

**Zeitschrift:** Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft  
**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft  
**Band:** 87 (1994)

**Artikel:** Pollenanalytische Untersuchungen zu postglazialen Baum- und Waldgrenzschwankungen im südlichen Walenseegebiet  
**Autor:** Perret, Roger / Burga, Conradin A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-832704>

### **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:** 18.04.2026

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

## Pollenanalytische Untersuchungen zu postglazialen Baum- und Waldgrenzschwankungen im südlichen Walenseegebiet

Roger Perret und Conradin A. Burga

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	59
1. Einleitung .....	60
2. Das Untersuchungsgebiet .....	60
3. Das Profil Hinterchamm .....	62
3.1 Lage der Bohrstelle und Stratigraphie .....	62
3.2 Diagramm-Abschnitte .....	62
4. Möglichkeiten zum Nachweis von klimatisch bedingten Baum- und Waldgrenzschwankungen.....	63
5. Baum- und Waldgrenzschwankungen im Postglazial und die daraus zu folgernden Klima- schwankungen.....	66
Literaturverzeichnis .....	67

### Zusammenfassung

Die paläoökologischen Untersuchungen zu den postglazialen Baumgrenzschwankungen im südlichen Walenseegebiet ergaben folgende wichtige Ergebnisse:

1. Der Verlauf der mit Hilfe des Pollendiagramms Hinterchamm (2135 m) erarbeiteten *postglazialen Baumgrenz-Kurve* wurde

auf Grund der auftretenden Makroreste (Holz) und Stomata der waldgrenzbildenden Baumarten (Fichten und Föhren) sowie des Nichtbaumpollen(NBP)-Anteils bestimmt.

2. Die obere Baumgrenze im südlichen Walenseegebiet erreichte zwischen ca. 7700 und 6800 Jahre v.h. und ca. 6000 und 5000 Jahre v.h. ihre *maximale nacheiszeitliche Höhenlage* von über 2140 m. Gegenüber der heutigen Baumgrenze von 2050 m ergibt sich somit eine Baumgrenz-Erhöhung von rund 100 m, was einer Zunahme der Sommermitteltemperaturen um etwas mehr als 0,5°C entsprechen dürfte.

3. Die verschiedenen *Klimaschwankungen* manifestieren sich beim Pollendiagramm Hinterchamm durch deutliche NBP-Zunahmen und damit Baumgrenz-Senkungen. Die Baumgrenze dürfte aber auch während der grössten postglazialen Klimaschwankung des Hinterchamm-Gebiets gegen Ende des Älteren Atlantikums (Misoxt/Larstigt/Frosnitz-Kaltphase) kaum bedeutend unter 2000 m gesunken sein, da sich diese Klimaschwankung auf der Mürtchenalp (1850 m) nur durch eine geringe Auflockerung der Wälder auszeichnete. Die Abnahme der Sommermitteltemperaturen gegenüber heute (aktuelle Baumgrenze um 2050 m) dürfte somit nur maximal 0,5°C betragen haben.

## 1. Einleitung

Im Glarnerland und St.Galler Oberland sowie den angrenzenden Gebieten sind bis heute zahlreiche Moore pollenanalytisch untersucht worden (vgl. Abb. 1). Im St.Galler Oberland, im oberen Rheintal und im Toggenburg wurden in neuerer Zeit diesbezüglich mehrere Lokalitäten bearbeitet. Zu erwähnen sind die Profile Herrenboden bei Bad Ragaz (C.A. BURGA, 1986), Oberschan im Rheintal (H.P. WEGMÜLLER, 1976) sowie die Profile Dreihütten (H.P. WEGMÜLLER, 1976), Schwendisee (C.A. BURGA, 1991) und Gamperfin (J. FÄH, 1989) im Toggenburg.

Im Gegensatz dazu fehlten bisher im Glarnerland sowie im südlichen Walenseegebiet nach modernen Methoden durchgeführte Pollenanalysen. Zwar untersuchte A. HOFFMANN-GROBÉTY (1957 und 1968) in diesen Gebieten etliche Moorprofile, wobei aber die Pollensumme mit meist nur 100 sehr niedrig und der Probenabstand mit 20–30 cm zu gross gewählt wurde. Ausserdem wurden nur die Baumpollen berücksichtigt. Im Rahmen der Diplomarbeit von R. PERRET (1993) sollte nun diese pollenanalytische Forschungslücke im südlichen Walenseegebiet mit Hilfe von drei Moorprofilen in der dortigen subalpinen und alpinen Stufe geschlossen werden.

