



DIE VEGETATIONSGESCHICHTE DES FELBER TAUERN

Bericht Juni, 2018 vorgelegt von
Petra Heidenwolf, MSc u. Prof. Mag. Dr. Klaus Oeggel



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
a. Untersuchungsgebiet.....	2
b. Klima.....	3
c. Geologie.....	3
d. Vegetation	4
Material und Methoden.....	6
a. Feldarbeit und Probenentnahme.....	6
b. Sedimentbestimmung	6
c. Pollenaufschluss und –preparation	6
d. Pollenidentifikation – und Quantifizierung	6
e. Radiokarbondatierung.....	6
f. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	6
Ergebnisse	7
a. Sedimentbestimmung	7
b. Radiokarbondatierungen	7
c. Definition der lokalen Pollen-Ansammlungs-zonen (lpaz):	7
d. Vegetationsentwicklung.....	9
e. Diskussion	10
f. Zusammenfassung.....	12
Abbildungsverzeichnis	13
Literatur- und Quellenverzeichnis	13



Einleitung

Spuren vergangener Saumwege im Nationalpark Hohen Tauern, die Teil eines transalpinen Wegnetzes waren, verweisen auf eine frühe Begehung des subalpinen und alpinen Gebirgsraumes. Zu den zahlreichen Durchzugswegen und Gebirgspässen gehören die bekannten Korntauern, Mallnitzer Tauern, Radstätter Tauern, Hoher Tauern, Krimmler Tauern, Rauriser Tauern, Kalser Tauern und Felber Tauern (Stadler 2003). Im Bereich des Felber Tauern, dessen zentrale Zone zwischen dem Tauernhaus-Spital (1169 m) auf der Salzburger Seite und dem Matrierer Tauernhaus (1551 m) in Osttirol liegt, wurde ein Teil des Übergangs am Nassfeld ausgewählt und durch Geländebegehungen archäologisch untersucht. Besonders im Trudental und oberhalb des Nassfeldes ist der alte Trassenbau sehr gut erhalten (Holdermann & Schmidl 2010). Archäologische Funde aus der Bronze- und Eisenzeit sind Indikatoren für eine prähistorische Nutzung des Gebietes, die sich wahrscheinlich bis in das Mesolithikum zurückverfolgen lässt. Anhand von Pollenanalysen eines Torfprofils aus dem Nassfeld soll die natürliche und anthropogene Vegetationsentwicklung am Untersuchungsgebiet erforscht werden, um Rückschlüsse auf die diachrone Entwicklung des Saumwegs zu erhalten.

a. Untersuchungsgebiet

Der Nationalpark Hohe Tauern (Österreich) ist mit über 1800 km² der größte Nationalpark der Alpen, dessen höchste Erhebung vom Großglockner (3798 m) gebildet wird. Als Felber Tauern wird ein 2460 m hoher Gebirgspass in den Hohen Tauern bezeichnet. Er stellt eine direkte Verbindung zwischen Mittersill im Pinzgau (Salzburg, Österreich) und Matrie im Osttirol (Österreich) dar. Dort befindet sich an der Nordabdachung der Alpenhauptkammes das Untersuchungsgebiet 'Nassfeld' (2071 m), ein unter Naturschutz gestelltes Feuchtgebiet mit relativ flacher Ausdehnung, das von Regen- und Schmelzwasser gespeist wird (Abb.1). In diesem Bereich wurde ein 160 cm langer Bohrkern für die pollenanalytische Untersuchung entnommen.



Abbildung 1: Untersuchungsgebiet. links oben: Übersichtskarte der Nationalparks in Österreich, Nationalpark Hohe Tauern (rotes Rechteck; Karte verändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Karte_Nationalparks_%C3%96sterreich.png); links unten: Nationalpark Hohe Tauern, Felber Tauern (rotes Rechteck), Nassfeld (schwarzer Punkt; Karte verändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Nationalpark_hohe_tauern.png); rechts oben: Nassfeld, Bohrkernentnahme (roter Pfeil, Foto: Schmidl 2009); rechts unten: Kartenausschnitt mit der näheren Umgebung des Nassfeld (BEV, bergfex.at 2008, 2015).



b. Klima

Das Tauernfenster (siehe 1.3 Geologie) bildet eine natürliche Barriere für aus Nord-Nordwest anströmende Luftmassen, wodurch es zu Staulagen kommt. Die nördlichen Gebiete sind somit niederschlagsreicher als die südlichen Hohen Tauern. Südlich des Hauptkammes kann von einem doppelten Lee-Effekt gesprochen werden, da die Südwestlagen nur in abgeschwächter Form anströmen und somit trockenere Klimaverhältnisse bestehen (Schiechtl & Stern 1985). Auf Grund des enormen Höhengradientens lässt sich das Gebiet der Hohen Tauern und Pinzgau in zwei Klimatypen unterteilen. Es besteht eine temperierte humide Zwischenalpenzone, VI(X)2, die eine sehr ausgeprägte, aber nicht lange andauernde kalte Jahreszeit mit mäßigem winterlichem Niederschlag aufweist (Pitschmann et al. 1974, Schiechtl & Stern 1985). Die Sommermonate sind hingegen reich an Niederschlag. Der Pinzgau weist einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von ca. 1000 mm auf. Die alpine Zone hingegen wird von einem arktischen Klimacharakter, IX(X), mit kurzer frostfreier Zeit und hohen Niederschlagswerten bestimmt (Pitschmann et al. 1974, Schiechtl & Stern 1985). Klimastationen auf der Schmittenhöhe (1958 m) und dem Mooserboden (1962 m) zeigen einen durchschnittlichen Jahresniederschlag, der bei 1459-1790 mm liegt, und die Jahresmitteltemperatur beträgt 1-1,2 °C (https://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm).

c. Geologie

Der Nationalpark Hohe Tauern wird vom sogenannten Tauernfenster durchzogen. Es handelt sich hierbei um eine geologische Bezeichnung für eine Region in den Zentralalpen Österreichs, in der westalpine, mesozoische Deckengruppen (Penninikum) unter älteren ostalpinen Deckeneinheiten nochmals auftauchen (Abb. 2; Pitschmann et al. 1974; Schiechtl & Stern 1985). Den untersten Komplex bildet das Venediger Deckensystem, welches sich wiederum aus dem Zentralgneis (Taurergneis), prägranitischen Serien und aus der postvariszischen Bedeckung zusammensetzt. Die Zentralgneise führen das sogenannte Tauerngold der Region Gastein-Rauris-Sonnblick (Schiechtl & Stern 1985).

Im südlichen Bereich, oberhalb der Venediger Decke, befindet sich ein schmales Band der Eklogit-Zone, welches nur den mittleren Teil des Tauernfensters durchzieht. Darüber folgen Schichten der Rote Wand-Modereck-Decke (Kurzawski & Sandmann 2011)

Die Glockner-Decke stellt die Sedimentbedeckung und Teile der ozeanischen Kruste eines Ozeanbeckens dar und besteht aus Kalkglimmerschiefern (Kurzawski & Sandmann 2011). Es wird zwischen einer oberen mesozoisch, kalkigen und einer unteren paläozoischen Schicht unterschieden (Schiechtl & Stern 1985). Auf die Schieferhülle folgt in südlicher Richtung die höher tektonische Einheit der Matreier Schuppenzone (Schiechtl & Stern 1985). Der Aufbau der Matreier Zone erfolgt durch ostalpine Schuppen (meist Trias-Sedimente), penninische mesozoische Sedimente (Kalkglimmerschiefer und kalkfreie Schiefer) und beinhaltet Linsen ozeanischer Krusten mit Grünschiefer und Serpentin (Kurzawski & Sandmann 2011).

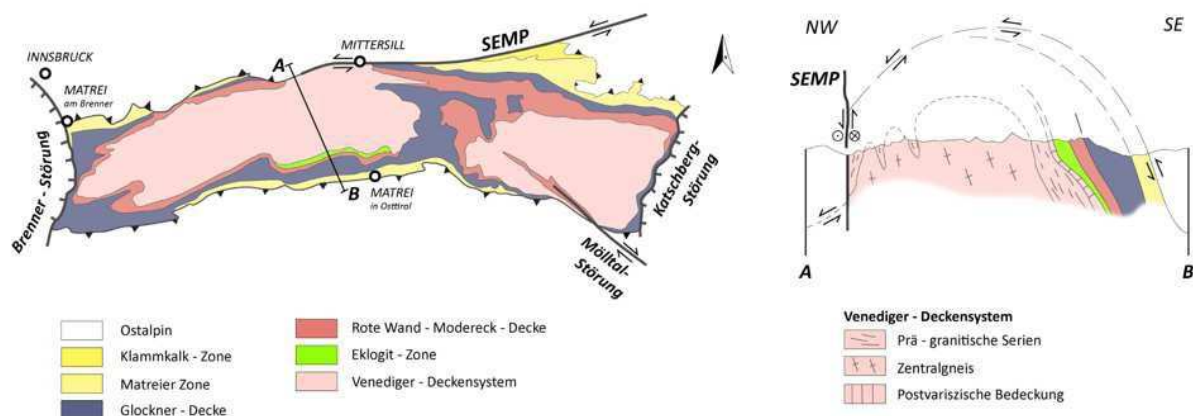


Abbildung 2: Tektonische Karte des Tauernfensters mit geologischem Nord-Süd-Profilschnitts. SEMP=Salzach-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Störung (Copyright © Uni Bonn, Erstellt von Robert Kurzawski, 02.08.2012).



d. Vegetation

Die Landschaft des Nationalpark Hohe Tauern wird von zwei großen Gebirgsgruppen, die Glockner- und die Venedigergruppe, geprägt. Die Vegetation passt sich den jeweiligen Umweltbedingungen wie Höhe, Untergrund (Gestein und Bodenverhältnisse), Geländere relief, Klima und mechanischen Kräften (Wasser, Muren, Lawinen) an, und dient als Maß für natürliche und anthropogene Veränderungen. Grundlegend für die Untersuchung vergangener Vegetationsverhältnisse ist die Kenntnis der aktuellen Vegetation (Abb. 3).

