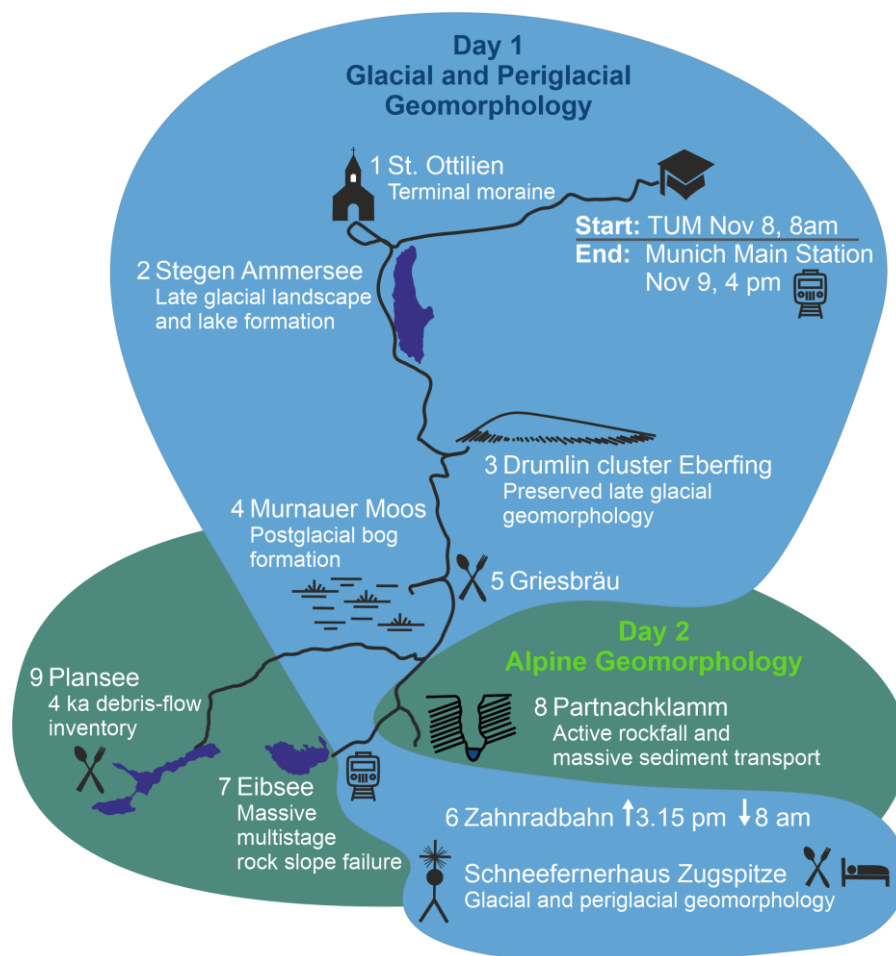




Mid-European Geomorphology Meeting

Field Trip November 8-9, 2021

TUM Chair of Landslide Research



Prof. Dr. Michael Krautblatter,
Dr. Sibylle Knapp
Johannes Leinauer
Theresa Frimberger
Carolin Kiefer

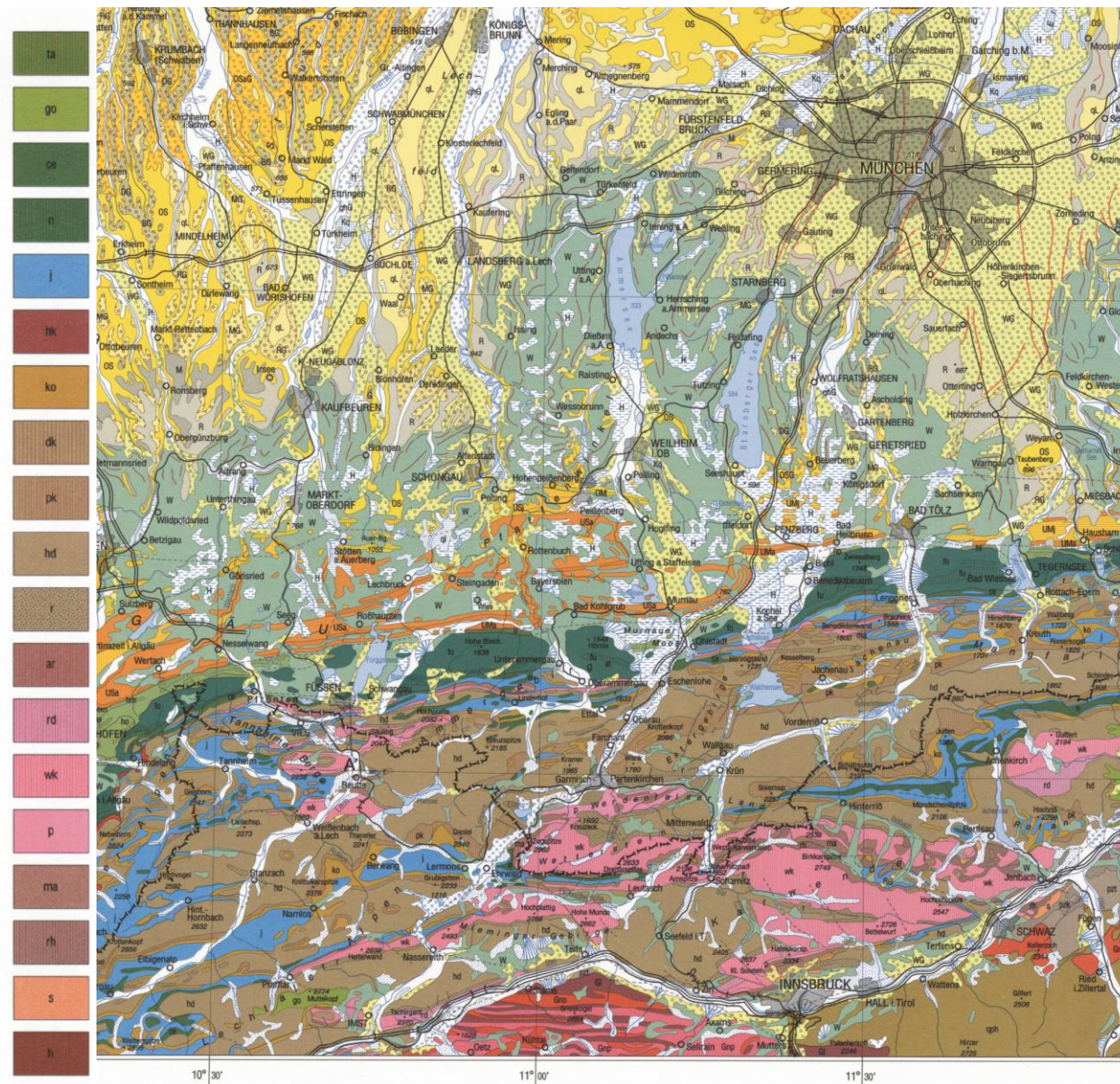
1. St Ottilien – Glacier Retreat – Terminal Moraine

Overview Quarternary south of Munich



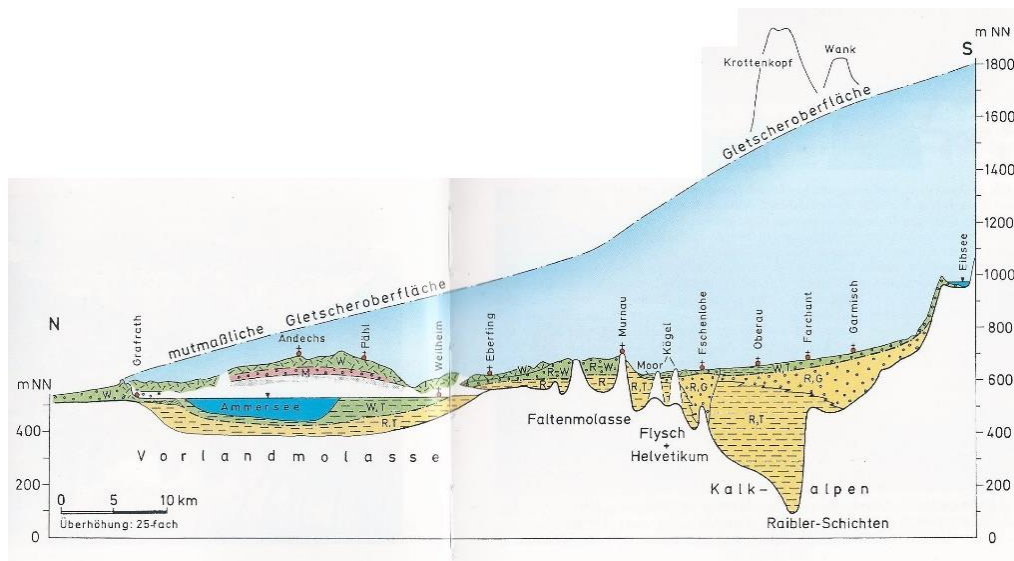
Abb. 2. Die Moränengebiete des Isar-, Lech- und Illervorlandgletschers. Aus: EBERS 1957: 62, Abb. 39 (nach PENCK & BRÜCKNER 1901/09: 177, Fig. 37).

Paläozoikum	Tertiär	Alt-tertiär	Nördliche Kalkalpen (Oberostalpin)
			Alttertiär des Beckens von Reichenhall Mergel- u. Sandstein, Konglomerat, Breccie, Kalkstein
	Kreide	Oberkreide	Gosau Mergel- u. Sandstein, Konglomerat, Breccie (z.T. Megabreccie), Kalkstein
		Unterkreide	Losensteiner Schichten, Brandelfleckschichten, Lechtaler Kreideschiefer Ton-, Schluff-, Mergel- u. Sandstein, Konglomerat, Breccie (z.T. Megabreccie)
	Jura	Lias-Malm	Schrabachschichten, Roßfeldschichten, Tannheimer Schichten Kalkstein, Ton-, Schluff-, Mergel- u. Sandstein, Konglomerat, Breccie
		Anis-Rät	Liasbasiskalk bis Ammergauer Schichten Kalkstein, z.T. knollig-faserig, z.T. kieselig, Mergelstein, Radiolarit, lokal Konglomerat u. Breccie
	Trias	Rät	Hallstätter Kalk, Pötschenkalk, Pedataschichten Kalkstein, z.T. hornsteinführend, bereichsweise Dolomitstein
		Nor	Oberrätalk Kalkstein, lokal Dolomitstein Kössener Schichten Mergel- u. Kalkstein, lokal Ton- u. Schluffstein Ziambachmergel Kalk- u. Mergelstein
		Karn	Dachsteinkalk Kalkstein, bereichsweise Dolomitstein
		Ladin-Karn	Plattenskalk Kalk- u. Dolomitstein, lokal Mergelstein
	Paläozoikum	Anis	Hauptdolomit, östlich der Saalach auch karnisch-norischer Dolomit und Dachsteindolomit Dolomitstein, lokal Ton- u. Schluffstein, Bitumenmergel, Konglomerat, Breccie, Kalkstein
		Skyth	Raibler Schichten bis Carditaschichten Ton-, Schluff-, Mergel- u. Sandstein, Kalk- u. Dolomitstein, Rauhwacke, Gips
		Perm	Aribergsschichten Kalk-, Dolomit- u. Mergelstein, bei Lech basische Vulkanite und Tuffe
			Ramsad dolomit, Wettersteindolomit Dolomitstein, lokal Kalkstein
	Paläozoikum		Wettersteinkalk Kalkstein (lokal mit Blei-Zink-Erzen), bereichsweise Dolomitstein
			Partnachschichten Ton-, Schluff-, Mergel- u. Kalkstein
			Alpiner Muschelkalk (Virgoliakalk bis Reiflinger Kalk) Kalkstein, z.T. hornsteinführend, lokal Dolomitstein, lagenweise Tuff u. Tuffit
			Reichenhaller Schichten, im E mit Gutensteiner Schichten Kalk- u. Dolomitstein, Rauhwacke, Breccie
	Paläozoikum		Werfener Schichten Ton-, Schluff- u. Sandstein, im oberen Abschnitt Kalkstein Buntsandstein Ton-, Schluff- u. Sandstein, Alpiner Verrucano bis Mitterberger Schichten z.T. Konglomerat bis Breccie
			Haselgebirge Anhydrit, Gips, Steinsalz, Ton- u. Dolomitstein



Changed from GK500, Bayrisches Geologisches Landesamt (eds), München, 1996

Oberaubecken: Längsschnitt Loisachgletscher im Pleniglazial



Maximale Ausdehnung und Rückzug des Isar-Loisachgletschers

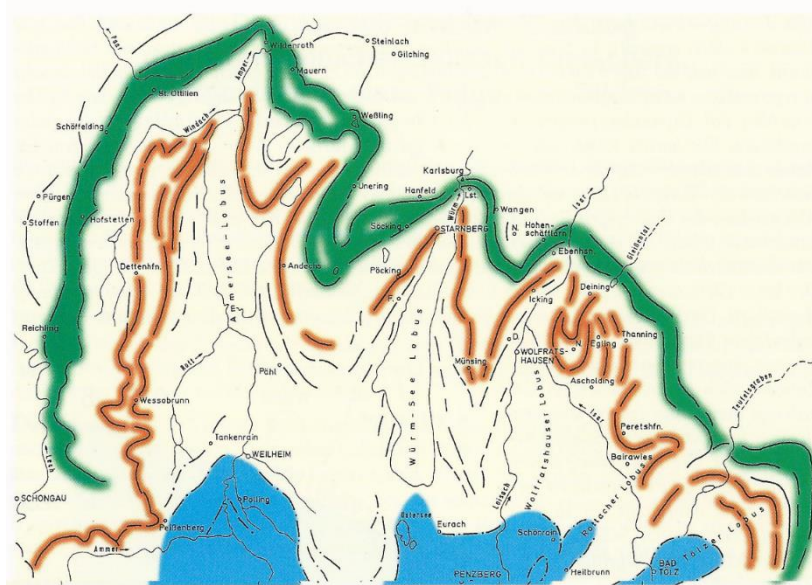
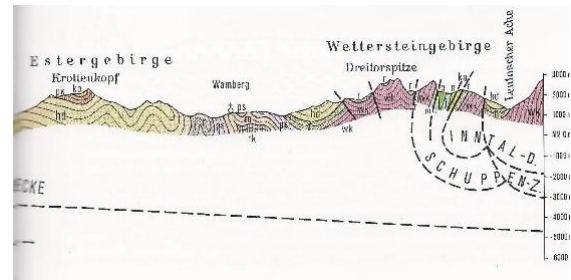
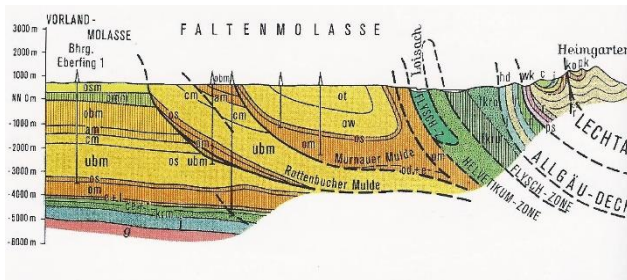


Abb. 4. Die weiteste Ausdehnung des Isar-Loisach-Gletschers und sein stufenweiser Rückzug aus dem Alpenvorland. Der äußere Endmoränenwall (= Haupt-Randlage) bildet noch einen relativ gut zusammenhängenden Girlandenbogen um die Gletscherloben. Dies gilt auch für die 1. Rückzugsphase, den inneren Jungmoränenwall von St. Ottilien-Ebenhausen (grün markiert). Schwierig wird dann die Verknüpfung der weiteren Rückzugsmoränenwälle, da sie nur am Nordende um die Zungenbecken eng gestaffelt sind und nach Süden auseinanderstreben. Bei peripheren Schmelzwasserabflußrinnen entlang des Eises wurde streckenweise überhaupt kein Moränenwall ausgebildet. Der Übersichtlichkeit halber wurde nur ein Teil der Moränenwälle dieser 2. verwirrend ausgebildeten Rückzugsphase dargestellt (im Gegensatz zur Karte von ROTHPLETZ). Der wahrscheinliche Verlauf des Wessobrunner Stadiums ist rot markiert. Stärker nach Süden abgesetzt liegt die 3. Rückzugsphase von Weilheim (blau); da der Geschiebenachschub fehlt, sind nur noch kleine unzusammenhängende Moränenwälle aufgeschüttet worden, deren Verbindung daher unsicher ist. Eingetragen sind die namengebenden Orte der einzelnen Rückzugsstadien.