## 2. Das Untersuchungsgebiet

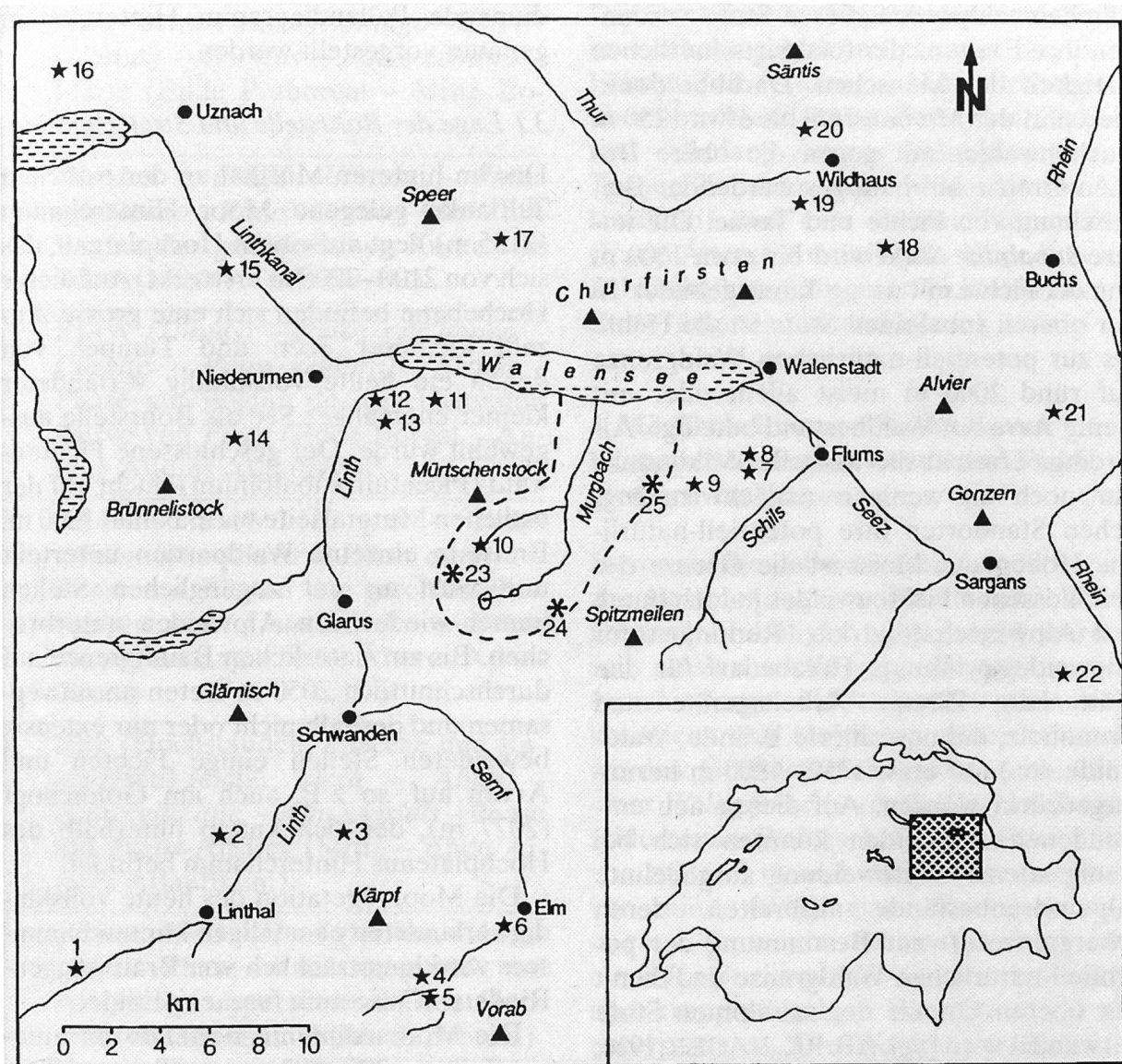
Das Untersuchungsgebiet war durch die *geographische Lage* der drei pollenanalytisch bearbeiteten Moore *Seebenalp* (1620 m) in den Flumserbergen, *Mürtschenalp* (1850 m) im Mürtschentale und *Hinterchamm* (2135 m) im Murgtal gegeben (vgl. gestrichelte Linie in Abb. 1) und erstreckt sich vom tiefsten Punkt am Walensee in 425 m bis auf 2400–2500 m der höchsten Bergspitzen im Murgtal.

*Tektonisch* gehört das ganze Gebiet zu den *helvetischen Deckensystemen*, speziell zur Glarner-, Mürtschen- und Axen/Gonzen-Decke (vgl. J. OBERHOLZER, 1933). Alle diese Decken werden von Gesteinen gebildet, deren Alter vom Perm bis zur Jurazeit reichen. Am häufigsten treten jedoch rötliche Konglomerate, Sandsteine und Tonschiefer aus dem Perm auf, die unter dem Sammelbegriff *Verrucano* zusammengefasst werden.

Beim *geomorphologischen Formenschatz* des Gebiets fallen viele *glatt geschliffene Verrucano-Felsplatten* sowie *geschrammte Rundhöcker* auf. Diese gelten als Zeugen ehemaliger Gletschertätigkeit. Während der verschiedenen Eiszeiten floss ein Arm des Rhein-Gletschers via Sargans in die Walenseetalung und vereinigte sich im Raum Weesen/Niederurnen mit dem Linth-Gletscher aus dem Glarnerland (R. HANTKE, 1970). Auf Grund des Vorkommens erratischer Blöcke reichte dieser Rhein-Gletscher während der Würmeiszeit im Untersuchungsgebiet bis auf maximal 1400–1500 m.

