

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 88	S. 57 - 86	Innsbruck, Okt. 2001
---------------------------------	---------	------------	----------------------

Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimageschichte im Pustertal und Sarntal (Südtirol, Italien)

von

Conradin A. BURGA*¹⁾ und Manuela EGLOFF*²⁾

Pollen analytic investigations to the vegetation and climate history of Pustertal - Sarntal (Southern Tyrol, Italy)

Summary: In the lower part of Pustertal region and the northern Sarntal Alps (Southern Tyrol/ Trentino-Alto Adige, Italy) two peat bog profiles (Astalm 1955 m a.s.l. and Penser Joch 2230 m) have been investigated pollen analytically. The main steps of the late-glacial and holocene flora and forest history are as follows: Oldest Dryas: Pioneer, steppe and tundra vegetation with kryocratic and protocratic taxa like *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Rumex/Oxyria*, *Helianthemum*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum*, *Plantago alpina*, *Poaceae* and *Ephedra*. Bölling: Steppe, tundra, pioneer shrubs (*Hippophaë*, *Juniperus* and *Salix*) and first trees (*Pinus* und *Betula*) up to 1400 - 1500 m a.s.l. Transition Bölling/Alleröd and Alleröd: Reafforestation up to ca. 1900 m a.s.l. or higher with *Betula*, *Pinus sylvestris/mugo*, *P. cembra* and *Larix*. Younger Dryas: Revival of the kryocratic and protocratic species, especially of *Artemisia*. Lowering of the tree limit of about 200 m related to the former position during the Alleröd.

Preboreal (first part): In the hill belt and the lower montane belt developed mixed oak forest with *Corylus*, whereas in the subalpine belt coniferous forests of *Pinus cembra*, *Larix* and *Pinus mugo* with a position of the forest line in ca. 2100 m a.s.l. occurred. *Picea* immigrated in the low land around Bozen. Preboreal (second part): Immigration of spruce into the subalpine belt and recession of pioneer and grassland species. End of Preboreal, Boreal, Older Atlantic (beginning): Mixed oak forest and *Corylus* reached their widest range, whereas spruce dominated in the subalpine belt. During the Boreal, *Alnus viridis* immigrated and more long-distance pollen transport of *Abies* and *Fagus* has been noted. Older Atlantic, Younger Atlantic, Subboreal (middle): During the Older Atlantic, *Abies* and *Fagus* immigrated in the Eisack valley; *Picea* reached its widest range, whereas the *Larix-Pinus cembra*-forest has been reduced. During the Younger Atlantic and at the transition to the Subboreal, the spread of silver fir and a recession of spruce have been recognized. Subboreal (middle) - Older Subatlantic (beginning): In the hill and the montane belt occurred the main spread of *Carpinus*, *Fagus* and *Fraxinus*. At the end of the Subboreal, more intensified anthropogenic

*) Anschrift der Verfasser: ¹⁾Prof. Dr. Conradin A. Burga, Geographisches Institut der Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190 CH-8057 Zürich, ²⁾dipl. Geogr. Manuela Egloff, Mellingerstrasse 37 CH-5400 Baden

impacts on the vegetation (lowering of the forest line) have been recognized. Older Subatlantic: More intensified forest clearings and widest spread of *Alnus viridis*, whereas *Picea* is still dominant. During Roman times and Middle Ages, *Castanea* and *Juglans* have been introduced. Younger Subatlantic: Change of the dominance from *Picea* to *Pinus*; more indicators of forest clearings, pastures, ruderal and cultivated plant species (*Cerealia*, *Zea mays*).

During the Mid-Holocene, the position of the tree limit was approximately 50 - 100 m higher than its present potential position. The profile of Astalm gives clear evidence to the holocene Piora- /Rotmoos cold phases I and II, whereas the Göschenen cold phases I and II show an overlap with anthropogenic impacts. Activities of first humans are shown by mesolithic and neolithic evidence (archaeologic finds, pollen records). In the profile Astalm, three clearing phases (late Bronze Age/ early Iron Age, Roman times and early Middle Ages/ modern times) have been recognized.

1. Einleitung:

Erste pollenanalytische Untersuchungen an Südtiroler Moor- bzw. Seeprofilen stammen von DALLA FIOR (1933, 1935, 1940), VON SARNTHEIN (1936), FISCHER & LORENZ (1931), LONA & TORRIANI (1944) und GAMS (1949-51). Neuere, moderne pollenanalytische Arbeiten wurden von SCHMIDT (1975), SEIWALD (1980), KRAL (1983), KRAL & CARMIGNOLA (1986), WAHLMÜLLER (1990), OEGGL & WAHLMÜLLER (1994a, 1994b), OEGGL (1999) und STUMBÖCK (1996, 1999) veröffentlicht. Eine erste Inventarisierung der Moore und Feuchtgebiete Südtirols wurde 1991 von GÖTLICH herausgegeben. Unter den zahlreichen Arbeiten zur Rezentvegetation Südtirols seien als Beispiele die Publikationen von HAGER (1935), DALLA TORRE (1982), KIEM (1987), DAMM (1994), PEER (1976, 1981, 1989, 1991: Vegetationskarte Südtirols mit Begleittext 1995), PEDROTTI (1969), PEDROTTI et al., (1974) und pflanzensoziologische Untersuchungen zu Mooren von VENANZONI (1984) und BALATOVA-TULACKOVA & VENANZONI (1989, 1990) erwähnt. Die geologischen Verhältnisse, insbesondere die Glazialgeologie und Geomorphologie des Untersuchungsgebiets sind u.a. in Publikationen von VON KLEBELSBERG (1935, 1952, 1953), EBERS (1972), CASTIGLIONI & TREVISAN (1973), HEISSEL (1982), STAINDL (1982, 1986) und von VAN HUSEN (1987, mit einer geologischen Karte 1 : 500.000) dargestellt. Ur- und frühgeschichtliche Funde in Südtirol wurden in zahlreichen Arbeiten veröffentlicht. Wertvolle zusammenfassende Darstellungen stammen von LUNZ (1973, 1981, 1986, 1994), GLEIRSCHER (1991) sowie LEITNER (1985).

In den Jahren 1988 bis 1998 wurden von BURGA und seiner Arbeitsgruppe an verschiedenen Mooren (Nieder-, Übergangs- und Hochmooren) sowie in Verlandungszonen von Seen in Südtirol im Einzugsgebiet von Etsch und Eisack Bohrungen an insgesamt siebzehn Lokalitäten in den Provinzen Bozen, Trient und Belluno durchgeführt (vgl. BURGA et al. 1996). Im Rahmen einer Diplomarbeit untersuchte Frau Manuela Egloff (EGLOFF 1998) in den Jahren 1996-1998 pollenanalytisch zwei Bohrprofile aus den beiden Verlandungsmooren Astalm (1955 m) oberhalb Rodeneck (Eingang zum Pustertal) und Penser Joch (2230 m, oberhalb bzw. südwestlich der Passhöhe des gleichnamigen Übergangs vom Eisacktal zum Penser-/ Sarntal, vgl. Abb. 1 und 2). Das Ziel der Arbeit lag in der Untersuchung der Floren- und Vegetationsgeschichte seit dem Spätglazial sowie der postglazia-

len Klima- und Waldgrenzschwankungen. Ferner wurde das Augenmerk nach Hinweisen zur Ur- und Frühgeschichte der Region, insbesondere zu ersten Anzeichen der anthropogenen Vegetations-Beeinflussung (insbesondere Waldrodungen) gerichtet.

2. Das Untersuchungsgebiet:

2.1 Lage, Geologie und Geomorphologie

Die Geologie des Untersuchungsgebiets wird vor allem durch die drei tektonischen Einheiten Penninikum, Ostalpin und Südalpin geprägt. Jedes der drei Decken-Systeme umfasst seinerseits wieder mehrere Teildecken (HEISSEL 1982, STAINDL 1982). Die verschiedenen penninischen Gesteinsserien treten im Tauernfenster, welches sich im NE Südtirols befindet und das Kernstück des ostalpinen Baus der Alpen darstellt, zutage (zur tektonischen Gliederung vgl. BÖGEL & SCHMIDT 1976). Dem Ostalpin wird der westliche, aber auch der sich im S an das Penninikum anschliessende Teil Südtirols zugerechnet. Bezüglich der tektonischen Gliederung des Ostalpins sei auf TOLLMANN (1963), des Südalpins auf STAINDL (1982) verwiesen. Auf die lokalen geologischen Gegebenheiten der im Silikatgestein liegenden Bohrstellen Astalm und Penser Joch wird in den Kapiteln 4.1 und 4.2 eingegangen.

Die quartären Vergletscherungen haben in vielen Bereichen Südtirols das Landschaftsbild entscheidend geprägt (vgl. VON KLEBELSBERG 1935). Die würmeiszeitlichen Gletscher, welche im Bereich der Astalm (Pustertal) und des Penser Jochs (Sarntal) von Bedeutung waren, sind von VAN HUSEN (1987) und WÜRZ (1992) untersucht worden. Der Eisack-Gletscher hing am Brenner mit dem Sill-Gletscher zusammen, und zwar mit einer maximalen Eishöhe von 2400 m. Bereits ab Mauls stand er mit den Rienz-Eismassen aus dem Pustertal in Verbindung und füllte so die Weitung von Brixen bis in eine Höhe von 2200 m. Nur noch die Gipfelregionen der Plose (2561 m) und des Maurerberges (2326 m) auf der Ostseite des heutigen Eisacktales ragten über die Oberfläche der Eismassen (vgl. Abb. 2). Auf der Westseite des heutigen Tales waren die Kassiansspitze (2581 m), der Villanderberg (2509 m) und das Rittner Horn (2260 m) eisfrei, in dessen Umgebung eine Verbindung mit dem Sarntaler Eis bestand.

2.2 Klima

Die klimatische Situation Südtirols wird durch dessen inneralpine Lage geprägt. Die grossen Massenerhebungen im N und W verhindern das Einströmen von Kaltluftmassen, und durch die Wirkung des Nord- und Südfohns wird die Sonnenscheindauer und die Strahlungsintensität wesentlich erhöht. Daraus resultiert eine positive thermische Anomalie mit verringerten Niederschlagsmengen. Es herrschen kontinentale Bedingungen mit einem Niederschlagsmaximum im Sommer vor.

Für die Astalm und das Penser Joch konnten zur Darstellung der klimatischen Parameter Lufttemperatur und Niederschlag nur diejenigen Klimastationen verwendet werden, welche nahe am Gebiet liegen. Als Bezugsstationen dienten Brixen (561 m), Lüsen (981 m), Campill (1396 m), Sterzing (948 m) und Pens (1450 m). Das Gebiet der Astalm ist durch die Klimastationen Brixen, Lüsen und Campill relativ gut erfasst (1 km südöstlich entfernt). Klimadaten für das Penser Joch wurden keine erfasst, sodass auf die nächstgelegenen Klimastationen Pens und Sterzing zurückgegriffen wurde, wobei aber aufgrund der grossen Höhendifferenz zwischen den Stationen eine Übertragung von Messwerten problematisch ist. Die Messwerte von Pens sind somit nicht vergleichbar mit dem Penser Joch.

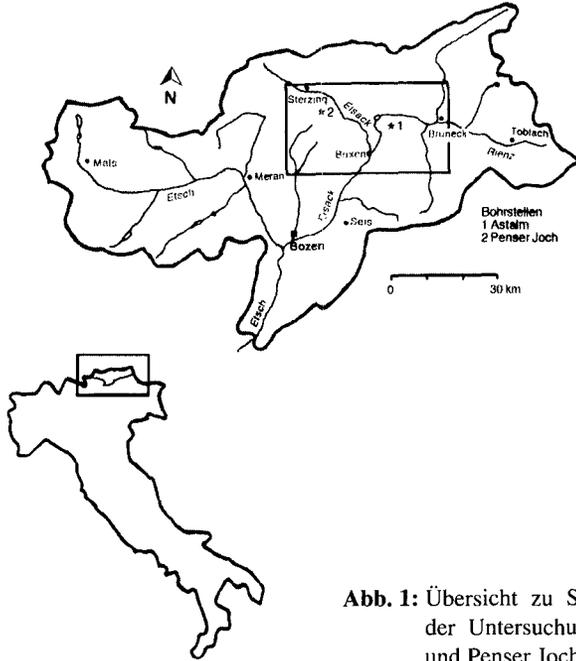


Abb. 1: Übersicht zu Südtirol und Lage der Untersuchungsstellen Astalm und Penser Joch

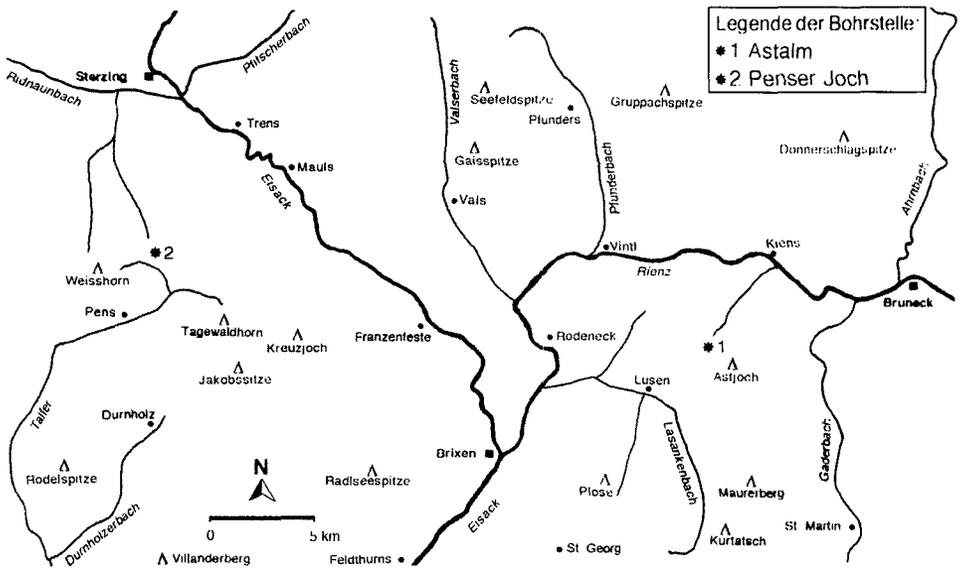


Abb. 2: Übersicht zur Region Astalm (Pustertal) und Penser Joch (Sarntaler Alpen)

Tab. 1: Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur in °C; Messperioden: Brixen 1956-1996, Lüsen und Campill 1978-1995, Sterzing 1956-1995, Pens 1982-1996 (Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen).