Phasen	Ammersee-Lobus	Starnberger-See- (Würmsee-)Lobus	Wolfratshausener Lobus
Äußerste Randlage	Pürgen-Stoffen	Neufahrn bei Schäftlarn	–
Haupt-Randlage	Reichling-Schöffelding	Karlsburg-Hanfeld	Hohenschäftlarn
1. Rückzugsphase	St. Ottilien-Hofstetten	Leutstetten-Söcking	Ebenhausen
2. Rückzugsphase	Wessobrunn	Münsing-Starnberg	Icking
3. Rückzugsphase	Weilheim (TROLL's »Ammersee-Stadium«)	Eurach	Schönrain



Vor 20000 Jahren: Würm-Hochglazial

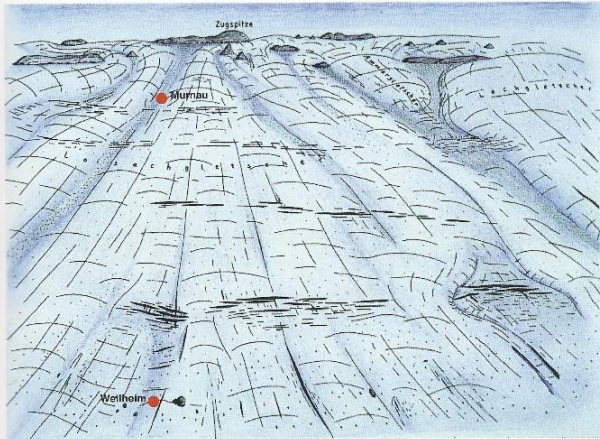


Abb. 8. Würm-Hochglazial (vor etwa 20000 Jahren). Das Alpenvorland ist fast bis Fürstenfeldbruck (35 km nördlich des unteren Bildrandes) vergletschert. In den Alpen schauen nur noch die höchsten Gipfel aus dem Eis heraus (an der Zugspitze reicht der Gletscher bis in eine Höhe von 1900 m NN). Aus dem Loisach-, Ammer- und Lechtal stoßen jeweils eigene Gletscher vor, die sich im Vorland zu einem Eiskuchen vereinigen. Dabei wird der Ammer-Gletscher zwischen dem Loisach- und Lech-Gletscher an seiner Ausbreitung gehindert. An Erhebungen unter dem Eis zerbricht der Gletscher, es bilden sich tiefe Gletscherspalten. Der Peißenberg (rechts unten) hat (nach JERZ 1993c) wahrscheinlich noch aus dem Eis herausgeschaut. – Nach FELDMANN 1995.

Vor 17000 Jahren: Pollinger Halt

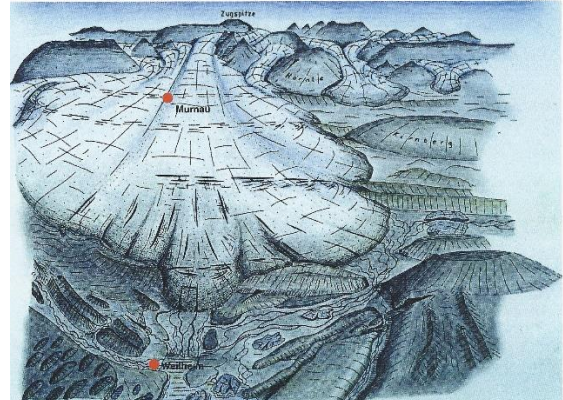


Abb. 10. Pollinger Halt (vor etwa 17000 Jahren). Die Gletscherstirn liegt am Molasseriegel Guggenberg-Westerleiten und überwindet diesen nur noch im Bereich des späteren Ammer-Durchbruchs. Dabei werden die Moränenwälle südwestlich Polling abgelagert. Die Schmelzwässer fließen in breiter Front nach Norden in den Ammersee, der sein südliches Ufer etwa bei Weilheim hat. Im Ammersee liegt noch weit verbreitet Toteis. Unter dem Gletscher gibt es einen mächtigen Gletscherbach, der den Durchbruch durch die Molasse anlegt, den später die Ammer benutzt. Ein weiterer Schmelzwasserabfluß erfolgt durch die Pforte zwischen Guggenberg und Peißenberg; hier fließen Schmelzwässer des Ammer-Gletschers durch. Dies ist der Zustand, bei dem die »Ammer bei Peißenberg« die Molasse nach Norden durchbricht. Das Gewässernetz zu dieser Zeit ist sehr viel stärker ausgeprägt als heute. Die Flüsse und Bäche sind verwildert, mit sehr vielen Armen, die sich trennen und wieder vereinigen und auch häufig ihren Lauf ändern. Da der Boden geforen ist, kann kein Wasser versickern, es fließt oberflächlich ab, so daß heute trockene oder fast trockene Täler von einem umfangreichen Gewässernetz durchflossen sind (z.B. das Rottal oder das Auerbachtal). – Nach FELDMANN 1995.

Die Landschaft heute

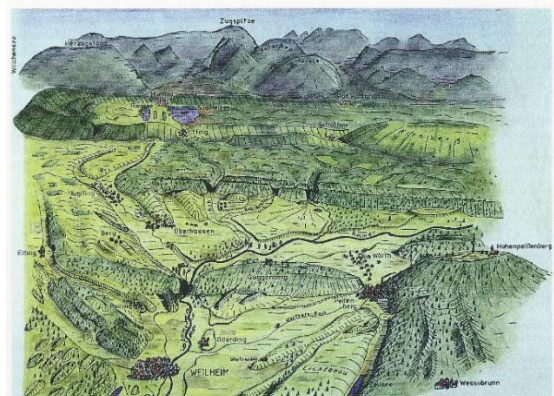


Abb. 12. Die Landschaft heute. Die Voralpenlandschaft ist gegliedert durch die streng von Westen nach Osten verlaufenden Molasseriegel. Diese bestehen aus Kalksandstein und Konglomeraten und haben daher als hartes Gestein die glaziale Erosion überstanden. Dazwischen liegen die Ablagerungen der letzten Eiszeit und aus der Zeit danach (dem Holozän). Aus der letzten Eiszeit sind hier v.a. der Murnauer Schotter und die Endmoränen zu nennen. Der Murnauer Schotter, der etwa das linke Drittel der Abbildung einnimmt, ist an der Oberfläche von einigen Metern Grundmoräne bedeckt. Die Endmoränen zeigen sich als mehr oder weniger flache Wälle mit einer unregelmäßigen Oberfläche. Seit dem Rückzug der Gletscher haben sich Fußablagerrungen (v.a. der Ammer), Schotterkegel (z.B. der Eyach) und Moore gebildet, die weitflächig das Gelände zwischen den Molasseriegeln bedecken. Ursache hierfür ist die unter dem Moor liegende wasserstauende Grundmoräne oder Seetoh. – Nach FELDMANN 1995.

2. Ammersee – Late Glacial Landscape and Lake Formation

Endmoränenstaffel am Ammersee

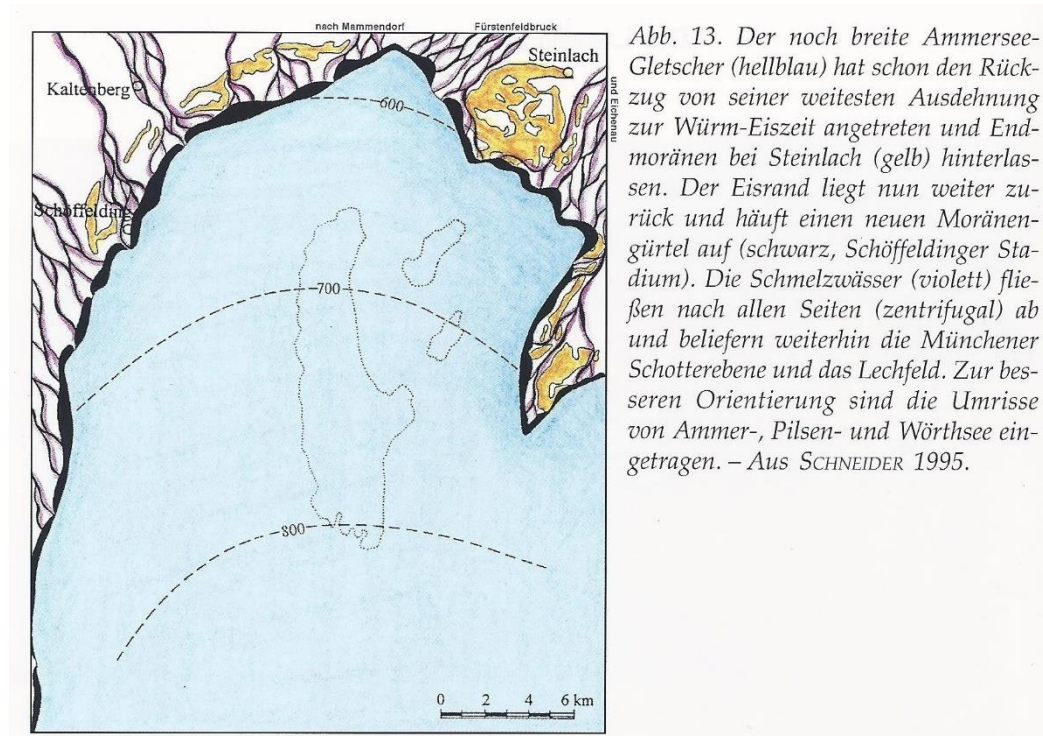
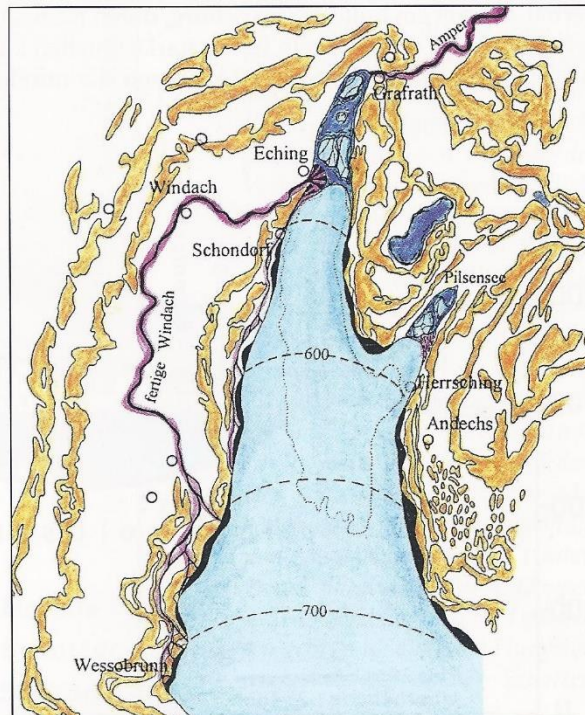
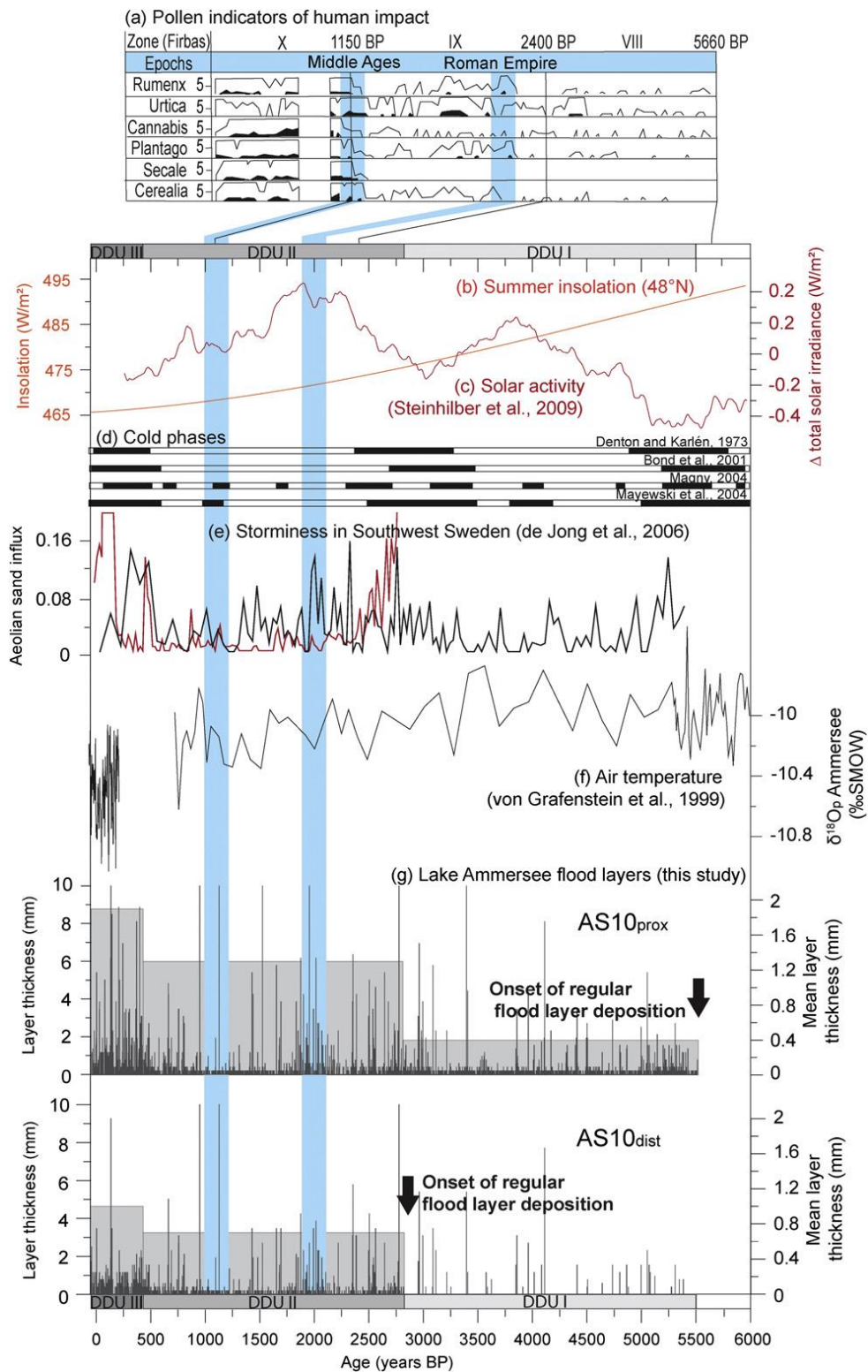


