

Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Seetaler See (Salzburg, Lungau)

Von Ursula BROSCH¹
Mit 3 Tabellen und 8 Abbildungen

Angenommen am 13. September 2000

Summary: Late Glacial and Holocene vegetation history of Lake Seetal (Salzburg, Austria) as reconstructed by pollen analysis. – Palynological investigations in Lake Seetal (1225 m a.s.l., Lungau basin, Central Alps of Austria) improved by 4 conventional radiocarbon-datings allowed the reconstruction of the lake development and the vegetation history of its surroundings. Lake Seetal was formed during the Late Glacial. The development of the heliophilous pioneer vegetation started at 15.540 ± 300 BP with *Artemisia*, *Helianthemum*, *Betula nana*. From Bölling (I b,c; Biozones according to FIRBAS 1949) to Alleröd (II) a succession from dwarf-shrub vegetation to reforestation with *Pinus* and *Betula* took place. Due to the climatic deterioration during the Younger Dryas (III), the spreading of *Pinus cembra* was favoured in the montane valleys and a new increase of *Betula nana* is observed.

The vegetation development of the Holocene follows the typical Eastern Central Alps-succession: after the increase of *Pinus* during the Preboreal (IV) *Picea* spread rapidly during the Boreal (V) and was dominating throughout the Atlantic (VI,VII) up to historic times. The spreading of *Abies* and *Fagus* was favoured by the Subboreal (VIII) climatic conditions, most probably upto the surroundings of Lake Seetal. Human impact can be observed at Lake Seetal since the Bronze Age. *Rumex*, *Plantago*, *Juniperus* and Ericaceae are indicators of forest clearing and pasture. Since the Older Subatlantic (IX) a strong decline of *Picea* is evident. During the same period the spreading of *Larix* as pioneer on eroded soils took place.

The uppermost section of the diagram is characterized by a high sedimentation rate due to a high soil erosion caused by the forest clearances and devastations of the 15th/16th century. Since then forestry rules and afforestation led to an increase of *Picea*.

Zusammenfassung: Anhand eines Bohrprofils aus dem Seetaler See (1225 m, Zentralalpen, Lungau) konnte durch pollenanalytische Untersuchungen und 4 konventionelle ¹⁴C-Datierungen die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Untersuchungsgebietes rekonstruiert werden.

Die Vegetationsentwicklung setzte in der Ältesten Dryas (Ia; Biozonen nach FIRBAS 1949) um 15.540 ± 300 BP mit *Artemisia*, *Helianthemum* und *Betula nana* ein. Die Wiederbewaldung begann im Bölling (Ib,c,) mit einer Strauchphase (*Juniperus*, *Salix*, *Hippophae*) und führte im Alleröd (II) zu offenen *Pinus-Betula*-Wäldern. Durch den Klimarückschlag der Jüngeren Dryas (III) konnten sich *Pinus cembra* und erneut *Betula nana* ausbreiten. Die regionale Waldentwicklung im Holozän entspricht in wesentlichen Zügen dem ostalpinen Typus der inneren Nadelwaldzone. Die im Präboreals (IV) dominierende Kiefer wurde im Boreal (V) von *Picea* abgelöst, welche seitdem das Vegetationsbild der subalpinen Höhenstufe prägt und auch in der Montanstufe des Zentralalpenraumes vorherrscht. Zu Beginn des Subboreals (VIII) drangen *Fagus* und *Abies* vom östlichen Alpenrand bis in inneralpine Täler – vermutlich bis in die Umgebung des Seetaler Sees – vor. Anthropogene Einflüsse zeichnen sich seit der Bronzezeit durch *Rumex*, *Plantago*, *Juniperus* und Ericaceen als Indikatoren für Waldauflichtung und Weidebetrieb ab. Die starke Auflichtung des Fichtenwaldes seit dem Älteren Subatlantikum (IX) förderte vor allem *Larix* als Rohbodenpionier und Lichtholzart. Die letzte Phase der Vegetationsentwicklung am Seetaler See ist durch hohe Sedimentationsraten als Folge starker Bodenerosion im Zuge der großen Rodungsaktivitäten und Waldverwüstungen des 15. bis 16. Jh. gekennzeichnet. Waldordnungen und Wiederaufforstungen führten zu einer Zunahme von *Picea*.

¹ Mag. Dr. Ursula BROSCHE, Institut für Botanik der Universität Graz, Holteigasse 6, A-8010 Graz, ursula.brosch@kfunigraz.ac.at

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist Teil einer Dissertation, die am Institut für Botanik der Karl Franzens Universität Graz durchgeführt wurde (BROSCH 1998).

Mit den bereits vorliegenden Untersuchungen aus dem Lungau sind nicht alle Höhenstufen abgedeckt, oder die Profile umfaßten nicht alle Zeitepochen (BORTENSCHLAGER 1967, KRISAI 1970, SCHULTZE 1974).

Aufgrund ihrer Entstehung im Talboden versprachen die Ablagerungen des Seetaler Sees die Möglichkeit einer kompletten Rekonstruktion der Vegetations- und Klimageschichte seit dem Ende der letzten Eiszeit. Außerdem hofften wir den Eisrückzug bzw. das Einsetzen der spätglazialen Vegetationsentwicklung datieren zu können. Das Ziel dieser Arbeit war daher, die bisherigen Kenntnisse zu ergänzen. Während der Untersuchungen wurden aus mehreren Mooren im Lungau neue Ergebnisse mit ^{14}C -Datierungen publiziert (KRISAI 1991a), sodaß versucht werden konnte, den Verlauf der Vegetationsentwicklung für diesen Raum zu rekonstruieren (vgl. Tab. 1 und Fig. 1).

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Geographische Lage

Der Seetaler See ($47^{\circ}9'N/13^{\circ}56'30''E$) liegt im Lungau (Polit. Bezirk Tamsweg, Salzburg, Fig. 1, Lokalität Nr. 11).

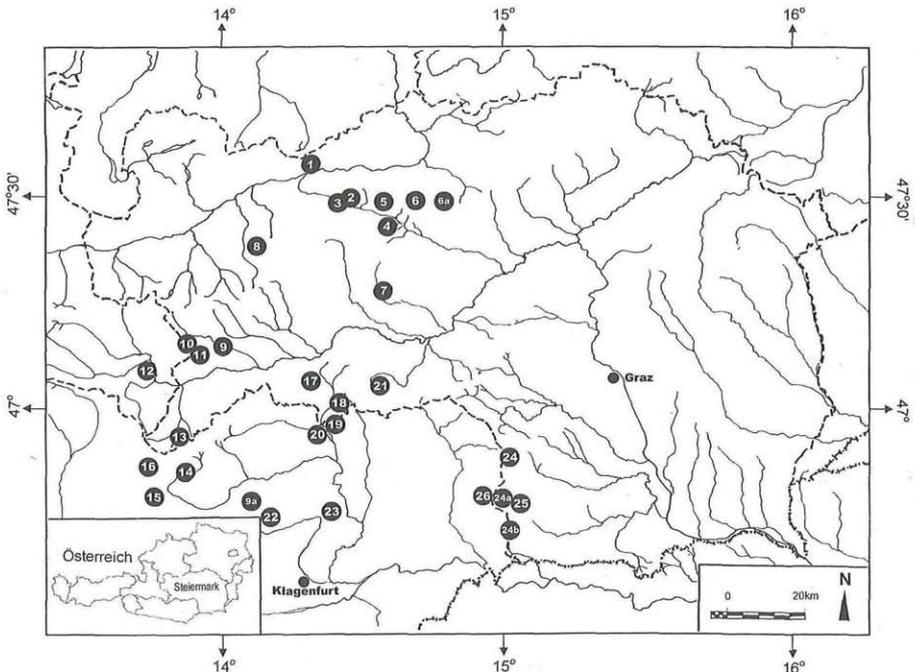


Fig. 1: Topographische Lage der für die Interpretation des Profils Seetaler See wichtigen Vergleichslokalitäten. Nummern und genauere Angaben siehe Tab. 1.

Map of investigated sites important for the interpretation of the Lake Seetal profile. Numbers and detailed data see Tab. 1. Abbreviations: S: Late-Glazial, P: Post-Glazial.

Tab. 1: Liste der für die Interpretation des Profiles Seetaler See wichtigen Vergleichslokalitäten.
List of investigated sites important for the interpretation of the Seetal Lake profile.

Nr.	Lokalität und Autoren	Höhe (m nN)	ÖK (1:50.000) Nr.	Koordinaten nL/nB	FIBRAS- Zonen	Anzahl der ¹⁴ C- Daten S: Spätglazial P: Postglazial
1	Pürgschachener Moor (KRAL 1979, KRAL & MAYER 1979)	600	99	14°21'47°35'	IV-X	
2	Aubrucker Moos/Trieben (KRAL 1982)	690	130	14°30'14"/147°29'21"	VI-X	2 P
3	Schobermoos (KRAL 1993)	1490	130	14°29'13"/147°29'47"	VIII-Xb,c	
4	Walder Moor/Schoberpass (KRAL 1982)	845	131	14°39'47"/147°27'08"	VII-X	
5	Griesangermoos (KRAL 1993)	870	100	14°37'47°31'50"	VIII-Xb,c	
6	Neuburgsattel, Schröckalm, 6a Halsbach (MARSHALL 1994)	1439 1340 1060	100 100 100	14°41'47°31'40" 14°40'12"/147°31'45" 14°49'47°31'17"	IX-X IX/X-X X	6 P 3 P
7	Pichlermoos/Gaal (KRAL 1993)	1155	131	14°35'45"/147°17'	VIII-Xb,c	
8	Plannersee (BROSCH 1998)	1780	129	14°12'38"/147°24'38"	VII-X	3 P
9	Etrach (SCHULTZE 1974)	1280	158	14°1'47°11'07"	I-V	
9a	Goggausee (SCHULTZE 1974, 1975)	770	185	14°9'44'48"	I-V	
10	Seetaler See, Große Kohlstatt, Überlingalm (KRISAI 1970) Fuchsschwanzmoos, Überlingmoor, Dürrenecksee (KRISAI 1991b)	1225 1350 1700 1680 1750 1700	158 158 158 158 158 158	13°56'30"/147°9' 13°56'30"/147°8'44" 13°54'47°10'20" 13°54'20"/147°7'25" 13°54'47°10'20" 13°56'47°10'	V-X IV-X IV-VIII IV-X I-X IV-X	4 P 1 S, 4 P 4 P
11	Seetaler See (BROSCH 1998)	1225	158	13°56'30"/147°9'	I-X	1 S, 3 P
12	Seemoos (BORTENSCHLAGER 1967)	1700	157	13°47'47°5'	I-X	2 P
13	Turracher Alpe, Turrach/Schwarzsee (KRAL 1974)	1765 1841	184 184	13°52'46°55'25" 13°53'47°55'14"	IX-X IX-X	1 P
14	Autertal (FRITZ 1964)	1460	184	13°55'46°52'	IV-X	
15	Kleinkirchheim (ZWANDER 1979)	1087	183	13°48'48"/146°48'48"	II-VI	2 P
16	Kohrnock I,II (FRITZ 1967b)	2015	184	13°51'27"/146°54'42"	IV-IX	
17	Dürnberger Moos I,II (SCHULTZE 1976)	990	160	14°21'47°6'	I-X	1 S, 1 P
18	Aicher Moor (SCHLATTE 1965)	998	160	14°29'47°01'45"	IV-X	
19	Kohltrattenmoor (DRESCHER- SCHNEIDER, unpubl.)	880	160	14°25'17"/147°02'34"	I-X	2 S, 3 P
20	Hörfeld (POSCH 1995)	920	160	14°31'47°00'	I-X	1 S, 2 P
21	Winterleitensee (ZUKRIGL 1975)	1850	160	14°34'47°5'30"	VI-X	2 P
22	Dobramoos (BORTENSCHLAGER 1966)	902	185	14°12'46°46'	I-X	2 S, 4 P
23	Längsee (SCHMIDT & al. 1998)	540	186	14°25'30"/146°47'20"	I-X	4 S, 4 P
24	See-Eben,	1440	188	15°1'46°54'	VI-X	1 P
24a	See-Kar,	1700	188	14°58'20"/146°48'17"	IX-X	1 P
24b	Laaken, Freiländer Filzmoos (SCHREINER 1978, KRAL & SCHREINER 1985)	900 1460	206 188	15°5'33"/146°39'27" 15°4'46°39'50"	VI-X IX-X	
25	Garanas-Moor (HOLZNER 1976)	1300	189	15°5'39"/146°46'25"	VII/VIII-X	1 P
26	Beim stillen Wasser (KRAL & SCHREINER 1985)	1545	188	14°58'46°48'42"	V?-X	

Die Beckenlandschaft des Lungau befindet sich am östlichen Rand der Zentralalpen und wird im NW durch Radstädter und Schladminger Tauern, im SW durch die Hohen Tauern und im S durch die nördlichen Anteile der Gurktaler Alpen umschlossen. Das Becken mit seinem Talbodeniveau in etwa 1000 m öffnet sich nach E gegen das Murtal entlang der Tallinie Tamsweg-Oberwölz.

Der Ort Seetal liegt in der Nähe der Landesgrenze Salzburg/Steiermark an der Wasserscheide zwischen dem nach W in Richtung Tamsweg abfließenden Leißnitzbach und dem nach E strömenden Seetaler Bach. (Fig. 2).

Der Seetaler See befindet sich zwischen dem Ortsteil Seetal – „In der Stadt“ und dem Dorf Schwarzenbichl auf 1225 m Höhe. Der See und die im Norden, Süden und Westen angrenzenden Schwingrasen umfassen insgesamt eine Fläche von etwa 20 ha (SCHREIBER 1913), wovon der Anteil an offener Seefläche ca. 3 ha beträgt (KRISAI 1966). Die Tiefe des Sees beträgt ca. 6–8 m.

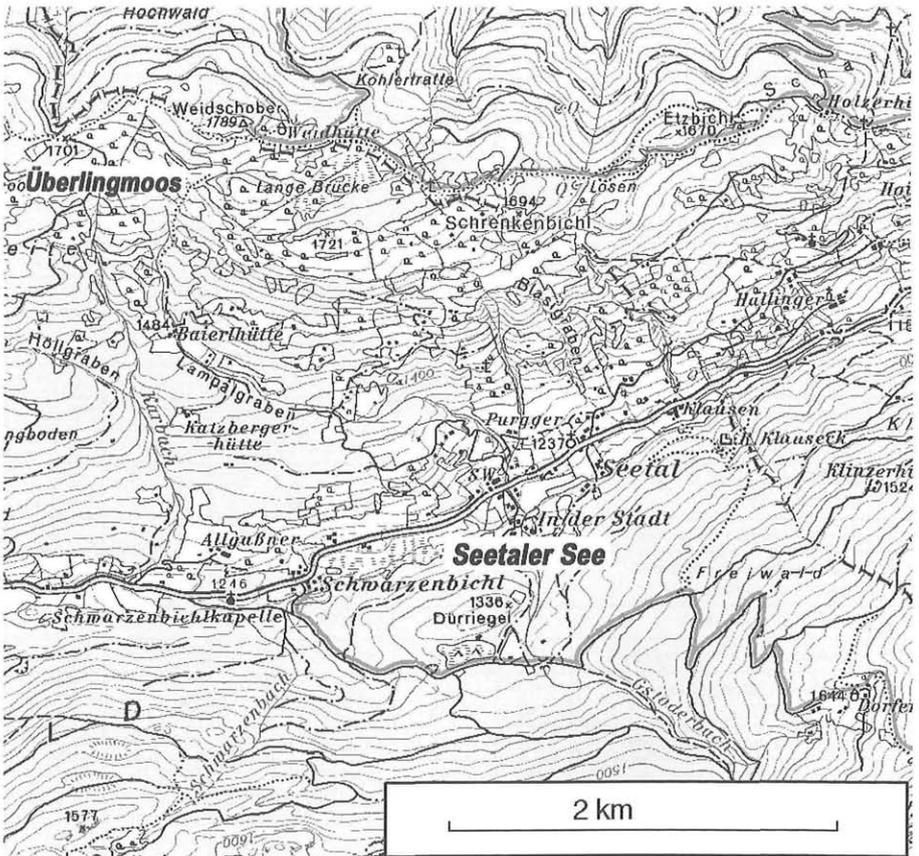


Fig. 2: Topographische Karte zur Lage des Seetaler Sees und Umgebung. (Bundesamt f. Eich- u. Vermessungswesen, Wien 1999 – Österreichische Karte 1:50.000).
Topographical map of Lake Seetal and surroundings. (Bundesamt f. Eich- u. Vermessungswesen, Wien 1999 – Österreichische Karte 1:50.000).

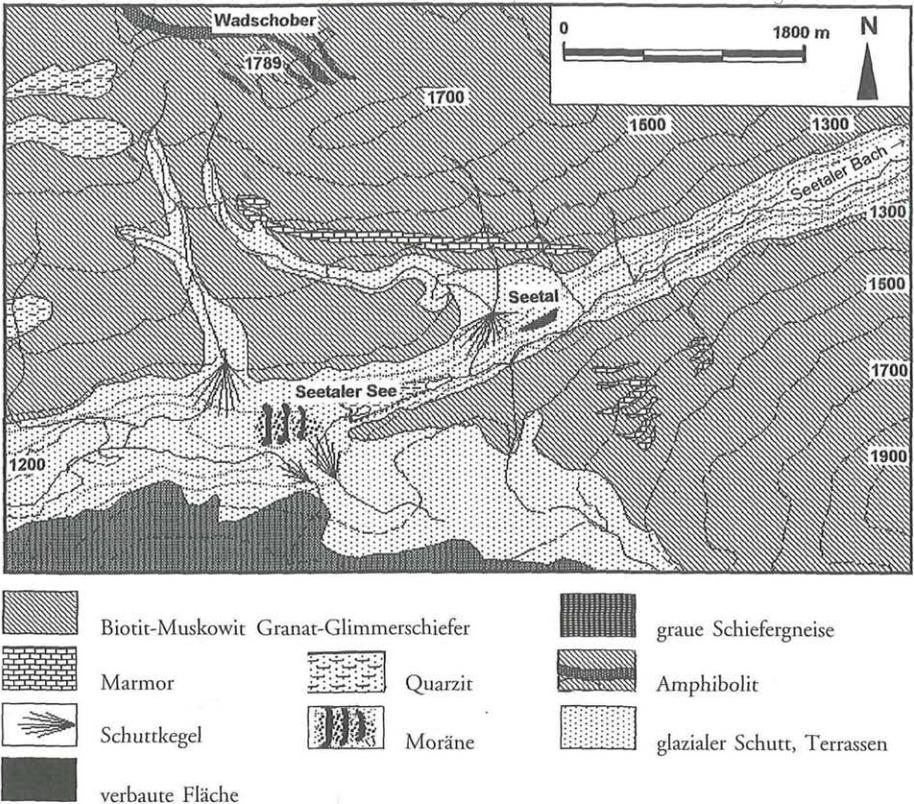


Fig. 3: Geologische Verhältnisse am Seetaler See. (nach THURNER 1958, Geol. Karte d. Republik Österreich, Bl. 158 u. 159).
 Geological situation around Lake Seetal (after THURNER 1958, Geol. Karte d. Republik Österreich, Bl. 158 u. 159).