Station	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Brixen	-1,5	1,6	6,1	9,8	14,2	17,4	19,6	19,1	15,4	10,0	3,7	-0,8	9,6
Lüsen	-2,1	-0,4	4,0	7,3	11,8	15,3	18,3	17,7	14,0	8,8	2,6	-1,0	8,0
Campill	-4,0	-1,6	2,5	4,5	8,8	12,3	15,2	14,7	11,6	7,2	1,2	-3,7	5,7
Sterzing	-1,7	0,4	4,1	7,5	12,1	15,6	18,0	17,4	14,1	9,0	3,2	-1,1	8,2
Pens	-4,3	-2,7	0,3	3,8	8,4	11,3	14,6	13,8	10,3	6,5	0,5	-3,4	4,9

Das Becken von Brixen (561 m) gehört neben dem Vintschgau, dem Becken von Meran und Bozen zum zentralalpinen Kernraum, welcher infolge hoher Randberge im N und S mit stärkerer Besonnung bei geringerer Bewölkung, geringerem Niederschlag sowie geringerer Häufigkeit der Schneedecke kommt (FLIRI 1975). Angaben über Jahresmitteltemperaturen: Brixen (561 m) 9.6 °C, Sterzing (948 m) 8.2 °C und Lüsen (981 m) 8.0 °C.

Tab. 2: Mittlere monatliche und jährliche Niederschlagssumme in mm; Messperioden: Brixen 1921-1996, Lüsen und Campill 1924-1995, Sterzing 1924-1995, Pens 1981-1996 (Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen).

Station	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Brixen	18	20	27	43	69	86	103	101	68	57	46	27	667
Lüsen	26	32	40	61	92	107	111	110	84	75	59	33	828
Campill	36	39	44	65	93	123	137	127	89	76	73	46	948
Sterzing	30	30	37	52	72	93	106	108	82	63	64	41	778
Pens	31	12	41	52	127	114	150	106	124	100	60	40	956

Auffallend sind die ganzjährig geringen Niederschlagswerte der inneralpinen Trockenlagen von Brixen bis Sterzing (Eisacktal) und im westlichen Pustertal. Mit der Höhe nehmen aber die Niederschlagsmengen zu, wie dies die Jahreswerte von Brixen (561 m) mit 641 mm, Lüsen (981 m) mit 828 mm und Campill (1396 m) mit 948 mm zeigen. Für die Astalm (1955 m) kann von einem Jahreswert von ca. 950 - 980 mm ausgegangen werden. Ins Auge fallen auch die beträchtlichen Niederschlagswerte der Klimastation Pens im September und Oktober. Der Grund dafür ist, dass die Hauptstromwege des Südföhns, welcher gerade im Spätsommer und im Herbst vermehrt auftritt, aus dem SW über Meran gegen den Jaufenpass und den Brenner verlaufen (FLIRI 1975).

2.3 Aktuelle Vegetation

Zur aktuellen Vegetation des Untersuchungsgebiets vermitteln die Vegetationskarten von SCHIECHTL & STERN (1976, 1980) und PEER (1989, 1991, 1995) einen guten Überblick. Nützlich ist zudem der Kataster der Moore und Feuchtgebiete Südtirols (GÖRTLICH 1991). Die Pflanzen-Nomenklatur in diesem Beitrag folgt BINZ & HEITZ (1990). Da beide untersuchten Lokalitäten keine Karbonatgesteine aufweisen, dominieren säureliebende Pflanzengesellschaften.

2.4 Aktuelle und potenziell-natürliche Waldgrenze

Im Feld wurde die aktuelle Waldgrenze erfasst sowie deren potenziell-natürlicher Verlauf geschätzt. Die Ermittlung der potenziell-natürlichen Waldgrenze geschieht in der Regel auf indirek-

te Weise. Eine Möglichkeit besteht darin, die obersten Alphütten als Annäherung zu verwenden (BÄBLER 1898). Da früher das Holz für den Bau von Alphütten und das Brennholz kaum weit transportiert wurden, könnten sich die obersten Alphütten, die heute meist über dem Wald liegen, ehemals im Bereich der potenziell-natürlichen Waldgrenze befunden haben. Mit der zusätzlichen Beweidung der waldgrenznahen Wälder wurde im Laufe der Zeit die Waldgrenze um die Alphütten stark heruntergedrückt. Wenn man davon ausgeht, dass die Waldgrenze eher linienhaft verläuft, also die Baum- und Waldgrenze natürlicherweise zusammenfallen, könnten die heute am höchsten steigende Baumgruppen und Einzelbäume ungefähr die Höhenlage der potenziellen Waldgrenze anzeigen (PERRET 1993). Da aber die Baum- und Waldgrenze natürlicherweise nicht immer zusammenfallen, ist die Ermittlung der potenziell-natürlichen Waldgrenze wesentlich komplexer, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann (vgl. HOLTMEIER 1967, 1974, 1985, 1986, 1989; TRANQUILLINI 1979).

Zur aktuellen Waldgrenze im Südtirol lässt sich allgemein sagen, dass sie je nach Kontinentalitätsgrad zwischen 2100/2200 m und 2200/2300 m ü.M. verläuft und mit Ausnahme einiger Gebiete (Pflersch, Ridnau, Ratschings) von Lärchen-Arvenwäldern gebildet wird. In der Rieserfernergruppe befinden sich die höchsten Arvenbestände auf dem Tristenhöckl in ca. 2460 m (VON KLEBELSBERG 1952a, 1961).

3. Methodik:

3.1 Feld- und Laborarbeit

Erste Moorbohrungen und summarische Pollenanalysen erfolgten in den Jahren 1989 (Penser Joch) und 1991 (Astalm) durch BURGA; 1996 wurde noch je eine zweite Bohrung vorgenommen. Als Bohrgeräte wurden der Russische Torfbohrer und die Dachnowsky-Sonde eingesetzt. Für den Vergleich zwischen dem rezenten Pollenniederschlag und der aktuellen Vegetation sowie zur Ermittlung des BP/STP- und BP/NBP-Verhältnisses (Anm.: Erklärungen zu den verwendeten Abkürzungen vgl. Liste in Kap. 3.2) für verschiedene Vegetationseinheiten, wurden zudem Oberflächen-Moosproben aus dem näheren Moorbereich sowie aus verschiedenen Vegetationseinheiten der Umgebung entnommen (Methodisches vgl. BURGA 1984). Die stratigraphische Charakterisierung der bergfeuchten Bohrkerne erfolgte sofort nach der Bohrkernentnahme; anschließend wurden diese sorgfältig luftdicht in Alufolie verpackt und bis zur Probenaufbereitung dunkel und kühl gelagert. Die Proben beider Profile wurden in Abständen von 10 cm (in Gytja- und Tonabschnitten alle 5 cm) entnommen. Für die Aufbereitung reichten bei Torf- und Gytjaprobe meist 1 - 2 cm³ Material, bei Tonproben dagegen mussten bis zu 4 cm³ entnommen werden. Die tonhaltigen Proben und einen Teil der Torfproben bearbeitete Frau Gabriele Eisele am Institut für Botanik der Universität Stuttgart-Hohenheim. Die restlichen Torfproben wurden im Pollenlabor des Geographischen Institutes der Universität Zürich-Irchel nach der üblichen Methode von ERDTMAN (1969) bzw. FAEGRI & IVERSEN (1975) aufbereitet. Die Bestimmung der Sporomorphen erfolgte mit 400-facher Vergrößerung mittels eines Lichtmikroskopes der Marke Zeiss. Es wurde auf mindestens 500 BP ausgezählt, um auch seltenerer Pollentypen zu erfassen. Folgende Bestimmungsbücher, Schlüssel und Sammlungen wurden verwendet: FAEGRI & IVERSEN (1975, 1993), STRAKA (1975), MOORE et al. (1991), TRAUTMANN (1953), REILLE (1992) sowie die Fotodokumentation und die Sammlung rezenter Pollen und Sporen des Geographischen Instituts der Universität Zürich. Ein bekanntes Problem ist die mikroskopische Unterscheidung zwischen den Pollenkörnern des *Pinus sylvestris/mugo* - und *Pinus cembra* -Typs. Hierzu wurden die Merkmale von WEGMÜLLER (1976) und BEUG (1961) verwendet. Trotzdem gab es immer wieder Pollenkörner, die keine klare Zuordnung erlaubten. Diese Pollenkörner wurden gesondert notiert und nach dem für die klar bestimmbareren *Pinus*-Pollen ermittelten Verhältnis proportional den beiden Gruppen *Pinus sylvestris/mugo* - bzw. *Pinus cembra* -Typ zugeordnet.

3.2 Berechnung und Darstellung der Resultate

Die Rohdaten beider Profile wurden in zwei Pollendiagrammen als Prozentkurven graphisch dargestellt. Zur Erstellung der Diagramme wurde die Computer-Software Tilia 2.00 und Tilia*graph 1.25 verwendet. Beide Diagramme bestehen aus einem Hauptdiagramm mit ausgewählten BP-Kurven und mehreren Nebendiagrammen. Als Berechnungsgrundlage dienten PS I (ohne Cyperaceae, Pteridophyta und Hydrophyta) sowie PS II (alle Sporomorphen). Die Diagramme zeigen von links nach rechts folgenden Aufbau: 1. Tiefenangabe in cm mit ^{14}C -Altersbestimmungen, 2. Stratigraphie, 3. Pollenzonen (PZ), 4. Biozonen bzw. local pollen assemblage zones (LPAZ), 5. Nebendiagramme BP und STP mit selteneren Bäumen und Sträuchern (Prozentwerte bezogen auf PS I), 6. Hauptdiagramm (BP, BP-Total, STP, Kräuter sowie Poaceae), 7. PS I und PS II, 8. Nebendiagramme (NBP, Kultur- und Nässezeiger), 9. Indeterminata, 10. Pollenfrequenz (Sporomorphen pro cm³), 11. Biozonen bzw. LPAZ, 12. Pollenzonen (PZ), 13. Tiefenangabe in cm, 14. Einzelfunde, 15. Stomata, 16. *Pediastrum*- und *Amphitrema flavum* -Funde. Die Pollenfrequenz wurde wie üblich mit Hilfe der Zugabe von *Lycopodium*-Sporen bestimmt. Die chronostratigraphische Zuordnung der Biozonen erfolgte vor allem nach den Kriterien von MANGERUD, ANDERSEN, BERGLUND & DONNER (1974), MANGERUD, BIRKS & JÄGER (1982), LANG (1994) sowie BURGA & PERRET (1998). Die Radiokarbondatierungen erfolgten mit der AMS-Methode (Accelerator Mass Spectrometry) am Institut für Mittelenergiephysik an der ETH Zürich-Hönggerberg.

Abkürzungen

<i>Alnus glut./inc.</i>	<i>Alnus glutinosa/incana</i> -Typ
<i>Pinus sylv./mugo</i>	<i>Pinus sylvestris/mugo</i> -Typ
BP	Baumpollen
STP	Strauchpollen
NBP	Nichtbaumpollen
EMW	Eichenmischwald
LPAZ	Local pollen assemblage (bio)zone (Biozone)
PZ	Pollenzone (im Sinne einer Chronozone)
PS I	Pollensumme I: BP, STP und NBP (ohne Cyperaceae, Pteridophyta und Hydrophyta)
PS II	Pollensumme II: PS I plus Cyperaceae, Pteridophyta und Hydrophyta
'Jahre' BP	before present (^{14}C Jahre vor heute, d.h. vor dem Jahr 1950)
BC	before Christ (vor Christus)
AD	anno domini (nach Christus)

4. Ergebnisse:

4.1 Untersuchungsgebiet Astalm

4.1.1 Lage

Zwischen dem in nahezu E-W verlaufenden Pustertal im N und dem ebenfalls in gleicher Richtung verlaufenden kleineren Lüsenertal im S erhebt sich ein Bergkamm, auf des-

sen Hochfläche die Astalm (1955 m) liegt. Das Astjoch, SE der Astalm, stellt mit 2194 m die höchste Erhebung des Bergkammes dar. Gegen W fällt die Hochfläche über die Rodeneckeralm sanft ab, läuft in hügeliger Landschaft bei Rodeneck ganz aus und wird bei Mühlbach von der Rienz umflossen (vgl. Abb. 2). In südwestlicher Richtung liegt die Weitung von Brixen, in welcher die Rienz in den Eisack mündet. Der grösste Teil des Gebirgsstockes liegt im Bereich der ausgedehnten, teilweise sehr stark verfallenen Brixner Quarzphyllitzone. Im Bereich des Astjochs steht Quarzdiorit an. Die Astalm befindet sich an der Kontaktzone zwischen dem Brixner Quarzphyllit und dem später eingedrungenen Quarzdiorit des Astjochs. Die Verwitterungsprodukte des Quarzphyllits und würmeiszeitliches Moränenmaterial der lokalen Vergletscherung im Bereich des vorderen Pustertals bilden zusammen einen weitgehend wasserundurchlässigen Untergrund, welcher den kleinen See der Astalm entstehen liess.

Heute ist die ausgedehnte Hochfläche der Rodenecker-, Lüsener- und Astalm waldlos und wird als Alpweide genutzt. Aufgrund der Höhenlage, welche sich durchgehend um 1950 m bewegt, kann man annehmen, dass diese Hochfläche vor der anthropogenen Landnahme mit Ausnahme des Astjochs (2194 m) bewaldet war. Die aktuelle Waldgrenze wird durch Lärche, Arve und Fichte gebildet und liegt je nach Relief bei 2025 bis 2100 m. Die Arve ist an der Waldgrenze anteilmässig am stärksten, die Fichte am schwächsten vertreten. Im Gebiet des Lüsenerals wird die Verbreitungsgrenze der Arve zwischen ca. 1700 und 2100 m angenommen (HOFMANN 1970). Unter 1800 m treten Lärche und Arve zugunsten der Fichte zurück. Das Moor auf der Astalm ist im W wie auch im E, wo sich das Astjoch erhebt, von Wald umgeben. In diesem Gebiet lässt sich die potenziell-natürliche Waldgrenze mit Werten zwischen 2050 m und 2120 m ü.M. relativ gut bestimmen.

