

Kapitel 4 | Klima- und Vegetationsgeschichte

Das Rotmoostal im Wandel (1895–2009)

Eva-Maria Koch

Von 1895 bis heute hat sich der Rotmoosferner und damit das Rotmoostal, wie die Bilderserie (Abb. 1-4) zeigt, stark verändert. Die Endmoräne von 1858 markiert den letzten Gletscherhochstand. Seither zieht sich der Gletscher, bis auf Ausnahmen zwischen 1916 und 1922 sowie in

den 1980er Jahren, zurück und verliert massiv an Volumen und Oberfläche. Die Längenänderung des Rotmoosferners beläuft sich auf etwa zwei Kilometer, der Eisdickenverlust im Zungenbereich betrug zwischen 1850 (Gross 1987) und 2006 (Abermann et al. 2009) ca. 150 m.



Abb. 1:
Der Rotmoosferner im Jahr 1895 (Foto aus der Zeitschrift des D-Ö-Alpenvereines, 1895)



Abb. 2:
Der Rotmoosferner im Jahr 1999 (Foto: R. Kaufmann)



Abb. 3:
Der Rotmoosferner im Jahr 2004 (Foto: R. Kaufmann)



Abb. 4:
Der Rotmoosferner im Jahr 2009 (Foto: R. Kaufmann)

Literatur

- Abermann, J., Lambrecht, A., Fischer, A. & Kuhn, M. (2009) Quantifying changes and trends in glacier area and volume in the Austrian Ötztal Alps (1969–1997–2006), *The Cryosphere*, 3, 205–215, <http://www.the-cryosphere-discuss.net/3/205/2009/>.
- Gross, G. (1987) Der Flächenverlust der Gletscher in Österreich 1850–1920–1969. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 23 (2), 131–141.

Verzeichnis der Autorin

Eva-Maria Koch,
Universität Innsbruck
Alpine Forschungsstelle Obergurgl
Gaisbergweg 3, 6456 Obergurgl, Österreich
Eva-Maria.Koch@uibk.ac.at

Vegetationsgeschichte im Bereich des Rotmoostales

Sigmar Bortenschlager

Zusammenfassung

Die Vegetationsgeschichte im Bereich des Rotmoostales in Abhängigkeit von Einwanderungsmöglichkeiten, Klima, Höhenlage und menschlichem Einfluss wird anhand von drei untersuchten Mooren dargestellt. Besonderes Augenmerk wird auf die Waldgrenzschwankungen als Folge von Temperaturänderungen und den Beginn der Weidewirtschaft gelegt.

Abstract

The vegetation history of the Rotmoos valley, depending on the possibilities of immigration, climate, altitude and human influence is presented. Three mires are investigated. Special attention is turned to the fluctuation of the timberline as indicator for changing temperature in the past and the beginning of grazing.

Historisches

Schon vor mehr als 150 Jahren haben die Moore im Raum Obergurgl die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Der Kurat Trientl (Bothe für Tirol und Vorarlberg 1858)

hat die Nutzung des Torfes der Moore im Raum Obergurgl für Heizzwecke und zur Bodenverbesserung empfohlen und selbst die Kirche damit geheizt. A. Kerner von Marilaun (1863) hat in seinem Werk „Pflanzenleben der Donauländer“ auf die Einmaligkeit des Rotmooses hingewiesen. Graf Rudolf von Sarnthein (1936) hat 17 Torfproben, die H. Hanke aus dem natürlichen Aufschluss des Rotmooses entnommen hat, pollenanalytisch untersucht. Hanke (1935) selbst untersuchte die Quartärgeologie im inneren Ötztal. Die pollenanalytischen Ergebnisse, die Sarnthein veröffentlichte, zeigen eine Dominanz von *Pinus*-Pollen, die selten von einer *Picea*-Dominanz abgelöst wird. Dieses Bild stimmt gut mit allen späteren Untersuchungen überein. Sensationell aber war die Bestimmung von einem Holz aus dem Rotmoos, das E. Hoffmann lapidar *Acer* sp. nannte.

Diese Bestimmung war der Ausgangspunkt von zahlreichen spekulativen Folgerungen, die wiederum Anlass für Neuuntersuchungen waren.

Wenn *Acer* in 2260 m Meereshöhe vorkam, heute aber im Ötztal die obere Grenze dieser Art bei etwa 1800 m liegt,

müsste in einer ehemaligen Wärmezeit die Waldgrenze bei etwa 2700 bis 2800 m gelegen sein. Auch das Vorkommen von Torfmoosen als Beweis der biogenen Verlandung nur unterhalb der Waldgrenze wurde mit diesen Befunden verknüpft (Gams 1942, 1958, 1962). In die gleiche Richtung deuteten auch die Ergebnisse eines Pollenprofils von Sitte und Lürzer (Gams 1963), das im Moor bei der Schönwies Hütte eine fast durchgehende *Picea*-Dominanz zeigte.

Die Fortschritte und neuen Möglichkeiten in der Pollenanalyse (Absolutzählungen und Influxdiagramme), die Möglichkeit der Absolutdatierung mit Hilfe von C-14 und die Verknüpfung dieser Daten mit Ergebnissen von glaziologischen und quartärmorphologischen Untersuchungen haben in den letzten 30 Jahren zu neuen und stichhaltigen Resultaten geführt.