Das Untersuchungsgebiet liegt *klimatisch* im Bereich des *ozeanisch getönten Alpennordkammes* (häufige und reichliche Niederschläge, häufige Bewölkung, kühle Sommer und milde Winter). Lokal wird das Klima durch die vorherrschende Nordexposition der Berghänge südlich des Walensees, durch die Anwesenheit eines grösseren Gewässers (Walensee) und durch die Wirkung des Föhns modifiziert. Die Temperatur erreicht im Jahresmittel am Walensee etwa 8–9°C bei einer jährlichen Niederschlagsmenge von etwa 1500 mm (vorwiegend Sommerregen bei Westwindlagen).

Das walddreiche südliche Walenseegebiet zeigt die verschiedenen *Höhenstufen der Vegetation* in charakteristischer Abfolge. In der *kollinen Stufe* bis etwa 700 m herrschen neben anthropogen bedingtem Wies- und Weideland vorwiegend Buchen-Eichen-Kastanienwälder vor. Fichten- und



**Legende:**

- |                          |                       |   |                       |                  |  |
|--------------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------|--|
| 1 Urnerboden, 1'690 m    | } A. HOFFMANN-G. 1957 | 15 Ussbüel, 414 m                           | } A. HOFFMANN-G. 1968 |                  |  |
| 2 Braunwald, 1'580 m     |                       | 16 Uttenberg, 495 m                         |                       |                  |  |
| 3 Riedmatt, 1'680 m      |                       | 17 Hinter-Höhi, 1'420 m                     |                       |                  |  |
| 4 Erbsalp, 1'690 m       |                       | 18 Gamperfin, 1'350 m, J. FÄH 1989          |                       |                  |  |
| 5 Wichlenalp, 1'320 m    |                       | 19 Schwendisee, 1'159 m, C.A. BURGA 1991    |                       |                  |  |
| 6 Elm, 1'000 m           |                       | 20 Dreihütten, 1'318 m, H.P. WEGMÜLLER 1976 |                       |                  |  |
| 7 Prod, 1'575 m          |                       | 21 Oberschan, 660 m, H.P. WEGMÜLLER 1976    |                       |                  |  |
| 8 Altsäss, 1'690 m       |                       | 22 Herrenboden, 925 m, C.A. BURGA 1986      |                       |                  |  |
| 9 Tannenboden, 1'400 m   |                       | 23 Mürtschenalp, 1'850 m                    |                       | } R. PERRET 1993 |  |
| 10 Mürtschenalp, 1'760 m |                       | 24 Hinterchamm, 2'135 m                     |                       |                  |  |
| 11 Blatt, 770 m          |                       | 25 Seebenalp, 1'620 m                       |                       |                  |  |
| 12 Britterberg, 829 m    |                       |   |                       |                  |  |
| 13 Soolberg, 1'055 m     |                       |   |                       |                  |  |
| 14 Bocken, 1'300 m       |                       |   |                       |                  |  |

Abb. 1: Lage der bisher im Glarnerland und St.Galler Oberland pollenanalytisch bearbeiteten Moore (1-22) sowie der von R. PERRET neu untersuchten Moore (23-25).

Lärchenwaldpartien dieser Stufe verdanken ihre Existenz der forstwirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen. Darüber dominieren in der *Montanstufe* bis etwa 1250 m Buchenwälder mit gegen die obere Buchen-Grenze hin häufiger werdender Beimischung von Fichte und Tanne. Die untere *subalpine Stufe* wird bis etwa 1600 m von der Fichte mit wenig Tanne gebildet. In der oberen subalpinen Stufe ist die Fichte bis zur potentiell-natürlichen Waldgrenze auf rund 2000 m meist allein oder mit wenig Arve am Waldbestand beteiligt. Allerdings erreicht die aktuelle Waldgrenze nur noch an wenigen schlecht zugänglichen Standorten ihre potentiell-natürliche Höhenlage. Meist ist die Grenze des geschlossenen Fichtenwaldes jedoch durch den Alpwirtschaftsbetrieb (Rodungen zur Alpweidegewinnung, Holzbedarf für den Hüttenbau, Zäune, Arbeitsgeräte und Brennholz, unkontrollierte Brände, Waldweide etc.) auf etwa 1750–1800 m heruntergedrückt worden. Auf diesen neu entstandenen Alpweiden konnten sich bei wenig intensiver Beweidung ausgedehnte Alpenrosenbestände ausbreiten, deren Obergrenze oft zur Bestimmung der potentiell-natürlichen Waldgrenze und damit der oberen Grenze der subalpinen Stufe verwendet wird (vgl. z.B. P.K. HAGER, 1916; W. NÄGELI, 1969). Des weiteren treten in der oberen subalpinen Stufe an feuchten Stellen sehr häufig Grünerlenbestände (*Alnetum viridis*) auf. Die *alpine Stufe* ab etwa 2000 m ist schliesslich das Gebiet der alpinen Rasen (untere Lagen v.a. Borstgras-Weiden, höhere Lagen ab etwa 2200 m Krummseggenrasen).

### 3. Das Profil Hinterchamm

Im Hinblick auf die in den Kapiteln 4 und 5 gemachten Ausführungen über postglaziale Baum- und Waldgrenzschwankungen im südlichen Walenseegebiet soll nun vorerst das diesen Aussagen als Grundlage

dienende Pollendiagramm Hinterchamm genauer vorgestellt werden.

