

## PHYSISCHE GEOGRAPHIE

### DIE HOLOZÄNE EVOLUTION DER NATÜRLICHEN UMWELT IN DER STUFE DER OBEREN WALDGRENZE IN DER WEST-TATRA

Piotr LIBELT und Andrzej OBIDOWICZ, beide Kraków\*  
Übersetzung: Dieter DEMSKE

mit 3 Abb. im Text und einer losen Faltbeilage im Anhang

#### INHALT

1.	Einleitung .....	244
2.	Das Untersuchungsgebiet .....	246
	2.1 Stufen der Vegetation und des Klimas der Tatra .....	246
	2.2 Geomorphologische Lage .....	247
3.	Der Profilaufbau .....	249
4.	Palynologische Analysen .....	251
	4.1 Pollenzonen .....	252
	4.2 Der gegenwärtige Pollenniederschlag .....	253
5.	Die Geschichte der Wälder .....	254
	5.1 Das Boreal (BO), (Zone A) .....	255
	5.2 Das Atlantikum (AT), (Zone B) .....	256
	5.3 Das Subboreal (SB), (Unterzonen C1 und C2) .....	258
	5.4 Das Subatlantikum (SA), (Zone D) .....	259
6.	Zusammenfassung .....	260
7.	Summary .....	260
8.	Literaturverzeichnis .....	261

\* Mgr. Piotr Libelt, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński, PL-31-044 Kraków, ul. Grodzka 64, und Dr. Andrzej Obidowicz, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, PL-31-512 Kraków, ul. Lubicz 46, beide Polen

## 1. Einleitung

Die Literatur über Veränderungen der natürlichen Umwelt in der Hohen Tatra am Ende der letzten Eiszeit und im Postglazial ist relativ reich. Trotzdem bleiben viele der diese Zeiträume betreffenden Probleme weiterhin ungelöst. Dies betrifft solch wesentliche Problembereiche wie den Beginn, den Verlauf und das Ende der Deglaziation, das Ausmaß der Reliefumformung im Holozän, die Evolution der Pflanzendecke und die vertikale Veränderung der geoökologischen Stufen (KOTARBA et al. 1987). In der Diskussion steht ebenso das Problem des Einflusses, den die wirtschaftliche Tätigkeit des Menschen und die damit in zeitlichem Zusammenhang stehende Klimaabkühlung in der Neuzeit ("Kleine Eiszeit") hatten.

In den 80er Jahren wurden Forschungen der postglazialen Evolution des Hochgebirgsreliefs der West-Tatra begonnen (KASZOWSKI et al. 1988). Auch holozänes Material am Grund von Gletscherkesseln im Kościeliska- und im Chocholowska-Tal war Forschungsgegenstand (LIBELT 1988, 1990). Während der Durchführung von Geländearbeiten am Grund des Gletscherkessels im Pyszna-Tal wurde unter einer Schicht steinigen Sediments ein Torfbett gefunden (LIBELT, in Druck). Bislang stellt dies in der West-Tatra den am höchsten gelegenen Standort dar, für den ein palinologisches Diagramm erstellt wurde. Die Lokalisierung des Profils in der Zone der oberen Waldgrenze ermöglichte das Festschreiben der Schwankungen dieser Grenze im Sediment.

Die Lösung dieser Probleme stößt in Hochgebirgen auf besondere Schwierigkeiten. In der West-Tatra ergeben sie sich aus dem aktuellen palynologischen Forschungsstand sowie aus dem Fehlen absoluter Datierungen für glaziale Formen und Sedimente. Auch ist die Anzahl der Datierungen postglazialer Sedimente gering. Bis zur Erlangung methodisch sicherer Datierungen muß sich eine Chronologie der Ereignisse in Spätglazial und Holozän auf die Korrelation geomorphologischer Fakten mit den Ergebnissen anderer, vor allem palynologischer Forschungen stützen. Diese Forschungen erlauben, die Entwicklung der Vegetationsdecke zu rekonstruieren und auf dieser Grundlage auch Änderungen der klimatischen Verhältnisse. Man erhält ebenso Informationen über die Evolution der geoökologischen (Vegetations-)Stufen, über die Verschiebungen der Waldgrenze, und somit über das Ausmaß morphodynamischer Prozesse, die unmittelbar Einfluß auf die Gestaltung des Reliefs haben. Die Ergebnisse palynologischer Untersuchungen haben somit für Geomorphologen eine nicht geringe Bedeutung. Die in palynologischen Profilen festgestellten Pollenkörner von Pflanzen, die die Wirtschaft des Menschen begleiten, erlauben, die Ausmaße seiner Tätigkeit in der natürlichen Umwelt einzuschätzen.

Aufgrund der wenig intensiven Untersuchungen von quartären Sedimenten in der West-Tatra ist auch der Entwicklungsstand der palynologischen Untersuchungen

noch nicht weit fortgeschritten (vgl. Abb. 1). In einer Pionierarbeit, die heute eher historischen Wert besitzt, hat DYAKOWSKA (1932) u.a. Profile aus dem Staw Smreczyński, dem Staw Toporowy und des Molkówka-Moors analysiert. KOPE-ROWA (1962) hat 30 Jahre später ein modern bearbeitetes und interpretiertes Profil aus dem Molkówka-Moor mit einer langen Liste der bestimmten Sporomorphe, veröffentlicht. Es fehlen ihm jedoch  $C^{14}$ -Datierungen. Auch die Analyse des Staw Smreczyński wurde wiederholt (SKIERSKI 1984). Bedeutend mehr wissen wir bereits über die spätglaziale und holozäne Geschichte der Pflanzendecke in der Hohen Tatra. Der gegenwärtige Wissensstand läßt die Feststellung zu, daß sich die Geschichte der letzten 12-13.000 Jahre im westlichen und östlichen Teil des Tatra-Massivs trotz seiner geringen Ausmaße verschieden gestaltet hat (OBIDOWICZ 1993).

