

Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols VI: Riesengebirge, Hohe Tatra – Zillertal, Kühtai

Ein Vergleich der postglazialen Vegetationsentwicklung und Waldgrenzschwankungen

von

Heinz HÜTTEMANN und Sigmar BORTENSCHLAGER *)

(Institut für Botanik der Universität Innsbruck, Abteilung Palynologie)

Contributions to the vegetational history of Tyrol VI:

Riesengebirge, Hohe Tatra – Zillertal, Kühtai

A comparison of the postglacial history and fluctuations of the timberline

Synopsis: A comparison of the vegetational history at sites in the eastern Central Alps (Zillertal, Kühtai) with sites in the Czechoslovakian mountains (Riesengebirge, Hohe Tatra) has revealed differences that are geographically conditioned. All the previously-known climatic fluctuations and the shifts in the forest limit related to these fluctuations were clearly expressed in work of the profiles from the Alps. In the Czechoslovakian profiles, despite being ideally situated, no shifts in the forest limit could be detected. It would seem that shifts in the forest limit, such as those known from the Alps, only occur where the mountains are high enough to support glaciers at the present-day, as well as in the past, and which appears to intensify the effects of climatic change. Shifts in the forest limit common to all four profiles could only be detected in the most recent deposits, where the changes have however unequivocally been due to human influence.

Durch zahlreiche Untersuchungen in den West- und Ostalpen (Zusammenstellung BORTENSCHLAGER 1982) sind postglaziale Klimaoscillationen und damit zusammenhängende Gletscher- und Waldgrenzschwankungen festgestellt worden. Eigentümlicherweise sind aus außeralpinen Gebirgen in Europa nur vereinzelte Nachweise bisher erbracht worden. Mit dieser Untersuchung sollten nun zwischen alpinen Gebieten, die auch heute noch vergletschert sind und außeralpinen, die heute keine Gletscher mehr haben, Vergleiche angestellt werden. Voraussetzung war, daß sich die Untersuchungslokalitäten im Bereich der Waldgrenze und deren möglichen Schwankungsbreite befinden. Moore im bereits gut untersuchten Riesengebirge und in der Tatra einerseits, im Zillertal und im Kühtai andererseits, boten sich an (Abb. 1).

*) Anschrift der Verfasser: Dr. Heinz Hüttemann und Univ.-Prof. Dr. S. Bortenschlager, Institut für Botanik, Abt. Palynologie, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich.

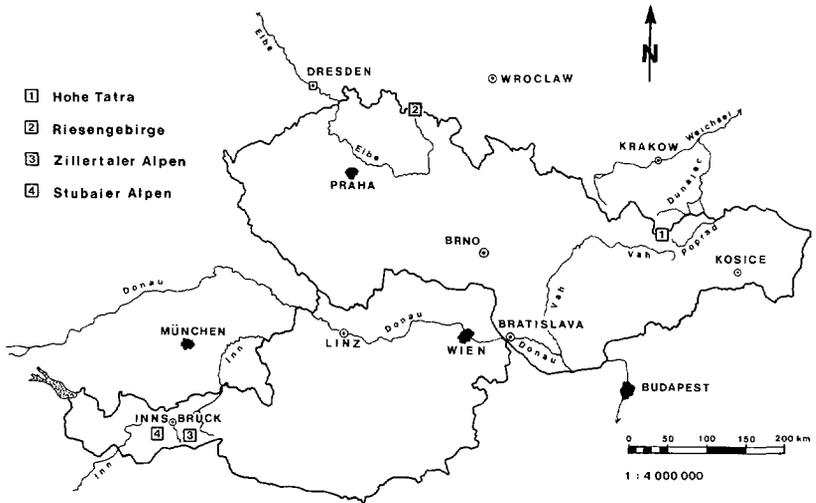


Abb. 1: Lage der Untersuchungspunkte.

Methodik

Feldarbeit:

Sämtliche Profile wurden an der durch Sondierung ermittelten Stelle größter Sedimentmächtigkeit ergraben. Aus der gesäuberten Stichwand wurden die Profilsäulen in Blechkassetten (50 × 8 × 8 cm) entnommen. Auffällige Makroreste, Holzfunde und das Material für die Basisdatierungen wurde gesondert entnommen.

Laborarbeit:

Die Proben wurden nach der am Institut für Botanik, Abteilung Palynologie, angewandten Methode (I. BORTENSCHLAGER 1976, SEIWALD 1980) aufbereitet und präpariert. Für die Erstellung der Absolutdiagramme (Pollenfrequenzdiagramme) wurde den Proben vor Beginn der chemischen Behandlung Fremdpollen in Form einer Suspension zugesetzt (STOCKMARR 1971).

Sedimentanalyse, Pollenanalyse:

Das Sediment wurde nach den Richtlinien von TROELS-SMITH (1955) klassifiziert, wobei diese Bestimmung an dem Profil aus der Tatra und dem Riesengebirge direkt an der Stichwand erfolgte, bei dem Profil aus dem Zillertal und Kühltai aber erst aus dem bereits tiefgefrorenem Material.

Zusätzlich zum üblichen pollenanalytischen Typenspektrum wurde eine Unterscheidung *Pinus cembra* Pollen, *Pinus non cembra* Pollen versucht. Dazu wurden pro Präparat 50 sehr gut erhaltene *Pinus* PK bestimmt und der Anteil der *Pinus cembra*-Körner auf die Gesamtzahl der *Pinus*pollen hochgerechnet. Nur bei Präparaten in denen der Erhaltungszustand der *Pinus* PK schlecht war, wurde auf diese Detailanalyse verzichtet. Dies war im gesamten Profil Zillertal und im Profil Tatra unterhalb von 147 cm der Fall. Ein ähnlicher Versuch wurde beim *Alnus*-Typ im Profil Kühltai und Zillertal versucht. Da die Unterscheidung *Alnus viridis* Typ, *Alnus non viridis* Typ aber keinerlei brauchbare Aussagen zuließ, wurde auf eine Darstellung in gesonderten Kurven verzichtet.

Berechnung und Darstellung:

Für die Berechnung und Darstellung der Profile wurde das am Institut vorhandene Rechenprogramm Pollplot – verwendet. Es wurden Relativ-, Absolut- und Influxdiagramme erstellt, wobei bei den Influxdiagrammen die C14-Daten, die von Hölzern stammten, nicht mitberücksichtigt wurden. Im Profil Zillertal wurde *Alnus* aus der

100%-Summe beim Relativdiagramm ausgeschlossen. Die Einteilung erfolgte nach MANGERUDE et al. (1974) in Chronozonen, zusätzlich wurden die Profile noch in Diagrammabschnitte (DA) gegliedert.

Tab. 1: Liste der ^{14}C -Daten.

Bezeichnung	Nr.	Tiefe/cm	Alter BP
Trojrohe pleso	VRI-620	200 - 210	6050 + 110
Trojrohe pleso*	VRI-713	157	1750 + 160
Trojrohe pleso	VRI-697	150 - 155	3640 + 90
Trojrohe pleso	VRI-629	100 - 110	2290 + 90
Trojrohe pleso	VRI-821	70 - 75	1480 + 80
Trojrohe pleso	VRI-698	55 - 55	890 + 70
Pantschewiese	VRI-621	230 - 235	7600 + 160
Pantschewiese*	VRI-707	210	4750 + 90
Pantschewiese	VRI-693	190 - 195	4710 + 90
Pantschewiese	VRI-694	135 - 140	4280 + 90
Pantschewiese	VRI-695	95 - 100	2460 + 80
Pantschewiese	VRI-696	35 - 40	610 + 80
Waxeckalm	VRI-624	240 - 250	6800 + 150
Waxeckalm	VRI-706	170 - 175	5520 + 100
Waxeckalm*	VRI-704	150 - 154	3600 + 210
Waxeckalm	VRI-703	95 - 100	3450 + 90
Waxeckalm	VRI-702	60 - 65	760 + 80
Dortmunder Hütte	VRI-623	185 - 200	8300 + 130
Dortmunder Hütte	VRI-712	180 - 185	7600 + 130
Dortmunder Hütte	VRI-711	145 - 150	6080 + 100
Dortmunder Hütte	VRI-710	110 - 115	5290 + 100
Dortmunder Hütte	VRI-709	75 - 80	4170 + 100
Dortmunder Hütte	VRI-708	55 - 60	3910 + 100

*) Datierung von Holz

Radiocarbondatierungen:

Sämtliche Datierungen wurden am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien durchgeführt. Von den 23 Proben (siehe Tab. 1) sind 20 Proben torfiges Material, 3 Proben sind Holzdatierungen (VRI 704 - 707 und 713). Die Basisproben waren sandig/schluffig durchsetzt. Es handelt sich bei allen Angaben um nicht korrigierte Daten.

Bei der Probe VRI 713 war zuwenig organisches Material vorhanden, die trotzdem durchgeführte Datierung ergab ein Alter, das in der Abfolge nicht sinnvoll erscheint. Es wurde zur Interpretation nicht herangezogen.

Untersuchungsgebiet Trojrohe pleso (Abb. 2):

Lage:

Der Trojrohe pleso ist ein kleiner Karsee in 1650 m Höhe, auf einem breiten moränenüberzogenen Hochplateau, das der Talschluß des Dolina Bielych im äußersten Südosten der Tatra ist. Nach LUKNIS (1963, 1964) handelt es sich um spätglaziale Moränen, deren Parallelisierung mit den alpinen Stadien aber noch nicht durchgeführt ist.

Die Hohe Tatra ist der mächtigste Gebirgskamm der Westkarpaten und ist zur Gänze aus sili-katischen Gesteinen aufgebaut. Das heutige Relief ist glazialen Ursprungs, wie die zahlreichen Kar-

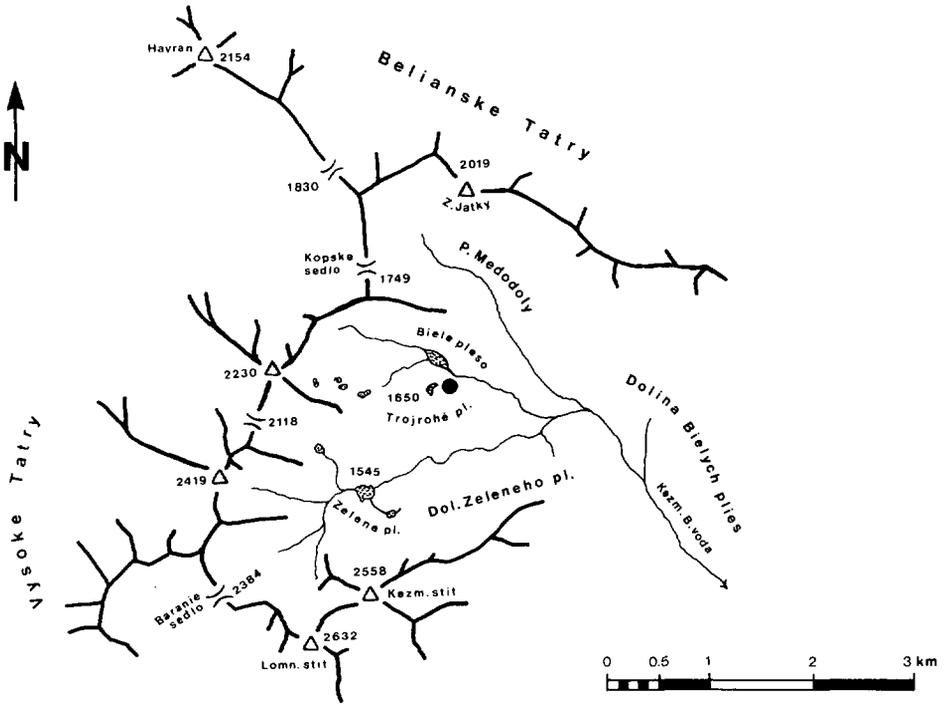


Abb. 2: Situation von Trojrohe pleso.

mulden, Trogtäler und der am Fuß der Tatra verlaufende hohe Endmoränenwall, der den Charakter eines Vorgebirges hat, beweisen. Nach LUKNIS (1963, 1964) können drei Glaziale nachgewiesen werden.

Vegetation:

Trojrohe pleso liegt in der subalpinen Latschenstufe im Bereich der potentiellen Waldgrenze, die hier von Fichte als dominierendem Baum und der Zirbe gebildet wird. Die aktuelle Waldgrenze hat im südöstlichen Teil der Tatra eine durchschnittliche Höhe von 1376 m (PLESNIK 1971) und eine maximale Höhe von 1540 m.

Besiedlung:

Das südlich vorgelagerte Zipser und Liptauer Becken sind sehr alte Siedlungsgebiete. Funde reichen zurück bis ins Mittelpaläolithikum (VALOCH 1969). Für das frühe Neolithikum (5. Jt. v. Chr.) konnte ständige Besiedlung nachgewiesen werden (NOVOTNY 1972). Nach einer Fundlücke beginnt im Spätneolithikum wieder die intensive Kulturtätigkeit in diesem Bereich – befestigte Siedlungen von Trägern der Baedener Kultur – (NEUSTUPNY 1972), die bis in die Bronzezeit andauert. In der La Tene Zeit kam es durch die Puchov Kultur wieder zu intensiverer Siedlungstätigkeit. Seither war das Gebiet nicht mehr unbesiedelt, und nach den Tartareinfällen begann die Kolonialisierung durch deutsche Siedler, die den unteren Bereich der Karpatentäler intensiv nutz-

ten und rodeten. Im Bereich der Waldgrenze kam es ab dem 15. Jhd. zu größeren Rodungen als walachische Hirten mit der Weidenutzung der hohen Lagen begannen (SVOBODA 1939). Die stärkste Absenkung der Waldgrenze fand aber erst am Ende des vorigen Jahrhunderts statt als die intensive Beweidung des Gebietes begann. Heute ist das Untersuchungsgebiet in dem 1948 gegründeten Tatra Nationalpark integriert.

Untersuchungsgebiet Panschewiese (Abb. 3):

Lage:

Die Panschewiese (1325 m) liegt mit der durch eine Wasserscheide getrennte Elbwiese auf dem Elbhochplateau im böhmischen Westteil des Riesengebirges. Diese tertiäre Rumpffläche verbindet den schlesischen und böhmischen Kamm des Riesengebirges, in dem die Schneekoppe (1603 m) die höchste Erhebung der Sudeten ist. Die den Varesciden angehörenden Sudeten sind aus Graniten, Schiefen und Gneisen aufgebaut.

Karbildungen, Talkessel und Moränen bezeugen die pleistozäne Vergletscherung des Riesengebirges. An der Nordabdachung konnten 4 Gletscherstände sicher, ein fünfter als wahrscheinlich nachgewiesen werden (CIELINSKA & DUMANOWSKI 1961). Die tiefsten Moränen liegen im Elb- und Riesengrund bei 810-820 m, zwei Rückzugstadien konnten bei 890-910 und bei etwa 1020 m nachgewiesen werden (BRUNNER 1963). Parallelisierungen mit alpinen Stadien sind nicht durchgeführt worden.

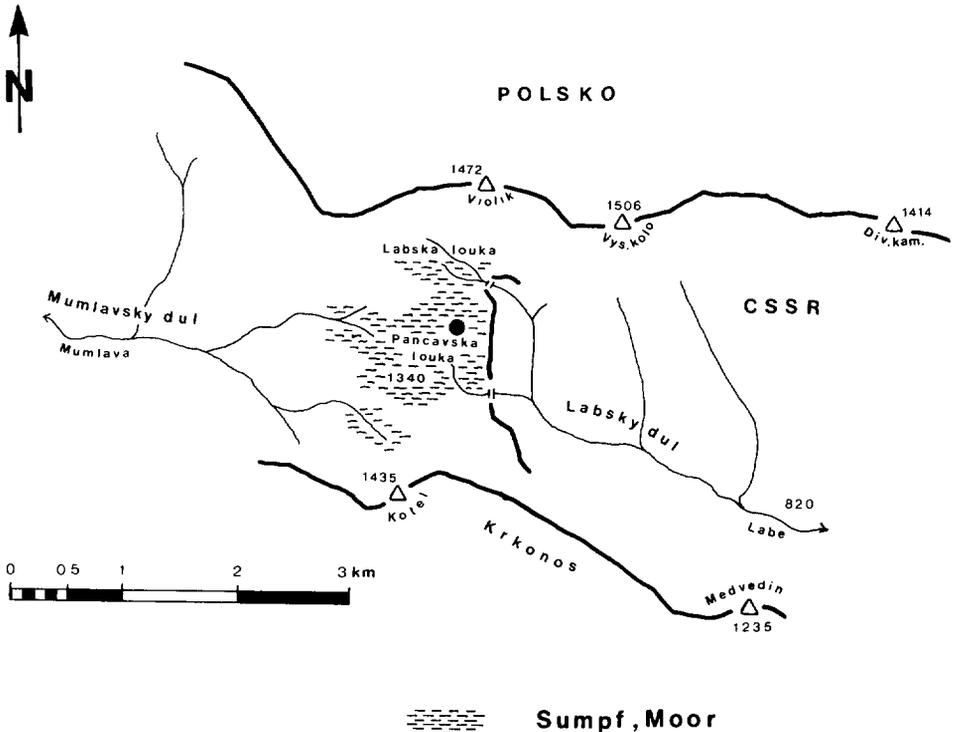


Abb. 3: Situation von Panschewiese.