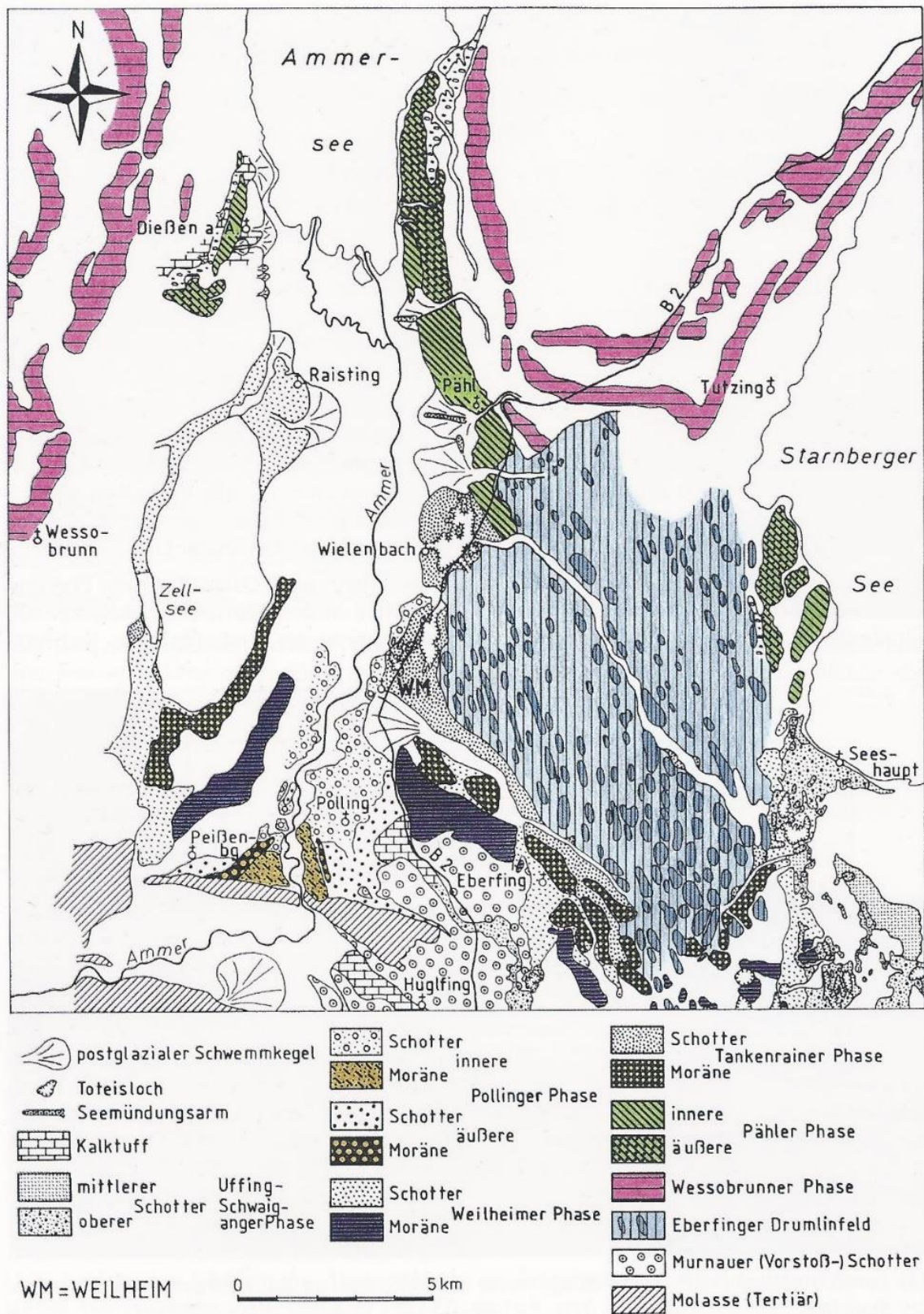
Abb. 16. Die schmale Gletscherzunge nimmt nun im Norden nur noch etwa das Gebiet des heutigen Ammersees ein. Der Wörthsee liegt schon vom Eisrand weit entfernt, der Pilsensee mit Toteismassen direkt an ihm. Die nun voll ausgebildete Windach mündet bei Eching mit einem Flußdelta in den eisrandnahen Stausee im Amperbecken mit Toteis. Die Eintiefung des Amper-Durchbruchs bei Grafrath ist abgeschlossen (Bucher Phase von KUNZ). – Aus SCHNEIDER 1995.



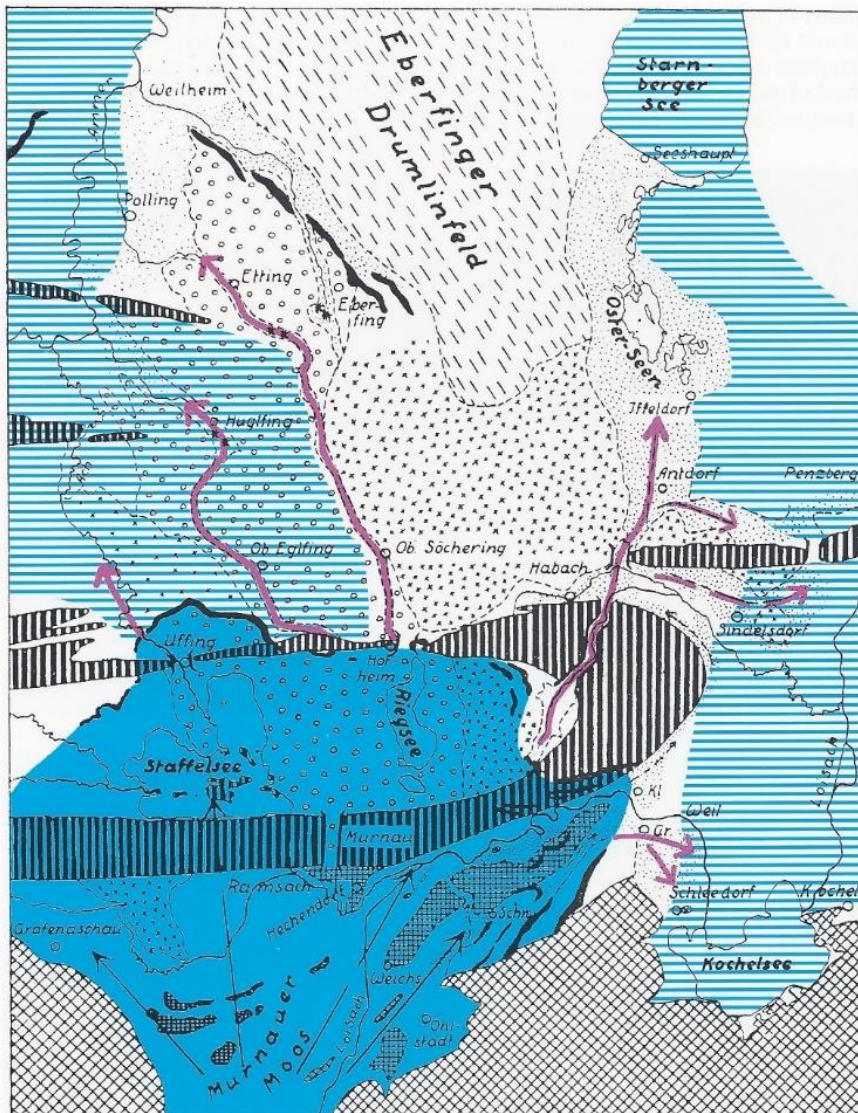


Shifts in Mid- to Late Holocene flood intensity from varved sediments of lake Ammersee (Czymzik et al., 2012)

3. Drumlin Cluster Eberfing – Preserved Late Glacial Geomorphology



4. Murnauer Moos – Postglacial Bog Formation



G17. Geologisches Kärtchen des Loisach-Vorlandgletschers (hellblau) mit seinen Rückzugsmoränen von Weilheim und Uffing. Östlich des Riegsees setzt innerhalb des Faltenmolassebogens am Uffinger Rückzugsgletscher die Schmelzwasserrinne der Ur-Loisach an, die die Iffeldorfer Terrasse aufgeschüttet hat (violette Pfeile). Der kristalline nördliche Abschnitt von Seeshaupt stammt

◁ wahrscheinlich schon vom Isar-Gletscher, der während des Weilheimer Halts noch bis an die Osterseen gereicht hat. Nach Abschmelzen des Toteises (blaue Streifen) im Kochelsee-Becken floß die Ur-Loisach über verschiedene Zwischenstadien schließlich dorthin. – Nach TROLL 1937.

Präquartärer Felsuntergrund:

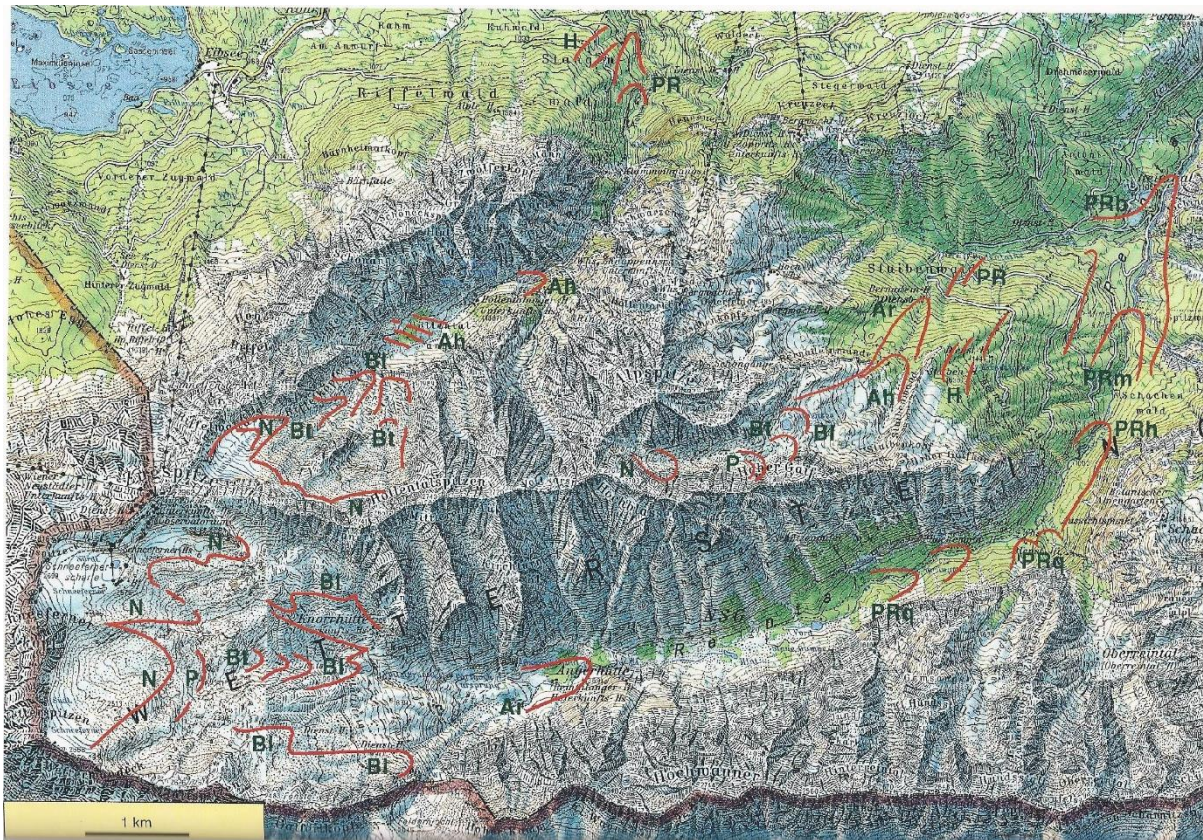
- Kalk- und Flyschgebirge
- Helvetische Kreide
- Molasserippen

Landschaftselemente glazialer Entstehung:

- Riss-Würm-interglaziale Sockel zwischen den Zweigfurchen des Murnauer Stammbeckens
- Grundmoränenlandschaft
- Murnauer Schotterfeld mit würmzeitlichem Moränenschleier
- Würm-Endmoränen
- Eberfinger Drumlinfeld
- Spätwürmzeitliche Rückzugsschotter

- Erosionslücken in den Molasserippen, meist verlassene alte Taldurchgänge
- Umrandung der vorquartären Bauelemente
- Umrandung der quartären Landschaftselemente
- Zweigfurchen des Murnauer Stammbeckens
- Abdachungsrichtung der Rückzugsschotter
- Grundwasseraustritte in den Trockentälern der Murnauer Schotterplatte

5. Zugspitzplatt – Rockfall and Permafrost



Zeit BP	Pollenzone	Inn-Gletscher und Lokalgletscher der österr. Zentraltalpen	SGD (m)	Wendefelder Eisstrom und Lokal-gletscher im Wetterstein	SGD (m)
9000	V Boreal	Venediger	wenige Zehnermeter	Bruntal	80-140
10000	IV Präboreal	Schlaten	Gletscherausehndung etwa wie 1850		
11000	III Jüngere Dryas	Kroner Sockeln Haupt-Eggen	70-100 100-150 180-300	Brünnl Höllentalanger Reintalanger	120-220 330-350 400-450
12000	II Alleröd				
13000	Ic Ältere Dryas				
14000	Ib Bölling				
15000	Ia Älteste Dryas				
16000					
17000					
18000					

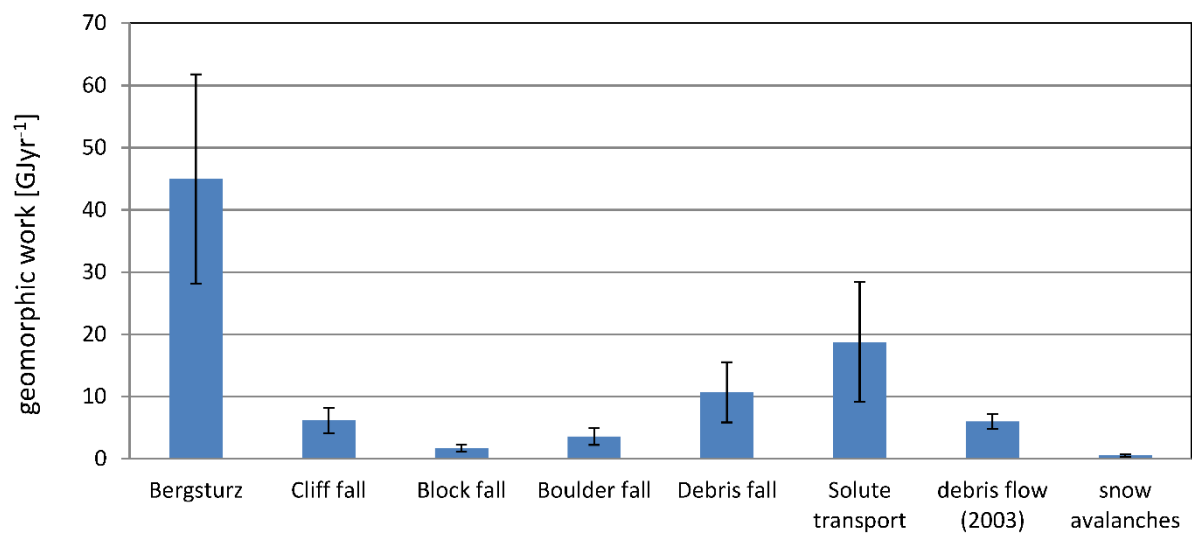
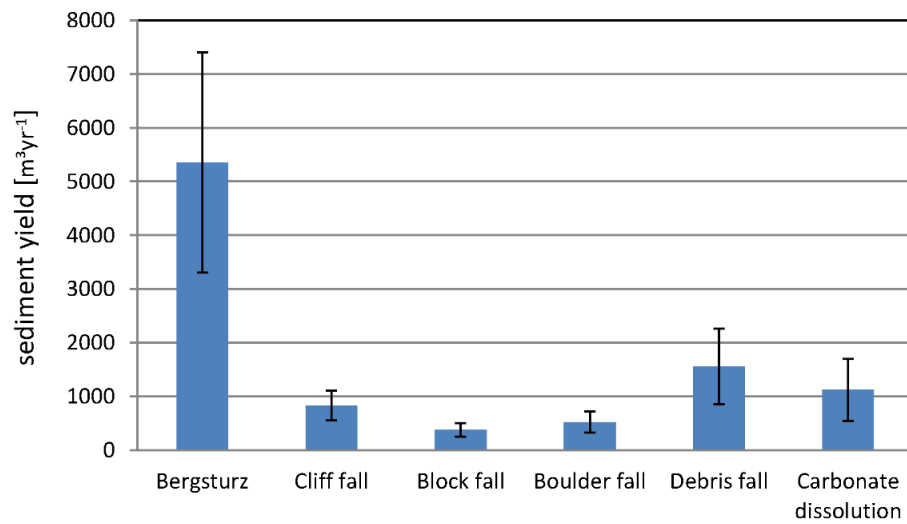
Vergleich der Rückzugsmoränen des Isar-Loisach-Gletschers mit denen des Inn-Gletschers in den spätglazialen Zeitabschnitten. SGD: Größenordnung der Schneegrenzdepression gegenüber dem Bezugsniveau (BZN) 1850; fett gedruckt sind die Gletscherstände der Ferneisströme. – Nach Isz 1993a (nach HIRTLEITER 1992).

△ H15. Karte des Zugspitzmassivs 1:50000 mit den spät- und postwürmglazialen Gletscherständen im Wettersteingebirge. – Nach HIRTLEITER 1992.