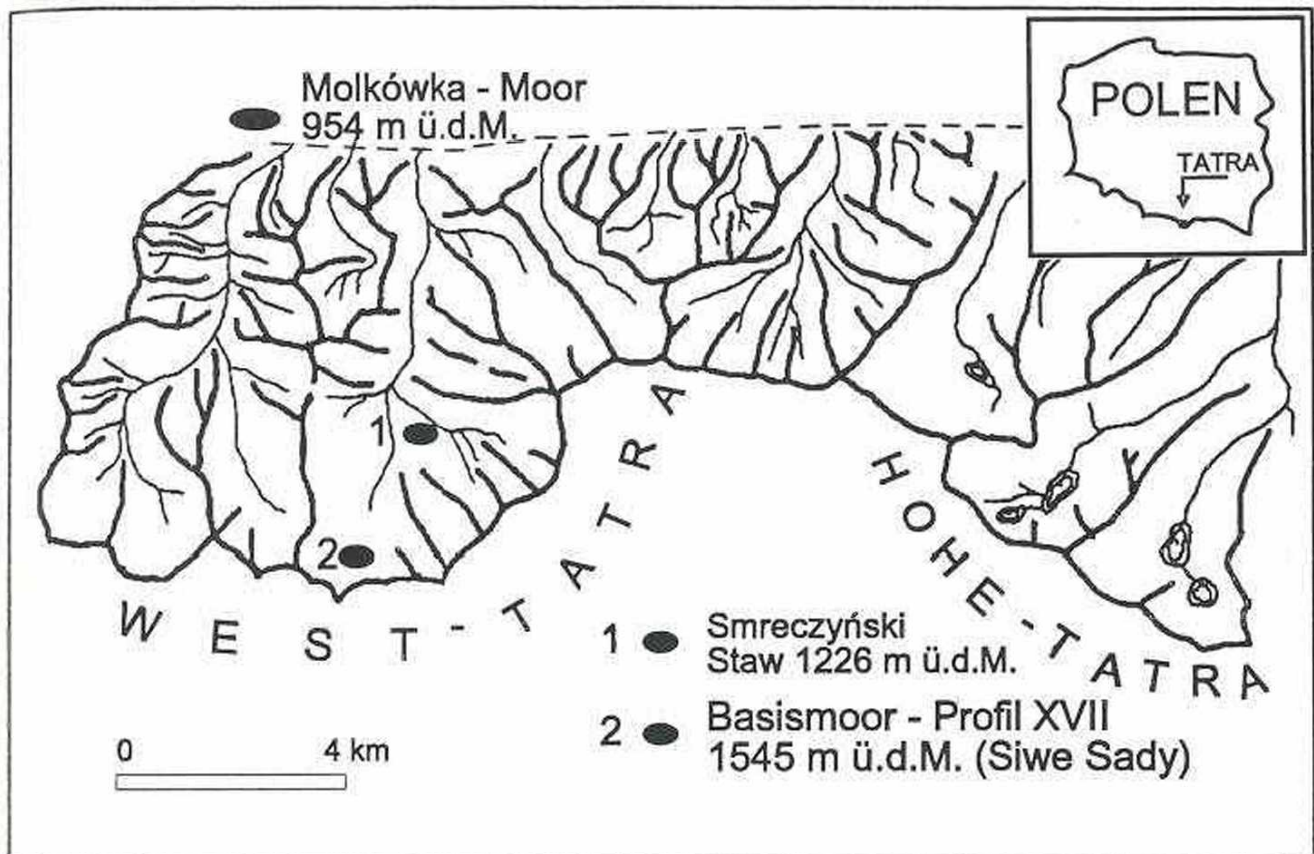


Abb. 1: Topographische Situation

## 2. Das Untersuchungsgebiet

### 2.1 Stufen der Vegetation und des Klimas der Tatra

Höhe ü.d.M.	Vegetationsstufen nach MIREK Z., PIĘKOŚ-MIREK H. (1992)	Klimastufen nach HESS M. (1965): mittl. Jahrestemp. jährl. Niederschl. Tage mit Temp.>5°C
< 700	colline Stufe Tilio-Carpinetum	gemäßigt warm 6°C 1.000 mm 200
700-1.100 (1.200)	untere Waldstufe Dentario glandulos Fagetum, Galio-Abietum, Abieti-Piceetum montanum	gemäßigt kühl 4°C 1.400 mm 170
1.100 (1.200)-1.550	obere Waldstufe Plagiothecio-Piceetum tatricum, Polysticho- Piceetum tatricum	kühl 2°C 1.600 mm 140
1.550-1.850	subalpines Pinetum mughi carpaticum	sehr kühl 0°C 1.800 mm 100
1.850-2.200	alpines Cl. Elyno-Seslerietea Cl. Caricetea curvulae	gemäßigt kalt -2°C 1.750 mm 65 (an der unteren Stufengrenze)
> 2.200	subnivales Oreochloetum distichae subnivale	kalt -4°C 1.625 mm

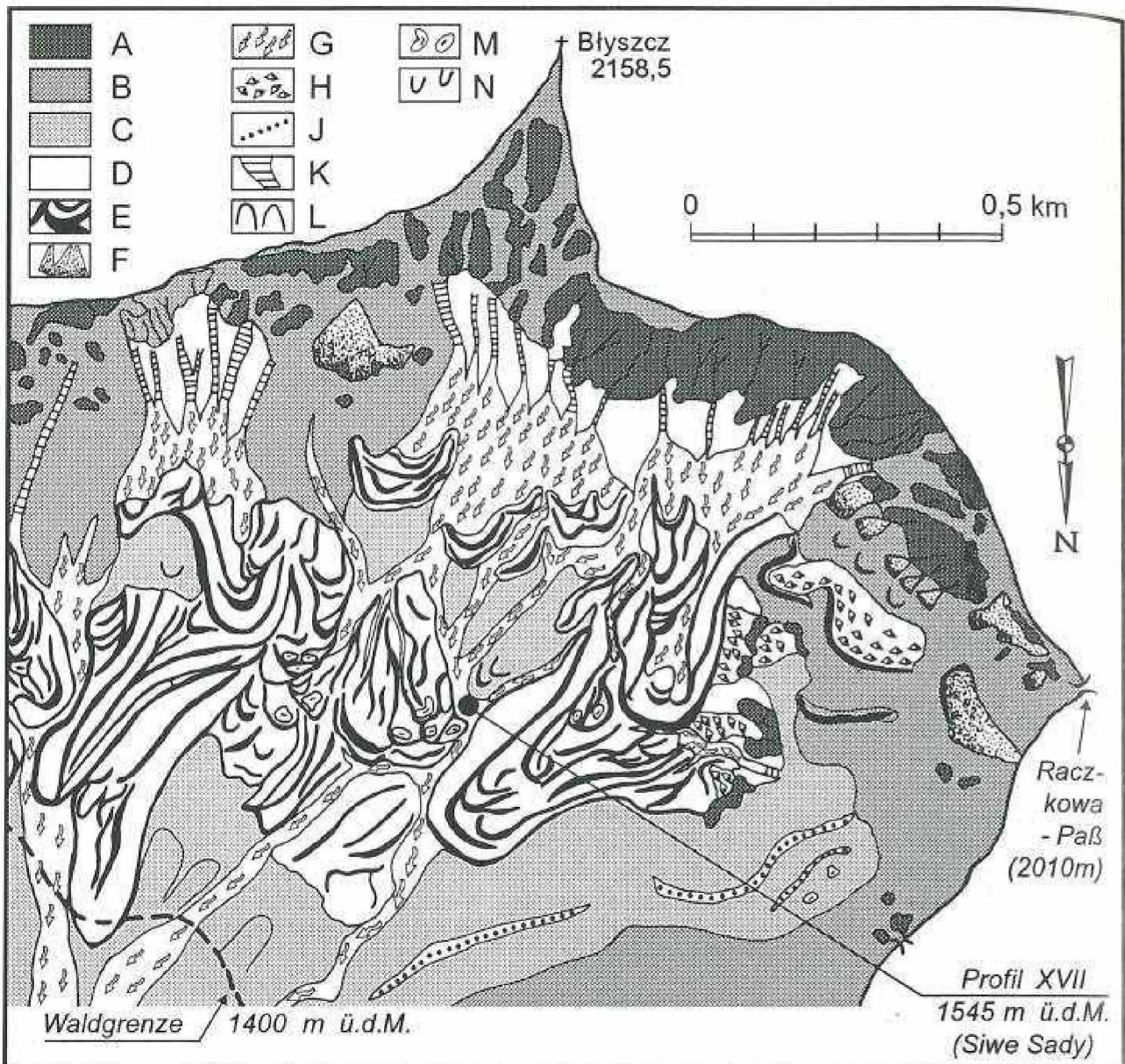
## 2.2 Geomorphologische Lage

In der Morphologie der Hochgebirgsstufe der West-Tatra fällt der Reichtum an länglichen, querliegenden und bogenförmig gekrümmten Stein- und Blockwällen auf. Sie bilden ein kompliziertes Relief am Grund der Gletscherkessel. Die Gestalt dieser Formen erinnert an Zungen oder Lobi geringen Ausmaßes. Ihr Entstehen war mit der Endphase des Eisrückganges verbunden. Zahl und Ausmaß der vorhandenen Steinblöcke bezeugen ein periglaziales Klima. Die Formen am Grunde der Gletscherkessel in der West-Tatra werden als Moränenwälle rezessiver Würmgletscher (KLIMASZEWSKI 1988) oder als fossile Blockgletscher (KASZOWSKI et al. 1984, 1988) gedeutet (vgl. Abb. 2).

Dem Reichtum an herausragenden Formen stehen zahlreiche Geländevertiefungen gegenüber. Sie erfüllen die Rolle von Sedimentationsbecken, in denen sich Ablagerungen ansammeln, die mit der Tätigkeit von Muren verbunden sind. Das von den Hängen herabtransportierte Verwitterungsmaterial gelangt in die Senken und deckt das Deglaziationsrelief der Gletscherkessel ab. Das Auffüllungstempo der Becken, als auch die Merkmale der sich darin sammelnden Ablagerungen sind mit den verschiedenen klimatischen und Vegetations-Verhältnissen des Postglazials verbunden.