2.2 Geologische Verhältnisse

Der zentrale Teil des Lungau ist als inneralpines Becken mit jungtertiärer Sedimentfüllung aus Konglomeraten, Sandsteinen, Mergeln und kohligem Schiefer ausgebaut (MUTSCHLECHNER 1967). Den Unterbau bildet als dominierende geologische Einheit die Gruppe der Wölzer Granat-Glimmerschiefer.

Die nördliche Begrenzung des Talabschnittes Sauerfeld–Seetal–Seebach wird vom WE verlaufenden Kamm des Wadschober (= Weidschober, 1789 m) gebildet, der als ein durch eine Störung abgetrenntes Teilstück der südlichen Niederen Tauern angesehen wird. Die Gesteinszusammensetzung des Wadschoberzuges ist vom „Wölzer Typus“ mit Biotit-Muskowit-Granatglimmerschiefern, die häufig quarzitische Lagen enthalten und teilweise von Marmor- und Amphibolitbändern durchzogen werden.

Die südliche Talseite wird vom Sauerfelder Wald (Abhänge des Lasaberger, 1934 m) und Gstoder Wald (Abhänge des Gstoder, 2140 m) begleitet. Beide Gebiete sind aus Wölzer Granat-Glimmerschiefern aufgebaut, unterscheiden sich aber tektonisch durch unterschiedliches Einfallen ihrer Schichtglieder. Diese bilden eine breite Mulde, deren Kern von grauen Schiefergneisen (Biotitgneisen) eingenommen wird (THURNER 1958, Geol. Karte d. Rep. Österr., Bl. 158 u. 159).

Für den siedlungs- und waldgeschichtlichen Zusammenhang sind die Erzvorkommen des Lungaus erwähnenswert. Die größte Bedeutung hatte die Blei-Silber-Lagerstätte bei Ramingstein (ca. 12 km SW Seetal), wo hauptsächlich Bleiglanz, daneben Zinkblende, Kupfer- und Eisenkies schieferungsparallel in quarzitischen Glimmerschiefern eingelagert sind. Der Haupt-Abbau der Erze erfolgte etwa zwischen Mitte des 15. Jh. und Ende des 16. Jh. und endete an der Wende 18./19. Jh. (THURNER 1958).

2.3 Glazialmorphologie

Während des Hoch-Würm lag der Lungau unter der bis zu 2000 m mächtigen Eisdecke des Murgletschers, zu dessen Hauptnährgebiet die Niederen Tauern zählten. Abflüsse und Verzweigungen dieses Gletschersystems verliefen in E-Richtung durch die Talfurchen von Seebach und Rantenbach sowie durch das Murtal bis etwa auf die Höhe von Judenburg. Verbindungen zum Ennsgletscher bestanden über den Radstädter Tauern-Paß, zum Draugletscher über den Katschbergpaß (SPREITZER 1961). Der Gipfel des Gstoder (2140 m) dürfte aus der Eisdecke herausgeragt haben (PENCK & BRÜCKNER 1909). Eiszerfall und Gletscherrückzug hinterließen im Lungau eine moorreiche Moränenlandschaft, die v.a. auf dem Überling-Plateau als E-W-verlaufende Moortreppen, an den S-Abhängen des Prebers, im Seebach-Tal selber und südlich davon im Sauerfelderwald ausgeprägt ist (vgl. STEINER 1992, KRISAI 1991b).

Neuere Untersuchungen über spätglaziale Gletschervorstöße in diesem Gebiet zeigen, daß im Steinach- und Gschnitzstadium Talvergletscherungen bis in Höhen von 1750 m (Steinach) bzw. 1840 m (Gschnitz, Ia nach van HUSEN 1997) gereicht haben (LIEB 1987, WEINGARTNER 1988). Die jüngeren Gletscherhochstände Daun und Egesen (Ic bzw. III nach van HUSEN 1997) erfaßten nur noch die Karbereiche. Diese Befunde werden durch die bisher vorliegenden pollenanalytischen Untersuchungen aus dem Lungau unterstützt, wonach in Höhenlagen um 1700 m (Großes Überling Schattseit-Moor) bereits im Bölling (Ib; ab 12.900 ± BP) die Wiederbewaldung eingesetzt hat (KRISAI 1991a). Im Profil Seemoos auf 1700 m (BORTENSchLAGER 1967) setzt die Wiederbewaldung im Alleröd (II) ein. Für den möglichen Beginn des Eisrückzuges im Talboden kann das ¹⁴C-Datum 15.540 ± 300 BP vom Seetaler See herangezogen werden; es erscheint in Relation zu den o.a. Daten etwas zu alt, was durch Akkumulation von älterem, in der Obermoräne mitgeführten, organischen Material sowie möglicherweise durch Auswaschung von CO₂ aus den umgebenden Marmorzügen erklärt werden kann. Durch diesen „Hartwassereffekt“ kann das Alter karbonatischer Gytjen im Vergleich zu zeitgleichen Datierungen terrestrischer Makrofossilien um bis zu 1700 Jahren zu hoch liegen (GEYH & al. 1970; OESCHGER & al. 1985; SHOTTON 1972).

2.4 Klimatische Verhältnisse

Das Lungauer Klima weist einige Besonderheiten auf, die es sehr deutlich von Klimaten vergleichbarer Höhenstufen bzw. benachbarter Gebiete abheben. Vergleiche dazu das Klimadiagramm von Tamsweg (Fig. 4).

Die inneralpine Beckenlage südlich des Alpenhauptkammes mit zwei Talöffnungen nach Osten verleiht dem Lungau einen kontinentalen Klimacharakter, der sich durch starke Schwankungen der Temperaturextremwerte im Tages- und Jahresverlauf offenbart. Es herrschen strenge Winter mit Januar-Durchschnittswerten zwischen -4 °C und -6 °C und kühle Sommer mit Juli-Durchschnittswerten zwischen 14 °C und 16 °C. Die durchschnittlichen Niederschlagswerte liegen etwa zwischen 770 mm und 950 mm, wobei v.a. die Wintermonate extrem niederschlagsarm sind (WAKONIGG 1978). Das für

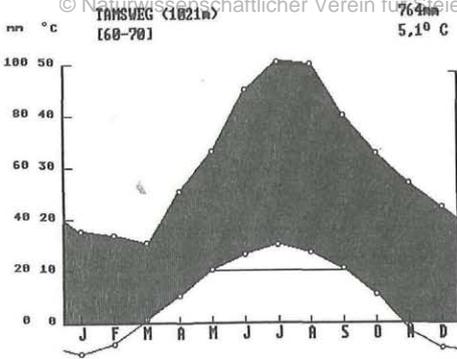


Fig. 4: Klimadiagramm von Tamsweg. (HYDROGRAPHISCHER DIENST. 1953, 1961, 1983). Climatic diagram of Tamsweg. (HYDROGRAPHISCHER DIENST. 1953, 1961, 1983).

Beckenklimate typische Phänomen der Temperaturinversion wird besonders in den Wintermonaten spürbar, wo es am Talboden zur Bildung von Kaltluftseen mit mittleren absoluten Temperaturminima von $-26,6^{\circ}\text{C}$ kommen kann (WAKONIGG 1978). Nach WALTER & LIETH 1964 gehört das Gebiet der temperiert humiden Klimazone mit gebirgsklimatischer Tönung an (Klimatyp VI_X).

Die Hauptwindrichtungen werden im Wesentlichen durch den Verlauf der ins Lungauer Becken einmündenden Täler bestimmt. Vorherrschend sind die von den Tauern herabstreichenden N- und W-Winde, gefolgt von den regenbringenden SW-Winden aus Kärnten. Seltener sind die „steirischen Ostwinde“.

Der Lungau zählt zu den moorreichsten Gegenden des Ostalpenraumes; das günstige Zusammenwirken von Höhenlage, Niederschlag (s.o.) und Verdunstung (KRISAI 1966, WURM 1982) sorgt für einen ausgeglichenen Wasserhaushalt und bietet für das Hochmoorwachstum optimale Voraussetzungen.

Zusätzlich schaffen der kalkarme Untergrund und die große Anzahl glazial entstandener Mulden mit tonig-schluffiger Füllung günstige Bedingungen für die Moorbildung.

2.5 Vegetation

2.5.1 Allgemeines

Der Lungau war schon sehr früh aufgrund seiner klimatischen und orographischen Sonderstellung und der damit verbundenen Eigenart der Vegetation Zielgebiet für zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen.

So dürften die historisch-ethnographisch-statistischen Aufzeichnungen von KÜRSINGER 1853 von seinen Reisen durch den Lungau zu den ältesten zusammenhängenden Schriften über dieses Gebiet gehören. Sie beinhalten einen floristischen Anhang von ZWANZIGER (in KÜRSINGER 1853), der als auffälligste Erscheinung dieser Landschaft den „...vorherrschend düsteren Charakter...“ durch die Dominanz von Fichten, Lärchen und Zirben und den „...fast gänzlichen Mangel von Laubbäumen...“ hervorhebt. Nach VIERHAPPER 1913/14, von dem die bis heute umfassendsten Vegetationsstudien im Lungau stammen, ist der Nadelwald im Lungau die „...ursprüngliche, durch das Klima bedingte Vegetationsformation.“

Auch die Lungauer Moore wurden bereits zu Beginn des 20. Jh. kartiert und teilweise stratigraphisch und floristisch bearbeitet (BERSCH & ZAILER 1902, SCHREIBER 1913, VIERHAPPER 1935). Aktuelle Kartierungen der Moorvegetation stammen von KRISAI 1966, 1986 und SCHIFFER & al. 1991.

Der Lungau gehört nach KILIAN & al. 1994 dem Ostteil der subkontinentalen Innenalpen an (Wuchsgebiet 1.3), das durch montan bis tiefsubalpine lärchenreiche Fichtenwälder und Fichten-Tannenwälder charakterisiert ist. Die inneralpine Beckenlage mit dem ausgeprägt kontinentalen Klimacharakter begünstigt Lärche und Zirbe sowie einige typische subarktisch-subalpine Arten wie *Alnus alnobetula*, *Betula nana*, *Delphinium alpinum*, *Lonicera coerulea*, *Pleurospermum austriacum*, schließt aber die Föhre und v.a. die Buche nahezu aus (TSCHERMAK 1929, VIERHAPPER 1913/14, WITTMANN & al. 1987). Die Lärche hingegen erreicht im Lungau die höchsten Anteile an der Baumartenkombination innerhalb des Landes Salzburg mit einem Bestockungsanteil von durchschnittlich 0,5. Zwischen 1600 m und 1800 m können reine Lärchenbestände mit Anteilen von 0,7 bis 1 auftreten (TSCHERMAK 1935). Die Tanne ist spärlich bis in Höhen von etwa 1500 m vertreten.

Auch FIEDLER 1884 erwähnt das „Massenaufreten der Lärche“ im Lungau und gibt für die Zusammensetzung des Nadelwaldes gegen Ende des 19. Jh. folgende Baumartenverteilung an:

53% Fichte
37% Lärche
10% Tanne und Zirbe

Etwa 100 Jahre später hat sich das Waldbild grundlegend geändert. Nach dem starke Rückgang der Zirbe durch überhöhte Nutzung – v.a. als wertvolles Möbelholz und forstlichen Maßnahmen zur Förderung der Fichte – setzt sich die heutige Baumartenverteilung in der Region Seetal/Sauerfeld folgendermaßen zusammen (mündl. Auskunft der Forstverwaltung Tamsweg, 1990):

85% Fichte
14% Lärche
1% Kiefer, Tanne und Zirbe

Zur Höhenstufengliederung im Lungau sei auf die Ausführungen von VIERHAPPER 1935 verwiesen. Die Waldgrenze, die im Lungau vielfach mit der oberen Verbreitungsgrenze des Lärchen-Zirbenwaldes identisch ist, erreicht aufgrund des kontinentalen Klimacharakters einen Durchschnittswert von ca. 1950 m und liegt damit tiefer als in den Zentralalpen mit einem Durchschnittswert von ca. 2000–2200 m.

2.5.2 Vegetation im Umkreis des Seetaler Sees

Eine Übersicht über die Vegetation in der näheren Umgebung des Seetaler Sees ist Fig. 5 zu entnehmen.

Nördlich des Sees dominieren Wiesen und Weideland, unterbrochen von Gebüsch- und Baumreihen mit *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Alnus incana*, *Alnus alnobetula*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus padus*, *Sambucus racemosa* – charakteristische Laubgehölze der Unteren Waldstufe bis 1400 m.

Südlich des Sees grenzt ein forstlich stark genutzter Teil des Schwarzenbachwaldes an. Im geschlossenen Waldbestand dominiert *Picea abies*, begleitet von *Larix decidua*. *Pinus cembra* ist mit wenigen – vermutlich anthropogen geförderten – Einzelindividuen vertreten. Die nächstgelegenen natürlichen Zirbenstandorte befinden sich im Überlingmoor auf ca. 1700 m Höhe (KEIDEL 1975, KRISAI 1991a).

Das Moor am Seetaler See wird von STEINER 1992 als sauer-mesotrophes Verlandungsmoor charakterisiert. Die Pflanzengesellschaften des Seeuferbereichs sind in KRISAI 1966 ausführlich behandelt.

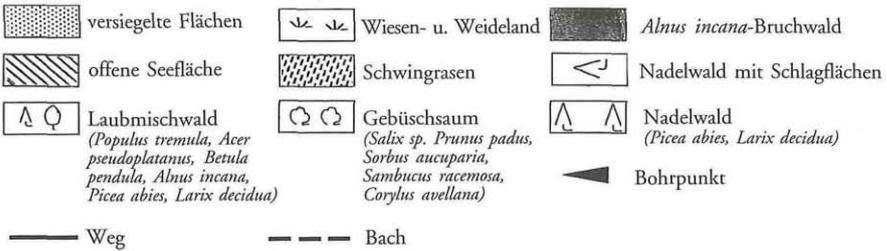
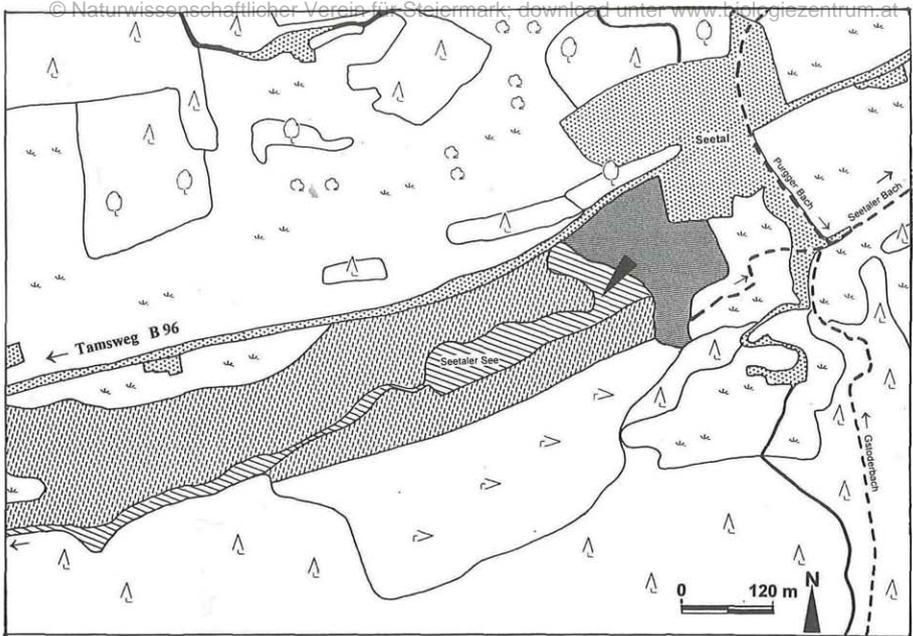


Fig. 5: Übersicht über die Vegetation im Umkreis des Seetaler Sees. (Kartengrundlage: Katasterplan 1:2880, Blatt 6/7, Bundesamt f. Eich- u. Vermessungswesen, Wien 1969).
Vegetation map of the surroundings of Lake Seetal (topography: Katasterplan 1:2880, Blatt 6/7, Bundesamt f. Eich- u. Vermessungswesen, Wien 1969).

3. Methoden

3.1 Feldarbeit

Die Gewinnung des Seeprofiles *Seetaler See* (S) erfolgte im Januar 1980. Die Bohrkern von je 250 cm Länge und 5 cm Durchmesser wurden mit einem nach dem Prinzip des KULLENBERG-Schlammkolbenlotetes und LIVINGSTONE-Bohrers (LIVINGSTONE 1955) modifizierten Bohrergerät des Limnologischen Instituts Mondsee entnommen (BOBEK & SCHMIDT 1975, 1976; ZWANDER 1980). Die Lage des Bohrpunktes ist aus Fig. 5 ersichtlich.

3.2 Laborarbeit

Aus den Bohrkernen wurden Proben in einem Abstand von ca. 10 cm entnommen. Größere Abstände ergaben sich zuweilen durch mehr oder weniger mächtige Schlufflagen in der Profilsäule, aus welchen eine Probenentnahme nicht möglich war. Die Probenstücke von je etwa 1 cm³ Größe

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 wurden nach der Kallilauge-Azetolyse-Methode nach ERDTMAN 1934, 1960 aufbereitet. Die stark mineralischen Proben aus den Profilen Seetaler See mußten vor der Azetolyse mit Flußsäure (HF techn. 40–70%) behandelt werden.

