

„Interessante Radiokarbon-Datierungen aus der geologischen Praxis in Westösterreich“

Rufus J. Bertle¹, Heiner Bertle¹ und Karoline Bertle¹ sowie Klaus Pfeifer²

1 GEOGNOS Bertle ZT GmbH, Kronengasse 6, 6780 Schruns, office@geologie-bertle.at

2 Labor für Dendro(Chrono)logie, Pfister 1243, 6863 Egg, griehser.pfeifer@aon.at

Kurzfassung

Während der letzten 10 Jahre wurden um das Zugspitzmassiv aus von GEOGNOS Bertle ZT GmbH betreuten Baugruben bzw. Baugrundaufschlüssen (Bohrungen) mehrere Holzstücke geborgen, die in weiterer Folge dendrochronologisch bzw. mit der Radiokarbon-Methode untersucht wurden.

2016 wurde im Zuge der Bauarbeiten zur Neuerrichtung der Seilbahn Zugspitze knapp oberhalb des Eibsees ein mehrere Meter langer Baumstamm, der sich unterhalb von Felssturzblockwerk befand, freigelegt und untersucht. 2022 wurde in 26 m Tiefe in einer Schrägborhrung (10° geneigt) im Bereich einer Hangbewegungsmasse ein Holzstück erbohrt und 2023 wurde in einer Baugrube für den Erweiterungsbau für die Ehrwalder Almbahn ein Wurzelstock ausgegraben und in weiterer Folge ebenfalls dendrochronologisch und mit der Radiokarbonmethode untersucht.

Vorteil der Kombination einer dendrochronologischen Untersuchung mit einer Datierung mittels Radiokarbon-Methode ist, dass oft eine genauere Einstufung hinsichtlich des Absterbealters möglich ist und andererseits – sofern das Spätholz der Waldkante ersichtlich ist – auch ermittelt werden kann, ob das Absterbedatum im Winterhalbjahr oder Sommerhalbjahr liegt.

In der Baugrube der bayerischen Zugspitzbahn konnte das Bergsturzereignis aus der Zugspitz-Nordwand auf ca. 1.300 a v. Chr. (+/- 120 a) datiert werden und ist somit etwas jünger als bisherige Datierungen gezeigt haben. Das Ereignis fand demnach zur mittleren Bronzezeit statt. In diesem Zeitraum sind auch klimatische Schwankungen in Richtung eines kälteren bzw. niederschlagsreicherem Klimas im Zentralalpenraum bekannt (Stichwort: Löbben Kaltphase)

Das Holz in der Baugrube der Talstation der Ehrwalder Almbahn wurde auf ca. 6.200 a v. Chr. Datiert und fällt somit das Absterbezeitalter der Kiefer in den Übergang Älteres/Jüngeres Atlantikum und fällt damit in die Zeit einer markanten kurzzeitigen Kältephase im ansonsten „warmen“ Atlantikum. Diese Kältephase ist im Zentralalpenraum seit längerem als Misox-Schwankung bekannt.

Der älteste datierte Holzfund von der Ehrwalder Alm selbst weist ein Alter von ca. 8.500 a +/- 150 a v. Chr. auf und fällt somit in den Übergang vom frühen zum jüngeren Boreal (frühe Wärmezeit). Über den Auslösemechanismus für die Hangbewegung vor mehr als 10.000 a kann nur spekuliert werden.

1. Allgemeines

Während der letzten 10 Jahre wurden um das Zugspitzmassiv aus von GEOGNOS Bertle ZT GmbH betreuten Baugruben bzw. Baugrundaufschlüssen (Bohrungen) mehrere Holzstücke geborgen. Deren Jahrringserien wurden für dendrochronologische Untersuchungen erfasst und definierte Jahrringlagen mittels der Radiokarbon-Methode (AMS) datiert. 2016 wurde im Zuge der Bauarbeiten zur Neuerrichtung der Seilbahn Zugspitze knapp oberhalb des Eibsees ein mehrere Meter langer Baumstamm, der sich unterhalb von Felssturzblockwerk befand, freigelegt und untersucht. 2022 wurde in 26 m Tiefe in einer Schrägborhrung (10° geneigt) im Bereich einer Hangbewegungsmasse am Fahrweg zur Hochfeldern-Alm ein Holzstück erbohrt und 2023 wurde in einer Baugrube für

den Erweiterungsbau für die Talstation der Ehrwalder Almbahn ein Wurzelstock ausgegraben und in weiterer Folge ebenfalls untersucht.