Methoden

Um die Vegetationsgeschichte abzuklären, ist die Pollenanalyse die Methode der Wahl. Die ausgefeilte Nichtbaumpollen-diagnostik erlaubt es, den klimatischen oder den menschlichen Einfluss auf die Vegetation genauer zu fassen. Im Bereich Obergurgl spielen hier vor allem die Weidezeiger eine große Rolle. Folgende Arten, Gattungen oder Familien werden hier zu einer Summenkurve zusammengefasst:

Chenopodiaceae, *Filipendula*, *Gentiana-ceae*, *Ligusticum*, *Lotus*, *Papilionaceae* (= *Fabaceae*), *Plantago*, *Ranunculaceae*, *Rhinanthus*, *Rosaceae*, *Rumex*, *Umbelliferae* (= *Apiaceae*) und *Urtica*. Als Kulturzeiger sind die Cerealien inkl. *Secale*, *Castanea* und *Vitis* in einer Kurve zusammengefasst. Sie sind hier nur als Fernflug aus tieferen, südlichen Lagen einzustufen.

Auch die quantitative Erfassung des Pollenniederschlags insgesamt, in Verbindung mit dem Verhältnis Baumpollen zu Nichtbaumpollen, macht es möglich, die Schwankungen der Waldgrenze in der Vergangenheit sehr genau festzulegen (Oeggl 1998). Ein Anteil von etwa 25 % Nichtbaumpollen spricht für Waldfreiheit, wenn die lokalen Pollen, hier die torfbildenden *Cyperaceae*, aus der 100 % Summe ausgeschlossen sind.

Großrestanalysen und Holzbestimmungen sind ein weiteres Mittel, um Informationen über Vegetation und Klima zu erhalten. Ein großer Vorteil für die Verknüpfung vom Klima mit der Vegetation und Waldgrenze besteht darin, dass in Obergurgl die Waldgrenze durch *Pinus cembra* gebildet wird. Während eine Absenkung der Waldgrenze durch ungünstiges Klima für alle immergrünen Nadelbäume über den Mechanismus des Frosttrocknis verläuft (Baig et al. 1974), ist der Anstieg über die Samenverbreitung am raschesten bei *Pinus cembra* gegeben (Mattes 1982). Durch den Tannenhäher werden die Samen weit über die Waldgrenze hinauf getragen und *Pinus cembra* keimt und

wächst dort, sobald es die klimatischen Verhältnisse erlauben. Eine Verzögerung von nur etwa 20 Jahren bis zur Blühreife muss man einkalkulieren. Bei *Picea* hingegen ist die Samenverbreitung über den Standort hinaus viel schwieriger, nur 1% der Samen fliegt über die Wipfelregion hinaus (Kuoeh 1965).

Klimaänderungen können auch über die ehemalige Größe der Gletscher anhand subfossiler Moränen kartographisch erfasst werden. Über das Teilungsverhältnis dieser Fläche 2:1 – Nährgebiet: Zehrgebiet – kann die Gleichgewichtslinie und damit die ehemalige Schneegrenze abgeschätzt werden. Etwa 900 m darunter liegt die Waldgrenze.

Aber auch Sauerstoffisotopenanalysen in Sedimenten liefern wichtige Beiträge. Alle diese Methoden in Kombination mit C-14 Daten erlauben es für bestimmte Gebiete Vegetations- und Klimarekonstruktionen zu erstellen, die auch über große Räume hinweg Gültigkeit haben (Magny et al. 2006).

Untersuchungsortlichkeiten

Im Raum Oberrurgl und im benachbarten Venter Tal gibt es zahlreiche Moore, die heute noch wachsen. Ebenso gibt es Moorbildungen, die durch Moränen verschüttet worden sind. Die Untersuchungen dieser Moorbildungen im Ötz-

tal reichen bis in die erste Hälfte des letzten Jahrhunderts zurück (Sarnthein 1936, Gams 1948) und wurden dann gegen Ende des letzten Jahrhunderts auch im Zusammenhang mit dem Fund des Eismannes intensiviert (Bortenschlager 1970, 1984, 1993, 2000; Rybnicek et al. 1977, Vorren et al. 1993). Sie sind auch heute noch nicht abgeschlossen (Kutscher et al., im Druck).

Für die Vegetationsentwicklung im hier angesprochenen Tal sind vor allem das Rotmoos und das Moor bei der Schönwieshütte von Belang. Mit der Höhenlage um 2250 m liegen sie in etwa im Bereich der Waldgrenze und bilden damit die Schwankungen dieser im Holozän sehr gut ab. Für die Dokumentation des menschlichen Einflusses, hier die Weidewirtschaft, ist auch noch das Moor bei der Gurgler Alm von Bedeutung. Für schlüssige Interpretationen muss man alle anderen untersuchten Lokalitäten ebenfalls mit einbeziehen.

Rotmoos

Das über 1 km lange und heute bis zu 120 m breite Moor liegt am rechten Ufer der Rotmoosache am Ausgang des Rotmoos- und nimmt die mehr oder weniger ebene Fläche am Fuß der Hohen Mut ein. Die Rotmoosache erodiert permanent den Steilabbruch des Moores (Abb. 1). Auf einem Aquarell von Thomas Ender aus der Mitte des 19. Jahrhunderts ist deutlich zu



Abb. 1:

Rotmoos – Stichwand, aus der das Profil entnommen wurde. (Foto: S. Bortenschlager)

sehen, dass die Rotmoosache ursprünglich am Hangfuß des Hangerers auf der linken Talseite floss und dass das gesamte Tal vom Moorkörper ausgefüllt war.