Pro Präparat wurden bei guter Pollenerhaltung und -dichte mindestens 500 Baumpollen (BP), in der Regel aber bis zu 1000 BP ausgezählt. Stark schluffige Profillagen wiesen häufig nur einen sehr geringen Pollenanteil auf, sodaß diese Richtwerte nicht immer eingehalten werden konnten.

3.3 Darstellung der Ergebnisse

Die graphische Darstellung der Pollendiagramme erfolgte mit Hilfe des von TRANQUILLINI 1988 entwickelten Computerprogrammes POLPROF (V 2.73).

Im vorliegenden Relativ-Diagramm wurden die Pollensummen von *Alnus*, Poaceen, Cyperaceen, *Sphagnum*- und Pteridophyten-Sporen sowie Wasserpflanzen aus der BP- bzw. NBP-Summe ausgeschlossen, da die zahlenmäßige Überrepräsentation dieser Pollentypen aufgrund des starken lokalen Vorkommens im Umkreis des bearbeiteten Sees die Aussage des Pollendiagrammes, insbesondere das Verhältnis BP/NBP, stark verfälscht hätte.

Für die Einteilung des vorliegenden Pollendiagramms wurde – neben einer profilspezifischen Unterteilung in „Pollen Assemblage Zones“ (PAZ) (HEDBERG 1972) – die FIRBAS'sche Zonierung (FIRBAS 1949) eingeschränkt im Sinne einer Biozonierung mit klimageschichtlichem und biostratigraphischem Hintergrund verwendet. Zur Ausarbeitung von Chronozonen und einer Eingliederung in das MANGERUD-System (MANGERUD & al. 1974) bedarf es einer möglichst lückenlosen ¹⁴C-Datierung eines gesamten Profils.

3.4 Radiocarbonatierung

Vier Proben aus dem Profil Seetaler See (S) wurden im ¹⁴C-Labor des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (Leitung Prof. Dr. M. A. GEYH) radiometrisch datiert:

Labor Nr.	Tiefe (cm)	Konventionelles ¹⁴ C-Alter
Hv 14601	750–752	15.540 ± 300 BP
Hv 16595	659–661	8.965 ± 220 BP
Hv 14603	483–485	6.005 ± 165 BP
Hv 16594	269–271	805 ± 155 BP

Eine Kalibrierung der Daten (cal BC/AD) erschien auf Grund der hohen Schwankungsbreite (σ-Werte) nicht sinnvoll.

3.5 Abkürzungen

AD	Anno Domini	EMW	Eichenmischwald
BC	Before Christ	GPS	Gesamtpollensumme
BP	Baumpollen	NBP	Nichtbaumpollen
DA	Diagrammabschnitt	PK	Pollenkorn
5.000 BP	Before Present (5.000 Jahre vor heute, d.h. vor 1950 n. Chr.)		

4. Profilbeschreibung

4.1 Sedimentbeschreibung

Die Klassifizierung der Sedimente erfolgte nach dem System von TROELS-SMITH 1955.

Der obere Abschnitt des Profiles zwischen 0–270 cm konnte aufgrund des überaus hohen Anteiles an mineralischen Komponenten, die sich durch die Flußsäurebehandlung nicht ausreichend entfernen ließen, nur unbefriedigend bearbeitet werden. Von 270 cm bis fast zur Basis der Ablagerung ist eine mehr oder weniger ungestörte Sedimentation von vorwiegend organischem Material in das Seebecken erfolgt.

Soweit die Bestimmung sicher möglich war, wurden auch pflanzliche Großreste sowie das Vorkommen von Pediatren und Kieselalgen erwähnt.

4.2 Lithostratigraphie

Profiltiefe in cm	Sedimentbeschreibung (incl. Großreste); Sedimenttyp nach TROELS-SMITH 1955
0–10	Schluffauflage
10–80	hellgrauer, schluffiger Ton mit wenig Grobdetritusresten (Laubholzreste, <i>Sphagnum</i> blättchen); A 2, D 2
80–100	Lücke im Sediment; Proben nicht auswertbar
100–120	gelbbrauner, schluffiger Ton mit Grobdetritusresten (<i>Sphagnum</i> -Blättchen, <i>Picea</i> -Holz); A 2, D 2
120–130	schluffiger Ton mit Sandkomponente; kaum organische Reste; A 2, G 2
130–160	toniger Schluff mit Grobdetritusresten; A 2, D 2
160–180	Zunahme der Schluffkomponente; wenig organische Anteile in Form von fein humosen Zwischenlagen (<i>Sphagnum</i> -Blättchen); A 3, LD 1
180–230	Schluff bis Feinsand; wenig organische Anteile; Proben z.T. nicht auswertbar; A 2, D 1, G 1
230–270	Zunahme der tonigen Komponente; Zunahme von Grobdetritusresten (viele <i>Sphagnum</i> -Blättchen); Kieselalgen; A 2, D 2
270–280	Grobdetritusgyttja (viele <i>Sphagnum</i> -Blättchen); Kieselalgen; A 2, D 2
280–305	Feindetritusgyttja mit einzelnen Großresten (viele <i>Sphagnum</i> -Blättchen); Kieselalgen; D 1, LD 3
305–415	Feindetritusgyttja mit Holzresten (bei 415 cm <i>Picea</i> -Spaltöffnungen) und <i>Sphagnum</i> -Blättchen; nach unten hin zunehmend schluffiger; Kieselalgen; D 1, LD 2, A 1
415–435	Sedimentsäule tw. abgerissen; häufiger Wechsel zwischen Feindetritus, großrestreichen Lagen und Schluff-Feinsandkomponenten; Proben nicht durchgehend auswertbar; Kieselalgen; D 1, LD 2, A 1
435–455	wie vorausgegangene Probe, aber etwas mehr Grobdetritus; Kieselalgen; D 3, A 1
455–475	Feindetritusgyttja mit vereinzelt Großresten (<i>Picea</i> -Holz, <i>Sphagnum</i> -Blättchen, <i>Equisetum</i> -Stämmchen) im engen Wechsel mit Glimmerblättchen; Kieselalgen; D 1, LD 2, A 1
475–545	Gyttja mit zahlreichen Großresten (<i>Sphagnum</i> -Blättchen und -Sporogone, Laubmoosblättchen, <i>Pinus</i> -Holz und -Spaltöffnungen, <i>Betula</i> -Samen, <i>Carex</i> -Samen); Kieselalgen; D 2, LD 2
545–560	hoher Schluffanteil; Proben nicht durchgehend auswertbar;
560–680	Tongyttja mit überwiegend Feindetritus; Kieselalgen, Pediatren; A 2, LD 2
680–710	Wechsel zwischen Ton- und Diatomeengyttja (<i>Pinus</i> -Holz); Kieselalgen, Pediatren; A 1, LD 2, LSO 1
710–730	leicht schluffige Feindetritusgyttja; Pediatren; A 2, LD 2
730–750	leicht schluffige Diatomeengyttja; „ <i>Coccus nivalis</i> “; Pediatren; A 2, LSO 2
750–770	schluffiger, graublauer Seeton mit vereinzelt Großresten (Laubmoosreste); nach unten hin zunehmend größer bis zum Bohrwiderstand; A 4

4.3 Pollenzonierung

PAZ-S 1 (770–745 cm): *Artemisia-Poaceen-Cyperaceen-Zone*

14C-Datum (750–752 cm): 15.540 ± 300 Jahre BP

Der unterste Diagrammabschnitt liegt fast ausschließlich im Seeton. Die Summe der ausgezählten Pollen ist entsprechend niedrig, was bei der Interpretation der Prozentwerte der zwei untersten Proben berücksichtigt werden muß.

Dominanz der aus der GPS ausgeschlossenen Poaceen (ca. 70%) und Cyperaceen (ca. 48%). Das artenreiche Spektrum der NBP setzt sich v.a. aus *Artemisia* mit Maximalwerten von 15%, *Thalictrum* (2%), Chenopodiaceen (3%), Caryophyllaceen (6%), *Helianthemum*, Asteraceen, Cichoriaceen, Apiaceen, *Plantago*, *Rumex* und *Botrychium* zusammen. Die NBP-Werte bewegen sich zwischen 48% in der untersten und 25% in der obersten Probe dieser Pollenzone.

Von der Mitte dieses Abschnittes an rascher Anstieg der Sträucher: *Betula nana* und *Juniperus* bis 15% und *Salix* bis 5%. *Hippophae*, *Ephedra distachya* und *E. fragilis* erreichen Werte von 1–2%. Einzelne *Quercus*-Pollen stammen wahrscheinlich aus Fernflug. Einzelne PK von *Larix* treten auf. Bei den Wasserpflanzen tritt am Ende des Abschnittes *Myriophyllum spicatum* auf.

Einzelpollenkornfunde: *Saxifraga*, *Myriophyllum spicatum*

PAZ-S 2 (745–735 cm): *Betula-Pionierstrauch-Zone*

Der Wechsel von Seeton zu Tongyttja mit gleichzeitigem starken Hinaufschnellen der Gesamtpollensumme kennzeichnet diesen kurzen Diagrammabschnitt.

Die Kurven von *Betula* (25%), *Salix* (6%), *Juniperus* (23%) und *Hippophae* (0,8%) erreichen Maximalwerte; die in PAZ-S 1 noch reichlich vertretenen lichtliebenden Kräuter, v.a. aber *Artemisia* (3%) gehen deutlich zurück. Parallel dazu sinken auch Poaceen und Cyperaceen auf 10% bzw. 4% ab.

Wie bereits in PAZ-S 1 treten wieder einzelne PK von *Larix* auf. Die Pollen von *Tilia*, *Ulmus* und *Acer* (in PAZ-S 3) stammen wohl aus Fernflug.

Am Ende dieses Abschnittes stehen der starke Rückgang der *Betula*-Kurve und der Anstieg von *Pinus* und *P. cembra*.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, *Myriophyllum spicatum*, *Epilobium*.

PAZ-S 3 (735–725 cm): *Pinus-Zone*

Pinus mit fast 60% und *Pinus cembra* mit ca. 30% dominieren in dieser Pollenzone. Parallel dazu verläuft ein deutlicher Rückgang der Kurven von *Salix*, *Hippophae* und *Juniperus* auf Werte zwischen 1–3%. Die Anteile der lichtliebenden Kräuter bleiben weiterhin gering, die NBP-Kurve erreicht mit ca. 10% ein Minimum. Die Kurven von *Alnus inc.* et *glut.* sowie *Alnus viridis* treten in den Prozentbereich ein.

Die Überleitung zum nächsten Abschnitt bildet die erneute Zunahme der Strauch- und Kräuterpollen.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, *Myriophyllum spicatum*.

PAZ-S 4 (725–685 cm): *Pinus cembra-Betula-Pionierstrauch-Zone*

Dieser Abschnitt wird durch den Anstieg der *Pinus cembra*-Kurve auf ein Maximum von 45% charakterisiert; die *Pinus*-Kurve sinkt erheblich ab und steigt erst gegen Ende des Abschnittes wieder an. Die *Betula*-Kurve verläuft relativ konstant zwischen 12–17%.

Deutlich zeichnet sich ein zweites NBP-Maximum (v.a. dank des Anstieges der *Artemisia*-Werte auf 9%) sowie eine erneute Zunahme der Sträucher *Salix* (3%), *Juniperus* (10%), *Hippophae* und *Ephedra* ab. Die Prozentwerte sind etwas geringer als in PAZ-S 1. Neu hinzu kommt vereinzelt der Pollen der Ericaceen.

Ein Wiederanstieg der Poaceen-Kurve auf 24% und der Anstieg der Kurve von *Selaginella* in den Prozentbereich sind bezeichnend.

Die Pollenkörner der Laubgehölze *Fraxinus*, *Corylus*, *Quercus* sowie die bereits erwähnten Pollenfunde von *Ulmus* und *Tilia* sind dem Fernflug zuzurechnen.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Boraginaceen, Gentianaceen, Lamiaceen, *Myriophyllum spicatum*, *Saxifraga*, *Geranium*.

PAZ-S 5 (685–675 cm): *Pinus-Cyperaceen-Zone*

Pinus erreicht in dieser Zone einen zweiten Gipfel von 40%, *Betula* bleibt bei durchschnittlich 15%; die NBP-Kurve fällt zurück auf ca. 4%, *Salix*, *Juniperus* und Ericaceen nehmen ab, beide *Ephedra*-Typen sowie *Hippophae* verschwinden ganz.

Auch die Poaceen und *Selaginella* sinken ab; gleichzeitig nehmen die Cyperaceen sprunghaft zu und erreichen ihre höchsten Werte im gesamten Diagramm. *Sparganium* ist seit dem Ende von PAZ-S 4 mit ca. 2% vertreten.

Mit diesem Diagrammabschnitt überschreiten *Quercus* und *Ulmus* erstmals die Prozenschwelle; eine leichte Zunahme von *Larix* zeichnet sich ab.

Einzelpollenkornfunde: Boraginaceen, Lamiaceen.

PAZ-S 6 (675–645 cm): *Picea-Alnus-Zone*

14C-Datum (659–661 cm): 8.965 ± 220 Jahre BP

Die *Picea*-Kurve (bisher immer mit ca. 1% aus dem Fernflug vertreten) steigt in kurzer Zeit von ca. 5% auf 35% an. Gegenläufiger Abfall der *Pinus*-Kurve. Die *Betula*-Werte sinken am Ende des Abschnitts auf etwa 5% ab.

Quercus, *Ulmus* und jetzt auch *Tilia* scheinen in dieser Zone mit 5–7% erstmalig mit höheren Werten auf. Parallel dazu steigen auch *Alnus glut. et inc.* sowie *Alnus viridis* auf je 9% und *Corylus* bis auf 6% an. *Fraxinus* überschreitet die Prozenschwelle. Die NBP-Werte bleiben bei 3–4%. Die Kurve der monoleten Farnsporen steigt auf 12% an. Die Cyperaceen sind weiterhin stark vertreten und werden z.T. begleitet von *Potamogeton*, *Equisetum*, *Sparganium* und *Filipendula*.

Einzelpollenkornfunde: Lamiaceen, *Comarum palustre*

PAZ-S 7 (645–615 cm): *Picea-Corylus-EMW-Zone (I)*

Die *Picea*-Kurve erreicht 60%, gleichzeitig fallen die Kurven von *Pinus* und *P. cembra* auf wenige Prozent zurück. *Corylus* steigt bis zum Ende dieses Abschnitts auf 11% an. Die EMW-Werte bleiben konstant bei ca. 5%. Vereinzelt tritt schon *Fagus*-Pollen auf. Die monoleten Farnsporen steigen weiterhin an, die Cyperaceen gehen stark zurück.

Einzelpollenkornfunde: Lamiaceen, Dipsacaceen, *Epilobium*, *Comarum palustre*.

PAZ-S 8 (615–565 cm): *Picea-Corylus-EMW-Zone (II)*

Zu Beginn dieses Abschnitts fällt die *Picea*-Kurve von 60% auf 55% ab, gleichzeitig steigt *Pinus* um einige Prozente auf 15% an. Etwas später nimmt *Picea* wieder zu und erreicht 68%. *Fagus* überschreitet erstmals die Prozenschwelle. Der EMW ist weiterhin mit ca. 5% vertreten. Die *Corylus*-Kurve zeigt einen leichten Rückgang auf 6%. Je ein Einzelfund von *Abies* und *Carpinus*. Die NBP sind unbedeutend geworden, die Cyperaceen-Werte stark abgefallen.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Lamiaceen, *Saxifraga*, *Epilobium*, *Nuphar*.

PAZ-S 9 (565–520 cm): *Picea-Pinus-Zone*

Bemerkenswert in dieser Phase sind zwei kurzzeitige Einbrüche der *Picea*-Kurve, gekoppelt mit zwei kleinen *Pinus*-Maxima (15% bzw. 20%) und zwei leichten Anstiegen der NBP-Kurve, verursacht durch einen Zuwachs bei den Asteraceen, Cichoriaceen und Apiaceen. Auch die *Salix*- und Ericaceen-Werte erreichen wieder den Prozenbereich.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, *Epilobium*.

PAZ-S 10 (520–490 cm): *Picea*-Zone

Innerhalb dieses Abschnittes steigen die *Picea*-Werte von anfänglich 57% auf 73% an, während *Pinus* wieder auf 8% absinkt.

Corylus geht kurzzeitig auf ca. 3% zurück, parallel dazu auch beide *Alnus*-Kurven auf ca. 5%. Der Rückgang der EMW-Komponenten *Tilia* und *Ulmus* läßt die EMW-Kurve am Ende dieser Phase etwas absinken. Die NBP-Werte liegen bei 2%.

Am Ende des Abschnittes steigt die *Sphagnum*-Kurve auf 5% an, auch die Lycopodiaceen überschreiten die 1%-Schwelle und bilden von nun an eine geschlossene Kurve.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Lamiaceen, *Mercurialis*.

PAZ-S 11 (490–460 cm): *Picea-Fagus-Sphagnum*-Zone

14C-Datum (483–485 cm): 6.005 ± 165 Jahre BP

Die *Picea*-Werte haben wieder 75% erreicht, *Pinus* sinkt nach einem weiteren kleinen Maximum von 15% auf 6% ab, und die *Fagus*-Kurve pendelt sich bei etwa 4% ein.

In dieser Zone beginnt die geschlossene Kurve von *Abies* zunächst mit geringen Prozentwerten. Auch *Carpinus* ist von jetzt an durchgehend vertreten. *Tilia* sinkt unter die Prozentgrenze ab; auch bei der *Ulmus*-Kurve ist die Tendenz weiter rückläufig, hingegen ist bei *Corylus* (6%) und bei beiden *Alnus*-Kurven (9–10%) ein vorübergehender Aufschwung zu verzeichnen.

Die NBP spielen keine Rolle mehr; Poaceen, Cyperaceen und Wasserpflanzen sind nur schwach vertreten während die *Sphagnum*-Kurve einen ersten Gipfel von 6% erreicht.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen

PAZ-S 12 (460–400 cm): *Picea-Abies-Fagus*-Zone

Hiatus: 455–415 cm

Die zwei obersten Proben dieses Abschnittes (415 cm, 405 cm) weisen maximale *Abies*- und *Fagus*-Werte auf (12% bzw. 11%), während die *Picea*-Kurve auf 60% abgesunken ist.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Gentianaceen, *Dryopteris filix-mas*.

