

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern  
**Band:** 33 (1993)

**Artikel:** Pollen als Datenträger für Vegetations- und Klimageschichte  
**Autor:** Küttel, Meinrad  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-523505>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 07.10.2024

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



# Pollen als Datenträger für Vegetations- und Klimageschichte

Meinrad Küttel

Eine Landschaft ist nichts Statisches. Sie wird ständig geformt, unterliegt mannigfaltigen Prozessen. Das heisst aber auch, dass sie eine Vergangenheit und eine Zukunft hat. Die Kräfte, die eine Landschaft formen, sind grundsätzlich physikalischer, chemischer oder biologischer Natur. Sei es nun der Regen oder der Frost als Bestandteil des Klimas, sei es der Wald, der die Ufer vor den anbrechenden Wellen schützt, oder der Bagger des Menschen, der Bäche und Flüsse vertieft und dadurch ganze Gebiete trockenlegt. Überblickt man diese formenden Kräfte, so zeigt sich, dass in der Grössenordnung von Hunderttausenden von Jahren das Klima und davon abhängig geomorphologische Prozesse bis zum Auftreten des Menschen wohl den stärksten Einfluss gehabt haben.

## ■ Pollenanalyse

Eine der erfolgreichsten Methoden, um die Geschichte des Klimas und der Entwicklung der Vegetation in schriftloser Vergangenheit nachzuzeichnen, ist die Pollenanalyse, die Untersuchung fossilen Blütenstaubs und Sporen. Was steckt dahinter? Pflanzen leben innerhalb einer bestimmten Spannbreite, der sogenannten

ökologischen Amplitude. Werden Grenzwerte über- oder unterschritten, stellen sie die Vermehrung oder gar den gesamten Stoffhaushalt ein. Erschwerend ist aber, dass diese Grenzwerte nicht immer bekannt sind. Meistens sind es auch nicht einfache physikalische Grössen. Weiter begrenzt nicht allein das Klima das Wachstum der Pflanzen; die Bodenverhältnisse und die zwischenartliche Konkurrenz spielen ebenfalls eine wesentliche Rolle. Ändern sich die klimatischen Verhältnisse, so ändert sich, sofern Grenzwerte überschritten wurden, auch die Vegetation. Das Problem ist also, einerseits die Vegetation der vergangenen Zeiten zu rekonstruieren und andererseits daraus die ehemaligen klimatischen Verhältnisse abzuleiten.

Die Vegetation einer bestimmten Gegend produziert Pollen und Sporen (Abb. 1, 2). Diese gelangen in die Luft, werden mehr oder weniger gut durchmischt und fallen wieder auf die Erde nieder. Der schwefelartige Regen im Frühsommer ist ein anschauliches Beispiel dafür. Gelangt Pollen auf die Wasseroberfläche eines Sees, wird er nach einiger Zeit auf den Seeboden sinken und mit anderem Material, wie Seekreide, eingedeckt. Vergleichbare Prozesse laufen in Mooren ab. Dort wird Pollen durch das Torfwachstum