Nach Gams (1962) zeigt dieses „Zeitweise überschüttete Gletschertalmoor“ mit seinen Ton-, Schluff- und Sandeinlagerungen deutlich die früheren Gletschervorstöße. In einem engmaschigen Netz wurde die Stratigraphie des Moores von Rybníček et al. (1977) aufgenommen und er konnte zeigen, dass die Schlufflagen ihren Ursprung einerseits im Gletscherbach haben, andererseits aber auch von den Talflanken ihren Ausgang nehmen.

Diese Sand- und Schluffeinlagerung sind kantig und zeigen keinerlei fluviatile Einwirkung.

Ebenfalls von Rybníček et al. (1977) stammt eine detaillierte Vegetationskartierung, in der das *Carici echinatae-Trichophoretum caespitosum typicum* und *Drepanoclado-exanulati-Caricetum fuscae typicum* als charakteristische Pflanzengesellschaften ausgewiesen werden. Besonders erwähnenswert sind aber von ihm gefundene *Sphagnum fuscum*-Bulten. Weite Flächen werden heute von *Nardus*-Beständen eingenommen, eine typische Folge der Beweidung.

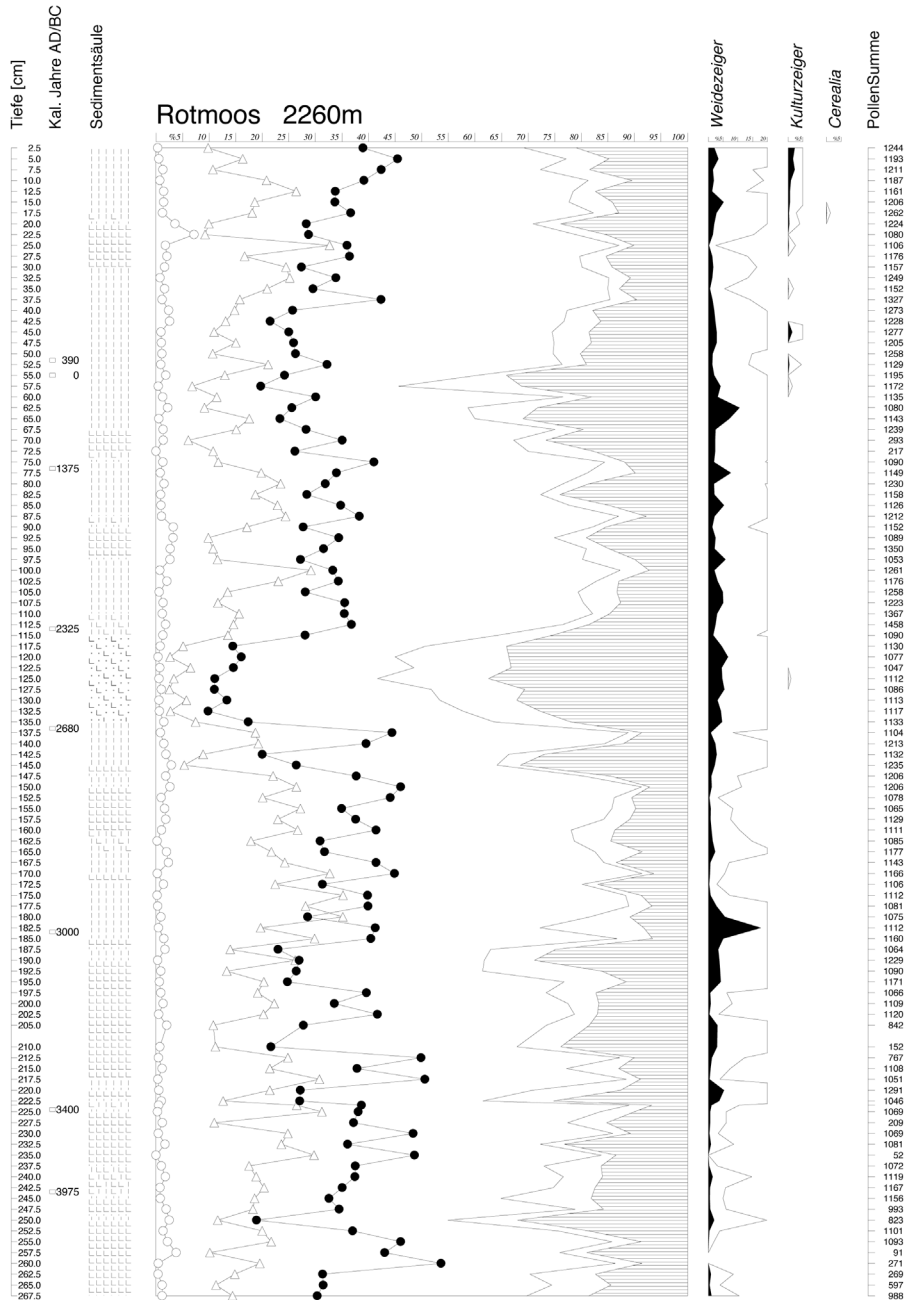


Abb. 2:
Vereinfachtes Pollenprofil Rotmoos (Legende in der Beilage, ebenso das Gesamtprofil)

Profilbesprechung

Das Profil beginnt mit einer Wechsellaagerung von tonig-schluffigen und organogenen Sedimenten (Abb. 2). Parallel dazu schwankt die Baumpollen/Nicht-Baumpollen (BP/NBP)-Kurve um den Wert von 25 % NBP, Werte bis 40 % können erreicht werden. Diese hohen NBP-Werte sprechen für Waldfreiheit am Standort. Diese von 265 bis 185 cm Tiefe dauernde Phase wurde von Patzelt (1973) als Rotmooschwankung I und II in die Literatur eingeführt. Die Wiederbewaldung durch Zirben am Standort wird durch Weiden eingeleitet, die in 192,5 cm einen markanten Gipfel haben. Auch die Fichten zeigen deutlich höhere Werte. Die außerordentlich hohen Werte der *Cyperaceae* weisen *Carex* als Torf bildende Standortspflanzen aus.