N Neuzzeitliche Hochstände
P Platt-Stand (jüngeres Holozän)
B Bruntal- und/oder Brimml-Stand; Bt Bruntal-Stand (Frühes Holozän), BI Brimml-Stand (Wende jüngere Dryas/Frühes Holozän)
A Anger-Stände: Höllentalanger- und/oder Reintalanger-Stand; Ah Höllentalanger-Stand (jüngere Dryas), Ar Reintalanger-Stand (jüngere Dryas oder älter)
PR Partnach-Stände (mittleres Würm-Spätglazial, jüngerer Abschnitt der Ältesten Dryas); PRq Quellen-Stand, PRh Hinterklamm-Stand, PRn Mitterklamm-Stand, PRb Bodenlamm-Stand
H Hirschklamm-Stand (Älteste Dryas)

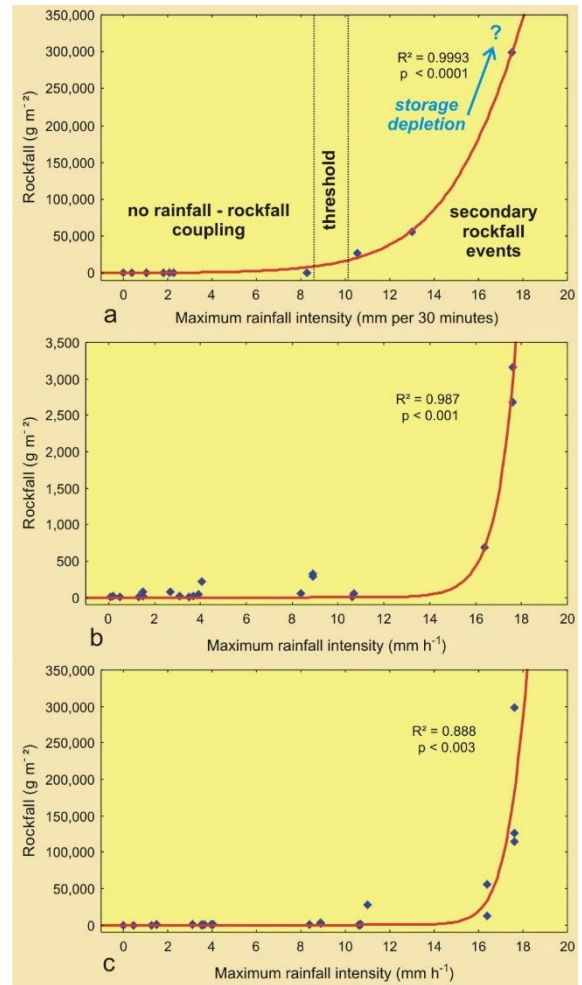
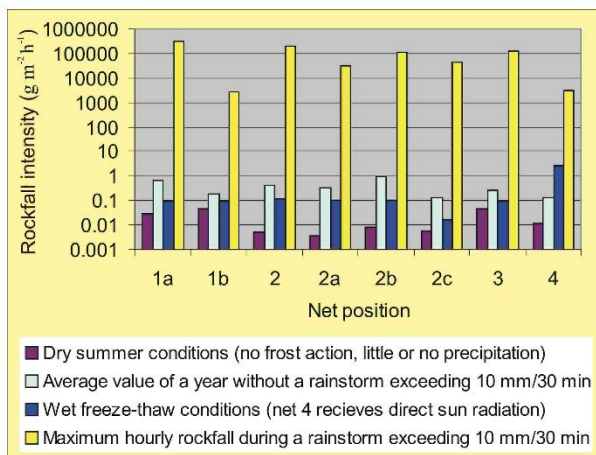
(Hirtleiter 1992 in Meyer & Schmidt Kahler 1997)

Wettersteingebirge – Quantifizierung Sturzprozesse:



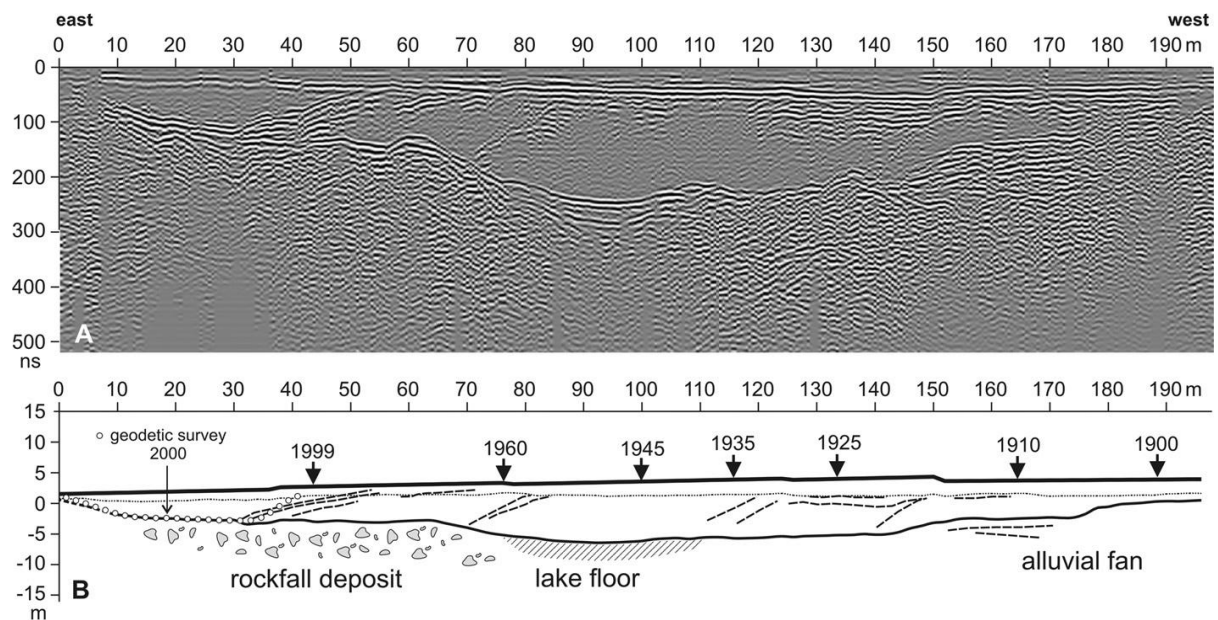
Quantifizierung von Sturzprozessen im Reintal (Krautblatter et al., 2012).

Wettersteingebirge – Auslösung Sturzprozesse:



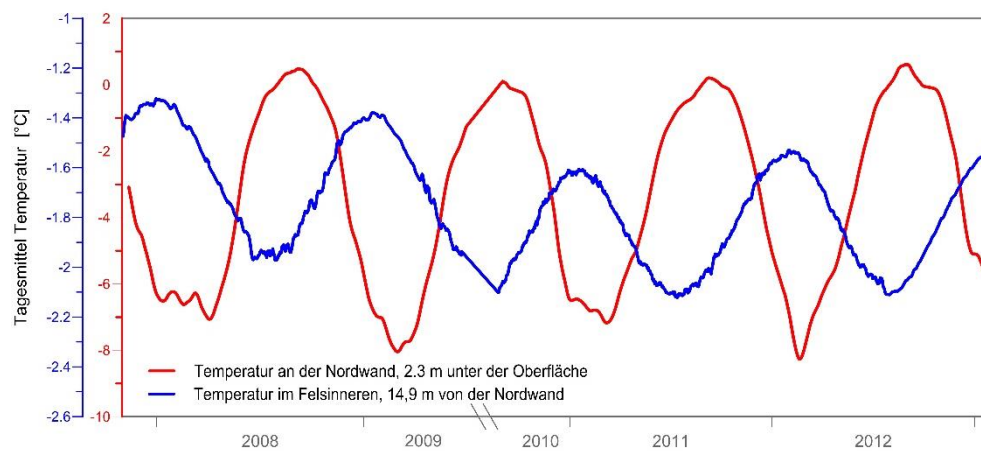
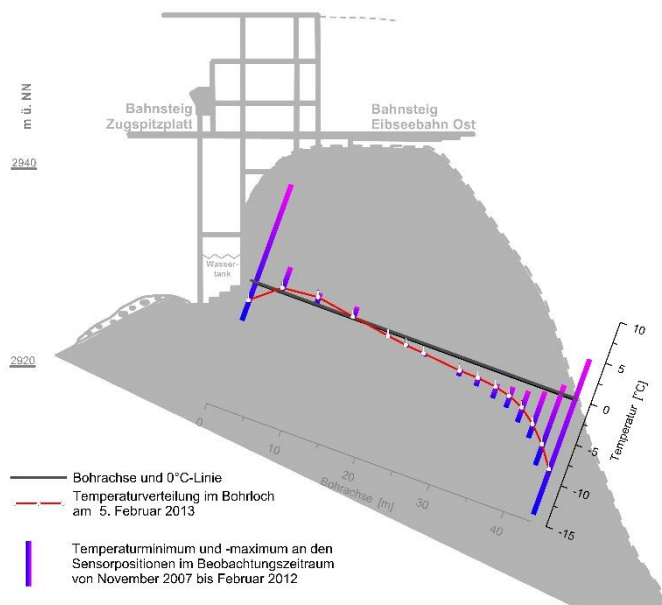
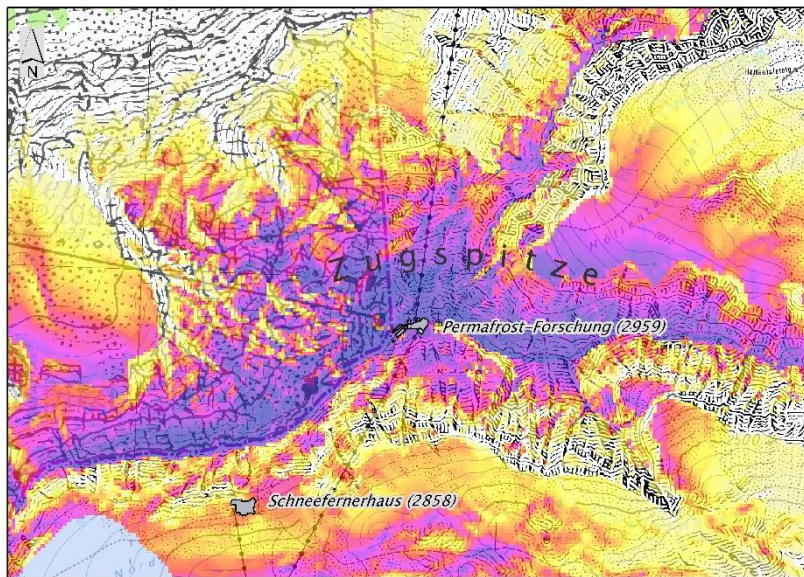
Steinschlagmessungen und Auslösung durch Starkniederschläge als zentraler Faktor sekundärer Steinschläge (Krautblatter and Moser, 2009).

Wettersteingebirge – Rekurrenz großer Magnituden:



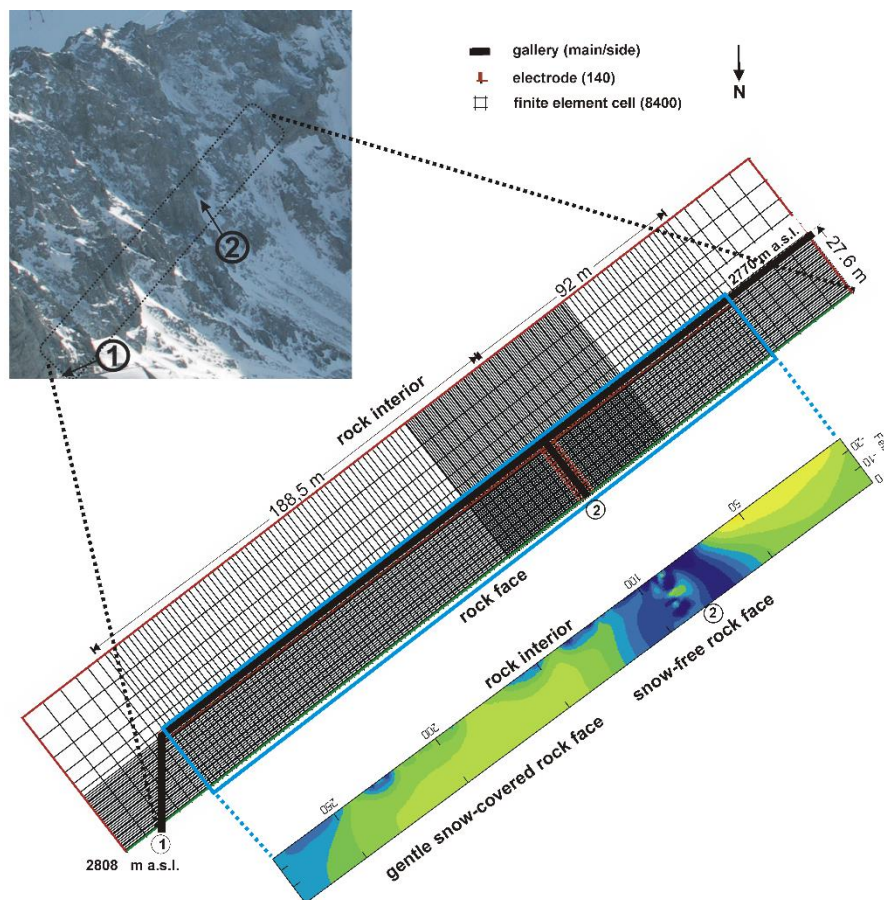
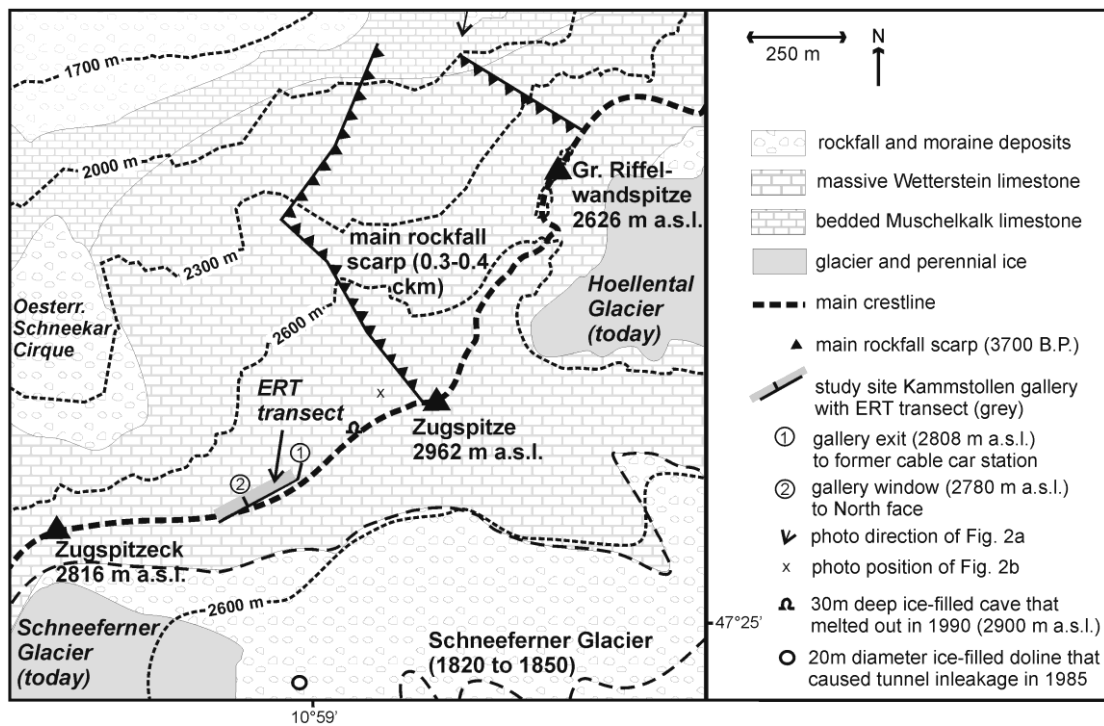
Oben: Ausbruchereignis 2005 des Blauen Gumpes, die hinter dem Bergsturz von 1800 abgedämmt war (Photo. M. Krautblatter). Unten: Verfüllung der Blauen Gumpes seit 1900 (Sass and Krautblatter, 2007; Sass et al., 2007)