Über die Länge der Ablagerungsserien entschied außerdem die morphologische Lage dieser Becken. Neben abflußlosen Vertiefungen, die bis heute keine Verbindung mit den Hängen besitzen und nicht mit Hangmaterial aufgefüllt sind, gibt es breite und tiefe Rinnen, die Vertiefungen zwischen den größten Steinwällen am Grund der Kessel bilden. Davon besitzen einige eine Verbindung mit den durch Murenabtrag modellierten Hängen. Solche Becken mußten hinsichtlich ihrer morphologischen Lage am frühesten funktionieren, gleichzeitig mit der eintretenden Deglaziation. In ihnen sollte man die vollständigsten postglazialen Sedimentserien erwarten.

An eben solch einer Stelle, am Grunde eines Gletscherkessels des Pyszna-Tals (Siwe Sady), in 1.545 m ü.d.M., wurde ein geologisches Profil gegraben, das den Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung bildet (vgl. Abb. 3). Es wurde mit der Nummer XVII bezeichnet (vgl. LIBELT im Druck). Dieses Becken liegt im oberen Teil einer langen Rinne, die sich zwischen zwei hohen Schotterwällen entlangzieht. Es bildet eine kleine flache Verbreiterung vom Ausmaß 50 x 20 m. Im Norden ist es von einem halbkreisförmigen Schotterwall umgeben. Die darin liegende Eintiefung stellt gegenwärtig die Verbindung zum tieferliegenden Rinnenteil dar und bildet eine Durchflußmöglichkeit. Im Süden ist das Becken zum Deckhang, der vom Murenabtrag transformiert wird, hin offen. Seine verschieden alten Generationen in Form von Murenkegeln bilden eine Brücke zwischen den Schutthängen und den Felswänden sowie dem Kesselgrund.



A: Felshang, B: Felsschutthang, C: Glazialdecken- und Solifluktiionsdeckenhang, D: postglazialer Schutt- und Schwemmkegelhang, E: fossile Blockgletscher, teilweise Schuttwälle, F: Schutthalde, G: postglaziale Murenkegel und -ebenen, H: Blockschutt, J: Moränenwälle, K: Murenrinnen, L: Muldensenken, M: abflußlose Vertiefungen, N: Solifluktiionsloben

Abb. 2: Geomorphologische Karte des Pyszna-Kars (Obere Teil des Kościeliska-Tals)

### 3. Der Profilaufbau

Die Vertiefung, in der die Grabung vorgenommen und das Profil XVII beschrieben wurde, füllen Sedimente einer Mächtigkeit von mindestens 5 m. Am Grund des Beckens, in einer Tiefe von 500 bis 395 cm liegt eine steinige Formation aus scharfkantigen Felsblöcken mit unterschiedlichen Ausmaßen von 60 x 30 bis 10 x 15 cm. Sie bilden 70-80 % der Masse. Den Raum dazwischen füllt Sandschotter brauner Farbe. Seine Menge verringert sich mit zunehmender Tiefe. Am Grund, in 500 cm Tiefe wird die steinige Formation dichter und die Feinfraktion verschwindet völlig. Die einheitliche, strukturlose steinig-kiesige Masse wird durch 5-6 cm mächtiges toniges und sandiges Material durchschichtet. Dieses verläuft horizontal, leicht wellig mit deutlichen und scharfen Übergangsgrenzen (Schichten S-21 bis S-26). Im oberen Teil des Profils von 395 bis 255-195 cm überwiegen Sande und Fein-Kiesel. Die Mächtigkeit dieser Schichten beträgt 5-40 cm. Sie liegen im Wechsel mit tonigen und lehmigen Schichten. Ein charakteristisches Merkmal aller Schichten oberhalb 395 cm ist ihre Neigung, entsprechend der Richtung des Beckens in N-W-Richtung. Sie beträgt manchmal bis 40°, z.B. S-16. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist sehr unterschiedlich. Viele Schichten keilen aus und verschwinden völlig (vgl. Abb. 3). Die Übergänge zwischen den Schichten sind allmählich und undeutlich.

Den mittleren Teil des Profils von 295-280 cm bis 190-240 cm Tiefe bildet eine steinige Formation. Ihr unterer Teil (S-9) mit bedeutendem Tonanteil hat eine intensiv rot-rostige und gelbe Farbe. Diese Formation ist durch kugelig um die Steine ausgefalltes Fe und Mn versteift und auch wasserundurchlässig. Die Schicht ist scharf und deutlich. Der Verlauf ist unregelmäßig mit zahlreichen Taschen und Wellen. Der obere Teil der Formation (S-8) mit bedeutendem Schotter- und Sandanteil ist durch eine intensive gräulich-blaue Farbe charakterisiert. Die erwähnten Merkmale weisen auf Redox-Bedingungen bei der Entstehung dieser Formation hin.

Den oberen Teil des Profils XVII bilden Sedimente eines begrabenen Moors, bedeckt von einer 80 cm mächtigen Schicht steinigen Schotters (vgl. Abb. 3). Ähnlich wie die tieferen Schichten wächst die Mächtigkeit des Torfes in NW-Richtung von 80 bis 123 cm. Am Grunde des Sediments (S-7) dominiert eine mit organischer Torfsubstanz durchsetzte steinige Formation mit zahlreichen Holzfragmenten von *Pinus mugo*. Die Übergangsgrenze dieser Schicht ist allmählich und undeutlich. Der Abschnitt des Torfprofils ohne Steinfraktion, der einer zusätzlichen Torfanalyse unterworfen wurde, erscheint in einer Tiefe von 140-155 cm. Seine Übergangsgrenze ist deutlich und scharf. Das Material ist infolge des Drucks der Steinschichten stark gepreßt (S-1 bis S-5). In seiner ganzen Masse stecken zahlreiche makroskopische Pflanzenreste (Zapfen, Wurzeln, Zweigfragmente).