Die Zone des Verlandungsmoors Astalm wird dominiert durch das Caricetum fuscae trichophoretosum mit *Sphagnum*-Bulten, *Drosera rotundifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex magellanica*, *Potentilla palustris*, *Cardamine amara* sowie *Sphagnum*, Braun- und Bleichmoosen in und an den Schlenken. Der kleine Restsee ist umrahmt vom Caricetum rostratae, Caricetum fuscae und Eriophoretum vaginati. Gegen N schliesst sich eine Nasswiese mit reichlich *Polygonum bistorta*, *Caltha palustris* und *Juncus filiformis*. Der W-Rand der Moorzone wird durch beweidete Borstgrasrasen (Geo montani - Nardetum) abgegrenzt; weiter entfernt befindet sich ein Mosaik von Milchkrautweide (Poion alpinae) und Ericaceae-Zwergstrauchheide. Am Gegenhang stockt lockerer Lärchen-Fichtenwald mit einzelnen Arven und reichlich Zwergstrauchheide. Die Bohrstelle, in deren Bereich die Verlandung vor ca. 7000 Jahre BP einsetzte, liegt im zentralen Bereich der Verlandungszone inmitten des Caricetum fuscae trichophoretosum.

4.1.2 Stratigraphie (vgl. Pollendiagramm in Lasche auf der Innenseite des Umschlags)

0 - 265 cm: Cyperaceae-Torf; 266 - 290 cm: Ton und feinsandreicher, stärker zersetzter Torf, kleine Steinchen; 291 - 314 cm: Tongyttja; 315 - 326 cm: Feinsand, Ton und kleine Steinchen.

4.1.3 Biostratigraphische Gliederung und chronostratigraphische Einordnung

A1: *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - *Larix* - LPAZ mit erstem EMW - und *Corylus* - Maximum (325 - 262 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone Ve - VI_m (Ende Boreal - Mitte Älteres Atlantikum)

Die Biozone A1 ist durch eine Vorherrschaft von *Picea* (regelmässige Stomatafunde) gekennzeichnet (durchschnittlich >60%). Die Werte von *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* betragen etwa 15% bzw. 10% *Larix* bildet in der ersten Hälfte von A1 Werte um 0.6% und fällt dann leicht zurück. Beim EMW (Fernflug) dominieren *Quercus* und *Tilia* (max. 1.2%); *Acer* bildet keine geschlossene Kurve, und *Ulmus* wird erst gegen Ende dieses Abschnittes registriert. Mit 2.6% erreicht der EMW in 280 cm Tiefe bereits ein Maximum. Der *Corylus*-Anteil bewegt sich meist unter 1%. Während *Abies* noch ausbleibt, wurden aber Ende A1 bereits erste *Fagus*-Pollenkörner registriert. Die BP bewegen sich um 90% - 93% und fallen im Übergang zu A2 auf 87%. Die STP halten sich um 1 - 4%, die Poaceae 1 - 2%. Die Kräuter, darunter v.a. Cichorioideae (max. 4.2%) und Rosaceae (max. 1.7%), weisen geringe Werte auf. Erwähnenswert sind die Einzelfunde von *Epilobium* und *Viburnum*. Zudem wurden vereinzelt *Polypodium*, *Dryopteris* und *Sphagnum* gefunden.

A2: *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit *Abies* - und *Fagus* - Fernflug (262 - 235 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VI (Älteres Atlantikum)

Picea steigt nach kurzem Rückgang Ende A1 auf 73%, zeigt aber am Übergang zu A3 jedoch erneut einen Rückgang. *Pinus sylv./mugo* schwankt zwischen 10 und 15% während *Pinus cembra* zu Beginn des Abschnittes von 6% auf 3.5% fällt. *Abies* wird erstmals registriert; wie auch bei *Fagus* deuten die sehr geringen Prozentwerte auf Fernflug hin. Gegenüber A1 weisen *Larix*, *Betula* und auch der EMW (vorw. *Quercus*) durchwegs geringere Werte auf (<0.5%). Die BP erreichen bis zum Rückgang von *Picea* am Ende des Abschnittes stets 93%, fallen dann jedoch zurück während die STP Werte von 3 - 4% aufweisen. Unter den STP zeigen die Ericaceae erstmals einen leicht erhöhten Wert. Der Kräuter-Anteil (Cichorioideae, Rosaceae und Ranunculaceae) ist mit 2% sehr gering. Mit maximal 20% der PS II verzeichnen zudem die Cyperaceae gegenüber A1 eine starke Zunahme, was auf die eingesetzten Verlandungsprozesse hindeutet.

A3: *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit geschlossener *Abies* - Kurve (235 - 207 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VI_e - VII_a (Ende Älteres Atlantikum - Anfang Jüngerer Atlantikum)

Picea geht von 70% auf 56% zurück, bleibt aber weiterhin dominant, während *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* leicht zunehmen. Im Gegensatz zu *Abies* bildet *Fagus* noch keine geschlossene Kurve. Die EMW-Werte sind unverändert gering. Die NBP weisen erstmals einen Gipfel von 20% auf (19% Rosaceae und Cichorioideae, wenig Poaceae und STP).

A4: Poaceae - reiche *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - *Abies* - LPAZ (207 - 162 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VIIa - VIIIa (Anfang Jüngerer Atlantikum - Anfang Subboreal)

Die Fichten-Kurve weist in Fortsetzung zu A3 eine rückläufige Tendenz auf. Von anfänglich 51% sinkt sie gegen das Ende von A4 auf 43% zurück, bleibt aber dominant. Die Werte von *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* schwanken im Vergleich zu A3 praktisch unverändert um 5 - 10%. *Abies* erreicht Werte bis 4.5%, und *Fagus* (< 1%) bildet erstmals eine geschlossene Kurve. Erwähnt sei ferner der Anstieg von *Alnus viridis* von 1% auf 5% und das vermehrte Auftreten von *Juniperus*. Auffällig ist die dreigliedrige NBP-Phase mit erstmals Poaceae-Werte um 10 - 14%. Unter den Kräutern dominieren Cichorioideae, Rosaceae und Ranunculaceae; hinzukommen *Artemisia* und erstmals auch *Plantago alpina*. Als Einzelfunde sind *Gentiana*, Lamiaceae und *Montia* vertreten. Erwähnenswert ist zudem das erste Auftreten von *Pteridium* und die erhöhten Cyperaceae-Werte.

A5: Krautarme *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - *Abies* - LPAZ mit mehr EMW, *Betula* und Ericaceae sowie ersten Cerealia (162 - 122 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VIII (Subboreal)

Picea bleibt mit Werten um 50% dominant. Die Werte von *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* sind gegenüber A4 zunächst unverändert, zeigen aber gegen Ende A5 eine sinkende Tendenz zu Werten <10%. *Abies* erreicht nach dem Anstieg gegen Ende A5 das absolute Maximum von 8%. Bei *Fagus* lässt sich an der gleichen Profilstelle ein sehr schwacher Anstieg feststellen (max. 1.8%). Mit 2.6% verzeichnet der EMW ein Maximum. Während *Ulmus* und *Acer* einen starken, *Tilia* einen mässigen Rückgang aufweisen, nimmt *Quercus* an Bedeutung zu. Erstmals sind Pollen von *Fraxinus* und *Carpinus* zu verzeichnen. *Alnus viridis* zeigt gegen Ende A5 einen ersten deutlichen Anstieg bis zu 10%, während der *Alnus glut./inc*-Typ geringe Werte aufweist. Die Ericaceae erreichen in 130 cm ein erstes Maximum von 1%. Die NBP- und STP-Anteile sind mit 10% deutlich geringer als in A4. Erstmals treten Brassicaceae und *Rumex/Oxyria* vermehrt auf, und in einer Tiefe von 150 cm wurden vereinzelte Cerealia-Pollenkörner gefunden. Auffallend ist das gehäufte Auftreten von Farnsporen, insbesondere von *Pteridium*; auch *Sphagnum* verzeichnet leicht erhöhte Werte. Gegen Ende des Abschnittes A5 bleiben die bisher mehr oder weniger regelmässigen *Picea*-Stomatafunde mit Ausnahme eines Einzelfundes im Abschnitt A8 aus.

A6: NBP - reiche *Picea* - *Alnus viridis* - *Pinus sylv./mugo* - LPAZ mit primärem *Fagus*- und *Corylus* - Maximum, *Juniperus*, *Artemisia*, Poaceae und Hauptanstieg der Cyperaceae sowie ersten *Plantago lanceolata* - und *Urtica* - Pollenfunden (122 - 88 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VIIIe - IXa (Ende Subboreal - Anfang Älteres Subatlantikum)

Am Übergang A5/ A6 geht *Picea* von 48% auf 23% stark zurück, erholt sich dann leicht und bleibt im ganzen Abschnitt mit Anteilen um 35% dominant, während am Ende

A6 *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* leicht zunehmen. *Fagus*, *Corylus*, *Alnus viridis* und *Juniperus* erreichen ein primäres Maximum. Der NBP-Anteil beträgt rund 25% (18% Poaceae, 4% *Artemisia*, erste Pollenfunde von *Plantago lanceolata* und *Urtica*). Zudem steigen die Cyperaceae bis gegen 20%.

A7: NBP - reiche *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - *Abies* - LPAZ mit sekundärem Cerealia - Maximum, primärem Cyperaceae - Maximum und erstem *Castanea* - Pollenfernflug (88 - 61 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone IX (Älteres Subatlantikum)

Picea bleibt mit Werten um 35% weiterhin dominant. *Pinus sylv./mugo* steigt im Übergang von A6 zu A7 von 9% auf 25% an, während bei *Pinus cembra* ein Rückgang zu verzeichnen ist. Die Tanne erreicht bei 75 cm ein sekundäres Maximum von 7%, zeigt danach eine rückläufige Tendenz. Auffallend ist zudem der deutliche Rückgang von *Alnus viridis* zu Beginn von A7. Die BP weisen gegenüber dem vorangegangenen Abschnitt wieder höhere Werte auf (73% - 85%), und unter den NBP sind die STP-, Kräuter- und Poaceae-Anteile etwa gleich (6 - 10%). Die Cerealia erreichen ein sekundäres Maximum mit 1.1%. Unter den Einzelfunden taucht gegen Ende von A7 erstmals *Castanea* (Fernflug) auf, und auch *Carpinus*-Pollenkörner konnten vereinzelt gefunden werden. Die Cyperaceae erreichen mit 46% der PS II ihr absolutes Maximum.

A8: NBP - reiche *Picea* - *Pinus sylv./mugo* (Dominanzwechsel)- *Alnus viridis* - Rosaceae - LPAZ mit mehr *Larix*, *Betula*, *Juniperus* und *Artemisia* (61 - 26 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone IXe - Xa (Ende Älteres Subatlantikum - Anfang Jüngerer Subatlantikum)

Auffälliger *Picea* -Rückgang von ca. 40% auf 15% und Ansteigen der *Pinus sylv./mugo* -Werte (von 5% auf 25%), wobei es am Ende des Abschnittes zu einem Dominanzwechsel zwischen Fichte und Föhre kommt. *Larix* erreicht die bisher höchsten Werte (max. 0.9%), und auch *Betula* und *Juniperus* weisen leicht erhöhte Werte auf (max. 3.6% bzw. 0.7%). Die Grünerle verzeichnet bei 45 cm ein absolutes Maximum von nur 15%. Die NBP (18% Rosaceae, 14% Poaceae) und STP bilden in A8 den grössten Gipfel von ca. 40% bzw. 19%. *Castanea* erreicht in 35 cm Werte um 1%.

A9: NBP - reiche *Pinus sylv./mugo* - *Picea* - *Pinus cembra* - LPAZ mit absoluten *Betula* -, *Castanea* -, Ericaceae - und Cerealia - Maxima, mehr *Larix* und *Artemisia* sowie ersten *Juglans* - und *Secale* - Pollenfunden (26 - 0 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone X (Jüngerer Subatlantikum)

Im gesamten Abschnitt bleibt *Pinus sylv./mugo* dominant (22 - 30%), während *Picea* zurückgeht und *Pinus cembra* im Verlauf von A9 etwas zunimmt. *Larix* und *Juniperus* zeigen Werte um 0.8%. Gegen Ende dieses Abschnittes erreichen zudem die Ericaceae und *Betula* ein absolutes Maximum (1.7% bzw. 8.6%). Die NBP und STP weisen gegen Profilende Werte um 35% bzw. 12% auf. Für sämtliche Kulturzeiger lässt sich in diesem Abschnitt ein markanter Anstieg feststellen, und die Pollenfunde von *Juglans*, *Secale* sowie

Humulus setzen ein. Bemerkenswert sind zudem Einzelfunde von *Linum usitatissimum* (in 15 cm und 25 cm). In diesen Abschnitt wird die höchste Pollenfrequenz des gesamten Profils erreicht.

4.2 Untersuchungsgebiet Penser Joch

4.2.1 Lage

Das kleine Verlandungsmoor in 2230 m oberhalb des Penser Jochs (2212 m) liegt im hinteren Sarntal (Sarntaler Alpen) im Quellgebiet der Talfer, die nach S abfließt und bei Bozen in den Eisack mündet (vgl. Abb. 2). Der vom Penser Joch her nach SW verlaufende Bergkamm mit dem Sarner Weisshorn (2705 m) stellt eine Wasserscheide zwischen N und S dar. Das Penser Joch befindet sich an der tektonischen Aussen- bzw. N-Grenze der Brixener Granitzone und gehört der ostalpinen Zone der Alten Gneise an. Der Brixener Granit trennt an dieser Stelle die Zone der Alten Gneise vom südalpinen Brixener Quarzphyllit (STAINDL 1982). Das Verlandungsmoor am Penser Joch liegt in einer mineralreichen Glimmerschieferzone (LAMMERER 1990). Gegen W schließt sich unmittelbar eine Zone mit granitischen und granodioritischen Biotit- und Muskovitgneisen an. Man geht davon aus, dass im Würm-Maximum Eis über das Penser Joch (2211 m) geflossen ist. Dafür sprechen auch zahlreiche, durch Eis gerundete und geschliffene Felsen im diesem Gebiet. Aus der glazialen Überprägung der Rossebenalp (2250 m) südlich des Penser Jochs am gegenüberliegenden Talhang geht hervor, dass das Eis des würmeiszeitlichen Talfer-Gletschers bis auf eine Höhe von 2300 m gereicht hat. Die Spiegelhöhe des Eisack-Gletschers bei Sterzing lag im Würm bei 2400 m (HANTKE 1983). Der Penser Joch See und seine nähere Umgebung liegen in einem Kar, das im Würm von einem kleinen Gletscher eingenommen wurde.