Das oberste Salzachtal bildet eine breite Tallandschaft, welche an den Sonnenhängen und am Talboden in Kultur genommen ist. Der Talboden ist auf Grund der geringen Neigung fast durchgehend vernässt, was wiederum die Bildung von Auwäldern (*Salicetum albae* und *Alnetum incanae*) entlang der Salzach bis Mittersill und entlang der Isel bis ins Matreier Becken begünstigt. Bergahorn-Eschenwälder (*Aceri-Fraxinetum*) können an feuchten, basenreichen Standorten vorkommen (Pitschmann et a. 1974). Buchenwälder, sowie Tannen- Fichtenwälder, sind nur sporadisch vorhanden. Weit verbreitet sind hingegen montane Fichtenwälder (*Piceetum montanum*), die bis in subalpine Lagen vordringen (*Piceetum subalpinum*). Zur Gewinnung ertragsreicher Almflächen und Bergmähder wurde der Baumbestand der unteren subalpinen Stufe drastisch dezimiert (Schiechtl & Stern 1985).

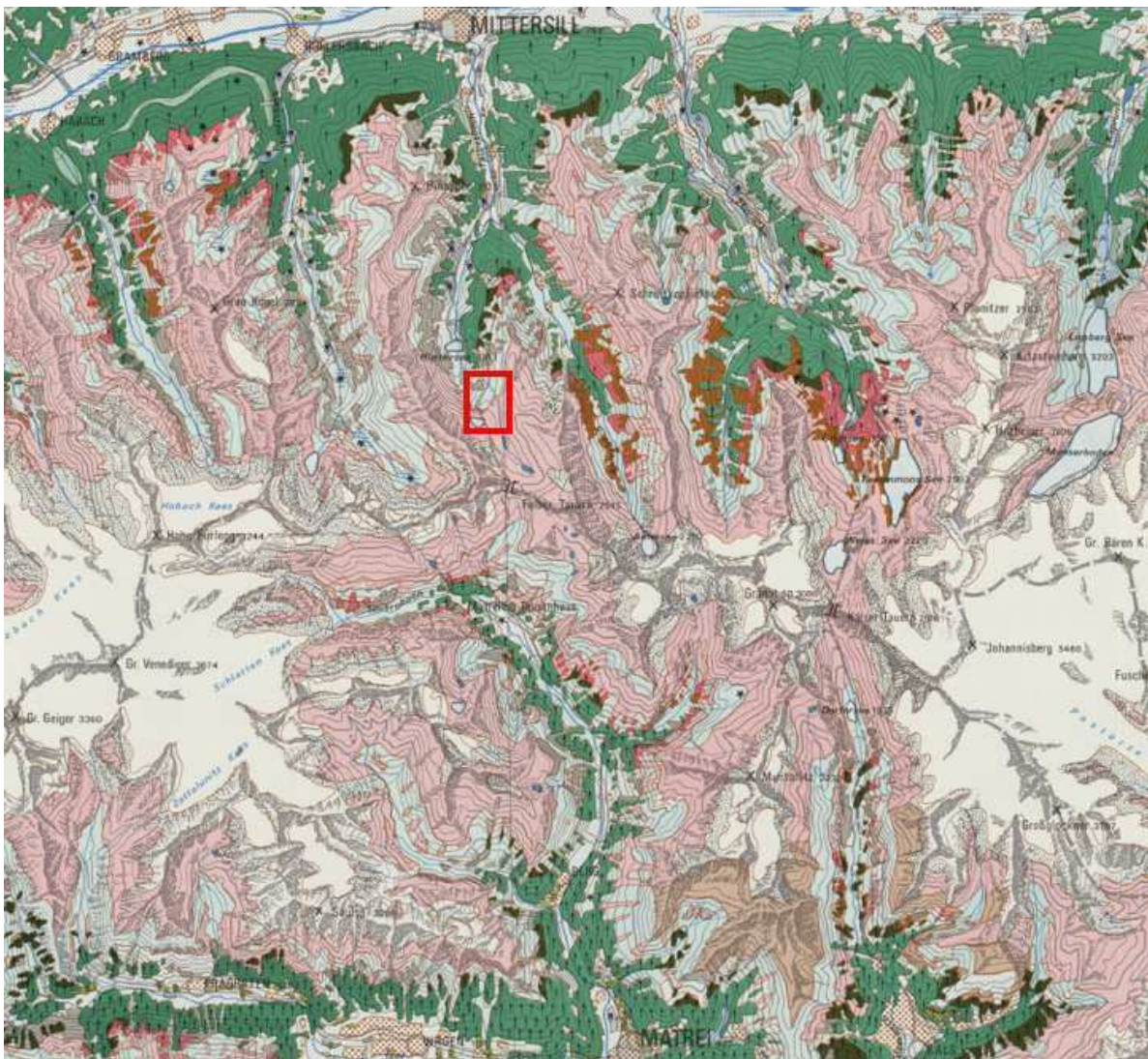






























Abbildung 3: Karte der Aktuellen Vegetation Tirols 1/100000, Teil 4: Blatt 8, Hohe Tauern und Pinzgau, rotes Rechteck markiert das Untersuchungsgebiet bei Nassfeld (verändert nach: Schiechtl 1974).

	Lärchen-Zirbenwald: <i>Larici-Pinetum cembrae</i> .		Gletscher.
	Subalpiner Lärenwald: <i>Laricetum vaccinietosum</i> .		Geröllablagerungen, vegetationslos.
	Subalpiner Fichtenwald: <i>Piceetum subalpinum</i> .		Hochmoore.
	Subalpiner Lärchen-Fichtenwald: <i>Larici-Piceetum subalpinum</i> .		Vernässungen, Niedermoore.
	Subalpine Augebüsche und Hochstauden.		See.
MONTANE STUFE			Silberweiden-Auwald.
	Montaner Lärchenwald: <i>Festuco-Laricetum</i> .		Grau Erlen-Auwald.
	Montaner Fichtenwald: <i>Piceetum montanum</i> .		Birken Hangwald.
	Montaner Lärchen-Fichtenwald: <i>Larici-Piceetum montanum</i> .		
	Tannen-Fichtenwald: <i>Abieti-Piceetum</i> .		
	Buchen-Tannenwald: <i>Abieti-Fagetum</i> .		
	Lärchen-Erika-Föhrenwald: <i>Larici-Erico-Pinetum silvestris</i> .		
	Ericka-Föhrenwald: <i>Erico-pinetum silvestris</i> .		
ALPINE STUFE			
	Alpine Grasheide, Schutt- und Felsvegetation; Schneetälchenvegetation auf Karbonatgestein: <i>Caricetum ferrugineae</i> und <i>firmae</i> , <i>Seslerio-Caricetum sempervirentis</i> , <i>Elynetum myosuroidis</i> , <i>Thlaspietum rotundifolii</i> , <i>Arabidetum caeruleae</i> , <i>Salicetum reticulatae</i> .		
	Alpine Grasheide, Schutt- und Felsvegetation; Schneetälchenvegetation auf Silikatgestein: <i>Festucetum halleri</i> (<i>Nardetum</i>), <i>Caricetum curvulae</i> , <i>Salicetum gerbaceae</i> , <i>Oxyrietum digynae</i> .		
	Zwergstrauchheiden auf Karbonatgestein: wie der subalpinen Stufe.		
	Zwergstrauchheiden auf Silikatgestein: wie in der subalpinen Stufe.		
SUBALPINE STUFE			
	Zwergstrauchheiden auf Karbonatgestein: <i>Rhododendretum hirsuti</i> , <i>Ericetum carnea</i> , <i>Dryadetum octopetalae</i> , <i>Salicetum waldsteinianae</i> , <i>glabrae</i> , <i>retusae</i> .		
	Zwergstrauchheiden auf Silikatgestein: <i>Rhododendretum ferruginei</i> , <i>Vaccinetum myrtilli</i> und <i>uliginosi</i> , <i>Callunetum</i> und <i>Nardetum</i> , <i>Loiseleurietum</i> .		
	Legföhren-Krummholz.		
	Zirbenwald.		