#### 3.1 Lage der Bohrstelle und Stratigraphie

Das im hinteren Murgtal an der östlichen Talflanke gelegene Moor Hinterchamm (2135 m) liegt auf einem Hochplateau, das sich von 2100–2200 m erstreckt. Auf dieser Hochebene befinden sich eine grosse Anzahl kleinerer Seen und Tümpel, von denen ein heute vollständig verlandeter kleiner ehemaliger See als Bohrstelle ausgewählt wurde. Der geschlossene Fichtenwald (*Piceetum subalpinum*) reicht auf der östlichen Murgtalseite bis maximal 1800 m. Er ist in einzelne Waldpartien unterteilt und wird an gut zugänglichen Stellen immer wieder von Alpweiden unterbrochen. Bis zur natürlichen Baumgrenze auf durchschnittlich 2050 m treten an unwegsamen und deshalb nicht oder nur extensiv beweideten Stellen einige Fichten und Arven auf, so z.B. auch am Goldichopf (2077 m), der sich knapp unterhalb des Hochplateaus Hinterchamm befindet.

Die Moorvegetation des heute vollständig verlandeten ehemaligen Hinterchammsees wird hauptsächlich von Braunseggenriedern (*Caricetum fuscae*) gebildet.

Die Moorsedimente bestehen im unteren Teil von 305–183 cm aus Ton und Tongyttia mit einer Sandeinschwemmung in 183–169 cm, darüber tritt v.a. Braunmoostorf in Wechsellagerung mit Detritusgyttia auf. Zu erwähnen sind ausserdem kleine Holzreste in 164 cm, 192 cm, 196 cm und 211 cm (vgl. auch Abb. 2).

#### 3.2 Diagramm-Abschnitte (DA = Biozonen und postglaziale Vegetationsentwicklung (vgl. Abb. 2: Pollendiagramm))

DA

- 1 *Artemisia*-reiche *Pinus sylv./mugo* – *Pinus cembra* – Phase mit ersten wärmeliebenden Holzarten (*Ulmus* und *Corylus*) am Ende des Abschnitts (Anfang - Mitte Präboreal)

- 2a NBP<sup>1</sup>-arme *Pinus sylv./mugo* – EMW<sup>2</sup> (*Ulmus*) – *Corylus* – *Pinus cembra* – Phase (Ende Präboreal – Mitte Boreal)
- 2b *Corylus* – EMW (*Ulmus*) – *Pinus sylv./mugo* – *Pinus cembra* – Phase mit Beginn der geschlossenen Kurve von *Abies* (Mitte – Ende Boreal)
- 2c EMW (*Ulmus*) – *Pinus sylv./mugo* – *Corylus* – *Pinus cembra* – *Betula* – Phase mit Beginn der geschlossenen Kurve von *Picea* (Ende Boreal – Anfang Älteres Atlantikum)
- 3 *Abies* – EMW (*Ulmus*) – *Pinus sylv./mugo* – *Picea* – *Pinus cembra* – Phase mit Beginn der geschlossenen Kurven von *Alnus viridis* und von *Fagus* (Anfang – Mitte Älteres Atlantikum)
- 4 NBP (Hochstauden, Poaceae und Rasenarten)-reiche *Picea* – *Abies* – *Alnus glut./inc.* – *Alnus viridis* – Phase mit *Fagus*-Anstieg (Mitte – Ende Älteres Atlantikum)
- 5 *Picea* – *Abies* – *Alnus glut./inc.* – *Alnus viridis* – Phase mit mässigen NBP- und steigenden Cyperaceae-Werten (Jüngerer Atlantikum – Mitte Subboreal)
- 6a NBP-arme *Picea* – *Abies* – *Alnus viridis* – Phase (Ende Subboreal)
- 6b Etwas NBP (Rasenarten und Cyperaceae)-reichere *Picea* – *Abies* – *Alnus viridis* – *Alnus glut./inc.* – Phase mit abnehmenden *Abies*-Werten und Kurvenbeginn von *Juglans* und *Castanea* (Älteres Subatlantikum)
- 7 Kulturzeiger- und Cyperaceae-reiche *Picea* – *Pinus sylv./mugo* – *Alnus viridis* – Phase mit *Fagus*-Rückgang (Jüngerer Subatlantikum)

<sup>1</sup> NBP = Nichtbaumpollen<sup>2</sup> EMW = Eichenmischwald

Die postglaziale Vegetationsentwicklung im Walenseegebiet verlief somit von einer Föhren-Zeit (Anfang – Mitte Präboreal), über eine Hasel/EMW-Zeit (Ende Präboreal – Anfang Älteres Atlantikum), eine Tannen-Zeit (Anfang – Mitte Älteres Atlantikum) und eine Fichten/Tannen-Zeit (Ende Älteres Atlantikum – Ende Älteres Subatlantikum) zu einer Fichten/Föhren-Zeit (Jüngerer Subatlantikum).