Vegetation:

Pantschewiese und Elbewiese sind subalpine, soligene Moorbildungen. Dieser Moortyp weist große Ähnlichkeiten mit den terrainbedeckenden Mooren ozeanischer Gebiete auf. Moorkundlich und phytosoziologisch wurden diese Moore gründlich untersucht und zahlreiche arktische Florenelemente konnten festgestellt werden wie *Salix lapponum*, *Rubus chamaemorus*, *Pedicularis sudetica* und *Sphagnum lindberghii* (RUDOLPH & FIRBAS 1927, MEJSTRIK & STRAKA 1964, HADAC & VANA 1967).

Am Elbeplateau wird die subalpine Strauchvegetation vor allem von *Pinus mugo* gebildet, in die *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Salix silesiaca* und *Prunus padus* ssp. *petrea* eingestreut sind. Die durchschnittliche Waldgrenzhöhe beträgt im Westteil etwa 1165 m und ist im Elbgrund bis auf 995 m abgesenkt. Maximal steigt sie auf 1330 m – Mädelstein – an. Die Waldgrenze wird generell, durch die Fichte gebildet, wobei der Übergang in den Knieholzgürtel fließend ist. Vereinzelt gibt es Punkte, an denen die Buche die Waldgrenze bildet (JENIK & LOKVENC 1962). Die Wälder der montanen Stufe bestehen oberhalb 950 m vor allem aus *Picea*, unterhalb sind *Abies*, *Fagus*, *Acer* und *Ulmus* stärker beteiligt.

Besiedlung:

Für prähistorische Perioden sind bis heute noch keine sicheren Nachweise für die Besiedlung des Riesengebirges erbracht worden. Nur bei Vrchlabi konnte eine spätneolithische Steinaxt gefunden werden (KERN 1934). In der La Tene-Periode gelangten keltische Stämme bis an den Fuß des Riesengebirges. Gleiches gilt für die Germanen während der Römerperiode (PREIDEL 1953). Nach der Völkerwanderung während der Burgwallperiode siedelte der Stamm der Chorvati am Südfuß des Riesengebirges. Handelswege zwischen Böhmen und Schlesien führten aber lange schon über das Riesengebirge (SCHRANIL 1929).

Ständige Besiedlung des Riesengebirgsvorlandes ist seit dem 13. Jhd. nachgewiesen. Glashütten nutzen den Waldreichtum. Im Zuge der zunehmenden Holzverknappung wurden auch höhere Lagen gerodet, die Waldgrenze aber nicht tangiert (GRUNDMANN 1969). Im 15. Jhd. begannen italienische Edelsteinsucher mit der Suche nach Bodenschätzen, was sich rasch zu einem systematischen Erzabbau mit entsprechendem Holzbedarf ausweitete (FEYFAR 1968). Der abnehmende Mineralreichtum, die Glasüberproduktion und der beginnende Holzmangel brachte im 16. Jhd. einen Übergang zur Viehzucht und damit Nutzung der subalpinen und alpinen Gebiete. Die Baudenwirtschaft erwies sich als rentabel und durch Intensivierung wurden große Knieholzbestände und Waldbestände an der Waldgrenze gerodet (JENIK & LOKVENC 1962). Erst rigorose Gesetze zum Schutz der restlichen Waldbestände und Wiederaufforstungen brachten die Ausdehnung der Baudenwirtschaft Ende des vorigen Jahrhunderts zum Stillstand. 1952 wurde das gesamte Riesengebirge zum Nationalpark erklärt.

Untersuchungsgebiet Zillertal (Abb. 4):

Lage:

Das Profil wurde im Moor (1875 m) knapp oberhalb der Waxeck-Alm, es liegt außerhalb der postglazialen Moränenwälle, entnommen (HEUBERGER 1977). Die geomorphologischen und klimatischen Verhältnisse sind bei WEIRICH & BORTENSCHLAGER (1980) ausführlich dargestellt.

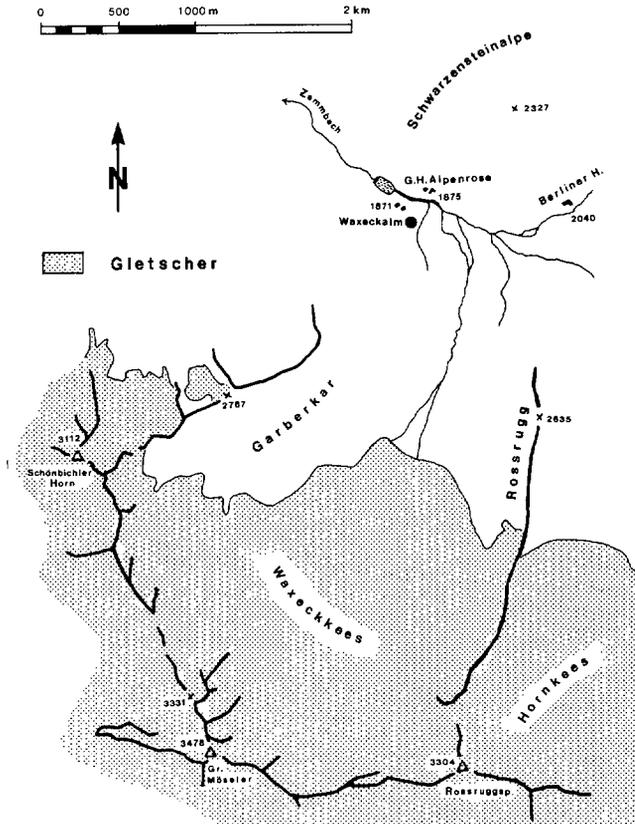


Abb. 4: Situation Moor Waxeck Alm.

Vegetation:

Der Höhenlage nach befindet sich das Moor in der subalpinen Zwergstrauchstufe, doch können hier lokal bedingt – Sanderflächen, Moränenschutt – nur alpine Grasmattenelemente gedeihen. Entlang des Baches treten *Alnus viridis* und verschiedene *Salix*-Arten auf, die unterhalb der Grawandalm (1640 m) in ein Alnetum *incanae* übergehen. Die Waldgrenze wird von *Pinus cembra* und *Picea* gebildet, wobei einzelne Zirbengruppen im inneren Zemmgrund bis auf Höhe der Berliner Hütte (2040 m) vorkommen (PITSCHMANN et al. 1971). Die montane Stufe wird im Zillertal von Fichten-Tannenwäldern (MAYER 1974) eingenommen.

Besiedlung:

Nachweise prähistorischer Siedlungen im engeren Untersuchungsgebiet gibt es nicht. Funde einer bronzezeitlichen Axt und von römischen Münzen im Hintertux belegen nur, daß das Gebiet begangen wurde. Nachweislich begann die Besiedlung erst mit der bajuwarischen Landnahme, Orts- und Flurnamen deuten aber auf frühere Besiedlungen hin (MAIR 1960).

Aus einem Urbar des erzbischöflichen Amtes zu Salzburg von 1350 geht hervor, daß es in den Zillertaler Gründen einige Schweighöfe mit ausschließlicher Viehzucht gab, zu denen jeweils einige Almen und Asten gehörten. Aus dem vorigen Jahrhundert liegen noch Berichte über Edelsteingewinnung vor, generell aber war der Zemmgrund immer dünn besiedelt.

Untersuchungsgebiet Kühtai (Abb. 5):

Lage:

Das Moor lag in 1880 m am Ausgang des Längentales unterhalb der Dortmunder Hütte. Es war ein vollwüchsiges Sphagnumhochmoor mit zentraler Wasserfläche, welches randlich von Latschen bestockt war. Am rechten Ufer in sicherer Entfernung vom Bach erfolgte ein von Einschwemmungen ungestörtes Torfwachstum. Das gesamte Moor wurde im Zuge der Errichtung des Ausgleichbeckens für das Kraftwerk Sellrain-Silz 1976 vernichtet.

Geologisch gehören die Stubai Alpen zur Ötztaler Masse und sind hauptsächlich aus Biotit-plagioklasgneisen aufgebaut (KLEBELSBERG 1933). Von der pleistozänen Vereisung sind nur

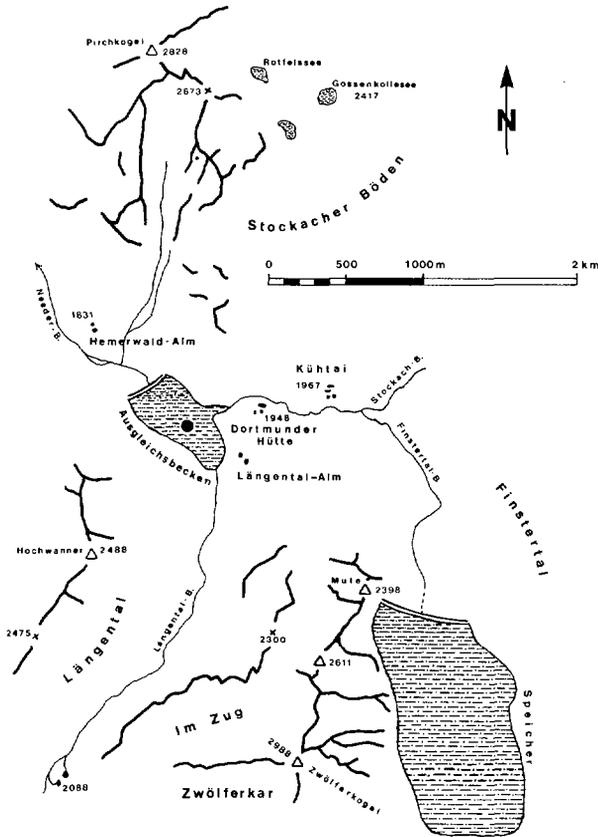


Abb. 5: Situation Moor Dortmund Hütte.

mehr Gletscherreste erhalten. In der Umgebung der Dortmunder Hütte treten Moränenrücken auf, die dem Gschnitzstadium des Längentalgletschers zuordenbar sind. Das Daunstadium ist schwierig zuzuordnen und Reste des Egesenvorstoßes sind nur im Mittagskar deutlich erhalten. Von den postglazialen Stadien sind keine Moränen festgestellt worden, die älter als 1850 sind. Zur Zeit der Larstigschwankung bildet sich im Mittagskar ein Blockgletscher aus (HEUBERGER 1966).

Vegetation:

Die Umgebung des Moores ist von subalpinen Zirbenwäldern bestockt (PITSCHMANN et al. 1970), denen etwa unterhalb 1800 m *Picea* stärker beigemischt ist (LAPINSKI 1950). Die Waldgrenze liegt in diesem Gebiet bei etwa 2200 m. Die Moorfläche selbst bestand aus Sphagnen mit reichlich Carices und Trichophorum.

Besiedlung:

Prähistorische Funde und damit Belege für Siedlungstätigkeit fehlen im Küntai noch völlig. Rätoromanische bzw. keltisch-illyrische Flurbezeichnungen lassen aber bereits eine Besiedlung während und kurz vor der Römerzeit vermuten. Die Bajuwaren, die Ende des 6. Jhd. ins Haupttal kamen, aber erst einige Jahrhunderte später in die Seitentäler, vermischten sich dort mit der ansässigen Bevölkerung. Ab dem 13. Jhd. wird das Sellraintal intensiver besiedelt und ab dem 16. Jhd. entstanden die Weiler Haggen, Peida und Praxmar. Diese Siedlungsintensivierung hatte größere Rodungstätigkeiten, teils Brandrodung zur Folge (GASSNER 1925, GAMS 1970).

Trojrohe pleso

Diagrammabschnitte – Charakteristik:

A. Fichtenphase (210 - 112 cm):

DA 1: *Picea Pinus* EMW Abschnitt (210 - 182 cm)

Sediment: 210 - 185 cm stark zersetzter Braunmoos-Cyperaceentorf

185 - 182 cm *Sphagnum*torf

Makrofossilien: Wassermilben

Vegetation: *Picea* ansteigend, *Pinus* fallend, EMW regelmäßig vertreten, *Corylus* hoch, Kulturzeiger in ersten Spuren vorhanden.

DA 2: *Picea*-Abschnitt (182 - 150 cm)

Sediment: 182 - 176 cm *Sphagnum*torf

176 - 174 cm stark zersetzter Moos-Cyperaceentorf

174 - 150 cm *Sphagnum-Eriophorum*torf, unter 166 cm schwächer, darüber stärker zersetzt

Makrofossilien: zwischen 176 bis 174 cm Wassermilben und Reste von *Sphagnum* sp. und *Drepanocladus* sp. darüber Spindeln von *Eriophorum vaginatum* und *Sphagnum magelanicum* in 157 cm Wurzelholz von *Salix* und Holz von *Ericaceae*.

Vegetation: höchste Werte von *Picea*, *Sphagnummaximum* und kontinuierlicher Anstieg von *Abies Fagus* und *Carpinus*.

DA 3: *Picea-Abies-Fagus*-Abschnitt (150 - 112 cm)

Sediment: 150 - 139 cm *Sphagnum-Eriophorum*torf

139 - 136 cm stark zersetzter Cyperaceentorf

136 - 112 cm *Sphagnum-Eriophorum*torf mit wechselndem Zersetzungsgrad

Makrofossilien: mehrere kleine nicht bestimmbare Holzstückchen

Vegetation: *Picea* weiterhin dominant aber abnehmend, Anstieg bzw. gleichbleibende Werte von *Abies* und *Fagus*, EMW teils abnehmend, Kulturzeiger regelmäßig mit leichtem Anstieg, *Larix* gut vertreten.

B. Tannen-Buchen-Phase (112 - 57 cm)

DA 4: Unterer *Abies-Fagus*-Abschnitt ericaceenreich (112 - 87 cm)

Sediment 112 - 96 cm schwach zersetzter *Sphagnum-Eriophorum*torf

96 - 91 cm *Carex-Sphagnum*torf

91 - 87 cm stark zersetzter *Carex*torf

Makrofossilien: 96 - 91 cm kleine Holzreste nicht bestimmbar

Vegetation: *Fagus* und *Abies* bleiben gleich hoch und dominierend, die NBP steigen in Verbindung mit den Ericaceen an, die Kulturzeiger treten regelmäßig auf.

DA 5: *Fagus-Betula*-Abschnitt, kulturzeigerreich (87 - 72 cm)

Sediment: 87 - 79 cm stark zersetzter *Carex-Sphagnum*torf

79 - 72 cm schwach zersetzter *Sphagnum*torf

Makrofossilien: *Sphagnum*pflanzen und Spindeln von *Eriophorum*

Vegetation: *Fagus* und *Betula* (23 %) sind die dominierenden Bäume, *Picea* und *Abies* gehen zurück. Die NBP nehmen stark zu, *Artemisia* erreicht 5 %, die Chenopodiaceen erreichen ebenfalls Prozentwerte. Deutliche Präsenz von Kulturbegleitern.

DA 6: Oberer *Abies-Fagus*-Abschnitt, ericaceenreich (72 - 57 cm)

Sediment: 72 - 69 cm schwach zersetzter *Sphagnum*torf

69 - 57 cm stark zersetzter Cyperaceentorf

Makrofossilien: Käferflügel (cf. *Carabidae*), *Sphagnum*pflanzen, Spindeln von *Eriophorum vaginatum*.

Vegetation: *Wiederanstieg der Baumpollen*, regional *Abies* und *Picea*, lokal *Pinus*, *Fagus* und *Quercus* gleichbleibend, Kulturbegleiter gehen zurück, sind aber weiterhin präsent.

C. Nichtbaumpollenphase (57 - 0 cm)

DA 7: Waldbaumreicher NBP Abschnitt 57 - 32 cm

Sediment: 57 - 52 cm stark zersetzter Cyperaceentorf

52 - 48 cm stark zersetzter Detritustorf

48 - 45 cm schwach zersetzter *Sphagnum*torf

45 - 51 cm Detritustorf

41 - 35 cm *Sphagnum*torf

35 - 32 cm Detritustorf

Makrofossilien: 41 - 35 cm Spindeln von *Eriophorum vaginatum*

Vegetation: *Fagus* und *Abies* weiterhin noch dominierend mit fallender Tendenz, *Pinus* lokal und *Corylus* regional leicht steigend, kontinuierliche Zunahme der NBP, vor allem der Gramineen. Ebenfalls reich vertreten die Ericaceen.

DA 8: Kulturzeigerreicher NBP Abschnitt (32 - 0 cm)

Sediment: 32 - 15 cm nicht zersetzter *Sphagnum-Eriophorum*torf

15 - 0 cm lebender *Sphagnum*rasen

Makrofossilien: *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium* sp., *Sphagnum* sp.

Vegetation: NBP-Zunahme auf 35 %; hohe Werte von lokaler *Pinus*, regionale Bäume wie *Fagus Abies* und EMW haben ein Minimum. *Picea* nimmt gegen Ende zu.

Trohrohe pleso — Ergebnisse:

Jüngeres Atlantikum (DA 1)

Das Basisdatum von 6050 ± 110 BP stellt den Beginn der Torfbildung ins jüngere Atlantikum. Das Moor befand sich zu dieser Zeit im Verlandungsstadium, wie die gut vertretenen Pollenwerte von Cyperaceen und Wasserpflanzen einerseits und Makroreste andererseits beweisen. Der EMW ist mit 18 - 25 % noch stark repräsentiert, was den Schluß zuläßt, daß die Südhänge der Hohen Tatra in tieferen Lagen von Eichenmischwäldern bestockt waren. Allerdings dürfte der EMW in der Hohen Tatra keinen durchgehenden Waldgürtel gebildet haben, sondern nur regional in größeren Beständen vorgekommen sein, da in anderen Tatra-Profilen (KRIPPEL 1963, KOPEROWA 1962) während des ganzen Atlantikums keine derartig hohen EMW-Werte erreicht wurden.