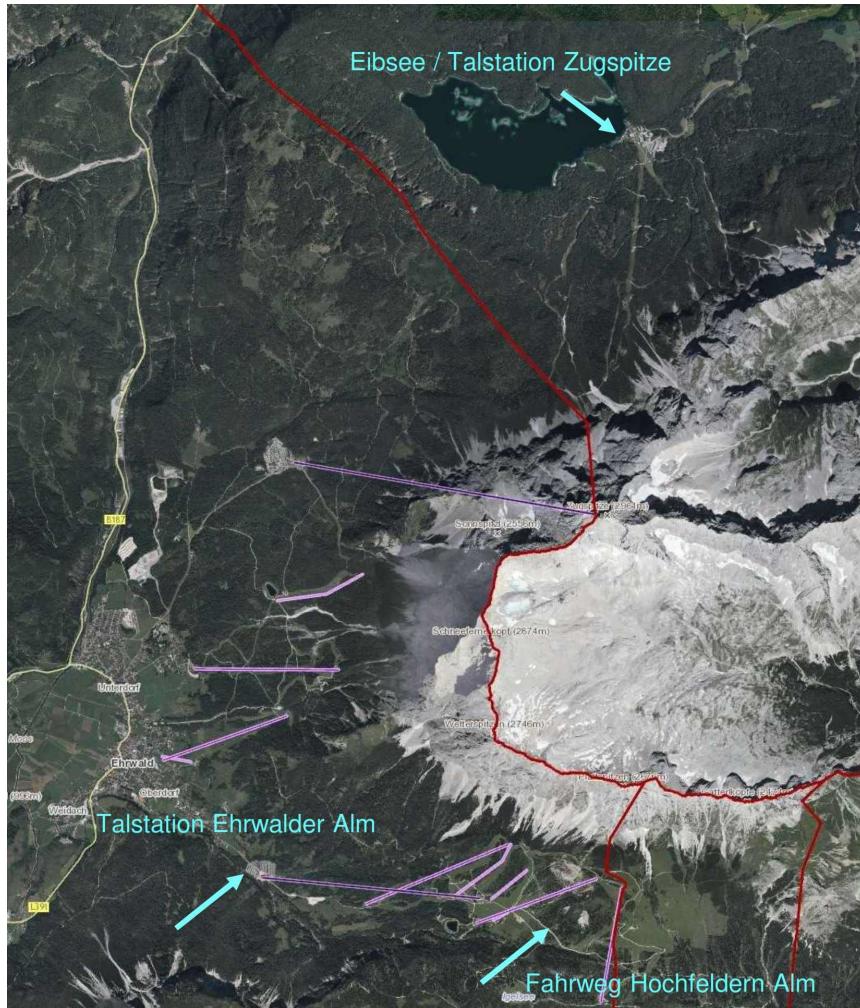


Abb.1: Lage der Probekontrollen um die Zugspitze

Vorteil der Kombination einer dendrochronologischen Untersuchung mit einer Datierung mittels Radiokarbon-Methode ist, dass oft eine genauere Einstufung hinsichtlich des Absterbealters möglich ist und andererseits – sofern das Spätholz der Waldkante ersichtlich ist – auch ermittelt werden kann, ob das Absterbedatum im Winterhalbjahr oder Sommerhalbjahr liegt.

2. Altersdatierung Seilbahn Zugspitze

In den Jahren 2015 bis 2017 wurde die Seilbahn Zugspitze, die vom Eibsee direkt auf den Zugspitzgipfel führt, neu errichtet. Die Seilbahn wurde als Pendelbahn mit 120-Personen-Kabinen ausgeführt, die mit zwei Stützen einen Höhenunterschied von ca. 1.150 m bei einer Fahrbahnlänge von 4.450 m überwindet. Die Bauarbeiten zur Gründung der neuen Talstation wurde insbesondere im Jahre 2016 ausgeführt. In der Projektierungsphase der neuen Seilbahnstation war auf Grund von früheren Untersuchungen bekannt, dass die Gründung größtenteils im Blockwerk der Eibsee-Bergsturzes erfolgt. Gemäß JERZ und von POSCHINGER (1995) ging der Eibsee-Bergsturz aus der Nordwand der Zugspitze vor ca. 3.700 vor heute ab und weist ein geschätztes Bergsturzvolumen von ca. 300 Mio. m³ auf. Die Felssturzmassen wurden sowohl im Umfeld des Eibsees abgelagert, sind aber auch deutlich weiter gegen NE bis nach Grainau vorgedrungen.