PAZ-S 13 (400–320 cm): *Picea-Pinus-Potamogeton*-Zone

Picea steigt zu Beginn des Abschnittes auf 75% an und behält nun über einen langen Zeitraum hinweg ihre Dominanz mit ca. 60–70%. Die Kurven von *Fagus* und *Abies* verlaufen in der ersten Hälfte dieses Abschnittes mit ca. 5–6% annähernd parallel und fallen dann gleichzeitig ab, *Fagus* auf 4%, *Abies* auf 1–2%. Gegen Ende dieser Zone zeichnet sich bei *Fagus* nur noch ein sanfter Anstieg ab, während *Abies* noch einmal ein Maximum von knapp 10% erreicht. *Pinus cembra* verschwindet in der Mitte dieser Pollenzone, *Pinus* erreicht wieder 10%!

Bemerkenswert ist eine Zunahme bei *Artemisia*, Cichoriaceen und *Rumex* bzw. ein Neuaufreten von Ruderalpflanzen wie *Plantago* und *Epilobium*.

Bei den Wasserpflanzen ist ein plötzlicher Kurvenanstieg von *Potamogeton* auf 12% und paralleles Vorkommen von *Spartanium* zu verzeichnen. Die *Sphagnum*-Kurve verbleibt mit kleinen Schwankungen bei etwa 8%.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Lamiaceen, *Epilobium*, *Myriophyllum spicatum*, *Polygonum bistorta*-Typ, *Saxifraga*.

Bei der Beschreibung der folgenden, obersten Diagrammabschnitte muß darauf hingewiesen werden, daß die Prozentwerte, v.a. der *Picea*-Kurve, wegen der niedrigen Gesamtpollensummen mit Vorbehalt betrachtet werden müssen.

PAZ-S 14 (320–285 cm): *Alnus*-Kulturzeiger (I)-Zone

Hiatus: 310–300 cm

Beginn der geschlossenen *Larix*-Kurve, die hier Werte bis 4% erreicht. Parallel dazu treten auch *Salix*, *Juniperus* und Ericaceen wieder in nennenswerten Mengen in Erscheinung. Das vorübergehende Maximum der *Picea*-Kurve bzw. die damit gekoppelten Maxima der *Pinus*- und NBP-Kurve sind wohl eine Folge der geringen Pollensumme.

Das erstmalige Auftreten von *Secale* (3%), begleitet von Kultur- und Rodungszeigern wie *Plantago*, *Rumex* und *Epilobium* und lichtliebenden Kräutern wie *Artemisia*, Caryophyllaceen, Asteraceen, Cichoriaceen, Brassicaceen ist für diesen Abschnitt kennzeichnend. Auch die Poaceen-Werte nehmen deutlich zu; *Selaginella* ist regelmäßig vorhanden.

Am Ende dieser Pollenzone sinkt *Fagus* auf einige Procente ab, die Kurven von *Ulmus*, *Tilia* und *Fraxinus* enden. Die *Abies*-Kurve reißt ab und schließt sich nicht mehr. *Pinus cembra* ist nur noch als Einzelpollen nachweisbar.

Als weitere kultivierte Art tritt zum erstenmal *Juglans* mit einigen Pollenkörnern in Erscheinung.

PAZ-S 15 (285–265 cm): NBP-Kulturzeiger (II)-Zone

14C-Datum (269–271 cm): 805 ± 155 Jahre BP

Eine neuerliche Zunahme der Kulturpflanzen und -begleiter lassen die NBP-Werte auf 17% ansteigen. Neben *Secale*-Pollen (4%) treten auch andere Getreidepollentypen (2%) und Einzelkörner von *Centaurea*, *Fagopyrum* und vom *Humulus/Cannabis*-Typ auf.

Die *Picea*-Kurve zeigt einen deutlichen Rückgang während parallel dazu *Juniperus* (2%), *Larix* (5%), *Betula* (15%) und etwas früher bereits *Corylus* (5%) zugenommen haben.

Neben einem weiteren Maximum der Poaceen von 25% nehmen auch die Cyperaceen (15%) und *Equisetum* zu. Die monoleten Farnsporen zeigen analog zum *Picea*-Minimum einen starken Rückgang.

Einzelpollenkornfunde: Lamiaceen, *Centaurea cyanus*, *Fagopyrum*, *Epilobium*.

PAZ-S 16 (265–35 cm): *Alnus-Picea*-NBP-Poaceen-Zone

Aufgrund der überwiegend schluffig-tonigen Sedimentbeschaffenheit mit geringer Pollenführung schwanken die Kurven der einzelnen Pollentypen stark. Folgende Tendenzen lassen sich erkennen:

- die *Picea*-Werte kann man zwischen 20–30% vermuten
- sowohl *Alnus glut. inc.* als auch *A. viridis* werden häufiger
- *Larix* (z.T. über 5%) ist in einer fast durchgehenden Kurve vertreten
- *Pinus* und *Betula* nehmen zu
- *Abies* und *Fagus* verschwinden am Ende des Abschnitts ganz
- die Zunahme der Sträucher, NBP (insbesondere Cichoriaceen) und Poaceen

Die Kurven von *Quercus* und *Corylus* bleiben zusammenhängend, *Juglans* erscheint erst in der Mitte des Abschnitts wieder. In der seenahen Vegetation nehmen die Cyperaceen zu; *Potamogeton* und *Equisetum* sind häufiger vertreten. Unter den restlichen Sporenpflanzen tauchen verstärkt Lycopodiaceen, *Selaginella* und *Botrychium* auf. Der *Sphagnum*-Anteil geht etwas zurück.

Einzelpollenkornfunde: Campanulaceen, Gentianaceen, *Saxifraga*, *Polygala*, *Humulus*.

PAZ-S 17 (35–20 cm): *Picea-Alnus*-Zone

Dank der etwas höheren Pollensummen scheinen die Ergebnisse aus den oberen Proben wieder zuverlässiger zu sein. Die Zunahme von *Picea* auf 50–60% mit analogem Rückgang der NBP-Kurve zeichnet sich ab. Die *Larix*-Kurve verbleibt bei ca. 5%. Die Poaceen gehen etwas zurück, die Kurve der monoleten Farnsporen steigt wieder an.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Die spätglaziale Vegetationsentwicklung

5.1.1 Probleme bei der Analyse der spätglazialen Abschnitte

Die Analyse des Spätglazials gestaltet sich im östlichen Randbereich der Alpen aus folgenden Gründen oft schwierig:

- Besonders gut geeignet für Untersuchungen des Spätglazials sind Moore und Seen in Tal- und Beckenlagen (z.B. Enns- und Murtal), wo nach der Würm-Vergletscherung ein rascher Eistrückzug erfolgte und somit die gesamte spätglaziale Sedimentation erwartet werden kann. Solche Lokalitäten sind in der Steiermark relativ selten.
- Die Sedimentmächtigkeiten sind meistens gering. Beispielsweise entfallen im vorliegenden Profil auf die spätglazialen Pollenzonen PAZ-S 1–4, d.h. auf einen zeitlichen Umfang von ca. 3000–4000 Jahren nur etwa 80 cm Sedimentsäule. Das entspricht einer Sedimentationsrate von durchschnittlich 0,2 mm/Jahr.
- Die Auswertung der überwiegend minerogenen Sedimente mit geringer Pollendichte kann statistisch problematisch sein und muß vorsichtig interpretiert werden.

Profile mit ausreichender Sedimentmächtigkeit und guter Absicherung des Spätglazials mit ¹⁴C-Daten liegen bisher nur aus dem Salzkammergut und dem steirischen Ennstal (Mitterndorfer Becken) vor (DRAXLER 1977, DRAXLER & VAN HUSEN 1977). Hier konnten sogar die Zonen Ia und Ib/c erfaßt werden.

Im Einflußbereich des Murgletschers dagegen zeigen sowohl die bisherigen Untersuchungen (BORTENSCHLAGER 1967, SCHULTZE 1974) als auch die vorliegenden Ausführungen über den Seetaler See im Spätglazial nur geringe Sedimentmächtigkeiten. Eine Unterteilung der Zone I bzw. eine Abgrenzung des Bölling-Interstadials konnte auch aufgrund des zu großen Probenabstandes nicht vorgenommen werden.

5.1.2 Die Bestimmung von *Betula nana* und *Alnus viridis*

5.1.2.1 *Betula nana* im Spätglazial

Die Präsenz von *Betula*-Pollen in der unteren Hälfte von PAZ-S 1 schon vor dem eigentlichen böllingzeitlichen *Betula-Juniperus* Gipfel in PAZ-S 2 läßt die Beteiligung von *Betula nana* vermuten, die als arktisch-alpines, feuchtigkeitsliebendes Lichtgehölz, v.a. bei der Grenzziehung zwischen Ältester Dryas und Bölling von großer Bedeutung ist.

Reliktvorkommen dieser Art sind in der weiteren Umgebung des Seetaler Sees mehrfach belegt. So befindet sich u.a. ein reicher Bestand von *B. nana* und dem Bastard *B. nana* x *B. pubescens* auf der nur ca. 4 km NW des Seetaler Sees gelegenen Überlingalm (KRISAI 1966). Das Vorkommen der Zwergbirke in der Umgebung des Seetaler Sees im Spätglazial ist daher zu erwarten.

Neben *B. nana* kommt aber auch *B. humilis* als Glazialrelikt in mehreren Mooren Kärntens, der Steiermark und Oberösterreichs vor (SCHLATTE 1965). Auch diese Birkenart dürfte im Spätglazial vorgekommen sein.

Eine Auftrennung des *Betula*-Pollentyps in *B. nana/humilis* und *B. pubescens/pendula* wird teilweise nach pollenmorphologischen Kriterien, hauptsächlich aber größenstatistisch vorgenommen. Nach GAILLARD 1983 spricht neben den morphologischen Merkmalen der Dominanzbereich < 21–22 µm für *Betula nana*, 24–25 µm für die Baumbirken, während KOLSTRUP 1982 die Größe um 19 µm als repräsentativ für *B. nana* bzw. um 23 µm für *B. pubescens/pendula* angibt.

An allen *Betula*-PK der PAZ-S 1 bis S 6 des Seetaler Sees wurde der PK-Durchmesser in Polansicht gemessen und in 5 Größenklassen aufgeteilt. Wie aus Fig. 5 ersichtlich wird, liegen die Schwerpunkte der Größenverteilung im untersuchten Zeitraum (Älteste Dryas bis Präboreal) immer innerhalb der Größenklasse bis 22 µm, jedoch mit einem gehäuften Auftreten der kleinsten Größenklasse (bis 20 µm) in der Ältesten Dryas und gegen Ende der Jüngeren Dryas.

Diese Ergebnisse lassen eine ununterbrochene Präsenz von *B. nana/humilis* in der Umgebung des Seetaler Sees vermuten. In der Ältesten Dryas dürfte sie ein wesentliches Element der Tundravegetation gewesen sein (vgl. dazu auch GAILLARD 1983) und sich nach einem leichten Rückgang im Alleröd unter den Klimaverhältnissen der Jüngeren Dryas wieder stärker ausgebreitet haben.

Der Verlauf der *B. nana*-Kurve im Überlingmoor (KRISAI 1991a) bestätigt diese Überlegungen.

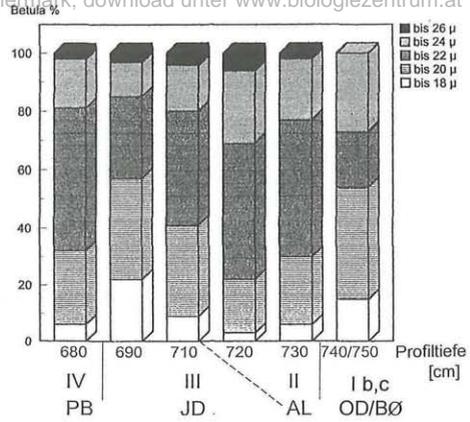


Fig. 6: Größenklassen von *Betula*-Pollenkörnern im Spät- und frühen Postglazial am Seetaler See.
Size classes of *Betula*-pollen grains in the Late- and early Post-Glacial of Lake Seetal.

5.1.2.2 *Alnus viridis* im Spätglazial

Auffallend früh, d.h. schon von der Diagrammbasis weg, treten im Seetaler See *Alnus*-PK auf, was die Vermutung nahelegt, daß neben *Alnus incana* (und ev. *Alnus glutinosa*) auch *Alnus viridis* vorgekommen sein könnte. Um diese Frage zu klären und mögliche Refugialstandorte zu diskutieren, wurde neben dem *A. glutinosalincana*-Typ auch der *A. viridis*-Typ ausgeschieden (nach ERDTMAN 1954 und RADTKE 1973)

Die zwei untersten Proben des Diagramms bleiben aufgrund der geringen GPS bei der Diskussion unberücksichtigt.

Beide *Alnus*-Typen sind ab der Wende Ib/c/II (740 cm) etwa gleich stark vertreten, in III kommt es zu einem kleinen Maximum durch den *A. glutinosal incana*-Typ und schließlich an der Wende PAZ-S 4/PAZ-S 5 wird *A. viridis* dominanter. Diese Tatsachen lassen – ähnlich wie im Überlingmoor (KRISAI 1991a) – spätestens ab Ende der Jüngeren Dryas auf Vorkommen von *A. viridis* in der näheren Umgebung des Seetaler Sees schließen. Für die Herkunft des Fernflugpollens vor diesem Zeitpunkt sollen hier einige Möglichkeiten vorgestellt werden.

Da nach HUNTLEY & BIRKS 1983 *Alnus* (gesamt) bis 10.500 BP nur in S und SE-Europa (Korsika, Südalpenraum, Karpaten) zu finden ist, liegt die Vermutung nahe, daß ihr eiszeitliches Rückzugsgebiet wahrscheinlich am südlichen und östlichen Alpenrand zu suchen ist.

Nennenswerte Spätglazialfunde von *A. viridis* in den Schweizer Zentralalpen aus dem Lai da Vons (1991 m; BURGA 1980, 1985) und aus dem Hobschensee (2017 m; LANG 1993) einerseits und vom Südalpenfuß aus dem Lago di Biandronno, 239 m; SCHNEIDER 1978) und dem Lago di Ganna (SCHNEIDER & TOBOLSKI 1985) sind bekannt.

Im Ostalpenraum ist *A. viridis* in Kärnten für ein älteres Würm-Interstadial in Podlanig (860 m; FRITZ 1977) und in Oberösterreich für das erste Mittelwürm-Stadial in Mondsee in Form von Pollen und Makroresten (DRESCHER-SCHNEIDER 2000, im Druck; OEGGL & UNTERFRAUNER 2000, im Druck) nachgewiesen. In Kärnten fallen die ersten Funde nach der Eiszeit in Lengholz (570 m; FRITZ 1965) ins ausgehende Bölling. Im Alleröd findet sich die Grünerle ausser in Lengholz auch in Pölland (1050 m; FRITZ 1973b) und in Kleinkirchheim (1087 m; ZWANDER 1979). In der Jüngeren Dryas taucht sie dann am Wolayer See (1951 m; SCHULTZE 1979d) und am Pressegger See (560 m; ZWANDER 1979) auf.

In den zentralen Ostalpen stellen der Seetaler See sowie die von KRISAI (1991a) untersuchten Moore die bisher einzigen Lokalitäten dar, wo die lokale Präsenz von *A. viridis* ab der Jüngeren Dryas (Fernflugpollen ab Bölling) nachgewiesen ist.

Einwanderungswege wären von Süden aus Kärnten über den Neumarkter Sattel oder von Osten über das Murtal denkbar. In diesem Zusammenhang könnte das von MAYER 1970 als mögliches Spätglazialrefugium beschriebene Relikt vorkommen von *A. viridis* bei Kirchdorf im Murtal (Stmk.) erneut an Bedeutung gewinnen.

Weitere Untersuchungen in diesem Raum wären dringend notwendig.

5.1.3 Die Vegetationsentwicklung

5.1.3.1 Älteste Dryas (I a) bis Bölling (I b/ c)

PAZ-S 1–2:

Die zwei untersten Proben des Diagramms (770–760 cm) enthalten noch Hinweise auf die offene, waldlose, tundren- bis steppenartige Vegetation der Ältesten Dryas. Die fast ausschließlich tonig-schluffigen Sedimente mit geringem Pollengehalt sprechen für offene, humusarme Moränenböden. Das Artenspektrum dieser Epoche reicht in seinen ökologischen Ansprüchen von lichtliebenden, arktisch-alpinen und kontinentalen Arten zu Arten mit breiteren ökologischen Amplituden, die wechselnde Feuchtigkeits- und Lichtverhältnisse ertragen können. Es dominieren Rasengesellschaften mit ausgesprochen heliophilen Pionierpflanzen wie *Artemisia*, *Plantago*, *Ephedra*, Chenopodiaceen, Caryophyllaceen, Apiaceen, Saxifragaceen und Poaceen. Dieses typische Spätglazial-NBP-Spektrum ist am Seetaler See vorhanden.

Die für das Ende der Ältesten Dryas charakteristische *Artemisia*-Phase mit Werten von ca. 30% in Etrach (SCHULTZE 1975) und Seemoos (BORTENSCHLAGER 1967) konnte im Seetaler See mit der untersten Probe wahrscheinlich noch knapp erfaßt werden.

Auf feuchtere, möglicherweise auch schattigere Standortverhältnisse deuten das starke Auftreten von Cyperaceen-Pollen und Reste von Laubmoosen hin. Dieser hohe Anteil an Cyperaceen ist überregional in den meisten Diagrammen der West- und Ostalpen in Ia festzustellen, ebenso der auffällige Rückgang der Cyperaceen an der Wende Älteste Dryas/Bölling (vgl. BORTENSCHLAGER 1984).