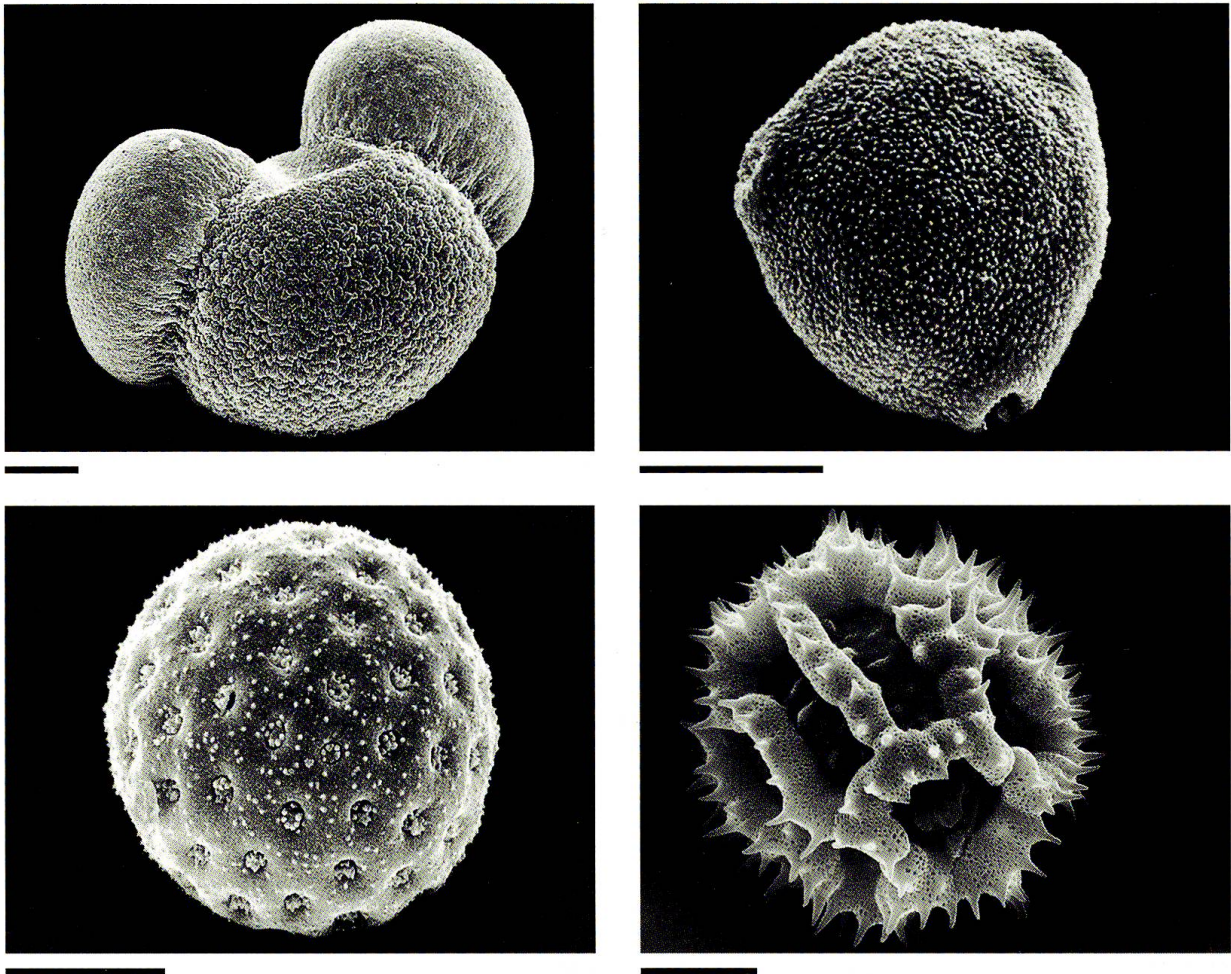


Abb. 1: Pollenkörner (Aufnahmen mit Raster-Elektronen-Mikroskop):  
Waldföhre, Zwergbirke (oben), Weisser Gänsefuß, Alpen-Löwenzahn (unten). Balken = 10  $\mu\text{m}$ .

im Moor eingebettet. Pollenkörner haben gegenüber reduktiven Prozessen eine sehr widerstandsfähige Aussenwand (Abb. 3). Das Innere (Proteine, Zellulose usw.) hingegen wird weitgehend abgebaut. Pollen und Sporen können so unter günstigen Bedingungen über Jahrhundertmillionen erhalten bleiben. See- und Moorablagerungen bilden deshalb Archive, in denen die ehemaligen Vegetationsverhältnisse und dadurch auch klimatische Informationen gespeichert sind. Moorzerstörung bedeutet somit auch Archivzerstörung; sie wird zwar mittlerweile durch die Naturschutzgesetzgebung etwas behindert, geht aber dennoch weiter.

Das Lesen der Archive funktioniert methodisch recht einfach. Torf- oder See- kreideproben, in vertikalen Abständen mittels Bohrungen oder Grabungen entnommen, werden so aufbereitet, dass die Sedimentmatrix mit Ausnahme des Pollens und der Sporen chemisch aufgelöst wird. Diese werden dann unter dem Mikroskop bestimmt und ausgezählt, worauf die relativen Anteile berechnet werden. Aus der Veränderung der Anteile werden Vegetationswechsel abgeleitet und daraus klimatische Veränderungen entschlüsselt. Erst über die zeitliche Einstufung gelangt man zur Vegetations- und damit auch zur Klimageschichte. Die verwendeten Daten