Die nähere Umgebung des Sees am Penser Joch ist heute vollständig entwaldet. Aufgrund der Höhenlage (2230 m) kann jedoch angenommen werden, dass hier von einer natürlichen Waldlosigkeit ausgegangen werden kann bzw. dass sich das Moor knapp oberhalb des potenziell-natürlichen Waldgrenzbereichs befindet. Ein anderes Bild bietet sich an dem Talhang unterhalb des Moores. Der Hang ist bis auf den Talgrund (1790 m) waldlos, was auf Rodungen und Beweidung zurückzuführen ist. Für die Ermittlung der potenziell-natürlichen Waldgrenze musste daher ein entfernteres Gebiet miteinbezogen werden (Seiterbachtal, Egger Obertal und Rossebenalp). Die aktuelle Waldgrenze wird durch Lärche und Arve (Obergrenze 2150 m im Raum Sterzing), sowie vereinzelt durch Fichte gebildet (HOFMANN 1970). Der Fund eines abgestorbenen Baumstrunkes in 2080 m, mit einem Durchmesser von 80 cm am Grund, liefert diesbezüglich einen Hinweis. In dieser Arbeit wird für die potenziell-natürliche Waldgrenze am Penser Joch von einem angenäher-ten Wert von 2170 m ausgegangen.

Die heutige Karmulde wird von zwei kleinen Seen mit einer Verlandungszone mit kleinräumigen Hochmooranflügen eingenommen, wobei das kleinere Moor durch Beweidung stark beeinträchtigt wurde. Das grössere Moor, in dessen Zentrum die Bohrungen durchgeführt wurden, weist nur im Randbereich Trittschäden auf. Die Umgebung der

Moore wurde bereits früh von den Eismassen freigegeben, und die Sedimentation setzte im Bölling-Interstadial vor rund 13.000 Jahre BP ein. Im Zentrum der grossen Verlandungszone, wo sich die Bohrstellen befinden, dominiert *Eriophorum angustifolium*. Ein Restbestand des Eriophoretum angustifolii konnte sich auch im kleineren Moor halten. Angrenzend an das Eriophoretum angustifolii finden sich im grösseren Moor Flächen, welche von *Carex fusca* dominiert werden. Im nördlichen Randbereich dominieren Bulten mit *Carex fusca*, *C. stellulata*, *C. paupercula*, sowie *Sphagnum* und Braunmoosen; in den Schlenken überwiegt *Eriophorum angustifolium*. Im südlichen Teil und auch im gesamten Randbereich des grossen Moores sowie vereinzelt im kleineren Moor kommt zerstreut *Eriophorum scheuchzeri* vor. Den gesamten Uferbereich des Penser Joch Sees säumen Bestände von *Sparganium angustifolium*. Der nächstgelegene Wald, ein subalpiner Fichten-Lärchenwald mit einzelnen Arven, befindet sich auf der gegenüberliegenden Talseite an den steilen, nordexponierten Hängen unterhalb der Rossebenalp. In diesem Wald sind auch Grünerlen-Bestände verbreitet. Die aktuelle Waldgrenze liegt bei 2060 m, darüber erstreckt sich bis in eine Höhe von ca. 2150 m die von der Alpenrose dominierte Zwergstrauchheide. Während die nähere Moorumgebung mit 2200 m knapp oberhalb der potenziell-natürlichen Waldgrenze (2170 m) liegt, sind die ausgedehnten Alpweiden, welche am südexponierten Hang unterhalb des Moores liegen und bis in den Talgrund reichen, auf Rodungen und häufigen Lawinen zurückzuführen. Es handelt sich hier v.a. um Borstgras-Rasen (Geo montani-Nardetum), welche mit zunehmender Höhe, insbesondere im Bereich des Moores, langsam in Krummseggen-Rasen (Caricetum curvulae) übergehen. In der Moorumgebung und am südexponierten Hang unterhalb des Moores, welcher bis in den Talgrund waldlos ist, kommt *Calluna vulgaris* häufiger vor, während *Vaccinium vitis-idaea* und *Rhododendron ferrugineum* hier eher selten anzutreffen sind. An windexponierten Stellen findet sich das Loiseleurio-Cetrarietum.

4.2.2 Stratigraphie (vgl. Pollendiagramm in Lasche auf der Innenseite des Umschlags)

0 - 30 cm: Cyperaceae- (*Eriophorum*-) Torf; 31 - 60 cm: schwach zersetzter Torf; 61 - 90 cm: stark zersetzter Torf; 91 - 210 cm: stark zersetzter Torf mit vermehrt Muskovit; 211 - 240 cm: Silt-Ton; 241 - 258 cm: siltreicher Ton, Gesteinstrümmer an der Basis der Bohrlöcher.

4.2.3 Biostratigraphische Gliederung und chronostratigraphische Einordnung

P1: *Artemisia* - Poaceae - Chenopodiaceae - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ (258 - 246 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone Ib (Bölling-Interstadial)/ Pollenzone Ia (Älteste Dryas p.p.??)

P1 umfasst nur drei Pollenspektren. Die Pollenkurve setzt erst in 255 cm ein, da in 258 cm Tiefe praktisch keine Sporomorphen gefunden werden konnten. In 255 cm wurden unter den BP (16%) *Pinus sylv./mugo* (11%), *Pinus cembra* (4%) und *Betula* (1%) nachgewiesen. Unter den STP finden sich v.a. *Ephedra* (max. 1.4%), *Juniperus* (1%) und

Hippophaë (max. 0.5%). In 255 cm macht der Anteil der NBP 84% aus. *Artemisia* ist mit maximal 46% dominant, gefolgt von den Poaceae (max. 13%) und den Chenopodiaceae (max. 6.2%); der NBP-Anteil erreicht jedoch am Übergang zu P2 nur noch ca. 10%. Damit einhergehend lässt sich eine starke relative und absolute BP-Zunahme feststellen (spätglaziale Wiederbewaldung, vgl. auch SEIWALD 1980). Unter den Kräutern befinden sich neben den bereits genannten zudem *Thalictrum*, *Helianthemum*, Apiaceae, Asteraceae, *Rumex/Oxyria*, *Plantago alpina*, *Galium* und *Saxifraga oppositifolia*; ausserdem wurde *Pediastrum* festgestellt.

P2: *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit *Artemisia* und EMW - Fernflug (246 - 233 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone II (Alleröd-Interstadial)

Dieser Abschnitt ist durch eine ausgeprägte BP-Phase gekennzeichnet (max. 94%). Der Hauptteil der BP stammen von *Pinus sylv./mugo* (max. 56%) und *Pinus cembra* (max. 44%). Daneben treten *Larix* (max. 0.3%), *Betula* (max. 1%) und *Alnus glut./inc.* (max. 0.5%) auf. EMW-Vertreter (*Quercus* - und *Tilia*-Fernflug) sowie *Alnus viridis* werden erst gegen Ende von P2 registriert und bleiben noch unter 0.5%. Auch *Corylus* und andere STP (*Salix*, *Juniperus*, *Ephedra*) weisen sehr geringe Werte auf und steigen nicht über 0.5%. Unter den Kräutern weist *Artemisia* zu Beginn einen Wert von 4% auf, sinkt dann aber auf 2%. Zudem sind Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Asteroideae, Cichorioideae, Apiaceae, Rubiaceae (v.a. *Galium*), Ranunculaceae und Campanulaceae sowie *Thalictrum*, *Saxifraga oppositifolia* und *Helianthemum* mit Anteilen < 1% vertreten. Die Poaceae erreichen maximal 1.8%. *Pediastrum* wurde in jedem Präparat gefunden.

P3: NBP - reiche *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit reichlich *Artemisia* und Poaceae (233 - 217 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone III (Jüngere Dryas)

In dieser Biozone steigt der NBP-Anteil auf rund 20% an, während *Pinus sylv./mugo* (max. 47%) und *Pinus cembra* (max. 32%) einen leichten Rückgang zeigen. Der STP-Anteil steigt schwach an auf 3%, auffallend ist darunter *Ephedra* (max. 0.4%). Unter den Kräutern tritt *Artemisia* (max. 7.7%) in den Vordergrund. Ebenso weisen Apiaceae, Asteroideae, Cichorioideae, Ranunculaceae, Rosaceae sowie Chenopodiaceae und Rubiaceae erhöhte Werte auf. Mit 2% erreichen die Caryophyllaceae sogar das absolute Maximum. Beigemischt sind weiterhin *Thalictrum*, *Saxifraga oppositifolia* und *Helianthemum*. Erwähnenswert sind die Einzelfunde von *Filipendula*, *Epilobium* und *Valeriana*, das Vorhandensein von *Selaginella selaginoides* sowie *Sphagnum* und *Botrychium*. Einhergehend mit dem hohen Anteil an Kräutern zeichnet sich auch für die Poaceae (max. 6.4%) ein erhöhter Wert ab. *Pediastrum* konnte in allen Präparaten gefunden werden.

P4: *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - EMW - LPAZ mit *Picea* -, *Corylus* - und *Alnus viridis* - Anstieg (217 - 186 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone IV - Va (Präboreal - Anfang Boreal)

Der BP-Anteil von *Pinus sylv./mugo* (max. 36%) und *Pinus cembra* (max. 35%) in P4

beträgt rund um 85%, wobei sich ab 190 cm ein Rückgang der BP zugunsten der STP abzeichnet. In 215 cm setzt die geschlossene *Picea* -Kurve ein (Fernflug). Die Fichten-Anteile nehmen gegen Ende P4 zu (3.2%). *Acer* tritt ab 195 cm erstmals auf, und zusammen mit den übrigen EMW-Vertretern wird maximal ein Wert von 2.8% erreicht. Im EMW-Fernflug bleiben aber *Acer* und *Quercus* prozentmässig hinter *Tilia* (max. 1.5%) und *Ulmus* (max. 1.2%) zurück. *Alnus viridis*, *Betula* und *Corylus* verzeichnen ab 200 cm einen Anstieg und erreichen Werte von 2.0%, 3.2% und 5.6%. Auffallend ist zudem das erste Auftreten der Ericaceae. Die Kräuter bleiben im ganzen Abschnitt um Werte von 6 - 7%; die Poaceae steigen nach einem Rückgang auf 2% erneut auf 6% an.

Zu Beginn von P4 nehmen die Cyperaceae-Anteile von 0.3% auf 5% der PS II zu und sinken danach kaum mehr unter diesen Wert (Verlandungsbeginn der Bohrstelle). *Pediastrum* ist zu Beginn von P4 mit 18 Stück vertreten, geht dann aber leicht zurück.

P5: *Pinus sylv./mugo* - *Picea* (Dominanzwechsel) - *Pinus cembra* - EMW - *Corylus* - LPAZ mit *Alnus viridis* - Anstieg und wenig *Betula* (186 - 151 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone V - VIa (Boreal - Anfang Älteres Atlantikum)

Im Bereich von 185 - 175 cm erfolgt ein Dominanzwechsel zwischen *Pinus sylv./mugo* und *Picea*. Die Fichte scheint bereits zu Beginn von P5 im Untersuchungsgebiet anwesend zu sein, wie ein Stomatafund in 185 cm Tiefe belegt. Nach dem Dominanzwechsel bleibt *Pinus sylv./mugo* mit 27% nur leicht hinter *Picea* (29%); die Werte für *Pinus cembra* gehen jedoch deutlich auf 7% zurück, und *Larix* konnte im Pollenspektrum vorerst nicht mehr gefunden werden. Der EMW erreicht mit 4% sein absolutes Maximum, wobei *Ulmus* (max. 2.6%) den grössten Anteil ausmacht. Auch *Corylus* verzeichnet ein absolutes Maximum (7% bei 185 cm), und *Alnus viridis* nimmt deutlich von 5% auf 13% zu. *Betula* ist mit 4.6% in 185 cm nur noch schwach vertreten. In P5 werden erstmals *Fagus*-(in 175 cm) und *Abies*-Pollenkörner (in 155 cm) gefunden, bilden allerdings noch keine geschlossene Kurve. Der BP-Anteil erreicht im Vergleich zu P4 geringere Werte (64% - 69%). Die Zunahme des NBP/STP-Anteils lässt sich auf den Anstieg von *Alnus viridis* und das absolute *Corylus*-Maximum zurückführen. Die Kräuter und Poaceae bleiben weiterhin mit Werten von 6 - 10%, bzw. 5.2 - 7.4% vertreten (Einzelfunde: u.a. *Sambucus*, *Lonicera*, *Gentiana* und *Valeriana*.). Unter den Farnpflanzen tritt *Pteridium* zum ersten Mal auf (max. 0.2% der PS II).

P6: *Picea* - *Alnus viridis* (sekundäres Maximum) - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit Beginn der geschlossenen *Abies* - und *Fagus* - Kurve sowie ersten Cerealia (151 - 98 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VI - VII (Älteres Atlantikum - Jüngerer Atlantikum)

Picea wird in P6 mit 30% - 33% dominant und dürfte bis nahe an die Untersuchungsstelle gereicht haben (Stomatafund in 145 cm). *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* schwanken um 14 - 19% bzw. um 4 - 8%. In diesem Abschnitt beginnt nun die geschlossene Kurve für *Abies* (5.3%) und *Fagus* (1.5%). *Alnus viridis* verzeichnet bei 135 cm das

sekundäre Maximum (21.6%), und für den EMW erhält man geringe Werte von 1.5% (Fernflug). Der steigende NBP/STP-Anteil ist einerseits auf die Zunahme von *Alnus viridis* zurückzuführen, andererseits macht sich auch ein Anstieg der Poaceae von 6% auf 12% bemerkbar (Kräuter 7 - 10%). Hervorzuheben ist der erste Cerealia-Pollenfund in einer Tiefe von 100 cm. In P6 erreichen zudem die Cyperaceae mit 13.3% der PS II ein sekundäres, die Farnsporen (ohne Perispor) mit 8% ihr absolutes Maximum. *Pediastrum* konnte in diesem Abschnitt und in der Folge nicht mehr gefunden werden (vollständige Verlandung der Bohrstelle). In P6 wurde die höchste Pollenfrequenz des ganzen Profils festgestellt.