Zugspitzgipfel – Ausbruchsnische im Permafrost



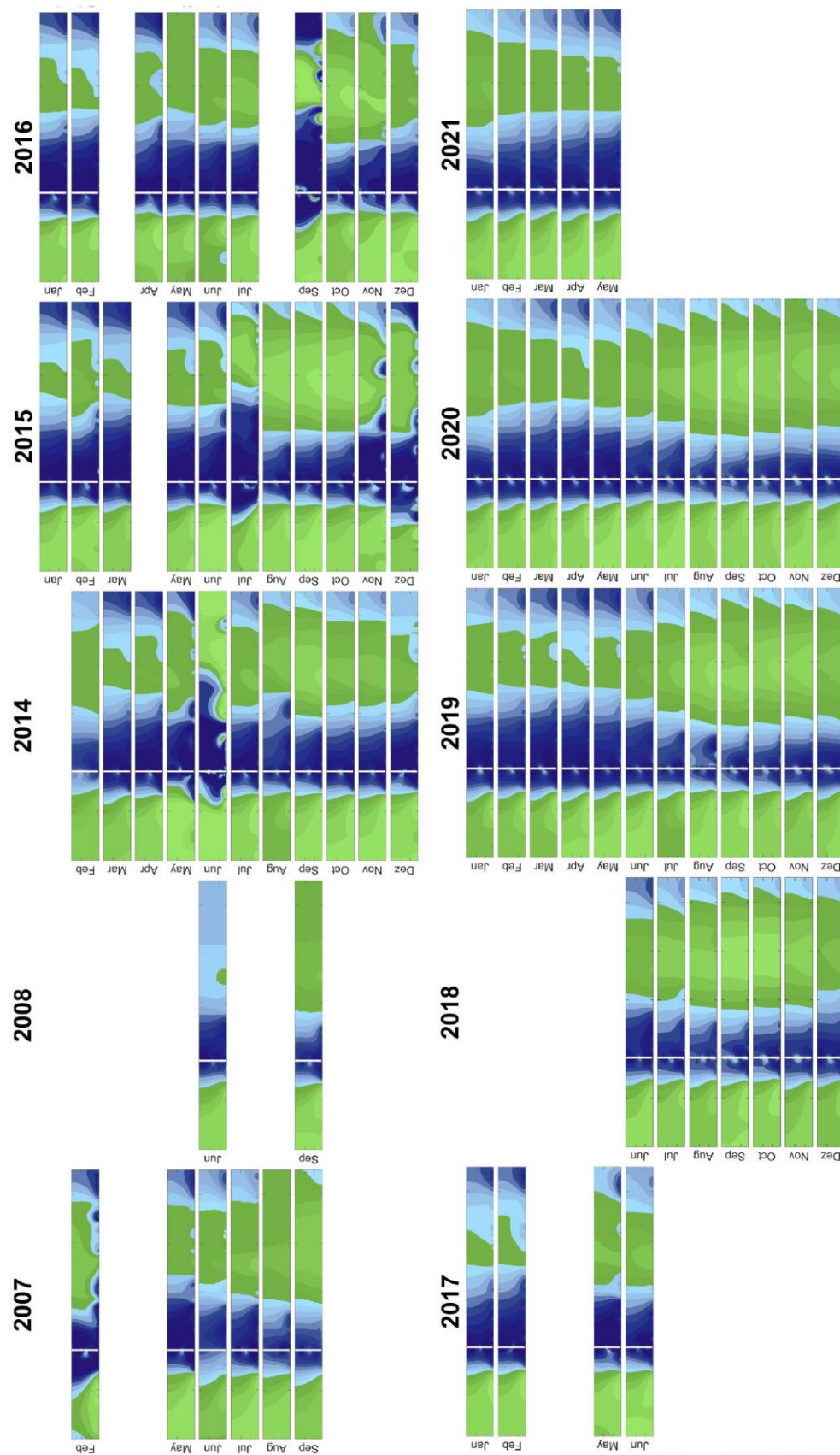
Modellierte Permafrostverteilung Wettersteingebirge und Permafrostbohrloch am Zugspitzgipfel (alle Abb. bereitgestellt vom LFU).

Zugspitzgipfel – Permafrost:



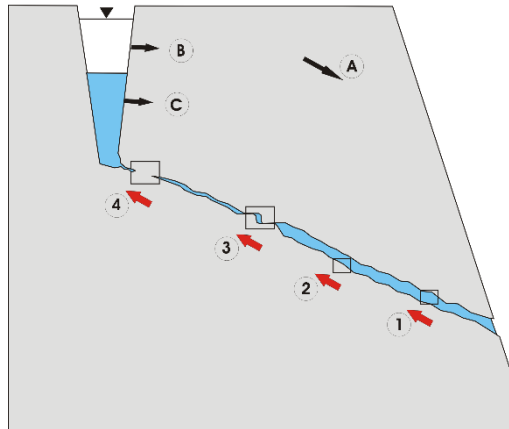
Ausbruchsnische und Geologie der Zugspitznordwand (Krautblatter et al., 2010) und aktuelle Permafrostmessungen.

Permafrost im Kammstollen 2007 bis 2021



Monatliche Permafrostmessungen mittels elektrischer Resistivitätstomographie im Kammstollen;
Abbildung: Riccardo Scandroglio 2021.

Destabilisierung von Permafrostfelsen:

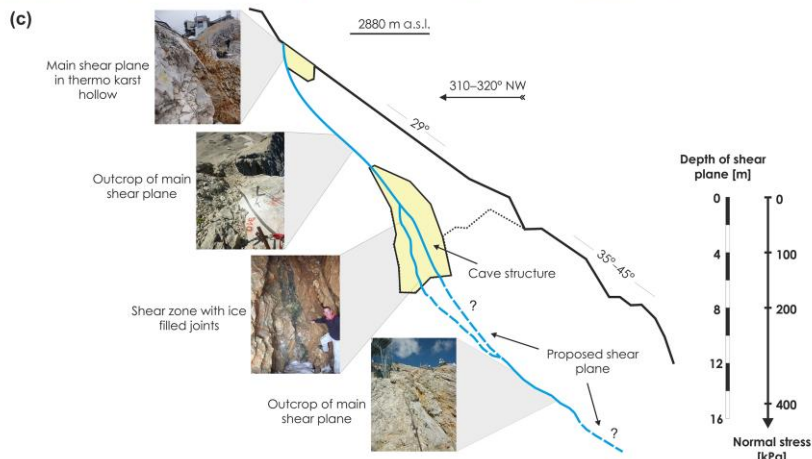
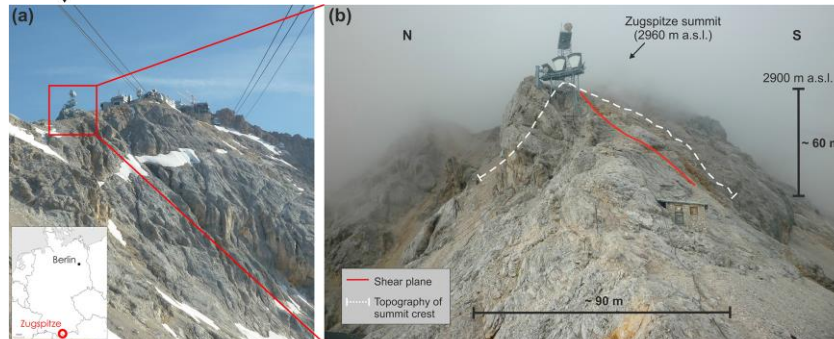
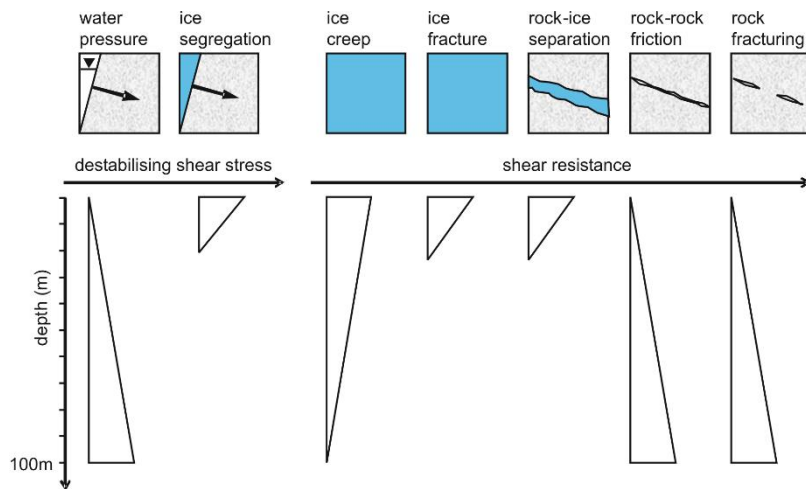


Shear Force

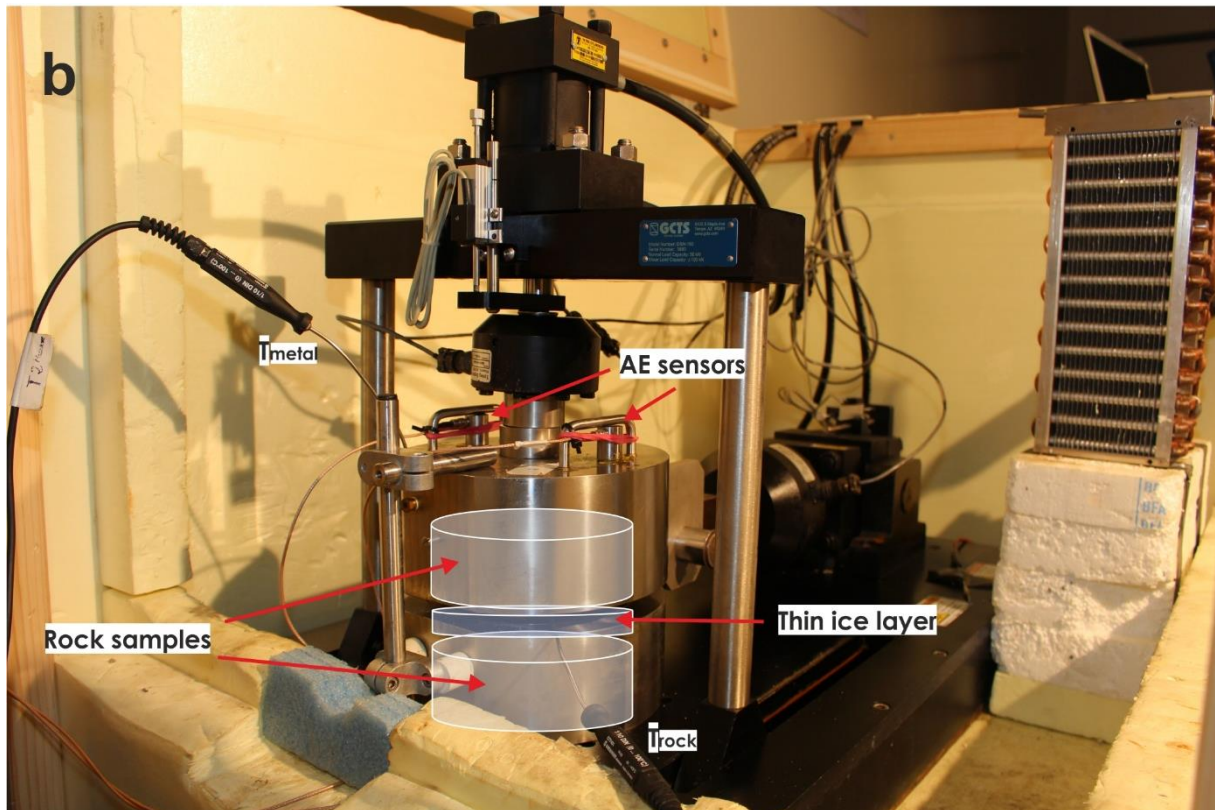
- A. Gravity induced shear force
- B. Hydrostatic pressure
- C. Cryostatic pressure

Shear Resistance

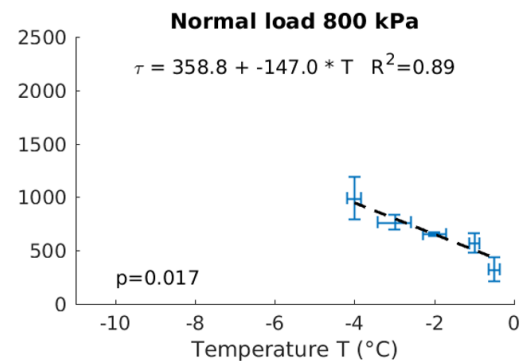
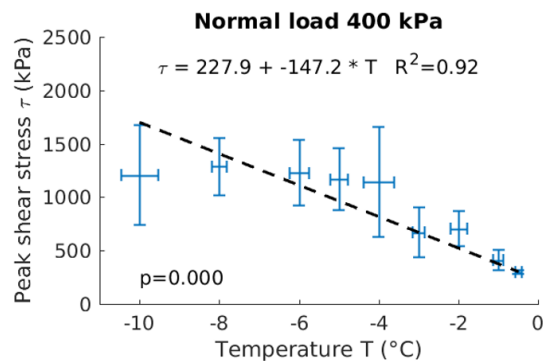
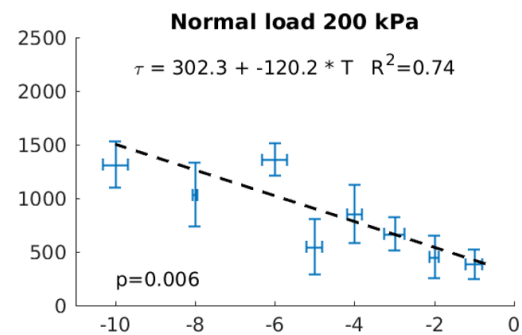
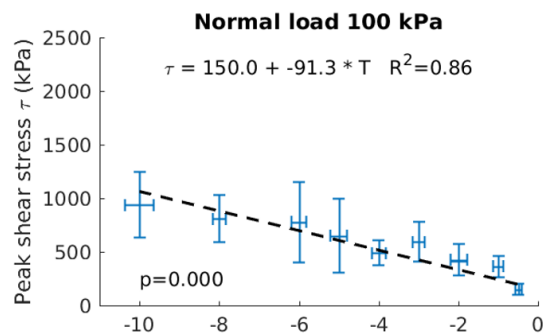
1. Creep and fracture of ice
2. Fracture of rock-ice contacts
3. Friction along fractures (Rock-rock)
4. Fracture of cohesive rock bridges



Temperaturabhängige Mechanische Modellierung von Permafrostfelsen

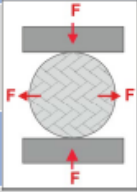
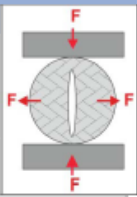
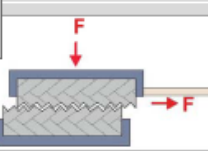


Rock-Ice-Fracturing: Temperature and stress dependence

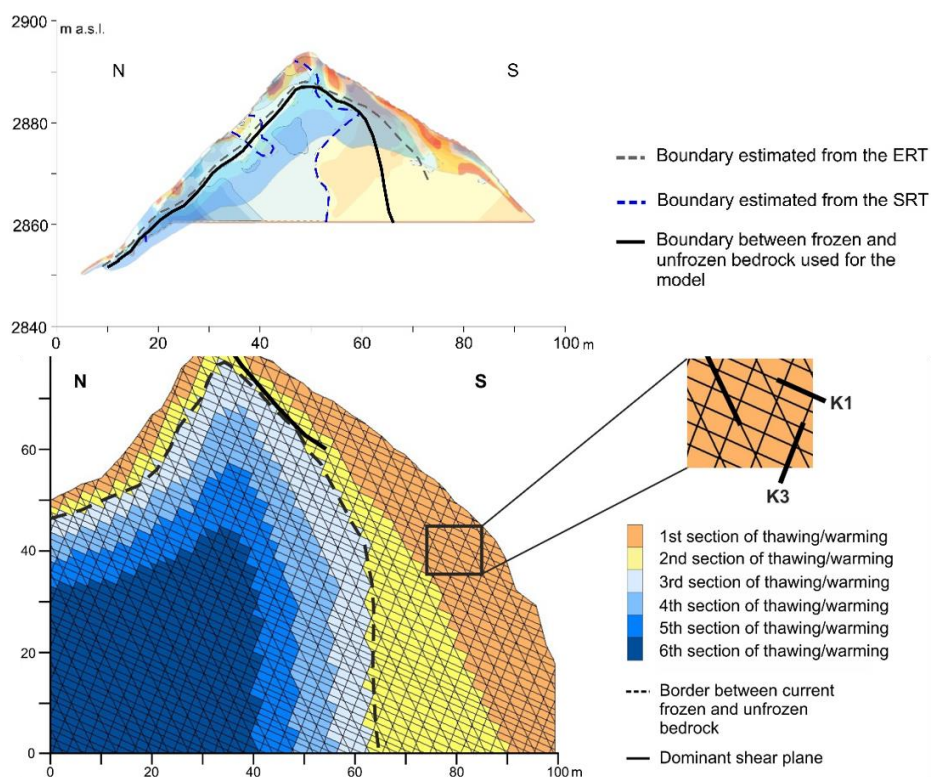


Mamot, Weber & Krautblatter , Cryosphere, to be subm.