Die obere subalpine Stufe wird durch Zirben- (Pinetum cembra), Lärchen-Zirbenwälder Lariceto-Pinetum cembrae und Fichtenwälder (Piceetum subalpinum) geprägt. Eine Legföhren-Krummholz-Zone (Pinetum mugii) kommt auf basischen Gesteinen, aber vor allem auf Zentralgneis, wie im Amertal, Felbertal und Stubachtal vor und weist in diesen Gebieten einen geschlossenen Vaccinien- und Flechten-Untewuchs auf. In der subalpinen Zone wachsen vor allem Grünerlenbestände (Alnetum viridis) mit Beimischung von Großblattweide (Salix appendiculata) und Eberesche (Sorbus aucuparia). Die subalpinen Hochstauden sind Adenostylo-Cicerbiteta, mit großem Vorkommen von Weißer Germer (Veratrum album), Bunter Eisenhut (Aconitum variegatum), Blauer Eisenhut (Aconitum napellus), Tüpfel-Enzian (Gentiana punctata) und Ostalpen-Enzian (Gentiana pannonica). Bei den Zwergstrauchheiden handelt es sich auf schattig-humiden Standorten um Rhodoreto-Vaccinieta, Empetro- Vaccinieta und flechtenreiche Loiseleurieta (Pitschmann et al. 1974). Weiteres kommen im Hohen Tauern subalpine Weidegebüsche (Salicetum heleveticae) vor. An trockenen und sonnigen Hängen wachsen Zwergwacholder-Beerenträubel- und Besenheiden (Junipereto-Arctostaphyletum und Callunetum; Pitschmann et al. 1974).

Charakteristisch für die alpine Stufe sind alpine Grasheiden, Schutt- und Felsvegetation, sowie Schneetälchen, die durch lange Schneebedeckung und von einer kurzen Vegetationsperiode geprägt sind. Die Weideflächen sind vorwiegend Borstgrasweiden (Nardetum). (Pitschmann et al. 1974).



Material und Methoden

a. Feldarbeit und Probenentnahme

Die Bohrkernentnahme im Nassfeld (2071 m) erfolgte am 25.08.2009 durch Frau Dr. Alexandra Schmidl und Dr. Waltraud Moser-Schmidl mittels eines Bohrkerngehäuses ($\varnothing = 11$ cm). Der Bohrkern erfasst eine Mächtigkeit von 160 cm. Der Torfmonolith wurde bis zur Pollenanalyse in einer Tiefkühlzelle bei 4°C am Institut für Botanik, der Universität Innsbruck, zwischengelagert.

b. Sedimentbestimmung

Die Sedimentbestimmung erfolgte nach dem Charakterisierungssystem von Troels-Smith (1955).

c. Pollenaufschluss und -preparation

Für die Analyse des Pollenprofils wurden entlang der Sedimentationsrichtung in einem Abstand von 2,5 -3 cm ein definiertes Volumen von 1 cm³ aus dem Bohrkern entnommen. Jeder Probe wurde jeweils zwei Lycopodium-Tabletten (20.848 ± 1546 Sporen/Tablette) als Markersporen hinzugegeben. Die Zugabe von Markersporen vor dem chemischen Aufschluss dient der Kalkulation von Pollenkonzentrationen (Stockmarr 1972). Anschließend erfolgte das Acetolyse-Verfahren nach Erdtmann (1960). Die Proben wurden nach dem Acetolyse-Verfahren mehrmals gewaschen (5-6 Waschschrte mit destilliertem Wasser) und mit 5 Tropfen Glycerin vermenegt. Vor der Fertigung von mit Safranin gefärbten Dauerpräparaten erfolgte eine 24 stündige Entwässerung im Trockenschrank bei 90-95°C.

d. Pollenidentifikation – und Quantifizierung

Die Identifikation der Pollen erfolgte unter dem Lichtmikroskop (Vergrößerung 400x, in kritischen Fällen 1000x mit Phasenkontrast) und die Quantifizierung mittels OPC-Online Pollen Counter-v1.6. Als Bestimmungsliteratur dienen die Identifikationsschlüssel von Faegri und Iversen (1989), Beug (2004) und Hesse et al. (2009). Weiteres wurde für die Pollenidentifikation die umfangreiche rezente Pollenvergleichssammlung am Institut für Botanik verwendet.

e. Radiokarbondatierung

Die Radiokarbondatierungen wurden am Klaus-Tschira-Archäometrie-Zentrum des Curt-Engelhorn Zentrums Archäometrie an der Universität Heidelberg durchgeführt. Die Auswahl der Probenpunkte erfolgte nach ersten orientierenden Pollenanalysen. Kriterien waren signifikante Veränderungen in der Pollenzusammensetzung der Straten, die auf Vegetationsveränderungen schließen lassen.

f. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Für die Auswertung und Darstellung der pollenanalytischen Ergebnisse in Kurven- Schattenriß- Diagrammen wurde die Software FAGUS 5.1 (entwickelt am Institut für Botanik, Innsbruck) verwendet. Zur besseren Lesbarkeit der Diagramme wurden die Pollenstraten mit gleicher Fossilführung in lokale Pollenakkumulationszonen (lpaz) nach Cushing (1967) gegliedert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Software SPSS (IBM SPSS Statistics 24) und die Darstellung der Grafiken erfolgte mittels OriginPro (OriginLab 2015) und Microsoft Excel (2013).



Ergebnisse

a. Sedimentbestimmung

Die Mächtigkeit des Bohrkerns beträgt 160 cm, wobei eine Stauchung von 45 cm eingerechnet ist (Tab. 1, Abb. 4).

Tiefe (cm)	Sedimentbestimmung nach Troels-Smith (1955)	Torfklassifizierung
0-40	Turfa bryophyta Tb 1, Turfa herbacea Th 3	Braunmoos-Radizellentorf
40-54	Turfa herbacea Th 1, Detritus herbosus Dh 3	Cyperaceen-Radizellentorf
54-94	Turfa herbacea Th +, Detritus herbosus Dh 4	Cyperaceen-Radizellentorf
94-160	Detritus granosus Dg 4	Radizellentorf

Tabelle 1: Sedimentbestimmung des Bohrkerns am Nassfeld (Felber Tauern, Österreich) nach Troels Smith (1955).

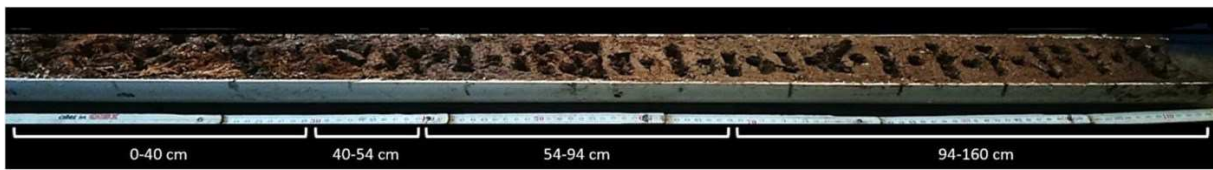


Abbildung 4: Bohrkern am Nassfeld (Felber Tauern, Österreich)

b. Radiokarbondatierungen

Für die Radiokarbondatierungen wurden nach der Sedimentbestimmung und pollenanalytischen Untersuchung drei Proben entnommen. Die Basisdatierung stammt von einem Holzstück aus 144 cm Tiefe und wurde auf ein 14C-Alter von 3054 ± 20 BP bestimmt. Für die zweite Probe wurde Radizellen-Torf in 80 cm entnommen und auf ein 14C-Alter von 2109 ± 19 BP datiert. Die dritte Probe wurde in 40 cm Tiefe aus Braunmoos-Radizellen-Torf entnommen und weist 14C-Alter von 1875 ± 18 BP auf. Die auf siderische Jahre kalibrierten Daten sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Probentiefe (cm)	Material	14C Alter [yr BP]	±	$\delta^{13}C$ AMS [‰]	Cal 1-sigma	Cal 2-sigma	C [%]
40	Torf	1875	18	-20,8	cal AD 81 - 201	cal AD 77 - 213	40,3
80	Torf	2109	19	-30,8	cal AC 173 - 103	cal AC 194 - 56	45,4
144	Holz	3054	20	-30,4	cal AC 1383 - 1276	cal AC 1396 - 1235	44,7

Tabelle 2: Radiokarbondatierungen. Die Messungen sind als 14C-Alter BP (before present), folglich vor 1950, angegeben. Die 14C-Alter sind auf $\delta^{13}C = -25$ ‰ normiert. Die Ergebnisse der Kalibrierung auf siderische Jahre sind in den beiden Spalten "Cal -1-sigma" und "Cal -2-sigma" angegeben mit entsprechenden 1-sigma und 2-sigma Fehlern der 14C-Alter.

c. Definition der lokalen Pollen-Ansammlungs-zonen (lpaz):

Das Pollendiagramm (siehe Anhang) zeigt die prozentuale Zusammensetzung des Baumpollen- und Nicht-Baumpollenanteils, sowie das Vorkommen von Holzkohlepartikel (unterschiedlicher Größe), Wasserpflanzen und Sporen. Das Pollendiagramm wird zu Interpretationszwecken und zur besseren Veranschaulichung der Daten in lokale Pollenansammlungs-zonen (lpaz=local pollen assemblage zones nach Cushing, 1963) gegliedert.

lpaz 1: Picea-Alnus Zone


Tiefe: 156,8-133,7 cm

Ablagerung: Radizellentorf

Zeitstellung: Subboreal p.p.; Bronzezeit p.p.