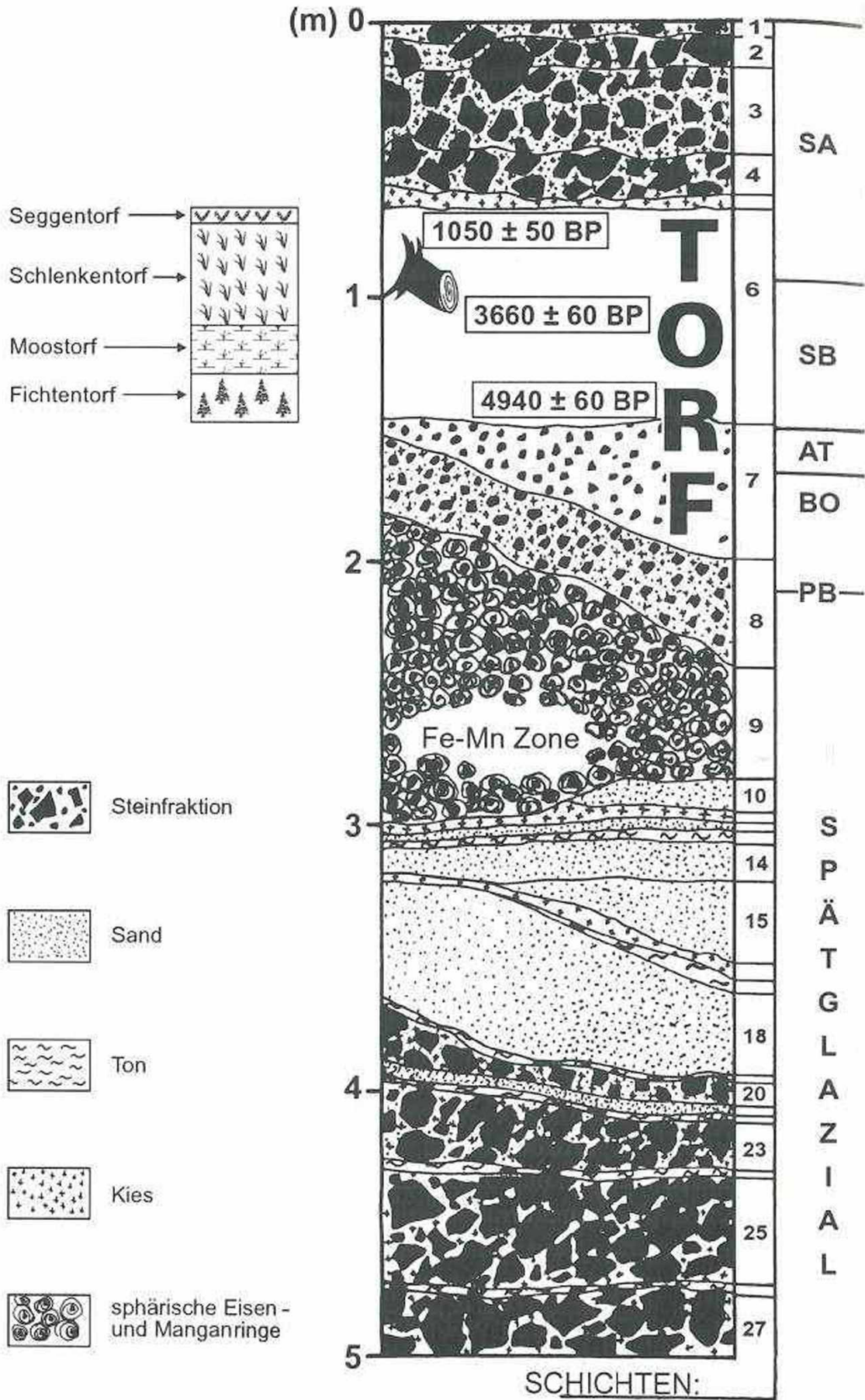


Abb. 3: Geologischer Bau des Profils XVII, Pyszna-Tal (West-Tatra; 1.545 m ü.d.M.)



Den Grund dieses Abschnitts (140-155 cm) bildet stark zersetzter Fichtentorf, in dem Reste von *Picea* (Nadeln und Holz) über 60 % des Volumens darstellen. Den restlichen Teil bilden hauptsächlich Seggen. Eine aus 155 cm Tiefe entnommene Torfprobe wurde auf  $4.940 \pm 60$  BP datiert [VRI-1.271].

Den Abschnitt von 140 bis 95 cm bildet mäßig zersetzter Moostorf. Er enthält unter anderem Zwergsträucher (*Ericaceae*), Weiden (*Salix*) und Fichten (*Picea*). Eine Torfprobe aus dem mittleren Teil dieses Abschnitts wurde auf  $3.660 \pm 60$  BP datiert [VRI-1.270]. Innerhalb dieses Abschnitts kann man eine Schicht Schlenkendorfs unterscheiden, hauptsächlich aus *Drepanocladus fluitans*, der mindestens 75 % des Probenvolumens ausmacht.

Den Abschnitt 95-85 cm bildet stark zersetzter Seggentorf mit vorwiegender *Carex cf. rostrata*. In dieser Schicht wurden Tannen (*Abies*) festgestellt. Im obersten Teil fand man die Spitze eines umgefallenen Fichtenstammes von 15 cm Durchmesser. Eine dendrologische Analyse ergab für diesen Baum ein Alter von mindestens 200 Jahren.

Die oberste datierte Torfprobe ( $1.050 \pm 50$  [VRI-1.269]) entspricht dem Zeitpunkt, zu dem das Moor von einer 85 cm mächtigen Steindecke (Murenabtrag) zugehüttet wurde (S-1 bis S-5).

#### 4. Palynologische Analysen

Palynologische Analysen wurden für Proben aus dem Moorprofil sowie für Oberflächenproben entlang eines Transekts vom Pyszna-Tal zum Raczkowa-Paß durchgeführt (vgl. Abb. 4 und 5 als lose Faltkarte im Anhang). Pollenspektren wurden in einer etwas anderen Weise gezählt als im Falle der Profile aus der Ebene. Als Gesamtsumme wurde die Summe aller Bäume und Sträucher (BP) angenommen, die jemals in der Zone der oberen Waldgrenze vorkamen (*Betula*, *Pinus sylvestris/mugo*, *Pinus cembra*, *Larix*, *Juniperus*, *Salix*, *Betula cf. nana*, *Ephedra distachya*-Typ, *Ephedra fragilis*-Typ, *Sorbus*, *Picea abies*) sowie der Kräuter (NBP) unter Ausschluß der Wasserpflanzen, des Getreides und der Sporenpflanzen. Die übrigen Bäume, Sträucher und Kräuter wurden im Verhältnis zu dieser Summe gezählt. Die Prozentwerte, die bei der Charakterisierung der Pollenzonen angegeben werden, sind das Resultat solcher Auszählungen.

Um den Vergleich mit Diagrammen, die "traditionell" gezählt wurden, zu ermöglichen, wurden in Klammern auch die Werte für *Picea*, *Pinus* sowie BP/NBP angegeben, die über die Gesamtsumme, unter Ausschluß von lediglich Wasser- und Sporenpflanzen, berechnet wurden. Die Differenzierung der Pollenzonen im Diagramm (vgl. Abb. 5) wurde mit der numerischen Methode CONSLINK bestätigt.

#### 4.1 Pollenzonen

*Zone A:* umfaßt Proben 16-19. Unter den Baumpollen (BP) nehmen Pinus mit 64,5 % (60,3 %), Ulmus mit 13,5 % und Betula mit 16,1 % ihre jeweils absoluten Maxima ein. Der Anteil der Nicht-Baumpollen (NBP) schwankt zwischen 26,3 und 39,9 % (21,8-35,9 %); die höchsten Prozentwerte zeigen Gramineae (22,1 %), Taraxacum-Typ (7,1 %), Thalictrum (1,6 %), Chenopodiaceae (4,5 %) und Umbelliferae (3,1 %).

*Zone B:* umfaßt Proben 12-15. Corylus erreicht hier seinen absolut höchsten Wert mit mehr als 32 %; Ulmus bewegt sich um die 8 %-Marke; Pinus sinkt auf unter 40 % (30 %) ab; der Picea-Anteil steigt auf fast 25 % (15%) an; Gramineae und Taraxacum-Typ sinken auf die Hälfte der vorherigen Zone; Cyperaceae nehmen zu und neue Taxa erscheinen, besonders üppig Rosaceae (3,1 %) und Potentilla. In der Probe 13 kommen vereinzelt Hedera, Viscum und Linnea borealis vor.

*Zone C:* kennzeichnend sind die hohen BP-Anteile (beständig um ca. 50 % schwankend) sowie die Maximal-Werte von Picea abies bei gleichzeitig den Niedrigsten von Pinus sylvestris/mugo. Die Abnahme der die Zone B prägenden Elemente und das Erscheinen neuer Taxa, die in der folgenden Zone ihre Dominanz erlangen, sind der Grund für die Untergliederung dieser Zone in C-1 und C-2.

*Unterzone C-1:* umfaßt Proben 9-11. Corylus fällt stufenweise auf ca. 20 %; Pinus sinkt auf 16,4 % (11,5 %), dagegen erreicht Picea hier ein Maximum von 51,7 % (35,9 %). Die Polypodiaceae-Werte sind jetzt im Vergleich zur vorherigen Zone mehr als doppelt so hoch.

*Unterzone C-2:* umfaßt Proben 5-8. Die Picea-Kurve bleibt bei beständig fallender Tendenz höher als 30 % (20 %), und in der obersten Schicht übersteigt sie wieder 40 % (30 %); sein absolutes Maximum erreicht Sorbus (2,2 %); Anfang und langsamer Anstieg der Abies- (Mittel unter 5 %), Carpinus- (Mittel über 5 %) und Fagus-Kurve (Mittel über 6 %). Die NBP-Werte verbleiben innerhalb der Grenzen von 37,2-42,0 % (14,5-16,2 %); erstmals erscheint Plantago lanceolata. Die Polypodiaceae erreichen hier ihre Spitzenwerte.