Change of mechanical parameters when thawing

Mechanical parameter	Sketch of test	decreases by	Temp. / Literature
Uniaxial compressive strength (UCS) of rock		20 - 50 % ca. 50 %	-10°C to 0°C: MELLOR 1973, -20 to -5°C: KODAMA ET AL. 2013
UCS of ice		293 %	-50°C to 0°C: INADA & YOKOTA 1984
Indirect tensile strength (ITS) of rock		15 - 70 % ca. 120 %	-10 to 0°C: MELLOR 1973, -20 to -5°C: KODAMA ET AL. 2013
ITS of ice		79 %	-50°C to 0°C: INADA & YOKOTA 1984
Fracture toughness of rock bridges		17 - 58 %	-10°C to 30°C: DWIVEDI ET AL. 2000
Basic joint friction angle		14 - 17 %	-4.5°C to room temp.: KRAUTBLATTER ET AL. 2013
Shear strength of concrete-ice-contacts		(-144 kPa/°C) 255 %	-2.5 to 0°C: KRAUTBLATTER ET AL. 2013, -5°C to -0.5°C: DAVIES ET AL. 2000

Mechanical prediction 2020-2070 Zugspitze 10.000 m³ rock slide



Mamot, Weber, Eppinger & Krautblatter: A Universal Thermo-Mechanically Coupled Failure Model for Degrading Permafrost Rock Slopes Based on Laboratory and Field Data JGR (subm.)

Mechanical prediction 2020-2070 Zugspitze 10.000 m³ rock slide

Ca. present state

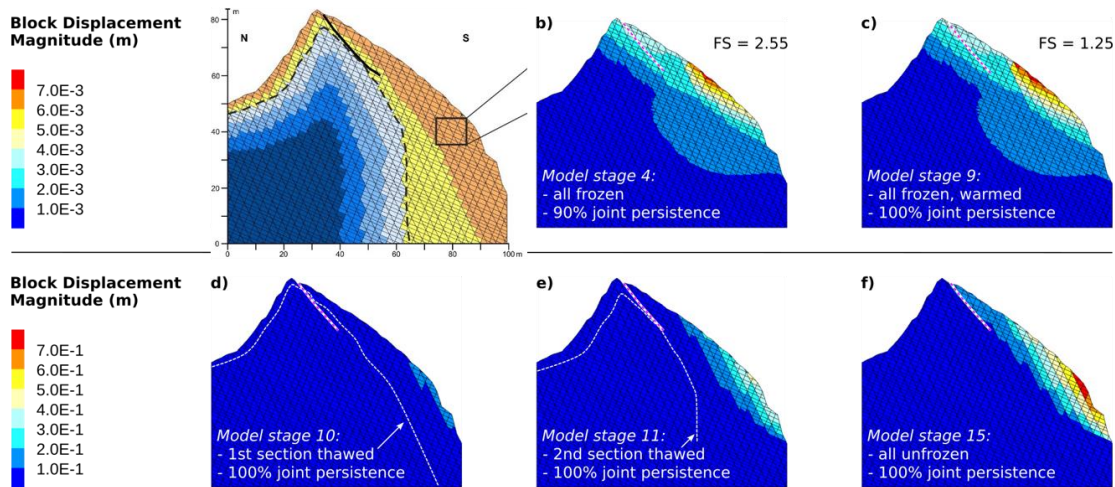
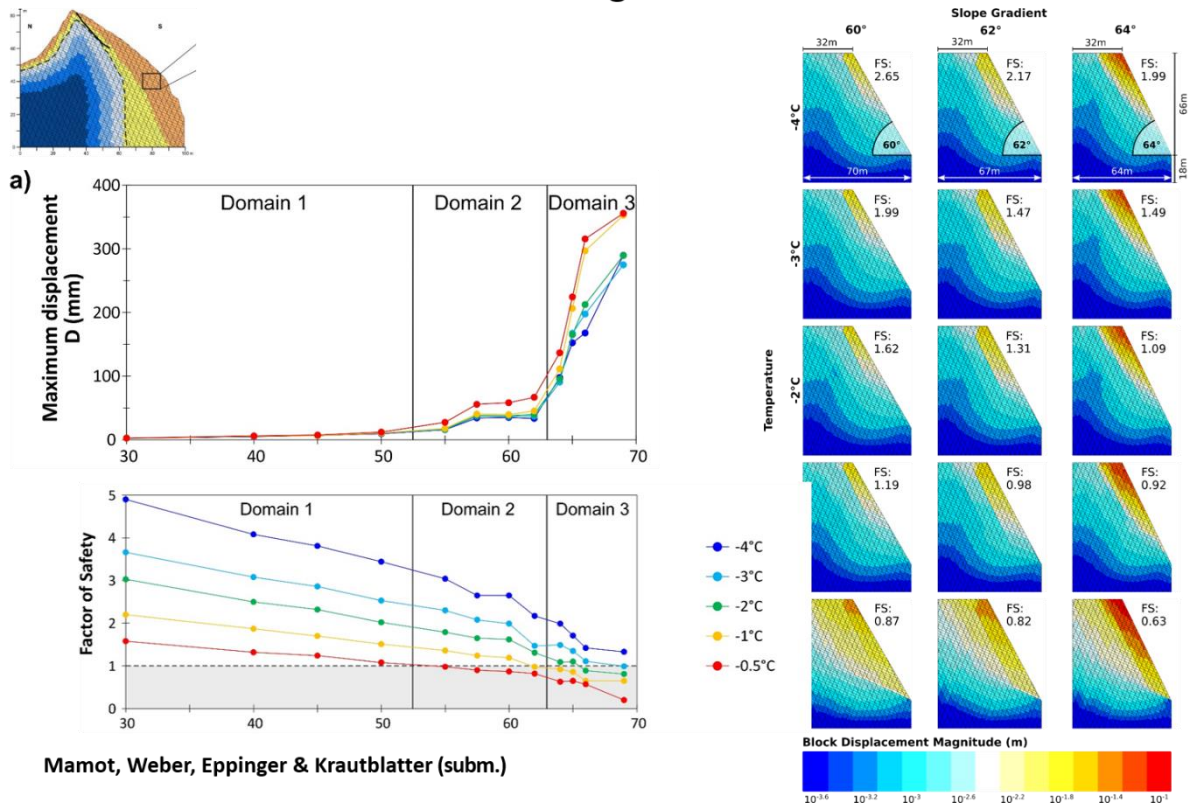


Figure 6. Calculated spatial distribution and magnitude of displacements for the Zugspitze summit ridge. (a)–(c) Factors of safety (FS) are given for Stages 1, 4 and 9 which refer to the loss of rock bridges and warming. (d)–(f) Stages 10, 11 and 15 correspond to thawing with FS below 1. The prominent shear zone is marked by a white-red dashed line. The permafrost boundary in (d) and (e) is highlighted by a white dashed line.

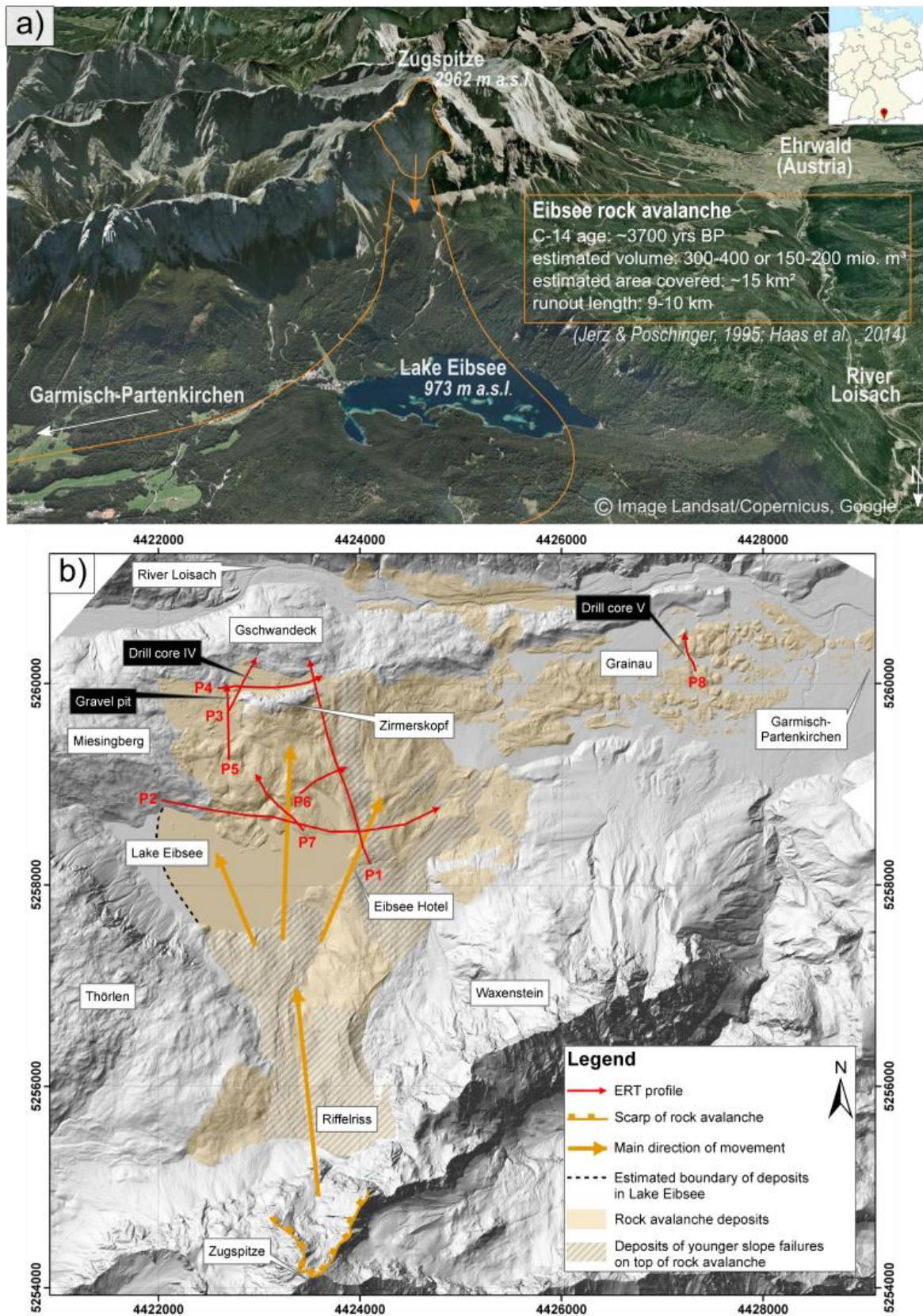
Mamot, Weber, Eppinger & Krautblatter: A Universal Thermo-Mechanically Coupled Failure Model for Degrading Permafrost Rock Slopes Based on Laboratory and Field Data. (subm.)

Generalisiertes Modell für die Anfälligkeit von Permafrostfelsen?



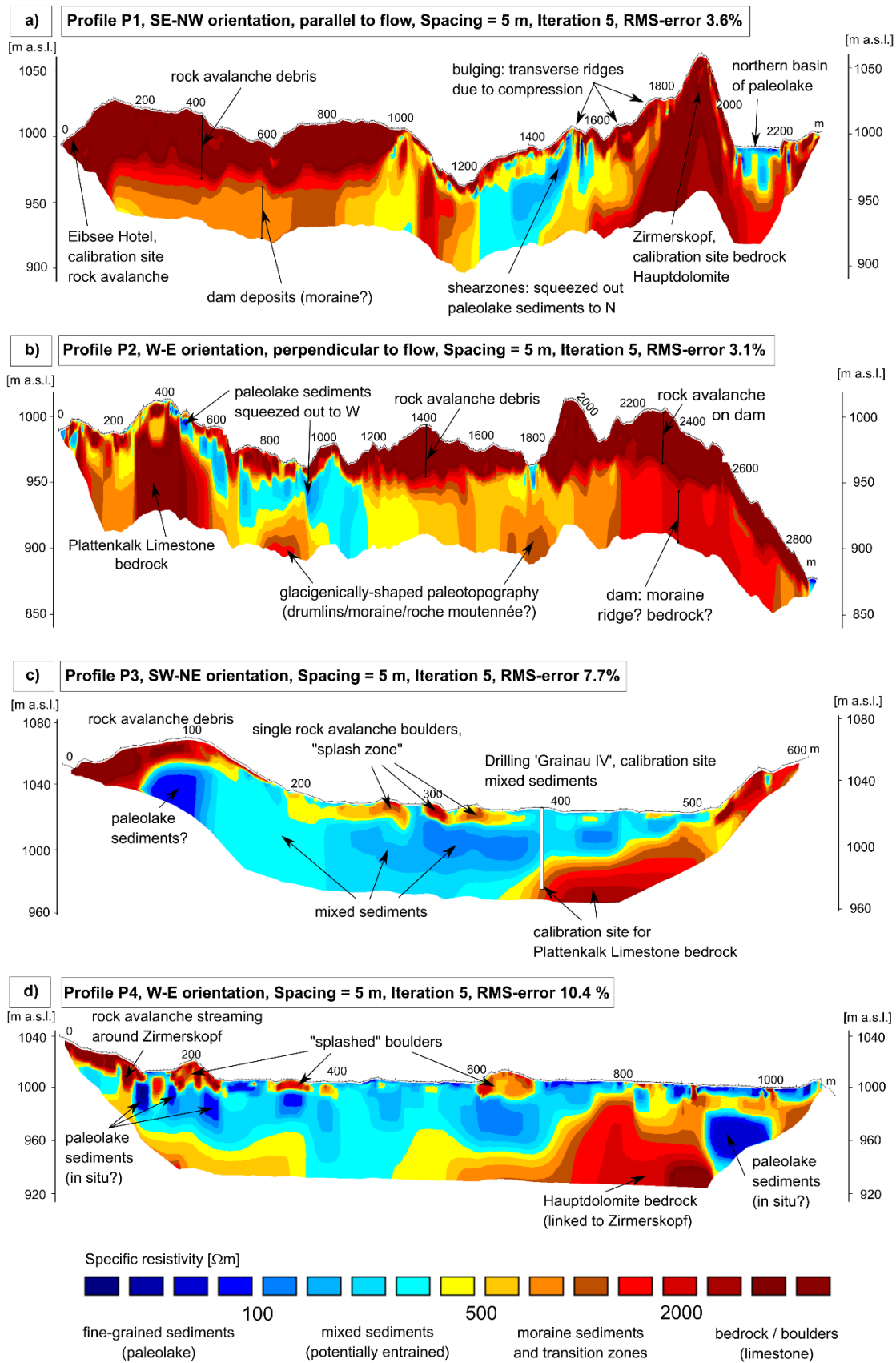
Mamot, Weber, Eppinger & Krautblatter (subm.)