#### 4. Möglichkeiten zum Nachweis von klimatisch bedingten Baum- und Waldgrenzschwankungen

Bevor auf die pollenanalytischen Kriterien zur Bestimmung von Baum- und Waldgrenzschwankungen eingegangen werden soll, müssen vorab einige Begriffe zu den verschiedenen Höhengrenzen des Vorkommens von Holzarten näher erläutert werden. Grundsätzlich kann man zwischen einer *Waldgrenze* (= obere Grenze des geschlossenen Waldes bei einer Baumhöhe von mind. 5 m und einem Kronenschluss von mind. 40%), einer *Baumgrenze* (= obere Grenze von Bäumen  $\geq 3$  m) und einer *Krüppelgrenze* (= Grenze der busch- und krüppelförmigen Bäumchen  $\leq 2$  m) unterscheiden. Die Waldgrenze ihrerseits kann wiederum in eine *rezente* oder *aktuelle* (meist anthropogen bedingte) und eine *potentiell-natürliche* Waldgrenze unterteilt werden. Wie bereits in Kap. 2 erwähnt, ist die heutige Waldgrenze meist durch den Menschen sehr stark heruntergedrückt worden und erreicht nur noch an einigen wenigen unwegsamen und steilen Hängen ihre potentiell-natürliche Höhenlage. Der Höhenbereich zwischen der aktuellen Waldgrenze und der Baumgrenze, welcher durch menschliche Einflüsse oft unnatürlich ausgedehnt erscheint und mehrere 100 Höhenmeter betragen kann, wird mit dem Begriff *Kampfzone des Waldes* oder *Waldgrenz-Ökoton* beschrieben. Wie Untersuchungen an den wenigen Stellen im südli-

chen Walenseegebiet zeigen, wo die Waldgrenze noch als mehr oder weniger natürlich angesehen werden kann, differieren die Grenze des geschlossenen Waldes und die Baumgrenze nur maximal um etwa 50 Höhenmeter. In dieser vom Menschen unbeeinflussten, also als natürlich anzusehenden Kampfzone werden die waldgrenzbildenden Bäume Fichte und Arve nach oben hin immer kleiner und lösen sich in immer weiter entfernt stehende Einzelbäume (v.a. Arven) und Baumgruppen (v.a. Fichtenrotten) auf. Im südlichen Walenseegebiet konnte so eine durchschnittliche *potentielle Waldgrenze von etwa 2010 m und eine durchschnittliche Baumgrenze von 2050 m* ermittelt werden (in Südwest-Exposition sind diese Höhen Grenzen je etwa 50 Höhenmeter höher, in Nordost-Exposition etwa 50 Höhenmeter tiefer). Die Feststellung, dass die natürliche Wald- und Baumgrenze nicht zusammenfallen müssen, ist für die späteren Erläuterungen früherer Wald- und Baumgrenzlagen von grosser Bedeutung.

Wald- und Baumgrenzen werden oft zur Rekonstruktion früherer Temperaturschwankungen herangezogen. Dies deshalb, weil es sich bei der natürlichen Wald- und Baumgrenze im wesentlichen um Wärmemangelgrenzen handelt (zu tiefe Temperaturen während der Vegetationszeit führen im folgenden Frühjahr zu Frost-trocknisschäden). Allerdings können auch viele weitere Faktoren die Wald- und Baumgrenze bedingen (vgl. z.B. W. TRANQUILLINI, 1979). Deshalb ist es nur unter Vorbehalt möglich, auf Grund von früheren Wald- und Baumgrenzlagen auf durchschnittliche Sommertemperaturen zu schliessen.

Um nun Pollendiagramme zur Ermittlung von früheren Baum- und Waldgrenzschwankungen heranziehen zu können, müssen sich die untersuchten Profile im potentiellen Waldgrenzbereich befinden. Das heute in der unteren alpinen Stufe gelegene Moor Hinterchamm erfüllt diese

Bedingung, da es sich, wie aus der palynologischen Auswertung hervorgeht, an der Obergrenze der maximalen postglazialen Waldausbreitung befindet. Zur Ermittlung früherer Wald- und Baumgrenzlagen mit Hilfe von Pollen- und Makrorestuntersuchungen können folgende Kriterien herangezogen werden (in der Reihenfolge ihrer paläoökologischen Aussagekraft):

1. Funde von *Makrofossilien* (Holz, Früchte, Samen, Nadeln) und *Stomata* der waldgrenzbildenden Koniferen. Beim Auffinden solcher Grobreste kann auf die Anwesenheit der betreffenden Bäume in der *unmittelbaren* Umgebung des untersuchten Moores geschlossen werden (vgl. z.B. B. AMMANN und L. WICK, 1993). Ob diese Bäume jedoch nur als Einzelexemplare und Baumgruppen oder als geschlossene Wälder das betreffende Moor umsäumten, kann möglicherweise durch die Häufigkeit des Auffindens solcher Grobreste entschieden werden. Oft ist es aber schwierig, Angaben über die Walddichte zu machen. Da beim Moor Hinterchamm nur wenig Holz und Stomata gefunden werden konnten, ist es wahrscheinlich, dass sich das Moor auch während den postglazialen Klimagunstphasen nur im Baumgrenz-Bereich befunden hat. Da es im weiteren nicht sicher ist, ob und wie weit die natürliche Wald- und Baumgrenze in der Vergangenheit in ihren Höhenobergrenzen auseinanderlagen, kann durch die Anwendung des Kriteriums Makrofossilien und Stomata nur die Höhenlage der *Baumgrenze* ermittelt werden. Deshalb werden in Abb. 3 auch nur Baumgrenz-Schwankungen wiedergegeben.