In diesen organischen Lagen zwischen 180 bis 140 cm Tiefe treten auch zahlreiche Holzreste auf, die ebenfalls ein Beweis für Wald am Standort sind. Aus dieser Lage dürften auch die von E. Hoffmann, (in Sarnthein 1936) bestimmten „Ahorn“-Reste stammen. Mehrere Duzend Nachbestimmungen haben keinen einzigen Ahornfund erbracht. Es konnten nur *Pinus*-, *Alnus*- und *Populus*-Reste gefunden werden. Unter gewissen Umständen ist eine Verwechslungsmöglichkeit von *Acer* und *Populus* gegeben. Das dürfte E. Hoffmann passiert sein. Alle mit dem Vorkommen von *Acer* in dieser Höhe zusammenhängenden Schlussfolgerungen

wie eine Waldgrenze bei 2800 m und biogene Verlandung nur unterhalb der Waldgrenze, sind somit hinfällig.

Diese günstige Phase wird jäh durch eine schluffig sandige Lage von 135 – 115 cm unterbrochen. In dieser Sandlage befinden sich auch Steine bis mehrere dm Größe, die kantig sind und keine fluviale Einwirkung zeigen. Die NBP erreichen in dieser Schicht die Höchstwerte im Profil, während die *Cyperaceae* die geringsten Werte aufweisen. Auch *Alnus* – hier *Alnus viridis* – erreicht hier die höchsten Werte. Aus den Sondierungen von Rybníček et al. (1977) kann man erkennen, dass diese Lage sowohl talaus als auch talein und in Richtung Mutrücken auskeilt. Hier wird ein Lawinenereignis vom Hangerer herunter dokumentiert. Durch die C-14 Daten wird das gesamte Ereignis bis zur normalen Wiederbewaldung auf 355 Jahre eingeeengt.

Die steigenden NBP-Werte ab 85 cm Tiefe und dann besonders in 72,5 bis 60 cm Tiefe zeigen wieder ungünstige Bedingungen mit Waldgrenzabsenkungen an. Waldfreiheit ist hier für diese Höhenlage dokumentiert.

Die Ausdehnung des römischen Reiches und die damit verbundene intensive Landwirtschaft zeigen sich im Fernflug der Kulturzeiger. Die in den obersten Schichten wieder zunehmenden NBP, die wiederum Waldfreiheit anzeigen, müssen sowohl auf das Klima als auch auf die Rodungen zurückgeführt werden.

Die durchgehend hohen Werte der Weidezeiger belegen, dass das Rotmoostal seit etwa 4.000 v. Chr. als Schafweide genutzt wurde.

Schönwies

Das Moor bei der Schönwieshütte (Abb. 3) ist der Rest eines Hangmoores, das



Abb. 3:
Blick über das Rotmoos zum Moor bei der Schönwieshütte
(Foto: S. Bortenschlager)

durch Sickerwässer aus der Umgebung gespeist wird. Es liegt außerhalb des Einflussbereiches der Rotmoosache und zeigt deshalb auch keine deutlichen Sand- und Schluffeinlagerungen. Das Torflager wurde zum Großteil abgebaut. Die Torfnutzung erfolgte vor allem in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts für die Beheizung der Schönwieshütte. Diese Torfstichtätigkeit ist noch deutlich an dem unruhigen Relief der Oberfläche zu erkennen. Die nicht abgebauten Torfpakete erreichen heute noch etwa 2 m Mächtigkeit und sind mit *Nardus*-Rasen bestanden. An der Stelle der größten Torfmächtigkeit wurde das Profil (Abb. 4) entnommen. Bei einer Nachgrabung etwa 80 cm südlich vom ersten Profil konnte G. Patzelt an einer vertieften Stelle ein älteres Schichtpaket von 28 cm Mächtigkeit bergen, das als Profil Schönwies II das erste Profil ergänzt.

Profilbesprechung

Durch das C-14 Datum von ca. 8.000 v. Chr. ist der Beginn des Torfwachstums dieses Profils festgelegt (Abb. 5). Die BP dominieren und ein Zirbenwald am Standort ist durch Holzfunde und den Fund von Teilen eines Zirbenzapfens mit Samen belegt. Diese günstige Phase wird in 187 cm Tiefe durch ein feines



Abb. 4:

Moor bei der Schönwieshütte-Stichwand, aus der das Profil entnommen wurde. (Foto: S. Bortenschlager)

Tonband, eine Einwehung aus dem Gletschervorfeld, beendet. Die NBP nehmen auf fast 40 % zu und es beginnt eine mehrgliedrige Phase von Waldfreiheit. Eine deutliche Zweiteilung tritt mit dem BP-Maximum in der Tiefe von 160-155 cm auf. Die Waldgrenze dürfte zu dieser Zeit nahe an das Moor gekommen sein. Ein feines Tonband in 153 cm Tiefe beendet diese Gunstphase und die Waldgrenze sinkt wieder deutlich ab. Diese ungünstige Phase dauert etwa bis 7.000 v. Chr., in ihr dominieren Arten der alpinen Rasen und Rohbodenzeiger wie *Gramineae* (= *Poaceae*), *Rosaceae*, *Cichoriaceae*, *Umbelliferae* (= *Apiaceae*), *Artemisia*, *Thalictrum*,

Selaginella selaginoides und *Botrychium*.