Aus der regionalen geologischen Situation ist bekannt, dass der Gipfelaufbau der Zugspitze insbesondere durch die Karbonate der Wetterstein-Plattform gebildet wird, die jüngere Gesteine im Bereich des Eibsees (Hauptdolomit und Kössen-Formation sowie untergeordnet Jungschichten) überlagern. Die Baugrube für die Talstation der Seilbahn Zugspitze wurde im Frühjahr 2016 ausgehoben und die Aufstandsfläche für den Neubau vorbereitet. Dabei wurden in Schurfschlitten zum Teil organische Einlagerungen unterhalb der Aufstandsfläche festgestellt, weshalb von GEOGNOS Bertle ZT GmbH die lokale Tieferlegung von Fundamenten verlangt wurde. Dabei wurde überraschender Weise stellenweise die Unterlagerung der Felssturzmasse des Eibsee-Bergsturzes freigelegt. Das Felssturzmaterial aus Wettersteinkalk (gemischtkörniges Kies mit zahlreichen Steinen und Blöcken) wird durch eine grau-ockerfarbene stark bindig-lehmige Moräne, die an ihrer Oberkante zahlreiche Holzeinlagerungen aufweist, unter anderem Baustämme bis ca. 70 cm Durchmesser, unterlagert.



Abb. 2: Schurfschlitte Talstation Seilbahn Zugspitze am Eibsee

Aus einem ausgehobenen Baumstamm konnte eine 30 cm Durchmesser aufweisende Holzscheibe gewonnen werden, die in weiterer Folge mittels Radiokarbon-Methode (AMS-Messung) sowie den dendrochronologisch untersucht wurde.

Die Datierung mittels Radiokarbon-Methode ergab für den 33. der 118 bis zur Waldkante vermessenen Jahrringe der Weißtanne (*Abies alba*) ein Alter von 3.120 +/- 45 Jahre BP (LTL16666A). Dieses Radiokarbon-Alter wurde mit der Software OxCal in Kalenderjahre umgerechnet. Das kalibrierte Radiokarbonalter des Absterbezeitfensters der in einem Winterhalbjahr abgegangenen Tanne liegt bei 2σ zwischen 1.415 cal BC und 1.175 cal BC (1.295 cal IBC +/- 120 a). Bei 1σ sind zwei Zeitspannen relevant: 1.320 cal BC +/- 35 a (1.355 bis 1.285 cal BC) bzw. 1.240 cal BC +/- 25 a (1.265 bis 1.215 cal BC) und somit in der späten Bronzezeit. Zum Vergleich mit den frühen Hochkulturen sei der Hinweis gestattet, dass in Ägypten von 1.332 bis 1.323 v.Chr. Tutanchamun regierte. In verschiedenen alpinen Fundstätten der Bronzezeit ist um diese Zeit ein markanter Unterbruch in der Siedlungsaktivität feststellbar. Es könnte sich hier um eine Folge des gewaltigen Vulkanausbruches der minoischen Eruption, die nach letzten Altersdatierungen zwischen 1.620 v.Chr. und 1.600 v.Chr. stattgefunden hat. Diese ist wahrscheinlich auch die Ursache für den seit langem bekannten Gletschervorstoß der „Löbben-Schwankung“.