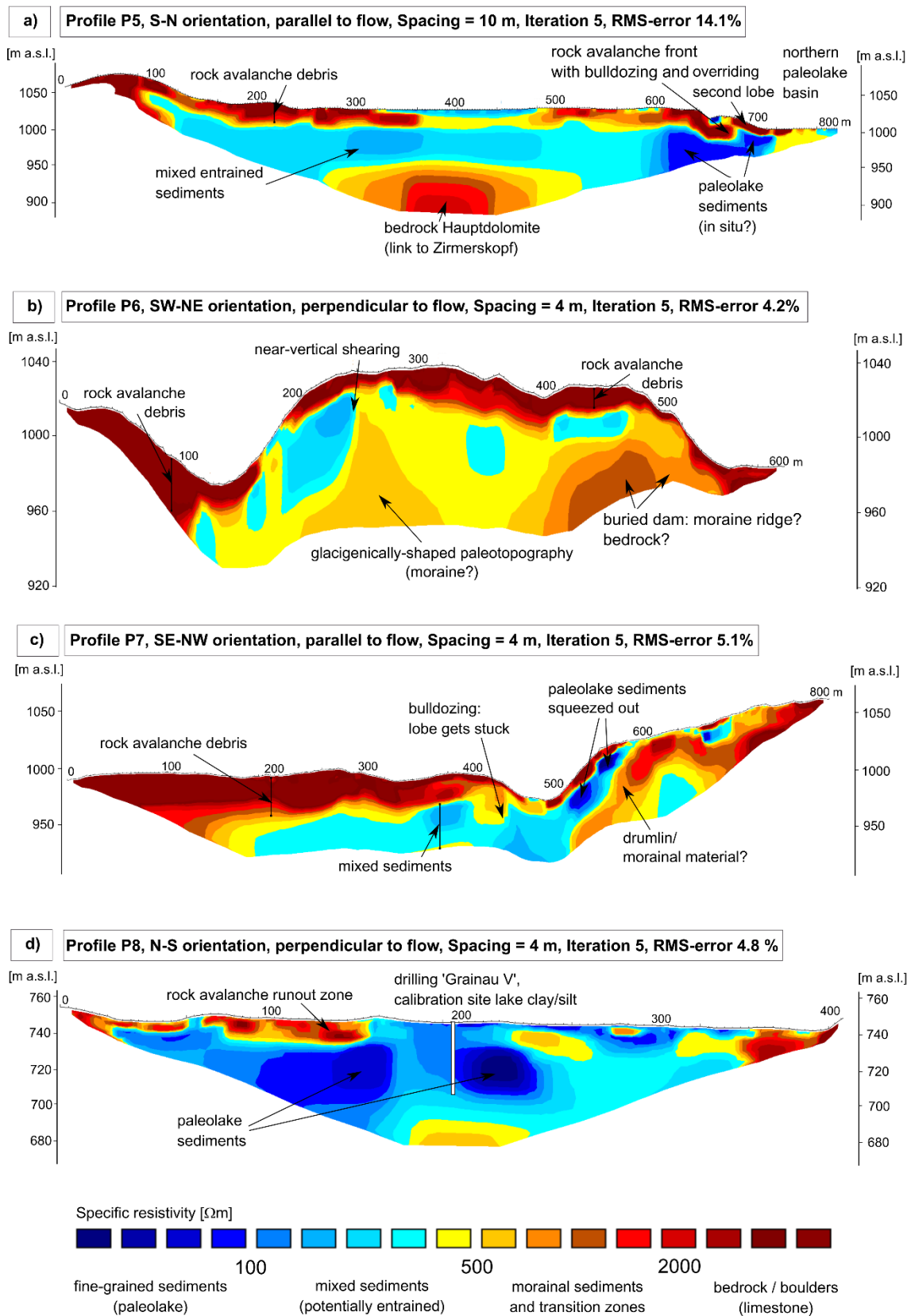
6. Eibsee – Rockfall Series and Lake Impact



Knapp et al., 2021a

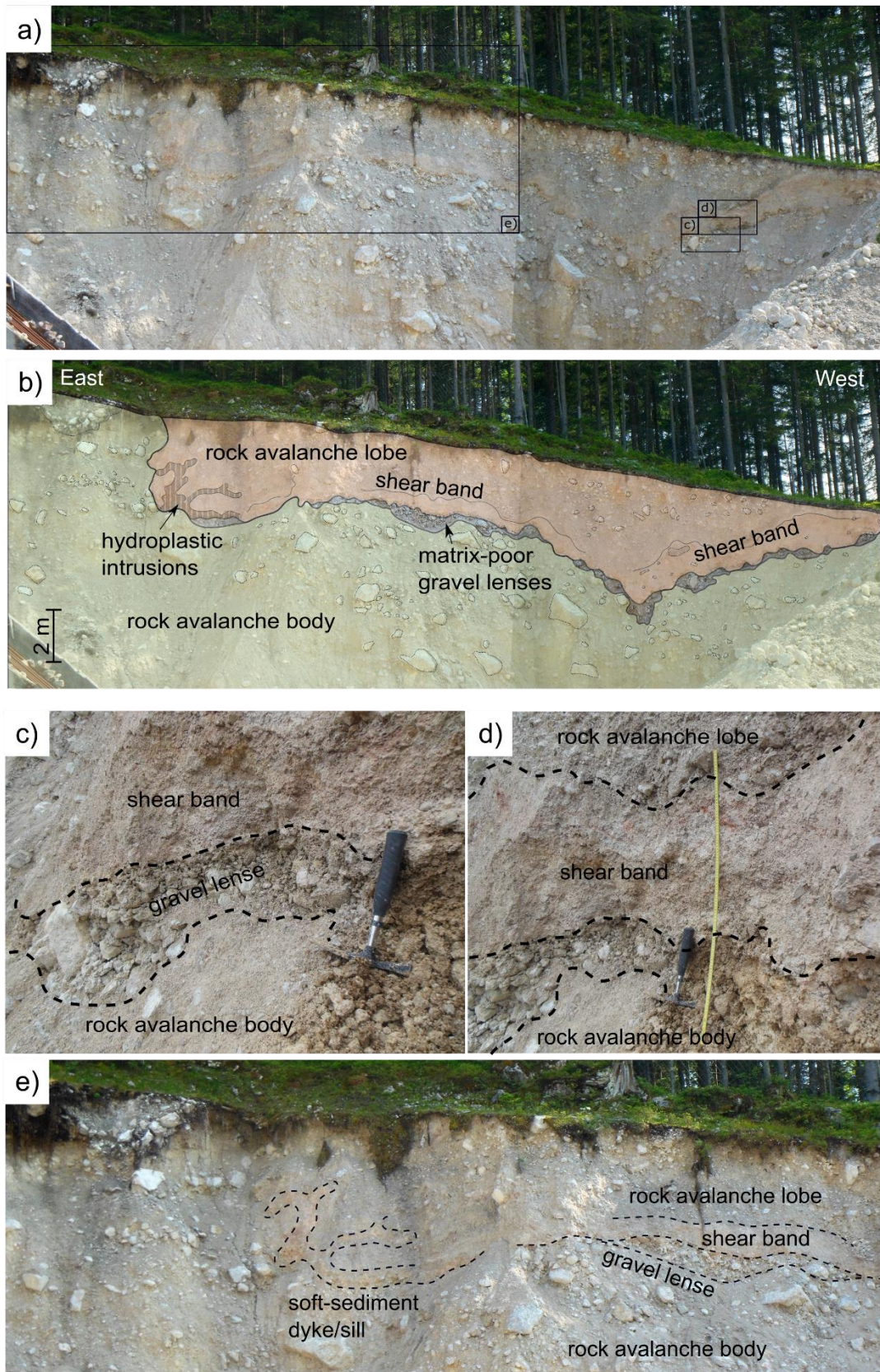
Geoelektrik (ERT): Nachweis des Paläosees und Effekte des Impakts





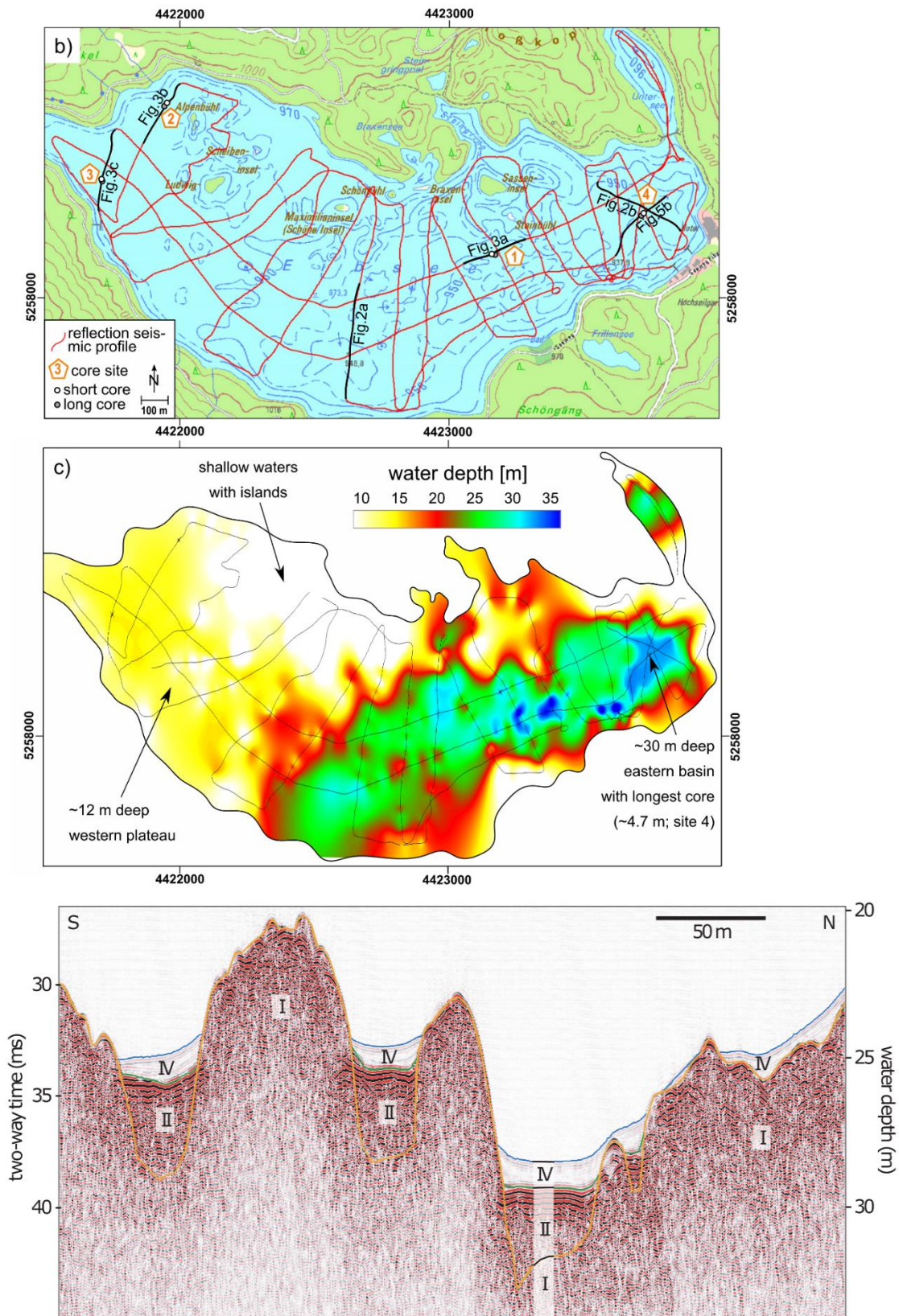
Knapp et al., 2021a

Bergsturzfazies mit simultanen Loben und „undrained loading“



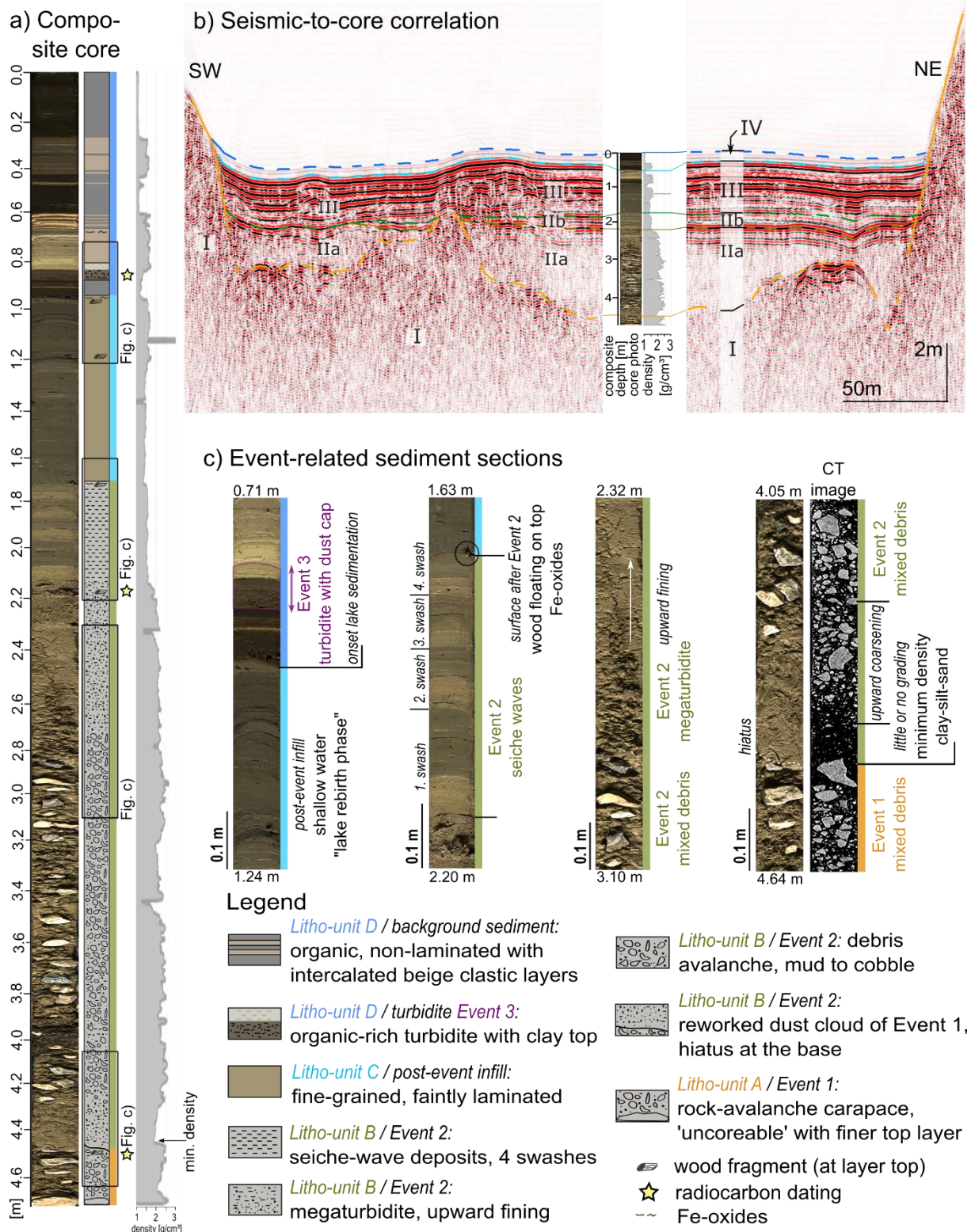
Knapp et al., 2021a

Limnogeologie und Bergstürze: Reflektionsseismik und Sedimentbohrkerne für hohe Auflösung
(Zeit / Raum)