Ab 127,7 cm bildet *Picea* eine geschlossene Kurve, die geringen Werte sind Fernflug aus tieferen Lagen. Ab 135 cm wird die 5%-Marke überschritten, was für einzelne *Picea*-Exemplare in der Nähe oder direkt am Standort spricht. *Picea* gewinnt dann weiter an Areal und ist in 90 cm Tiefe mit dem Höchstwert von 25 % wenig unterhalb der Lokalität Bestand bildend, was durch Großreste im Zirbenwaldmoor (Rybníček et al. 1977) belegt ist.

Von 115- 90 cm tritt die BP-reichste Phase im Profil auf. Hier macht sich auch regelmäßig der Fernflug von *Abies* und *Fagus* bemerkbar, die in tieferen Lagen seit

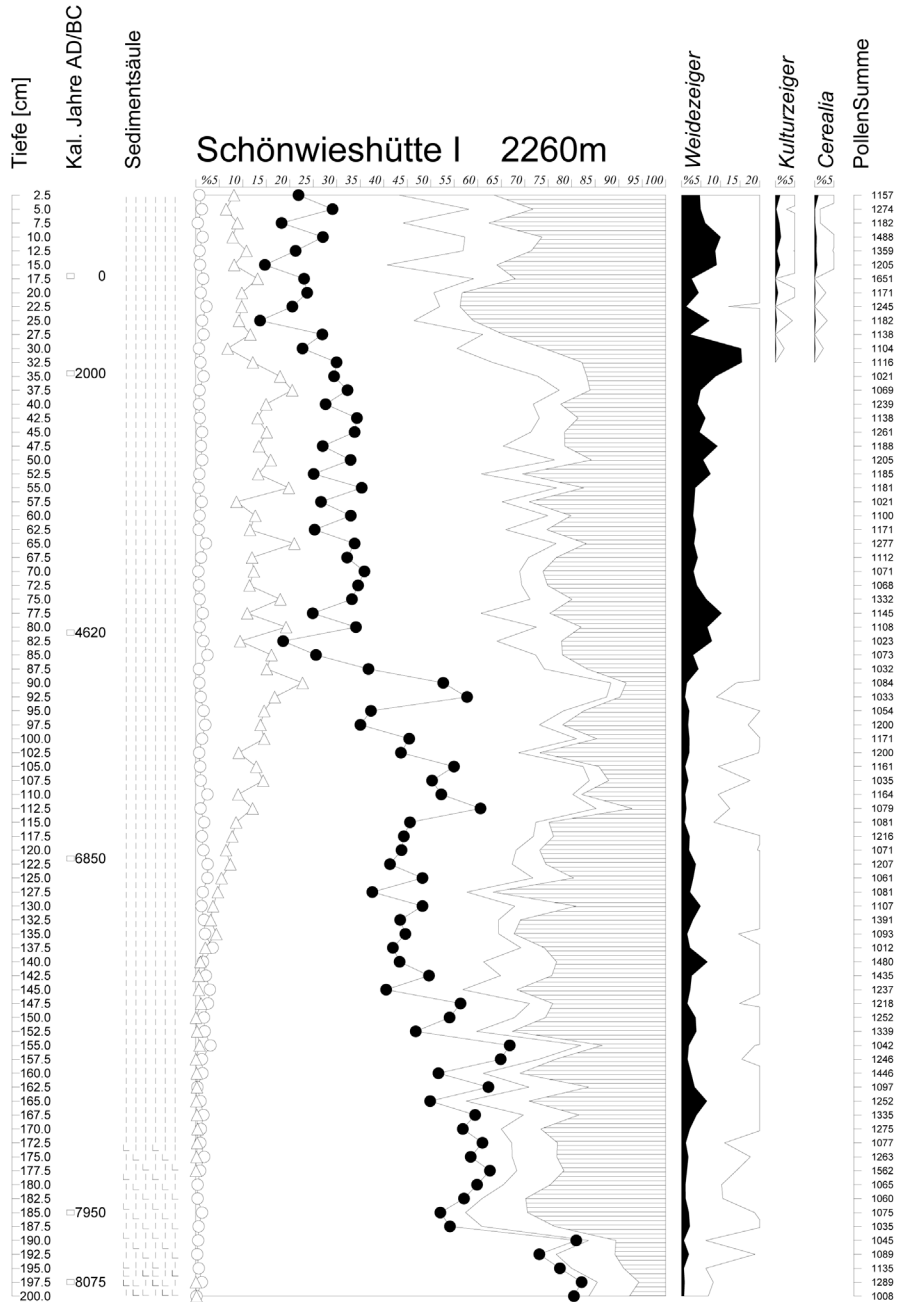


Abb. 5:
Vereinfachtes Pollenprofil – Moor bei der Schönwieshütte (Legende in der Beilage, ebenso das Gesamtprofil)

etwa 5.500 v. Chr. auftraten. Interessant ist hier die Zuwachsrate des Cyperaceentorfs. Betrug sie im unteren NBP-reichen Abschnitt noch um die 6 cm pro 100 Jahre, nahm sie im BP-reichen Abschnitt auf unter 2 cm pro 100 Jahre ab. Im kontinental getönten Ötztal scheinen also kühle, feuchte Bedingungen das Torfwachstum eher zu fördern als trockene warme. Ab 85 cm Tiefe nehmen die NBP-Werte wieder deutlich zu, Spitzenwerte von 40 % werden erreicht. Die *Pinus cembra*-Werte nehmen deutlich ab aber auch die *Picea*-Werte sinken etwas. *Alnus* als Krummholz im Zentralalpenbereich nimmt hingegen deutlich zu. Die Waldgrenze ist in diesem Zeitraum bis unterhalb des Moores abgesunken. Diese kühlere Phase kann der von Patzelt (1973) festgelegten Rotmooschwankung zugeordnet werden.