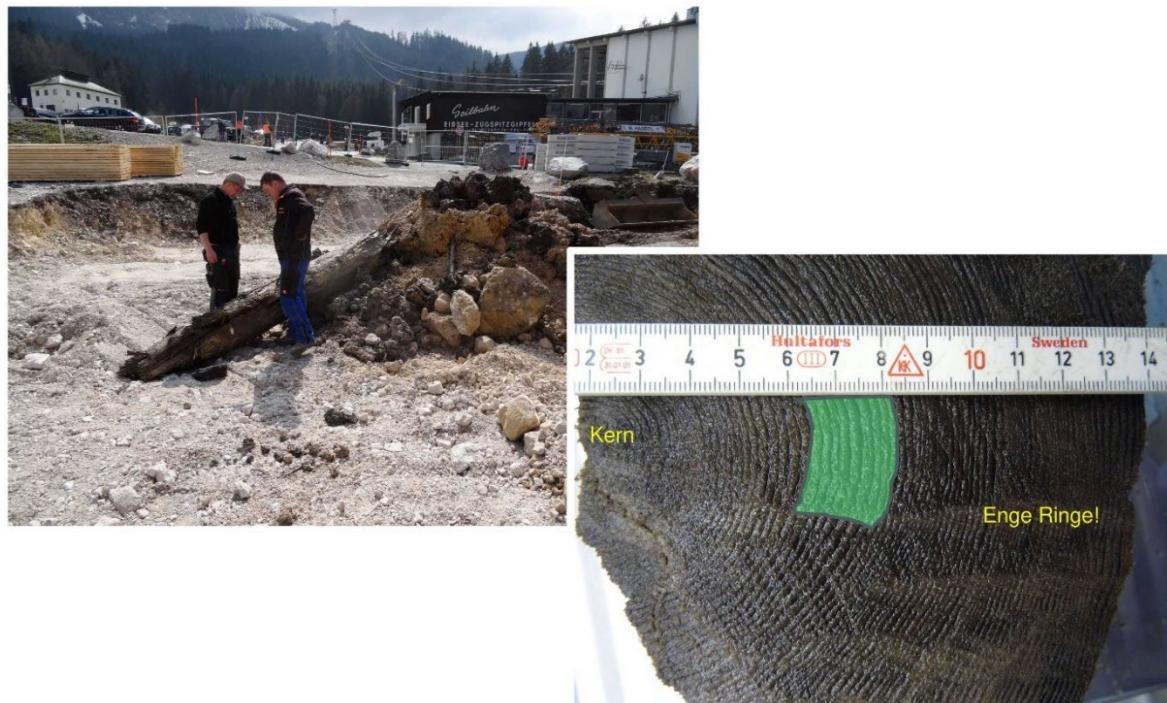


Abb.3: Baumprobe Talstation Seilbahn Zugspitze

3. Baugrube Talstation Ehrwalder Almbahn

Die Talstation der 8 EUB Ehrwalder Almbahn als Talzubringer zum Schigebiet Ehrwalder Alm befindet sich ca. 1.800 m Luftlinie und ca. 120 Höhenmeter südöstlich oberhalb des Ortskernes von Ehrwald in Tirol. Unmittelbar an das bisherige Talstationsgebäude grenzend befanden sich Parkplatzflächen, die im Jahre 2023 mit einem Zubau, der insbesondere eine Tiefgarage sowie Schidepot- und Sportgeschäftsräumlichkeiten aufweist, verbaut wurden. Die Baugrube für diesen Zubau wurde direkt angrenzend an das bestehende Talstationsgebäude ausgeführt, sodass eine bis zu 9,50 m hohe Gebäudeunterfangung erforderlich wurde. Die Baugrubensicherung wurde mittels einer geankerten Spritzbetonschale sowie im Unterfangungsbereich der bestehenden Talstation mit einer Mikropali-Wand ausgeführt.



Abb.4: Baugrube Talstation Ehrwalder Almbahn

Die geologische Situation des Talstationsbereiches der Ehrwalder Almbahn wird dadurch bestimmt, dass der Felsuntergrund von überwiegend wasserstauenden und leicht verwitternden steil gestellten gepressten Kalkmergeln, Mergeln und Tonmergeln der Lermoos-Synklinale (Jura-Kreideschichten der nördlichen Kalkalpen) aufgebaut wird. Auf diesem während der Eiszeiten tiefgründig ausgeräumten Felsuntergrund wurden in der Hoch- und Spätwürmeiszeit mächtige Moräne des über den Fernpass zugeflossenen Inneises, des durch die Lermoos-Heiterwang-Talfurche zugeflossenen Lechises und der Lokalgletscher (insbesondere aus dem Geißtal bzw. von der Zugspitze) sowie Estrandstausedimente abgesetzt. Nach dem völligen Abschmelzen der Gletscher der letzten Eiszeit wurden durch die aus nordöstlicher bzw. südöstlicher Richtung zustößenden Bäche (Wiesentalbach, Rappenbach und Geißbach) mächtige Murschuttkegel in das Becken von Lermoos-Ehrwald geschüttet. Auf Grund der anstehenden Gesteine in den Einzugsgebieten dieser drei Bäche, die einerseits aus weichen tonschieferreichen Gesteinen (Tonmergel, Tonschiefer) der Lermoos-Synklinale und andererseits aus härteren Gesteinen (Karbonate) der Trias (insbesondere Wetterstein-Formation) bestehen, weisen die Murschuttkegel am Ostrand des Beckens von Lermoos-Ehrwald eine starke horizontale und vertikale Schichtung auf.