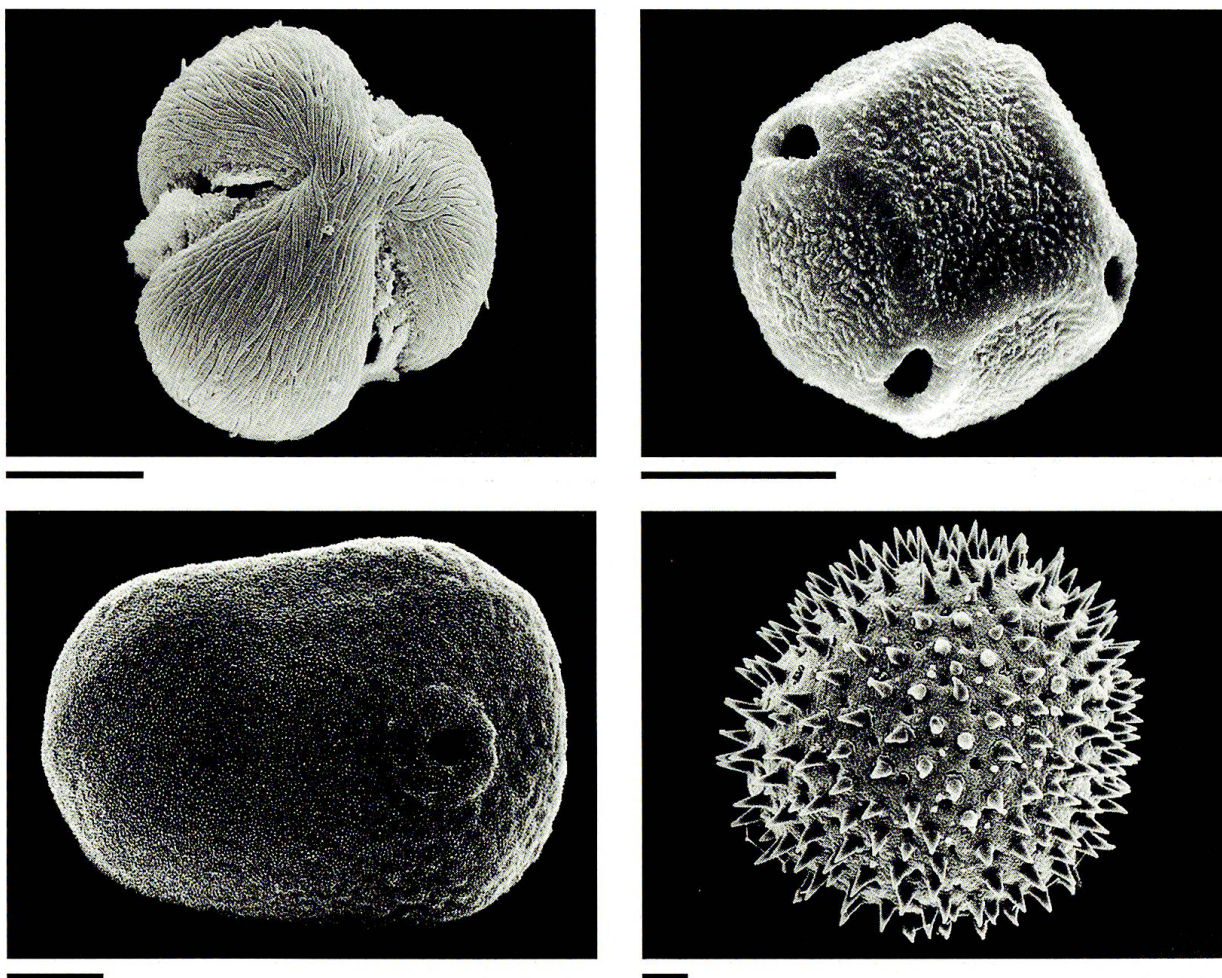


Abb. 2: Pollenkörner (Aufnahmen mit Raster-Elektronen-Mikroskop): Bergahorn, Schwarzerle (oben), Roggen, Kleine Malve (unten). Balken = 10  $\mu\text{m}$ .

stammen für die älteren Abschnitte insbesondere aus der Tiefseestratigraphie, aber auch von Uranium-Thorium-Analysen samt Interpolationen. Im jüngeren Abschnitt (Spätwürm) sind es Radiokarbonaten, die als «unkorrigierte Daten vor heute» (BP-Daten, vor heute bedeutet vor AD 1950) wiedergegeben sind.

Fragen über langfristige Vorgänge und Prognosen für die Zukunft sind mit den üblichen historischen Methoden der Klimaforschung nicht zu beantworten, denn die Analysen sollten mindestens einen vollständigen Interglazial-Glazial-Interglazial-Zyklus umfassen. Das ist eine Zeitspanne von rund 130 000 Jahren. Kontinuierliche

Ablagerungen, die diesen Zeitraum enthalten, sind aber in unserer Region bislang nicht gefunden worden. Die Klimageschichte muss deshalb aus der Analyse einzelner Abschnitte zusammengestückt werden. In Abbildung 4 sind die Fundorte, die für die folgende Synthese verwendet wurden, eingetragen.

### ■ Vegetation und Klima in den letzten 130 000 Jahren

Vor 125 000 bis 130 000 Jahren war das Luzerner Mittelland noch waldfrei. Eine lange Kaltzeit, nach einem Fluss in Bayern