Die obere Waldstufe wurde im jüngeren Atlantikum von *Picea* und *Pinus* beherrscht, wobei bereits damals *Picea* den dominierenden Waldbaum darstellte. Ihre Werte nehmen sowohl relativ als auch absolut stark zu, während *Pinus* an der Basis ein Maximum von 26 % aufweist und nach oben hin abnimmt. AARIO (1940) und WELTEN (1950a) konnten aber bei rezenten Pollenfluguntersuchungen in Pineten stets eine Überrepräsentanz an *Pinus*-Pollen feststellen und setzten in diesem Zusammenhang in fossilen Profilen für den Fall einer *Pinus*-Dominanz daher entsprechend hohe *Pinus*-Werte voraus. Infolge des schlechten Erhaltungszustandes der Pollen, sowie der fehlenden Makroreste konnte keine Artenbestimmung von *Pinus* durchgeführt werden. *Abies* und *Fagus* sind als Fernflug vorhanden, *Carpinus* beginnt in diesem Abschnitt mit der Massenausbreitung und dringt offensichtlich recht rasch in die Laubmischwälder ein. Das starke Auftreten von *Corylus* und anderen lichtliebenden Straucharten im unteren Teil von DA 1 deutet daraufhin, daß die Baumbestände der Umgebung während des Atlantikums einen geringeren Kronenschluß hatten als in den folgenden Zeitabschnitten. Ab 195 cm Tiefe nimmt *Picea* stark zu, *Corylus* und die übrigen Straucharten gehen zurück, die Wälder wurden immer dichter. Dieser Trend ist vor allem im Absolutdiagramm gut dokumentiert. Die alpine Waldgrenze dürfte damals wahrscheinlich etwas höher gelegen sein als heute.

Durch Fernflug von Kulturbegleitern, einschließlich der Cerealia, konnte in diesem Profil und in Profilen aus dem Zipser Becken (JANKOVSKA 1972) der pollenanalytische Nachweis neolithischer Siedlungstätigkeit im Vorland der Hohen Tatra erbracht werden (NOVOTNY 1972).

Subboreal (DA 2, DA 3):

Das Waldbild wurde weitgehend von der Fichte bestimmt, die in diesem Abschnitt ihre höchsten Werte erreicht. *Carpinus* breitet sich weiter aus, *Fagus* und *Abies* beginnen mit ihrer Massenausbreitung. Der Beginn der Massenausbreitung von *Abies* und *Fagus* ist durch das ¹⁴C-Datum 3640 ± 90 BP, aus 150-155 cm Tiefe fixiert. *Picea*, *Fagus* und *Abies* dürften den EMW verdrängt haben. Anthropogene Ursachen für den EMW-Rückgang in der Hohen Tatra sind aus dem Pollendiagramm nicht ersichtlich; dies wird erhärtet durch die Profile von V. JANKOVSKA (1972), denen zufolge der EMW im Zipser Becken weitgehend fehlte, andererseits aber der Mensch damals nur im Tiefland siedelte. Im späteren Subboreal sind also *Abies* und *Fagus* in die Fichtenwälder der montanen Stufe eingedrungen und haben durch ihre Konkurrenz *Picea* etwas zurückgedrängt. In tieferen Lagen standen zu dieser Zeit Laubmischwälder mit *Carpinus*, EMW-Elementen und vermutlich auch mit *Fagus*; zwischen 125 und 112 cm Tiefe fallen *Abies* und *Picea* deutlich ab, während *Fagus* gleichbleibt und andere Baumarten wie *Betula*, *Pinus* und *Quercus* relativ sogar zunehmen; gleichzeitig steigen auch die NBP- und Gramineenwerte an und *Artemisia* hat einen Gipfel. KRIPPEL (1963) erklärt diese Phänomene mit einer Lichtung der Wälder infolge zunehmender Trockenheit des Klimas, wobei er als weiteres Argument das Fehlen der Wasserpflanzen während des Subboreals anführt. Dem vorliegenden Pollendiagramm nach handelt es sich aber vielmehr um eine selektive Rodung, wie die Abnahmen von *Picea* und *Abies* beweisen. Dieser Rodung folgt eine Kulturphase, dies wird durch das verstärkte Auftreten der Kulturzeiger, *Chenopodiaceae* und von *Artemisia* in DA 4 deutlich. Das Fehlen von Wasserpflanzen ist eher eine lokale Erscheinung.

Am Verlauf der alpinen Waldgrenze hat sich, dem BP:NBP-Verhältnis nach, im Subboreal gegenüber dem Atlantikum nichts geändert. Im Subboreal vollzieht sich im Bereich des Profils der Übergang zu einem sphagnumreichen Hochmoor. Vorherrschendes Sediment ist zwischen 174 und 96 cm ein *Sphagnum-Eriophorum*-torf, der zwischen 136 und 139 cm Tiefe durch eine geringmächtige Zwischenlage aus stark zersetztem Cyperacento (Schlenken?) unterbrochen wird. Die außergewöhnlich hohen *Sphagnum*-Werte und der *Calluna*-Gipfel in 160 cm Tiefe sprechen für eine Blütenentwicklung an dieser Stelle. Das lokale Vorkommen von *Salix* im Moor wurde sowohl durch Makroreste als auch durch Pollenfunde ausreichend bestätigt.

Subatlantikum:

Rund die Hälfte der gesamten Torfmasse wurde im Subatlantikum gebildet. Es wurde eine durchschnittliche Sedimentationsrate von 4,5 cm pro 100 Jahre für diesen Zeitraum errechnet, im Atlantikum und Subboreal zusammen betrug sie nur 2,6 cm pro 100 Jahre. Während, wie aus dem Absolutdiagramm ersichtlich, das Torfwachstum des Atlantikums und Subboreals kontinuierlich erfolgte, traten im Subatlantikum im Zusammenhang mit einem oftmaligen Wechsel der Torfart, besonders in den DA 5, 6 und 7, Inhomogenitäten im Torfwachstum und damit auch in der Pollenkonzentration auf. So lassen sich in DA 5 sehr geringe – rasches Wachstum – in den DA 6 und 7, dagegen enorm hohe Pollenkonzentrationen – langsames Wachstum – beobachten. Im DA 7 fallen außerdem der rasch aufeinanderfolgende Wechsel von Detritus und *Sphagnum*torf, sowie bedeutende Werte von *Potamogeton* und *Typha* auf, was auf das Vorhandensein einer offenen Wasserfläche hinweist. Es ist durchaus anzunehmen, daß in dieser Zeit der Seespiegel angestiegen war, wahrscheinlich auf Grund erhöhter Niederschläge; das rasche Torfwachstum und Pollenfunde von *Hedera* in 96 cm und von *Ilex* in 65 cm Tiefe sprechen ebenfalls für ein ozeanisch getöntes Klima während des Subatlantikums. Auch KOPEROWA (1962) konnte in ihren Diagrammen ein starkes Torfwachstum während des Subatlantikums feststellen.

Der Nachweis einer klimabedingten Waldgrenzänderung konnte jedoch im Trojrohe pleso-Profil nicht erbracht werden.

Älteres Subatlantikum (DA 4 - 6):

Das Ältere Subatlantikum beginnt mit einer markanten Kulturphase, die bereits im ausgehenden Subboreal durch Rodungen eingeleitet wurde und durch Prozentwerte von *Plantago lanceolata* und *Rumex* sowie durch den erstmaligen Fund von *Secale*-Pollen in 110 cm gekennzeichnet ist. Ein ¹⁴C-Datum aus 100 - 110 cm Tiefe ergab ein Alter von 2290 ± 90 BP und ordnet somit diese Kulturphase der ausgehenden Hallstattzeit zu; durchgehende Kulturzeigerwerte lassen erkennen, daß das Gebiet während der ganzen Hallstattzeit dünn besiedelt gewesen sein dürfte. Die obere montane Waldstufe in der Hohen Tatra wurde von Fichten-Tannen-Buchenwäldern eingenommen und diese drei Baumarten haben auch die Waldgrenze gebildet.

Die hohen Ericaceenwerte im oberen Teil von DA 4 zeigen eine Verheidung des Moores in dieser Zeit an. An der Grenze DA 4 zu DA 5 kann man den Beginn eines neuen Rodungsabschnittes erkennen, der eine intensive Kulturphase einleitet. Ein drastischer Rückgang von *Abies* und *Picea* und ein unmittelbar darauffolgender Anstieg der Kulturzeigerwerte, sowie jeweils ein Maximum von *Artemisia* und den Chenopodiaceae zeigen, daß erstmals die Wälder in höheren Lagen gerodet worden sind. Diese Kulturphase ist zeitgleich mit der Puchov-Kultur. Es kam sogar zu einer anthropogenen Absenkung der Waldgrenze. Anzeichen dafür sind der einheitliche Rückgang bei den Baumarten und der Anstieg der NBP im Absolutdiagramm. Die relativ bessere Vertretung von Holzarten tieferer Lagen wie *Quercus*, *Alnus* und *Carpinus* zeugen durch Fernflug ebenfalls für verstärkte Rodung gerade im Bereich der oberen Waldstufe, die hohen Buchenwerte in DA 5 weisen daraufhin, daß aus den natürlichen Fichten-Tannen-Buchenwäldern *Picea* und *Abies* selektiv für die Waldweide herausgeschlagen wurden – *Fagus* war damals, neben *Betula*, *Larix* und *Pinus cembra*, die waldgrenzbildende Baumart.

Diese Art der selektiven Rodung mit Förderung von *Fagus* wurde nachweislich in der Großen und Kleinen Tatra betrieben und ihre Auswirkungen sind rezent noch erkennbar (SOKOLOWSKI 1928 und PLESNIK 1971).

Im Puchov-Kulturabschnitt (DA 5) sind von den Kulturbegleitern *Plantago lanceolata*, *Rumex* und die Urticaceae in Prozentwerten vertreten, *Cerealia* und *Salix* bildeten durchgehende Kurven. Die NBP erreichen insgesamt maximal 20 % und man kann den Schluß ziehen, daß die Wälder in der unmittelbaren Umgebung stark aber nicht völlig gerodet waren.

In DA 5 hat im Bereich der Grabungsstelle ein Wechsel in der Pflanzendecke stattgefunden, vom Ericaceenbewuchs zu einem Caricetum, wie die enormen Cyperaceenwerte im Pollendia-gramm zeigen. In DA 6 geht der Kultureinfluß stark zurück, trotzdem sind in allen Spektren noch einzelne Kulturbegleiterpollen zu finden, ein Hinweis darauf, daß das Vorland der Hohen Tatra während der Völkerwanderungszeit doch nicht gänzlich unbesiedelt war. Das ausgehende Ältere Subatlantikum ist eine Waldregenerationsphase: zwar herrschen zu Beginn von DA 6 noch "Waldgrenzverhältnisse" (hohe *Pinus*-Werte, Vorhandensein von *Pinus cembra* und *Larix*), doch steigen *Picea*, *Abies* und *Fagus* nach oben hin wieder an, während *Pinus cembra* und *Larix* wieder verschwinden. Auch *Carpinus* nimmt wieder zu, die ursprünglichen subatlantischen Waldgesellschaften stellen sich wieder ein.

Jüngeres Subatlantikum (DA 7, 8):

Der DA 7 umfaßt den Zeitraum des mittelalterlichen Kulturmaximums. Der Beginn der intensiven Kolonisation wurde durch ein ¹⁴C-Datum mit 890 ± 70 BP festgelegt. Dies bestätigt die bisherigen Annahmen, daß die ersten größeren Siedlungswellen nach der Völkerwanderung die Hohe Tatra erst nach 1000 n. Chr. erreichten. Die NBP und Gräser steigen in diesem Abschnitt kräftig an, wie man aus den abnehmenden Werten von *Alnus*, *Carpinus* und den EMW-Arten ersehen kann; bald wurden auch die Bergwälder gerodet, *Picea*, *Abies* und nunmehr auch *Fagus* gehen deutlich zurück. Die Rodungsbegleiter wie *Corylus*, *Betula* und *Salix* steigen dagegen an. *Pinus*, *Pinus cembra* und *Larix* treten auch wieder vermehrt auf – ein Zeichen dafür, daß die Waldgrenze damals vom Menschen wahrscheinlich bis auf ungefähr die Höhe der Lokalität herabgedrückt wurde bzw. die lokalen Wälder gelichtet waren und als Pollenspender ausfielen.

Ab 47 cm Tiefe kommen die Kulturzeiger massiv auf, die reichlich vertretenen *Plantago*-Arten, *Rumex* und die *Urticaceae* weisen daraufhin, daß bereits im Mittelalter Alpweiderodung in der Hohen Tatra betrieben wurde (vgl. WELTEN 1950b). Auch der Beweis von Ackerbau in tieferen Lagen konnte durch die starke Präsenz von *Secale* und den Cerealien, sowie durch Funde von *Centaurea cyanus* erbracht werden; die Einfuhr fremder Kulturpflanzen in das Gebiet wird durch *Jugland* und *Castanea* belegt.

In DA 8 verstärkt sich der menschliche Einfluß: Die Waldgrenze wurde noch weiter herabgedrückt, die hohen NBP-Werte (bis 40 %) und das reiche Artenspektrum der NBP-Pflanzen zeigen, daß das Gebiet des Trojrohe pleso zu Zeiten der intensiven neuzeitlichen Weidenutzung waldfrei war. Allmählich stellen sich gegenwärtige Vegetationsverhältnisse ein, die *Pinus*-Kurve steigt im Hauptdiagramm an, ein Zeichen dafür, daß sich der Latschengürtel ausbreitet und ehemalige Waldflächen einnimmt; *Abies* und *Fagus* sinken auf unbedeutende Werte ab, ein Beweis, daß die Dezimierung der Tannen-Buchenbestände an der Südseite der Hohen Tatra, nicht auf das Klima, sondern eindeutig auf den Menschen zurückzuführen ist. *Picea* steigt in der oberen Hälfte von DA 8 wieder an, offensichtlich wurde sie durch Aufforstung selektiv gefördert. Die Abnahme der NBP und Gräser in den obersten Zentimetern zeigt das Auflassen der Weidefläche Ende des vorigen Jahrhunderts.

Pantschewiese

Diagrammabschnitte – Charakteristik:

A. Föhrenphase:

DA 1: *Pinus-Corylus*-EMW Abschnitt (234 - 212 cm)

Sediment: 234 - 220 cm: Granit sand gemischt mit Detritustorf

220 - 212 cm: Detritustorf

Makrofossilien: keine feststellbar

Vegetation: *Pinus* und *Corylus* sind die dominierenden Arten. Der EMW ist mit relativ hohen Werten gut vertreten. *Picea* steigt steil an, *Fagus* tritt schon in geschlossener Prozentkurve auf.

DA 2: *Pinus-Picea* Abschnitt (212 - 197 cm)

Sediment: 212 - 210 cm Detritustorf

210 - 197 cm Holzhorizont

Makrofossilien: Wurzelholz von *Pinus*, Holzkohlereste, Käferflügel (*Carabidae*)

Vegetation: *Picea* steigt weiter an und wird zum dominanten Baum, *Corylus* und EMW-Arten gehen relativ zurück. *Abies* steigt auf Prozentwerte an.

B. Fichtenphase:

DA 3: *Picea-Pinus-Corylus* Abschnitt (197 - 162 cm)

Sediment: 197 - 191 cm Holzhorizont

191 - 162 cm *Sphagnum*torf

Makrofossilien: bis 191 cm Wurzelholz von *Pinus*, darüber Braunmoose und *Sphagnum* sp.

Vegetation: *Picea* bleibt mit einem Rückschlag der dominante Baum, lokal ist *Pinus* von Bedeutung, *Fagus* zeigt wenig steigende Werte, während *Corylus* und *Quercus* relativ hohe Werte erreichen. Die NBP sind weiterhin unbedeutend, *Sphagnum* zeigt in diesem und dem nächsten Abschnitt sehr stark schwankende Werte.

DA 4: *Picea* Abschnitt (162 - 117 cm)

Sediment: 162 - 117 cm *Sphagnum*torf

Makrofossilien: *Sphagnum* sp., Braunmoose

Vegetation: *Picea* ist der dominierende Baum, stark begleitet von *Pinus*. *Abies* und *Fagus* zeigen steigende, *Corylus* hingegen fallende Tendenz, EMW gleichbleibend. Die NBP steigen gegen Ende des DA an, vor allem die Ericaceen.

DA 5: *Picea-Abies-Fagus* Abschnitt (117 - 99 cm)

Sediment: Detritustorf

Makrofossilien: *Carexradicellen*, *Sphagnum* sp., Braunmoose

Vegetation: *Picea* und *Corylus* fallen ab und im Gegenzug steigen *Abies* und *Fagus* steil an. Die EMW-Arten zeigen gleichbleibende Tendenz, nur *Carpinus* steigt zu einem kleinen Gipfel an. Bedingt durch Ericaceen und *Calluna* zeigen die NBP erhöhte Werte.