Die Baugrube für den Zubau bei der Talstation der Ehrwalder Almbahn in Ehrwald wurde nach entsprechender behördlicher Genehmigung im Frühjahr 2023 ausgehoben. Der Aushub erfolgte lagenweise von oben nach unten parallel mit dem Einbau der Baugrubensicherung. Ende Mai 2023 wurde in der Baugrube ca. 6 m vertikal unter der früheren Geländeoberfläche in gemischtkörnigem Murschuttmaterial ein Wurzelstock mit aufgehendem Stamm freigelegt. Dieser Wurzelstock befand sich noch in Wuchsposition, der erhaltene Stamm weist eine Höhe von ca. 70 cm auf, einzelne Seitenwurzeln sind sichtbar (siehe Foto). Aus dem Fußbereich des geborgenen Stammes konnte ein ca. 20 cm starker Radius gewonnen werden. Stellenweise war die Holzrinde noch vorhanden, sodass ein vollständiger Stammquerschnitt vorlag.



Abb.5: Wurzelstock und Baumquerschnitt Talstation Ehrwalder Almbahn

Die dendrochronologische Untersuchung zeigt, dass es sich um eine Kiefer handelt, die 296 Jahrringe aufwies. Beim äußersten Jahresring wurde Waldkante mit vollständig ausdifferenziertem Spätholz festgestellt, sodass geschlossen werden kann, dass das Absterbedatum im Winterhalbjahr liegt. Der 159-igste von 296 Jahrringen wurde herauspräpariert und mittels AMS-Radiokarbonatierung untersucht. Es wurde ein Radiokarbonalter von 7.356 +/- 40 a BP (LTL31992) ermittelt. Die Umrechnung in Kalenderjahre ergibt bei 2σ zwei mögliche Absterbezeiträume nämlich 6.199 cal BC +/- 30 a und 6.035 cal BC +/- 94 a, wobei aus paläoklimatischen Überlegungen der ältere Absterbezeitraum als wahrscheinlicher angenommen wird. Der ältere Absterbezeitraum würde in den Übergang älteres / jüngeres Atlantikum-Kälterückfall bei ca. 6.200 BC bzw. in das Ende des frühen Atlantikums (Waldbestand noch Kiefer Unterholz aus Hasel, Erle, Birke) fallen.

4. Erkundungsbohrung Ehrwalder Alm – Fahrweg zur Hochfeldern-Alm

Ein größerer Teil des Schigebietes der „Ehrwalder Alm“ befindet sich östlich oberhalb der Bergstation der 8 EUB Ehrwalder Almbahn im Bereich des „Issentalkopfes“. Vom Gipfelbereich des Issentalkopfes führen mehrere Schiabfahrten zunächst in südöstlicher Richtung, anschließend gegen südwestlicher Richtung umbiegend um die Südhänge des Issentalkopfes herum und führen aus östlicher bzw. südöstlicher Richtung kommend wieder zur Ehrwalder Alm zurück. Diese Schiabfahrten wurden in den vorangegangenen Jahren mit einer Schneeanlage ausgestattet, stellenweise wurden auch Kanalleitungen für Gebäude im hinteren Teil des Gaistales (Hochfeldern-Alm) verlegt. Im Bereich der Schiabfahrten verlaufen auch mehrere Straßen, die insbesondere der Bewirtschaftung der Alpgebäude bzw. Alpwiesen im hinteren Gaistal dienen. Ca. 80 Höhenmeter bis 100 Höhenmeter östlich oberhalb der Ehrwalder Alm wird die Zufahrtsstraße zur Hochfeldern-Alm und die darin verlegten Leitungen im Bereich eines ca. 60 m langen Wegabschnittes regelmäßig durch eine Hangbewegung verschoben.