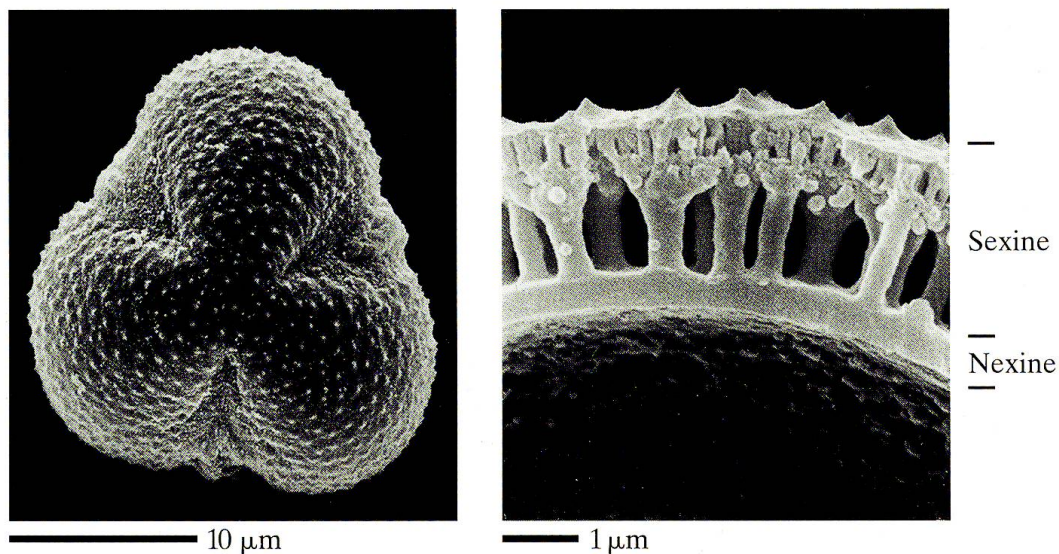


Abb. 3: Pollenkorn von Wermut (Aufnahmen mit Raster-Elektronen-Mikroskop), links ganzes Korn in Polansicht, rechts Querschnitt durch die Wand (Exine).

Riss genannt, ging zu Ende. Mit der zunehmenden Klimagunst breiteten sich Wacholder, dann Birken und Föhren aus. Diese Initialphase wurde von Eichenmischwald mit verschiedenen Laubbaumarten wie Eiche, Linde, Ulme, Ahorn, Esche abgelöst (Klimaoptimum). Anschliessend breiteten sich verstärkt Hasel und dann Weisstanne mit etwas Hagebuche aus. Erstaunlicherweise fehlte die heute so vertraute Buche. Den Abschluss bildeten, unter bereits verschlechterten Klimabedingungen, Wälder mit sehr viel Fichte und etwas Föhre. Damit war die letzte Warmzeit, das Riss-Würm-Interglazial und auch die Zeit der Klimagunst zu Ende.

Ein entscheidender klimatischer Umschwung setzte ein. Die Mitteltemperatur der drei wärmsten Monate des Jahres sank unter 10 °C, was sogar für die anspruchslosesten Waldbäume zu wenig war. Sie gingen ein. Es wurde aber nicht nur kälter, sondern auch trockener. Über die Geschwindigkeit des Temperatursturzes ist man sich nicht einig. Einige gehen von einem Zeitraum von etwa 150 Jahren aus, andere setzen dafür das Zehnfache ein. Mit dem Klimawechsel

wurde die bislang letzte Kaltzeit (Glazial) eingeleitet, nämlich das Würm, ebenfalls benannt nach einem Flüsschen in Bayern.

Im Würm war es allerdings nicht eintönig kalt, sondern Abschnitte relativer Klimagunst (Interstadiale) wechselten mit ungünstigeren (Stadiale) ab. Das Würm lässt sich heute in drei charakteristische Grossabschnitte gliedern, nämlich Frühwürm (ab 115 000 Jahre bis 75 000 Jahre), Mittelwürm (zwischen 75 000 Jahre und 25 000 Jahre) und das abschliessende Spätwürm, dessen Ende mit 10 000 BP definiert wurde. Im Luzerner Mittelland ist aufgrund der heute zur Verfügung stehenden Ablagerungen insbesondere das Frühwürm und das Spätwürm relativ gut untersucht, hingegen weiss man über das Mittelwürm noch recht wenig.

Im Frühwürm lassen sich drei Interstadiale (genannt Zell, Hüswil, Dürnten) mit einem davor und zwei dazwischen liegenden Stadien (Baren, Rot, Luthern) unterscheiden. Zell ist durch ein leichtes Stadal (Lehn) zweigeteilt (Zell I und II). Während der Interstadiale waren die Lagen um 500 bis 600 m von Nadelwäldern bedeckt,