Gering zeitversetzt, etwa um 4.000 v. Chr. steigen die Werte der Weidezeiger stärker an, sinken dann zwar wieder etwas ab und zeigen ab 55 cm Tiefe – etwa ab 3.000 v. Chr. wieder deutlich höhere Werte, die bis zu den obersten Proben andauern.

Ab 35 cm Tiefe treten die Kulturzeiger, vor allem Getreide, auf. Es handelt sich hier um Fernflug aus tieferen Lagen. Sie belegen aber auch eine dichtere Besiedlung und eine intensivere Nutzung der Landschaft. Die Weidewirtschaft wurde nochmals intensiviert und durch Brandrodung zur Weidegewinnung wurde die Waldgrenze deutlich abgesenkt. Ab dieser Zeit überlagern sich natürliche und an-

thropogene Ursachen für die Waldgrenzabsenkung.

Im Profil Schönwies II (siehe Beilage) wird durch 12 Proben ein Zeitabschnitt dokumentiert, der deutlich älter ist als die Basisprobe des Profils Schönwies I und in seiner Gesamtheit eine Waldgrenze knapp unterhalb des Standortes mit Vorposten direkt beim Moor belegt. In der Mitte des Profils konnten Holzreste gefunden werden. Die Datierungen ergaben für das Holz (9.050 v. Chr.) und den umgebenden Torf (8.500 v. Chr.) keinen signifikanten Altersunterschied. Der Mittelwert dieser Proben ergab mit 95 % Wahrscheinlichkeit ein Alter von 9.300 – 8.300 v. Chr. Es ist dies ein Mindestalter für das Eisfreiwerden des Gebietes, das somit in den ersten Jahrhunderten des Präboreals erfolgt sein muss.

Das Sediment ist Cyperaceentorf, dem an der Basis und im mittleren Abschnitt Schluff bzw. Ton beigemischt ist. Reichlich treten in diesem Profilstück Diatomeen auf. Ein direkter Anschluss an das Profil Schönwies I ist nicht gegeben.

Gurgler Alm

Das kleine Moor liegt etwas unterhalb der Hütte der Gurgler Alm (Abb. 6) innerhalb des potentiellen Waldgebietes. Heute ist die gesamte Umgebung waldfrei und die Moorvegetation ist durch den Weidebetrieb degradiert. Die gesamte Torfsäule



Abb. 6:
Blick zur Gurgler Alm – links unterhalb der Hütte liegt die
Profilentnahmestelle (Foto: G. Patzelt)

besteht aus Cyperaceentorf. Glühverlustuntersuchungen, deren Ergebnis normal mit der Humifizierung des Torfes parallel verlaufen, zeigen aber an vier Stellen Abweichungen und teils geringfügige mineralische Einwehungen. Und zwar zwischen 4.300 – 3.800 v. Chr. und 5.500 – 4.900 v. Chr. war infolge des höheren, minerogenen Eintrags der Glühverlust geringer. Für die Perioden 6.400 – 5.900

v. Chr. und 7.600 – 7.000 v. Chr. war infolge eines feuchteren Sommerklimas die Humifizierung deutlich niedriger und damit der Zuwachs des Sediments höher, ähnlich wie beim Moor bei der Schönwieshütte.

Diese Phasen können nach Vorren et al. (1993) sehr gut mit Gletscherhochständen korreliert werden und entsprechen dem frühen Sub-Atlantikum, dem Rotmoos I- und dem Frosnitz-Stadial. Besonders interessant ist bei diesem Profil die Erfassung der Holzkohlepartikel, welche direkte Schlüsse auf die menschlichen Aktivitäten zulassen.

Profilbesprechung

Das Profil beginnt in 140 cm Tiefe mit einer NBP-reichen Phase, die im Präboreal liegt und für den Standort Waldfreiheit anzeigt (Abb. 7). Diese kühle Phase kann der Venediger Schwankung (Patzelt 1973) zugeordnet werden. In 132 cm Tiefe etwa um 7.700 v. Chr. beginnt die Wiederbewaldung des Gebietes der Gurgler Alm, die geschlossene *Picea*-Kurve um 5 % belegt ihr Vorkommen in diesen Höhenlagen. Die *Pinus cembra*-Dominanz im Bereich der Gurgler Alm erstreckt sich über das gesamte Profil. Am Standort war *Pinus cembra* aber nur bis 1.300 v. Chr. vorhanden. Dann nehmen die NBP so