P7: *Picea* - *Alnus viridis* - *Pinus sylv./mugo* - *Pinus cembra* - LPAZ mit *Abies* - Anstieg und erstmals *Plantago lanceolata* und *Urtica* sowie vermehrt Ericaceae (98 - 53 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone VIII - IXa (Subboreal - Anfang Älteres Subatlantikum)

Picea bleibt dominant, allerdings zeichnet sich eine leicht rückläufige Tendenz von 37% auf 26% ab, während *Pinus sylv./mugo* und *Pinus cembra* zwischen 4% und 11% schwanken. *Alnus viridis* ist weiterhin mit ca. 20% vertreten. In diesem Abschnitt erreicht *Abies* die höchsten Werte im gesamten Profil (6%). Die BP-Anteile gehen im Vergleich mit P6 etwas zurück, während die STP-Anteile (max. 22%) sowie die Werte der Poaceae (max. 13%) ansteigen. Die Kräuter sind unverändert um 8 - 10% (v.a. Asteroideae und Cichorioideae). Erstmals treten *Plantago lanceolata* sowie *Urtica* auf, und die Cerealia bilden eine geschlossene Kurve (max. 0.5%). In 60 cm Tiefe wurden erste *Castanea* - Pollenkörner gefunden. Ferner erreichen die Ericaceae (1.3%) und *Pteridium* (0.6% der PS II) ihre absoluten Maxima. Als Einzelfunde wurden *Carpinus* und *Fraxinus* in diesem Abschnitt erstmals registriert.

P8: NBP - reiche *Alnus viridis* - *Picea* - *Pinus sylv./mugo* - LPAZ mit sekundären *Corylus* - und Cerealia - Maxima sowie *Castanea* - und Cyperaceae - Anstieg (53 - 26 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone IX - Xa (Älteres Subatlantikum - Anfang Jüngeres Subatlantikum)

Der BP-Anteil sinkt weiter auf rund 50%. Mit 31% erlangt *Alnus viridis* den zweithöchsten Wert des gesamten Profils und liegt vor der Fichte (21 - 25%), welche gegenüber P7 tiefere Werte aufweist. *Pinus sylv./mugo* (10 - 12%) hat sich gegenüber P7 leicht erholt, und *Pinus cembra* erreicht 6 - 8.5%. *Abies* hält sich konstant um 3.5%, *Fagus* vermag sich in tieferen Lagen weiter auszubreiten und erreicht mit 2.2% den bisher höchsten Wert, und *Corylus* bildet mit 3.1% ein sekundäres Maximum. Der NBP/STP-Anteil ist mit maximal 50% grösser als in den vorangegangenen Biozonen. Daran hat mit max. 35% *Alnus viridis* den bedeutendsten Anteil, während die Poaceae um 10% schwanken und die Kräuter mit rund 7% einen Rückgang aufweisen. Die Cerealia erreichen ca. 1%, während die *Castanea*-Kurve ihren ersten Anstieg aufweist. Auffallend in P8 ist die sehr niedrige Pollenfrequenz.

P9: NBP - reiche - *Picea* - *Alnus viridis* - *Pinus sylv./mugo* - LPAZ mit Poaceae, *Artemisia* und *Juniperus* sowie mit absoluten Maxima von Cerealia, *Plantago lanceolata*, *Castanea*, *Urtica* und Cyperaceae (26 - 0 cm) Chronostratigraphie: Pollenzone X (Jüngerer Subatlantikum)

Im Verlauf von P9 findet von *Picea* (20%) zu *Pinus sylv./mugo* (30%) ein Dominanzwechsel statt. In der obersten Probe erreicht die Föhre 30% und die Fichte noch 28%. Die *Pinus cembra*-Werte sind mit 5 - 7% gering. Die Kräuter erreichen 20%, und die Poaceae weisen mit 23% (in 10 cm) den höchsten Wert im gesamten Profil auf. *Alnus viridis* geht von 11.5% auf 7% zurück, während *Juniperus* (max. 0.7%) vermehrt auftritt. In diesem Abschnitt bildet *Larix* wieder eine geschlossene Kurve (max. 0.6%), und auch der EMW ist wieder mit geringen Fernflug-Werten von rund 1% vertreten. Unter den Kräutern fällt v.a. *Artemisia* mit 2.5% auf. Zudem weisen Caryophyllaceae, *Rumex/Oxyria*, Asteroideae, Cichorioideae, Rosaceae, Ranunculaceae, Campanulaceae, Brassicaceae und Apiaceae erhöhte Werte auf. Eine besondere Beachtung verdienen die absoluten Maxima von Cerealia-, *Castanea*-, *Plantago lanceolata*- und *Urtica*-Pollenfunden (1.7%, 1%, 0.4, 0.4%) sowie die Einzelfunde von *Zea mays* (in 5 cm), *Secale* (in 5 und 10 cm), *Humulus/Cannabis*-Typ (oberste Probe) und *Juglans* (in 10 cm). Bemerkenswert ist auch der markante Anstieg der Cyperaceae auf 43% der PS II (absolutes Maximum).

5. Interpretation und Diskussion:

5.1 Die lokale und regionale Vegetationsentwicklung im Gebiet der Astalm und des Penser Jochs

Um Angaben über die regionale Vegetations- bzw. Waldentwicklung im Bereich der beiden untersuchten Moore Astalm und Penser Joch machen zu können, wurden die pollenanalytischen Untersuchungen der näheren Umgebung miteinbezogen. Die Höhen der spät- und postglazialen Waldgrenzlagen wurden im wesentlichen mit Hilfe der Angaben von SCHMIDT (1975), SEIWALD (1980), KRAL & CARMIGNOLA (1986), WAHLMÜLLER (1990), OEGGL & WAHRMÜLLER (1994a, b), STUMBÖCK (1996, 1999) und BURGA & PERRET (1998) ermittelt. Aus der chronostratigraphischen Einordnung der LPAZ und den (wenigen) Radiokarbonaten geht hervor, dass das Profil Penser Joch die Vegetationsentwicklung seit dem Bölling-Interstadial und das Profil Astalm die Entwicklung seit dem Boreal repräsentiert.

Das Bölling-Interstadial Ib (13.000-12.000 Jahre BP)

Der unterste Diagrammabschnitt des Profils Penser Joch dürfte noch dem ausgehenden Bölling-Interstadial zugeordnet werden. Eine starke relative und absolute Zunahme der BP deutet auf eine Wiederbewaldung in der obermontanen oder tiefsubalpinen Stufe nach dem Eisrückzug hin, welche hauptsächlich durch *Pinus sylvestris* und *P. mugo* erfolgt ist (vgl. auch SEIWALD 1980 und STUMBÖCK 1999). Im Bölling breiteten sich im Raum Bozen

Pinus sylvestris/mugo und *Pinus cembra* sowie *Betula* mit einer Waldgrenzlage um 1400 m ungefähr gleichzeitig aus (SCHMIDT 1975, KRAL & CARMIGNOLA 1986). *Larix* breitete sich an der Wende Bölling/Alleröd im Untersuchungsgebiet aus (erste Pollenfunde) und war neben der Föhre und der Arve zunehmend am Aufbau der Waldgrenze beteiligt (vgl. auch WAHLMÜLLER 1990). Die noch lichten Wälder dürften lokal bis auf ca. 1400 - 1500 m gereicht haben.

Das Alleröd-Interstadial II (12.000-11.000 Jahre BP)

Im Alleröd erfolgte die eigentliche spätglaziale Wiederbewaldung durch Wald-/Bergföhre, Arve und Lärche bis in Meereshöhen um 1900 m und höher. Am Penser Joch (2230 m) weisen hohe *Pinus sylv./mugo*- und *Pinus cembra*-Anteile (56% bzw. 44%) auf diesen Umstand hin; die eigentliche Untersuchungsstelle war damals noch unbewaldet. KRAL & CARMIGNOLA (1986) gehen von einer Waldgrenzhöhe von ca. 1650 m im Raume Bozen und Brixen aus, und STUMBÖCK (1999) nimmt für das Schnals- und das Passeiertal Höhen um 2000 m an. Zudem fällt in diese Zeit auch die Einwanderung der EMW-Vertreter *Quercus* und *Tilia* in den tieferen Lagen des Etschtals (SCHMIDT (1975).

Die Jüngere Dryas III (11.000-10.000 Jahre BP)

Der Rückgang der *Pinus cembra*- und *Pinus sylv./mugo*-Anteile im Profil Penser Joch (P3) deutet auf eine Auflockerung der Arven-Föhrenwälder in höheren Lagen hin. Die gegenüber dem Alleröd erhöhten Birken-Anteile am Penser Joch könnten damit erklärt werden, dass während dieser Kaltphase parkartige Wälder mit vermehrt Birke im Waldgrenz-Ökoton auftraten. Ferner ist typisch eine Zunahme von Arten aus Pioniergesellschaften und alpinen Rasen (u.a. *Artemisia*, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Poaceae, *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Ephedra*, *Botrychium* und *Selaginella selaginoides*). Auch SCHMIDT (1975) und KRAL & CARMIGNOLA (1986) stellten im Raum Bozen eine Auflockerung im Waldgrenzbereich fest. Es ist wie in den östlichen Schweizer Alpen mit einer Waldgrenz-Senkung von durchschnittlich rund 200 Höhenmetern gegenüber dem Alleröd zu rechnen (vgl. BURGA & PERRET 1998). In der zweiten Hälfte der Jüngeren Dryas lässt sich im Profil Penser Joch ein Rückgang des EMW-Pollenfernfluges, insbesondere von *Quercus* und *Ulmus*, nicht aber von *Tilia*, feststellen. Etwa zur selben Zeit finden sich hier, wie auch in den Profilen Tammerle Moos (WAHLMÜLLER 1990) und Sommersüss (SEIWALD 1980), die ersten vereinzelt Fernflug-Pollenkörner von *Picea*.

Das Präboreal IV (10.000-9.000 Jahre BP)

Im Verlauf des Präboreals stieg die Waldgrenze rasch an (Penser Joch: 35% *Pinus cembra* sowie erste Ericaceae) und erreichte nahezu die heutige potenziell - natürliche Lage (Penser Joch 2100 m, aktuell: 2170 m; Astalm 2050 m, aktuell: 2120 m). Zu Beginn des Präboreals erreichte die Fichte, welche aus ihren Glazial-Refugien im südöstlichen Alpenraum oder dem östlich angrenzenden dinarischen Gebirge nach Südtirol eingewandert war, das obere Etschtal (Raum Bozen, SCHMIDT 1975). *Picea* weist im Profil Penser

Joch schon zu Beginn des Präboreals eine geschlossene Kurve auf; der eigentliche Anstieg wurde jedoch mit 8865 Jahren BP datiert und fällt somit ins frühe Boreal. WAHLMÜLLER (1990) und SEIWALD (1980) registrierten erste Prozentanteile von *Picea* erst am Ende des Boreals. Parallel zur Ausbreitung der Wälder gingen die Steppen- und Pionierarten stark zurück (v.a. *Artemisia*, *Ephedra*, *Thalictrum* und *Chenopodiaceae*).

Das Boreal V (9.000-8.000 Jahre BP)

Der präborealen Fichten-Einwanderung folgte im Boreal eine intensive Ausbreitung in der subalpinen Stufe (Penser Joch 8865 Jahre BP, Stomata-Funde), und zwar auf Kosten der Föhre, Arve und Lärche. Insbesondere die Waldföhre wurde in tiefere Lagen zurückgedrängt, während an der Waldgrenze weiterhin Arven und Lärchen stockten. Die häufig in den Schweizer Alpen festgestellte ungefähr gleichzeitige Einwanderung von Fichte und Grünerle liess sich im Bereich des Penser Jochs bestätigen, nicht aber im Gebiet der Astalm, wo die Massenausbreitung der Grünerle erst während des Subboreals wohl anthropozoen bedingt einsetzte. Zu Beginn des Boreals lag die Waldgrenze ca. 50 - 100 m höher als im vorangehenden Zeitabschnitt. Dies bedeutet für die Astalm eine Waldgrenzhöhe von rund 2100 m und für das Penser Joch ca. 2170 m. Die EMW-Bewaldung erreichte etwa die aktuelle potenziell-natürliche Arealgrenze (SEIWALD 1980). Gegen Ende des Boreals rückten schliesslich *Abies* und *Fagus* langsam in die Nähe der Untersuchungsgebiete vor, was durch vereinzelte Fernflug-Pollenkörner in den Profilen Penser Joch und Astalm dokumentiert wird.

Das Ältere Atlantikum VI (8.000-6.000 Jahre BP)

Im Älteren Atlantikum erreichte die Fichte ihre maximale Ausbreitung und dürfte den spät- und postglazialen Arven-Lärchengürtel weiter von unten eingeengt haben. Die Waldgrenze lag gegenüber der heutigen potenziell - natürlichen Waldgrenze maximal 100 m höher (Penser Joch max. 2270 m; STUMBÖCK 1999 gibt für das Schnals- und Passeiertal 2350 m an; Astalm max. 2220 m). Auf der Astalm sprechen die hohen Fichten-Anteile von max. 75% sowie regelmässige *Picea*-Stomatafunde dafür, dass das Moor von einem Fichten-(Arven)wald mit *Ericaceae*-Unterwuchs umgeben war. Aufgrund der sehr unregelmässigen Lärchen-Pollenfunde kann über den *Larix*-Anteil nichts ausgesagt werden. Im Verlaufe des Älteren Atlantikums wanderten die Tanne, welche vermutlich über die Venezianischen und Trientiner Alpen ins Untersuchungsgebiet gelangten, sowie die Buche ins untere Eisackgebiet ein (6200 Jahre BP, SCHMIDT 1975; 6810 Jahre BP, SEIWALD 1980; 6825 Jahre BP, WAHLMÜLLER 1990). Die Buche spielte im Gegensatz zur Tanne in Südtirol während des ganzen Postglazials infolge des kontinentalen Klimas stets eine untergeordnete Rolle. Nach DALLA FIOR (1935) erreichte die Buche die Talweitung bei Sterzing nur zur Zeit ihrer maximalen Verbreitung während der Bronzezeit (Subboreal) und ist heute in diesem Gebiet praktisch nicht mehr zu finden (heute finden sich im Etschtal im Gebiet Tisens-Gampen-Pass die nördlichsten Buchen-Tannenwälder, vgl. PEER 1991). Im Profil Astalm liegt ein Buchen-Maximum im Zeitbereich der Bronzezeit, wobei die stets gerin-

gen *Fagus*-Werte in diesem Profil wie auch im Profil Penser Joch ausnahmsweise dem Fernflug anzurechnen sind (kontinentales Klima).