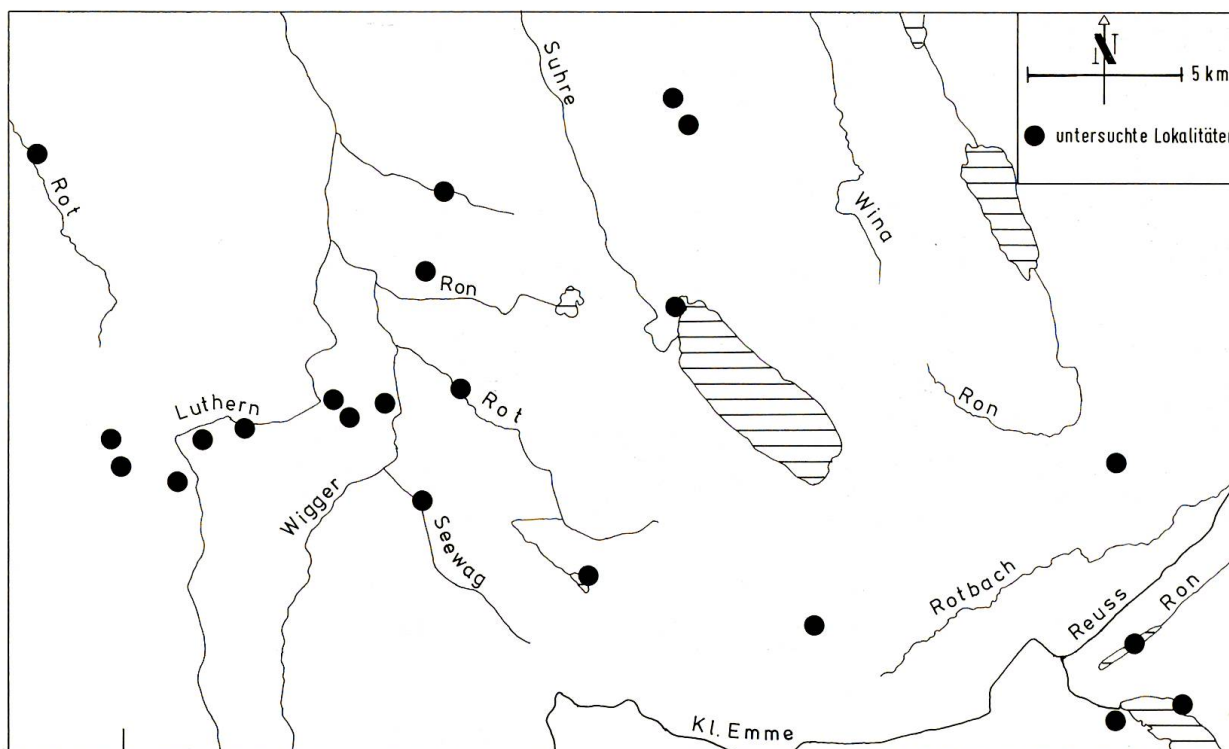


Abb. 4: Lage der pollenanalytisch untersuchten Objekte, die für den Überblick verwendet wurden. Ein Punkt kann mehrere Diagramme beinhalten.

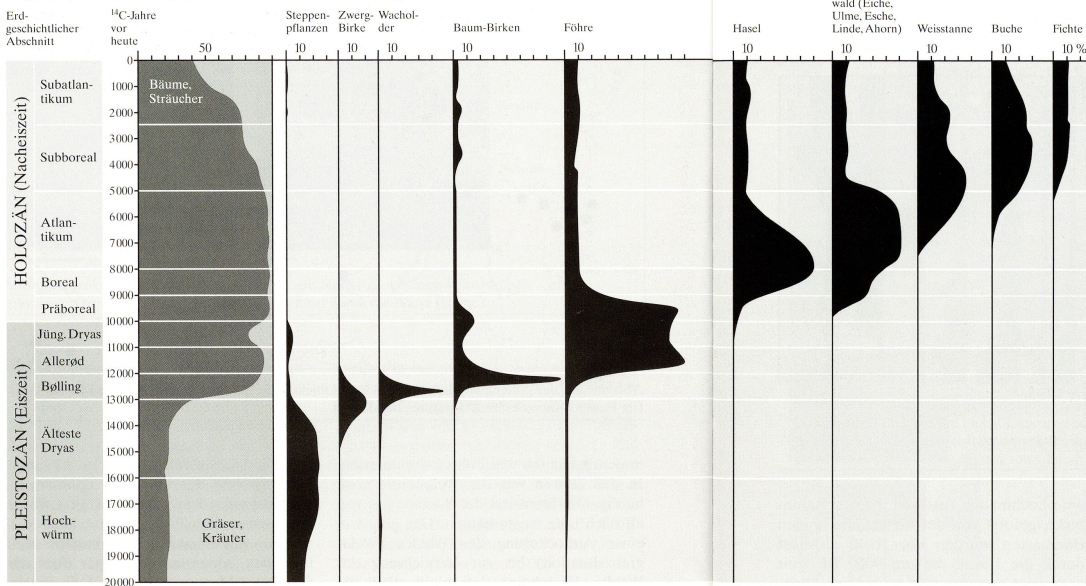
in denen Fichten und Föhren dominierten. In den älteren war die Weisstanne noch häufig. Die Intensität der Stadiale hat von alt nach jung zugenommen. Das ging von einer Auflockerung des Waldes (Waldgrenzsituation) bis zur Vernichtung des Waldes. Es scheint, dass nicht allein die Sommertemperaturen absanken, sondern dass es in den jüngeren Abschnitten des Frühwürms auch trockener wurde.

Im Vergleich zu heute, mit Durchschnittstemperaturen der Sommermonate von 16 bis 18 °C, kann für die Interstadiale eine Temperaturabsenkung um 4 bis 5 °C abgeleitet werden. In den Stadialen war die Differenz zu heute noch 2 bis 3 °C grösser. Während der Interstadiale herrschten somit in der Region ähnliche Verhältnisse wie heute in der subalpinen Stufe der nördlichen Voralpen, bei vergleichbaren oder leicht verringerten Niederschlägen. Das bedeutet natürlich eine Absenkung der

Schneegrenze in den Alpen. Die Akkumulationsgebiete der Gletscher nahmen zu, die Eismassen schwellen an. Damit wurde ein Prozess eingeleitet, der im frühen Mittelwürm mit einem Gletschervorstoss weit über den Alpenraum, ja sogar über das Spätwürm-Maximum hinaus, kulminierte. Die Sempacherseeregion war somit zum ersten Mal seit dem Riss wieder unter Eis.