2. Das *Verhältnis zwischen Baumpollen (BP) und Nichtbaumpollen (NBP)*. Es wird dabei von der Hypothese ausgegangen, dass der NBP-Anteil an der Waldgrenze und in den darüber anschliessenden alpinen Rasen am höchsten ist und nach unten (dichte Wälder) sowie in grösseren Höhenlagen abnimmt (erhöhter Fernfluganteil bei geringer lokaler Pollenproduktion ab



der oberen alpinen Stufe, vgl. M. WELTEN, 1950 oder M. KÜTTEL, 1979). Auf Grund dieser Annahme haben verschiedene Autoren einen *«kritischen» NBP-Wert für die Waldgrenzlage* ermittelt. Dieser betrug bei L. AARIO (1944) in Skandinavien rund 30%. Etwas höhere NBP-Anteile für die Waldgrenze (45–55%) erhielt C.A. BURGA (1984) bei der Untersuchung der aktuellen Vegetation und des Pollengehaltes von Oberflächenproben am Bernhardin-Pass. Für den Zeitpunkt der Wiederbewaldung des Bernhardin-Passgebietes erhielt C.A. BURGA nach verschiedenen Pollenanalysen NBP-Werte zwischen 25% und 35%. Nur schon auf Grund dieser zwei Beispiele dürfte klar werden, dass allgemeingültige Angaben über Schwellen-

werte des NBP-Prozentsatzes für die Waldgrenzlage nur sehr bedingt möglich und nur regional gültig sind. Auf jeden Fall ist die Vegetationszusammensetzung in der Umgebung eines waldgrenznahen Moores für den durchschnittlichen NBP-Anteil entscheidend. Dazu ist immer zu bedenken, dass verschiedene botanische Taxa unterschiedlich viel Pollen produzieren und ihre Pollen auch unterschiedliche Verbreitungsmöglichkeiten besitzen. Erst wenn solche Überlegungen mitberücksichtigt werden, kann ein einigermaßen verlässlicher regionaler *«kritischer» NBP-Schwellenwert* für die Waldgrenze angegeben werden.