Der EMW wurde von *Quercus* dominiert, wobei im vorderen Pustertal an S-Hängen der kollinen Stufe auch *Quercus pubescens* zu erwarten ist (heute oberster Flaumeichenbuschwald bei Villanders/ Klausen wenig südlich Brixen, vgl. PEER 1991). Während sich in den Profilen Penser Joch und Astalm eine subboreale *Carpinus*-Einwanderung abzeichnet, wurden im Profil Sommersüss (870 m) bereits am Ende des Älteren Atlantikums und im Profil Tammerle Moos (1400 m) im ausgehenden Jüngerem Atlantikum *Carpinus*-Pollenkörner nachgewiesen. Mesolithische Streufunde aus der näheren Umgebung der beiden Moore weisen daraufhin, dass sich hier Jäger an ihren Sommerrastplätzen aufgehalten haben (vgl. LUNZ 1973, 1981, 1986, 1994). Pollenanalytisch lassen sich für diesen Zeitpunkt die meist nur sehr lokalen Einflüsse ("pulses of human impact") auf die Vegetation aber kaum nachweisen (vgl. BURGA & PERRET 1998).

Das Jüngere Atlantikum VII (6000-5000 Jahre BP)

Im Jüngerem Atlantikum breitete sich in der hochmontanen und unteren subalpinen Stufe die Tanne stärker aus (vgl. auch SEIWALD 1980 und KRAL & CARMIGNOLA 1986). Der leichte Fichten-Rückgang, welcher auch in den andern Profilen der Region nachgewiesen wurde (von SEIWALD 1980 mit 5500 BP, von STUMBÖCK 1999 mit 4500 - 5000 BP anbebraucht), kann mit der Piora- bzw. Rotmoos-Kaltphase I (ca. 5300 - 5000 BP, ZOLLER 1960, 1977; BORTENSCHLAGER 1970, 1972, 1977; PATZELT 1973) erklärt werden. Im Profil Astalm schlägt sich diese Kaltphase deutlich in einer Abnahme der BP und einer Zunahme der NBP und STP (bei ca. 200 cm), insbesondere von *Alnus viridis*, *Juniperus*, Poaceae, Rosaceae, *Artemisia* und *Plantago alpina*, nieder. Im Profil Penser Joch zeichnet sich diese Klimaschwankung erstaunlicherweise kaum ab; jedoch könnte der Fichten-Rückgang in 115 cm Tiefe damit im Zusammenhang stehen. Die Waldgrenze lag somit zu Beginn des Jüngerem Atlantikums bei etwa 2150 - 2220 m (Astalm) bzw. 2270 m (Penser Joch) und während der Piora/Rotmoos - Kaltphase I in etwa 2000 - 2070 m (Astalm) bzw. ca. 2120 m (Penser Joch). Im Verlauf des Jüngerem Atlantikums bis ins frühe Subboreal ist für beide Profile der bekannte mittelholozäne Ulmen-Rückgang feststellbar (allgemeines und Literatur hierzu vgl. BURGA & PERRET 1998). Gegen Ende des Jüngerem Atlantikums liegen erste Cerealia-Pollenfunde im Profil Penser Joch vor, und das vermehrte Auftreten von Weidezeigern und *Pteridium*-Sporen könnte zudem auf neolithische Rodungsaktivitäten hinweisen.

Das Subboreal VIII (5000-2500 Jahre BP)

Im Verlauf des Subboreals setzte sich der bereits im Jüngerem Atlantikum festgestellte Fichtenrückgang fort; die Fichte blieb aber weiterhin das dominante Nadelholz der subalpinen Stufe. Gleichzeitig erreichten die Tannen-Prozentwerte ihr absolutes Maximum. *Abies* dürfte bis in der unteren subalpinen Stufe vertreten gewesen sein. WAHLMÜLLER (1990) gibt für die größte Tannen-Verbreitung die Zeitspanne 3300 - 2500 BP an. Die

Waldgrenze lag während den wärmeren Abschnitten der ersten Hälfte des Subboreals ca. 50 bis 100 m höher als die heutige potenziell - natürliche Lage (Penser Joch max. 2270 m, Astalm max. 2220 m), wurde aber während den verschiedenen Kaltphasen (Piora- bzw. Rotmoos I/II, Lössen, Göschenen I) wohl etwas gesenkt (Waldgrenze auf der Astalm ca. in 1990 m, am Penser Joch in ca. in 2110 m). Die Buche, welche im engeren Untersuchungsgebiet wohl nie vertreten war (höhere Fernflug-Werte im Subboreal), erlangte in der Montanstufe während des späten Subboreals ihre maximale Verbreitung. Sie drang in dieser Zeit möglicherweise bis in die Talweitung von Sterzing vor. In den Profilen Penser Joch und Astalm treten im Subboreal erstmals *Carpinus*- und *Fraxinus*-Pollenkörner auf. Die in den tieferen Lagen eingewanderte Hainbuche sowie die Tanne drängten die früher eingewanderten Edellaubhölzer nun weiter zurück, was sich in einem leichten Rückgang der EMW-Kurve niederschlägt. Im Profil Astalm treten erste Funde von Cerealien und Ruderal- und Weidezeiger (*Urtica*, *Plantago major* und *P. lanceolata*) auf (Allgemeines vgl. BEHRE 1986, OEGGL 1994). Mit anthropogenen Waldgrenzsenkungen ist hier etwa in der mittleren bis späten Bronzezeit zu rechnen und kann als Folge der zu Beginn der Bronzezeit erfolgten Verdichtung der Siedlungen in den Haupttälern (LUNZ 1973) gesehen werden. In der Tat zeichnet sich im Profil Astalm gegen Ende des Subboreals ein starker BP-Rückgang ab (vgl. A6). Aber es ist zu beachten, dass sich anthropogene Einflüsse und längere Kaltphasen überlagern (Piora- bzw. Rotmoos-Kaltphase II, ca. 4800 - 4500 BP; Lössen-Schwankung, ca. 3400 - 3000 BP und Göschener Kaltphase I, ca. 2800 - 2200 BP).

Das Ältere Subatlantikum IX (2500-1000 Jahre BP)

Dieser Zeitabschnitt umfasst die späte Eisenzeit (bis ca. 2000 BP), die Römerzeit (ca. 2000 - 1600 BP), die Völkerwanderungszeit (ca. 1600 - 1200 BP) sowie den Beginn des Mittelalters (ab ca. 1200 BP) und ist geprägt von Schwankungen der Bewirtschaftungsintensität. In der ausgehenden Eisenzeit bewirkten Rodungen zur Deckung des erhöhten Brennholzbedarfs für die Eisenverhüttung sowie zusätzlich ungünstige Klimabedingungen (Göschener Kaltphase I) eine Waldauflöckerung in höheren Lagen. Im Profil Astalm zeichnet sich letzteres, wie bereits oben erwähnt, im Bereich von 120 - 85 cm Tiefe ab. Für das Profil Penser Joch fällt diese Phase, welche auch oben schon angedeutet wurde, in den Bereich um 80 cm. Die Edelkastanie wurde in der Regel durch die Römer in den Alpenraum gebracht (ZOLLER 1960, 1961). Die *Castanea*-Kurvenanstiege erfolgen im Profil Astalm in 40 cm, im Profil Penser Joch in 30 cm Tiefe. *Juglans*-Pollenfunde wurden in den Profilen Astalm und Penser Joch im Hochmittelalter getätigt. Auch auf dem Tschöggelberg trat *Juglans* erst im Mittelalter auf (WAHLMÜLLER 1990). Das in beiden Profilen vermehrte Vorkommen von *Vitis*-Pollenkörnern spricht dafür, dass nun auch die Weinreben-Kultur einsetzte. Im Zuge der römischen Kolonisation fanden zudem ausgedehnte Rodungen statt, was sich durch eine Zunahme der NBP niederschlägt. Dies bestätigt die Abnahme von *Picea*, *Pinus cembra* und *Abies* und eine Zunahme von *Larix*, *Pinus sylv./mugo*, *Juniperus* sowie *Artemisia*. Während Fichten und Arven in den waldgrenznahen Bereichen gerodet wurden, schonte man gebietsweise die Lärche (Lärchwiesen und

Weidewälder). Im Profil Penser Joch fallen zudem die Profilhöchstwerte von *Alnus viridis* in diese Zeit. Hier fand im Bereich zwischen der potenziell möglichen Waldgrenze und der anthropogen bedingten damaligen Waldgrenze wahrscheinlich infolge zunehmender extensiver Beweidung eine Verbuschung durch die Grünerle statt (vgl. auch STUMBÖCK 1999). Für die erhöhten *Pinus sylv./mugo*-Werte im Profil Astalm könnte ein verstärkter Polleneintrag infolge Weitflug aus tieferen Lagen verantwortlich gemacht werden. Dort dürften nämlich die "unfruchtbaren *Pinus*-Reliktstandorte" (WAHLMÜLLER 1990) von Rodungen mehrheitlich verschont worden sein. In die Römerzeit fällt auf der Astalm auch das erste Getreidemaximum. Im Anschluss an die römische Kolonisation zeichnet sich im Profil Astalm eine kurze Regenerationsphase ab (Astalm ca. 65 cm), während der sich der Wald und insbesondere die Fichte etwas erholten. Danach erfolgt im Profil Astalm ein starker BP-Rückgang auf 45%. Unmittelbar nach dem NBP-Maximum gelangt *Pinus sylv./mugo* in beiden Pollenprofilen zur Dominanz. Pollenfunde von *Linum usitatissimum* im Profil Astalm (15 und 25 cm) zeugen von der Kultivierung von Saat-Lein zur Gewinnung von Naturfasern.

Das Jüngere Subatlantikum X (1.000 BP - „heute“)

Zu Beginn dieses Zeitabschnitts zeichnet sich in beiden Profilen ein Dominanzwechsel zwischen Fichte und Föhre ab. Ein Grund dafür liegt wohl darin, dass die Föhre im Gegensatz zur Fichte auf edaphisch ungünstigen Standorten stockt und daher von Rodungen eher verschont wurde bzw. auf gestörten nassen oder trockenen Flächen rascher aufkommen konnte. Ferner ist oft eine Zunahme der verschiedenen Rodungs- und Lichtungszeiger (*Pteridium*, *Botrychium*, *Selaginella selaginoides* etc.) sowie Weide- (Poaceae, *Plantago lanceolata*, *P. media*, Ranunculaceae, Asteroideae, Cichorioideae etc.), Kultur- (Cerealia, *Castanea*, *Juglans* etc.) und Ruderalzeiger (*Artemisia*, *Urtica*, *Rumex*, *Plantago major* etc.) festzustellen. Neben Roggen und Hopfen wurden zusätzlich erstmals fremdländische Kulturpflanzen (Neophyten) angebaut (Penser Joch: Pollen von *Zea mays*). Der aus Amerika stammende Mais ist in Südtirol nach HUBER (1962) erstmals 1542 AD urkundlich nachgewiesen. Einhergehend mit den sehr hohen NBP-Anteilen ist der geringe BP-Anteil in den Profilen Ausdruck einer extremen mittelalterlichen Waldvernichtung, welche ihren Höhepunkt wahrscheinlich während der Blütezeit des Bergbaus im 14. und 15. Jahrhundert fand (KRAL & CARMIGNOLA 1986). Im allgemeinen ist jedoch eine Regeneration des Waldes bis in die heutige Zeit ersichtlich, was u.a. auch auf das Nachlassen von Rodungen zum Schutz des Waldes im 16. und 17. Jahrhundert zurückgeführt werden kann. Die leichte Zunahme der Lärchen-Pollenfunde sowie ein kleiner Eichen-Gipfel sprechen dafür, dass Lärchwiesen gepflegt und Eichelmast betrieben wurden. Zudem hat sich die Fichte im Gebiet des Penser Joches nach den früheren intensiven Rodungen relativ gut erholt. Im Profil Astalm zeichnet sich nach der mittelalterlichen Waldzerstörung (bis ca. 500 BP) auch eine Regenerationsphase ab, wobei aber *Picea* nicht mehr über *Pinus* zur Dominanz gelangte. Die Kulturzeiger (Cerealia, *Secale*, *Castanea* und *Juglans*), Ericaceae-Zwergstrauchheide sowie *Artemisia*, *Betula* und die Rosaceae nehmen in der obersten

Biozone (A9) z.T. stark zu. Im Gebiet der Astalm und der Rodenecker Alm erfolgte in jüngster Zeit als Folge intensiver Weidenutzung keine Waldregeneration. Der Cerealia-Gipfel in den oberflächennahen Proben der Astalm beruht darauf, dass Rodeneck noch bis zur Mitte dieses Jahrhunderts vorwiegend vom Anbau des Getreides lebte und daher als "goldener Berg" bezeichnet wurde (RASTNER & DELMONEGO 1986). Danach wurde der arbeitsaufwändige Getreidebau jedoch mehr und mehr aufgegeben, und mit der Abwanderung von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft fand eine Umorientierung zur Grünlandwirtschaft mit Viehhaltung (Milch und Fleisch) statt. Heute wird die gesamte Hochfläche von der Lüseneralm bis hin zur Astalm als Alpweiden und Mähwiesen genutzt.