Über den Verlauf des restlichen Mittelwürms ist wenig Genaues bekannt. Wahrscheinlich war die Region wieder eisfrei. In verschiedenen Bohrkernen und Aufschlüssen wurden Interstadial-Sequenzen nachgewiesen, die sich untereinander allerdings nicht korrelieren lassen. Es darf mit etwa vier verschiedenen Interstadialen gerechnet werden, deren gemeinsames Merkmal Waldlosigkeit ist. Typisch für die allergünstigsten Abschnitte dürften Kältesteppen, verzahnt mit Galeriegebüsch und Lärchenwäldchen in Flusstälern gewesen sein.

## Vegetationsentwicklung (Prozentanteile an der Gesamtpollensumme)



Gegenüber heute bedeutet das eine Temperaturabsenkung in den Sommermonaten von mindestens 8 °C bei stark verringerten Niederschlägen.

Ein weiterer klimatischer Tiefstand leitet das Spätwürm ein mit dem Gletschervorstoss im Surental bis Staffelbach. Zeitlich dürfte das um 20.000 Jahre bis 18.000 Jahre vor heute gewesen sein. Vegetationsgeschichtlich ist über diesen Zeitabschnitt recht wenig bekannt. Pioniergesellschaften auf Rohböden waren sicher ausserhalb der vergletscherten Gebiete (Stierenberg, Lindenberg) weit verbreitet.

Anschliessend verbesserten sich die klimatischen Verhältnisse, sicher nicht kontinuierlich, sondern eher in Schwingungen, was sich anhand des Gletscherrückzuges und der Vegetationsveränderungen nachweisen lässt (Abb. 5). Ein nochmaliger Gletschervorstoss, verbunden mit einem deutlichen Gletschervorstoss, fand um 16.000 BP statt. Damals wurden die Moränen des Sursee-Stadiums geschüttet.

Nach 16.000 Jahre BP setzte eine eindeutige, ganz markante Klimabesserung ein. Das Eisstromnetz im Mittelland brach zusammen, und die Geschichte des Sempa-



chersees beginnt. Die folgenden, weitaus geringeren klimatischen Rückschläge sind als Gletscherstände fast ausnahmslos nur noch im Alpenraum festzustellen. Die Grenze um 16.000 BP ist so charakteristisch, dass sie als Beginn des Würm-Spätglazials betrachtet werden kann. Die Initialgesellschaften wandelten sich um zu Kältesteppen und Rasen mit Beifuss, Gänsefussgewächsen, Steinbrech, Sonnenröschen, Schweizer Meerträubchen und anderen. Ab etwa 14.000 BP waren Zwergbirken weit verbreitet. Diese fehlen heute im Kanton Luzern vollständig. Die Zwergbirkenphase dauerte

Abb. 5: Vegetationsgeschichtlicher Überblick über die letzten 20.000 14C-Jahre. Dargestellt sind die Prozentwerte des Pollens der einzelnen Sippen bezogen auf die Gesamtpollensumme. Diese Anteile entsprechen wegen der unterschiedlichen Pollenproduktion nicht den realen Anteilen an der Vegetation.

bis etwa 12.700 BP. Dann dominierten Wacholder und Sanddorn die Pflanzendecke. Dieser Abschnitt leitet zur Wiederbewaldung über, denn um 12.500 Jahre BP hatten sich schon Birkenwälder entfaltet, die 500 Jahre später von Föhrenwäldern weitgehend abgelöst wurden. Ab der Birkenwaldphase überstieg der Durchschnittswert der drei wärmsten Monate 10 °C deutlich. Auch aufgrund anderer Befunde (Sauerstoffisotopenverhältnisse, Käfernachweise usw.) wird mit Temperaturen zwischen 16 und 17 °C gerechnet, was recht nahe an die heutigen Verhältnisse heranreicht.