C. Tannen-Buchen-Phase:

DA 6: *Abies*-Gramineen Abschnitt (99 - 67 cm)

Sediment: 99 - 90 cm Detritustorf

90 - 74 cm Braunmoos-Cyperaceentorf

74 - 67 cm Cyperaceentorf

Makroreste: *Carexradicellen*, Holzästchen unbestimmbar, *Sphagnum* sp., Braunmoose

Vegetation: Die relativ höchsten Werte erreicht *Pinus* gefolgt von *Fagus* und *Abies*. Diese Arten bestimmen das Waldbild; *Picea* sinkt bis auf 5 % ab. Ebenfalls sinkt *Corylus* auf unbedeutende Werte ab, der EMW zeigt im Durchschnitt gleichbleibende Tendenz. Die NBP zeigen bedingt durch Gramineen erhöhte Werte.

DA 7: *Fagus-Carpinus* Abschnitt (67 - 32 cm)

Sediment: 67 - 43 cm *Sphagnum*torf

43 - 37 cm *Sphagnum-Eriophorum*torf

37 - 32 cm *Sphagnum-Trichophorum*torf

Makrofossilien: keine näher bestimmbar

Vegetation: *Fagus*, *Abies* und *Carpinus* sind die regional dominierenden Arten, *Pinus* eher lokal. *Picea* und *Corylus* bleiben unbedeutend, die NBP zeigen vor allem gegen DA-Ende steigende Tendenz mit reichem Artenspektrum.

D.NBP-Phase:

DA 8: NBP-Kulturzeiger-Abschnitt (32 - 0 cm)

Sediment: 32 - 26 cm *Sphagnum-Trichophorum*torf

26 - 17 cm stark zersetzter *Sphagnum-Eriophorum*torf

17 - 10 cm schwach zersetzter *Sphagnum-Eriophorum*torf

10 - 0 cm lebender *Sphagnum*rasen

Makrofossilien: *Sphagnum* sp., *Eriophorum* Blattscheiden

Vegetation: Die NBP übersteigen mit einem reichen Artenspektrum – Kulturzeiger und Kulturbegleiter – die 50 % Marke. Im unteren Teil dominieren die Cyperaceen, im oberen *Calluna* von den BP ist nur mehr *Pinus* lokal vertreten, *Picea*, *Abies*, *Fagus* und EMW sind unbedeutend.

Pantschewiese – Ergebnisse:

Älteres Atlantikum (DA 1):

Schon RUDOLPH & FIRBAS (1927) stellten fest, daß die subalpinen Moore des Riesengebirges Versumpfungsmoore sind. Im Diagramm des vorliegenden Profils ist die Successionsreihe von einer vernäbten, alpinen Matte (*Dryopteris*- und Gramineen-Gipfel an der Basis) über ein Niedermoor (Cyperaceen-Gipfel in 230 cm Tiefe) hin zu einem vermeidenden Hochmoor (*Sphagnum*-Gipfel in 220 und Ericaceen-Maximum in 215 cm Tiefe) sehr gut wiedergegeben. Das Basisdatum (7600 ± 130 BP) stellt den Beginn des Moorwachstums in das Ältere Atlantikum. Die Sedimentationsrate war sehr gering; insgesamt umfaßt der DA 1 eine Zeitspanne von rund 1600 Jahren bei einer Sedimentmächtigkeit von nur 22 cm.

Außer in der Basisprobe, in der durch Gramineen und *Calluna* relativ hohe NBP-Werte auftreten, läßt sich für das Ältere Atlantikum Waldbestockung in dieser Höhenlage feststellen.

Wie Makrorestfunde (Wurzelholz) aus 210 cm Tiefe (Alter 4750 ± 90 BP) von *Pinus sylvestris* eindeutig beweisen, war *Pinus* im Riesengebirge bis über 1300 m die waldgrenzbildende Baumart. Die Strauchschicht bildeten ausgedehnte Haselbestände, die damals ihre heutige obere Verbreitungsgrenze überschritten haben müssen (RUDOLPH & FIRBAS 1926, 1927). Die tieferen Lagen wurden im Älteren Atlantikum vom EMW eingenommen, wobei damals *Tilia* und *Ulmus* größeren Anteil hatten als in den darauffolgenden Abschnitten; *Quercus* hat, wie besonders aus dem Polleninfluxdiagramm ersichtlich ist, von den mit dem inhomogenen Torfwachstum zusammenhängenden Schwankungen in DA 3 und DA 4 abgesehen, das ganze Diagramm hindurch, bis zum massiven menschlichen Eingreifen in der neuzeitlichen Kulturphase, ziemlich gleichbleibende Werte. Die obere Verbreitungsgrenze des Eichenmischwaldes lag in dieser Zeit unterhalb der 1300 m-Hohenlinie. *Alnus* und *Picea* haben sich im Älteren Atlantikum rasch ausgebreitet, *Abies*, *Fagus* und *Carpinus* sind als Fernflug vorhanden. Reichliche *Hedera*-Einzelfunde in diesem Abschnitt deuten auf milderes Klima hin.

Jüngeres Atlantikum (DA 2):

Der ausgeprägte Holzhorizont zwischen 210 und 191 cm Tiefe, bestehend aus Wurzelholz von *Pinus sylvestris* zeigt an, daß die Pantschewiese während des Jüngeren Atlantikums und des beginnenden Subboreals von Rotföhren bestockt war. Vermutlich kam es in dieser Zeit auch zu einer Stagnation des Moorwachstums infolge erhöhter Trockenheit (vgl. dazu RUDOLPH & FIRBAS 1927), da in DA 2 auch die Werte der Sphagnen merklich zurückgehen. Menschliche Brandrodung als Erklärung für die Holzkohlestückchen im Torf ist für diese Zeitphase in dieser Höhe nach den bisherigen Befunden eher auszuschließen, vielmehr dürfte es sich um Reste eines natürlichen Waldbrandes handeln.

Mit Ende des Jüngeren Atlantikums verliert in der oberen Waldregion *Pinus* ihre Dominanz an *Picea*, aber auch der EMW, und zwar speziell *Ulmus* und *Tilia* dürften durch diese Baumart zurückgedrängt worden sein. *Alnus* hat die Besiedlung jener Lebensräume, in denen sie auch heute anzutreffen ist, bereits abgeschlossen, sie weist im Diagramm ab hier gleichbleibende Werte auf. Fernflug von *Abies* und *Fagus* wird stärker.

Subboreal (DA 3, DA 4, DA 5):

In der ersten Hälfte des Subboreals hatte das Pantschewiesenmoor seine höchste Zuwachsrate. In der Zeitspanne zwischen 4710 ± 90 BP (190 - 195 cm) und 4280 ± 90 BP (135 - 140 cm) bildete sich über 50 cm Torf. Die mächtige *Sphagnum*torfschicht zwischen 191 und 117 cm Tiefe belegt, daß das Moor während des Subboreals ein vollwüchsiger, ombrogenener Regenerationskomplex war. Die

drei *Sphagnum*-Maxima in 165, 155 und 130 cm Tiefe zeigen Blütenbildung an; diese bewirkte eine Verzögerung im Torfwachstum, was sich auf die Pollenkonzentration auswirkte. Es fallen die beiden ersten *Sphagnum*-Gipfel mit Phasen stark schwankender Gesamtpollensummen zusammen, was inhomogenes Torfwachstum anzeigt. Dies wird gut im Polleninfluxdiagramm in DA 3 und DA 4 belegt. Ab 138 cm Tiefe sinkt die Sedimentationsrate etwas, die letzte Blütenbildung (*Sphagnum*-Gipfel in 130 cm) leitet eine Verheidungsphase (siehe *Ericaceae*- und *Calluna*-Werte in DA 4 und DA 5) ein. Ab 117 cm Tiefe ändert sich das Sediment von *Sphagnum*torf zu Detritus, welcher in 90 cm Tiefe in einen Braunmoos-Cyperaceentorf übergeht; auch die Makroreste (*Carex*, Radicellen, Braunmoose) lassen den Schluß zu, daß zu dieser Zeit im Bereich der Grabungsstelle eine regressive Entwicklung von einem verheideten *Sphagnum*bult hin zu einer nassen Schlenke (vgl. dazu die bei HADAC & VANA (1967) angegebenen Pflanzengesellschaften) stattgefunden hat. Insgesamt stehen diese Ergebnisse im Widerspruch zu den Beobachtungen von RUDOLPH & FIRBAS (1926, 1927) im Böhmischem Erzgebirge, wo Holzhorizonte auf ein trockeneres Klima während des Subboreals schließen ließen. Nach den Befunden im vorliegenden Profil muß ein niederschlagsreiches Klima im Subboreal vorherrscht haben.

Waldgrenzschwankungen hat es im Subboreal, dem ruhigen NBP-Kurvenverlauf nach, keine gegeben; wie man an den durchwegs hohen BP-Werten ersieht, verlief die Waldgrenze zu dieser Zeit oberhalb des Elbehochplateaus. Hauptsächlich Waldgrenzbildner war *Picea*, *Pinus* ist nur mehr beigemischt vorgekommen. Der *Picea*-Abfall in DA 3 scheint mit menschlicher Rodungstätigkeit im Vorland des Riesengebirges zusammenzuhängen. Dem *Picea*-Minimum folgt eine Kulturphase in 170 cm Tiefe, *Corylus* und *Quercus* zeigen ebenfalls wieder höhere Relativwerte. Drei Baumarten beginnen im Subboreal mit ihrer Massenausbreitung: *Fagus*, *Abies* und *Carpinus*. *Fagus* ist bereits zu Beginn von DA 3 in Prozentwerten vertreten, nimmt kontinuierlich zu und erreicht in DA 5 ein erstes Maximum. Bei *Abies* erfolgt die Massenausbreitung später (ab 145 cm) und zögernder, dafür steigen ihre Werte in DA 5 umso rascher an. *Picea* wird gegen Ende des Subboreals durch die Konkurrenz von *Abies* und *Fagus* zurückgedrängt, sie gibt in DA 5 ihre Vorherrschaft an diese beiden Baumarten ab. Die letzte einwandernde Baumart ist *Carpinus*, sie tritt in der zweiten Hälfte des Subboreals mit Prozentwerten auf und hat in DA 5 ebenfalls einen Gipfel. *Corylus* verliert im Laufe des Subboreals als vegetationsbestimmendes Element an Bedeutung, desgleichen der EMW.

Älteres Subatlantikum (DA 6, DA 7 p.p.):

Mit dem ^{14}C -Datum aus 95 - 100 cm Tiefe (2460 ± 80 BP) konnte die Grenze zwischen Subboreal und Subatlantikum ziemlich exakt erfaßt werden.

In den DA 6 und DA 7 kann anhand der Ergebnisse der Sedimentanalyse der Blüten-Schlenkenzyklus gut rekonstruiert werden: Der Wechsel in den Torfarten, von einem Braunmoos-Cyperaceentorf über einen reichen Cyperaceentorf hin zu einem reinen *Sphagnum*torf und schließlich zu einem *Sphagnum-Eriophorum*torf, zeigt an, daß an der Stelle des entnommenen Profils die Schlenkenphase allmählich endet und der Wiederaufbau eines *Sphagnum*bultes einsetzt. Die Bultbildung bewirkt ähnlich wie in DA 3 und DA 4 eine Inhomogenität im Torfwachstum, was sich in den schwankenden Pollenkonzentrationen in DA 7 (siehe Absolut- und Polleninfluxdiagramm) niederschlägt. Allgemein hat die Wachstumsrate im Subatlantikum gegenüber jener im Subboreal abgenommen.

Das wesentlichste Charakteristikum des Älteren Subatlantikums ist die Vorherrschaft von *Abies* und *Fagus* in der montanen Waldstufe. *Picea* sinkt im Pollendiagramm auf unbedeutende Werte ab. Der enorm hohe Spitzenwert von *Abies* in 70 cm Tiefe, aber auch die hohen Prozentwerte von *Fagus* beweisen, daß sich in unmittelbarer Nähe der Patschewiese Tannen-Buchenbestände befunden haben. Schon RUDOLPH & FIRBAS (1926, 1927) vermuteten eine Bewaldung der

Riesengebirgskämme während der Tannen-Buchenzeit. In der zweiten Hälfte des Älteren Subatlantikums geht *Abies* nach ihrem Maximum etwas zurück, während *Fagus* weiterhin stark präsent bleibt; ab DA 6 dominiert wieder *Pinus* im Hauptdiagramm, ein Beleg dafür, daß das Moor während des Älteren Subatlantikums von *Pinus mugo* bestockt war.

NBP-Gipfel, bedingt durch erhöhte Werte der Gräser, *Artemisia* und reiches Kulturzeigerspektrum deuten in Verbindung mit dem Rückgang von *Picea* und *Abies* auf etwa 2 Rodungsphasen hin. Ab der La-Tène-Zeit machen sich im Riesengebirge menschliche Eingriffe bemerkbar, das Vorland wurde ab dieser Zeit ständig besiedelt.

Jüngerer Subatlantikum (DA 7 p.p., DA 8):

Der rapide Anstieg der NBP, Gräser und Kulturbegleiter, sowie der gleichzeitige Abfall aller BP im obersten Teil von DA 7 zeigen an, daß in diesem Zeitabschnitt intensive menschliche Rodungstätigkeit im Riesengebirge stattfand. Das ^{14}C -Datum aus 35 - 40 cm Tiefe 610 ± 80 BP) bestätigt die Ergebnisse von FIRBAS & LOSERT (1949), wonach die menschliche Besiedlung des Riesengebirges erst im 13. bzw. im 14. Jh. in stärkerem Ausmaß begann: Die obere Hälfte von DA 7 und DA 8 entsprechen somit der mittelalterlichen und der neuzeitlichen Kulturphase, der Mensch rodete die Tannen-Buchenwälder und drückte die Waldgrenze herab. Die Höchstwerte der NBP und Gräser, sowie die außerordentlich starke Präsenz der Kulturzeiger (einschließlich *Centaurea cyanus*), insbesondere von *Secale* und der Cerealia, belegen in der unteren Hälfte von DA 8 besonders intensive menschliche Kulturstätigkeit; in dieser Zeitspanne etwa 200 bis 400 Jahre vor heute hat im Riesengebirge die Baudenwirtschaft ihren Höhepunkt erreicht. Die PK von *Centaurea cyanus*, *Secale* und den Cerealia stammen von den Feldern, die um die Bauden herum angelegt wurden (JENIK & LOKVENC 1962). Der *Calluna*-Gipfel in der oberen Hälfte von DA 8 ist schwierig zu interpretieren, da *Calluna* auch im Moor größere lokale Bestände bilden kann, andererseits kann *Calluna* ein Anzeiger für Verheidung als Ergebnis einer regressiven phytosoziologischen Entwicklung infolge anthropogenen Einflusses wie z.B. extensiver Weidenutzung (vgl. dazu SVOBODA 1939) sein. Die relative Zunahme der *Pinus*-Werte im Hauptdiagramm gegenüber den vorhergehenden Abschnitten deutet auf eine durch den Menschen geförderte Ausbreitung des Knieholzes in der subalpinen Stufe während des Jüngeren Subatlantikums hin. Wie man aber an den rückläufigen Absolutwerten von *Pinus* in DA 8 ersehen kann, hat aber auch hier der Mensch das Knieholz gerodet. Somit bestätigt auch die *Pinus*-Kurve im vorliegenden Diagramm die Ansicht von FIRBAS & LOSERT (1949), wonach im Riesengebirge ursprünglich kein durchgehender Knieholzgürtel bestanden hat, sondern sich die Latsche auf ungünstigere Standplätze wie exponierte Gipfel, Lawnenhänge und Moore beschränkte.

Die selektive Förderung von *Picea* bei der Wiederaufforstung ist in den obersten Proben des Profils anhand der steigenden *Picea*-Werte gut zu beobachten. Es kann daher der Schluß gezogen werden, daß der Rückgang der Wälder, die Waldgrenzdepression und die Entstehung der heutigen Pflanzengesellschaften im Riesengebirge während des Jüngeren Subatlantikums sicherlich zumindest zum größten Teil auf den Menschen zurückzuführen ist, RUDOLPH & FIRBAS (1926, 1927), sowie FIRBAS & LOSERT (1949) suchten die Ursache dafür in einer Verschlechterung des Klimas. Das Klima war ein zusätzlicher Faktor, jedoch kann das Ausmaß des klimatischen Einflusses vor allem wegen der schon bestehenden starken Beeinträchtigung der Vegetation durch den Menschen anhand der Ergebnisse der Pollenanalyse allein nicht voll ermaßen werden.

Sedimentologisch bemerkenswert ist an diesem Profil der *Sphagnum- Trichophorum*torf zwischen 37 und 26 cm, von allen bisher untersuchten Riesengebirgsprofilen die einzige fossile Torfschicht dieser Art. Zwar haben RUDOLPH et al. (1928) im Koppenplanmoor stellenweise Wurzeln rezenter *Trichophorum*-Pflanzen noch in 90 cm Tiefe finden können, doch scheinen die *Trichophorum*reste in den vorliegenden Torfschichten eher nicht rezenten Ursprungs zu sein, da ober-

halb des *Sphagnum-Trichophorum*torfs sich noch eine 16 cm mächtige Schicht aus *Sphagnum-Eriophorum*torf ohne *Trichophorum* gebildet hat. Nach RUDOLPH & FIRBAS (1926) zeigt der *Sphagnum-Trichophorum*torf einen Wechsel im Moortypus an und zwar von einem ombrogenen Waldhochmoor hin zu einem soligenen subalpinen Moor; RUDOLPH & FIRBAS konnten außerdem mittels pflanzensoziologischer und Makrorestuntersuchungen nachweisen, daß im Riesengebirge die ehemals vorherrschenden Eriophoreten durch *Trichophorum*-Bestände abgelöst wurden und in diesem Zusammenhang auch die Torfbildung in den Kammooren beeinträchtigt oder gar eingestellt wurde. Tatsächlich fällt die *Sphagnum-Trichophorum*torfschicht des vorliegenden Profils genau in die Zeit der intensiven Rodung, es kann daher durchaus sein, daß nach dem Abholzen der umliegenden Wälder die Kammoore in erhöhtem Maß der Erosion ausgesetzt waren, was das Torfwachstum bremste.