Zusammenfassend betrachtet sind im Bereich der Waldgrenze drei Rodungsphasen unterscheidbar, wobei sie sich im Profil Penser Joch wesentlich schlechter abzeichnen als im Profil Astalm: 1. spätbronze-/früheisenzeitliche Rodungen zu Beginn des Älteren Subatlantikums mit einer ersten Waldgrenz-Depression; 2. römische Rodungen in der Mitte des Älteren Subatlantikums mit einer Waldgrenz-Senkung und 3. mittelalterliche und neuzeitliche Rodungen im Jüngeren Subatlantikum mit gebietsweise extremer Waldvernichtung.

5.2 Zusammenfassende Bemerkungen zur Besiedlungsgeschichte

1. Die ersten Spuren der Anwesenheit des Menschen, welche sich in den Pollendiagrammen abzeichnen, fallen für das Profil Penser Joch (Cerealia-Pollen, *Plantago lanceolata* und *Urtica*) ins ausgehende Jüngere Atlantikum, für das Profil Astalm ins späte Neolithikum (Rodungszeiger *Pteridium*) und mittleren Subboreal (Cerealia-Pollen).
2. Im Profil Astalm lassen sich drei Rodungsphasen im Waldgrenzbereich nachweisen: Eine spätbronze-/früheisenzeitliche, eine römische sowie eine mittelalterliche/neuzeitliche Rodungsphase. Insbesondere die mittelalterliche Rodungsphase hat zu einer ausgeprägten Waldgrenzsenkung bis in den Bereich des Moores oder sogar bis darunter geführt.
3. Aus dem Profil Penser Joch können diese drei Rodungsphasen, wie bereits die klimatisch bedingten Waldgrenzschwankungen, nicht abgelesen werden.
4. Eine rodungsbedingte Grünerlen-Ausbreitung zeichnet sich im Profil Astalm während den spätbronze-/früheisenzeitlichen und der mittelalterlichen Rodungsphasen ab.
5. Die ersten *Castanea*- und *Vitis*- Pollenfunde fallen in die Römerzeit, während *Juglans*-Pollenkörner ab dem Mittelalter auftreten.
6. Im Mittelalter finden sich im Profil Astalm Hinweise zum Anbau von Roggen (*Secale*) und Saat-Lein (*Linum usitatissimum*). In der Neuzeit wurden Fichtenbestände zwecks Gewinnung von Kulturland gerodet, während die Waldföhre auf edaphisch ungünstigen Standorten verschont blieb (im Profil Dominanzwechsel von Fichte zu Föhre).

6. Zusammenfassung:

Im vorderen Pustertal und in den nördlichen Sarntaler Alpen (Südtirol/Trentino-Alto Adige, Italien) wurden zwei Moorprofile (Astalm 1955 m und Penser Joch 2230 m) pollenanalytisch nach folgenden Gesichtspunkten untersucht: 1. Floren- und Vegetationsgeschichte des Spät- und Postglazials, 2. spät- und nacheiszeitliche Klima- und Waldgrenzschwankungen sowie 3. anthropozoogene Vegetationseinflüsse und Besiedlungsgeschichte.

Die wichtigsten Etappen der Floren- und Waldgeschichte (Biozonen A 1 bis A 9 Astalm und P 1 bis P 9 Penser Joch) können stichwortartig folgendermassen zusammengefasst werden:

Spätglazial: Bölling: Steppen-, Tundra- und Strauchtundra (Vorwaldphase) mit *Hippophaë*, *Juniperus* und *Salix* sowie ersten Bäumen (*Pinus* und *Betula*) bis in etwa 1400 - 1500 m ü.M. Bölling/Alleröd, Alleröd: Wiederbewaldung bis in ca. 1900 m ü.M. und evtl. noch höher mit *Betula*, *Pinus sylvestris/mugo*, *P. cembra* und *Larix*. Jüngere Dryas: Erneute Zunahme der protokratischen und kryokratischen Florenelemente, insbesondere von *Artemisia*; Waldgrenz-Senkung von ca. 200 m gegenüber der allerödzeitlichen Höhenlage.

Postglazial: Anfang-Mitte Präboreal: In der kollinen und untermontanen Stufe EMW mit *Corylus*, subalpine Nadelwälder aus *Pinus cembra*, *Larix* und *Pinus mugo*; rascher Waldgrenz-Anstieg auf ca. 2100 m ü.M.; Einwanderung von *Picea* im Raum Bozen. Mitte-Ende Präboreal: Einwanderung der Fichte in der subalpinen Stufe, Rückgang der Pionier- und Graslandarten. Ende Präboreal, Boreal - Anfang Älteres Atlantikum: Verstärkte Ausbreitung und Maximalphase der wärmeliebenden Laubhölzer (EMW und Hasel) in der kollinen und unteren montanen Stufe, während in der subalpinen Stufe die Fichte zur Dominanz gelangte; anfangs Boreal wanderte praktisch gleichzeitig mit der Fichte die Grünerle ein; Ende Boreal rückten die Tanne und Buche in die Nähe des Untersuchungsgebiets. Älteres Atlantikum, Jüngeres Atlantikum - Mitte Subboreal: *Picea* erreichte im Älteren Atlantikum die grösste Ausbreitung, wobei der Lärchen-Arvenwald von unten eingeeengt wurde. Die Waldgrenze lag in etwa bei 2220 m (Astalm) - 2270 m (Penser Joch). Im Jüngeren Atlantikum breitete sich *Abies* stärker aus; an der Wende Jüngeres Atlantikum/Subboreal erfolgte ein genereller Fichtenrückgang und die Tannen-Hauptphase. Ende Subboreal - Anfang Älteres Subatlantikum: Vermehrt *Carpinus* und *Fraxinus*; ab Ende Subboreal zunehmende anthropogene Einflüsse (bronzezeitliche Waldgrenzsenkungen). Älteres Subatlantikum: Verstärkte Rodungen im Waldgrenzbereich (v.a. Astalm) und maximale *Alnus viridis*-Ausbreitung (v.a. Penser Joch); *Picea* dominiert weiterhin in den subalpinen Nadelwäldern. Römerzeitliche bis mittelalterliche Einführung von *Castanea* und *Juglans*. Jüngeres Subatlantikum: Dominanzwechsel von *Picea* zu *Pinus*; vermehrt Rodungs-, Weide-, Ruderal- und Kulturzeiger: Cerealia, *Secale*, *Linum usitatissimum* (Astalm), *Vitis*, *Zea mays* (Penser Joch), *Centaurea cyanus* (Astalm); Lärchwiesen; zunehmende Verbuschung mit Ericaceae-Zwergstrauchheide in der subalpinen Stufe.

Radiokarbon-Datierungen: Beginn der organischen Sedimentation: 10'830 Jahre BP (Penser Joch) bzw. kurz nach 7225 Jahre BP (Astalm); Fichten- und Grünerlen-Anstieg um 8865 Jahre BP (Penser Joch).

Zu den **Waldgrenzschwankungen** und zur **Klimageschichte** ergeben sich folgende Hinweise: Auf Grund von BP/NBP-Verhältnissen und Makrofossilienfunden konnte die maximale postglaziale Waldgrenzerhöhung gegenüber der heutigen potenziell - natürlichen Lage (Astalm 2050 - 2120 m, Penser Joch 2170 m) auf rund 50-100 Höhenmeter geschätzt werden. Dies dürfte zu Beginn des Boreals, in den wärmeren Abschnitten des Älteren Atlantikums, zu Beginn des Jüngeren Atlantikums und während den wärmeren Abschnitten des Subboreals der Fall gewesen sein. Auf der Astalm zeichneten sich nur die Piora- bzw. Rotmoos-Kaltphasen I und II deutlich ab. Im Zeitraum der Göschener Kaltphasen I und II erfolgen zusätzlich anthropogen bedingte Waldgrenzsenkungen; die Waldgrenze sank im Postglazial aber nie unter 1955 m (Astalm). Im Profil Penser Joch kommen postglaziale Klimaschwankungen undeutlich bis kaum zum Ausdruck, da zu viele lokale Effekte die Pollensedimentation beeinflusst haben. Hinweise zur **Besiedlungsgeschichte:** Der Beginn der menschlichen Landnahme manifestiert sich pollenanalytisch am Penser Joch seit dem ausgehenden Jüngeren Atlantikum (spätes Neolithikum) und auf der Astalm seit dem mittleren Subboreal (Bronze - Zeit, Getreide- und typische Ruderal-Pollenfunde); es gibt aber für beide Gebiete mesolithische Streufunde. Für das Gebiet der Astalm zeichnen sich deutlich drei Rodungsphasen im Bereich der Waldgrenze ab: Eine spätbronze- /früheisenzeitliche, eine römerzeitliche und eine frühmittelalterliche /neuezeitliche Rodungsphase. Im Profil Penser Joch kommen diese Rodungsphasen nur undeutlich zum Ausdruck.

Dank: Vorliegende Arbeit beruht auf Voruntersuchungen der Jahre 1989 und 1991, die der Erstautor zusammen mit seinem Bohrteam (dipl. Geogr. A. Stapfer und dipl. Geogr. E. Wynistorf) in Südtirol durchführte. Im Rahmen einer Diplomarbeit bearbeitete Frau Manuela Egloff (EGL.OFF 1998) in den Jahren 1996 - 1998 pollenanalytisch zwei neue Bohrprofile aus den Verlandungsmooren Astalm (1955 m) oberhalb Rodeneck und Penser Joch (2230 m). Frau Gabriele Eisele vom Institut für Botanik der Universität Stuttgart-Hohenheim übernahm in verdankenswerter Weise die Aufbereitung einiger Tonproben (Schwereretrennung). Der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich sei für die finanzielle Unterstützung der Feldarbeit bestens gedankt. Ferner danken wir Herrn Dr. A. Toniazzo vom Hydrographischen Amt in Bozen für das Bereitstellen von Klimadaten und Herrn Ing. P. Zwinger vom Institut für Lawinen- und Wildbachforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Innsbruck für die Hilfe bei der Beschaffung von Kartenmaterial. Ebenso sei bestens für die Möglichkeit gedankt, eine vollständig überarbeitete, ergänzte Kurzversion dieser Diplomarbeit in den Berichten des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck zu veröffentlichen.

7. Literatur:

BÄBLER, J. (1898): Die Alpwirtschaft im Kanton Glarus, Schweizerische Alpstatistik 6. -In: R. PERRET (1993): Klima- und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im südlichen Walenseegebiet (St. Gallen/Glarus). - Diplomarbeit des Geographischen Instituts der Universität Zürich, 131 pp.

- BALATOVA-TULACKOVA, E. & VENANZONI R. (1989): Sumpf- und Feuchtrasengesellschaften in der Verlandungszone des Kalterer Sees (Lago di Caldaro), der Montiggler (Monticolo) Seen und in der Etsch (Adige) Aue, Oberitalien. - *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, **24**: 253 - 295.
- BALATOVA-TULACKOVA, E. & VENANZONI R. (1990): Beitrag zur Kenntnis der Nass- und Feuchtwiesen in der montanen Stufe der Provinz Bozen (Bolzano), Italien. - *Tuxenia*, **10**: 153 - 171.
- BEHRE, K.E. (1986): Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. - Rotterdam, 231 pp.
- BEUG, H.J. (1961): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. - Stuttgart, 63 pp.
- BINZ, A. & HEITZ, C. (1990): Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz, 19. Auflage. - Basel, 659 pp.
- BÖGEL, H. & SCHMIDT, K. (1976): Kleine Geologie der Ostalpen. - Thun, 231 pp.
- BORTENSCHLAGER, S. (1970): Waldgrenz- und Klimaschwankungen im pollenanalytischen Bild des Gurgler Rotmooses. - *Mitteilungen der Ostalp.-din. Gesellschaft für Vegetationskunde*, **11**: 19 - 26.
- BORTENSCHLAGER, S. (1972): Der pollenanalytische Nachweis von Gletscher- und Klimaschwankungen in Mooren der Ostalpen. - *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, **85** (1-4): 113 - 122.
- BORTENSCHLAGER, S. (1977): Ursachen und Ausmass postglazialer Waldgrenzschwankungen in den Ostalpen. - *Erdwissenschaftliche Forschung*, **13**: 260 - 266.
- BURGA, C.A. (1984): Aktuelle Vegetation und Pollengehalt von Oberflächenproben der ober-montanen bis subalpinen Stufe am Bernhardin-Pass (Graubünden/Schweiz). - *Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden*, **101**: 53 - 99.
- BURGA, C.A. (1988): Swiss vegetation history during the last 18'000 years. - *The New Phytologist*, **110** (1): 581 - 602.
- BURGA, C.A., STAPPER, A. & WYNISTORF, E. (1996): Untersuchungen zur Floren-, Vegetations- und Klimageschichte Südtirols (Provinz Bozen/Italien). - *Der Schlern*, **70** (10): 609 - 612.
- BURGA, C.A. & PERRET, R. (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. - Thun, 805 pp.
- CASTIGLIONI, G.B. & TREVISAN, L. (1973): La sella di Appiano - Caldaro presso Bolzano nel Quaternario. - *Mem. degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*, **29**: 1 - 33.
- DALLA FIOR, G. (1933): Analisi polliniche di torbe e depositi lacustri della Venezia Tridentina, II, Torbe del Renon. - *Mem. Mus. Storia Naturale Ven. Trident.*, **1**: 235 - 249.
- DALLA FIOR, G. (1935): Analisi polliniche di torbe e depositi lacustri della Venezia Tridentina, IV, Depositi torbosi dell'Alto Isarco e del Bacino idrografico della Rienza. - *Mem. Mus. Storia Naturale Ven. Trident.*, **3**: 65 - 86.
- DALLA FIOR, G. (1940): Analisi polliniche di torbe e depositi lacustri della Venezia Tridentina, V. - *Mem. Mus. Storia Naturale Ven. Trident.*, **5**: 121 - 176.
- DALLA TORRE, M. (1982): Vegetation der alpinen und subalpinen Stufe im Puez-Geisler Gebiet. - *Diss. Univ. Innsbruck*.
- DAMM, B. (1994): Waldgrenze, Baumgrenze und Höhenstandorte der Zirbe in der Rieserfernergruppe, Tirol. - *Der Schlern*, **68**: 342 - 355.
- EBERS, E. (1972): Das Quartär des Überetsch. - *Der Schlern*, **111** - 119.
- EGLOFF, M. (1998): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimageschichte in Südtirol (Pustertal und Sarntal). *Diplomarbeit Univ. Zürich*, 105 pp.
- ERDTMANN, G. (ed.) (1969): *Handbook of Palynology*. - Copenhagen, 486 pp.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. (1975): *Textbook of Pollen Analysis*. - Copenhagen, 295 pp.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. (1993): *Bestimmungsschlüssel für die nordwesteuropäische Pollenflora*. - Jena, 85 pp.