*Zone D:* umfaßt Proben 1-4. Ein untergeordneter Gipfel der Pinus-Kurve 28,0 % (17,0 %); Picea stufenweise auf 25,4 % (14,5 %) in der obersten Probe fallend; in derselben Probe weisen Abies (11,1 %) und Populus (7,2 %) ihre absolut höchsten Werte auf; Alnus kommt bei ansteigender Tendenz den 14,0 % nahe. Hier erscheinen zum ersten Mal Getreide-Pollen von Triticum-Typ. Die NBP-Summe liegt zwischen 24,3-53,4 % (11,5-24,4 %).

## 4.2 Der gegenwärtige Pollenniederschlag

Die Interpretation palynologischer Profile aus den Bergen stößt auf grundsätzliche Schwierigkeiten. Sie ergeben sich aus besonderen klimatischen Bedingungen, besonders aus der Verteilung und der Intensität der Winde sowie aus dem differenzierten Relief und der Exposition. Die einzelnen Spektre setzen sich nicht nur aus lokalen Sporomorphen, sondern auch aus denen der benachbarten Vegetationsstufen und aus dem Ferntransport zusammen. Dieser kann in der Tatra bis 2.000 km entfernte Gebiete (MANECKI et al. 1978) betreffen.

Um eine richtige Interpretation der im Profil Siwe Sady registrierten Veränderungen zu ermöglichen, wurden in der Region der Profilentnahmestelle Untersuchungen zum gegenwärtigen Sporomorph-Niederschlag durchgeführt. Sie sollten illustrieren, daß die palynologische Aufzeichnung mit der Zusammensetzung der Vegetationsgemeinschaften, aus denen die Proben entnommen wurden, übereinstimmt. Sie sollten auch Auskunft geben über die Ausmaße des Ferntransportes. Als Proben dienten Fragmente von Moospolstern, die entlang eines Transekts (Pyszna-Tal – Siwe Sady – Raczkowa-Paß, vgl. Abb. 4) gesammelt wurden. Probe Nr. 10 stammt aus dem geschlossenen Fichtenwald der oberen montanen Stufe, derer Grenze hier bei ca. 1.300 m ü.d.M. verläuft; Probe Nr. 9 aus dem Kontakt-Bereich von Fichtenwäldern und Latschengebüschen; die Proben Nr. 5-8 stammen aus der *Pinus mugo*-Stufe, die Proben Nr. 1-4 dagegen aus der alpinen Stufe.

Die Resultate der bisherigen Forschungen über den gegenwärtigen Sporomorph-Niederschlag in der Tatra (OBIDOWICZ 1993) zeigten, daß im mehr oder weniger geschlossenen Baumbestand der Anteil der Bäume und Sträucher (BP) im Spektrum mindestens 80 % beträgt. Bei einem Fichtenwald stellt *Picea* in den Spektren nicht weniger als 37 %. In der Latschenstufe, die gegenüber dem Sporomorph-Niederschlag aus den benachbarten Stufen weit offener ist, ist die Summe BP nicht geringer als 60 %, und die dominierende *Pinus* stellt hier nicht weniger als 22 %. In der alpinen Stufe wächst der Anteil der Kräuter (NBP) bedeutend an, wobei er nicht weniger als 25 % und maximal etwa 60 % erreicht (bei zunehmender Arten- und Gattungszahl). Baum- und Strauchpollen aus den tieferen Stufen sind in den Proben der alpinen Stufe sehr unterschiedlich vorhanden. Allgemein kann man sagen, daß in den Waldstufen das in den Oberflächenproben enthaltene Bild in hohem Grade der tatsächlichen Struktur der lokalen Gemeinschaften entspricht, wohingegen beim Vorrücken gegen den Grat hin der Anteil der Sporomorphen aus dem Ferntransport zunimmt.

## 5. Die Geschichte der Wälder

Das vorgestellte palynologische Profil (vgl. Abb. 5) umfaßt den Teil des Holozäns vom Boreal (BO) bis zu  $1.050 \pm 50$  BP, also bis zum jüngeren Teil des Subatlanticum (SA). In den bisher untersuchten Tatra-Profilen war die Abgrenzung des Präboreals (PB) und auch der Grenze PB/BO nicht immer möglich (OBIDOWICZ 1993). Im Falle des Profils XVII der Siwe Sady kann man auch nicht ausschließen, daß die unterste Probe Nr. 19 (vgl. Abb. 5) das Ende des PB repräsentiert. Darauf weist die hohe Summe der Krautpflanzen mit relativ hohem Anteil von Gramineae und Chenopodiaceae hin, während unter den BP Juniperus noch zahlreich vorhanden ist.

Die Sedimente unterhalb des pollenanalytisch untersuchten Profilabschnitts muß man demnach als vorholozän auffassen. Für ihre wahrscheinlich spätglaziale Herkunft kann auch der nur spurenhafte geringe Anteil an org. C sprechen. Die tonigen Schichten am Grunde des Profils erwiesen sich als palynologisch leer.

Eine nähere Altersbestimmung der Schichten, die die Sedimentserie unterhalb des Moors bilden, ist auf der Grundlage der vorhandenen Daten unmöglich. Wir können lediglich feststellen, daß in vorholozäner Zeit am Grunde des Gletscherkessels im Pyszna-Tal (vielleicht auch in der gesamten West-Tatra) auf einer Höhe von 1.550 m ü.d.M. eine Sedimentation durch Murenablagerungen stattfand. Das abgetragene Material stammt wahrscheinlich aus Schutthängen. Die geringe Menge an org. C suggeriert, daß diese Deckmassen nicht von der Vegetation stabilisiert wurden. Deshalb ist es auch nicht ausgeschlossen, daß im Verlauf der Entstehung der Serie unterhalb des Torfes im Bereich der Siwe Sady noch Reste von Gletschereis existierten und die Blockgletscher, die die Umgebung der Senke XVII bildeten, nicht mehr aktiv waren.

Das Problem, wann die Gletscher in der Tatra sich zurückzogen, ist also weiterhin offen. Der niedrigere westliche Teil der Tatra sollte früher der Deglaziation unterliegen als die Hohe Tatra. Neuere Untersuchungen von KONDRACKI (1984) über limnische Sedimente in der Hohen Tatra weisen darauf hin, daß die Deglaziation dort noch vor der Bölling erfolgte. Die Richtigkeit der Feststellung von einem früheren Verschwinden der Gletscher in der niedrigeren West-Tatra voraussetzend, müßten diese dort schon seit der Älteren Dryas gefehlt haben. Auf diese Weise würde sich die Ansicht von KLIMASZEWSKI (1962) über den Rückzug der Gletscher in der West-Tatra bestätigen, nicht aber die Ansicht, daß sich die Gletscher in der Hohen Tatra bis in die Jüngere Dryas hielten. Das Fehlen des palynologischen Materials in den Tonserien unterhalb des Torfs zeigt, daß das Sediment einer kräftigen Belüftung unterlag, die zur Zerstörung der Sporomorphen führte. Also entstanden wohl erst am Anfang des Holozäns Bedingungen zu einer vorübergehenden Wasseransammlung im Becken sowie zu der Entwicklung einer Moorvegetation bei günstigen thermischen Verhältnissen. Es kam zu Re-

dox-Bedingungen, die zur Ausbildung stark entwickelter Gleyhorizonte und sphärischer Eisenkonkretionen (im Horizont 190-240 cm) führten.

Den unteren Abschnitt des palynologisch untersuchten Profils bildet eine lockere Steininformation mit maximaler Fraktion 5-6 cm, die von organischem Torfmaterial durchwachsen ist. Die Analyse dieses Abschnitts erlaubt eine Differenzierung in zwei Pollenzonen: A und B, die dem Boreal und dem Atlantikum entsprechen.