Waxeck

Diagrammabschnitte – Charakteristik:

DA 1: *Picea*-Gramineen-EMW Abschnitt (249 - 232 cm)

Sediment: 249 - 232 cm Cyperaceentorf

Makrofossilien: keine bestimmbar

Vegetation: *Picea* ist der dominierende Baum, die lokale Vegetation ist durch Gramineen, Cyperaceen und *Dryopteris* repräsentiert.

DA 2: *Picea* Abschnitt (232 - 162 cm)

Sediment: 232 - 162 Cyperaceentorf

Makrofossilien: *Eriophorum*-Blattscheiden, feine Ästchen (unbestimmbar)

Vegetation: *Picea* dominiert weiter und erreicht relativ und absolut die höchsten Werte. Die NBP nehmen kontinuierlich ab, ebenfalls der EMW-Fernflug, allen voran *Ulmus*.

DA 3: *Picea-Abies-Fagus* Abschnitt (162 - 102 cm)

Sediment: 162 - 157 cm Cyperaceentorf

157 - 149 cm Holzhorizont/Wurzeln

149 - 140 cm Radicellen Detritustorf

140 - 118 cm Radicellentorf mit unbestimmbar Holzresten

118 - 103 cm Detritus Radicellentorf

Makrofossilien: 157 - 149 cm *Alnus viridis* Holz und Wurzeln

Vegetation: *Abies* steigt explosionsartig auf 45 % an und wird zum relativ dominierenden Baum, *Fagus* steigt ebenfalls kontinuierlich bis 15 % an. *Picea* hat relativ gleichbleibende Werte, absolut aber bleibt sie der dominierende Baum, NBP und EMW sinken auf bedeutungslose Werte ab.

DA 4: *Abies*-NBP Abschnitt (103 - 98 cm)

Sediment: 103 - 98 cm Detritus Radicellentorf

Makrofossilien: keine bestimmbar

Vegetation: Markantes NBP-Maximum (25 %) begleitet von Cyperaceen, *Dryopteris* und *Alnusmaximum*. *Abies* übertrifft *Picea* sowohl relativ als auch absolut, *Corylus* beginnt zu steigen.

DA 5: NBP-Kulturzeiger Abschnitt (98 - 50 cm)

Sediment: 98 - 92 cm Detritus-Radicellentorf

92 - 83 cm Braunmoos-Radicellentorf

80 - 68 cm Detritustorf mit Sand

68 - 65 cm Radicellentorf mit Sand und Holzkohlefitter

65 - 57 cm Cyperaceen-Detritustorf

57 - 50 cm Detritus-Radicellentorf mit Holz

Makrofossilien: *Drepanocladus* (92 - 83 cm), *Carex* Blattscheiden (80 - 68 cm, 65 - 57 cm), *Carex* Samen (92 - 83 cm, 65 - 57 cm), Käferflügel (82 cm), *Alnus viridis*-Wurzeln (57 - 50 cm)

Vegetation: Die NBP erreichen Werte bis 48 % mit einem großen Anteil an Kulturzeigern, bei den BP steigt *Pinus* relativ und absolut an, *Picea*, *Abies* und *Fagus* gehen relativ durch ein Minimum, bleiben aber absolut in etwa gleicher Stärke vorhanden, *Corylus* zeigt abnehmende Tendenz, der EMW fällt mit einzelnen Arten aus, in 80 und 65 cm Tiefe tritt der *Ephedra altissima* T. auf, minimale Zuwachsrate 1.3 cm/100 a.

DA 6: *Picea-Abies*-EMW Abschnitt (50 - 10 cm)

Sediment: 50 - 36 cm: Detritus-Radicellentorf, Holzreste unbestimmbar

36 - 23 cm Detritus, Holz unbestimmbar

23 - 10 cm Radicellentorf, Holz unbestimmbar

10 - 0 cm Schotter

Makrofossilien: Blattscheiden von *Carex* (23 - 10 cm), Chitinreste von nicht näher bestimmbar Insekten (36 - 23 cm)

Vegetation: *Picea* und *Abies* werden wieder die dominierenden Baumarten, die NBP nehmen stark ab, nur in den obersten Proben kommen die Kulturzeiger wieder zur Geltung. *Fagus* verliert an Bedeutung, stärker tritt der EMW-Fernflug in Erscheinung. Die Zuwachsrate steigt auf den Maximalwert von 8,2 cm/100 a.

Waxeckalm – Diskussion der Ergebnisse:

Atlantikum (DA 1 – DA 3 p.p.):

Die Torfbildung begann im Älteren Atlantikum (6800 + 150 BP). Der Abschnitt endet mit einem Cyperaceen-Radicellentorf mit Holzhorizont – Wurzeln von *Alnus viridis*. *Alnus* ist mit hohen Pollenwerten das ganze Profil hindurch vertreten. Vor der Verschüttung des Moores im Zuge einer neuzeitlichen Gletscherstandschwankung beherrschten subalpine Grünerlenbestände mit *Dryopteris*-Unterwuchs die Lokalität. Die *Alnus*wurzeln sind mit 3600 ± 210 BP eindeutig jünger als der sie umgebende Torf.

Der NBP-Anteil – vor allem die Gramineae – ist im Älteren Atlantikum hoch (28 %), was auf einen Hochstand des Waxeck-Keeses hinweist. Dieser Hochstand, verbunden mit einer vorübergehenden Absenkung der Waldgrenze kann mit der Frosnitzschwankung in der Venedigergruppe (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973) und im Profil Alpenrose (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) parallelisiert werden.

Gegen Ende des Älteren Atlantikums gehen die NBP-Werte merklich zurück und bleiben im Jüngeren Atlantikum gering. Die Waldgrenze lag sicherlich oberhalb des heutigen Niveaus. Für die Rotmoos-Schwankungen (BORTENSCHLAGER 1970b, PATZELT 1972 und PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973) gibt es im vorliegenden Profil keinen Hinweis. Ein weiteres Indiz für niederschlagsreicheres Klima zur Zeit der Frosnitzschwankung und für eine Klimabesserung im Jüngeren Atlantikum könnte die Torfwachstumsrate sein und zwar betrug sie während der Frosnitzschwankung (250 - 180 cm) 5,7 cm pro 100 Jahre und ging im Jüngeren Atlantikum und im Subboreal auf 3,6 cm pro 100 Jahre zurück. Ein erhöhtes Torfwachstum während einer klimatisch ungünstigen Phase konnte BORTENSCHLAGER (1984) auch für die Venedigerschwankung im Profil Schönwieshütte feststellen. Vorherrschende Baumart der montanen und der subalpinen Stufe war *Picea*. In der subalpinen Stufe war der *Picea Pinus cembra* beigemischt, belegt durch Holzreste von *Pinus* im Moor Alpenrose (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980). *Pinus mugo* ist ebenfalls in der subalpinen Stufe vorgekommen, allerdings fehlen für deren Nachweis in diesem Profil die Makroreste. Im Profil Waxeckalm ist *Pinus* in allen Abschnitten außer DA 5 nur mit durchschnittlich 10 % vertreten. Im Profil Alpenrose (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) hingegen dominiert *Pinus* über *Picea* und die NBP erreichen bedeutend höhere Werte. Solche auffallenden Unterschiede, eng benachbarter Lokalitäten die auch aus anderen Gebieten der Alpen dokumentiert sind (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980, JOCHIMSEN 1972) haben ihre Ursache in lokaltopographischen und lokeleaphischen Bedingungen und davon abhängigen Faktoren, Windkanalisation u. a. m. *Larix* als waldgrenzbildende Baumart hat nur eine untergeordnete Rolle gespielt und tritt zum ersten Mal am Ende des Jüngeren Atlantikums auf. *Abies* ist ab der Basis als Fernflug vertreten, gegen Ende des Jüngeren Atlantikums steigen ihre Werte rapid an; der Beginn ihrer Massenausbreitung ist durch ein ^{14}C -Datum mit 5520 ± 100 BP gut fixiert. Ungefähr zur selben Zeit tritt *Fagus* zum ersten Mal als Fernflug auf.

In der unteren montanen Stufe kamen während des Atlantikums Laubmischwälder, die sich vornehmlich aus *Ulmus*, *Tilia* und *Fraxinus* zusammensetzten, vor. Im Jüngerem Atlantikum gingen infolge der Ausbreitung von *Picea* und später auch *Abies* die Laubmischwälder zurück. Auffallend für ein inneralpines Pollenprofil sind die relativ hohen *Corylus*-Werte; sie kam als Unterwuchs in den Laubmisch- und auch Fichtenwäldern vor, ihre Obergrenze lag im Atlantikum sicher oberhalb der heutigen.

Subboreal (DA 3 p.p. – 5 p.p.):

Das Moor ist in dieser Zeit wesentlich langsamer gewachsen als im Älteren Atlantikum, in den obersten Zentimetern geht die Torfwachstumsrate sogar auf 2,2 cm pro 100 Jahre zurück. Dementsprechend stärker ist auch der Zersetzungsgrad des Torfes, Radicellentorflagen wechseln mit Detritusschichten. Im oberen Drittel von DA 3 erreichen die *Sphagnum*sporen höhere Werte, *Sphagnum* konnte als alleiniger Torfbildner in diesem Profil jedoch nicht nachgewiesen werden. Wahrscheinlich ist diese Torflagerstätte über das Stadium eines Nieder- bzw. Zwischenmoores nie hinausgegangen.

Die reichlichen *Hedera*-Funde und die minimalen NBP-Werte in DA 3 zeigen an, daß in der ersten Hälfte des Subboreals das Klima günstig und der Zemmgrund im Bereich der Waxeckalm bewaldet gewesen war; KRAL (1971) weist für das Dachsteingebiet einen "subborealen Waldgrenzhöchststand" nach und in Profilen aus den Zentralalpen und aus Südtirol (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980 und SEIWALD 1980) ist eine waldgünstige Phase zur Zeit des frühen Subboreals klar zu erkennen. Die Klimaxgesellschaft des inneralpinen Tannen-Fichtenwaldes (MAYER 1974) hat dieses Gebiet beherrscht. *Abies* erreicht in DA 3 ihr Maximum, absolut sind *Picea* und *Abies* in etwa gleichen Werten vertreten. Die spätwärmezeitliche Tannengrenze verlief in den mittleren Ostalpen oberhalb 1600 m und *Abies* erreichte ihre maximale Arealausweitung (MAYER 1969).

Zu Beginn des Subboreals beginnt auch *Fagus* mit ihrer Massenausbreitung, ihre Höchstwerte in der ersten Hälfte des Subboreals von etwa 15 % belegen, daß sie zu dieser Zeit ebenfalls höher hinaufgereicht haben muß. Die Fichten-Tannen-Buchenwälder der montanen Stufe haben *Corylus* und den EMW zurückgedrängt.

Ein NBP-Gipfel, sowie deutliche Rückgänge von *Picea*, *Abies* und *Fagus* in DA 4 zeigen eine Klimaverschlechterung während der zweiten Hälfte des Subboreals an; ein ¹⁴C-Datum aus 95-100 cm Tiefe ordnet dieses NBP-Maximum der Lössschwankung zu (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973). Im Zuge dieses Gletscherhochstandes wurde die Waldgrenze abgesenkt, subalpine Grünerlenbestände mit *Dryopteris* nehmen die Fläche ein. Das *Typha*-Maximum in DA 4 deutet auf eine offene Wasserfläche in der Nähe der Grabungsstelle hin; gegen Ende des Subboreals (DA 5) treten wie im Profil Alpenrose (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) zum ersten Mal die Kulturzeiger einschließlich der Cerealia und *Secale* auf.

Subatlantikum (DA 5 p.p. – 6):

Gletscherhochstände aus dem Älteren Subatlantikum, wie sie in der Venedigergruppe (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973), in den Ötztaler (BORTENSCHLAGER 1970b) und Stubai-Alpen (AARIO 1944, MAYR 1964, 1968 und WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) nachgewiesen wurden, konnten im vorliegenden Profil nicht festgestellt werden. Das Profil Alpenrose (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) weist zwar einen NBP-Gipfel in 50-40 cm Tiefe auf, der von den Autoren der Klimaverschlechterung in den ersten nachchristlichen Jahrhunderten zugeordnet wurde, doch ist in beiden Zillertaler Profilen auf Grund der im ganzen Subatlantikum stets vorhandenen Kulturzeigerpollen eine genaue Trennung zwischen menschlichem und klimatischem Einfluß für die jüngeren Ablagerungen nicht mehr möglich.

Eindeutig auf den Menschen geht das NBP-Maximum zwischen 75 und 55 cm Tiefe mit seinen hohen Kulturzeigerwerten zurück. Der einheitliche Rückgang aller BP im Absolutdiagramm weist auf eine intensive Rodungstätigkeit in allen Höhenstufen hin. Das ^{14}C -Datum aus 60 - 65 cm Tiefe stellt mit 760 ± 80 BP einen guten Zusammenhang zu alten Urbarien her (STOLZ 1941), wonach in den Zillergründen während des Hoch- und Spätmittelalters intensiv Almwirtschaft betrieben wurde. Für die Almweide wurden auch die subalpinen Grünerlenbestände gerodet, wie man aus den drastischen Rückgängen der *Alnus*- und *Dryopteris*-kurve ersehen kann; die Flächen wurden abgebrannt, was Holzkohlepartikel zwischen 68 und 65 cm Tiefe belegen. Im waldfrei gewordenen Moor werden nun Fernflugpollen wie *Ephedra altissima* T. nicht mehr durch eine starke Repräsentanz der Waldbaumarten überdeckt (vgl. BORTENSCHLAGER 1970a); aus demselben Grund sind auch bisher untergeordnete Holzarten wie *Pinus* im Relativdiagramm stärker vertreten. Erhöhte Erosion in der Umgebung macht sich in Einwehungen von Sand und Schluff ins Moor ab ca. 80 cm bemerkbar.

Im DA 6 nehmen die NBP und die Kulturzeiger wieder ab, *Picea* und *Abies* steigen, auch *Alnus* und *Dryopteris* haben wieder höhere Werte. Daß der menschliche Einfluß in diesem Profil mit dem Beginn der Neuzeit zurückgeht, findet eine Bestätigung im salzburgischen erzbischöflichen Urbar von 1607 (STOLZ 1941), in welchem von einer Einschränkung der Almweidewirtschaft in der Schwaige Leiten, zu der u. a. die Waxeckalm gehört, die Rede ist; über die Gründe dieser Einschränkung liegen keine Angaben vor, eine einsetzende Klimaverschlechterung als möglicher Grund dafür ist durchaus denkbar ("Kleine Eiszeit", RUDLOFF 1980), aber auch geringere Bevölkerungsdichte in Tieflagen infolge von Seuchen und damit eine Absiedlung aus ungünstigen Gebieten ist als Ursache möglich. In DA 6 setzt eine Wiederbewaldung durch *Picea* ein, *Abies* und *Fagus* hingegen fallen zwischen 30 und 20 cm Tiefe weiter ab und dürften weiter talauswärts gerodet worden sein, vor allem die Laubholzarten (*Tilia*, *Ulmus* und *Corylus*) der submontanen Stufe sind als Weitflug stärker vertreten. Der NBP-Anstieg zusammen mit dem *Picea*-Rückgang in den obersten Proben zeigt jenen neuzeitlichen Gletschervorstoß, "Fernausschwankung" (KINZL 1929), der das Moor verschüttete.

Dortmunder Hütte

Diagrammabschnitte — Charakteristik:

A. Kiefernphase (199 - 168 cm):

DA 1: *Pinus*-NBP Abschnitt (199 - 187 cm)

Sediment: 200 - 193 cm Schluff

193 - 187 cm Schluff und Detritus

Makrofossilien: keine bestimmbar

Vegetation: Abgesehen von der Basisprobe ist *Pinus* mit fallenden Werten dominierend, die NBP, inklusive Gramineen erreichen bis 45 %, gegen Ende steigt *Picea* an. *Selaginella* erreicht bis 4 %.

DA 2: *Pinus-Picea*-Ericaceen Abschnitt (187 - 168 cm)

Sediment: 187 - 185 cm Detritus mit Schluff

185 - 175 cm Detritus mit Radicellentorf

175 - 168 cm Cyperaceentorf

Makrofossilien: 170 cm unbestimmbare Holzästchen

175 cm *Sphagnum* sp. Blätter

Vegetation: *Pinus non cembra* ist weiterhin mit Rückschlägen der dominierende Baum. *Picea* steigt weiter an, zeigt aber ebenfalls Verzögerung in der Ausbreitung, *Pinus cembra* und *Alnus* zeigen steigende Werte, die NBP exklusive Gräser haben hohe Werte.

