinend so gross, dass selbst bisher wenig interessante Flächen genutzt werden. Die Reduktion des Waldes schreitet während des Spätmittelalters und zu Beginn der Neuzeit weiter voran und erreicht um ca. 1700 n. Chr. ein Maximum. In den Sedimenten der letzten 200 Jahren nehmen die Baumpollenwerte wieder zu. In dieser Entwicklung spiegelt sich das Nachlassen des ökonomischen Druckes, vorerst namentlich durch Abwanderung aus dem Oberengadin (Bansi 1808), als Folge des Ausweichens auf fossile Energieträger und der politischen Anstrengungen zum Schutz der Wälder.

8. Schlussfolgerungen

Die hier beschriebenen Phasen der Vegetationsentwicklung im zentralalpinen Raume lassen sich nicht direkt in Besiedlungsdichten übersetzen. Hingegen ist es möglich, die Veränderungen der Vegetation gegenüber dem natürlichen Zustand vor 3300 v. Chr. abzuschätzen. Die klimatische Abhängigkeit landwirtschaftlicher Tätigkeit, wie sie von Tinner et al. (2003) für die kolline bis montane Stufe der Schweiz vorgeschlagen wird, lässt sich grösstenteils auf die Subalpine Stufe des Oberengadins übertragen. Die Phasen starker Reduktion der Wälder fallen mehrheitlich mit warmen und trockenen Perioden zusammen, die eine Ausdehnung der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen und damit wahrscheinlich auch der Siedlungen erlauben.

Menschlicher Einfluss lässt sich im Oberengadin seit dem Neolithikum, spätestens seit 3500 v. Chr. belegen. Als Folge der markanten Vegetationsveränderungen durch menschliche Aktivität, mit Brandrodungen und anschliessender Beweidung, können sich ab 1900 v. Chr. die «Lärchenweiden» etablieren. Danach lässt sich die Kontinuität der prähistorischen Landwirtschaft durch die mehr oder weniger kontinuierlichen und generell ansteigenden Werte der Indikatoren für Beweidung und Ackerbau nachweisen. Auch wenn die Pollenprozent-Werte zu klein sind, um die Kultivierung von Getreide (*Hordeum vulgare*) zu beweisen, so ist es doch wahrscheinlich, dass seit dem Neolithikum, spätestens aber seit der Bronzezeit, Getreide für den Eigenbedarf angebaut wurde. Im Unterengadin (Ramosch, Zoller et al. 1996) und in Savognin (Jacomet et al. 1999) ist frühbronzezeitlicher Getreideanbau durch Pollenanalysen in kleinen Mooren und durch archäobotanische Untersuchung von Kulturschichten dokumentiert. In den Sedimenten der untersuchten Seen ist das Pollensignal der Kulturzeiger vermutlich so stark verdünnt, dass sich der Ackerbau weniger schlüssig nachweisen lässt. Unsere Interpretation, nach der die permanente Besiedlung des Oberengadins bis in die Frühbronzezeit zurückreicht, wird durch die statistisch signifikante Grenze der Pollenzonen SM-3 und SM-4 gestützt, in der das Auftreten vieler anthropogener Zeiger sowie die höheren Konzentrationen von Holzkohle in Betracht fallen. Interessanterweise deckt sich die Untergrenze der Pollenzone SM-4 mit dem Beginn der Inneralpinen Bronzezeit nach Rageth (2000a). Der einzige archäologische Beweis für eine bronzezeitliche Besiedlung des Oberengadins ist die auf 1466 v. Chr. datierte Quelfassung von St. Moritz. Nach unseren Daten scheint es wahrscheinlich, dass das Fehlen archäologischer Evidenz für prähistorische Besiedlung auf die spezielle geomorphologische Situation des Oberengadins zurückzuführen ist, in der die Erhaltung von Siedlungsspuren erschwert ist und eine systematische Suche noch nicht stattgefunden hat.

Unsere Daten liefern den ersten quantitativ abgestützten Beweis für die wichtige Rolle von Feuer für die Vegetationsentwicklung in der Subalpinen Stufe der Alpen (Gobet et al. 2003). Es lässt sich damit zeigen, dass die starke Ausbreitung der Grünerle (*Alnus viridis*), der ausgeprägte Rückgang der Arve (*Pinus cembra*), aber auch die erstmalige Ausbreitung der subalpinen Weiden auf

Waldbrände (Brandrodungen) zurückzuführen sind. Die Ausbreitung des Wacholders (*Juniperus*) um 1900 v. Chr. und der Lärche (*Larix*) um 1700 v. Chr. gehen nicht direkt auf Feuer zurück; als lichtliebende Pflanzen konnten sie jedoch von der Öffnung der Wälder profitieren, und durch ihre Toleranz gegenüber Beweidung wurden sie weiter bevorzugt.