### 5.1 Das Boreal (BO), (Zone A)

In der Hohen Tatra reichte in diesem Zeitraum die Grenze der Fichtenwälder schon bis etwa 1.400 m ü.d.M., wie zum Beispiel im Rybi Potok-Tal (OBIDOWICZ 1993). Zum Westen des Massivs hin sind die Formierung und die Aufwärtswanderung der Fichtenwälder damals noch verzögert. Im Kessel des Pyszna-Tals bilden die obere Waldgrenze weiterhin Kiefernwälder, die jedoch nicht allzu hoch reichen und in das Krummholz übergehen. Eine genaue Bestimmung der oberen Waldgrenze ist nicht möglich. Sie verlief jedoch zweifellos deutlich unterhalb der Höhe, auf der das Moor liegt. Es fehlt an Beweisen, daß die Zirbelkiefer (*Pinus cembra*) in der West-Tatra früher so ausgedehnte Waldbestände bildete wie in der Hohen-Tatra, wo sie sich in größeren oder kleineren Ansammlungen bis heute hielt. Charakteristisch ist aber das Fehlen der Zirbe am Grunde des Pyszna-Kessels schon im BO.

In tieferen Lagen wuchsen damals Laubmischwälder mit *Betula* und *Ulmus*. Oberhalb der Waldgrenze wuchs die Latsche, obwohl es an Beweisen fehlt, daß sie schon im Boreal eine eigene Stufe bildete. Die Hänge, auf die der Wald oder Latschengebüsche nicht vordrangen, waren von Gemeinschaften besetzt, die man sicherlich hauptsächlich zu Hochgebirgsmatten des Verbands *Calamagrostion Luqu.* (1926) zählen sollte. Davon zeugen große Mengen Graspollen und die im Holozän optimale Entwicklung der Compositae, besonders des *Taraxacum*-Typs. Die Intensität der Hangprozesse in der Umgebung der Siwe Sady war, ähnlich wie in den Kesseln der benachbarten Täler (LIBELT 1988), in dieser Zeit gering. Die Herkunft des steinigen Sediments (S-8), in das das Moor hineinwuchs, sollte eher mit der dem Boreal oder sogar Präboreal vorhergehenden Zeit verbunden werden. Das bezeugt der einheitliche Charakter des Sediments und das Fehlen einer Schichtung oder von Einlagerungen anderer Fraktionen. Dies schließt die syngenetische Herkunft von mineralischem und organischem Sediment aus. Man kann annehmen, daß die geringe Intensität der morphodynamischen Hangprozesse günstig war für eine schnelle Aufwärtswanderung der Waldstufen. Dies begünstigten auch immer bessere klimatische Bedingungen, die ihr Temperaturoptimum im AT erreichten.

## 5.2 Das Atlantikum (AT), (Zone B)

In diesem Zeitraum kommt es zu einer gewaltigen Expansion von *Corylus*, die auf Kosten von sowohl *Pinus sylvestris* als auch *Pinus mugo* verläuft. Die Kiefer verliert ihre Konkurrenzfähigkeit wegen des atlantischeren Klimas, die Latsche dagegen verliert den Standortwettbewerb, besonders auf sonnigen Hängen, vielleicht wegen der Thermik der damaligen Vegetationssaison.

Gegenwärtig treten *Pinus mugo* und *Corylus avellana* hinsichtlich Feuchte und pH auf sehr unterschiedlichen Standorten auf (ELLENBERG 1978). FRENZEL (1987) erinnert daran, daß boreale Haselnuß-Birkenbestände sich in verschiedenen Gebirgen Europas lange auch in späteren Phasen des Holozäns hielten. Ob das in den Westkarpaten ähnliche oder eher andersartige Haselnuß-Birken-Gemeinschaften waren, können wir nicht eindeutig sagen. DYAKOWSKA (1932) nimmt an, daß *Corylus* im Zeitraum seiner Kulmination in großen Mengen in der Zone der heutigen Bergwaldstufen vorkam und daß seine Vorkommengrenze gegenüber heute etwa 500-600 m nach oben verschoben war. KOPEROWA (1962) äußerte die Ansicht, daß es möglich ist, daß die Haselnuß im BO nicht nur im Waldunterwuchs vorkam, sondern auch allein ausgedehnte Gebüsche bildete.

Hohe Prozentwerte der Haselnuß, besonders in den Spektren des älteren Teils des Atlantikums aus verschiedenen Profilen der West-Karpaten, auch in den palynologischen Expertisen aus dem Starorobociańska-Tal (LIBELT 1988), scheinen frühere Ansichten zur Rolle der Haselnuß in der Tatra zu bestätigen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß *Corylus* lokal in den West-Karpaten eine eigene Stufe bildete und dabei auf den Hängen mit weniger günstiger Exposition mit der Latsche abwechselte. Im Zeitraum von etwa 8.500 bis 7.300 BP, im nördlichen Vorfeld der Tatra, wo der Anteil der Haselnuß in den Profilen sogar 40 % überschreitet (OBIDOWICZ 1990), ist dies eine Phase, in der Auenwälder des Fraxino-Ulmetum Typs mit großer Menge *Corylus* verbreitet waren, auf den Hängen mit südlicher Exposition dagegen konnten auf flachgründigen und steinigen Böden Gemeinschaften wachsen, die vergleichbar waren mit der heutigen Gesellschaft *Lonice-ro-Coryletum*. Es bleibt aber weiterhin offen, welche der erwähnten Gemeinschaften eventuell eine Haselnuß-Stufe bildete, oder ob die relativ hohe Frequenz von *Corylus*-Pollen das Ergebnis einer beträchtlichen Ausbreitung dieses Strauches als Bestandteil verschiedener Gemeinschaften ist.

Im jüngeren Teil des AT drang *Corylus* in bedeutendem Maße in Wälder mit einem Anteil von *Picea abies* ein. Die aus den Westalpen bekannten haselnußreichen Fichtenwälder wachsen in der Stufe 800-1.200 m ü.d.M. (MAYER 1986). Ein deutlicher Anstieg des Pollenanteils BP zeigt, daß die Waldgrenze mindestens die Höhe der Siwe Sady erreichte.

Bis zum Ende des AT formiert sich die Waldgrenze im Kontaktbereich der Fichtenwälder und der Latsche, sie reichte nicht unter 1.550 m Höhe. Davon zeugen makroskopische Reste von *Picea*, die im zentralen Teil des Moors erhalten waren, auf  $4.940 \pm 60$  BP datiert wurden, und somit die Grenze AT/SB bilden.

Man muß unterstreichen, daß die Waldgrenze in den Talachsen der West-Tatra relativ zu den Hängen um 100-150 m heruntergeht. Das Profil XVII liegt in der Achse des Pyszna-Tals, etwa 150 m über der heutigen Waldgrenze. Man muß annehmen, daß im AT, als im Becken XVII auf 1.550 m ü.d.M. Höhe in der Talachse Fichtentorf aufwuchs, die obere Waldgrenze auf den Hängen 100-150 m höher verlief und ähnlich wie heute 1.650-1.700 m ü.d.M. erreichen konnte. Das Hochwandern der Waldgrenze bewirkte zugleich eine Festigkeit der Hangdecken, was eine geringere Häufigkeit und ein geringeres Ausmaß der Murenabträge zur Folge hatte. An den Grund der benachbarten Kessel (Starobociański) gelangt nur Material der Feinfraktion, kontinuierlich als sporadische Murenabträge aus weniger stabilen Hängen (LIBELT 1988).

Auch im Bereich der Siwe Sady weist das Pollenspektrum aus Zone B auf die Nähe der oberen Waldgrenze hin. Der mit dieser Grenze verbundene *Sorbus* (Vogelbeere) ist hier reicher repräsentiert als in allen anderen Profilen der Tatra. Auf die Nähe der Waldgrenze weisen auch die Vorkommen von *Helianthemum*, *Parnassia* und *Selaginella* hin.

Weil das im Siwe Sady-Profil registrierte palynologische Bild auch Ereignisse im Kościeliska-Tal widerspiegelt, jedenfalls solche aus ihrem oberen Teil, können wir feststellen, daß im AT hier Auenwälder mit *Alnus* wuchsen. Aufgrund des Schließens der Baum- und Strauchdecke ist die Vegetation offener Stellen schwächer repräsentiert.