Obergrenze: Anstieg von *Alnus alnobetula* und monoleten Sporen zum 1. Maximum

Die lpaz 1 wird durch ein hohes Vorkommen von *Picea* (Fichte) bestimmt. Deren Anteil schwankt zwischen 30 und 50 %. *Alnus* (Erle) ist mit geringeren Werten von 10-15 % vertreten. Einen konstanten Kurvenverlauf bilden *Pinus* (Kiefer),



Abies (Tanne) und Fagus (Buche), deren Anteil zwischen 5-10 % beträgt. In den Tiefenstufen 144 und 137,2 cm zeigt die Fagus-Kurve zwei Gipfel mit Werten von 10 bis knapp 15 %. Weiters sind Betula (Birke) und Corylus avellana (Hasel) mit Werten von 5 % vorhanden.

Unter den Nicht-Baumpollen sind vor allem Poaceae (Süßgräser) mit Höchstwerten von bis zu 25 % vertreten. Die Cyperaceae (Sauergräser) kommen mit durchschnittlich 30% vor. Ein vermehrtes Aufkommen von Cichoriaceae (Korbblütler) und Rannunculus acris- Typ (Hahnenfuß-Typ) ist deutlich erkennbar. Es können vereinzelt subalpine Weide- (Campanula/Phyteuma-Typ (Glockenblumen-Teufelskrallen-Typ), Urticaceae (Brennnesselgewächse), Rumex acetosalla-Typ (Sauerampfer-Typ), Plantago alpina-Typ (Alpenwegerich-Typ), Gentianaceae (Enziangewächse)) und Siedlungszeiger (Artemisia sp. (Beifuß-Typ), Chenopodiaceae-Typ (Gänsefußgewächse-Typ), Plantago alpina-Typ, Rumex acetosa-Typ, Urticaceae) nachgewiesen werden.

Lpaz 2: Alnus-Picea Zone

Tiefe: 133,7 □ 88,2 cm

Ablagerung: Radzellentorf p.p., Cyperaceae-Radzellentorf p.p.

Zeitstellung: Subboreal p.p.; Subatlantikum p.p., Bronzezeit, Eisenzeit p.p.

Obergrenze: Rückgang von Alnus auf 5%, Anstieg von Picea auf >50%

Die Pollenzone beginnt mit einem erhöhten Anteil von Alnus (Erle) bis zu knapp 40 %. Bei 123,2 cm Tiefe fallen die Alnus-Werte auf 15 % und steigen bei 116,2 cm wieder auf ca. 40 % an. Im weiteren Kurvenverlauf schwanken die Werte zwischen 20 und 30 %. Am Ende der Pollenzone sinkt der Alnus-Anteil auf 5 %. Picea (Fichte) ist weiterhin die dominante Art. Allerdings ist der Kurvenverlauf von mehreren kleinen Einbrüchen geprägt. Die Werte von Picea (Fichte) liegen zwischen 25-50 %. Pinus (Kiefer), Abies (Tanne) und Fagus (Buche) weisen weiterhin einen konstanten Kurvenverlauf im Bereich von 5 % auf. Die Werte von Pinus (Kiefer) steigen gegen Ende der Pollenzone leicht an. Betula (Birke) und C. avellana (Hasel) sind in geringfügigen Werten vorhanden.

Unter den Nicht-Baumpollen sind die Cichoriaceae mit Werten bis zu 5 % vertreten. Poaceae (Gräser) sind regelmäßig mit Werten von 15-20 % vorhanden. Die Kurve der Cyperaceae (Sauergräser) schwankt zwischen 10 und 20 %, wobei zu Beginn der Pollenzone 23 % und am Ende der Pollenzone bei 92,4 cm Tiefe ein Höchstwert von 64 % erreicht wird. In der Tiefe von 12,7 cm tritt der erste Cerealia-(Getreide)Pollen auf. Subalpine Weidezeiger (Campanula/Phyteuma-Typ, Urticaceae, Rumex acetosalla-Typ, Plantago alpina-Typ und Gentianaceae) sind als Einzelfunde vorhanden und bilden auch in Summe keine geschlossene Kurve. Weiters nimmt auch der Eintrag an Siedlungszeigern (Artemisia sp., Chenopodiaceae- Typ, Plantago lanceolata-Typ, Plantago alpina-Typ, Rumex acetosa-Typ, Urticaceae) ab. Auffallend ist zu Beginn der Pollenzone ein erhöhter Eintrag monoleter Sporen. Deren Anteil beträgt zunächst über 30 % und fällt anschließend am Ende der Lpaz 2 auf 10 %.

Lpaz 3: Picea-Alnus-Pinus Zone

Tiefe: 88,2 □ 1,4 cm


Ablagerung: Cyperaceae-Radzellentorf p.p., Braunmoos-Radzellentorf p.p.

Zeitstellung: Subatlantikum p.p.; Eisenzeit p.p., Römerzeit, Mittelalter, Neuzeit

Obergrenze: Geländeoberkante

Die Lpaz 3 wird durch einen unregelmäßigen Kurvenverlauf mit hohen Picea-Werten charakterisiert. In den Tiefenstufen von 88,2-75,6 cm und 30,8-28 cm erreicht Picea (Fichte) ihre Höchstwerte von bis zu 60 %. Dazwischen finden sich abrupte Einbrüche im Kurvenverlauf, in den Tiefenstufen von 75,6 und 56,7 cm sinken die Werte auf unter 30 %. Nahe der Geländeoberkante, am oberen Ende der Pollenzone, liegen die Picea-Werte bei 40 %. Die Werte von Alnus (Erle) betragen am Anfang der Pollenzone 5 % und bleiben bis 53,4 cm Tiefe konstant im Bereich von 5-10%. Darauf folgen zwei Gipfel in der Alnus- Kurve. Bei 50,4 cm erreichen die Alnus-Werte 25 % und bei 42,7 cm knapp 40 %. Nach dem erhöhten Alnus- Anteil fallen die Werte auf 15 %. In einer Tiefe von 16,8 cm steigen die Werte erneut auf bis zu 20 % und sinken anschließend auf 10 %. Die Pinus-, Betula und Fagus-Kurve verläuft konstant bei Werten von 5 bis 10 %. Der Abies-Anteil verringert sich bereits in einer Tiefe von 42,7 cm und sinkt ab 23,8 cm auf unter 5 %. Betula erreicht in den Tiefen 75,6 und 53,2 cm knapp 10 %. Weiters ist eine vermehrte Präsenz von Corylus avellana zu beobachten.

In 50,4 cm Tiefe tritt der erste Juglans (Walnuss) Pollen auf; in einer Tiefenstufe von 36,4 cm kommt zudem der erste Castanea sativa (Kastanie) Pollen vor und ist bis zur Geländeoberkante stetig vorhanden.



Die Poaceae (Gräser) zeigen einen konstanten Kurvenverlauf zwischen 10 und 20 %. In den Tiefenstufen von 88,2 bis 42,7 cm beträgt der Anteil der Cyperaceae (Sauergräser) 20 und 50 %. In 39,2 cm kommt es zu einem Einbruch in der Cyperaceae-Kurve auf unter 5 %. Darauf kommt es erneut zu einem Anstieg auf bis zu 58 %. In den Tiefenstufen von 23,8 cm und 9,8 cm werden Höchstwerte von bis zu 85 % erreicht. Bis hin zur Oberflächenkante sinken die Werte auf 37 %.

In der gesamten Ipaz 3 steigt die Anzahl der Weide- (Campanula/Phyteuma-Typ, Urticaceae, Rumex acetosalla-Typ, Pantago alpina-Typ und Gentianaceae) und Siedlungszeiger (Artemisia sp., Chenopodiaceae-Typ, Plantago lanceolata-Typ, Plantago alpina-Typ, Rumex acetosa-Typ, Urticaceae). Im Bereich von 67,2 cm erreicht der Ranunculus acris-Typ einen Anteil von knapp 15 %. Die Cerealia-Pollen bilden eine durchgehende Kurve. In einer Tiefe von 42,7-39,2 cm ist erneut ein sehr hohes Vorkommen mit bis zu 41 % an monoleten Sporen dokumentiert.

d. Vegetationsentwicklung

Im Pollendiagramm aus dem Nassfeld ist die Vegetationsentwicklung ab der mittleren Bronzezeit erfasst. Den Hauptbestandteil der Baumpollen stellt die Fichte (*Picea abies*), die damit den subalpinen Fichtenwald repräsentiert. Die nahe Lage zur Waldgrenze wird durch hohe Prozente der Gräser (Poaceae) reflektiert. Einzelne Grünerlen (*Alnus alnobetula*) und Birken (*Betula* sp.) kommen in der Umgebung vor. Der Kiefern-Pollen (*Pinus* sp.) bzw. jener von der Zirbe (*P. cembra*) dürfte von lokalen singulären Individuen stammen oder ist von der Südabdachung eingeweht. Dasselbe gilt für die Lärche (*Larix decidua*), die aufgrund ihrer großen und schweren Pollen im Pollenspektrum stets unterrepräsentiert ist, aber trotz des geringfügigen Eintrags, ein wesentlicher Teil der subalpinen Waldgesellschaft ist. Ebenfalls in der Ipaz 1 ist ein konstanter Kurvenverlauf der Tanne (*Abies alba*) und Buche (*Fagus sylvestris*) bei geringen Werten (5 – 10%) zu erkennen. Es handelt sich allerdings um Ferntransport der Pollen dieser beiden mesophilen Arten aus den tiefergelegenen Tallagen. Kurz zusammengefasst war demnach das Moor am Nassfeld in der mittleren Bronzezeit (Ipaz 1) von alpinen Grasmatten umgeben. Die Waldgrenze mit Fichte (*Picea*) und einzelnen Lärchen (*Larix*) war in unmittelbarer Nähe.