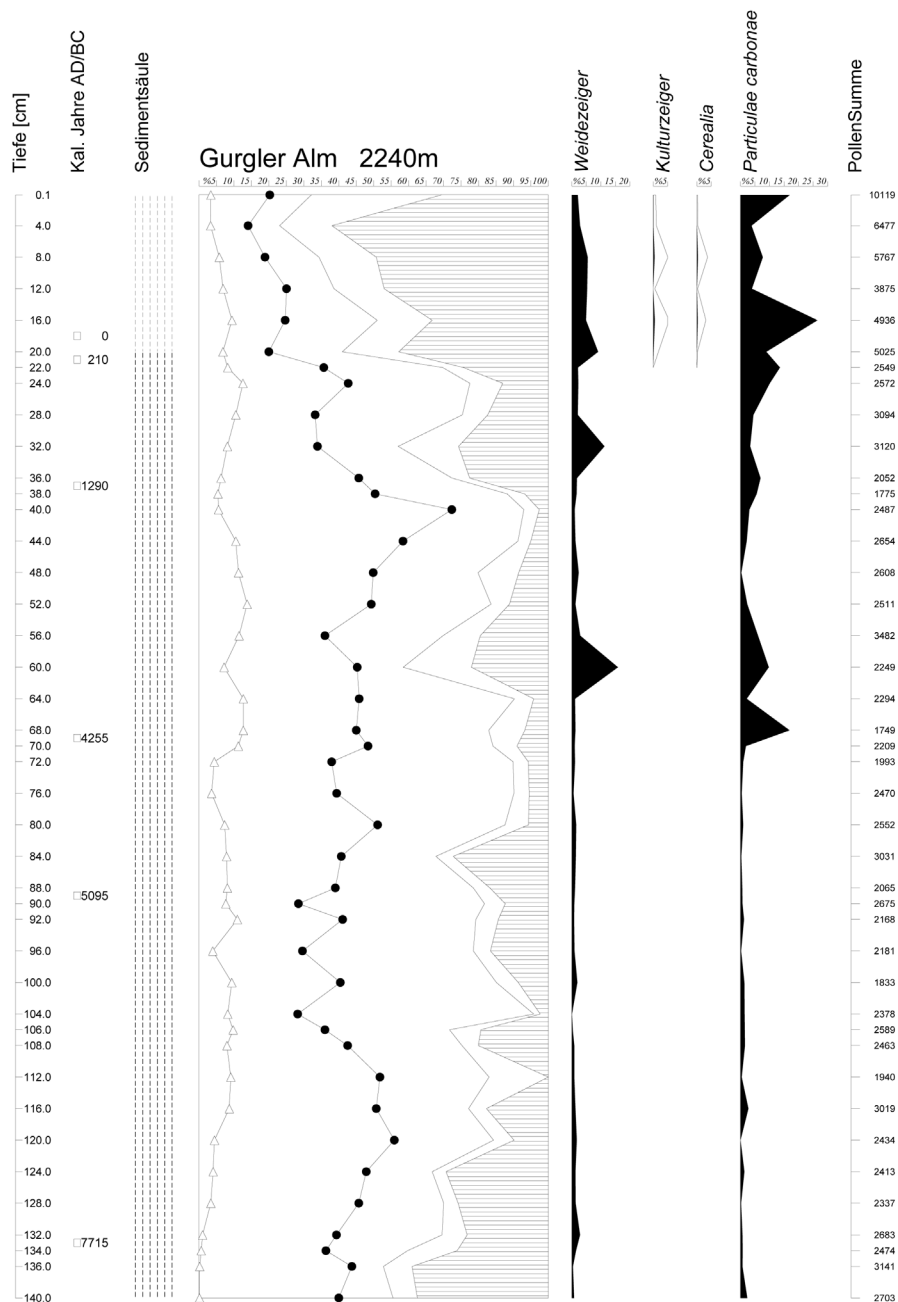


Abb. 7:
Vereinfachtes Pollenprofil – Moor bei der Gurgler Alm (Legende in der Beilage, ebenso das Gesamtprofil)

stark zu, dass für das Gebiet Waldfreiheit angenommen werden muss. Eine Änderung der Pollenspektren zeichnet sich in etwa 75 cm Tiefe ab: *Pinus cembra* nimmt ab, *Picea* zu, parallel dazu treten die Holzkohlereste sehr stark in Erscheinung. Hier begann der Mensch mit der Brandrodung für die Weidegewinnung. Dies wird auch durch den gering zeitverzögerten Anstieg der Weidezeiger belegt. Mit dem Datum 4.255 v. Chr. sind diese Ereignisse zeitlich fixiert. Nach Vorren et al. (1993) erleidet diese intensive Weidewirtschaft eine Unterbrechung zwischen 2.000 – 1.500 v. Chr. (52 – 38 cm) und 600 – 200 v. Chr. (28 – 22 cm). In beiden Abschnitten steigt die Kurve von *Pinus cembra* an. Die NBP, vor allem die Weidezeiger, nehmen stark ab. Dazwischen liegt eine Phase mit deutlich erhöhten Werten der Apokraten, was eventuell auf eine permanente Sommerbesiedelung, sogar auf eine Überwinterung, schließen lässt. Ab 20 cm Tiefe nehmen die NBP sprunghaft zu, die Weidewirtschaft und die Brandrodungen werden intensiviert. Der eher gleichmäßige Verlauf der Pollenkurven von *Picea*, *Larix*, *Salix* und *Alnus* (Waldbildner in etwas tieferen Lagen) zeigt, dass Aktivitäten zur Weidegewinnung nur direkt an der Waldgrenze gesetzt wurden. Die teils abrupten Schwankungen der Pollenkurve von *Betula* werden als Sukzessionsstadien von *Betula* nach Lawinenereignissen in nächster Nähe des Standortes interpretiert. Die intensive Nutzung der Landschaft in tieferen Lagen, seit der Römerzeit, wird

durch den Fernflugpollen von *Cerealia*, *Juglans* und *Castanea* belegt.