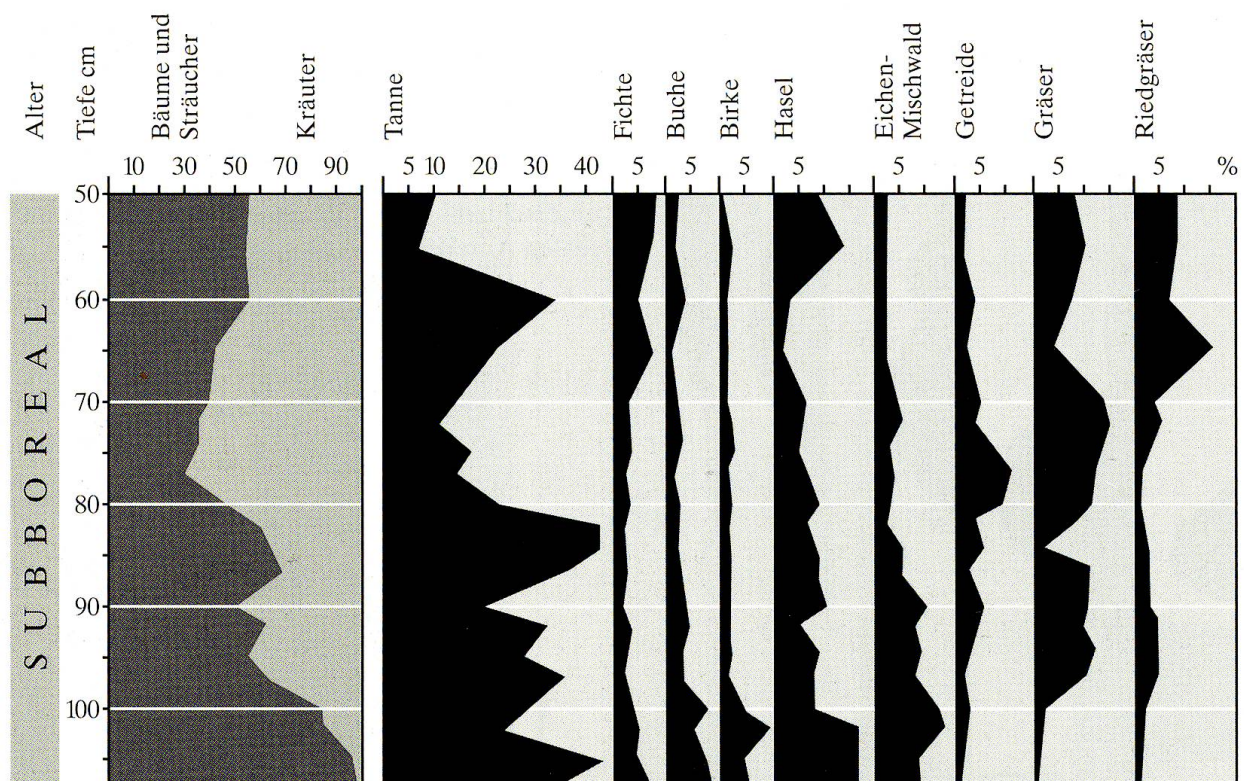


Abb. 6: Vereinfachtes Pollendiagramm einer Profilsäule, entnommen in Sursee auf der Landzunge an der Westseite der Kirchenruine. Erkennbar ist eine bronzezeitliche Landnahme (Waldrodung, ersichtlich an der Zunahme des Nichtbaumpollens), die Kulturphase (in ca. 80 cm Tiefe, siehe Getreidepollenkurve) und anschliessend eine leichte Erholung des Waldes.

Das Würm war mit dieser Entwicklung noch nicht abgeschlossen, denn zwischen 11000 BP und 10000 BP, in der Jüngeren Dryas, verschlechterte sich das Klima nochmals. Die Föhrenwälder der Region lichteten sich etwas, so dass sich vermehrt Wacholder und andere lichtliebende Pflanzen ausbreiten konnten. Der Reussgletscher, der sich bereits weit in die Quelltäler der Reuss im Gotthardgebiet zurückgezogen hatte, stiess deutlich vor. Um 10000 BP war diese letzte Phase der merkbaren Klimaungunst zu Ende. Die Gletscher schmolzen auf die heutige Grössenordnung zusammen, und mit dem Pleistozän, dem Eiszeitalter, war es aus.

Eine neue Zeit begann, das Holozän. Charakteristisch für dessen Beginn waren ein rascher Anstieg der Sommertemperaturen auf heutige Grössenordnung und

eine nochmalige Ausbreitung der Baumbirke, gefolgt von der Föhre. Die beiden Baumarten wurden aber bald abgelöst durch die Hasel, die um 9000 BP weit verbreitet gewesen sein muss, eine phantastische Zeit für Eichhörnchen und andere Sammler (Mittelsteinzeit). Gegenüber der Hasel etwas verzögert, wanderten die Edellaubbäume ein, zuerst Eiche, Ulme und Linde, später auch Esche und Ahorn. Diese Lichtholzphase wurde durch die Schattholzphase mit der starken Ausbreitung der Buche und der Weisstanne um 5000 Jahre BP abgelöst. Damit wäre das natürliche Inventar der Hauptbaumarten der Region vollständig, zumal Erlen auch schon da waren. Zusätzlich wurden aber vor 2000 Jahren von den Römern noch die Walnuss und die Kastanie eingeführt.