Gegen Ende von PAZ-S 1 und in PAZ-S 2 tauchen fast gleichzeitig einige Wasserpflanzen und Feuchtigkeitszeiger auf, die als Indikatoren für die Klima- und Wasserverhältnisse am gerade entstehenden Seetaler See eine wichtige Rolle spielen:

Für eher eutrophe Wasserverhältnisse spricht das Vorkommen von *Myriophyllum spicatum*; auch das reichliche Auftreten der Grünalge *Pediastrum* zeigt gute Nährstoffversorgung an und kann zudem Verringerung der Wassertiefe durch Seeauffüllung andeuten (BURGA 1980). Als weiterer Indikator für allochthonen Sedimenteintrag und verstärkter Erosion kann auch das Vorkommen von „*Coccos nivalis*“ sein (KLAUS 1977, SCHULTZE & NIEDERREITER 1990), welches gerade in PAZ-S 2 besonders häufig auftritt.

Was die Temperaturen während der Zeit der PAZ-S 1 und S 2 betrifft, spricht das Vorkommen von *Myriophyllum spicatum* ab der PAZ-S 2 für ein Juli-Mittel von 10 °C (KOLSTRUP 1980). Sogar noch etwas höhere Juli-Temperaturen (> 10 °C) soll *Juniperus* für ein optimales Wachstum und für die Blüte benötigen (KOLSTRUP 1980). Der Wert von 20% im Seetaler See liegt weit über dem für die Anwesenheit von *Juniperus* sprechenden Anteil von 5% (HUNTLEY & BIRKS 1983) und deutet daher auf einen bedeutenden Wacholder-Bestand und auf ihm zuzugende Lebensbedingungen hin.

Ephedra ist für die offenen Moränenböden und die kontinentalen Klimabedingungen des Spätglazials sehr charakteristisch. Pollenkörner beider Typen (*E. distachya* und *E. fragilis*) sind sowohl im Seetaler See als auch in weiteren Lokalitäten der Ostalpen (BORTENSCHLAGER 1966, 1967; SCHULTZE 1974, 1976; FRITZ 1964, 1967a; BOBEK & SCHMIDT 1976, DRAXLER 1977) nachgewiesen. Die im Seetaler See erreichten Werte von 0,5–1% sprechen nach WELTEN 1957 für ein reichliches lokales Vorkommen.

Die Sukzession von einer sehr offenen Grassteppe mit *Betula (nana)* zu einer Strauchtundra mit *Juniperus*, *Hippophae*, *Salix* und *Ephedra* zeigt, dass ein Wechsel von trocken-kalten, kontinentalen Temperaturverhältnissen während der Ältesten Dryas zu wärmeren Durchschnittstemperaturen und ev. etwas höheren Niederschlägen im Bölling (HANTKE 1983) stattgefunden hat. Der *Juniperus*-Anstieg im Kohlratzenmoor läuft mit dem Anstieg der $\delta^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ -Kurve parallel (DRESCHER-SCHNEIDER, persönl. Mitt.) und markiert die Grenze zwischen den Biozonen Älteste Dryas (Ia) und Bölling (Ib,c).

In den meisten Diagrammen des Alpenraumes läuft das Vorkommen von *Hippophae* mit dem böllingzeitlichen Birkenvorstoß annähernd parallel bzw. ist dem Birkenvorstoß eine deutliche *Hippophae*-Ausbreitung vorgelagert, die als Initialphase des Birkenwaldes angesehen werden kann (WELTEN 1944). Am Seetaler See erreicht *Hippophae* nur geringe Prozentwerte; sie erliegt offensichtlich schnell der Konkurrenz des entstehenden Birkenwaldes und bleibt nur noch auf unbeschatteten Standorten erhalten. Ein kleinräumiges Mosaik von evtl. noch an Hängen vorkommenden Rohböden und besser entwickelten Talböden wäre denkbar.

5.1.3.2 Alleröd (II)

PAZ-S 3:

Die bölling/allerrödzeitliche Wiederbewaldung und die Ausbreitung von *Pinus* ist sowohl im Seetaler See als auch in den Vergleichsdiagrammen nur sehr kurz ausgebildet, eine klare Unterscheidung der Zonen I, II und III fällt schwer (vgl. 5.1.1).

Die rapide ansteigenden Pollensummen und der Sedimentwechsel von schluffigem, graublauen Seeton in PAZ-S 1 und PAZ-S 2 zu einer organogenen Sedimentation und einer diatomeenreichen Gytta sind ein deutliches Zeichen für den Klima- und Vegetationswandel zu wärmeren, ozeanischen Verhältnissen, verbunden mit der Bildung von humusreichen Böden.

Der Charakter der Vegetation dürfte durch ein Mosaik von relativ feuchten, grasreichen Lichtungen (*Botrychium*, *Selaginella*) und aufgelockerten Föhrenwäldern geprägt gewesen sein. Die zunehmende Beschattung wird durch den Rückgang der lichtliebenden Kräuter und Sträucher (*Hippophae*, *Juniperus*, *Ephedra*) angedeutet.

Am Seetaler See wie auch in den benachbarten Vergleichsdiagrammen Etrach und Dürnberg (SCHULTZE 1974, 1976) hatte *Pinus cembra* erheblichen Anteil am Föhrenwald. So stellt *P. cembra* am Seetaler See und in Etrach etwa 1/3 der *Pinus*-Gesamtpollensumme. BORTENSCHLAGER 1967 erwähnt aber, daß *P. cembra* am Seemoos kaum in Erscheinung tritt. Im Kärntner Dobramoos ist sie auch nur geringfügig vorhanden, wogegen sie im Klagenfurter Becken am Wörthersee, Haidensee, Jeserzer See und Goggausee (SCHULTZE 1974, 1979a, b, c) mit meist über 10% vorhanden ist.

Betrachtet man den gesamten Ostalpenraum, so ist *P. cembra* (sofern sie pollenanalytisch von *P. sylvestrismugo* unterschieden wurde; vgl. KLAUS 1972) in den Tallagen bereits im Alleröd gleichzeitig sowohl im Salzkammergut als auch im Lungau und Klagenfurter Becken, etwas später auch in den Niederösterreichischen Kalkvoralpen mit Werten zwischen 15–30% der GPS vorhanden, was auf ein lokales Vorkommen in der Nähe der entsprechenden Lokalitäten schließen läßt. Auch für die östlichen Schweizeralpen ist die wichtige Rolle von *P. cembra* bei der Wiederbewaldung von Tallagen belegt (BURGA 1980).

Am südlichen und südöstlichen Alpenrand ist *P. cembra* bereits in Ib/c maßgeblich an der Wiederbewaldung beteiligt (KRAL 1979, SCHMIDT 1975, ŠERCELJ 1971). Glaziale Refugien liegen im Umkreis der Karpaten und am südöstlichen Alpenrand (LANG 1994).

In Profilen der subalpinen bis alpinen Höhenstufe, z.B. am Dachstein (KRAL 1971), in den Hohen Tauern (KRAL 1985a, b) sowie in den Karnischen Alpen (FRITZ 1976; SCHULTZE 1979a, b) erreicht *P. cembra* v.a. in IV und V ihre größte Verbreitung.

In das Bild eines offenen Kiefern-Zirbenwaldes passen die Einzelpollenkornfunde von *Larix* ab einer Tiefe von 730 cm. Auch im benachbarten Seemoos sowie im Kärntner Dobramoos tauchen bereits am Ende des Bölling *Larix*-Pollenkörner auf (BORTENSCHLAGER 1966, 1967), während sie in weiteren Diagrammen aus Kärnten erst im Alleröd, z.T. auch kombiniert mit dem Einsetzen von *P. cembra* (FRITZ 1973a, b; SCHMIDT 1965, SCHULTZE 1979a, c, d) präsent ist. Die gemeinsame Rolle von *Larix* und *P. cembra* bei der Wiederbewaldung im Alleröd wurde auch im östlichen Teil der Schweizeralpen nachgewiesen (BURGA 1980).

Das eiszeitliche Refugialgebiet für *Larix* liegt vermutlich am SW-Alpenrand (SCHNEIDER 1978, SCHNEIDER & TOBOLSKI 1985).

5.1.3.3 Jüngere Dryas (III)

PAZ-S 4:

Der Klimarückschlag der Jüngeren Dryas zu kontinentaleren Verhältnissen mit gegenüber dem Alleröd stark abgesenkten Jahresmitteltemperaturen und Durchschnittsniederschlägen (HANTKE 1983) hat am Seetaler See eine deutliche Auflichtung des Birken-Föhrenwaldes zur Folge.

Ähnlich wie in Etrach (SCHULTZE 1974) und Seemoos (BORTENSCHLAGER 1967) tritt diese Phase markant durch den Rückgang der *Pinus*-Werte und einer Zunahme der lichtliebenden Kräuter und der Pionier-Sträucher hervor. Für eine Ausbreitung von Grasfluren spricht die Zunahme von *Botrychium*, *Selaginella*, ebenfalls ein Indikator für Grasland, aber auf eine gute humusreiche Unterlage und wärmeres Klima angewiesen (KOLSTRUP 1979, 1980), geht während des Höhepunktes des Jüngeren Dryas (710–700 cm) fast vollständig zurück. Ein Anstieg der *Selaginella*-Werte zeigt sich hingegen ganz typisch an den Übergängen Alleröd/Jüngere Dryas bzw. Jüngere Dryas/Präboreal, wo die klimatischen Verhältnisse noch wärmegetönt sind bzw. wieder besser werden.

Pinus cembra erreicht in der Jüngeren Dryas ihren absoluten Höchstwert. Der bei 700 cm gefundene *Pinus*-Holzrest konnte nicht näher bestimmt werden. Die hohen Prozentwerte (knapp 45%) beweisen, daß die Zirbe in diesem östlichen Teil des Lungau reichlich vorgekommen ist (vgl. auch Etrach, SCHULTZE 1974 und Überlingmoor, KRISAI 1991a).

Der schon von KRAL 1979 als charakteristisch für die Ostalpen erwähnte *P. cembra*-Gipfel während der Jüngeren Dryas bzw. des Präboreals wurde durch zahlreiche Untersuchungen bestätigt (DRAXLER 1977; SCHULTZE 1975, 1976, 1979a, b, c; WAHLMÜLLER 1985, ZWANDER 1979, DRESCHER-SCHNEIDER, persönl. Mitt.: Kohltrattenmoor bei Neumarkt, Stmk.).

Die kontinentaleren Klimaverhältnisse der Jüngeren Dryas – verbunden mit einer Waldgrenzdepression von ca. 200–300 m – dürften gerade in der inneralpinen Beckenlage des Lungau günstige Bedingungen für die starke Ausbreitung von *P. cembra* und *Larix* geschaffen haben. Die Kurven der beiden Nadelbäume zeigen in diesem Zeitraum einen deutlichen Parallelverlauf.

Einzelpollenfunde mesophiler Laubwaldelemente (*Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, usw.) weisen recht eindrucksvoll darauf hin, welche Fernflugdistanzen beim Pollentransport überwunden werden können. So finden sich Spätglazial-Vorkommen von Eiche und „Eichenmischwaldelementen“ in den südlichen Randalpen im Raum Bozen (SCHMIDT 1975), zwischen Turin und Varese (SCHNEIDER 1978) über das Gardaseegebiet (BERTOLDI 1968) bis in die Venezianer Voralpen (KRAL 1979) und ins Laibacher Becken (ŠERCELJ 1966).

Die häufig beschriebene Sedimentänderung der Jüngeren Dryas durch schichtenweise Einschwemmung tonigen und schluffigen Materials im Wechsel mit größerem organischen Detritus zeigt sich am Seetaler See etwas abgeschwächt in Form einer Tongyttja. Verstärkte Bodenerosion als Folge der lückig gewordenen Vegetationsdecke kann diesen Sedimentwechsel verursacht haben (DRAXLER 1977, SCHMIDT 1979).

Der Beginn einer Verlandung einzelner Teile des Sees durch Sedimenteintrag oder auch Seespiegelschwankungen während der Jüngeren Dryas wären denkbar. Seespiegelschwankungen können durch eine Zunahme der minerogenen Anteile im Sediment erkannt werden (DIGERFELDT 1972). Sie zeichnen sich natürlich in ufernahen Profilen durch größere Korngrößen der mineralischen Komponenten deutlicher ab als in Profilen der Seemitte, wie es am Seetaler See der Fall ist.

Ebenfalls für seichtere Wasserverhältnisse sprechen die häufigen Funde von *Pediastrum* sowie die Flachwasser- bzw. Verlandungszeiger *Sparganium* und *Sphagnum*.

5.2. Die postglaziale Vegetationsgeschichte

5.2.1 Präboreal bis Atlantikum

5.2.1.1 Präboreal (IV)

PAZ-S 5:

Die rasche Klima- und Vegetationsänderung am Übergang Jüngere Dryas/Präboreal zeichnet sich durch den ersten steilen Abfall von *Pinus cembra* ab, die sich in höhere Lagen (Waldgrenze) zurückzieht. Die rasche Wiederbewaldung durch die Föhre drängt gleichzeitig die meisten lichtliebenden Kräuter, Gräser und Sträucher zurück.

Eine explosionsartige Zunahme der Kieselalgen (680–670 cm) bei gleichzeitiger – möglicherweise konkurrenzbedingter – Abnahme der Pediastron (BERGLUND 1966; BURGA 1980) sowie der Beginn einer Gytja-Sedimentation sprechen für klare Wasserverhältnisse mit guter Nährstoffversorgung und Anstieg der organischen Produktion (BERGLUND 1966). Die eindrucksvolle Zunahme der Cyperaceen kennzeichnet die Entstehung von Verlandungszonen.

5.2.1.2 Boreal (V)

PAZ-S 6–7:

Das ¹⁴C-Datum 8.965 ± 220 BP kann als Zeitmarke zwischen PB (Preboreal) und BO (Boreal) gestellt werden (= 9.000 BP nach MANGERUD & al. 1974, 1978).

An den Beginn des Boreals fällt der starke Rückgang aller *Pinus*-Arten sowie die Einwanderung von *Picea* und der mesophilen Laubgehölze, deren Pollenfunde am Seetaler See nur selten über 10% ansteigen und überwiegend aus Fernflug stammen.

Der für das Boreal im nördlichen Mitteleuropa und den Westalpen vielfach nachgewiesene, charakteristische *Corylus*-Gipfel tritt am Seetaler See kaum in Erscheinung; es zeichnet sich lediglich ein leichter Anstieg auf 11% parallel zum *Picea*-Anstieg am Ende von PAZ-S 7 ab. In Profilen der submontanen bis montanen Höhenstufe (z.B. Dobramoos, Neumarkter Sattel, Salzkammergut, Ennstal) – dem optimalen Wuchsbereich der Hasel – kann sie im Boreal zuweilen 50% erreichen.

Auch heute kommt *Corylus* im Lungau nur bevorzugt an sonnseitigen Hängen der unteren Waldstufe (bis 1400 m) auf trockenen, mildhumosen Böden vor (VIERHAPPER 1935).

Mit der kontinuierlichen Einwanderung von *Picea* gehen die Nichtbaumpollen, v.a. die lichtliebenden Kräuter, Gräser und *Selaginella* deutlich zurück. *Larix* kann wohl kurzzeitig im Übergangsstadium zum geschlossenen Fichtenwald an Auflichtungen Fuß fassen, was vermehrte Pollenfunde zu Beginn von PAZ-S 6 beweisen. *Pinus cembra* wird weiter in die Nähe der Waldgrenze hinaufgedrängt, denn sie verschwindet auch aus der subalpinen Höhenstufe, was sich im Überlingmoor (1700 m) sehr deutlich abzeichnet.

Gegen Ende des Boreals zeigen dann *Picea*-Werte um 70% einen geschlossenen Fichtenwald mit farnreichem Unterwuchs an.

Die lokalen Verhältnisse am Seetaler See während des Boreals werden durch Verlandungszeiger wie *Comarum*, *Filipendula*, *Thelypteris* sowie die Dominanz der Cyperaceen-Kurve charakterisiert. Ähnliche Verhältnisse mit etwa zeitgleichen *Cyperaceen*-Gipfeln haben im Überlingmoos, im benachbarten Seemoos (BORTENSCHLAGER 1967), in Etrach (SCHULTZE 1974), Dürnberg (SCHULTZE 1976) und im Dobramoos (BORTENSCHLAGER 1966) geherrscht.

5.2.1.3 Älteres Atlantikum (VI)

PAZ-S 8–9:

Die Grenze zwischen den FIRBAS-Zonen V und VI ergibt sich in Übereinstimmung mit BORTENSCHLAGER 1967 und KRISAI 1970, 1991a durch die letzte steile Anstiegsphase von *Picea* und den endgültigen Rückgang der *Pinus*-Kurve. In PAZ-S 8 erreicht *Picea* ähnlich hohe Maximalwerte wie die subalpin gelegenen Lokalitäten im Lungau (Seemoos, Überlingmoos).

Zu Beginn von PAZ-S 8 (erste Spuren bereits in PAZ-S 7) treten *Fagus*- und ganz vereinzelt *Abies*-Fernflugpollen auf. Die geschlossene *Fagus*-Kurve mit geringen Prozentwerten beginnt am Seetaler See etwa zeitgleich mit jener der benachbarten Lokalitäten (KRISAI 1970, 1991a) und weist auf Buchenvorkommen im östlichen und südöstlichen Alpenrandbereich hin, wie z.B. im Klagenfurter Becken, (Dobramoos, BORTENSCHLAGER 1966), Längsee (FREY 1956, SCHMIDT & al. 1998), Wörthersee, Jeserzer See (SCHULTZE 1979a, c) sowie auf der Koralm (SCHREINER 1978).

Im PAZ-S 9 scheint eine kurzfristige lokale Auflichtung des Fichtenwaldes stattgefunden zu haben, begleitet von einer leichten Zunahme von *Pinus* und lichtliebenden Sträuchern, wie *Salix* und *Juniperus* und einer erstmals deutlichen Vertretung von Ericaceen. Als weitere Indikatoren für eine mögliche Auflichtung der Vegetation treten noch *Artemisia*, Caryophyllaceen, Asteraceen und Cichoriaceen hinzu. Auf ein Herabrücken der Waldgrenze deutet auch die vorübergehende Zunahme von *Pinus cembra* im Überlingmoor hin, wo ebenfalls stärkere Schwankungen der *Picea*-Kurve und höhere Ericaceen-Werte am Übergang VI/VII zu beobachten sind.