Die Weidezeiger wurden nach Festi et al. (2014) definiert. Es wird hierbei zwischen montanen (Artemisa-Typ, Plantago lanceolata-Typ, Chenopodiaceae und Cichoriaceae) und subalpinen Weidezeiger (Rhinanthus-Typ, Geum-Typ, Campanula/Phyteuma-Typ, Rumex acetosella-Typ, Pantago alpina-Typ und Gentianaceae) unterschieden. Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf 2071 m, folglich wurden die subalpinen Weidezeiger herangezogen. Als Siedlungszeiger, die Hinweise auf anthropogene Störung der Vegetation liefern, gelten die Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae) ebenso wie die Brennnesselgewächse (Urticaceae). Zusätzlich sind der Spitzwegerich (Plantago lanceolata-Typ) und der Alpen-Wegerich (Plantago alpina T.) Indikatoren für die Präsenz des Menschen am Felber Tauern.

Der niedrige prozentuale Anteil der Weide- und Siedlungszeiger in Ipaz 1 weist auf eine extensive anthropogene Nutzung der subalpinen Grasmatten und wahrscheinlich auf eine Nutzung des Saumweges hin.

Am Beginn der Ipaz 2 gehen die Prozentwerte der Tanne (*Abies*) und Buche (*Fagus*) zurück, was durch die Ausbreitung der Erle (*Alnus alnobetula*) bedingt ist. Dadurch besteht ein erhöhter Eintrag von lokalen Gehölzen wie Erle (*Alnus*), Wacholder (*Juniperus* sp.) und Heidekrautgewächsen (Ericaceae), der die Manifestation des Anteils aus dem Fernflug im Pollendiagramm mindert. Nichtsdestotrotz werden in dieser Ipaz 2 die ersten Cerealia-Pollen aus dem Fernflug stammend registriert. Sie verweisen auf eine Siedlungsaktivität im Talboden.

In Ipaz 2 sind Heidekrautgewächse (Ericaceae) und Wacholder (*Juniperus* sp.) und Gräser (Poaceae) stärker als in Ipaz 1 vorhanden. Diese Taxa sind typisch für subalpine Zwergstrauchheiden. Der hohe Eintrag an Sauergrasgewächse (Cyperaceae) wird dadurch bedingt, dass Sauergräser zum einen auf feuchten Standorten vorkommen, aber zum anderen muss mit einem Eintrag von Cyperaceae-Pollen auch aus dem in der subalpinen Stufe häufigen Krummseggenrasen (*Curvuletum*) gerechnet werden.

Der Anteil der subalpinen Weidezeiger geht am Beginn der Ipaz 2 ebenso zurück wie die Siedlungszeiger, was für eine Unterbrechung der Nutzung der subalpinen Lagen spricht. Anschließend (um 1000 AC) steigen in Ipaz 2 für ca. 200 Jahre die Gräser synchron mit den Siedlungs- und Weidezeigern und lassen auf eine neuerliche Nutzung der Hochflächen durch den Menschen schließen.



Ab 700 AC sind die Gräser rückläufig und die Fichte (*Picea*) breitet sich aus. Dies reflektiert eine Regeneration des subalpinen Fichtenwaldes. Zugleich nehmen die Weidezeiger ab und erreichen im 6. Jh. AC einen Tiefststand. Die Siedlungszeiger hingegen bleiben mehr oder weniger gleich bis ins 4. Jh. AC. Das bedeutet, dass die Weidenutzung nur kurz dauert und dann beendet wird, während offenbar vorerst der Saumweg weiter - wenngleich nicht mehr so intensiv - genutzt wurde.

Am Ende der Ipaz 2 (um 300 AC) spiegelt das Maximum der Fichte (*Picea*) eine Ausbreitung des subalpinen Fichtenwaldes wider. Ein anthropogener Einfluss ist nicht mehr nachweisbar, d.h. dass wenn überhaupt die Begehung des Saumweges nur noch sporadisch erfolgte.

Am Beginn der Ipaz 3 (3. Jh. AC) liegt das Moor im Bereich der Waldgrenze, worauf die hohen *Picea*-Werte in 88,2 cm Tiefe hinweisen. Bereits am Beginn des 2. Jh. AC erreichen die Siedlungszeiger wieder Werte wie in der Mittelbronzezeit, was auf eine neuerliche Begehung der subalpinen Stufe hinweist. Etwas zeitlich versetzt (im späten 2. Jh. AC) bricht die Kurve der Fichte (*Picea*) ein, es breiten sich die Gräser und die Weidezeiger wieder aus, was für ein neuerliches Einsetzen der Weidenutzung spricht. Diese Nutzung hält bis in das 2. Jh. AD an und wird dann unterbrochen.

Im 4. Jh. AD breitet sich die Fichte (*Picea*) wieder aus, was auf einen Anstieg der Waldgrenze hinweist. Nach dem Zeit-Tiefen-Modell fällt das Fichtenmaximum in die Völkerwanderungszeit und das Frühmittelalter. Am Beginn dieser Phase - im 4. Jh. AD - breiten sich auch die Weide- und Siedlungszeiger wieder aus, was für eine Weidewirtschaft und Begehung des Passes spricht. Doch schon am Ende des 5. Jh. AD hört die Beweidung auf. Nach dem Verlauf der Siedlungszeiger zu schließen, hält eine Begehung des Saumweges aber bis ins 7. Jh. AD an. Dann folgt eine neuerliche Unterbrechung bis ins 9. Jh. AD. Von da an erfolgt eine kontinuierliche Nutzung der Hochflächen als Weidegebiet. Dies wird durch den Rückgang der Fichte (*Picea*) und die Ausbreitung der Gräser (*Poaceae*), Weide- und Siedlungszeiger bestätigt.

e. Diskussion

In historischer Zeit wurde der Felber Tauern als Gebirgspass hauptsächlich für den Warentransport mit geführten Saumtieren genutzt. Hingegen erfolgte über den Alten Tauern der Viehtrieb, da er mehrere größere Grasflächen und eine moderate Steigung aufweist (Holdermann & Schmidl 2010). Die Pollenanalyse am Nassfeld kann dazu beitragen, die Nutzung des subalpinen Gebirgspasses Felber Tauern ab der Bronzezeit zu rekonstruieren. Die Massenausbreitung der Fichte (*Picea*) hat bereits im Atlantikum (7.270 - 3.710 AC) stattgefunden und bewirkt, dass Kiefernarten (*P. sylvestris*, *P. cembra*, *P. mugo*) verdrängt wurden oder wenn möglich in höher gelegene Gebiete wanderten. Die Dominanz der Fichte (*Picea*) lässt die untersten Tiefenstufen (Ipaz 1) des Pollendiagramms zeitlich in das Subboreal (3.720 - 450 AC) einordnen. Die Waldgrenze der inneren Ostalpen erreichte an der Wende des Atlantikums zum Subboreal je nach Exposition ihren höchsten Stand bei ca. 2200 \square 2400 m (Kral 1993). Die Fichten-Kurve wird bereits zu Beginn des Pollenprofils von der Tanne (*Abies alba*) und Buche (*Fagus sylvestris*) begleitet. Der Eintrag dieser beiden mesophilen Baumarten kann bereits als ein Zeichen für zunehmend kühlere und feuchtere Klimabedingungen gedeutet werden (Huntley & Birks 1983).

Ab der Bronzezeit lässt sich am Nassfeld ein menschlicher Einfluss in Form von Weidewirtschaft nachweisen. Eine Hochlagennutzung zeigt sich auch in Pollenprofilen der nördlichen Hohen Tauern, sowie in den südlichen Niederen Tauern (Kral 1995; Schmidt et al. 2009). Auch im Bereich des Mölltales gibt es Hinweise auf eine spätbronzezeitliche Weidewirtschaft (Kral 1985), womit es sich um ein regionales Phänomen handelt. Die ersten Cerealia-Funde in 112,7 cm Tiefe, die über den Fernflug in das Moor gelangten, weisen auf mittelbronzezeitliche Siedlungsaktivitäten in den Tallagen hin. Diese Nutzung alpiner Gebirgsräume hält nicht kontinuierlich an, sondern wird durch klimatisch ungünstige Phasen unterbrochen.