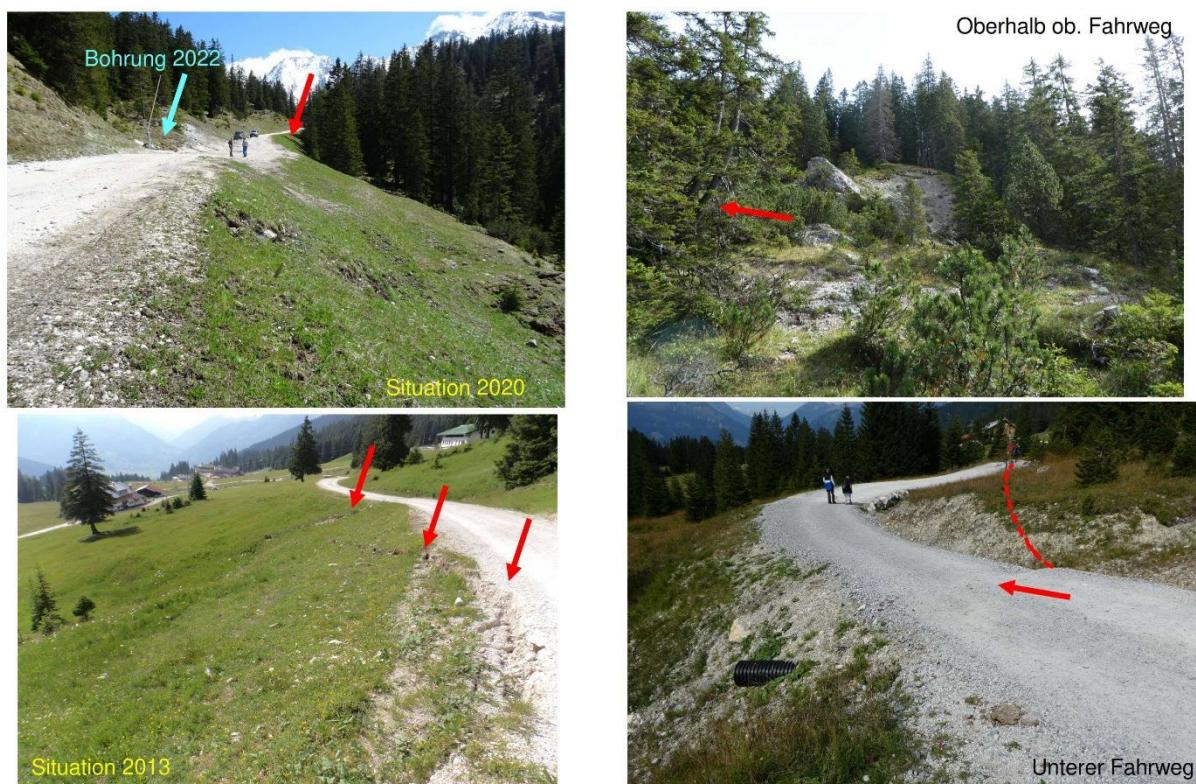


Abb.6: Fotos von Hangbewegung betroffene Fahrwege (verschiedene Jahre)

Um die Tiefenlage dieser Hangbewegung zu erkunden, wurde im Jahre 2022 eine Schrägbohrung, die ein Gefälle von 10° aufweist, abgeteuft. Ca. 26 m unter der Geländeoberfläche bzw. in der Bohrung wurde dabei ein Holzstück erbohrt und für die weiterführende holzanatomische / dendrochronologische Untersuchung geborgen.

Die geologische Situation östlich der Ehrwalder Alm wird durch eine komplexe „Halbfenstersituation“ innerhalb der nördlichen Kalkalpen bestimmt. Die Lermoser Synklinale der Lechtaldeck der Nördlichen Kalkalpen stellt eine Muldenstruktur mit mergel- und tonschieferreichen Schichtfolgen im Kern dar, die zwischen den steifen Karbonatblöcken des Meiminger Gebirges im S und des Wettersteingebirges / Zugspitzmassivs im N aus dem Untergrund aufgequetscht, verfaltet und von mehreren Störungs- und Bruchsystemen (Puitentalzone und Loisachstörungsbündel) durchsetzt sowie stellenweise von N und S überschoben ist. In diese stark gestörte Muldenform linsenförmig eingeschaltet ist der aus Karbonaten und Tonschiefern sowie Mergeln der Trias bestehende Härtling des Issentalkopfes eingeschaltet. Der Hauptdolomitsporn des Issentalkopfes ist durch die extreme tektonische Beanspruchung von mächtigen Störungsbahnen mit völliger Gebirgszerlegung durchsetzt, an denen aus dem Untergrund Tonmergel und Mergel der Raibl Formation aufgeschuppt sind. Bedingt durch die extreme Zerlegung in Großschollen und Einzelschuppen und die vollständige Zerreibung der Karbonate entlang der Störungszonen ist der Festgestein verband stark der gravitativen Verbandsauflösung und der Erosion ausgesetzt. Im Südfußbereich des Issentalkopfes bilden insbesondere weiche Gesteine der Kreide (Jungschichten) sowie Tonschiefer und Mergel der Raibl-Formation den Untergrund, während der obere Teil des Südhanges und der Gipfelbereich des Issentalkopfes selbst durch Karbonate (Hauptdolomit, zum Teil Wettersteinkalk und Raibl-Dolomite) aufgebaut wird. Die weichen dünnblättrigen bis dünnnschiefrigen Gesteine am Südhangfuß (Wiesenflächen östlich der Ehrwalder Alm) sind wasserstauend, gleitfreudig und verwittern sehr rasch zu tiefgründigen Böden. Durch ihre gleitanfällige Struktur und den wasserstauenden Charakter bilden sie den Basisstauer des im zertrümmerten Hauptdolomit des Issentalkopfes versickernden Wassers und eine wesentliche Ursache für die hangtektonische Zerlegung der Hauptdolomits des Issentalkopfes.