Erika Gobet, Brigitta Ammann, Willy Tinner
Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern
Altenbergrain 21
3012 Bern
erika.gobet@ips.unibe.ch
brigitta.ammann@ips.unibe.ch
willy.tinner@ips.unibe.ch

Peter A. Hochuli
Paläontologisches Institut und Museum
Karl Schmid-Strasse 4
8006 Zürich
peter.hochuli@erdw.ethz.ch

Verdankungen

Die vorliegende Studie wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds für Wissenschaftliche Forschung finanziert. Wir danken Daniel Baltzer, Simonetta Biaggio, Christian Bigler, Felix Bittmann, Philippe Curdy, Diego Giovanoli, Anne Hochuli-Gysel, Jürg Rageth und Matthi-

as Seifert für ihre Unterstützung und für fruchtbare Diskussionen, Klaas van der Borg für die Radiokarbon-Datierungen, Daniel Ariztegui und Christian Ohlendorf für die Kernentnahme und ihre Hilfe bei der Probenahme und Petra Kaltenrieder und Flor Oberli für die Laborarbeit.

Bibliographie

- Abderhalden-Raba, A./Bischoff, N. (1998) Was wäre Ramosch ohne Akkerterrassen? Entstehung und Zukunft der Terrassenlandschaft. Cratschla – Informationen aus dem Schweizerischen Nationalpark 2, 2–7.
- Bansi, H. (1808) Landwirtschaftliche Beschreibung des Ober-Engadins. In: Der neue Sammler, ein gemeinnütziges Archiv für Graubünden. Bd. 6, 290–318. Chur.
- Berggren, G. (1969) Atlas of Seeds and small fruits of Northwest-European plant species 2. Stockholm.
- Berggren, G. (1981) Atlas of Seeds and small fruits of Northwest-European plant species 3. Stockholm.
- Binz, A./Heitz, C. (1990) Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. Basel.
- Birks, H.H. (2001) Plant Macrofossils. In: J.P. Smol/H.J.B. Birks/W.M. Last (eds.), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments 3, 49–74. London.
- Bosli-Pavoni, M. (1971) Ergebnisse der limnologischen Untersuchungen der Oberengadiner Seen. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 33, 386–409.
- Bücheler, R./Lardelli, D. (1991) Giovanni Segantini's Panorama und andere Engadiner Panoramen. Ausstellungskatalog, St. Moritz.
- Bundi, M. (1989) Zur Besiedlungs- und Wirtschaftsgeschichte Graubündens im Mittelalter. Chur.
- Burga, C.A./Perret, R. (1998) Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. Thun.
- Candrian, M. (1928) Katalog der Oberengadiner Flora (Gefäßpflanzen). Beilage z. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens 1927/1928, 172.
- Clark, J. S. (1988) Stratigraphic charcoal analysis on petrographic thin sections: application to fire history in northwestern Minnesota. Quaternary Research 30, 81–91.
- Conrad, H. (1981) Schriften zur urgeschichtlichen und römischen Besiedlung des Engadins, bes. 57–69. Samedan.
- Curdy, P./Leuzinger-Piccand, C./Leuzinger U. (1998) Ein Felsabri auf 2600 m ü. M. am Fusse des Matterhorns – Jäger, Händler und Hirten im Hochgebirge. AS 21, 2, 65–71.
- Dapples, F./Lotter, A.F./van Leeuwen, J.F.N. et al. (2002) Palaeolimnological evidence for increased landslide activity due to forest clearing and land-use since 3600 cal BP in the western Swiss Alps. J. Paleolimnology 27, 239–248.
- Ebeling, H./Birkenfeld, W. (1970) Die Reise in die Vergangenheit. Ein geschichtliches Arbeitsbuch. Braunschweig.
- Ellenberg, H. (1996) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. Stuttgart.
- Faegri, K./Iversen, J. (1989) Textbook of pollen analysis, 4th edn. Göttingen.
- Fasnacht, W. (1998) Bronzetechnologie. In: Hochuli et al. 1998, 232–241.
- Fedele, F.G./Wick, L. (1996) Glacial/Postglacial transition south of Splügenpass: environment and human activity. II Quaternario 9, 541–550.
- Glaziologische Karte Julier-Bernina (Oberengadin) 1998 1:60000, Synthesekarte NFP 31. ETH Zürich
- Gobet, E./Tinner, W./Bigler, C./Hochuli, P.A./Ammann B. (eingereicht) Early-Holocene afforestation processes in the lower subalpine belt of the Central Swiss Alps as inferred from macrofossil and pollen records. Eingereicht bei The Holocene.
- Gobet, E./Tinner, W./Hochuli, P.A. et al. (2003) Middle to Late Holocene Vegetation history of the Upper Engadine (Swiss Alps): the role of man and fire. Vegetation History and Archaeobotany 12, 143–163.
- Haas, J.N./Richoz, I./Tinner, W. et al. (1998) Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. The Holocene 8, 301–309.