Die massenhafte Anwesenheit von *Corylus* sowie die Gegenwart von *Viscum* und *Hedera* geben besonders wesentliche Informationen über das Klima im AT dieses Teils der Tatra. Die Haselnuß präferiert ein Klima mit warmen und nicht allzu trockenen Sommern (HEGI 1981), für *Viscum* sollte die Julitemperatur 17-18°C betragen, und das Areal des Efeus ist auf ein Mittel des kältesten Monats von minus 1,5 Grad begrenzt (IVERSEN 1944). Wenn in der Region Siwe Sady (etwa 1.550 m ü.d.M.) solche Bedingungen herrschten, dann ähnelt dies der heutigen mäßig warmen Stufe der polnischen Westkarpaten, die bis 700 m ü.d.M. reicht (HESS 1965). Die klimatische Waldgrenze konnte damals oberhalb von 2.000 m ü.d.M. verlaufen.

Bisher veröffentlichte Resultate paläoklimatischer (HESS 1968), bodenkundlicher (SKIBA 1977), morphologischer (KOTARBA, STARKEL 1972, an Karstrinnen), sedimentologischer (LIBELT 1983, an Murenabtrag), hauptsächlich jedoch palynologischer (KOPEROWA 1962, KRUPIŃSKI 1983, OBIDOWICZ 1993) Untersuchungen wei-

sen auf eine wesentliche Aufwärtsverschiebung der klimatischen Waldgrenze in der Tatra im AT hin. Es fehlt jedoch an zwingenden Beweisen, die eine Verschiebung um 350-400 m gegenüber der heutigen Lage bestätigen. Solche Beweise könnten Baumstümpfe erbringen, die unter günstigen Akkumulationsbedingungen für organisches Material in ausreichend hoch gelegenen Sedimentationsbecken erhalten worden wären. In der West-Tatra fehlen jedoch Becken, die die obigen Bedingungen erfüllen und oberhalb von 2.000 m ü.d.M. liegen. Weitere Antworten erwarten wir von den Untersuchungen über den gegenwärtigen Sporomorph-Niederschlag in der Tatra, die Antwort darauf geben sollten, wie die einzelnen Vegetationsstufen und auch die Waldgrenze in den palynologischen Spektren registriert sind.

### 5.3 Das Subboreal (SB), (Unterzonen C1 und C2)

Im älteren Teil dieses Zeitraums erreicht die Fichtenwald-Grenze ihre höchste Lage (vgl. Abb. 5). Innerhalb dieser Wälder hält sich weiterhin die Haselnuß, obwohl ihre Verbreitung deutlich einer allmählichen Reduktion unterliegt. Die Kontaktzone zwischen Fichtenwäldern und Krummholz ist zu diesem Zeitpunkt ziemlich licht, worauf hohe Werte der Polypodiaceae hinweisen. Die Fichtenwälder des SB kann man sicher schon mit dem heutigen Karpatenwald der oberen Waldstufe vergleichen. Dieser wird in verschiedene Subassoziationen untergliedert (u.a. STUHLIK 1968, CELIŃSKI und WOJTERSKI 1983). Auf flachgründigen Skelettböden an der oberen Wandgrenze entwickelten sich farnreiche Nadelwälder. In den heutigen Oberflächenspektren, in der Kontaktzone von Fichtenwald und Krummholz, sind in der Tatra die Prozentanteile der Farne ähnlich hoch. In Probe Nr. 7 (vgl. Abb. 4) stellen die Farne 41,9 %. Deutlich weiter verbreitet war damals *Sorbus*. Dies können wir folgern, da sein Anteil im entsprechenden Profilabschnitt sogar 2 % überschreitet, während im heutigen Niederschlag, auf Flächen mit einer großen Anzahl Vogelbeere, nur einzelne Pollenkörner repräsentiert sind. Unter den Kräutern sind besonders Cyperaceae und *Potentilla* zahlreich, was mit der Entwicklung des Moors verbunden werden muß. Hochgebirgsmatten hielten sich in etwas ärmerer Zusammensetzung, dagegen ist die Gegenwart von *Sedum* sicherlich ein Zeugnis der Existenz benachbarter Geröllhalden. In der Mitte des SB erscheint *Plantago lanceolata*.

Zum Ende des SB formieren sich in der Tatra die wichtigsten zonalen Waldgemeinschaften (OBIDOWICZ 1990, 1993). Im Profil Siwe Sady, damals im Fichtenwald gelegen, verläuft dieser Prozeß hauptsächlich auf Kosten der Fichtenwälder, unter vorübergehendem Abfallen der *Picea*-Werte. Gleichzeitig kommen und verbreiten sich *Carpinus*, *Abies* und *Fagus*, die allmählich die Wälder der unteren Bergwaldstufe bilden. Die Hainbuche konnte nur in der Anfangszeit ihrer Expansion etwas höher in die Tatra gelangen, später begrenzte sie ihr Areal, aufgrund der Konkurrenz von Tanne und Buche, auf den Fuß des Tatra-Gebirges.



Die obere Waldgrenze der Fichtenwälder befand sich in diesem Gebiet etwa 1.550 m ü.d.M., also 150 m tiefer als in der Hohen Tatra. In dieser Phase des Holozäns entschieden über die Lage der Waldgrenze auch die Formierung der Krummholzstufe, die erfolgreich die Expansion der Fichte aufhielt.

Das Klima des SB war kühler und feuchter als das im Atlantikum. Der gröbere Charakter der bisher tonigen Sedimentfraktionen in den Profilen vom Grund des benachbarten Starorobociański-Kessels zeugt von wachsender Aktivität der Muren. Im Bereich der Siwe Sady, wahrscheinlich aber am Grund vieler Kessel, wurden die Vertiefungen mit Wasser angefüllt. Davon zeugt der Wechsel von Moostorf zu Schlenkentorf, der sich unter Bedingungen dauernder Wasserüberstauung entwickelt.

#### 5.4 Das Subatlantikum (SA), (Zone D)

Die Waldgrenze sinkt allmählich, worauf der Rückgang der Kurve für *Picea abies* und die gleichzeitige Verdoppelung des Anteils von *Pinus sylvestris/mugo* hinweisen. In der obersten Probe (datiert auf  $1.050 \pm 50$  BP) verschiebt sich das Areal der Fichtenwälder der oberen Bergwaldstufe unter die Höhenlinie der Siwe Sady (deutliche Abfall des BP-Anteils). Tannen-Fichtenwälder und Buchen-Bergwälder beherrschen die untere Bergwaldstufe. Hier findet auch eine Expansion der Auenwälder vom *Alnetum incanae* Typ statt, vielleicht unter Beimengung von *Populus*, der damals in der unteren Bergwaldstufe häufiger wurde. Es erscheinen *Plantago major* und *Humulus* sowie die ersten Pollenkörner vom *Triticum* Typ.

Das Moor verschwand vor etwa  $1.020 \pm 960$  Jahren ( $1.050 \pm 50$  BP). Das Becken wurde auf seiner ganzen Fläche von steinigem Sediment aus Murenabtrag überdeckt (S-4) und später von drei weiteren Schichten (S-3 bis S-1). Dieses Ereignis wurde sicherlich von kurzandauernden Zeiträumen mit starken Regenfällen und starkem Wind bewirkt, wobei auch eine Fichte in das Becken fiel. Ihre Spitze wurde an der Oberfläche der Moorablagerung aufgedeckt. Die dendrologische Analyse erbrachte 90 Jahreszuwachsringe. Somit war es ein ausgewachsener Baum von ca. 200 Jahren, der beweist, daß noch vor ungefähr 1.000 Jahren im Gebiet der Siwe Sady ein Fichtenwald vorkam.

Die Entdeckung eines Torfprofils (Profil XVII) in 1.545 m ü.d.M. lieferte neue Tatsachen zur Diskussion über die natürlichen Umweltveränderungen in der West-Tatra im Holozän. Besonders wesentlich erscheinen die Informationen über die Schwankungen der oberen Waldgrenze. Möglich wurde der Beweis, daß diese Grenze vom Atlantikum bis zum älteren Teil des Subatlantikums um etwa 200 m höher verlief als gegenwärtig. Mächtige Ablagerungen unter dem Torf könnten von spätglazialen Alter sein. Die Informationsmenge ist jedoch zu gering, um daraus genauere Folgerungen zur Deglaziation der Tatra zu ziehen.