Erst deutlich östlich der im Jahre 2014 errichteten Sesselbahn auf dem Issentalkopf ist der Südhang des Issentalkopfes in aktiver Hangbewegung befindlich. Diese Hangbewegungskörper setzen im untersten Teil der Felswände südöstlich des Issentalkopfes an und umfassen insbesondere den Waldbereich oberhalb der Straße zur Hochfeldern-Alm. Diese aktiven Kriech- und Gleitbewegungen hängen insbesondere damit zusammen, dass dort größere Hangwasseraustritte den Hang tiefgründig vernässen und mobilisieren.

Auf Grund der bekannten aktiven Hangbewegungen, die auch den Fahrweg zur Hochfeldern-Alm betreffen, wurden in vorangegangenen Jahren verschiedene Maßnahmen zum Erhalt der hier verlegten Kabel und Leitungen getroffen. Im aktiven Hangbewegungsbereich, der eine Länge von ca. 60 m aufweist, wurde im Jahre 2022 eine Schrägbohrung abgeteuft. In dieser Schrägbohrung wurde bis in ca. 31 m Tiefe stark bindiger Hangschutt bzw. stark bindige Moräne von grauer Farbe angetroffen, darunter eine ca. 1 m mächtige Verwitterungsschicht des Felsuntergrundes und dann bis zur Endteufe schwarze Tonschiefer und Kalkmergel die am ehesten der Allgäu Formation zugeordnet werden. Auch eine Einstufung der Tonschiefer in die Unterkreide ist möglich. In 26 m Tiefe wurde zufällig das für die weiteren Untersuchungen verwendete Holzstück mit einer Länge von ca. 10 cm erbohrt.



Abb. 7: Bohrkern der Schrägbohrung 2022 (26m bis 30m Tiefe) mit Holzstück (Pfeil)

Aus holzatomischer Sicht handelt es sich beim Probenmaterial um Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*) oder Latsche/Bergkiefer (*Pinus mugo*). Die beiden Arten sind holzatomisch jedoch nicht unterscheidbar. Potentieller Stand- und Fundort sprechen für Latsche. Eine Waldkante konnte am Holzfragment mit 33 Jahrringen nicht festgestellt werden. Der letzte erkennbare Jahrring (jedoch keine Waldkante!) aber auch das Absterben des Gehölzes datierten um 8.456 cal BC +/- 150 a (2 σ) (LTL22948) insgesamt wurden 33 Jahrringe festgestellt. Die Latsche ist daher in das Boreal, vermutlich in die frühe Wärmezeit, d.h. am Übergang vom älteren zum jüngeren Boreal und damit noch Kiefern- / Haselzeit, einzustufen.

5. Zusammenfassung

Während der letzten Jahre konnten um die Zugspitze aus Baugruben bzw. Erkundungsbohrungen mehrere Baumstämme bzw. Holzreste geborgen und dendrochronologisch sowie mit der Radiokarbon-Methode untersucht werden.

In der Baugrube der Talstation der neuen Seilbahn Zugspitzbahn konnte ein relativ junges Alter für die Bergsturzablagerungen festgestellt werden, das um 1.295 cal BC +/- 120 a (2 σ) liegt.

In der Baugrube der Talstation der Ehrwalder Almbahn wurde ein Wurzelstock auf ca. 6.200 cal BC datiert. Die Kiefer wurde hier vermutlich während eines Murereignisses, das im Übergang älteres / jüngeres Atlantikum (Kälterückfall bei ca. 6.200 BC) bzw. in das Ende des frühen Atlantikums (Waldbestand noch Kiefer Unterholz aus Hasel, Erle, Birke) stattfand, verschüttet.

Die Datierung eines Holzstückes aus 26m Tiefe einer Bohrung, die östlich der Ehrwalder Alm am Fahrweg zur Hochfeldern-Alm abgeteuft wurde, ergab ein Alter um 8.456 cal BC +/- 150 a (2 σ). Die hier durch Lockermaterial verschüttete Latsche wurde wahrscheinlich während eines größeren Hangbewegungseignisses verschüttet.