B. Fichtenphase (168 - 26 cm):

DA 3: *Picea*-NBP-Cyperaceen Abschnitt (168 - 154 cm)

Sediment: 168 - 155 cm Cyperaceentorf

155 - 154 cm *Carex-Eriophorum*torf

Makrofossilien: *Sphagnum* sp. Blätter, ab 155 cm Blattscheiden und Spindeln von *Eriophorum*

Vegetation: *Picea* wird zum dominierenden Baum, das NBP-Maximum ist praktisch nur durch Gramineen bedingt, die Cyperaceen erreichen ebenfalls einen Spitzenwert. Das *Betulamaximum* in 155 cm ist ein lokales Ereignis.

DA 4: *Picea* Abschnitt (154 - 87 cm)

Sediment: 154 - 150 cm *Carex-Eriophorum*torf

150 - 138 cm Cyperaceentorf

138 - 120 cm *Carex-Eriophorum*torf

120 - 100 cm Cyperaceentorf

100 - 87 cm *Carex-Eriophorum*torf

Makrofossilien: *Carex*radicellen, *Eriophorum*blattscheiden, *Sphagnum* sp. Blätter, 150 - 145 cm Ericaceenholz

Vegetation: *Picea* dominiert über *Pinus non cembra* und *Pinus cembra*, *Abies* und auch *Fagus* treten gleichbleibend in Prozentwerten auf, die NBP bleiben in etwa gleicher Höhe, wobei die Gramineen der dominierende Teil sind, die Ericaceen nehmen ab.

DA 5: *Picea*-Gramineen-Abschnitt (87 - 59 cm)

Sediment: 87 - 82 cm *Carex-Eriophorum*torf

82 - 73 cm Cyperaceentorf

73 - 65 cm *Sphagnum-Carex*torf

65 - 59 cm *Carex-Eriophorum*torf

Makrofossilien: *Carex*radicellen, *Eriophorum vaginatum* Blattscheiden, *Sphagnum* sp. Blätter

Vegetation: *Picea* dominiert weiterhin über *Pinus non cembra* und *Pinus cembra*, die Kurven gehen infolge des Gramineenmaximums, bis 38 %, durch ein Minimum. *Abies* und *Fagus* haben gleichbleibend geringe Prozentwerte.

DA 6: *Picea-Abies-Fagus* Abschnitt (59 - 26 cm)

Sediment: 59 - 42 cm *Carex-Eriophorum-Sphagnum*torf

42 - 36 cm *Sphagnum*torf mit Radicellen

36 - 26 cm *Sphagnum-Carex-Eriophorum*torf

Makrofossilien: *Eriophorum*blattscheiden, *Sphagnum* sp. Blätter

Vegetation: *Picea* ist weiterhin der dominierende Baum, *Abies* und *Fagus* verdoppeln ihre Werte in diesem Abschnitt. Die Cyperaceen haben die höchsten Relativwerte. Im oberen Abschnitt treten regelmäßig Kulturzeiger auf.

C. Kiefern-Kulturzeigerphase (26 - 0 cm):

DA 7: *Pinus*-Kulturzeiger Abschnitt (26 - 0 cm)

Sediment: 26 - 24 cm *Sphagnum-Carex-Eriophorum*torf

24 - 0 cm Braunmoos-*Sphagnum*torf

Makrofossilien: *Eriophorum*blattscheiden, Birkenamen, *Pinus*holz

Vegetation: Dominanzwechsel von *Picea* zu *Pinus non cembra*; *Pinus cembra*, *Abies* und *Fagus* gehen auf ursprüngliche Werte zurück, die NBP, vor allem Kulturzeiger nehmen zu.

Dortmunder Hütte – Diskussion der Ergebnisse:

Boreal (DA 1):

Das Basisdatum von 8300 ± 130 BP stellt den DA 1 in das ausgehende Boreal. Die Lokalität wurde noch vom Bach periodisch überflutet, Torf hat sich langsam gebildet (Wachstumsrate 1,4 cm pro 100 Jahre) und war mehr oder weniger mit Sand und Schluff durchsetzt. Ein hoher NBP-Anteil läßt auf waldungünstige Verhältnisse schließen, die zeitlich gut mit der Venedigerschwankung (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973) korreliert werden können. Hohe Werte der *Cichoriaceae* und *Asteraceae* in der unteren Hälfte von DA 1 belegen entlang des Bachufers Hochstaudenflur während des Boreals (vgl. BORTENSCHLAGER 1970b). Alpine Rasenelemente wie die *Caryophyllaceae*, *Artemisia* und *Selaginella selaginoides* weisen auf die Nähe waldfreier Flächen und ungünstigen Klimas während des späten Boreals hin. Dem BP:NBP-Verhältnis im vorliegenden Diagramm zufolge (WELTEN 1950a und KRAL 1971) dürfte die Waldgrenze im Boreal unterhalb

des Moores verlaufen sein. Vorherrschende und waldgrenzbildende Baumart war *Pinus* sp., in dieser Höhenlage auch *Pinus cembra*, *Larix* und *Betula*. *Alnus* steht erst am Beginn ihrer Ausbreitung.

Atlantikum (DA 2 - 4 p.p.):

Bereits im Älteren Atlantikum ändert sich die Waldvegetation: *Pinus*, im Boreal noch die dominierende Baumart, nimmt deutlich ab und verliert an der Grenze DA 2/DA 3 ihre Vorherrschaft an die ab Beginn des Atlantikums stark ansteigende *Picea*, die ab diesem Zeitpunkt die in dieser Höhe dominierende Baumart wird. Außer *Picea* nehmen im Älteren Atlantikum auch *Alnus*, *Betula* und *Pinus cembra* zu und breiten sich in der subalpinen Stufe aus. Die alpine Waldgrenze, am Ende des Boreals noch ungefähr in Höhe der Lokalität gelegen, steigt im Laufe der ersten Hälfte des Älteren Atlantikums über diese an. Von den Vertretern tieferer Lagen erreichen die EMW-Elemente und *Corylus* in DA 2 ihre Maxima, treten aber das ganze Profil hindurch nur als Weitflug auf. Die lokale Vegetation, Grasheiden und Hochstaudenfluren wurden von Zwergstrauchheiden (siehe Ericaceenmaximum in DA 2) abgelöst. Das NBP-Maximum im DA 3 mit dem ein Cyperaceenmaximum parallel geht, zeigt eine gewisse Waldauflichtung und damit eine Klimaverschlechterung an. Die beiden C¹⁴-Daten ermöglichen eine Zuordnung und Parallelisierung dieses Ereignisses mit der Frosnitz- (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973) bzw. Larstig-Schwankung (HEUBERGER 1966). Die Waldgrenze ist bis knapp oberhalb der Lokalität abgesunken, das *Betulam*maximum ist lokal. Gegen Ende des Älteren Atlantikums treten wieder waldgünstige Verhältnisse ein, die Waldgrenze steigt wieder höher und die Fichte wird wieder dominant. Auch *Pinus* sp. und *Pinus cembra* nehmen zu. Die *Ericaceae* breiten sich wieder aus, die *Gramineae* und *Cyperaceae* gehen deutlich zurück.

An der Situation, wie sie am Ende des Älteren Atlantikums herrschte, hat sich im Jüngeren Atlantikum nichts geändert. *Picea*, *Pinus* sp., *Pinus cembra* und *Betula* haben sich auf konstante Werte eingependelt. *Pinus cembra* hat einen durchschnittlichen Anteil von 8 %, was nach KRAL (1981) entweder geringeres örtliches Vorkommen, oder hier Pollenflug aus höherer Lage bedeutet. Der inneralpine Fichtenwald, zu dessen randlichem Wuchsbezirk die Stubai Alpen gehören (MAYER 1974), war voll ausgebildet, wobei *Picea* zusammen mit *Pinus cembra* und *Larix* die Waldgrenze gebildet hat.

Inwieweit in dieser Region während des Atlantikums noch *Pinus sylvestris*, die im frühen Postglazial im inneralpinen Bereich dominierte (KRAL 1972) und im mittleren Oberinntal, sowie im äußeren Ötztal auch heute noch ausgedehnte Reliktbestände bildet (SCHMID 1936), eine Rolle gespielt hat oder ob es sich bei den *Pinus*-Werten hauptsächlich um *Pinus mugo* handelte, wie sie am Moor bis zu dessen Zerstörung durch den Bau des Längentalspeichers auch tatsächlich vorkam (SCHIECHTL, mündl. Mitt.), läßt sich von Pollen- und Sedimentanalyse her nicht sagen, da *Pinus sylvestris*- und *Pinus mugo*-Pollen nicht eindeutig voneinander zu unterscheiden sind und Makroreste fehlen.

Um 6000 BP beginnt die Tanne mit ihrer Ausbreitung, die Einwanderung der Buche ist durch ein ¹⁴C-Datum mit 5290 ± 100 BP fixiert worden.

Die Rotmooschwankung, wie sie in Profilen der Venedigergruppe (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973), der Ötztaler (BORTENSCHLAGER 1970b, 1984b) und der Stubai Alpen (WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980) gut nachgewiesen werden konnte, äußert sich im vorliegenden Profil nur in drei schwachen NBP-Gipfeln. Vom Älteren bis zum Jüngeren Atlantikum steigt die Torfwachstumsrate von 2,2 auf 4,6 cm pro 100 Jahre an. Den Makrorestuntersuchungen zufolge hat sich in dieser Zeit ein Niedermoor, hauptsächlich mit *Cyperaceae* und *Eriophorum vaginatum* gebildet. Am Ende des Jüngeren Atlantikums kommt *Sphagnum* (Gipfel in 115 cm) immer stärker auf.

Subboreal (DA 4 p.p. – 6 p.p.):

An der Grenze DA 4/DA 5 durchlaufen die NBP ein Minimum, die Wälder hatten in dem Gebiet ihre maximale Ausbreitung erreicht und die Waldgrenze erreichte den subborealen Waldgrenzhöchststand (KRAL 1971). An der Zusammensetzung der waldgrenzbildenden Baumarten (*Picea*, *Pinus cembra* und *Larix*) hat sich nichts geändert. Dominante Baumart ist *Picea*, die übrigen Arten wie *Abies*, *Fagus*, die EMW-Elemente und *Corylus* kommen als Fernflug vor. In der subalpinen Stufe hat *Alnus* im Subboreal ihre maximale Ausdehnung erreicht. Die lokale Vegetation zeigt einen Rückgang der *Ericaceae* und Gipfel der *Cyperaceae* und *Rosaceae*. Auch *Sphagnum* kommt immer stärker auf und ist ab 87 cm Torfbildner. Das Torfwachstum geht in 112 bis 78 cm Tiefe auf 3 cm pro 100 Jahre zurück.

Im mittleren Subboreal zeichnet sich ein markanter NBP-Gipfel ab, der hauptsächlich durch Gramineen gebildet wird. Daß es sich hier nicht um eine rein lokale Bildung handelt, wird durch die abnehmenden Werte der Bäume – *Picea*, *Pinus* und *Alnus* – sowohl im Relativ- als auch im Absolutdiagramm belegt. Gleichzeitig erreicht in dieser Tiefe das Torfwachstum außerordentlich hohe Werte (7,7 cm/100 Jahre).

Es liegen hier Anzeichen für eine Klimaverschlechterung vor, die durch die beiden C-14 Daten 4170 ± 100 und 3910 ± 100 BP zeitlich fixiert ist. Da PATZELT & BORTENSCHLAGER (1973) das Ende des Rotmoos II-Stadiums mit etwa 4500 BP festsetzen, das Lössstadium aber erst um ca. 3500 BP einsetzt, gestaltet sich die Zuordnung der im Kühltal vermuteten Klimaschwankung zu gesicherten Gletscherhochständen der Ostalpen schwierig, er würde in die Zeitspanne zwischen Rotmoos II und Löss fallen. In den Stubai Alpen wurde für das Subboreal und das Ältere Subatlantikum eine Reihe aufeinanderfolgender Gletscherschwankungen, deren einzelne Vorstoßphasen schwer auseinanderzuhalten sind, nachgewiesen (AARIO 1944, MAYR 1964, 1968, WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980). MAYR (1964) bezeichnete diese Aufeinanderfolge von Hochständen als "Simming-Serie". Es ist möglich, daß die hier festgestellte Schwankung einen frühen Simming-Vorstoß darstellen könnte, doch ist auch diese Zuordnung nicht ganz einwandfrei, da der genaue zeitliche Beginn der Simming-Serie noch nicht abgeklärt ist. Die Pioraschwankung in den Westalpen, deren Ende mit ungefähr 4000 vor heute angegeben wird (ZOLLER et al. 1966), kommt dieser Kaltphase zeitlich am nächsten.

In der zweiten Hälfte des Subboreals setzt eine Regeneration der Wälder ein und die Waldgrenze steigt wieder bis über das Moor. Dominanter Baum bleibt *Picea*; *Abies* und *Fagus* erreichen in diesem Abschnitt mit 7 % bzw. 6 % ihre Maxima. Diese niedrigen Gipfelwerte bedeuten, daß die Tannen-Buchenwälder auch zur Zeit ihrer maximalen Ausbreitung nie in den breiten Fichtenwaldgürtel des inneren Sellraintales und des Kühltals eingedrungen sind. Das "zentralalpin-subkontinentale Zirbenklima" des inneren Sellraintales und des Kühltals ist für *Abies* und *Fagus* ungünstig, beide Arten sind auch rezent erst im äußeren Sellraintal anzutreffen (GAMS 1970, S. 224 - 228).

Ein NBP-Gipfel von 25 %, an dem wiederum hauptsächlich die *Gramineae* beteiligt sind, zeigt am Ende des Subboreals eine erneute Klimaverschlechterung an, die zeitlich am ehesten mit der Lössschwankung gleichzusetzen ist (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973).

Subatlantikum (DA 6 p.p. – 7 p.p.):

Haupttorfbildner ist nun *Sphagnum*, daneben kommen an Makroresten *Carex*-Radicalen, Spindeln und Blattscheiden von *Eriophorum vaginatum*, sowie Birkensamen und Astholz von *Pinus mugo* vor, womit die Präsenz der Latsche am Moor eindeutig erwiesen ist. Das Moor hat also bereits im Subboreal das Hochmoorstadium erreicht, ein Einzelfund von *Potamogeton* deutet auf eine offene Wasserfläche hin, wie sie im Moor bis zu dessen Zerstörung auch vorhanden war (SCHIECHTL, mündl. Mitt.). Das Torfwachstum geht ab 58 cm Tiefe stark zurück, die Sedimentationsrate sinkt von 7,7 auf 1,5 cm pro 100 Jahre. Die Ursache dafür – Etablieren der Klimaxgesell-

schaften, klimatische Veränderungen oder Rodungstätigkeit und damit Störung der Moorentwicklung, wie in den subalpinen Mooren des Riesengebirges, kann im vorliegenden Profil nicht festgestellt werden. Nach dem Ende des Gletscherhochstandes an der Wende vom Subboreal zum Subatlantikum setzt eine vorübergehende Wiederbewaldung ein, die NBP gehen zurück, die BP nehmen zu und *Picea* erreicht ein letztes Maximum.

Bereits zu Beginn von DA 7 steigen jedoch die NBP wieder deutlich an, pendeln sich allerdings nach ihrem Maximum in 20 cm Tiefe (19 %) auf einen gleichbleibenden Durchschnittswert ein und erreichen im großen und ganzen nicht mehr die Spitzenwerte der vorangegangenen NBP-Gipfel. Das Ausmaß klimatischer Einflüsse läßt sich für das Subatlantikum nicht mehr rekonstruieren, da bereits ab dem oberen Drittel von DA 6 die Kulturbegleiter vorhanden sind und ab etwa 25 cm massiv auftreten. An den Kulturzeigern und dem reichhaltigen NBP-Artenspektrum in DA 7 ersieht man, daß im Kühtai bereits ab dem Älteren Subatlantikum Alpweiderodung (vgl. WELTEN 1950b) betrieben wurde. Besonders deutlich zeigen die BP-Kurvenverläufe den menschlichen Einfluß an: Während *Picea* stark zurückgeht und ihre Dominanz verliert, nimmt der Anteil subalpiner Baum- und Straucharten wie *Pinus cembra*, *Larix*, *Pinus* sp. (wahrscheinlich *Pinus mugo*) und *Alnus* relativ wie absolut zu was beweist, daß *Picea* abgeholzt wurde, während *Pinus cembra*, *Larix*, *Pinus mugo* und *Alnus* stehenblieben, ja sich sogar auf den frei gewordenen Flächen ausbreiten konnten. Aber auch die Rodungstätigkeit in tieferen Lagen ist im Diagramm erkennbar, da der Weitfluganteil von *Abies*, *Fagus* und EMW-Arten merklich abnimmt.

Die Geschichte der Waldgrenze im Postglazial:

a) Waldgrenzbildende Baumarten:

Die Ursache für den Anstieg bzw. das Absinken der alpinen Waldgrenze im Laufe der Zeit sind, abgesehen vom menschlichen Einfluß, Klimaschwankungen. Dabei spielt die mit steigender Meereshöhe abnehmende Temperatur eine Rolle, da Fröste, die in höheren Lagen immer häufiger und immer länger auftreten, die Stoffproduktion der Bäume verringern und so ihr Wachstum und ihre Entwicklung hemmen (TRANQUILLINI 1967).