In analysierten Profilen der nördlichen Hohen Tauern lässt sich ein Zusammenhang zwischen Fichten- (*Picea*) und Grünerlen (*Alnus alnobetula*)-Gipfel mit Klimaschwankungen herstellen (Kra 1981). Im "Zitterauer Moor" folgt auf jeden Fichten-Maximum ein Hochstand und auf jeden Grünerlen-Maximum ein Tiefstand der Waldgrenze, die einer Kaltphase zugeordnet werden. Diese Ausbreitung der Grünerle wird daher mit Klimaschwankungen in Verbindung gebracht. Derartige Phasen ungünstiger Klimabedingungen führen auch zu einem Rückgang der Siedlungsaktivitäten, was durch das geringe Vorkommen von Kulturzeigern und durch mehrere pollenanalytische Untersuchungen (Bortenschlager & Paltzelt 1969; Kral 1981, 1985, 1988) untermauert wird. Die Schwankungen im Kurvenverlauf der

Grünerle (*Alnus alnobetula*) im Pollendiagramm, sowie jene der Siedlungs- und Weidezeiger lassen sich am Nassfeld in Zusammenhang mit Klimaparametern, die das Klima der letzten 4000 Jahre reflektieren, bringen (Abb. 5). So liefert die Hochwasserrate -abgeleitet aus sedimentologischen Untersuchungen vom Mondsee (Swierczynski et al. 2013) - Hinweise für feuchtere Klimabedingungen in der Vergangenheit (Abb. 5 B). Humide Klimaabschnitte führen zu einer vermehrten Ausbreitung der Grünerle (*Alnus alnobetula*) zwischen 1100 und 800 AC, sowie 200 und 1200 AD (siehe Pollendiagramm und Abb. 5B). In Kombination mit kühleren Temperaturen (Abb. 5 C) wirkt sich das negativ auf die Nutzung des Gebirgspasses aus, was in der synchronen Abnahme der Weide- und Siedlungszeiger nachvollzogen werden kann (Abb. 5 A). Darüber hinaus sind zunehmende Überschwemmungsereignisse um 1300 AC und 500 AC dokumentiert, die in den letzten 500 Jahren hauptsächlich während der Vegetationsperiode (Sommer und Herbst) stattfanden (Swierczynski et al. 2013; Wirth et al. 2013). Diese hydro- klimatischen Extremereignisse werden mit der Abkühlung der nördlichen Hemisphäre in Zusammenhang gebracht, die in den Alpen eine Ausdehnung der Gletscher, sowie ein Absenken der Waldgrenze im späten Holozän bewirkten (Swierczynski et al. 2013; Solomina et al. 2014).

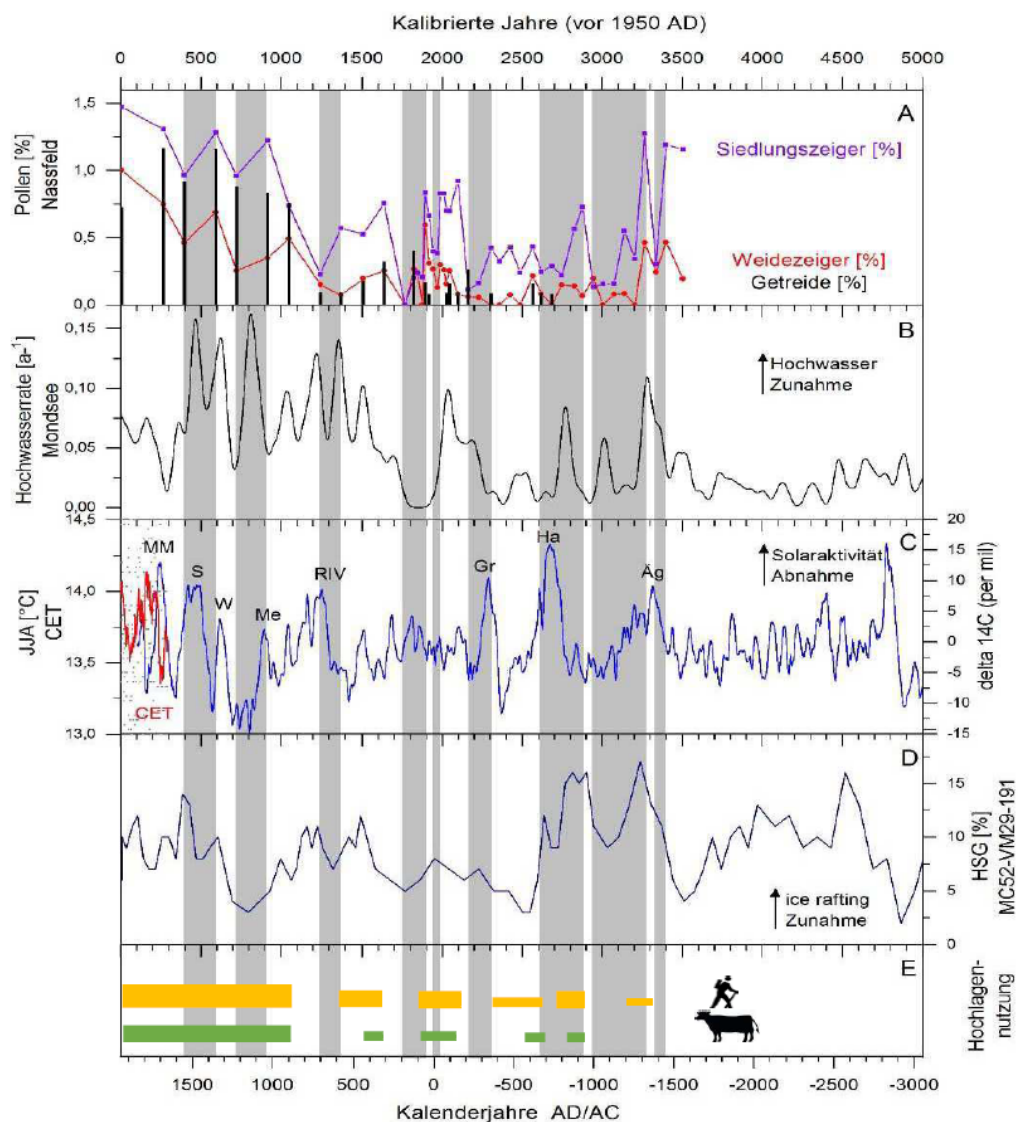



Abbildung 5: Pollenanalytische Untersuchung der A) Siedlungs- und Weidezeiger (%) am Nassfeld (Felber Tauern, Österreich) im Zusammenhang mit der B) Hochwasserrate (a-1) am Mondsee (Swierczynski et al. 2013), C) der Solaraktivität mit C14- Kurve (delta 14 C per mil; Reimer et al. 2004) und Angabe der absoluten Minima: ÄG = ägyptisches Minimum; Ha = Hallstadt Minimum; Gr = Griechisches Minimum; R IV = Römisches IV Minimum; Me = Mittelalterliches Minimum; W = Wolf Minimum; S = Spörer Minimum und MM = Maunder Minimum (Eddy 1976 & 1977; Stuiver & Kra 1986; Stuiver & Braziunas 1988), d) CET (central england temperature; °C), D) der Zu- und Abnahme des ice rafting (HSG %=hematite stained grains, Bond et al. 2001) und E) zeitliche Nutzung der Hochlagen des Felber Tauern; Siedlungszeiger (gelbe Balken); Weidezeiger (grüne Balken). Die grauen längs Balken entlang der Grafik sind eine optische Hilfe zur Erkennung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parameter.



Zusätzliche Proxy-Daten können die Phasen mit Klimaungunst bestätigen. So korreliert der $\delta^{14}\text{C}$ -Gehalt der Atmosphäre mit der Sonnenfleckenaktivität bzw. mit der Temperatur auf der Erde. Eine geringe solare Aktivität verursacht einen Anstieg des $\delta^{14}\text{C}$, welches in der oberen Atmosphäre als Resultat eindringender galaktischer kosmischer Strahlung produziert wird. Dies bewirkt eine Abnahme der Temperatur auf der Erde (Eddy 1976, 1977). Dadurch können Temperatur Minima in der Vergangenheit rekonstruiert werden, die jeweils einer historischen Kulturepoche zugeordnet werden (Abb. 5 C): Ägyptisches Minimum (Äg; 1260-1420 AC), Hallstatt Minimum (Ha; 820-640 AC), Griechisches Minimum (Gr; 440-360 AC), Römisches IV Minimum (R IV; AD 640-710), Mittelalterliches Minimum (Me; AD 1120-1280), Wolf Minimum (W; AD 1282-1342), Spörer Minimum (S; AD 1400-1510) und Maunder Minimum (MM; AD 1640-1710; Eddy 1976 & 1977; Stuiver & Kra 1986; Stuiver & Braziunas 1988). Die Maunder und Spörer Minima liegen hierbei genau in den extremen Kältephasen der Kleinen Eiszeit (Eddy 1977).