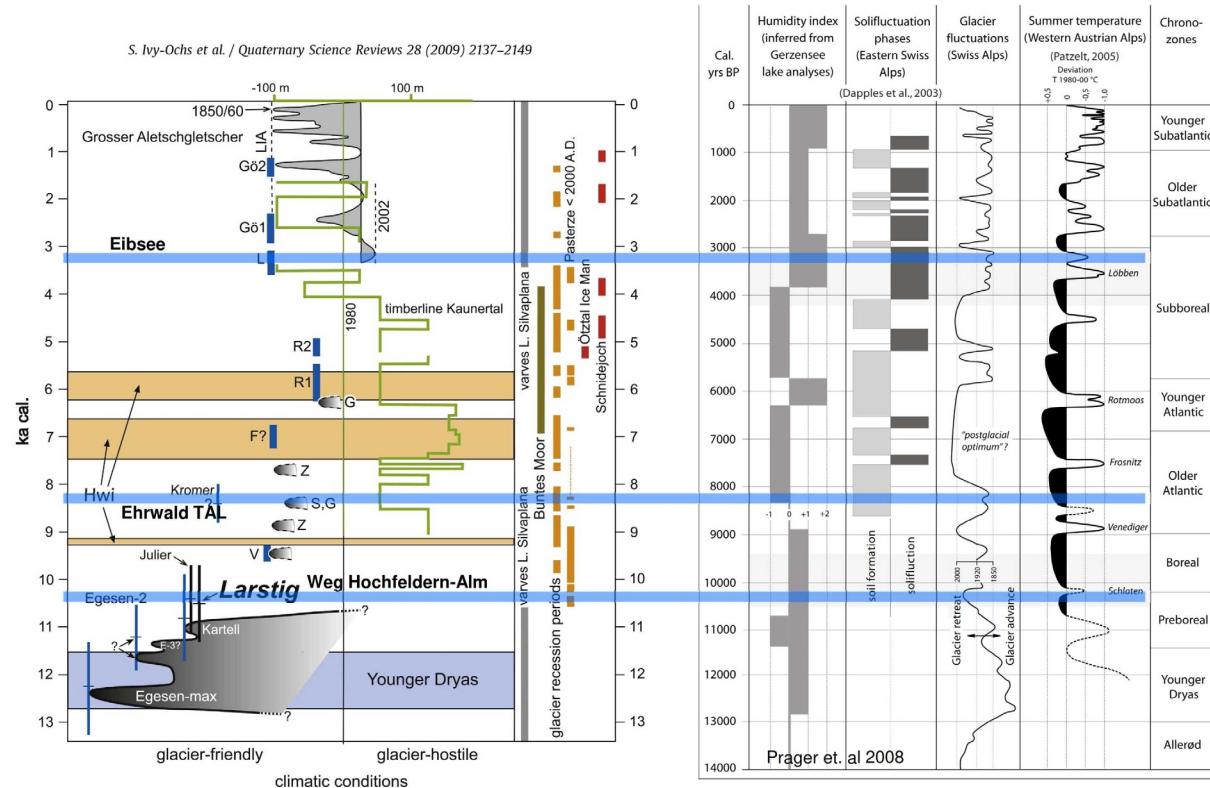


Abb. 8: publizierte „Klimagrafiken“ mit Eintragung der Alter der neuen Holzfunde

Bemerkenswerterweise fallen alle hier vorgestellten Holzfunde in schon seit längerem bekannte klimatische „Extremereignisse“:

Der Felssturz an der Zuspitze, der auf ca. 1.295 cal BC +/- 120 a (2 σ) datiert wurde, ereignete sich während der „Löbben-Schwankung“, in der deutlich kältere Sommertemperaturen als in der Klimaperiode 1980-2000 postuliert werden. Vermutlich erfolgte der Bergsturz von der Zugspitze mehrphasig (vgl. früher publizierte Alter JERZ und von POSCHINGER 1995).

Der Murgang, der die Latsche an der Talstation der Ehrwalder Almbahn verschüttete, fand wahrscheinlich in der Zeitphase des 8.2k-Event (Kromer-Stadium) statt. Dieses Ereignis hat seine Ursache wahrscheinlich in einem ca. 160 Jahre andauernden kurzen Temperaturreckgang, wie er im Grönlandeis nachweisbar ist.

Die Hangbewegung, die im Absterbezeitraum der Latsche um 8.456 cal BC +/- 150 a zum Verschütten eines Holzstückes geführt hat, ist während dem Egesen-III-Stadium bzw. dem Larstig-/Kartell-Stadium eingetreten. Es ist möglich, dass die Hangbewegung in einer Phase mit ansteigenden mittleren Sommertemperaturen erfolgte, über die genaue Auslösungsursache der Hangbewegung kann nur spekuliert werden.