Diese Vegetationsveränderungen sind möglicherweise Ausdruck eines Klimarückschlages bzw. mehrphasiger Klimaoszillationen, deren genaue zeitliche Zuordnung aufgrund fehlender ¹⁴C-Daten nicht möglich ist. In Kärnten liegt ein – der Frosnitz-Schwankung zugeschriebener – zeitlich vergleichbarer Rückgang des Fichtenareals vor (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973, FRITZ 1973b, ZWANDER 1979, 1980).

5.2.1.4 Jüngeres Atlantikum (VII)

PAZ-S 10–11:

Aufgrund des ¹⁴C-Datums von 6.005 ± 165 BP an der Grenze zwischen PAZ-S 10 und PAZ-S 11 fällt zumindest PAZ-S 11 schon in das Jüngere Atlantikum.

Die weitere zeitliche Untergliederung des Profiles gestaltet sich wie in allen Diagrammen aus der inneralpinen Nadelwaldzone schwierig. Von der montanen bis subalpinen Stufe beherrscht die Fichte das Waldbild; markante Änderungen ergeben sich erst wieder mit dem Eingriff des Menschen.

Ein weiteres walddeschichtliches Ereignis kann durch das ^{14}C -Datum 6.005 ± 165 BP zugeordnet werden. Der in fast allen Diagrammen Nord- und Mitteleuropas incl. der Alpen beobachtete Ulmenabfall zeichnet sich – etwas früher als o.g. Datum – auch am Seetaler See ab und fällt wie in allen ostalpinen Pollenprofilen etwa mit der Ausbreitung von *Fagus* und *Abies* zusammen. Die Ursachen für den Ulmenabfall sind vielschichtig und z.T. regional unterschiedlich (vgl. HEITZ-WENIGER 1976, OEGGL 1988, PEGLAR 1993). Der Hauptrückgang der Ulme ist gegen Ende des Jüngeren Atlantikums erreicht (BORTENSCHLAGER I. 1976, BORTENSCHLAGER S. 1966, 1984, FRITZ 1978, KRAL 1979, 1982, SCHULTZE 1976), kann sich aber noch ins Subboreal hineinziehen, wie es am Seetaler See der Fall ist (vgl. PAZ-S 12–13).

Die zunehmende Ozeanität der Klimaverhältnisse im ausklingenden Atlantikum haben Moorbildung und Moorwachstum in ganz Mitteleuropa initiiert und gefördert. Am Seetaler See zeigt sich ab 6.005 ± 165 BP eine deutliche Zunahme von *Sphagnum* und *Sphagnum*-Blättchen als Makroreste. In den Vergleichsdiagrammen Seemoos, Überlingmoos, Kohlstat (KRISAI 1970) und Dürnberg (SCHULTZE 1976) fällt der *Sphagnum*-Anstieg bzw. die Bildung von *Sphagnum*-Torf zumeist an den Beginn bzw. in das Ältere Atlantikum.

Parallel zur *Sphagnum*-Ausbreitung verläuft auch die Zunahme der Lycopodiaceen (in diesem Abschnitt v.a. *L. annotinum*).

5.2.1.5 Jüngerer Atlantikum/Subboreal (VII/VIII)

PAZ-S 12:

In diesen durch einen Hiatus zerrissenen Abschnitt fällt wohl der subboreale Anstieg der *Fagus*- und *Abies*-Kurven. Der Hiatus (415–455 cm) resultiert aus Wechsellagerungen von Schluff- bis Feinsandkomponenten mit Grobdestritus.

Die Einwanderung von Tanne und Buche in den Lungau erfolgte nach BORTENSCHLAGER 1967 und KRISAI 1991a zu Beginn des Subboreals.

Nach KRAL 1981, 1985a gilt für *Abies* ein Prozentwert von ca. 5%, um geringe Beimischung anzuzeigen; bei *Fagus* liegt der Schwellenwert für lokales Vorkommen bei ca. 10%. Bei SCHNEIDER & TOBOLSKI 1985 sind bereits *Fagus*- bzw. *Abies*-Werte von 3–5% mit Makrofossilfunden korreliert.

Demnach kann für die Umgebung des Seetaler Sees angenommen werden, daß Tanne und Buche innerhalb des dominierenden Fichtenwaldes einzelne Bestände gebildet haben (vgl. auch BORTENSCHLAGER 1967, KRISAI 1970, 1991a).

Dies ist eine besonders interessante Tatsache, zumal der Lungau heute keine Buchenvorkommen mehr aufweist und auch die Tanne kaum noch vertreten ist. Die Vermutungen von VIERHAPPER 1932, der dem postglazialen Buchenareal eine weitere Verbreitung als heute zuschreibt, werden damit bestätigt. Einige Buchenwaldcharakterarten finden sich noch immer im heute buchenwaldfreien Lungau.

Bezeichnenderweise tauchen im Diagramm Seetal zu dieser Zeit auch Pollen von *Viburnum* und *Lonicera* auf, die an lichtexponierten thermophilen Laubmischwaldrändern zu finden sind. Bei den Farnsporentypen treten noch *Polypodium vulgare* und *Dryopteris filix-mas* auf, typisch sowohl für einen farnreichen Fichtenwald als auch für Buchenwaldunterwuchs (VIERHAPPER 1932, 1935).

5.2.2 Anthropogener Einfluß

5.2.2.1 Subboreal (VIII) bis Älteres Subatlantikum (IX)

PAZ-S 13:

In diesem relativ homogenen Abschnitt bleibt *Picea* dominant. Der sich langsam anbahnende Arealverlust von *Abies* und *Fagus* in den Innenalpen macht sich am Seetaler See durch zweimaliges, parallel verlaufendes Absinken dieser beiden Baumarten bemerkbar.

Ein leichtes Absinken der *Picea*-Kurve kombiniert mit dem Anstieg von *P. cembra* und *Larix* könnte auf Klimaoszillationen hindeuten. Inwieweit dies auch als Ausdruck neolithischen oder bronzezeitlichen anthropogenen Einflusses zu werten ist, kann in diesem Profilabschnitt nicht eindeutig geklärt werden, da sowohl ein markanter Anstieg der NBP als auch eine Zunahme von Lichtgehölzen wie *Betula* oder *Corylus* ausbleibt.

Das Vorkommen von *Rumex* am Übergang PAZ-S 12/PAZ-S 13 und etwas später von *Plantago* zeigt offenes Wiesen- und Weideland sowie Ruderalstandorte in Siedlungsnähe an (BEH-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
RE 1981, ZOLLER 1960). Auch das vermehrte Auftreten von Campanulaceen kann als Hinweis für Aufflichtungen gewertet werden (WAHLMÜLLER 1988). Als weitere nitrophile Elemente der Ruderalflora treten vereinzelt Chenopodiaceen hinzu. Etwa gleichzeitig mit *Plantago* erscheint auch *Artemisia*. Die Anwesenheit von *Juniperus*- und Ericaceen-Pollen kann auf Waldaufflichtungen zu Waldweidezwecken hindeuten.

Im letzten Teil des PAZ-S 13 (ab 335 cm) treten *Epilobium* und vereinzelt *Helianthemum* als Waldrand- und Rodungszeiger auf, möglicherweise ein Hinweis auf hallstattzeitliche Siedlungseinflüsse.

Die frühesten Siedlungsnachweise im Lungau bei Tweng und Ramingstein stammen aus der Bronze- und Hallstattzeit. Von der hallstattzeitlichen Besiedlung des Lungaus zeugen zahlreiche geographische Bezeichnungen wie z.B. Lungau, Katschberg, Tauern, Taurach, Mur (HÜBL 1983). Leider läßt sich aus dem Diagramm kein so typischer hallstattzeitlicher Kräuterpollengipfel nachweisen, wie es z.B. in benachbarten Diagrammen aus Kärnten der Fall ist (FRITZ 1973b, 1978). Die Siedlungen dürften wohl eher in der Nähe wichtiger Handels- und Verkehrswege gelegen haben als in unmittelbarer Umgebung des Seetaler Sees.

Die gleichbleibend hohen *Sphagnum*-Werte lassen vermuten, daß die Schwingrasenbildung am Seetaler See in diesem Zeitabschnitt, der durch feucht-kühle Klimaverhältnisse charakterisiert ist (ZOLLER & al. 1966, PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973), weiter fortgeschritten sein muß.

Bemerkenswert ist der ansteigende Verlauf der *Pinus*-Kurve, vielleicht ein Hinweis auf die Ausbreitung der Latsche in einigen Bereichen des Schwingrasens (KRISAI 1970, 1973).

5.2.2.2 Älteres Subatlantikum (Ende IX)

PAZ-S 14:

Die Grenze zwischen PAZ-S 13 und PAZ-S 14 wird durch einen Hiatus gebildet: ein Sedimentwechsel von schluffiger Gytja zu Feindertitusgytja verbunden mit dem abrupten Einsetzen von Siedlungszeigern und dem Rückgang von *Picea*.

Die Pollenzone PAZ-S 14 wird, verglichen mit Pollendiagrammen aus dem zentralen und randlichen Ostalpenraum, etwa in die römische bzw. nachrömische Zeit gestellt (vgl. BORTENSCHLAGER I. 1976, BORTENSCHLAGER S. 1984, SEIWALD 1980).

Die anhaltende Dominanz der Fichte ist gebrochen. Das Oszillieren der *Picea*-Kurve vom Beginn dieses Abschnittes bis zum obersten Ende des Profils deutet auf Rodungseinflüsse hin, die sich auch durch einen markanten Anstieg der NBP und der Poaceen-Kurve bemerkbar machen.

Von diesem Zeitpunkt an wird es schwieriger, die anthropogenen und klimatischen Einflüsse auf das Waldbild im Pollendiagramm voneinander zu trennen bzw. in ihrer Intensität einzuschätzen (vgl. KRAL 1979).

So kann z.B. das kurzfristige Maximum von *Alnus viridis*, die leichte Zunahme von *P. cembra* sowie *Salix* und Ericaceen einerseits eine anthropogen bedingte Aufflichtung durch Waldweide ausdrücken, andererseits aber auch einen klimatischen Rückgang der Waldgrenze infolge der Klimaverschlechterung der ersten nachchristlichen Jahrhunderte anzeigen (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973, PATZELT 1977, ZOLLER & al. 1966).

Die *Secale*-Kurve erreicht in diesem Abschnitt ca. 3% und deutet auf den Anbau von Roggen im Umkreis von einigen km zum Seetaler Sees hin (vgl. BEHRE & KUCAN 1986, BROSCHE 1984, STIX 1981).

Secale, *Juglans* und *Castanea* wurden wahrscheinlich mit der römischen Kolonisation in den Alpenraum eingeführt. *Juglans* und *Castanea* tauchen im Lungauer Seemoos (BORTENSCHLAGER 1967) und auf der Turrach (KRAL 1974) als Einzelpollen bereits römerzeitlich auf. *Castanea* konnte am Seetaler See nicht nachgewiesen werden. Für den Kurvenbeginn von *Juglans* und *Secale* können die ¹⁴C-Daten 1.510 ± 95 BP bzw. 1.605 ± 70 BP aus Kärnten als Anhaltspunkte gelten (FRITZ 1969, 1978).

Diese Daten lassen erkennen, daß in unserem Gebiet erst in nachrömischer Zeit, evtl. gegen Ende der Völkerwanderungszeit oder unter slawischer Besiedlung der Ackerbau intensiviert wurde. Nach KRAL 1979 zeichnet sich der Roggenanbau im Alpenraum erst seit der Völkerwanderungszeit verstärkt ab. Diese Zeitmarke könnte für den Seetaler See übernommen werden; auch würde die Distanz zum einige Proben weiter oben gelegenen ¹⁴C-Datum von 805 ± 155 BP zeitlich passen.

Die Völkerwanderungszeit könnte am Übergang von PAZ-S 14 zu PAZ-S 15 durch den kurzfristigen Rückgang der NBP-Kurve angedeutet sein.

Seetaler See (Salzburg), 1225 m, Baumpollen
 Ursula Brosch

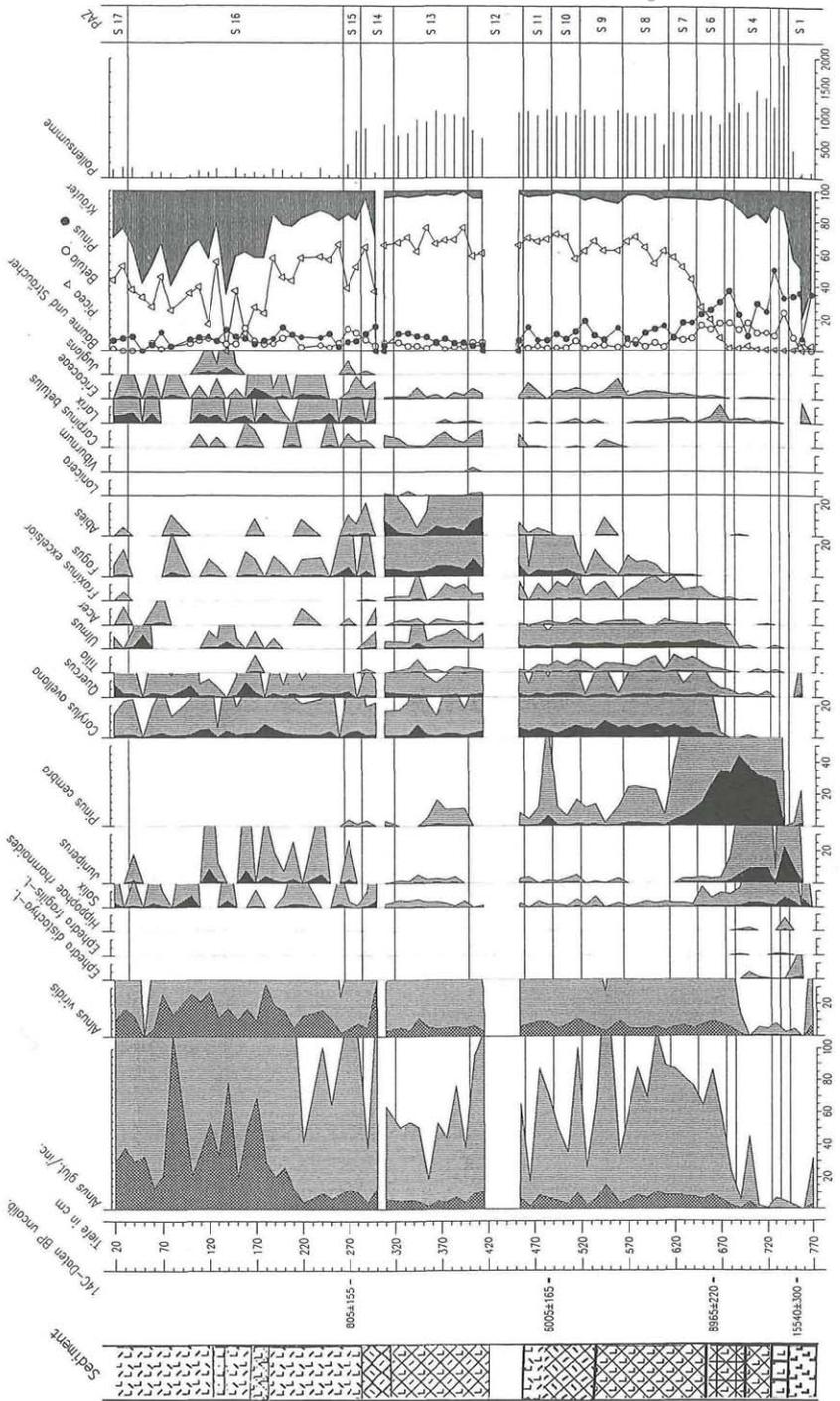


Fig. 7: Pollendiagramm Seetaler See (1225 m, Salzburg), Baumpollen.
 Pollen diagram Lake Seetal (1225 m, Salzburg), arboreal pollen.

5.2.2.3 Jüngerer Subatlantikum (Xa)

PAZ-S 15:

Durch den erneuten Anstieg aller Kräuterpollen sowie beider Getreidekurven zeichnet sich die Wiederbesiedlung des Lungau durch Slawen und Baiern (um 1000 n. Chr.) ab.

Centaurea cyanus taucht als Element der Segetalflora auf. Auch der *Humulus/Cannabis*-Pollentyp ist als Fernflugpollen nachweisbar. Er tritt in zahlreichen Ostalpendiagrammen verstärkt ab dem Jüngerer Subatlantikum auf.

Interessant ist zur gleichen Zeit das Auftreten von *Fagopyrum*, der im Ostalpenraum bisher selten nachgewiesen wurde und in Südtirol bereits ab der Völkerwanderungszeit vorgekommen ist (SEIWALD 1980). Der einzige nächstgelegene Nachweis von *Fagopyrum* stammt von der Turrach (KRAL 1974), wo sein Erscheinen ähnlich wie am Seetaler See mit dem Anstieg der Cerealia- und *Juglans*-Kurve korreliert ist und zeitlich in das Hochmittelalter fällt.

Auf der Turrach und am Seetaler See folgen kurz darauf zwei fast parallele ¹⁴C-Daten: 1280 ± 70 n. Chr. (Turrach, KRAL 1974) und 805 ± 155 BP (Seetaler See: ca. 1245 n. Chr., kalibriert nach STUIVER & PEARSON 1986)

Die Ereignisse, die mit diesem Datum zusammenfallen, lassen sich den großen Alpweiderodungen zuordnen, die im gesamten Alpenraum in Pollendiagrammen aller Höhenstufen nachweisbar sind (WELTEN 1950, 1952). Zur Neugewinnung von Siedlungs- und Weideflächen in höheren Hanglagen bis in Waldgrenznähe wurden durch die Alpweiderodung v.a. die Fichtenbestände dezimiert. Starke Eingriffe in den bisher relativ geschlossenen Nadelwaldgürtel sind auch am Seetaler See nachweisbar und nahezu zeitgleich mit den Entwicklungen im Seemoos, wo um 880 ± 100 BP ein Brandrodungshorizont datiert werden konnte (BORTENSCHLAGER 1967).

Daß auch *P. cembra* infolge dieser Rodungen zurückgeht bzw. bis in die heutige Zeit als wertvolles Nutzholz geschlägert wird und zunehmend aus dem Waldbild der tiefsubalpinen Höhenstufe um den Seetaler See verschwindet, kommt am Ende von PAZ-S 15 sehr deutlich zum Ausdruck.