In Abb. 6 sind die in der subalpinen Stufe vorkommenden Baumarten der vier Lokalitäten zusammengefaßt, die angeführte Reihenfolge gibt die Häufigkeit wieder. Die lokalen Arten wie *Pinus mugo*, *Betula*, *Alnus* und *Salix* sind in den obersten Proben nicht mitberücksichtigt, da diese anthropogen – Rodungstätigkeit – gefördert worden sind. Dies betrifft vor allem den Knieholzgürtel in den Profilen Trojrohe pleso und Pantschewiese, aber auch das Profil Dortmunder Hütte, wo *Pinus mugo* durch Holzfunde nachgewiesen ist. Im Profil Trojrohe pleso und Waxeck-Alm sind im Gegensatz zum Profil Dortmunder Hütte auch *Pinus cembra* und *Larix* nicht angeführt. Einerseits sind dafür Bestimmungsschwierigkeiten bei *Pinus cembra* in diesen Profilen die Ursache, andererseits aber auch die sehr geringen Werte, die während des gesamten Profils auftreten. Es haben diese beiden Arten also in der Tatra nie eine so ausgeprägte Rolle an der Waldgrenze gespielt wie in den Alpen, vor allem in den Stubai Alpen.

Der Nachweis für *Pinus cembra* konnte aber im Zemmgrund durch fossiles Wurzelholz eindeutig erbracht werden. Im Riesengebirge hingegen fehlten beide Arten und erst in jüngster Zeit wurde *Larix* für Aufforstungen verwendet.

b) Klima und Waldgrenzschwankungen:

BAIG et al. (1974) stellten fest, daß sich kühle, niederschlagsreiche Sommer ungünstig auf den Stoffhaushalt der Bäume auswirken: Die Nadeln können dann nicht genügend ausreifen und gehen infolgedessen während des darauffolgenden Winters an Frosttrocknis zugrunde. Eine Verkürzung der Vegetationsperiode um ca. fünf Wochen genügt bereits, um junge Bäume im Bereich der Kampfzone letal zu schädigen. Eine Verkürzung der Vegetationsperiode über mehrere Jahre

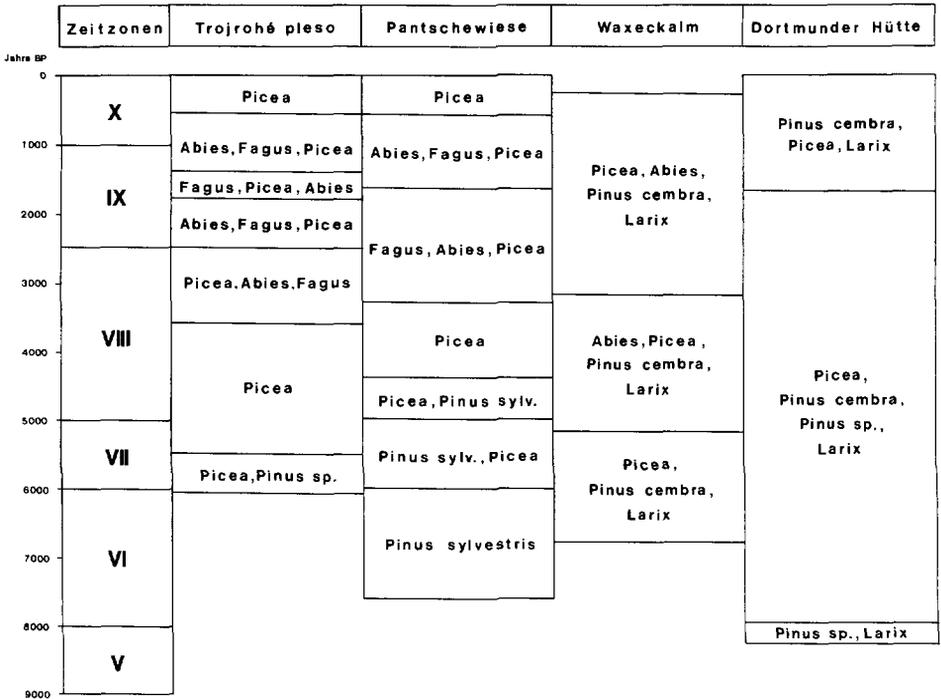


Abb. 6: Die Baumarten an der Waldgrenze und in der subalpinen Stufe ab dem Boreal.

hinweg würde die Baumbestände im obersten Waldabschnitt zur Gänze vernichten und damit würde die Waldgrenze herabgedrückt werden.

Eine Waldgrenzdepression äußert sich im Pollendiagramm durch einen Anstieg der NBP- und einen Rückgang der BP-Kurve, des öfteren kommt es im Hauptdiagramm auch zu einem Dominanzwechsel zwischen Baumarten wie *Pinus* und *Picea* und subalpinen Sträuchern wie *Alnus* (vgl. BORTENSCHLAGER 1970b und KRAL 1981). Nach Vergleichen der Ergebnisse bisheriger Pollenanalysen mit den Ergebnissen ökophysiologischer Untersuchungen an der Wald- und Baumgrenze (BAIG et al. 1974) kommt BORTENSCHLAGER (1978) zu dem Schluß, daß in den Alpen die obere Waldgrenze während des Postglazials durch Klimaverschlechterungen nur um maximale 200 m herabgedrückt worden ist. Wie Pollenanalysen und Moränenuntersuchungen in den West- und Ostalpen immer wieder beweisen (ZOLLER 1960; BORTENSCHLAGER & PATZELT 1969; PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973; WEIRICH & BORTENSCHLAGER 1980; GAMPER & SUTER 1982), fallen Schneegrenz- und Waldgrenzschwankungen zeitlich ziemlich genau zusammen. Die Klimaänderungen waren überregional.

Mit den bisherigen Untersuchungen stimmen die Ergebnisse aus den Pollenanalysen der beiden Profile Waxeckalm und Dortmunder Hütte im wesentlichen überein, wobei die Rotmooschwankung im Zillertal nicht nachzuweisen war und im Kühtai schwach ausfiel. Bei der im Profil Dortmunder Hütte festgestellten Klimaschwankung zwischen 4170 ± 100 und 3910 ± 100 BP gibt es Schwierigkeiten bei der zeitlichen Zuordnung, da an anderen alpinen Lokalitäten kein Gletschervorstoß, der in dieser Zeitspanne erfolgt wäre, nachgewiesen werden konnte.

Während der Kaltphasen befand sich die alpine Waldgrenze im Kühtai und im Zemmgrund vermutlich in ungefährer Höhe der jeweiligen untersuchten Lokalitäten, in Warmphasen verlief sie oberhalb davon.

Im Pantschewiesen-Profil ist an der Basis eine waldungünstige Phase klar zu erkennen, das Mindestalter des Moores ($7600 \pm \text{BP}$) würde eine zeitliche Parallelisierung mit der Oberhalbstein-Schwankung in den Westalpen ermöglichen, die nach GAMPER & SUTER (1982) um etwa 7750 BP stattfand; im Laufe des Älteren Atlantikums ist dann die alpine Waldgrenze im Riesengebirge bis über die Pantschewiese hinauf angestiegen, vom Jüngeren Atlantikum an bis zum Beginn der menschlichen Rodungstätigkeit in der La-Tene-Zeit verläuft die BP-NBP-Kurve gleichmäßig, es hat also offensichtlich keine klimatisch bedingte Waldgrenzabsenkung im Riesengebirge mehr stattgefunden.

Ähnlich wie im Riesengebirge gab es auch in der Hohen Tatra ab dem Jüngeren Atlantikum keine klimatisch bedingten Waldgrenzschwankungen mehr, jedenfalls ist aus dem Trojrohe pleso-Profil seit Beginn des Moorwachstums keine Klimaoszillation ersichtlich. Weder in der Hohen Tatra noch im Riesengebirge gibt es Hinweise auf holozäne Vergletscherungen (LUKNIS 1963, BRUNNER 1963). Es scheint, daß sich Klimaoszillationen wie sie aus den Alpen bekannt sind, nur dann in Gebirgen deutlich auswirken und auch nachweisbar sind, wenn die Erhebungen genügend hoch sind, sodaß auch heute noch Gletscher vorhanden sind. In allen vier untersuchten Profilen durchlaufen die NBP in der ersten Hälfte des Subboreals ein Minimum; zu dieser Zeit dürfte der Wald seine maximale Verbreitung erreicht haben, vermutlich lag damals auch die alpine Waldgrenze am höchsten – KRAL (1971) spricht in diesem Zusammenhang von einem "subborealen Waldgrenzhöchststand" und auch GAMPER & SUTER (1982) bestätigen für die Schweizer Alpen ein postglaziales Klima-Optimum während des mittleren Subboreals.

In Abb. 7 sind die postglazialen Hochstände der West- und der Ostalpengletscher ab dem Boreal zusammengestellt (nach PATZELT 1972; GAMPER & SUTER 1982 und BORTEN-SCHLAGER 1982), ihnen werden die in den Profilen Waxeckalm/Zillertal und Dortmunder Hütte/Kühtai nachgewiesenen Kaltphasen (dunkle Flächen) gegenübergestellt.

c) Mensch und Waldgrenzschwankungen:

Die Hauptursache für das gegenwärtige Waldbild, die Differenz zwischen aktueller und potentieller Waldgrenze, ist der Mensch mit seiner Rodungstätigkeit in den letzten Jahrhunderten.

Im Pollendiagramm ist der menschliche Einfluß deutlich an einem Anstieg der NBP- und einem Rückgang der BP-Werte und am massiven Auftreten von Kulturzeigern und Kulturbegleitern wie *Plantago*, *Rumex*, *Urtica*, *Secale*, den Cerealia u. a. (WELTEN 1950b) zu erkennen.

Erste Spuren menschlicher Besiedlung im Gebirgsvorland der Hohen Tatra und im Riesengebirge sind Einzelfunde von Kulturzeigerarten im Neolithikum, wobei im Falle der Hohen Tatra das Zipser Becken als Kulturraum gilt, der nachweislich ab dem Neolithikum ständig besiedelt wurde (NOVOTNY 1972). Das erste Auftreten von Kulturzeigerpollen im Profil Waxeckalm belegt menschliche Siedlungstätigkeit im Zillertal während der Bronzezeit. Am spätesten und zwar erst ungefähr zur Römerzeit ist das erste Auftreten des Menschen im Pollendiagramm des Kühtaiers Profils erkennbar.

Da sowohl in der Hohen Tatra als auch im Riesengebirge ab dem Jüngeren Atlantikum Hinweise auf klimatisch bedingte Waldgrenzschwankungen fehlen, andererseits in beiden Pollenprofilen in den mittelalterlichen und neuzeitlichen Diagrammabschnitten jeweils ein NBP-Maximum mit starker Präsenz der Kulturbegleiter erkennbar ist, kann man in beiden Gebieten mit ziemlicher Sicherheit den Menschen als den wesentlichen, vielleicht einzigen, Faktor für eine anhaltende Waldgrenzdepression, die in beiden Gebieten im Mittelalter begann und während der Neuzeit ihr größtes Ausmaß erreichte, annehmen. In beiden Gebirgsmassiven wurde im Bereich der Waldgrenze hauptsächlich zu Zwecken der Almweide gerodet (vgl. WELTEN 1950b; JENIK & LOKVENC

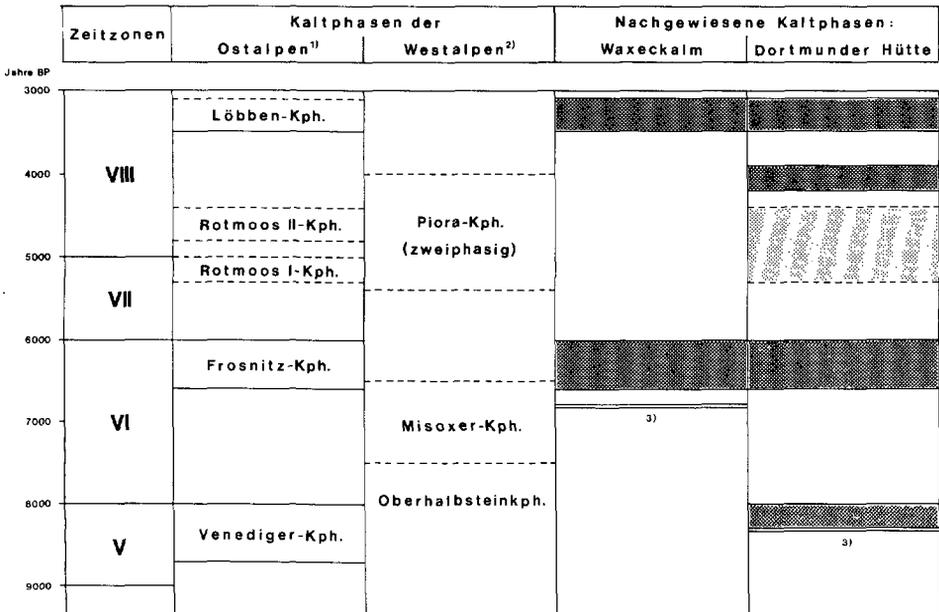


Abb. 7: Kaltphasen in den Alpen zwischen 8000 - 3000 BP.

1) Nach PATZELT, 1972; PATZELT & BORTENSCHLAGER, 1973; BORTENSCHLAGER, 1982.

2) Nach ZOLLER, 1960; ZOLLER et al., 1966; GAMPER & SUTER, 1982.

3) Die Doppellinie kennzeichnet den Beginn des Moorwachstums an den einzelnen Lokalitäten.

1962 und PLESNIK 1971). Aus den Pollendiagrammen des Trojrohe pleso- und auch des Panschwiese-Profiles geht jedoch weiters hervor, daß der Mensch nicht erst im Mittelalter, sondern bereits während der La-Tène-Zeit bis in höhere Lagen vorgedrungen ist. Dabei fällt auf, daß die Kurven von *Picea* und *Abies* abfallen, während *Fagus* und andere Laubmischwaldarten absolut gleichbleiben und relativ sogar zunehmen. Dieses Phänomen könnte "selektive Rodung" erklären. *Abies* und *Picea* wurden für verschiedene Verwendungszwecke aus dem Waldbestand herausgeschlagen, während die Laubbäume als Niederwald genutzt wurden, diese althergebrachte Form der Waldwirtschaft wird noch jetzt in der Slowakei durchgeführt (PLESNIK 1959).

Ein Mittelalterliches Kulturmaximum, welches sich im Gegensatz zu den anderen Profilen nicht bis in die Neuzeit hinein fortsetzt, ist im Profil Waxeckalm zu beobachten. Alte Urbarien bezeugen, daß im Zemmgrund während des Mittelalters zwar intensiv Almweide betrieben, dieselbe jedoch zu Beginn der Neuzeit aus bisher nicht geklärten Gründen eingeschränkt wurde (STOLZ 1941).

Im Kühtai ist, den Befunden der Pollenanalyse nach, ab etwa der Römerzeit mit einem ständigen menschlichen Einfluß zu rechnen, welcher sich im obersten Abschnitt des Pollendiagramms jedoch weniger in einem markanten Anstieg der NBP, als vielmehr in einem Dominanzwechsel der Baumarten äußert und zwar nehmen die *Pinus*-Arten zu, während die bis dahin dominante Fichte zurückgeht.

Zusammenfassung: Ein Vergleich der Vegetationsentwicklung aus den östlichen Zentralalpen (Zillertal, Kühtai) und tschechoslovakischen Gebirgen (Riesengebirge, Hohe Tatra) hat geographisch bedingte Unterschiede aufgezeigt. In den beiden alpinen Profilen konnten die bereits bekannten Klimaschwankungen und die da-

von abhängigen Waldgrenzschwankungen festgestellt werden. In den beiden Profilen aus der CSSR konnten trotz idealer Lagen keine Waldgrenzschwankungen festgestellt werden. Es scheint, daß nur dann solche Waldgrenzschwankungen auftreten, wenn die Gebirge hoch genug sind um auch heute noch Gletscher zu tragen, die diese Klimaeinflüsse zu verstärken scheinen.

Erst in jüngster Zeit konnten in allen vier untersuchten Profilen Waldgrenzschwankungen nachgewiesen werden, diese sind aber eindeutig auf die Aktivitäten des Menschen zurückzuführen.

Anmerkung: Diese Arbeit wurde 1983 fertiggestellt und als Dissertation eingereicht. Mit zum Gelingen dieser Arbeit trugen bei durch fachliche Beratung, Hilfe im Institut und Gelände und Fossilienbestimmung: Frau Dr. E. Rybnickova, Dr. K. Rybnicek, Prof. Dr. H. Heuberger, D. V. Jankovska, Dr. P. Plesnik, Dr. E. Krippel, Doz. Dr. G. Patzelt, Dr. H. M. Schiechl, Dr. H. Hilscher und AR S. Tatzreiter. Die 14 C-Datierungen wurden von OR Dr. H. Felber am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien durchgeführt. Die finanziellen Mittel wurden vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung im Rahmen des Internationalen Austauschprogrammes in Form von Auslandsstipendien bzw. von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Kommission für Hochalpine Forschung als Subvention für die 14 C-Daten bereitgestellt. Ihnen allen sei gedankt.

Berufsbedingt verlagerten sich die Interessen des Autors und er sah sich zeitmäßig nicht mehr in der Lage, die Dissertation für den Druck zu überarbeiten. Da aber grundlegende Aussagen gemacht werden können, wurden vom Leiter der Abteilung Palynologie am Institut für Botanik, Univ.-Prof. Dr. S. Bortenschlager im Einverständnis mit dem Autor die Ergebnisse überarbeitet für den Druck zusammengefaßt und etwas komprimiert. Inhaltlich aber wurden die Schlußfolgerungen nicht abgeändert.