Weiters werden Kaltphasen von Eisvorstößen des Grönlandeises begleitet. Dies führt zu sogenanntem "ice-rafting", bei dem Eisberge von den vorrückenden Gletschermassen abbrechen und in den Nordatlantik driften. Beim Abschmelzen kommt zu einem zusätzlichen Eintrag von "Eisberg-Sedimenten", die durch die Gletschertätigkeit abgetragen und anschließend durch die Eisberge verschleppt wurden (Bond 2001). Eine Zunahme in der HSG (hematite stained grains)-Kurve (Abb. 5 D) deutet auf einen erhöhten Eintrag an Sedimenten durch Eisberge im Nordatlantik hin, bedingt durch eine Abnahme der Temperatur (Bond 2001).

Diese Klimaparameter werden in Abbildung 5E mit den Werten der Weide- und Siedlungszeiger in Bezug gebracht. Die Weide- und Siedlungszeiger fungieren als ein Maß für die menschliche Aktivität entlang des Saumweges am Felber Tauern seit der Mittelbronzezeit. Bis in die Römerzeit ist eine Unterbrechung der Weide- und Siedlungszeiger mit Einsetzen einer Klimaungunst nachweisbar. Wie am Beispiel der Bronzezeit gezeigt werden kann, enden oftmals die Weidezeiger früher als die Siedlungszeiger. Somit bleibt die Nutzung des Saumweges in den Anfängen von ungünstigen Klimaphasen noch aufrecht, während die Weide schon früher aufgegeben wird. Ab der Römerzeit bzw. dem Mittelalter scheint das Klima keinen Einfluss mehr auf die Nutzung des Übergangs zu haben. Dies darf allerdings nicht überbewertet werden, da die zeitliche Aufschlüsselung der Vegetationsentwicklung in diesem jüngsten Abschnitt geringer als während der Latène- bzw. Römerzeit ist. Die Korrelation mit Klimaparametern könnte durch eine feinstratigraphische Pollenanalyse der Torfsequenzen und durch eine Verbesserung des Zeit-Tiefen-Modells durch mehr Radiokarbondatierungen genauer evaluiert werden.

f. Zusammenfassung

Das Pollendiagramm aus dem Nassfeld entlang des Saumweges auf dem Felber Tauern spiegelt die Vegetationsentwicklung und Landnutzung ab der Bronzezeit wider. Die Hochlagenutzung wird durch einen erhöhten Eintrag alpiner Weide- und Siedlungszeiger dokumentiert. Bereits in der Mittelbronzezeit werden die Zwergstrauchheiden und alpinen Rasen um das Naßfeld höchstwahrscheinlich als Hochweide genutzt. Parallel dazu lassen Siedlungszeiger auch eine Begehung des Alpenübergangs vermuten. Am Beginn der Urnenfelderzeit (ca. 1200 AC) kommt es durch eine Klimaungunst zum Erliegen der anthropogenen Nutzung. Im Anschluss lassen sich weitere 5 Nutzungsphasen differenzieren. Die Unterbrechungen der Siedlungsaktivität (Begehung) und Weidewirtschaft korreliert bis zur Römerzeit mit Klimaparametern, die auf kühlere und/oder feuchtere Phasen hinweisen. Ab dem Mittelalter ist der zeitliche Aufschluss des Torfprofils zu grob, so dass die Schwankungen der Siedlungs- und Weidezeiger vorerst nicht mehr signifikant mit den Klimaparametern in Zusammenhang gebracht werden können.



Abbildungsverzeichnis

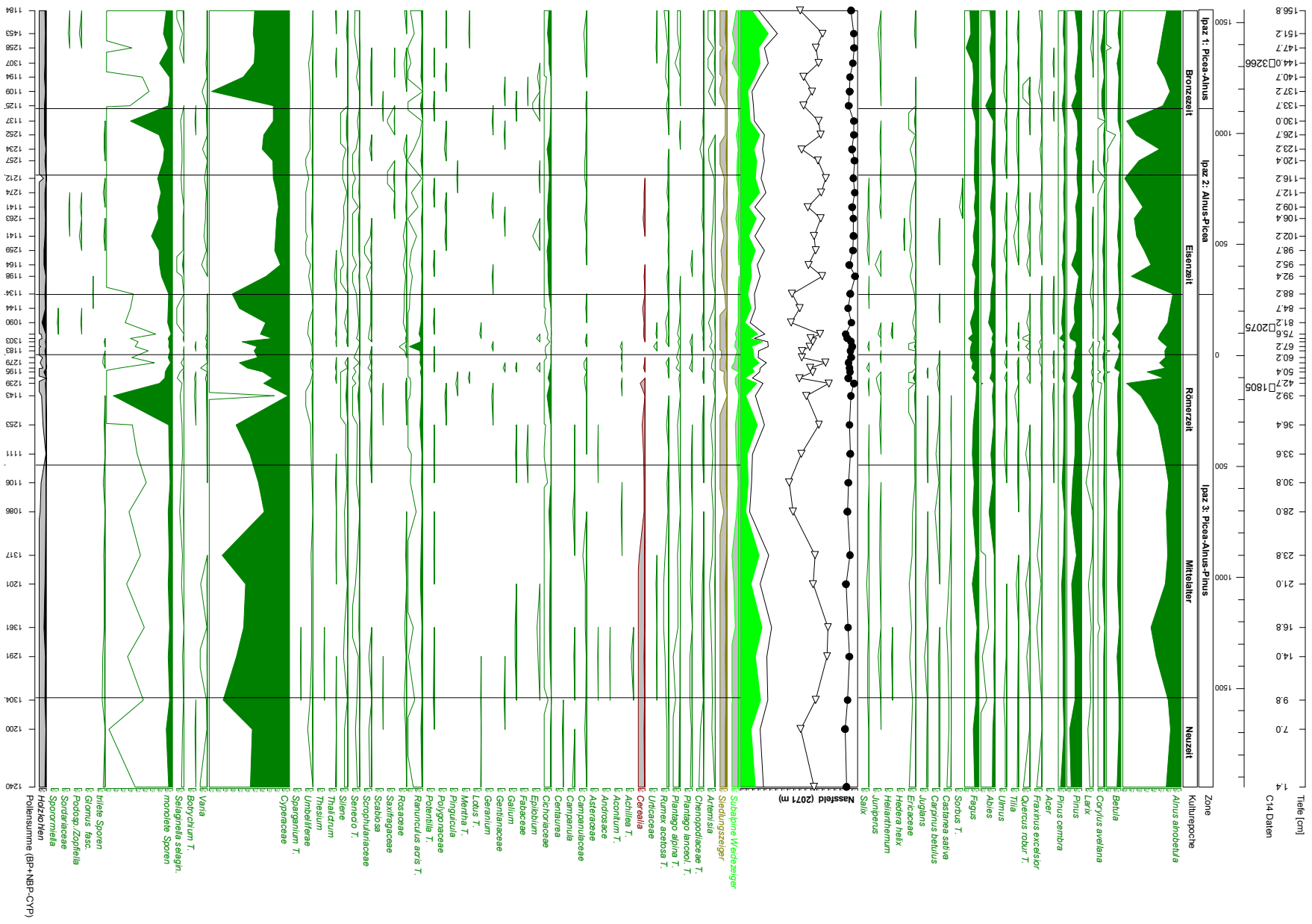
- Abbildung 1:** Untersuchungsgebiet. links oben: Übersichtskarte der Nationalparks in Österreich, Nationalpark Hohe Tauern (rotes Rechteck; Karte verändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Karte_Nationalparks_%C3%96sterreich.png); links unten: Nationalpark Hohe Tauern, Felber Tauern (rotes Rechteck), Nassfeld (schwarzer Punkt; Karte verändert nach: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Nationalpark_hohe_tauern.png); rechts oben: Nassfeld, Bohrkernentnahme (roter Pfeil, Foto: Schmidl 2009); rechts unten: Kartenausschnitt mit der näheren Umgebung des Nassfeld (BEV, bergfex.at 2008, 2015). 2
- Abbildung 2:** Tektonische Karte des Tauernfensters mit geologischem Nord-Süd-Profilschnitts. SEMP=Salzach-Ennstal- Mariazell-Puchberg-Störung (Copyright © Uni Bonn, Erstellt von Robert Kurzawski, 02.08.2012). 3
- Abbildung 3:** Karte der Aktuellen Vegetation Tirols 1/100000, Teil 4: Blatt 8, Hohe Tauern und Pinzgau, rotes Rechteck markiert das Untersuchungsgebiet bei Nassfeld (veränder nach: Schiechtl 1974). 4
- Abbildung 4:** Bohrkern am Nassfeld (Felber Tauern, Österreich). 7
- Abbildung 5:** Pollenanalytische Untersuchung der A) Siedlungs- und Weidezeiger (%) am Nassfeld (Felber Tauern, Österreich) im Zusammenhang mit der B) Hochwasserrate (a-1) am Mondsee (Swierczynski et al. 2013), C) der Solaraktivität mit C14- Kurve (delta 14 C per mil; Reimer et al. 2004) und Angabe der absoluten Minima: ÄG = ägyptisches Minimum; Ha = Hallstadt Minimum; Gr = Griechisches Minimum; R IV = Römisches IV Minimum; Me = Mittelalterliches Minimum; W = Wolf Minimum; S = Spörer Minimum und MM = Maunder Minimum (Eddy 1976 & 1977; Stuiver & Kra 1986; Stuiver & Braziunas 1988), d) CET (central england temperature; °C), D) der Zu- und Abnahme des ice rafting (HSG %=hematite stained grains, Bond et al. 2001) und E) zeitliche Nutzung der Hochlagen des Felber Tauern; Siedlungszeiger (gelbe Balken); Weidezeiger (grüne Balken). Die grauen längs Balken entlang der Grafik sind eine optische Hilfe zur Erkennung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parameter. 11