Der Rückgang bzw. das Verschwinden einzelner Laubbölder wie *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* und *Fraxinus* kann einerseits auf die Nutzung als Schneitelholz zur Laubfütterung, andererseits auf die ungünstigeren Klimaverhältnisse zurückzuführen sein. Lichthölzer wie *Corylus*, *Betula*, *Juniperus* und Ericaceen können sich ausbreiten.

Die Auflichtungen der Fichtenwälder fördern aber v.a. *Larix* als Rohbodenpionier und Lichtholzart, welche bereits seit den ersten nachchristlichen Jahrhunderten (zu Beginn von PAZ-S 14) ununterbrochen vertreten ist. Hiermit ist belegt, daß sich der heutige Lärchenreichtum im Lungau, neben der klimatisch günstigen Situation, aufgrund der Rodungen der Fichtenbestände seit dem Hochmittelalter entwickeln konnte. Ähnliche Verhältnisse liegen im benachbarten, ebenfalls lärchenreichen Gebiet der Turrach vor (KRAL 1974). Besonders deutlich zeigt sich die Zunahme der Lärche ab dem Mittelalter auch in der oberen Waldstufe des Lungau (BORTENSCHLAGER 1967).

Ein weiteres Kennzeichen des Jüngerer Subatlantikums ist der starke Rückgang von Buche und Tanne, der sich auch am Seetaler See bemerkbar macht. Die Tanne ist heute im Lungau selten und kommt nur sporadisch auf schattigen Talseiten oder in feuchten Schluchten vor (VIERHAPPER 1913/14).

Die Ursachen hierfür liegen einerseits in den Klimarückschlägen des Hoch- und Spätmittelalters im 12./13. Jh. bzw. 15. Jh. (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973). Außerdem werden Buche und Tanne auch im Zuge der o.g. großen mittelalterlichen Rodungen – stärker als durch klimatische Faktoren – dezimiert worden sein.

5.2.2.4 Jüngerer Subatlantikum (Xb)

PAZ-S 16:

Die letzte Phase in der Entwicklung des Seetaler Sees kann aufgrund des sehr geringen organischen Gehaltes und der niedrigen Pollensummen nur als Großabschnitt diskutiert werden.

Der enorm hohe Sedimentzuwachs zwischen 260 cm und 20 cm mit einer Sedimentationsrate von ca. 23 mm/10 Jahre gegenüber dem relativ konstanten Sedimentwachstum im restlichen Postglazial (660 cm bis 260 cm) von ca. 5–6 mm/10 Jahre stehen wahrscheinlich mit den großen Rodungsaktivitäten und Waldverwüstungen ab dem 15./16. Jh. in Zusammenhang. Diese massive

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
Veränderung des Waldbildes durch den Menschen zeigen die pollenanalytischen Haupttendenzen dieses Diagrammabschnittes sehr deutlich.

Die Absenkung der *Picea*-Kurve, die starke Zunahme der NBP, insbesondere der Cichoriaeen und Ruderalelemente, die Zunahme von *Larix* und *Pinus*, Zwergsträuchern und *Alnus viridis*, Anstieg und beinahe geschlossene Kurve von *Selaginella* sowie der vorübergehende Anstieg von *Betula* sprechen für intensiven menschlichen Einfluß. Einzelne Pollenfunde von *Polygala* weisen auf relativ trockene Magergrasen oder Rohböden hin (OBERDORFER 1994).

Die großen Rodungen erfolgten nun hauptsächlich zur Holzgewinnung für die Eisenverhüttung. Der Name des in unmittelbarer Nähe südlich vom Seetaler See gelegenen Hochmoores „Große Kohlstatt“ sowie oberflächennahe, mit kohligten Resten durchsetzte Bodenschichten in der Nähe dieses Moores deuten heute noch auf die ehemalige Holznutzung für die Köhlerei hin.

Auf den Kahlschlägen, die großteils als Almweiden weitergenutzt wurden, war eine Regeneration des Fichtenwaldes fast unmöglich; der lichtliebende, vom Weidevieh gemiedene *Juniperus* konnte sich ausbreiten. Solche offenen Flächen waren in niederschlagsreichen Klimaepochen der Bodenerosion extrem ausgesetzt. In den vorliegenden Diagrammabschnitt fallen der Klimarückschlag des Spätmittelalters und die sog. „Kleine Eiszeit“ der Neuzeit (1600–1850 n. Chr., PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973).

In diesem anthropogen-klimatischen Zusammenhang kann vielleicht eine Erklärung für die insbesondere im östlichen Teil des Sees erfolgte starke Sedimentschüttung gefunden werden. KÜRSINGER 1853 – wohl ein Zeitzeuge der „Kleinen Eiszeit“ – bereiste den Lungau in der Mitte des 19. Jh. und berichtet, daß „... weite Übersandung durch Wassergüsse und Bergströme...“ das Bild am See prägen. Der Sage nach soll an der Stelle des heutigen Ortsteils „In der Stadt“ „... eine Stadt gestanden sein, welche durch ein außerordentliches Naturereignis (Erdbeben oder Sündfluth) in den See versunken ist.“ (KÜRSINGER 1853).

Sollten diese „Bergstürze“ (nicht i. S. der heute gebräuchlichen geologischen Terminologie) wirklich erfolgt sein, so ist dies am ehesten über den von NE her einmündenden Purgger-Lampal-Bach (s. Fig. 5) denkbar gewesen, der bis zu seiner Verbauung in jüngster Zeit v.a. bei Hochwasser sehr viel Schwemmaterial an der Ostflanke des Sees angelagert hat (WURM 1982). KRISAI 1966 vermutet, daß dieser Bach sogar in den See umgeleitet wurde, da er heute gegen die Talneigung und den nach E abfließenden Seetaler Bach in den See mündet. Eine weitere Möglichkeit des Sedimenteintrages besteht über die Abhänge des Schwarzenbachwaldes, der die Südseite des Sees begrenzt und zur Zeit der großen Waldverwüstungen wohl zum größten Teil gerodet war.

5.2.2.5 Jüngste Waldgeschichte (Xc)

PAZ-S 17:

Dieser oberste Abschnitt enthält Hinweise auf die Entwicklung des heutigen Waldbildes im Lungau. Die nach den großen Rodungen zum Schutze des Waldes erlassenen Waldordnungen zwischen dem 16.–19. Jh. waren der Beginn der geregelten forstlichen Einflußnahme durch den Menschen, denn eine natürliche Regeneration des Waldes war auf den als Weide genutzten Kahlschlägen fast nicht mehr möglich.

Bei der Wiederbewaldung wurde im gesamten Alpenraum v.a. die Fichte anthropogen gefördert, was durch den Anstieg der *Picea*-Kurve in den obersten Proben am Seetaler See angedeutet wird. Zur Bestandesentwicklung von *Larix* trägt bereits etwa seit der Zeitenwende (vgl. PAZ-S 14/PAZ-S 15) die enge Verknüpfung lokalklimatischer und anthropogener Gunstfaktoren bei. Die frühesten schriftlichen Dokumente über das Vorkommen junger Lärchenwälder im Lungau stammen aus dem Jahr 1564. Im Land Salzburg wurde durch Forstordnungen seit 1524 insbesondere der Schutz von Eichen und Lärchen geboten (TSCHERMAK 1935).

Die Förderung der Eichen (und auch anderer Laub- und Nadelbäume) läßt sich im Pollendiagramm Seetaler See möglicherweise an der leichten Zunahme bzw. den zwischenzeitlichen kleinen Maxima der *Quercus*-Werte in den Diagrammabschnitten PAZ-S 16 und PAZ-S 17 ablesen. Nach einer im Jahr 1755 erlassenen Vorschrift im Rahmen der Salzburgischen Forstordnungen mußten für jede geschlagerte Eiche 3–4 Jungeichen neu gepflanzt werden (TSCHERMAK 1935).

Der schlechte Zustand der Wälder ist noch bis zum Ende des 19. Jh. bzw. bis an den Beginn des 20. Jh. belegt; so beschreibt VIERHAPPER (1913/14) gering produktive Bauernwälder, deren Unterwuchs „... man oft mit mehr Recht als eine Erikazeenheide mit eingestreuten Bäumen

Die Schonung der Laub- und Nadelgehölze erfolgte allerdings ab Beginn des 20. Jh. auf Kosten der Hochmoore, deren Trockenlegung und Abtorfung zur Gewinnung von Brenn- und Streumaterial sowie Wiesen- und Weideflächen nun ihren Anfang nahm.

Auch Teile des Schwingrasens des Seetaler Sees sind zu dieser Zeit bereits trockengelegt und in landwirtschaftliche Nutzung übergegangen (SCHREIBER 1913).

Dank

Für die Auswahl des Themas und der Lokalitäten bin ich meinem werten Lehrer Herrn Prof. Dr. A. FRITZ zu großem Dank verpflichtet. Die Erbohrung der Profile erfolgte mit den Geräten des Limnologischen Institutes der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Mondsee und der Unterstützung von Herrn Dr. M. BOBEK und Herrn Dr. E. SCHULTZE. Die ¹⁴C-Datierungen wurden in dankenswerter Weise von Herrn Prof. Dr. M. A. GEYH, dem Leiter des ¹⁴C-Labors am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover durchgeführt.

Für die Hilfe bei Vegetationsaufnahmen und Geländearbeit sowie die Durchsicht des Manuskriptes danke ich Frau Dr. R. DRESCHER-SCHNEIDER und Herrn Dr. A. DRESCHER sehr herzlich.