- Hegg, O./Bégin, C./Zoller, H. (1993) Atlas schutzwürdiger Vegetationstypen der Schweiz. Schriften des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
- Heitz, A./Punchakunnel, P./Zoller, H. (1982) Zum Problem der ^{14}C -Datierung im Veltlin und Oberengadin. *Physische Geographie* 1, 91–101.
- Hochuli, S./Niffeler, U./Rychner, V. (Hrsg.; 1998) Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. III. Bronzezeit. Basel.
- Jacomot, S./Brombacher, Ch./Schraner, E. (1999) Ackerbau und Sammelwirtschaft während der Bronze- und Eisenzeit in den östlichen Schweizer Alpen – vorläufige Ergebnisse. In: P. Della Casa (ed.) Prehistoric alpine environment, society, and economy. Papers of the international colloquium PAESE '97 in Zürich. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 55, 231–244. Bonn.
- Katz, N.J./Katz, S.V./Kipiani, M.G. (1965) Atlas and Keys of Fruits and Seeds occurring in the Quaternary deposits of the USSR. Moscow.
- Keller, P. (1930) Postglaziale Waldperioden in den Zentralalpen Graubündens. Beihefte zum Botanischen Centralblatt 46, 395–489.
- Kleiber, H. (1974) Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin I. Botanische Jahrbücher für Systematik 94, 1–53.
- Kündig, E./de Quervain, F. (1953) Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Bern.
- Landeskarte der Schweiz, Oberengadin 1995 1:50000, Blatt Nr. 5013. Bundesamt für Landestopografie, Wabern.
- Landolt, E. (1992) Unsere Alpenflora. Brugg.
- Lang, G. (1994) Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. Jena.
- Limnex (1994) Gewässerzustand und Gewässerschutzmassnahmen im Oberengadin. Chur.
- MacDonald, G.M./Larsen, C.P.S./Szeicz, J.M. et al. (1991) The reconstruction of boreal forest fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological, and geochemical indices. *Quaternary Science Reviews* 10, 53–71.
- Maise, C. (1998) Archäoklimatologie – Vom Einfluss nacheiszeitlicher Klimavariabilität in der Ur- und Frühgeschichte. *Jb SGUF* 81, 197–235.
- Mathieu, J. (1992) Eine Agrargeschichte der inneren Alpen – Graubünden, Tessin, Wallis 1500–1800. Zürich.
- Mayer, H./Ott, E. (1991) Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart/New York.
- MeteoSchweiz (2004) Wetterdienst der Schweiz. <http://www.meteo-schweiz.ch/>
- Moesta, H. (1986) Erze und Metalle – ihre Kulturgeschichte im Experiment. Berlin/Heidelberg/New York.
- Moore, P.D./Webb, J.A./Collinson, M.E. (1991) Pollen Analysis, 2nd edition. London.
- Müller, F. (1999) Fragmente einer Geschichte der Eisenzeit in der Schweiz. In: Müller et al. 1999, 299–309.
- Müller, F./Kaenel, G./Lüscher, G. (Hrsg.; 1999) Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. IV. Eisenzeit. Basel.
- Nauli, S. (1981) Zur Urgeschichte und römischen Epoche im Engadin. In: H. Conrad (ed.), Schriften zur urgeschichtlichen und römischen Besiedlung des Engadins, 57–61. Samedan.
- Ozenda, P. (2002) Perspectives pour une Géobiologie des Montagnes. Lausanne.
- Planta, A. (1986) Verkehrswege im alten Rätien, Bd. 2. Chur.
- Plinius der Ältere (23/24–79 n.Chr.) *Naturalis Historia*. Naturgeschichte, Buch XVI, 190 (zur Lärche).
- Punchakunnel, P. (1983) Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin II. Unpublizierte Dissertation, Universität Basel.
- Punt, W./Blackmore, S./Clarke, G.C.S. et al. (eds.; 1976–2003) Northwest European pollen flora. Vol. I (1976), Vol. II (1980), Vol. III (1981), Vol. IV (1984), Vol. V (1988), Vol. VI (1991). Amsterdam.
- Raba, A. (1996) Historische und landschaftsökologische Aspekte einer inneralpinen Terrassenlandschaft am Beispiel von Ramosch. Publ. Dissertation Universität Freiburg. Freiburg.
- Rageth, J. (2000a) Die Urgeschichte. In: J. Simonett (ed.), Handbuch der Bündnergeschichte. Bd. 1, 15–60. Chur.
- (2000b) Kleine Urgeschichte Graubündens. AS 23, 2, 32–46.
- (2001) Zur Ur- und Frühgeschichte des Oberhalbsteins. *Minaria Helvetica* 21b, 9–33.
- Schaer, A. (2001) Der prähistorische Kupferbergbau im Oberhalbstein. *Minaria Helvetica* 21b, 34–47.