Beim Pollendiagramm Hinterchamm zeichnet sich der ältere Teil des Profils bis

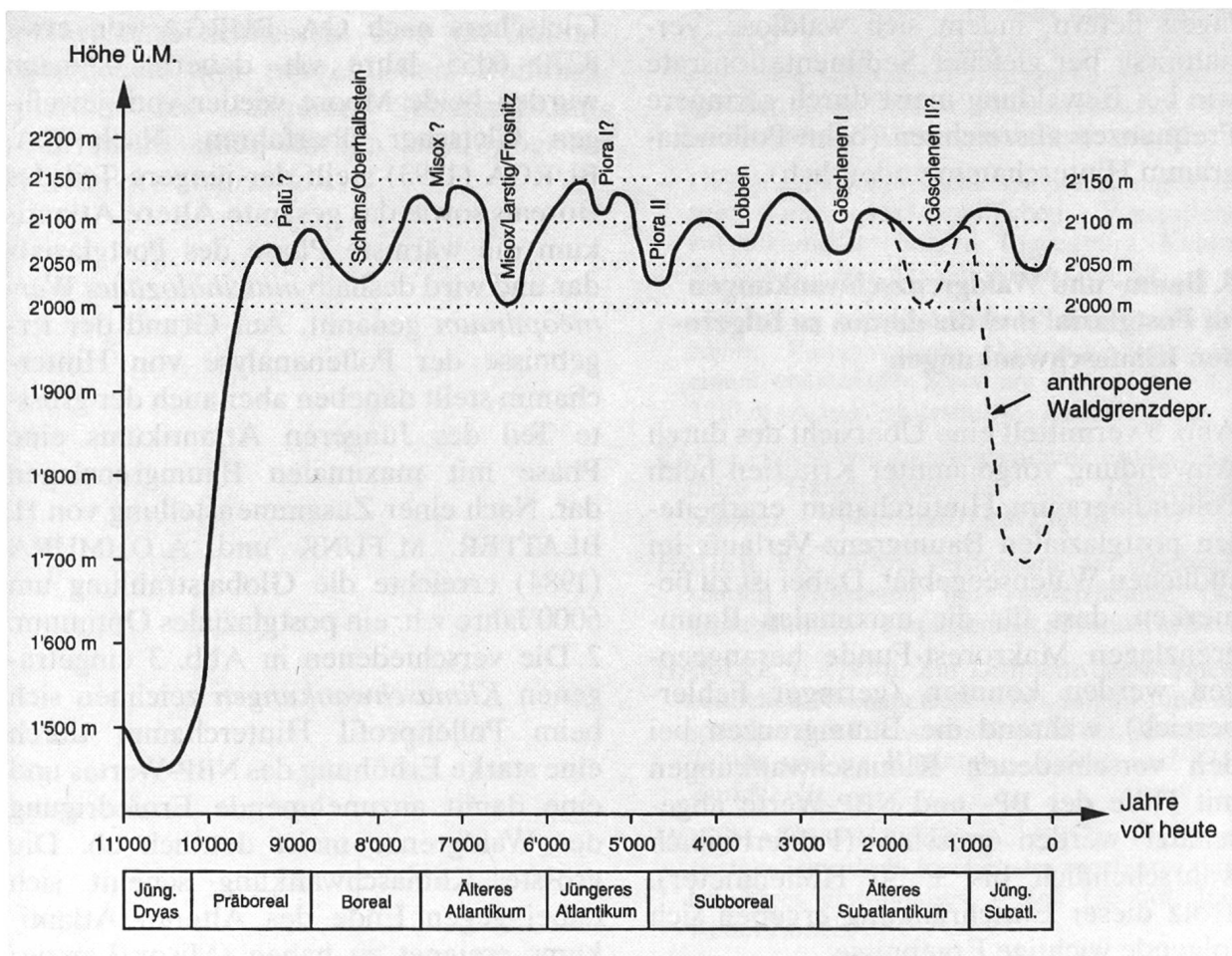


Abb. 3: Nacheiszeitliche Entwicklung der Baumgrenze im südlichen Walenseegebiet aufgrund des Pollendiagramms Hinterchamm bei einer heutigen natürlichen Baumgrenze von durchschnittlich 2050 m.

zur Einwanderung der Tanne, Fichte und Grünerle durch deutlich tiefere NBP-Anteile aus. Dies könnte durch die bedeutend höhere Pollenproduktion der im frühen Postglazial nahe der Waldgrenze dominierenden Haseln und Föhren gegenüber den später einwandernden Tannen, Fichten und Grünerlen bedingt sein. Bei gleicher Waldgrenzlage würde der NBP-Prozentanteil so bis zum Älteren Atlantikum infolge grösseren BP-Nah- und Fernfluges niedriger ausfallen als danach. Auf jeden Fall erscheinen die NBP-Werte beim Pollendiagramm Hinterchamm (oft unter 10%, meist unter 15%) im Vergleich zu den <kritischen> NBP-Werten für die Waldgrenzlage von L. AARIO (30%) und C.A. BURGA (25–35%) sehr niedrig!

3. Auch die *absolute Pollenfrequenz* kann weitere Hinweise für frühere Waldgrenzlagen liefern, indem sich waldlose Verhältnisse bei gleicher Sedimentationsrate wie bei Bewaldung meist durch geringere Frequenzen auszeichnen (beim Pollendiagramm Hinterchamm undeutlich).

### 5. Baum- und Waldgrenzschwankungen im Postglazial und die daraus zu folgenden Klimaschwankungen

Abb. 3 vermittelt eine Übersicht des durch Anwendung vorgenannter Kriterien beim Pollendiagramm Hinterchamm erarbeiteten postglazialen Baumgrenz-Verlaufs im südlichen Walenseegebiet. Dabei ist zu bemerken, dass für die maximalen Baumgrenzlagen Makrorest-Funde herangezogen werden konnten (geringer Fehlerbereich), während die Baumgrenzen bei den verschiedenen Klimaschwankungen mit Hilfe der BP- und NBP-Werte abgeschätzt werden mussten (Fehlerbereich wahrscheinlich bis  $\pm 50$  Höhenmeter). Trotz dieser Einschränkung ergeben sich folgende wichtige Ergebnisse:

1. Die Baumgrenze erreichte zwischen etwa 7700–6800 Jahre v.h. und 6000–5000

Jahre v.h. ihre *maximale postglaziale Höhenlage* von mindestens 2140 m (Holz- und Stomatafunde!). Bei einer heutigen durchschnittlichen Baumgrenze von rund 2050 m ergibt sich somit eine maximale nacheiszeitliche Erhöhung derselben von beinahe 100 m. Dies dürfte einer Zunahme der mittleren Sommertemperaturen von etwas mehr als  $0,5^{\circ}\text{C}$  entsprechen.

Am Gauli-Gletscher im Berner Oberland (H. WÄSPI, 1993) und am Rutor-Gletscher im Aostatal (C.A. BURGA, 1993) zeichnet sich die erste der oben erwähnten Waldgrenz-Maximalphasen je durch einen Rückzug des Gletschers und durch Torfablagerungen im früheren Gletschervorfeld aus. Mit  $^{14}\text{C}$ -Datierungen konnte H. WÄSPI für die Torfbildung eine Zeitspanne von 8040–6710 Jahre v.h. ermitteln, während der Rückzug des Rutor-Gletschers nach C.A. BURGA von etwa 8270–6055 Jahre v.h. dauerte. Danach wurden beide Moore wieder vom jeweiligen Gletscher überfahren. Nach C.A. BURGA (1993) stellt der jüngere Teil des Boreals sowie das gesamte Ältere Atlantikum die wärmste Phase des Postglazials dar und wird deshalb *mittelholozänes Wärmeoptimum* genannt. Auf Grund der Ergebnisse der Pollenanalyse von Hinterchamm stellt daneben aber auch der grösste Teil des Jüngeren Atlantikums eine Phase mit maximalen Baumgrenzlagen dar. Nach einer Zusammenstellung von H. BLATTER, M. FUNK und A. OHMURA (1984) erreichte die Globalstrahlung um 6000 Jahre v.h. ein postglaziales Optimum.