Schlussfolgerungen

Die pollenanalytisch – vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen im Gebiet des Rotmoostales zeigen, dass nach dem Ende der Jüngerer Dryas, zu Beginn des Holozäns, die Waldgrenze schon in dieser Höhe anzutreffen ist. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass bereits im Alleröd im inneren Ötztal Bäume wachsen konnten und dass der Gletschervorstoß in der Jüngerer Dryas, der über Sölden hinaus reicht, in bewaldetes Gebiet vordrang.

Weiters belegen die Befunde, dass im gesamten Holozän die Waldgrenze im Bereich der untersuchten Moore lag, mit einem Schwankungsbereich von 200 bis 250 Höhenmetern. Für größere klimabedingte Waldgrenzschwankungen konnten keine Anzeichen gefunden werden.

Die Höhenlage der Waldgrenze wird durch die Temperatur der Vegetationsperiode festgelegt, die in den Hochlagen auf ca. Mai bis September beschränkt ist. Sie wird in erster Linie durch den Wärmemangel bestimmt, der ein Ausreifen der Neutriebe verhindert. Sie wird deshalb auch als Wärmemangelgrenze bezeichnet. Schwankungen der Waldgrenze sind daher auf Klimaschwankungen zurückzu-

führen, solange eine weidewirtschaftliche Nutzung im Waldgrenzbereich ausgeschlossen werden kann.

Eindeutige Belege für die Weidewirtschaft in diesem Raum finden sich ab 4.000 v. Chr. Ab diesem Zeitpunkt treten sowohl die Weidezeiger in stark erhöhtem Ausmaß auf, aber auch die Holzkohlenreste sind Zeugen für Brandrodungen zur Gewinnung von Weideflächen. Ab 1.000 v. Chr. nehmen Zeiger für eine Almnutzung und Sommersiedlung deutlich zu. Kurz vor der Zeitenwende treten die anthropochoren Pflanzen so deutlich in Erscheinung, dass sie ein Zeichen für eine Dauersiedlung sein könnten.

Literatur

- Baig, M. N., Tranquillini, W. & Havranek, W.M. (1974) Cuticuläre Transpiration von *Picea abies* und *Pinus cembra* Zweigen aus verschiedener Seehöhe und ihre Bedeutung für die winterliche Austrocknung der Bäume an der alpinen Waldgrenze. *Centralbl.ges.Forstwesen* 91: 195-211.
- Bortenschlager, S. (1984) Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und Unteres Inntal. *Ber.nat.-med.Ver. Innsbruck* 71: 19-56.
- Bortenschlager, S. (1993) Das höchstgelegene Moor der Ostalpen „Moor am Rofenberg“ 2760 m. *Diss. Botanicae* 1196: 329-334.
- Bortenschlager, S. (2000) The Iceman's environment. In: *The Iceman and his Natural Environment*. Springer, 11-24.
- Gams, H. (1948) Die Fortschritte der alpinen Moorforschung von 1932 bis 1946. *ÖBZ XCIV*: 235-264.
- Gams, H. (1962) Das Gurgler Rotmoos und seine Stellung innerhalb der Gebirgsmoos. *Veröff. Geobot. Inst. E.T.H. Stift. Rübel, Festschr. Franz Firbas. Zürich* 37: 74-82.
- Gams, H. (1963) Waldgrenzverschiebungen und Palynologie. *Grana* 4: 292-301.
- Kerner, A. (1863) *Pflanzenleben der Donauländer*. Innsbruck.
- Hanke, H. (1935) Quartärgeologische Untersuchungen im Inneren Ötztal. *Jb. Geol.B.A.*, 85 (1/2): 191-223.
- Kuoch, R. (1965) Der Samenfall 1962/63 an der oberen Fichtenwaldgrenze im Sertigtal. *Mitt.schweiz.Anst.forstl.Versuchswesen*, 41: 63-85.
- Kutschera, W., Patzelt, G., Wild, E-M., Jettmar, B., Kofler, W., Lippert, A., Oeggel, K., Pak, E., Priller, A., Steier, P., Wahlmüller-Oeggel, N. & Zanesco, A. (2010) Early human presence at high altitudes in Europe: Radiocarbon dating at the Iceman site and other locations in the Ötztal Alps (im Druck).
- Magny, M., Leuzinger, U., Bortenschlager, S. & Haas, J-N. (2006) Tripartite climate reversal in Central Europe 5600 – 5300 years ago. *Quaternary Research* 65: 3-19.

- Mattes, H. (1982) Die Lebensgemeinschaft von Tannenhäher und Arve. Ber. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen 241: 1-74.
- Oeggel, K. (1998) Plant macrofossil record and recent vegetation along an altitudinal transect in a tree-line ecotone. Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck, Jahresbericht 1997: 71-83.
- Rybníček, K. & Rybníčeková, E. (1977) Mooruntersuchungen im Oberen Gurgltal, Ötztalere Alpen. Folia Geobot. Phytotax. 12: 245-291.
- Sarnthein, R. (1936) Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung I. Teil: Brennergegend und Eisacktal. Beih. bot. Centralbl., LV: 544-631.
- Vorren, K.-D., Morkved, B. & Bortenschlager, S. (1993) Human impact on the Holocene forest line in the Central Alps. Vegetation History and Archaeobotany 2: 145-156.

Verzeichnis des Autors

Sigmar Bortenschlager
Universität Innsbruck
Institut für Botanik
Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck, Österreich
Sigmar.Bortenschlager@uibk.ac.at