Literatur- und Quellenverzeichnis

- Beug, H. j. 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Verlag Dr.Friedrich Pfeil, München.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I. & Bonani, G. (2001): Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294(5549), 2130-2136.
- Büntgen, U., Trouet, V., Frank, D., Leuschner, H. H., Friedrichs, D., Luterbacher, J., & Esper, J. (2010): Tree-ring indicators of German summer drought over the last millennium. *Quaternary Science Reviews*, 29(7-8), 1005-1016.
- Cushing E. J. (1967): Late-Wisconsin pollen stratigraphy and the glacial sequence in Minnesota. In: Cushing E.J. & Wright H. E. (eds): *Quaternary Paleoecology*. Yale University Press.
- Eddy, J. A. (1976): The maunder minimum. *Science*, 192(4245), 1189-1202.
- Eddy, J. A. (1977): Climate and the changing sun. *Climatic change*, 1(2), 173-190. Erdtman G. (1960): The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.
- Faegri, K., & Iversen, J. (1989). *Textbook of Pollen Analysis*, revised by Faegri K, Kaland PE, Krzywinski K. J Wiley, New York.



- Festi, D., Putzer, A., & Oeggl, K. (2014). Mid and late Holocene land-use changes in the Ötztal Alps, territory of the Neolithic Iceman "Ötzi". *Quaternary International*, 353, 17-33.
- Hesse, M., Halbritter, H., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., & Ulrich, S. (2009). *Pollen terminology: an illustrated handbook*. Springer Science & Business Media.
- Holdermann, C., S. & Schmidl, W. (2010): Hochgebirgsarchäologie im Nationalpark Hohe Tauern. Der Felber Tauern (Osttirol/Salzburg) - Ein Raum - alle Zeiten - alle Funktionen, Forschungsberichte der ANISA Band 3, Nearchos Band 19, Haus i. E. Austria, 2010, 75-88.
- Huntley, B., & Birks, H. J. B. (1983): *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13000 years ago*. Cambridge University Press, 73-74.
- Kral, F. (1981): Zur postglazialen Waldentwicklung in den nördlichen Hohen Tauern, mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. Sitzbericht der Österreichischen Akademie der Wissenschaft Math-nat Kl., Abt. I, 190. Bd., 8.-10. Heft, 247-289.
- Kral, F. (1985): Zur postglazialen Waldentwicklung in den südlichen Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. Sitzbericht der Österreichischen Akademie der Wissenschaft Math-nat Kl., Abt. I, 194. Bd., 6.-10. Heft, 247-289.
- Kral, F. (1993): Ein pollenanalytischer Beitrag zu archäologischen Fragen im Gasteiner Raum. In: Lippert, A. (1993): *Hochalpine Altstraßen im Raum Badgastein-Mallnitz. Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt*. Böcksteiner Montana, 10, VWGÖ, Wien.
- Kurzawski, R., M. & Sandmann S. (2011): *Tauernfenster. Geländeübung "Tektonik und Metamorphosen"*. <https://www.steinmann.uni-bonn.de/arbeitsgruppen/strukturgeologie/lehre/exkursionen/tauernfenster-2011-gelaendeuebung-tektonik-und-metamorphose-modul-m42>
- Manley, G. (1974). Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 100(425), 389-405.
- Moser-Schmidl, W. (2012): Passstellen im Land Salzburg - mitteleuropäische Kontaktzonen. In: *Das municipium Claudium Iuvavum und sein Umland. Bestandsaufnahme und Forschungsstrategien*. Hrsg: Felix Lang, Raimund Kastler, Wilfried K. Kovacovics und Stefan Traxler. *Archäologie in Salzburg* Bd. 8; 247-252.
- Reimer, P. J. (2004): IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
- Schiechtel, H. M., & Stern, R. (1985): *Die aktuelle Vegetation der Hohen Tauern (Nationalpark Hohe Tauern, wissenschaftliche Schriften)*. Matriel in Osttirol und Großglockner: Vegetationskarte, 1:25000. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Schmidt, R., Kamenik, C., Kaiblinger, C., & Tessadri, R. (2009): Der Einfluss des Klimas auf die Hochlagennutzung in den südlichen Niederen Tauern (Lungau) während der letzten 4000 Jahre. In: Schmidt, Roland; Matulla, Christoph; Psenner, Roland (Hg.) *Klimawandel in Österreich. Die letzten 20.000 Jahre ... und ein Blick voraus*. Series Alpine space - man & environment: Vol. 6 (S. 87-96). Innsbruck: Innsbruck University Press (IUP).
- Solomina, O. N., Bradley, R. S., Hodgson, D. A., Ivy-Ochs, S., Jomelli, V., Mackintosh, A. N., Nesje, A., Owen, L. A., Wanner, H., Wiles, G. C. & Young, N. E. (2015): Holocene glacier fluctuations. *Quaternary Science Reviews*, 111, 9-34.
- Stadler, H. (2003): *Siedlungsgeschichte der Hohen Tauern. Vom ersten Auftreten des Menschen bis zum Beginn der Neuzeit*. Innsbruck, 1-44. In: <https://hohetauern.at/images/dateienarchiv/> ManuskriptStadlerdeutsch.pdf
- Stenseth, N.C., Atshabar, B.B., Begon, M., Belmain, S.R., Bertherat, E., Carniel, E., Gage, K.L., Leirs, H., Rahalison, L. (2008). *Plague: past, present, and future*. *PLOS Medicine* 5. doi:10.1371/journal.pmed.0050003.
- Stuiver, M., & Kra, R. S. (1986): *Proceedings of the twelfth international radiocarbon conference* Trondheim, Norway. In *Radiocarbon* (Vol. 28, pp. 177-804).
- Stuiver, M., & Braziunas, T. F. (1988): The solar component of the atmospheric ^{14}C record. In *Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10,000 Years* (pp. 245-266). Springer, Dordrecht.
- Stuiver, M., Grootes, P. M., & Braziunas, T. F. (1995): The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean, and volcanoes. *Quaternary Research*, 44(3), 341-354.
- Swierczynski, T., Lauterbach, S., Dulski, P., Delgado, J., Merz, B., & Brauer, A. (2013). Mid-to late Holocene flood frequency changes in the northeastern Alps as recorded in varved sediments of Lake Mondsee (Upper Austria). *Quaternary Science Reviews*, 80, 78-90.
- Troels-Smith, J. (1995): Characterization of Unconsolidated Sediments. *Danmarks Geol. Unders. IV* (3/10): 39 -73.
- Wirth, S. B., Glur, L., Gilli, A., & Anselmetti, F. S. (2013): Holocene flood frequency across the Central Alps - solar forcing and evidence for variations in North Atlantic atmospheric circulation. *Quaternary Science Reviews*, 80, 112-128.



Anhang: Pollendiagramm der Torfsequenzen aus dem Nassfeld: Angaben der Häufigkeit in Prozent.

Signaturen im Haupt-diagramm:

● Kiefer (Pinus), Δ Fichte (Picea), ■ Gräser (Poaceae), ■ Getreide (Cerealia) = Kulturzeiger



Bericht über das Forschungsprojekt

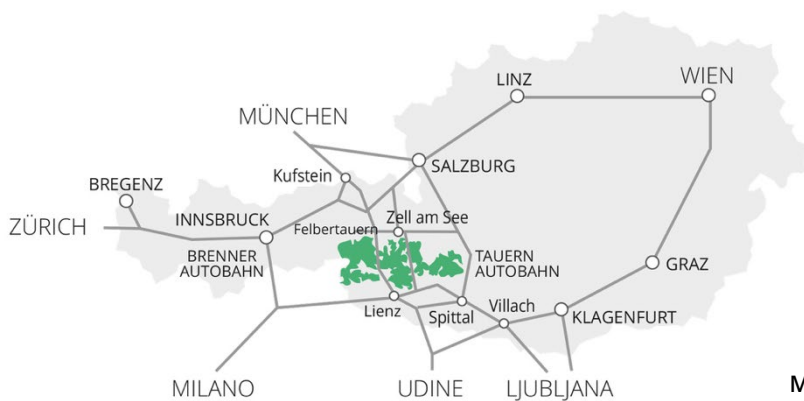
DIE VEGETATIONSGESCHICHTE DES FELBER TAUERN

vorgelegt von

Petra Heidenwolf, MSc und Prof. Mag. Dr. Klaus Oeggel

Juni, 2018

FG Palynologie und Archäobotanik
Institut für Botanik
Sternwartestrasse 15, 6020 Innsbruck



Medieninhaber und Herausgeber, Verleger:

Nationalpark Hohe Tauern Salzburg
Gerlos Straße 18/2.OG, 5730 Mittersill

Tel.: +43 (0) 6562 40849 0 | E-Mail: nationalpark@salzburg.gv.at



www.hohetauern.at