2. Die verschiedenen in Abb. 3 eingetragenen *Klimaschwankungen* zeichnen sich beim Pollenprofil Hinterchamm durch eine starke Erhöhung des NBP-Wertes und eine damit anzunehmende Erniedrigung der Waldgrenze meist deutlich ab. Die grösste Klimaschwankung scheint sich dabei gegen Ende des Älteren Atlantikums ereignen zu haben (Misox/Larstig/Frosnitz-Schwankung), da hier neben maximalen NBP-Werten um 40% auch eine

anorganische Einschwemmung festgestellt werden konnte. Allerdings scheint die Baumgrenze auch damals kaum bedeutend unter 2000 m gesunken zu sein, da auf der Mürtschenalp in 1850 m gleichzeitig nur eine geringe Waldauflockerung auszumachen war.

3. Seit Beginn des Älteren Subatlantikums ist zudem mit einem verstärkten *anthropogenen Einfluss* auf die Waldgrenzlage zu rechnen (vgl. gestrichelte Linie in Abb. 3). Umfangreichere Rodungen scheinen aber erst während der Römerzeit die unmittelbare Moorumgebung von Hinterchamm erreicht zu haben. Der Wald konnte sich am Ende des Älteren Subatlantikums (Völkerwanderungszeit) auf Grund geringer NBP-Werte von knapp über 10% im Hinterchamm-Gebiet anschliessend wieder bis zur potentiellen Obergrenze schliessen. Erst die mittelalterlichen und neuzeitlichen Rodungsphasen des Jüngeren Subatlantikums führten zu einer starken *anthropogenen Waldgrenz-Depression*.

## Literaturverzeichnis

- AARIO, L. (1944): Über die pollenanalytischen Methoden zur Untersuchung von Waldgrenzen. – Geol. Fören. Förh., 66/3.
- AMMANN, B. & WICK, L. (1993): Analysis of fossil stomata of conifers as indicators of the alpine tree line fluctuations during the Holocene. In: FRENZEL, B. (ed.): Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene. – Paläoklimaforschung, 9.
- BLATTER, H., FUNK, M. & OHMURA, A. (1984): Atlas of Solar Climate for the period from 200 000 B.P. to 20 000 years A.P. – Zürcher Geogr. Schriften, 10.
- BURGA, C.A. (1984): Aktuelle Vegetation und Pollengehalt von Oberflächenproben der obermontanen bis subalpinen Stufe am Bernhardin-Pass (Graubünden/Schweiz). – Jb. natf. Ges. Graubünden, 101.
- (1986): Pollenanalytische Untersuchungen im Moor «Herrenboden» oberhalb Bad Ragaz. In: JORDI, U. (ed.): Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Taminatal und im Rheintalabschnitt zwischen Flims und Feldkirch. – Geographica Bernensia, 27.
- (1991): Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung im oberen Toggenburg, Kanton St.Gallen. – Ber. St.Gall. Natw. Ges., 85.
- (1993): Das mittelholozäne Klimaoptimum Europas: Palynologische Untersuchungen an einem ehemaligen Moor am Rutor-Gletscher, 2510 m (Aosta-Tal, Italien). – Diss. Bot., 196.
- FÄH, J. (1989): Die dreidimensionale Entwicklung eines Hanghochmoores im Toggenburg, Schweiz. – Vjschr. natf. Ges. Zürich, 134/1.
- HAGER, P.K. (1916): Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kt. Graubünden). – Departement des Innern, Bern.
- HANTKE, R. (1970): Zur Diffluenz des würmeiszeitlichen Rheingletschers bei Sargans und die spätglazialen Gletscherstände in der Walensee-Talung und im Rheintal. – Vjschr. natf. Ges. Zürich, 115.
- HOFFMANN-GROBÉTY, A. (1957): Évolution postglaciaire de la forêt et des tourbières dans les Alpes glaronnaises. – Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 24.
- (1968): Étude palynologique et stratigraphique des tourbières dans les cantons de St-Gall et Glaris. – Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 38.

- KÜTTEL, M. (1979): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte und zum Gletscherrückzug in den westlichen Schweizer Alpen. – Ber. Schweiz. Bot. Ges., 89.
- NÄGELI, W. (1969): Waldgrenze und Kampfzone in den Alpen. – HESPA, 19/1.
- OBERHOLZER, J. (1933): Geologie der Glarneralpen. Textband und Atlas. – A. Francke AG., Bern.
- PERRET, R. (1993): Klima- und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im südlichen Walenseegebiet (St.Gallen/Glarus). – Unpubl. Dipl.-Arb. Geogr. Inst. Univ. Zürich.
- TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological ecology of the alpine timberline. Tree existence at high altitudes with special reference to the European Alps. – Ecological Studies, 31.
- WÄSPI, H. (1993): Zur Glazialmorphologie und Gletschergeschichte des Gauli (Grimselgebiet, Kt. Bern). – Unpubl. Dipl.-Arb. Geogr. Inst. Univ. Zürich.
- WEGMÜLLER, H.P. (1976): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Thuralpen und im Fanengebiet (Kantone Appenzell, St.Gallen, Graubünden/Schweiz). – Bot. Jb. Syst., 97/2.
- WELTEN, M. (1950): Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. – Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 17.