Literatur

- BEHRE K.-E. 1981: The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. – *Pollen et Spores* 23/2: 225–245.
- BEHRE K.-E. & KUČAN D. 1986: Die Reflektion archäologisch bekannter Siedlungen in Pollendiagrammen verschiedener Entfernung – Beispiele aus der Siedlungskammer Flügeln, Nordwestdeutschland. – In: BEHRE, K.-E. (Hrsg.): Anthropogenic indicators in pollen diagrams: 95–114. – Balkema Verlag, Rotterdam, Boston. 245 pp.
- BERGLUND B.E. 1966: Late-Quaternary vegetation in eastern Blekinge, South-eastern Sweden. A pollen analytical study. I. Late-Glacial time. II. Post-Glacial time. – *Opera Bot.* 12: 1–190.
- BERSCH W. & ZAILER V. 1902: Das Hochmoor „Saumoo“ bei St. Michael im Lungau (Salzburg). – *Z. landw. Versuchswesen in Österreich* 5: 1071–1106.
- BERTOLDI R. 1968: Ricerche polliniche sullo sviluppo della vegetazione tardiglaciale e postglaciale nella regione del Lago di Garda. – *Studi Trentini Sci. Nat., Sez. B.* 45: 87–162.
- BOBEK M. & SCHMIDT R. 1975: Pollenanalytische Untersuchung von Seebohrkernen des nordwestlichen Salzkammergutes und Alpenvorlandes. Ein Beitrag zur spätglazialen bis mittelpostglazialen Vegetations- und Klimageschichte. – *Linzer biol. Beitr.* 7 (1): 5–34.
- BOBEK M. & SCHMIDT R. 1976: Zur spät- mittelpostglazialen Vegetationsgeschichte des nordwestlichen Salzkammergutes und Alpenvorlandes (Österreich). – *Linzer biol. Beitr.* 8 (1): 95–133.
- BORTENSCHLAGER I. 1976: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols II: Kufstein–Kitzbühel–Paß Thurn. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 63: 105–137.
- BORTENSCHLAGER S. 1966: Pollenanalytische Untersuchung des Dobramooses in Kärnten. – *Carinthia* II 156/76: 59–74.
- BORTENSCHLAGER S. 1967: Pollenanalytische Untersuchung des Seemooses im Lungau (Salzburg). – *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien* 107: 57–74.
- BORTENSCHLAGER S. 1984: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 71: 19–56.
- BROSCH U. 1984: Pollen- und Sporenflug in Graz 1982 und 1983 – wozu Pollenwarndienst? – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 114: 177–194.
- BROSCH U. 1998: Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Seetaler See (Österreich; Salzburg, Lungau) und Planter See (Österreich; Steiermark, Niedere Tauern). – *Diss. Univ. Graz*. 130 pp.
- BURGA C.A. 1980: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams und des Bernina-Paßgebietes (Graubünden, Schweiz). – *Diss. Bot.* 56: 1–165.
- BURGA C.A. 1984: Aktuelle Vegetation und Pollengehalt von Oberflächenproben der obermontanen bis subalpinen Stufe am Bernhardin-Pass (Graubünden/Schweiz). – *Jahresber. Naturf. Ges. Graubünden* 101: 53–99.
- BURGA C.A. 1985: Lai da Vons – Spät- und postglaziale Umweltsveränderungen eines Sees an der Baumgrenze in den östlichen Schweizer Alpen. – *Diss. Bot.* 87: 381–428.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- DIGERFELDT G. 1972: The post-glacial development of Lake Trummen. Regional vegetational history, water level changes and palaeolimnology. – *Folia Limnol. Scand.* 16: 1–104.
- DRAXLER I. 1977: Pollenanalytische Untersuchungen von Mooren zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Einzugsgebiet der Traun. – *Jahrb. Geol. Bundesanst.* 120/1: 131–163.
- DRAXLER I. & van HUSEN D. 1977: Zur Entwicklung des Spätglazials im Mitterndorfer Becken (Steiermark). – *Verh. Geol. Bundesanst.* 1977/2: 79–84.
- DRESCHER-SCHNEIDER R. 2000 (im Druck): Die Vegetations- und Klimaentwicklung im Riß/Würm Interglazial und im Früh- und Mittelwürm in der Umgebung von Mondsee. Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen. – *Mitt. Komm. Quartärforsch. d. Österr. Akad. Wiss.*
- ERDTMAN G. 1934: Über die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. – *Svensk Bot. Tidskr.* 28 (2): 354–358.
- ERDTMAN G. 1954: Some remarks on terms, diagnoses, classification, and methods in palynology. – *Svensk Bot. Tidskr.* 48/2: 471–484.
- ERDTMAN G. 1960: The acetolysis method. – *Svensk Bot. Tidskr.* 54/4: 561–564.
- FIEDLER L. 1884: Naturhistorische Eigenthümlichkeiten Lungau's. – *Mitt. Ges. Salzburger Landeskde.* 24: 1–46.
- FIRBAS F. 1949: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd. 1. – G. Fischer Verlag, Jena. 480 pp.
- FREY D.G. 1956: Die Entwicklungsgeschichte des Längsees in Kärnten. – *Carinthia II* 146/66: 5–12.
- FRITZ A. 1964: Pollenanalytische Untersuchung des Bergkiefern-Hochmoores im Autertal, Kärnten. – *Carinthia II* 154/74: 40–59.
- FRITZ A. 1965: Pollenanalytische Untersuchung zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im oberen Drautal, Kärnten. – *Carinthia II* 155/75: 90–115.
- FRITZ A. 1967a: Beitrag zur spät- und postglazialen Pollenstratigraphie und Vegetationsgeschichte Kärntens. – *Carinthia II* 157/77: 5–37.
- FRITZ A. 1967b: Pollenanalytische Untersuchung zur Verschiebung der Waldgrenze in den Gurktaler Alpen, Kärnten. – *Carinthia II* 157/77: 109–132.
- FRITZ A. 1969: Folgerungen zur Klima- und Vegetationsgeschichte Kärntens aus neuen ¹⁴C-Untersuchungen. – *Carinthia II* 159/79: 111–120.
- FRITZ A. 1973a: Die Bedeutung des Längsee-Moores für die spätglaziale Vegetations- und Klimageschichte des Klagenfurter Beckens (Ostalpen). – *Carinthia II* 163/83: 277–293.
- FRITZ A. 1973b: Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetations- und Klimageschichte des unteren Gäitales, Kärnten (Pollendiagramm Pölland). – *Carinthia II* 163/83: 295–315.
- FRITZ A. 1976: Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der Karnischen Alpen (Kärnten). – *Carinthia II* 166/86: 175–196.
- FRITZ A. 1977: Pollenanalytische Untersuchung der lignitführenden Sedimente von Podlanig im unteren Lesachtal (Kärnten). – *Carinthia II* 167/87: 189–215.
- FRITZ A. 1978: Pollenstratigraphische Probleme des Würm- und des Postglazials in Kärnten. – *Carinthia II* 168/88: 189–206.
- GAILLARD M.-J. 1983: On the occurrence of *Betula nana* L. pollen grains in the Late-Glacial deposits of Lobsigensee (Swiss Plateau). *Studies in the Late Quaternary* 2. – *Rev. Paléobiol.* 2: 181–188.
- GEYH M.A., MERKT J. & MÜLLER H. 1970: ¹⁴C-Datierung limnischer Sedimente und die Eichung der ¹⁴C-Zeitskala. – *Die Naturwissenschaften* 57/12: 564–567.
- GUTTENBERG A. 1898: Über Waldmißhandlung in unseren Alpenländern. – *Z. Deutsch. Österr. Alpenvereins* 29: 69–80.
- HANTKE R. 1983: Eiszeitalter. Bd. 3. – Ott Verlag, Thun. 730 pp.
- HEDBERG H.D. 1972: Summary of an international guide to stratigraphic classification, terminology, and usage. – *Boreas* 1: 213–239.
- HEITZ-WENIGER A. 1976: Zum Problem des mittelholozänen Ulmenabfalls im Gebiet des Zürichsees (Schweiz). – *Bauhinia* 5/4: 215–229.
- HOLZNER F. 1976: Methode zur Eingliederung von postglazialen Moorprofilen ins absolute Zeitsystem. – *Linzer biol. Beitr.* 8/1: 79–94.
- HÜBL J. 1983: Der Lungau. – Otto Müller Verlag, Salzburg. 118 pp.
- HUNTLEY B. & BIRKS H.J.B. 1983: An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13.000 years ago. – Cambridge Univ. Press, Cambridge, London, New Rochelle, Melbourne, Sydney. 667 pp.
- van HUSEN D. 1997: LGM and late glacial fluctuations in the eastern alps. – *Quaternary International* 38/39: 109–118.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.) 1953: Die Niederschläge in Österreich im Zeitraum 1901–1950. – Hydrographischer Dienst. Beitr. Hydrographie Österr. 27. Wien.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.) 1961: Die Monats- und Jahresmittel der Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1901–1950. – Hydrographischer Dienst. Beitr. Hydrographie Österr. 32. Wien.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.) 1983: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971–1980. – Hydrographischer Dienst. Beitr. Hydrographie Österr. 46. Wien.
- KEIDEL B. 1975: Die Zirbe im Lungau. – Festungsvlag, Salzburg, 101 pp.
- KILIAN W., MÜLLER F. & STARLINGER F. 1994: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. – FBVA-Berichte 82: 1–60.
- KLAUS W. 1972: Saccusdifferenzierungen an Pollenkörnern ostalpiner *Pinus*-Arten. – Österr. Bot. Z. 120: 93–116.
- KLAUS W. 1977: „*Coccus nivalis*“. Ein häufiges Mikrofossil des Spätglazials und frühen Postglazials. – Linzer biol. Beitr. 9/1: 81–84.
- KOLSTRUP E. 1979: Herbs as July temperature indicators for parts of the pleniglacial and late-glacial in the Netherlands. – Geol. Mijnbouw 58: 377–380.
- KOLSTRUP E. 1980: Climate and stratigraphy in northwestern Europe between 30.000 BP and 13.000 BP, with special reference to the Netherlands. – Meded. Rijks Geol. Dienst 32–15: 181–253.
- KOLSTRUP E. 1982: Late-Glacial pollen diagrams from Hjelm and Draved Mose (Denmark) with a suggestion of the possibility of drought during the Earlier Dryas. – Rev. Palaeobot. Palynol. 36: 35–63.
- KRAL F. 1971: Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte des Dachsteinmassivs. – Veröff. Inst. f. Waldbau, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- KRAL F. 1974: Pollenanalytische Untersuchungen zur natürlichen Bewaldung der Turracher Höhe. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 114: 29–40.
- KRAL F. 1979: Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. – Veröff. Inst. f. Waldbau, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- KRAL F. 1981: Zur postglazialen Waldentwicklung in den nördlichen Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Kl., Abt. I, 190/8–10: 193–234.
- KRAL F. 1982: Pollenanalytische Untersuchungen im Schoberpaßgebiet als Beitrag zur postglazialen Waldgeschichte der Steiermark. – Phytol (Austria) 22/2: 243–265.
- KRAL F. 1985a: Zur natürlichen und anthropogenen Waldentwicklung im Gasteiner Raum. Pollenanalyse und Radiocarbonatierung. – In: FRANZ H. (Hrsg.): Beiträge zu den Wechselbeziehungen zwischen den Hochgebirgsökosystemen und dem Menschen. – Veröff. Österr. MaB-Progr. 9: 207–220.
- KRAL F. 1985b: Zur postglazialen Waldentwicklung in den südlichen Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. Pollenanalytische Untersuchungen. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Kl., Abt. I, 194/6–10: 247–289.
- KRAL F. 1993: Zum Aufbau von Fichten-Tannen-Buchenwäldern im jüngeren Postglazial (Bregenzerald und Obersteiermark). – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 130: 171–188.
- KRAL F. & MAYER H. 1979: Aus dem Pollenarchiv des WWF-Reservates Pürgschachener Moor. – Allg. Forstzeitung 90: 32–35.
- KRAL F. & SCHREINER F. 1985: Pollenanalytische Beiträge zur postglazialen Waldgeschichte und natürlichen Bewaldung der Koralpe (Steiermark und Kärnten). – Verh. Zool.-Bot. Ges. Österr. 123: 303–320.
- KRISAI R. 1966: Pflanzensoziologische Untersuchungen in Lungauer Mooren. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 105/106: 94–136.
- KRISAI R. 1970: Pollenanalytische Notizen aus dem Lungau. – Mitt. Ostalp.-din. pflanzensoz. Arbeitsgem. 10 (2): 34–45.
- KRISAI R. 1973: Seit wann wächst die Bergkiefer (*Pinus mugo*) auf den Hochmooren im Alpenraum? – Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel (Zürich) 51: 154–157.
- KRISAI R. 1986: Untersuchungen zur Vegetation und Genese Lungauer Moore. Ein Vorbericht. – Sauteria (Salzburg) 1: 51–64.
- KRISAI R. 1991a: Spät- und postglaziale Waldgeschichte des Ost-Lungaus. – In: KRISAI R., BURGSTALLER B., EHMER-KÜNKELE U., SCHIFFER R. & WURM E., Die Moore des Ost-Lungaus. Heutige Vegetation, Entstehung, Waldgeschichte ihrer Umgebung. – Sauteria (Salzburg) 5: 173–200.
- KRISAI R. 1991b: Geographisch-geologische Situation. – In: KRISAI R., BURGSTALLER B., EHMER-KÜNKELE U., SCHIFFER R. & WURM E., Die Moore des Ost-Lungaus. Heutige Vegetation, Entstehung, Waldgeschichte ihrer Umgebung. – Sauteria (Salzburg) 5: 13–26.
- KÜRSINGER I. 1853: Lungau. Historisch, ethnographisch, statistisch, aus bisher unbenützten urkundlichen Quellen. – Oberer'sche Buchhandlung, Salzburg, 854 pp.
- LANG G. 1993: Holozäne Veränderungen der Waldgrenze in den Schweizer Alpen – Methodische Ansätze und gegenwärtiger Kenntnisstand. – Diss. Bot. 196 (Festschrift Zoller): 317–327.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- LANG G. 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – G. Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York. 462 pp.
- LIEB G.K. 1987: Zur spätglazialen Gletscher- und Blockgletschergeschichte im Vergleich zwischen den Hohen und Niederen Tauern. – Mitt. Österr. Geogr. Ges. 129: 5–27.
- LIVINGSTONE D.A. 1955: A lightweight piston sampler for lake deposits. – Ecology 36/1: 137–139.
- MANGERUD J., ANDERSEN S.T., BERGLUND B.E. & DONNER J.J. 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. – Boreas 3: 109–127.
- MANGERUD J. & BERGLUND B.E. 1978: The subdivision of the Quaternary of Norden: a discussion. – Boreas 7: 179–181.
- MARSHALL P. D. 1994: The environmental impact of mining and metalworking activities in Steiermark, Austria. – Thesis Univ. Sheffield. 282 pp.
- MAYER H. 1970: Ein Reliktvorkommen von *Alnus viridis* und *Rhododendron ferrugineum* in Tiefagen der Ostalpen. – Mitt. Ostalp.-din. pflanzensoz. Arbeitsgem. 10/2: 59–63.
- MUTSCHLECHNER G. 1967: Über den Bergbau im Lungau. – Mitt. Ges. Salzburger Landeskd. 107: 129–168.
- OBERDORFER E. 1994: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 7. Aufl., UTB 1828, Stuttgart. 1050 pp.
- OEGGL K. 1988: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols VII: Das Hochmoor Schwemm bei Walchsee. – Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck 75: 37–60.
- OEGGL K. & UNTERFRAUNER S. 2000 (im Druck): Die Pflanzengroßreste des Riß/Würm-Interglazials und des Würmglazials von Mondsee. – Mitt. d. Komm. f. Quartärforsch. d. Österr. Akad. d. Wiss.
- OESCHGER H., ANDREE M., MÖLL M., RIESEN T., SIEGENTHALER U., AMANN B., TOBOLSKI K., BONANI B., HOFMANN H.J., MORENZONI E., NESSI M., SUTER M. & WÖLFLI W. 1985: Radiocarbon chronology at Lobsigensee. Comparison of materials and methods. – In: LANG G. (Hrsg.): Swiss lake and mire environments during the last 15 000 years. – Diss. Bot. 87: 135–139.
- PATZELT G. 1977: Der zeitliche Ablauf und das Ausmaß postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. – Erdwiss. Forsch. 13: 248–259.
- PATZELT G. & BORTENSCHLAGER S. 1973: Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). – Z. Geomorph. N.F. Suppl. 16: 25–72.
- PEGLAR S.M. 1993: The mid-Holocene *Ulmus* decline at Diss Mere, Norfolk, UK: a year-by-year pollen stratigraphy from annual laminations. – The Holocene 3/1: 1–13.
- PENCK A. & BRÜCKNER E. 1909: Die Alpen im Eiszeitalter. III. – C. H. Tauchnitz Verlag, Leipzig. 1199 pp.
- POSCH G. 1995: The development of the Hörfeld in Late Glacial and Holocene. – In: BAUER S. J. (Hrsg.): IGBP-Global Change. Austrian Contributions to the IGBP 2: 17–21.
- RADKE G. J. 1973: Landschaftsgeschichte und -ökologie des Nordschwarzwaldes. – Hohenheimer Arbeiten. Schriftenreihe der Universität Hohenheim 68.
- SCHIFFER R., BURGSTALLER B. & KRISAI R. 1991: Einheiten der heutigen höheren Vegetation. – In: KRISAI R., BURGSTALLER B., EHMER-KÜNKELE U., SCHIFFER R. & WURM E.: Die Moore des Ost-Lungaus. Heutige Vegetation, Entstehung, Waldgeschichte ihrer Umgebung. – Sauteria (Salzburg) 5: 27–108.
- SCHLATTE G. 1965: Das Aicher Moor, das bedeutendste inneralpine *Betula humilis*-Vorkommen. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 95: 195–210.
- SCHMIDT H. 1965: Palynologische Untersuchungen an drei Mooren in Kärnten (Mit pollen- und sporenmorphologischem Anhang). – Diss. Univ. Innsbruck. 133 pp.
- SCHMIDT R. 1975: Pollenanalytische Untersuchungen zur spätglazialen bis mittelpostglazialen Vegetationsgeschichte im Raume Bozen. – Linzer biol. Beitr. 7/2: 225–247.
- SCHMIDT R. 1979: Klimaoszillationen der Älteren (Ic) und Jüngeren (III) Dryas am Beispiel dreier Pollenprofile aus dem Salzkammergut (Egelsee, Nussensee, Moor von Rödschitz). Linzer biol. Beitr. 11/1: 67–73.
- SCHMIDT R., WUNSAM S., BROSCH U., FOTT J., LAMI A., LÖFFLER H., MARCHETTO A., MÜLLER H. W., PRAZAKOWA M. & SCHWAIGHOFER B. 1998: Late and post-glacial history of meromictic Längsee (Austria), in respect to climate change and anthropogenic impact. – Aquatic Sciences 60/1: 56–88.
- SCHNEIDER R. 1978: Pollenanalytische Untersuchungen zur Kenntnis der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Südrand der Alpen zwischen Turin und Varese (Italien). – Bot. Jahrb. Syst. 100: 26–109.
- SCHNEIDER R. & TOBOLSKI K. 1985: Lago di Ganna – Late Glacial and Holocene environments of a lake in the Southern Alps. – Diss. Bot. 87: 229–271.
- SCHREIBER H. 1913: Die Moore Salzburgs in naturwissenschaftlicher, geschichtlicher, landwirtschaftlicher und technischer Beziehung. – Verlag d. deutschösterreich. Moorvereines, Staab. 272 pp.
- SCHREINER F. 1978: Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Koralpe. – Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien. 71 pp.
- SCHULTZE E. 1974: Beiträge zur Vegetationsentwicklung und Waldgeschichte im Bereich des würmeiszeitlichen Murgletschers. – Diss. Univ. Wien. 92 pp.

- SCHULTZE E. 1975: Pollenanalytische Untersuchungen an zwei Profilen aus dem Goggaussee in den Wimitzer Bergen in Kärnten. – *Carinthia II* 165 (85): 168–176.
- SCHULTZE E. 1976: Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte und Waldentwicklung am Neumarkter Sattel/Steiermark. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 106: 193–200.
- SCHULTZE E. 1979a: Pollenanalytische Untersuchung eines Seebohrkernes aus dem Profundal des Wörthersees (Westbecken) in Kärnten. – *Linzer biol. Beitr.* 11/1: 1–19.
- SCHULTZE E. 1979b: Die Bedeutung eines Pollenprofils aus dem Haidensee (486 m NN) in Kärnten für die spät- und frühpostglaziale Vegetationsentwicklung im nördlichen Klagenfurter Becken. – *Linzer biol. Beitr.* 11/1: 21–31.
- SCHULTZE E. 1979c: Ein Beitrag zur Vegetationsgeschichte Kärntens. Das Pollendiagramm Jeserzer (Saasser) See. – *Carinthia II* 169/89: 359–366.
- SCHULTZE E. 1979d: Pollenanalytische Untersuchungen an einem Seebohrkern aus dem Wolayersee in den Karnischen Alpen. – *Carinthia II* 169/89: 427–435.
- SCHULTZE E. & NIEDERREITER, R. 1990: Paläolimnologische Untersuchungen an einem Bohrkern aus dem Profundal des Mondsees (Oberösterreich). – *Linzer biol. Beitr.* 22/1: 213–235.
- SEIWALD A. 1980: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau – Villanderer Alm. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 67: 31–72.
- ŠERCELJ A. 1966: Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega Barja (Pollenanalytische Untersuchungen der pleistozänen und holozänen Ablagerungen von Ljubljansko Barje). – *Razpr. 4. razr. Slov. akad. znan. umetn.* 9: 431–472.
- ŠERCELJ A. 1971: Postglacialni razvoj gorskih gozdov v severozahodni Jugoslaviji (Die postglaziale Entwicklung der Gebirgswälder im nordwestlichen Jugoslawien). – *Razpr. 4. razr. Slov. akad. znan. umetn.* 14/9: 267–294.
- SHOTTON F.W. 1972: An example of hard-water error in radiocarbon dating of vegetable matter. – *Nature* 240: 460–461.
- SPREITZER H. 1961: Der eiszeitliche Murgletscher in Steiermark und Kärnten. – *Geogr. Jahresber. Österr.* 28: 1–48.
- STEINER G.M. 1992: Österreichischer Moorschutzkatalog. – 4. Aufl., styria medienservice, Graz. 509 pp.
- STIX E. 1981: Pollenkalender. Regionale und jahreszeitliche Verbreitung von Pollen. – *Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft, Stuttgart*. 56 pp.
- STUIVER M. & PEARSON G.W. 1986: High precision calibration of the radiocarbon time scale, 500–2500 B.C. – *Radiocarbon* 28/2B: 839–862.
- THURNER A. 1958: Erläuterungen zur Geologischen Karte Stadl–Murau 1:50.000 zugleich auch Führer durch die Berggruppen um Murau. – *Geologische Bundesanstalt, Wien*. 106 pp.
- TRANQUILLINI A. 1988: POLPROF – ein Programm zum computergesteuerten Zeichnen von Pollenprofilen. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, Suppl.* 2: 27–34.
- TROELS-SMITH J. 1955: Karakterisering af løse jordarter (Characterization of unconsolidated sediments). – *Danmarks Geol. Unders. IV. Række* 3/10: 39–73.
- TSCHERMAK L. 1929: Die Verbreitung der Rotbuche in Österreich. Ein Beitrag zur Biologie und zum Waldbau der Buche. – *Mitt. Forstl. Versuchswesen Österr.* 41. – 121 pp.
- TSCHERMAK L. 1935: Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Ostalpen. Ein Beitrag zur Ableitung der Standortsansprüche der Lärche – *Mitt. Forstl. Versuchswesen Österr.* 43. – 361 pp.
- VIERHAPPER F. 1913/1914: Klima, Vegetation und Volkswirtschaft im Lungau. – *Deutsche Rundschau Geogr.* 36 (5): 206–217; 36 (6): 252–270; 36 (7): 316–328; 36 (9): 408–416.
- VIERHAPPER F. 1932: Die Rotbuchenwälder Österreichs. – *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 8: 388–442.
- VIERHAPPER F. 1935: Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Österreichs. XIV. Vegetation und Flora des Lungau (Salzburg). – *Abh. Zool.-Bot. Ges. Wien* 16/1: 1–245.
- WAHLMÜLLER N. 1985: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 72: 101–144.
- WAHLMÜLLER N. 1988: Pollenanalytische Untersuchungen am Göttschenberg bei Bischofshofen/Salzburg. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, Suppl.* 2: 13–26.
- WAKONIGG H. 1978: Witterung und Klima in der Steiermark. – *Arbeiten aus dem Inst. f. Geogr. d. Univ. Graz*. 473 pp.
- WALTER H. & LIETH H. 1964: Klimadiagramm-Weltatlas (2. Lieferung). – G. Fischer Verlag, Jena.
- WEINGARTNER H. 1988: Einige Aspekte zur spätglazialen Entwicklung im inneralpinen Lungau. – *Salzburger Geogr. Arbeiten* 17: 311–322.
- WELTEN M. 1944: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. – *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 21: 1–201.
- WELTEN M. 1950: Die Alpweiderodung im Pollendiagramm. – *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel Zürich* 1949: 57–67.
- WELTEN M. 1952: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals. – *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 26: 1–135.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- WELTEN M. 1957: Über das glaziale und spätglaziale Vorkommen von *Ephedra* am nord-westlichen Alpenrand. – Ber. Schweizer Bot. Ges. 67: 33–54.
- WITTMANN H., SIEBENBRUNNER A., PILSL P. & HEISELMAYER P. 1987: Verbreitungsatlas der Salzburger Gefäßpflanzen. – Sauteria (Salzburg) 2: 1–403.
- WURM E. 1982: Das Schwingrasenmoor des Seethalersees und seine Desmidiaceenflora. – Ber. Naturwiss.-Med. Vereins Salzburg 6: 103–157.
- ZOLLER H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. – Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 83: 45–156.
- ZOLLER H., SCHINDLER C. & RÖTHLISBERGER H. 1966: Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. – Verh. Naturf. Ges. Basel 77/2: 97–164.
- ZUKRIGL K. 1975: Zur Geschichte der Hochlagenwälder in den Seetaler Alpen (Steiermark). Eine pollenanalytische Untersuchung des kleinen Moores im Winterleitenkessel. – Cbl. Ges. Forstwesen 92/3: 175–188.
- ZWANDER H. 1979: Zur Waldgeschichte Kärntens. Das Moor bei Bad Kleinkirchheim. – Carinthia II 169/89: 195–204.
- ZWANDER H. 1980: Die Vegetationsgeschichte des Gailtales (Kärnten). – Diss. Univ. Graz. 128 pp.
- ZWANZIGER I. 1853: Die Flora von Lungau. – In: KÜRSINGER I.: Der Lungau: 777–785. – Oberer'sche Buchhandlung, Salzburg.