- (2003) Untersuchungen zum prähistorischen Bergbau im Oberhalbstein (Kanton Graubünden). *JbSGUF* 86, 7–54.
- Schellenberg, H.C. (1900) Graubündens Getreidevarietäten mit besonderer Rücksicht auf ihre horizontale Verbreitung. Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 10, 45–71.
- Schmidt, C. (1917) Fundorte von Mineralischen Rohstoffen in der Schweiz. Basel.
- Schoch, W./Pawlik, B./Schweingruber, F.H. (1988) Botanische Makroreste: ein Atlas zur Bestimmung häufig gefundener und ökologisch wichtiger Pflanzensamen. Bern.
- Schönenberger, W./Wasem, U. (1997) Wiederbewaldung einer Waldbrandfläche in der subalpinen Stufe bei Müstair. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 148, 6, 405–424.
- Schweingruber, F.H. (1990) Mikroskopische Holzanatomie: Formenspektren mitteleuropäischer Stamm- und Zweighölzer zur Bestimmung von rezentem und subfossilem Material. Birmensdorf.
- Seifert, M. (2000) Vor 3466 Jahren erbaut! Die Quelffassung von St. Moritz. AS 23, 2, 63–75.
- Stöckli, W.E. (1995) Geschichte des Neolithikums in der Schweiz. In: W.E. Stöckli/U. Niffeler/E. Gross-Klee (Hrsg.) Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. II. Neolithikum, 19–52. Basel.
- Stockmar, J. (1971) Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13, 615–621.
- Strabon (64/63 v.Chr.–mindestens 23 n.Chr.) *Geographie*, Buch IV, 6,9,26 (zu den Landwirtschaftsprodukten der Provinz Raetien).
- Stuiver, M./Pollach, H.A. (1977) Discussion. Reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon* 19, 355–363.
- Stuiver, M./Reimer, P.J./Bard, E. et al. (1998) INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24 000–0 cal. BP. *Radiocarbon* 40, 1041–1083.
- Sugita, S./MacDonald, G.M./Larsen, C.P.S. (1997) Reconstruction of Fire Disturbance and Forest Succession from Fossil Pollen in Lake Sediments: Potential and Limitations. In: J.S. Clark/H. Cachier/G. Goldammer et al. (eds.) Sediment records of biomass burning and global change NATO ASI Series I, Vol. 51, 387–408. Berlin.
- Tinner, W./Conedera, M./Ammann, B. et al. (1998) Pollen and charcoal in lake sediments compared with historically documented forest fires in southern Switzerland since AD 1920. *The Holocene* 8, 1, 31–42.
- Tinner, W./Hu, F.S. (2003) Size parameters, size-class distribution and area-number relationship of microscopic charcoal: relevance for fire reconstruction. *Holocene* 13, 4, 499–505.
- Tinner, W./Hubschmid, P./Wehrli, M. et al. (1999) Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland. *Journal of Ecology* 87, 273–289.
- Tinner, W./Lotter, A.F./Ammann, B. et al. (2003) Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews* 22, 14, 1447–1460.
- Trautmann, W. (1953) Zur Unterscheidung fossiler Spaltöffnungen der mitteleuropäischen Coniferen. *Flora* 140, 523–533.
- Vitruv. *De architectura libri decem*. Zehn Bücher über Architektur, Buch 2, IX, 14–15 (Vom Bauholz).
- Welten, M. (1982) Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. *Denkschriften Schweizerische Naturforschende Gesellschaft* 95, 1–104.
- Welten, M./Sutter, R. (1982) Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz 1. Basel.
- Whitlock, C./Larsen, C. (2001) Charcoal as a fire proxy. In: J.P. Smol/H.J.B. Birks/W.M. Last (eds.), Tracking environmental change using lake sediments. Terrestrial, algal and siliceous indicators. Volume 3, 75–97. Dordrecht.
- Wick, L./Tinner, W. (1997) Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations. *Arctic and Alpine Research* 29, 445–458.
- Zoller, H./Brombacher, Ch. (1984) Das Pollenprofil Chavrus bei St. Moritz – ein Beitrag zur Wald- und Landwirtschaftsgeschichte im Oberengadin. In: G. Lang (Hrsg.) *Festschrift für Max Welten*. *Dissertationes Botanicae* 72, 377–398. Vaduz.
- Zoller, H./Erny-Rodman, C./Punchakunnel, P. (1996) The history of vegetation and land use in the Lower Engadine (Switzerland). Pollen record of the last 13000 years. *Nationalpark-Forschung in der Schweiz* 86. Zerne.