- FISCHER, O. & LORENZ, A. (1931): Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren der Südalpen. - Zeitschrift für Botanik, Bd. **24**, 186 - 197.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol, Monographien zur Landeskunde Tirols. Folge **1**. - Innsbruck, 454 pp.
- GAILLARD, M.-J. (1984): Etude Palynologique de l'Evolution Tardi- et Postglaciaire de la Végétation du Moyen-Pays Romand (Suisse). - Diss. Bot. **77**, 346 S.
- GAMS, H. (1949-51): Überblick über die Floren- und Vegetationsgeschichte Tirols, I-IV. - Der Schlern, 435 - 438, 491 - 493, 15 - 17, 67 - 72, 125 - 130, 450 - 454, 26 - 29.
- GLEIRSCHER, P. (1991): Vor- und frühgeschichtliche Siedlungsprozesse im Alpenraum am Beispiel des mittleren und unteren Eisacktales aus archäologischer Sicht, 107 - 121. In: AERNI, K., EGLI, H.-R. & FLEHN, K. (Hrsg.) (1991): Siedlungsprozesse an der Höhengrenze der Ökumene am Beispiel der Alpen. - Bern/Bonn, 219 pp.
- GÖTTLICH, K. (1991): Kataster der Moore und Feuchtgebiete Südtirols, Ergebnis der Inventarisierung, Biologisches Landeslabor Leifers. - Leifers, 214 pp.
- HAGER, H. (1935): Das Vordringen der Mittelmeerflora an Etsch und Eisack. - Der Schlern, 162 - 168.
- HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter. **1-3**. - Thun, 730 pp.
- HEISSEL, W. (1982): Südtiroler Dolomiten. Sammlung Geologischer Führer **71**. - Berlin, Stuttgart, 172 pp.
- HOFMANN, A. (1970): Die Höhengrenzen der Arven und der Arvenwälder in den italienischen Alpen. - Mitteilungen der Ostalp.-din. Gesellschaft für Vegetationskunde, **11**: 67 - 80.
- HOLTMEIER, F.K. (1967): Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. - Dissertation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 163 pp.
- HOLTMEIER, F.K. (1974): Geoökologische Beobachtungen und Studien an der subarktischen und alpinen Waldgrenze in vergleichender Sicht. - Erdwissenschaftliche Forschung **8**: 1 - 130.
- HOLTMEIER, F.K. (1985): Die klimatische Waldgrenze - Linie oder Übergangssaum (Ökoton). Ein Diskussionsbeitrag unter besonderer Berücksichtigung der Waldgrenzen in den mittleren und hohen Breiten der Nordhalbkugel. - Erdkunde **39** (4): 271 - 285.
- HOLTMEIER, F.K. (1986): Die obere Waldgrenze in den Alpen unter den Einflüssen natürlicher Faktoren und des Menschen. - Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, **48** (2/3): 395 - 412.
- HOLTMEIER, F.K. (1989): Ökologie und Geographie der oberen Waldgrenze. - Berichte der Reinhold Tüxen-Gesellschaft, **1**: 15 - 45.
- HUBER, B. (1962): Im Orneto-Ostryon des mittleren Eisack- und oberen Etschtales. - Mitt. dtsh. dendrol. Ges., **62**: 1 - 15.
- KIEM, M.L. (1987): Die Vegetation des südlichen Mendelzuges zwischen Kuratsch und Aichholz. - Der Schlern, **61** (1): 34 - 362.
- KRAL, F. (1983): Ein pollenanalytischer Beitrag zur Vegetationsgeschichte der Seiser Alm. - Der Schlern, **57** (1): 31 - 36.
- KRAL, F. & CARMIGNOLA, G. (1986): Ein Pollenprofil aus dem Wöflmoor bei Deutschnofen. - Der Schlern, **60**: 733 - 739.
- LAMMERER, B. (1990): Wege durch Jahrmillionen. Geologische Wanderung zwischen Brenner und Gardasee. - Bozen, 223 pp.
- LANDOLT, E. (1992): Unsere Alpenflora. 6. Aufl. - Zürich, 318 pp.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden/Ergebnisse. - Jena, 462 pp.
- LEITNER, W. (1985): Die Urzeit. 1: 4 - 124. In: J. FONTANA, P.W. HAIDNER & W. LEITNER (Hrsg.): Geschichte des Landes Tirol. - Bozen, 4 Bände.
- LONA, F. & TORRIANI, C. (1944): Osservazione sulla diffusione postglaciale dell'Abete sul versante

- meridionale delle Alpi. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.* n. s., **51**: 70 - 86.
- LUNZ, R. (1973): *Ur- und Frühgeschichte Südtirols*. - Bozen, 137 pp.
- LUNZ, R. (1981): *Archäologie Südtirols. Von den Jägern des Mesolithikums (um 700 v. Chr.) bis zum Ende des Weströmischen Reiches (476 n. Chr.)*. - *Archäologisch-historische Forschung in Tirol*, **7**. Calliano, 36 S.
- LUNZ, R. (1986): *Vor- und Frühgeschichte Südtirols: Scinzeit*, **1**. - Calliano, 128 pp.
- LUNZ, R. (1994): *Ur- und Frühgeschichte des Brixener Raumes*. - *Archäologisch-historische Forschung in Tirol*, **9**. - Calliano, 136 pp.
- MANGERUD, J., ANDERSEN, S.T., BERGLUND, B.E. & DONNER, J.J. (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. - *Boreas*, **3** (3): 109 - 128.
- MANGERUD, J., BIRKS, H.J.B. & JÄGER, K.D. (1982): Chronostratigraphical Subdivision of the Holocene. - *Striae*, **16**: 1 - 110.
- MOORE, P.D., WEBB, J.A. & COLLINSON, M.E. (1991): *Pollen Analysis*. 2nd Edition. - Oxford, 216 pp.
- OEGGL, K. (1994): The palynological record of human impact on highland zone ecosystems. - In: P. BIAGI & J. NANDRIS (eds.): *Highland Zone Exploitation in Southern Europe*. *Monografie di "Natura Breschiana"*, **20**: 107 - 122.
- OEGGL, K. (1999): Die Gletschermumie aus der Kupferzeit. Neue Forschungsergebnisse zum Mann aus dem Eis. *Schriften des Südtiroler Archäologiemuseums*, **97** - 110. - Bozen.
- OEGGL, K. & WAHLMÜLLER, B. (1994a): A mesolithic seasonal dwelling site in the high-alpine region of the Eastern Alps. - In: O.K. DAVIS & J.A. OVERS (eds.): *Aspects of archaeological palynology: Methodology and applications*. *AASP contribution series*, **29**: 147 - 160.
- OEGGL, K. & WAHLMÜLLER, B. (1994b): Vegetation and climate history of a high alpine mesolithic camp site in the Eastern Alps. *Preistoria Alpine - Museo Tridentino di Scienze Naturali*, **28**: 71 - 82.
- PATZELT, G. (1973): Die neuzeitlichen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). - *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **9**: 5 - 57.
- PEDROTTI, F. (1969): *La flora e la vegetazione. Studi per la valorizzazione naturalistica del Parco nazionale dello Stelvio*. - Ed. dell'A. S. F. D., 191 - 219.
- PEDROTTI, F., ORSOMANDO, E. & PEDROTTI CORTINI, C. (1974): *Carta della vegetazione del Parco nazionale dello Stelvio*. - Azienda di stato per le foreste demaniali. Ufficio amministrazione del Parco Nazionale dello Stelvio, Bormio.
- PEER, T. (1976): *Vegetationskartierung in Südtirol, Wert, Verwendbarkeit und Durchführung*. - *Der Schlern*, **42** - 48.
- PEER, T. (1981): *Die Vegetation Südtirols. Mit einer Vegetationskarte 1 : 200'000*. *Habil.schr. Univ. Salzburg*, 274 pp.
- PEER, T. (1989): *Lebensräume in Südtirol. Die Pflanzenwelt*, 2. Aufl. - Amt für Naturparke Naturschutz und Landschaftspflege. - Bozen, 211 pp.
- PEER, T. (1991): *Karte der aktuellen Vegetation Südtirols. 1 : 200'000*. *Autonome Provinz Bozen/Südtirol (Hrsg.)*. - Wien.
- PEER, T. (1995): *Die natürliche Pflanzendecke Südtirols. Begleittext zur Karte der natürlichen Vegetation 1:200'000*. - Amt für Landschaftsplanung. - Bozen, 32 pp. und Karte.
- PERRET, R. (1993): *Klima- und vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im südlichen Walenseengebiet (St. Gallen/Glarus)*. - *Diplomarbeit des Geographischen Instituts der Universität Zürich*, 131 pp.
- RASTNER, A. & DELMONEGO, E. (1986): *Heimatbuch Rodeneck. Geschichte und Gegenwart*. - Rodeneck, 486 pp.
- REILLE, M. (1992): *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. - Marseille, 520 pp.
- SCHIECHTL, H.M. & STERN, R. (1976): *Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100'000 VI. Teil*:

- Blatt 11 (Pustertal-Brixen). - Documents de Cartographie Ecologique, **17**: 73 - 84.
- SCHIECHTL, H.M. & STERN, R. (1980): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100'000 VII. Teil: Blatt 10 (Ötztaler Alpen-Meran). - Documents de Cartographie Ecologique, **23**: 47 - 68.
- SCHMIDT, R. (1975): Pollenanalytische Untersuchungen zur spätglazialen bis mittelpostglazialen Vegetationsgeschichte im Raume Bozen. - Linzer biologische Beiträge, **7** (2): 225 - 247.
- SEIWALD, A. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau - Villanderer Alm. Ber. nat.- med. Verein Innsbruck, **67**: 31 - 72.
- STAINDL, A. (1982): Kurze Geologie von Südtirol. 5. Auflage. - Brixen, 170 pp.
- STAINDL, A. (1986): Geologie und Morphologie von Rodeneck, 10-17. In: A. RASTNER & E. DELMONEGO: Heimatbuch Rodeneck, Geschichte und Gegenwart. - Rodeneck, 486 pp.
- STRAKA, H. (1975): Pollen- und Sporenkunde. Eine Einführung in die Palynologie. Grundbegriffe der modernen Biologie, **13**. - Stuttgart, 238 pp.
- STUMBÖCK, M. (1996): Contributions to the Holocene vegetation history of South Tyrol: Schnalstal - Val Senales. II Quaternario, **9** (2): 649 - 652.
- STUMBÖCK, M. (1999): Die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des nordwestlichen Südtirols. Mit einem Beitrag zur Verknüpfung natürlicher Archive mit historischen Quellen. Diss. Bot. **299**. - Berlin, Stuttgart, 129 pp.
- TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological Ecology of the Alpine Timberline. Tree Existence at High Altitudes with Special Reference to European Alps. - Berlin, 131 pp.
- TRAUTMANN, W. (1953): Zur Unterscheidung fossiler Spaltöffnungen der mitteleuropäischen Koniferen. - Flora, **140**: 523 - 533.
- TOLLMANN, A. (1963): Ostalpen-Synthese, Wien. In: WÜRZ, A. (1992): Die Vegetation der Moore Südtirols. - Kölner geographische Arbeiten, **56**. - Köln, 256 pp.
- VAN HUSEN, D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. Aus der geologischen Geschichte Österreichs. Veröff. der Geolog. Bundesanstalt Wien.
- VENANZONI, R. (1984): Alcuni resti di vegetazione palustre e torbosa in Val di Vizze (Alto Adige). - Studi Trent. Scienze Nat., **61**: 169 - 180.
- VON KLEBELSBERG, R. (1935): Geologie von Tirol. - Berlin, 862 pp.
- VON KLEBELSBERG, R. (1952): Südtiroler geomorphologische Studien. Das mittlere Eisacktal. - Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum, **30**.
- VON KLEBELSBERG, R. (1952a): Die Verbreitung der Zirbe in Südtirol. - Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. Tiere, **26**: 7 - 15.
- VON KLEBELSBERG, R. (1953): Südtiroler geomorphologische Studien. Das obere Eisacktal. - Schlern-Schriften, **113**: o.S.
- VON KLEBELSBERG, R. (1961): Von der Höhengrenze der Nadelbäume in den Ostalpen mit besonderer Berücksichtigung Südtirols. - Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere, **26**: 103 - 110.
- VON SARNTHEIN, R. (1936): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldbeschichtlichen Bedeutung, I. Teil: Brennergegend und Eisacktal. - Beih. Bot. Cbl. **55**, Abt. B (3): 544 - 631.
- WAHLMÜLLER, N. (1990): Spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Tschöggelberges (Südtirol). - Ber. nat.- med. Verein Innsbruck, **77**: 7 - 16.
- WEGMÜLLER, H.P. (1976): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den Thuralpen und im Faningebiet (Kantone Appenzell, St. Gallen, Graubünden/Schweiz). - Botanische Jahrbücher für Systematik, **97** (2): 226 - 307.
- WÜRZ, A. (1992): Die Vegetation der Moore Südtirols. - Kölner geographische Arbeiten, **56**. - Köln, 96 pp.
- ZOLLER, H. (1960): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. naturf. Ges., **83**. - Zürich, 156 pp.

ZOLLER, H. (1961): Die kulturbedingte Entwicklung der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. naturf. Ges., **83**: 45 - 156.

ZOLLER, H. (1977): Alter und Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Schweizer Alpen. - Erdwissenschaftliche Forschung, **13**: 271 - 281.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [88](#)

Autor(en)/Author(s): Burga Conradin A., Egloff Manuela

Artikel/Article: [Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimageschichte im Pustertal und Sarntal \(Südtirol, Italien\). 57-86](#)