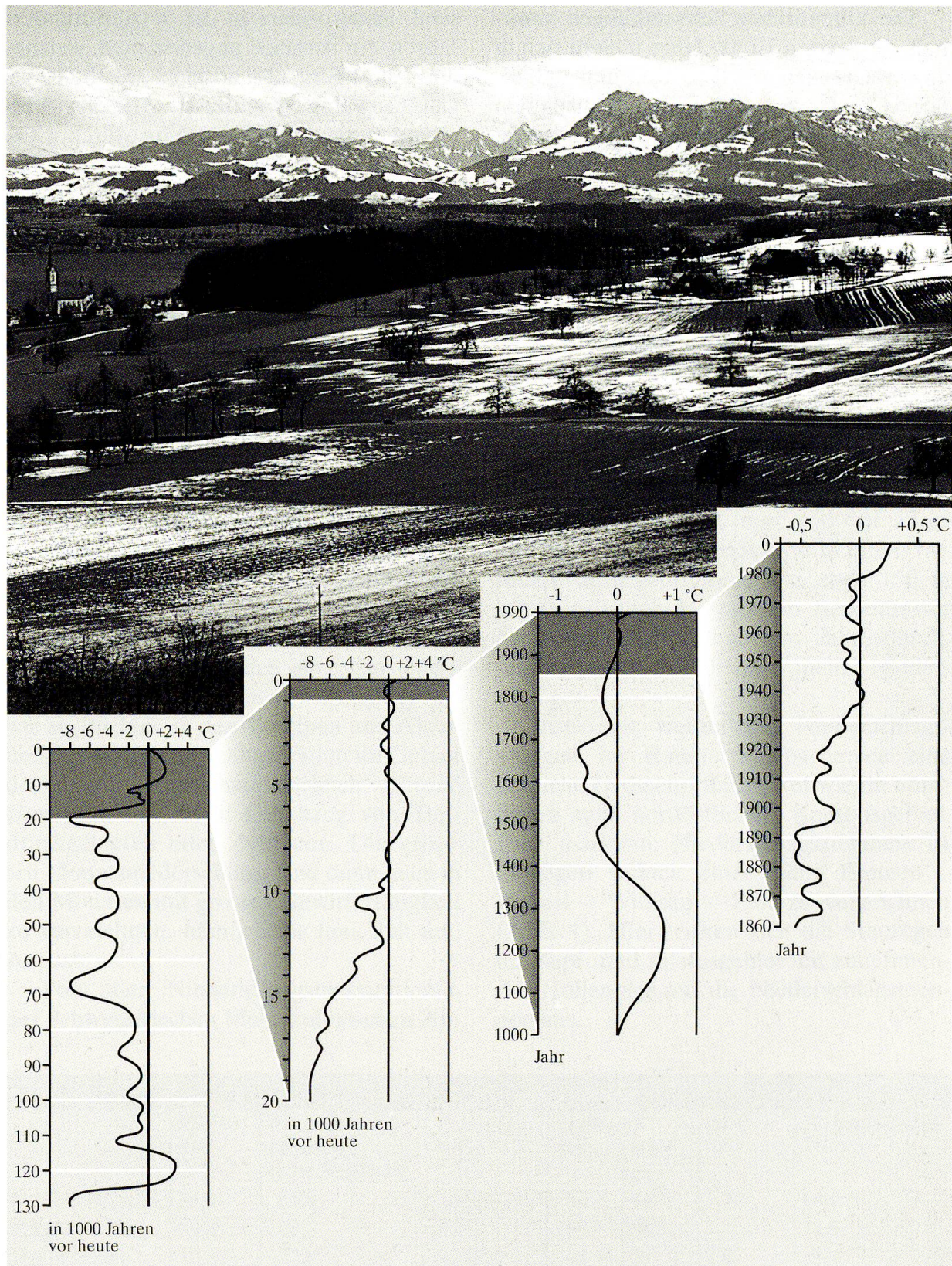


Abb. 7: Temperaturverlauf während der letzten 130000 Jahre. Dargestellt sind die Abweichungen vom langjährigen Mittel mit unterschiedlicher Auflösung.



Die klimatischen Schwankungen innerhalb der letzten 10 000 Jahre hielten sich in engen Grenzen (Grössenordnung 0,5 bis 1,5 °C). Unter natürlichen Umständen könnte auf die nächste Kaltzeit gewartet werden, die aufgrund des Klimaverlaufes der vergangenen 500 000 Jahre innerhalb der nächsten paar tausend Jahre eigentlich eintreffen müsste. Allerdings hat sich mittlerweile etwas ereignet, was in der gesamten Geschichte des Quartärs vorher nie da war. Der Mensch hat begonnen, die Landschaft, die nahezu vollständig bewaldet wäre, umzugestalten (Abb. 6). Zu Beginn des Neolithikums, im Wauwilermoos um 5400 BP, waren die Eingriffe noch ganz zaghaft; sie haben aber in diesem Jahrtau-

send, insbesondere in den letzten hundert Jahren, ein Ausmass angenommen, welches die künftigen klimatischen Verhältnisse ganz gewaltig beeinflusst. Mit der Verschmutzung der Atmosphäre durch CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Spurengase und anderes ist ein globales, gewaltiges Experiment in Gang gesetzt worden, dessen Rahmenbedingungen nicht kontrollierbar sind und das auch nicht mehr gestoppt werden kann. Dies wird auch einen Einfluss auf die künftige Entwicklung des Klimas und der Vegetation der Region haben.

*Der Mensch kam zwar nicht im Holozän, wie Max Frisch schreibt, aber im Holozän schlug er zu.*