## 6. Zusammenfassung

Ein vor kurzem entdecktes fossiles Moor (im Profil XVII) im oberen Teil des Kościeliska-Tals lieferte einige neue Daten über die holozäne Umweltentwicklung in der West-Tatra.

Dies ist das höchst gelegene Moor in der West-Tatra, für welches palynologische Untersuchungen durchgeführt wurden. Das Profil zeigt die Evolution der Vegetation in der Zone der Waldgrenze vom Boreal (teilweise Präboreal) bis zum Subatlantikum ( $1050 \pm 50$  BP), bis das Moor von Geröllschutt zugedeckt wurde. Vom Atlantikum bis in den älteren Teil des Subboreals lag die Waldgrenze etwa 200 m höher als heute. Dies wird durch die Pollenanalyse angedeutet, ebenso durch die Anwesenheit von Holz-Fragmenten, eines Stammes (*Picea*) und durch Torfarten.

Die Pollenanalyse zeigt jedoch, daß die klimatische Waldgrenze im Atlantikum bis 2.000 m ü.d.M. erreichen konnte. Damals begrenzten orographische und edaphische Bedingungen die Entwicklung und das Ausmaß des Waldes. Die 3 m mächtigen Sedimentschichten unterhalb der Torflagen können aus dem Spätglazial stammen.

## 7. Summary

### **Piotr Libelt and Andrzej Obidowicz: Holocene Habitat Changes near the Timber Line in the Western Carpathians**

A recently discovered fossil peat bog (profile XVII, see fig.2) in the upper reach of the Kościeliska valley provided some new information on holocene environmental changes in the western Tatra Mountains.

This is the highest peat bog in the western Tatra Mountains, where a palynological analysis has been carried out. The profile shows the vegetational history near the timberline from the Boreal (in parts Pre-Boreal) to the Subatlantic period ( $1.050 \pm 50$  BP) when the peat bog was covered by debris flows. From Atlantic to early Sub-Boreal times the timberline was situated about 200 m higher than it is at present. This is indicated by the palynological analysis, the occurrence of wood pieces and a spruce trunk and by the type of peat forming plants.

However, the palynological analysis shows, that during the Atlantic period the climatic timberline could have been as high as 2000 m a.s.l. and that the actual extent of the forest at that time was depressed by orographic and edaphic factors. The three meters of sediment-layers underneath the peat bog may be of late glacial origin.

## 8. Literaturverzeichnis

- CELIŃSKI F., WOJTERSKI T. (1983), Szata roślinna Babiej Góry. In: Park Narodowy na Babiej Górze (Studia Naturae, B. 29), S. 121-177.
- DYAKOWSKA J. (1932), Analiza pyłkowa kilku torfowisk tatrzańskich. In: Acta Bot. Pol., 9, (3-4), S. 473-530.
- ELLENBERG H. (1978), Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 982 Seiten. Stuttgart, Ulmer Verlag.
- FRENZEL B. (1987), Grundprobleme der Vegetationsgeschichte Mitteleuropas während des Eiszeitalters. In: Mitteilungen der Naturf. Gesellschaft Luzern, 29, S. 99-122.
- HEGI C. (1981), Illustrierte Flora von Mitteleuropa, 3, 1. Berlin-Hamburg, P. Parey Verlag.
- HESS M. (1965), Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. In: Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr, 11, S. 267.
- HESS M. (1968), Próba rekonstrukcji klimatu w holocenie na terenie Polski Południowej. In: Folia Quaternaria, 29, S. 21-39.
- IVERSEN J. (1944), *Viscum*, *Hedera* and *Ilex* as climate indicators. In: Geol. fören. Stokh. förh., 66, S. 463-483.
- KASZOWSKI L., KOTARBA A., KRZEMIEŃ K. (1984), Badania geomorfologiczne w Tatrzańskim Parku Narodowym. In: Parki Narodowe i Rezerваты, 5, 11, S. 107-118.
- KASZOWSKI L., KRZEMIN K., LIBELT P. (1988), Postglacial modelling of the glacial cirques in the Western Tatras. In: Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr, 71, S. 122-141 (auf polnisch).
- KLIMASZEWSKI M. (1988), Rzeźba Tatr Polskich. 667 Seiten. Warszawa, PWN.
- KLIMASZEWSKI M. (1962), Zarys rozwoju rzeźby Tatr Polskich. In: Tatrzański Park Narodowy, S. 675. Kraków.
- KONDRACKI J. (1984), Paleolimnological investigations in the Tatra Mountains in the years 1974-1978. In: Prace i Studia Geograficzne UW, 5, S. 25-37 (auf polnisch).
- KOPEROWA W. (1962), Późnoglacialna i holocenska historia roślinności Kotliny Nowotarskiej. In: Acta Palaeobot, 2, 3, S. 3-62.
- KOTARBA A., KASZOWSKI L., KRZEMIEŃ K. (1987), High-mountain denudational system of the Polish Tatra Mountains. In: Geogr. Studies. Special Issues, No. 3, S. 105.
- KOTARBA A., STARKEL L. (1972), Holocene morphogenetic altitudinal zones in the Carpathians. In: Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, 6, S. 21-34.
- KRUPINSKI K. (1983), Evolution of Late Glacial and Holocene vegetation in the Polish Tatra Mts., based on pollen analysis of sediments of the Przedni Staw Lake. In: Bull. Pol. Acad. Sci., 31, S. 38-44.
- LIBELT P. (1988), Conditions and course of sedimentation of postglacial deposits by taking as example the Starorobociański Cirque, Western Tatra Mts. In: Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, 22, S. 63-82 (auf polnisch).
- LIBELT P. (1990), Postglaziale Ablagerungen in Gletscherkaren der Westtatra. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Band 132, S. 7-26.
- LIBELT P. (im Druck), Spätglazial und Postglazial in der Polnischen Tatra. In: Salzburger Geographische Arbeiten.
- MANECKI A., MICHALIK M., OBIDOWICZ A., WILCZYŃSKA-MICHALIK W. (1978), Charakterystyka mineralogiczna i palinologiczna pyłów eolicznych z opadów w Tatrach w latach 1973 i 1974. In: Prace Mineralogiczne, 57, S. 19-43.

- MAYER H. (1986), Europäische Wälder. 385 Seiten. Stuttgart, New York, UTB, G. Fischer Verlag.
- MIREK Z., PIĘKOŚ-MIREK H. (1992), Plant cover of the Western Carpathians (S.Poland). In: Ver. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zürich, 107, S. 116-150
- OBIDOWICZ A. (1990), Eine pollenanalytische und moorkundliche Studie zur Vegetationsgeschichte des Podhale-Gebietes (West Karpaten). In: Acta Palaeobot, 30, 1/2, S. 147-219.
- OBIDOWICZ A. (1993), Wahania górnej granicy lasu w późnym plejstocenie i holocenie w Tatrach. In: Dokumentacja Geograficzna, 2.
- SKIBA S. (1977), Studies on mountain soils formed in various phytoclimatic zones of the crystalline part of the Polish Tatra Mts. In: Roczniki Gleboznawcze, 28, 1, S. 205-241.
- SKIERSKI S. (1984), The age and genesis of the lake Smreczyński Staw. In: Prace i Studia Geograficzne UW, 5, S. 81-91 (auf polnisch).
- STUHLIK L. (1968), Zbiorowiska leśne i zaroślowe pasma Policy w Karpatach Zachodnich. In: Fregm. Flor.Geobot., 14, 4, S. 441-483.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [136](#)

Autor(en)/Author(s): Libelt Piotr, Obidowicz Andrzej

Artikel/Article: [PhysischeGeographie. Die holozäne Evolution der natürlichen Umwelt in der Stufe der oberen Waldgrenze in der West-Tatra 243-262](#)