Literatur:

- AARIO, L. (1940): Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo, Lappland. — Ann. Acad. Sci., Fenn., Ser. A, **54/8**: 1 - 120.
- (1944): Ein nachwärmezeitlicher Gletschervorstoß in Oberfernau in den Stubaier Alpen. — Acta Geographica, Helsinki, **IX/2**, 5 - 31.
- ADAMEC, V. (1969): Touristenführer Hohe Tatra. — Verlag Sport, Bratislava: 200 pp.
- ANDRUSOV, D. (1964): Geologie der tschechoslowakischen Karpaten, Bd. I. — Verlag SAV, Bratislava: 9 - 26.
- BAIG, M.N., W. TRANQUILLINI und W.M. HAVRANEK (1974): Cuticuläre Transpiration von *Picea abies*- und *Pinus cembra*-Zweigen aus verschiedener Seehöhe und ihre Bedeutung für die winterliche Austrocknung der Bäume an der alpinen Waldgrenze. — Centralbl. f. d. Ges. Forstwesen, Wien, **91**: 195 - 211.
- BERTSCH, K. (1951): Geschichte des deutschen Waldes. — G. Fischer-Verlag, Jena, 3. Aufl.: 118 pp.
- BEUG, H.J. (1961): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete, Teil I. — G. Fischer-Verlag, Stuttgart: 1 - 63.
- BORTENSCHLAGER, I. (1976): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols II: Kufstein - Kitzbühel - Paß Thurn. — Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, **63**: 105 - 137.
- BORTENSCHLAGER, S. (1970a): Neue pollenanalytische Untersuchungen von Gletschereis und gletschernahen Mooren in den Ostalpen. — Zeitschr. f. Gletscherkde. u. Glazialgeol., **VI/1-2**: 107 - 118.
- (1970b): Waldgrenz- und Klimaschwankungen im pollenanalytischen Bild des Gurgler Rotmooses. — Mitt. ostalp. dinar. Ges. f. Veg.-kde., **11**: 19 - 26.
- (1972): Der pollenanalytische Nachweis von Gletscher- und Klimaschwankungen in Mooren der Ostalpen. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., **85**: 113 - 122.
- (1975): Vervielfältigte Diagramme zur Vegetationsgeschichte Tirols. — Exkurs-tag. Spät- u. Postglazial in Tirol, 1975.
- (1978): Ursachen und Ausmaß postglazialer Waldgrenzschwankungen in den Ostalpen. — In: FRENZEL, B., Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa, S. 260 - 266.
- (1982): Chronostratigraphic Subdivisions of the Holocene in the Alps. — STRIAE, XIth Congress INQUA in Moscow, 1982: 75 - 79.
- (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I: Inneres Ötztal und Unteres Inntal. — Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, **71**: 19 - 56.
- BORTENSCHLAGER, S. und G. PATZELT (1969): Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores (2270 m) der Venedigergruppe. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **20**: 116 - 122.

- BRUNNER, H. (1963): Zur Geologie und Geomorphologie des Riesengebirges. — Geogr. Ber., Berlin, **18**: 146 - 161.
- CIELINSKA, M. and B. DUMANOWSKI (1961): The Karkonosze. — INQUA-Congress Warsaw, Gb. B: 25 - 32.
- DOMIN, K. (1923): A phytogeographical outline of the zonal division in the Western Carpathians, besides some general remarks on the main forest trees. — Publik. d. Nat.-wiss. Fak. d. Karlsuniv. Prag: 133 - 164.
- ERDTMAN, G. (1934): Über die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. — Svensk. Bot. Tidskr., **28/2**: 354 - 361.
- (1936): New methods in pollenanalyses. — Svensk. Bot. Tidskr., **30/2**: 154 - 164.
- FAEGRI, K. and J. IVERSEN (1975): Textbook of pollenanalysis. — Munksgaard, Copenhagen, 3. Aufl.
- FEYFAR, Z. (1968): Das Riesengebirge. — Orbis-Verlag, Praha.
- FIRBAS, F. (1949, 1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas, Bde. I u. II. — G. Fischer-Verlag, Jena.
- FIRBAS, F. and H. LOSERT (1949): Untersuchungen über die Entstehung der heutigen Waldstufen in den Sudeten. — Planta, **36**: 478 - 506.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. — Univ.-Verl. Wagner, Innsbruck-München.
- GAMPER, M. and J. SUTER (1982): Postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen. — Geographica Helvetica, **1982/2**: 105 - 114.
- GAMS, H. (1958): Die Alpenmoore. — Jb. Ver. Sch. Alpenpfl. u. -tiere, **23**: 15 - 28.
- (1970): Beiträge zur Kenntnis der Flora und Vegetation des Sellraintales. — Mitt. Forstl. Bundesvers.-anst., Wien: 223 - 235.
- GASSNER, M. (1925): Beiträge zur Siedlungs- und Wirtschaftsgeschichte des inneren Sellraintales. — Veröff. Museum Ferdinandeum Innsbruck, **4**: 1 - 79.
- GRUNDMANN, G. (1969): Kunstwanderungen im Riesengebirge, Studien aus 50 Jahren (1917 - 1967). — Bergstadtverl. W.G. Korn, München.
- HADAC, E. (1969): Die Pflanzengesellschaften des Tales Dolina Siedmich pramenov in der Belaer Tatra. — Vegetacia CSSR, Bratislava, **B/2**: 343 pp.
- HADAC, E., V. JEZEK and P. BREZINA (1969): Rostlinna spolecenstva Trojrohebo plesa ve Vysokych Tatrach. — Zborn. Prac. TANAP Martin, **11**: 481 - 494.
- HADAC, E. and J. VANA (1967): Plant communities of mires in the western part of the Krkonose Mountains. — Fol. geobot. et phytotax., **2**: 213 - 254.
- HEUBERGER, H. (1966): Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain und Ötztal. — Wiss. Alpenvereinshefte Innsbruck, **20**: 126 pp.
- (1977): Gletscher- und klimageschichtliche Untersuchungen im Zemmgrund. — Alpenvereins-Jb. 1977: 39 - 50.
- JANKOVSKA, V. (1972): Pyloanalyticky prispevek ke slozeni puvodnich lesu v severozapadni casti Spiske kotliny. — Biologia, Bratislava, **27/4**: 279 - 292.
- JENIK, J. and T. LOKVENC (1962): Die alpine Waldgrenze im Krkonose-Gebirge. — Rozpr. CSAV Praha, **1/72**: 65 pp.
- JOCHIMSEN, M. (1972): Pollenniederschlag und rezente Vegetation in Gletschervorfeldern der Alpen. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., **85**: 13 - 27.
- KARNER, A., F. KRAL and H. MAYER (1973): Das inneralpine Vorkommen der Tanne im Vintschgau. — Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, Wien, **90/3**: 129 - 163.
- KERN, J. (1934): Die Steinaxt von Hengersdorf bei Hohenebel. — Sudeta, Reichenberg, **10**: 106 - 108.
- KINZL, H. (1929): Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen. — Zeitschr. f. Gletscherkde., **17**: 16 - 121.
- KLEBELSBERG, R. v. (1933): Grundzüge der Geologie Tirols. — Verlag F. Bruckmann A.G., München: 25 - 90.
- KONCEK, M. (1964): Sketch of climatic conditions in Slovakia. — Geogr. cas., SAV Bratislava, **16**: 160 - 182.
- KOPEROWA, W. (1958): Pozny glacial z polocnego podnoza Tatr w swietle analizy pylkowej. — Monogr. Botan., **7**: 107 - 133.
- (1962): Poznoglacialna i holocenska historia roslinnosci kotliny Nowotarskiej. — Acta Palaeobotanica PAN, **2/3**, Krakow.
- KRAJINA, V. (1933): Die Pflanzengesellschaften des Mlynica-Tales in der Hohen Tatra, Teile I u. II. — Beih. Bot. Centr., **50/2** u. **51/2**, Praha.
- KRAL, F. (1971): Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte des Dachsteinmassivs. Rekonstruktionsversuch der Waldgrenzynamik. — Veröff. Inst. f. Waldbau, Hochsch. f. Bodenkultur, Wien: 145 pp.

- KRAL, F. (1972): Grundlagen zur Entstehung der Waldgesellschaften im Ostalpenraum. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., **85**: 173 - 186.
- (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. — Veröff. Inst. f. Waldbau, Hochsch. f. Bodenkultur, Wien: 175 pp.
- (1981): Zur postglazialen Waldentwicklung in den nördlichen Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. — Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss.: 193 - 234.
- KRIPPEL, E. (1963): Postglacialny vyvoj lesov Tatranskeho Narodneho Parku. — Biologické Práce SAV, Bratislava, **9/5**: 1 - 41.
- (1971): Postglacialny vyvoj vegetácie Východného Slovenska. — Geogr. cas. SAV, Bratislava, **23**: 226 - 240.
- (1981): Glacialne refugia, postglacialna migrácia a rozšírenie jedle bielej (*Abies alba* MILL.) v zapadných Karpatoch. — Geogr. cas. SAV, Bratislava, **33**: 133 - 144.
- LAPINSKI, H. (1950): Die obere Waldgrenze im Sellraingebiet. — Diss. Geogr. Inst. Ibk.: 219 pp.
- LIPTAK, J. (1935): Bilder aus der Zipser Vergangenheit. — Kezmarok, 174.
- LUKNIS, M. (1963): Die Entwicklungsperioden der Hohen Tatra in Bezug auf die Quartärablagerungen. — Report to the 6th Congress of the INQUA in Warsaw, 1961/III: 197 - 204.
- (1964): The course of the last glaciation of the Western Carpathians in relation to the Alps, to the glaciation of Northern Europe and to the division of the Central-European Würm into periods. — Geogr. cas. SAV Bratislava, **16**.
- MAIR, H. (1960): Aus der Geschichte des Zillertales. — Zillertaler Heimatstimme, Hefte Nr. **18 - 34**.
- (1963): 1363 - 1963 und das Zillertal. — Zillertaler Heimatstimme, Heft Nr. **28**: 1.
- MANGERUD, J., S.T. ANDERSEN, B. BERGLUND and J. DONNER (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. — *Boreas*, **3**: 109 - 128.
- MAYER, H. (1969): Tannenreiche Wälder am Südadfall der mittleren Ostalpen. — BLW München-Basel-Wien: 1 - 259.
- (1974): Wälder des Ostalpenraumes. — G. Fischer-Verlag, Stuttgart: 344 pp.
- MAYR, F. (1964): Untersuchungen über Ausmaß und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit Beginn der postglazialen Wärmezeit. — Zeitschr. Geomorph. N.F., **8**: 257 - 285.
- (1968): Postglacial glacier fluctuations and correlative phenomena in the Stubai Mountains, Eastern Alps, Tyrol. — INQUA USA 1965, Proc. VII Cong. 14, Univ. Colorado Studies, Ser. Earth Sci. Nr. **7**: 167 - 177.
- MEJSTRIK, V. and K. STRAKA (1964): Panické ráselinisté v Krkonoších. — Opera Corcont., Havl. Brod-Vrchlabí, **1**: 35 - 53.
- MYCZKOWSKI, St. (1969): Die Zirbe (*Pinus cembra* L.) — ein Hochgebirgsbaum der Tatravälder. — Zborn. Prac. o TANAP 11, Osveta-Verlag, Martin.
- NEUSTUPNY, E. (1972): Das jüngere Äneolithikum in Mitteleuropa. — *Musaica*, Bratislava, **12**: 91 - 120.
- NOVOTNY, B. (1972): Übersicht der vorgeschichtlichen Besiedlung der Zips (Spis) und des Bereiches unterhalb der Hohen Tatra. — *Musaica*, Bratislava, **12**: 3 - 12.
- PATZELT, G. (1972): Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpengletschern. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., **85**: 47 - 57.
- PATZELT, G. and S. BORTENSCHLAGER (1973): Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). — Zeitschr. Geomorph. Suppl., **16**: 25 - 72.
- PITSCHMANN, H., H. REISIGL, H.M. SCHIECHTL and R. STERN (1970): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000, Tl. I, Bl. 6: Innsbruck - Stubai Alpen. — Documenta pour la carte de la végétation des Alpes, VIII.
- PITSCHMANN, H., H. REISIGL and H.M. SCHIECHTL (1971): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000, Tl. II, Bl. 7: Zillertaler und Tuxer Alpen. — Documenta pour la carte de la végétation des Alpes, IX.
- PLEXNIK, P. (1959): Probleme der Waldgeographie in der Slowakei. — Math.-Nat.-wiss. Zeitschr. d. M. Luther-Universität Halle-Witt., **8**: 135 - 152.
- (1959b): Die obere Waldgrenze in den Westkarpaten. — Math.-Nat.-wiss. Zeitschr. d. M. Luther-Universität Halle-Witt., **8**: 153 - 180.
- (1971): Horna hranica lesa vo Vysokých a v Belanských Tatrách. — Vydavateľst'vo SAV, Bratislava: 238 pp.
- PREIDEL, H. (1953): Die vor- und frühgeschichtlichen Siedlungsräume in Böhmen und Mähren. — München.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. — *Studia Geographica*, **16**: Brno.
- RUDLOFF, H. v. (1980): Die Klimaentwicklung in den letzten Jahrhunderten im mitteleuropäischen Raume (mit

- einem Rückblick auf die postglaziale Periode). – In: OESCHGER, H. et al., *Das Klima*, Springer-Verlag, Berlin: 125 - 148.
- RUDOLPH, K. und F. FIRBAS (1926): Pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore des Riesengebirges. – *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, **44**: 227 - 238.
- (1927): Paläofloristische und stratigraphische Untersuchung böhmischer Moore III – die Moore des Riesengebirges. – *Beih. Bot. Centr.*, **43B**: 69 - 144.
- RUDOLPH, K., F. FIRBAS und J.H. SIGMOND (1928): Das Koppfenplanmoor im Riesengebirge – ein Beispiel für den subalpinen Moortypus in Böhmen. – *Lotos, Prag*, **76**: 173 - 222.
- SARNTHEIN, R. v. (1936): Moor- und Secablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung, I. Teil: Brennergegend und Eisacktal. – *Beih. Bot. Centr.*, **55B**: 544 - 631.
- SCHMID, E. (1936): Die Reliktföhrenwälder der Alpen. – *Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz*, **21**: 190 pp.
- SCHNEIDER, R.E. (1978): Pollenanalytische Untersuchungen zur Kenntnis der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Südrand der Alpen zwischen Turin und Varese (Italien). – *Bot. Jb. Syst.*, **100**: 26 - 109.
- SCHRANIL, J. (1929): Die Vorgeschichte Böhmens und Mährens. – De Gruyter-Verlag, Berlin und Leipzig.
- SEIWALD, A. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau – Villanderer Alm. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck*, **67**: 31 - 72.
- SERCELJ, A. (1970): Das Refugialproblem und die spätglaziale Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Südstalpenraumes. – *Mitt. ostalp.-dinar. pflanzensoz. Arbeitsgem.* **10/2**.
- SOKOLOWSKI, M. (1928): O gornej granicy lasu w Tatrach. – Krakow, 188.
- STOCKMARR, J. (1971): Tablets with spores used in absolute pollen analyses. – *Pollen et Spores*, **13**: 615 - 621.
- STOLZ, O. (1941): Die Zillertaler Gründe, geschichtlich betrachtet. – *Zeitschr. d. Dtsch. Alpenvereines*, **72**: 106 - 115.
- STRAKA, H. (1975): Pollen- und Sporenkunde. – Aus: *Grundbegriffe der modernen Biologie* **13**, G. Fischer-Verlag, Stuttgart: 238 pp.
- STRANSKA, D. (1931): Lid pod Tatrami. – *Nase Tatro, Praha*: 287 - 337.
- SVOBODA, P. (1939): Wälder der Liptauer Alpen; Studien über Holzarten und Waldgesellschaften unter besonderer Berücksichtigung anthropozoischer Einflüsse. – *Opera Botanica Cechica Prag*, **1**: 3 - 36 (Deutsche Zusammenfassung).
- TRANQUILLINI, W. (1967): Über die physiologischen Ursachen von Wald- und Baumgrenze. – *Mitt. Forstl. Bundesvers.-anst. Wien*, **75**: 457 - 481.
- TROELS-SMITH, J. (1955): Karakterisering af lose jordarter. – *Danm. Geol. Undersog. R. IV/3, Nr. 10*, København.
- VALOCH, K. (1969): Das Paläolithikum in der Tschechoslowakei. – In: *Quaternary in Czechoslovakia, Praha*: 69 - 149.
- WEIRICH, J. & BORTENSCHLAGER, S. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols III: Stubaiyer Alpen – Zillertaler Alpen. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck*, **67**: 7 - 30.
- WELTEN, M. (1950a): Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. – *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel, Zürich*, **1949**: 48 - 57.
- (1950b): Die Alpwiedererodung im Pollendiagramm. – *Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel, Zürich*, **1949**: 57 - 67.
- (1982): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schweizerischen Nationalparks. – *Ergebn. d. wiss. Unters. im Schweiz. Nat.-park*, **XVI/80**: 43 pp.
- ZOLLER, H. (1960): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. – *Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges.*, **83**: 45 - 156.
- ZOLLER, H., C. SCHINDLER und H. ROETHLISBERGER (1966): Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. – *Verhandl. Naturf. Ges. Basel*, **77**: 97 - 164.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Bortenschlager Sigmar, Hüttemann Heinz

Artikel/Article: [Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols VI: Riesengebirge, Hohe Tatra -Zillertal, Kühltal. Ein Vergleich der postglazialen Vegetationsentwicklung und Waldgrenzschwankungen. 81-112](#)