Knapp et al., 2021b

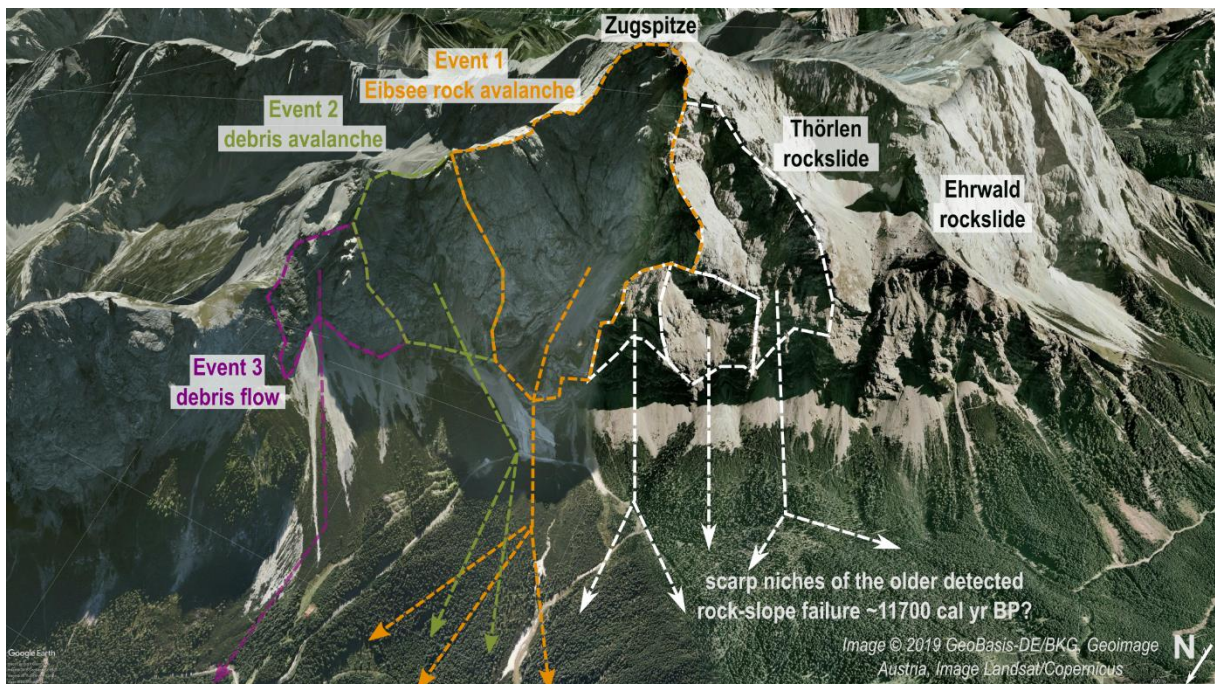
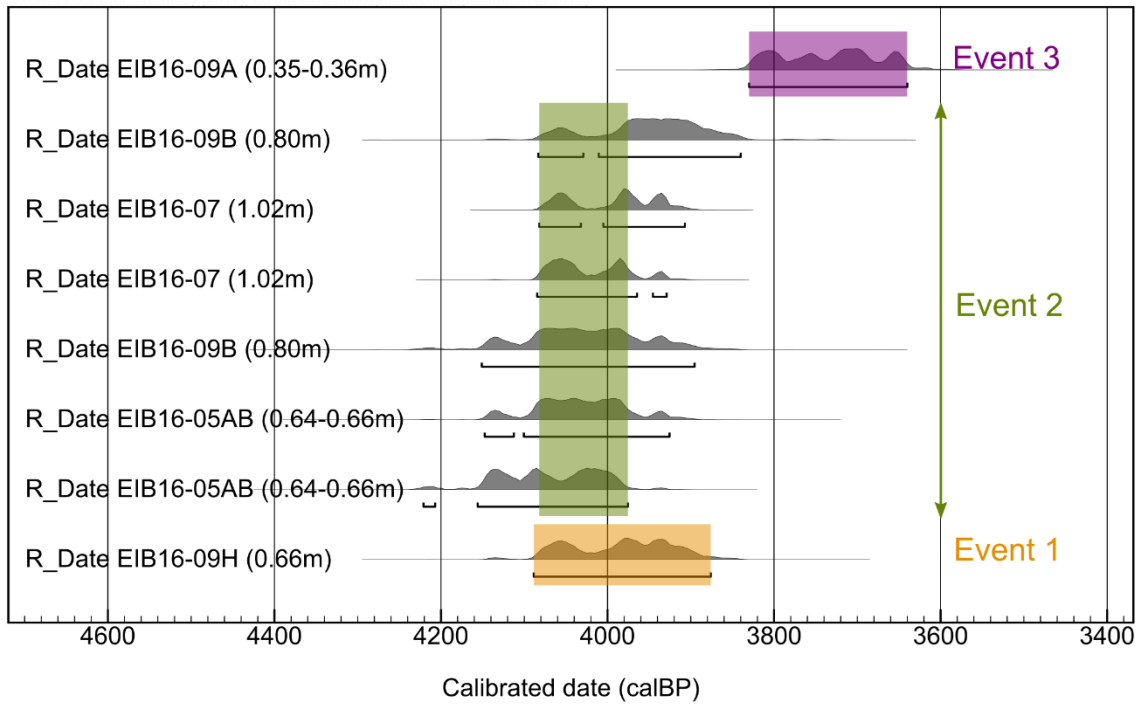
Mastercore und Seismik im Hauptsedimentationsbecken: Bergsturz und (Mega-) Turbidite, C14-Datierung



Knapp et al., 2021b

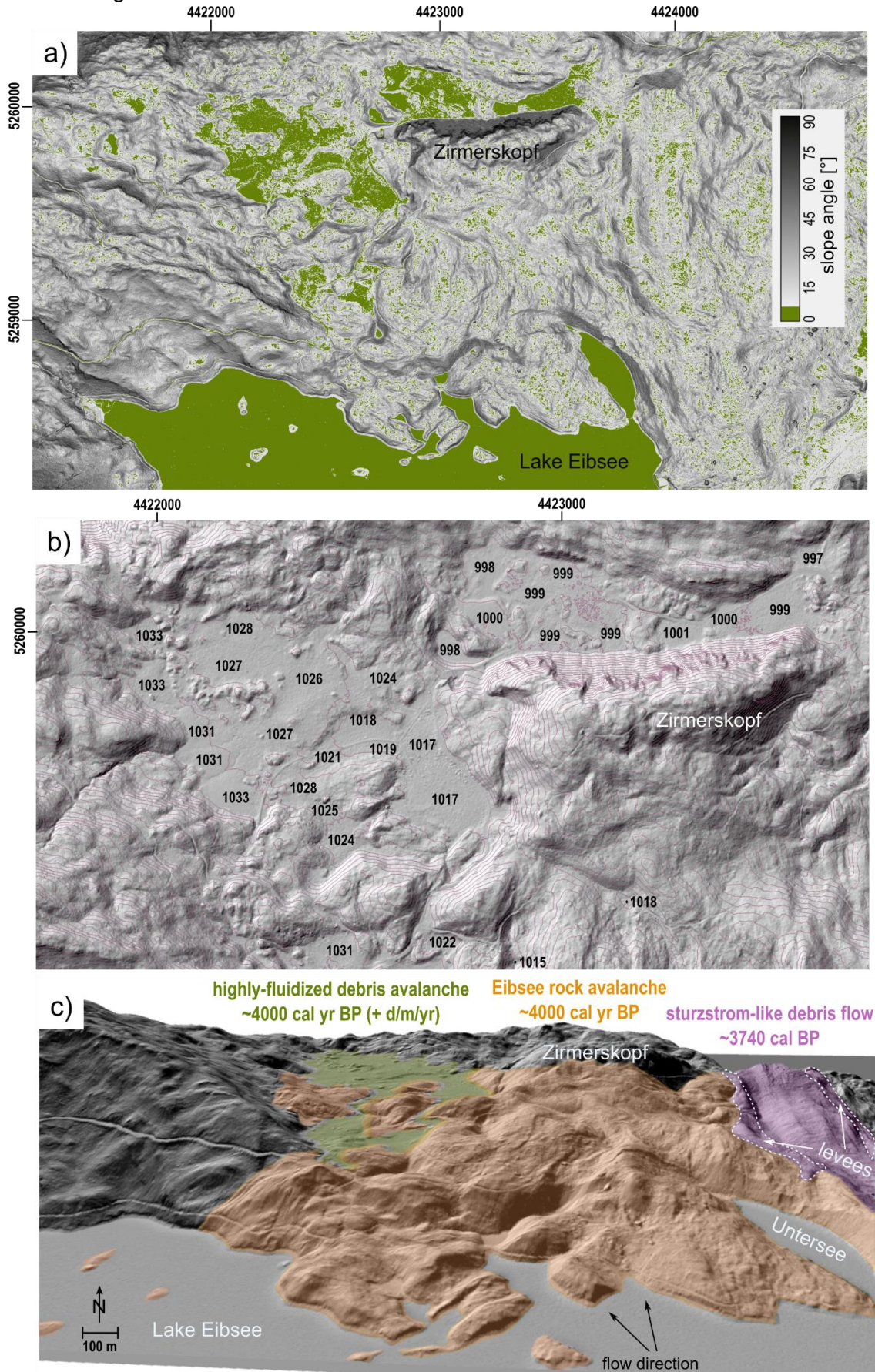
C14-Datierung und potenzielle Ausbruchsnischen

OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al. 2013)

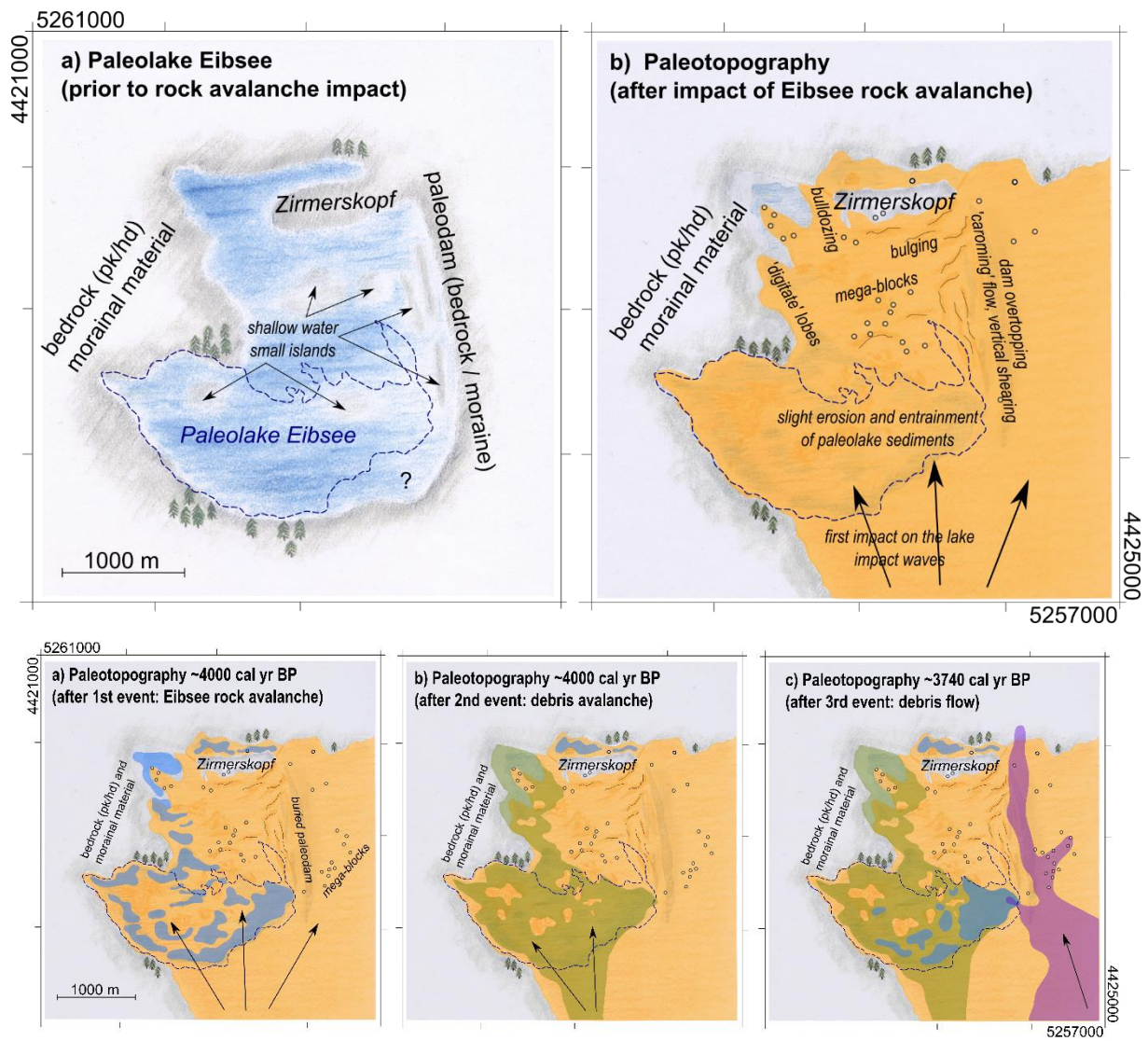


Knapp et al., 2021b

Ausdehnung Paläosee und Events

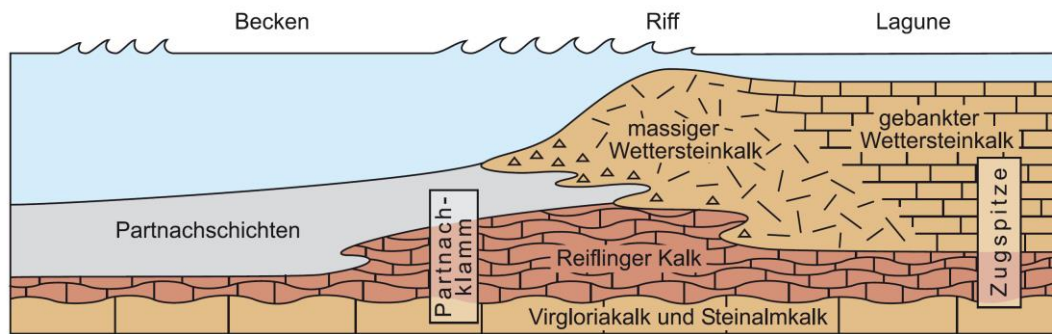


Eibsee Synopsis: Paleotopographie / Event-Geschichte

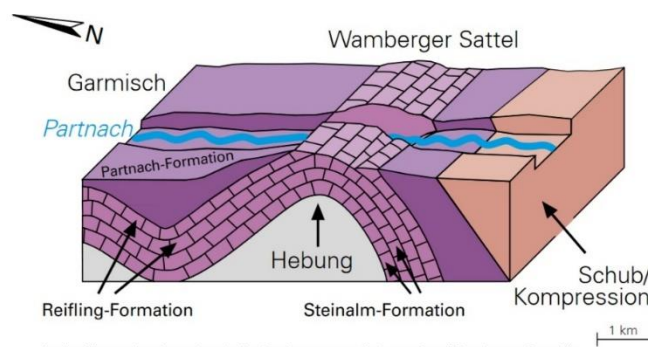


Knapp et al., 2021b

7. Partnachklamm – Monitoring

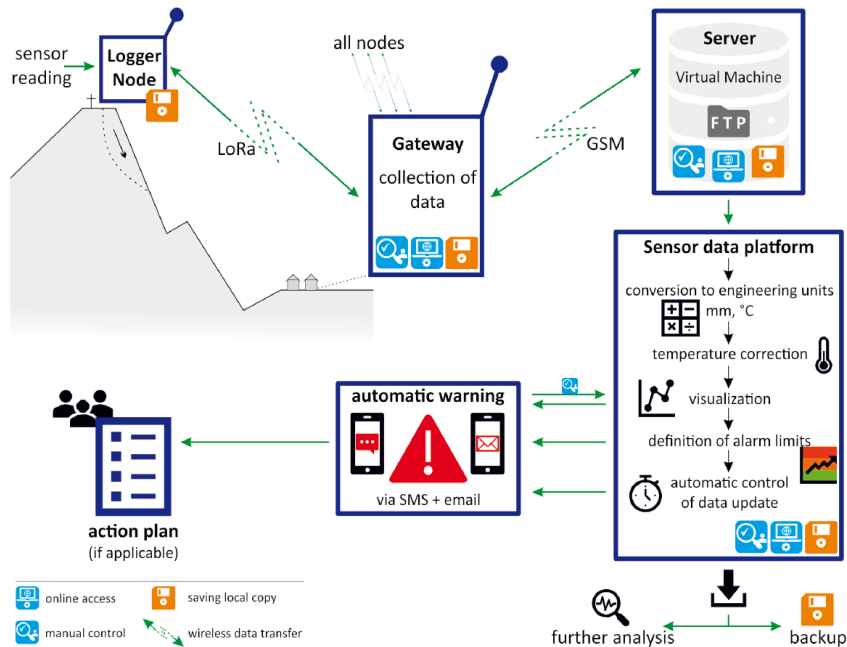


Schematische Skizze des Ablagerungsraums von Partnachschichten und Wettersteinkalk im oberen Ladin vor ca. 230 Millionen Jahren

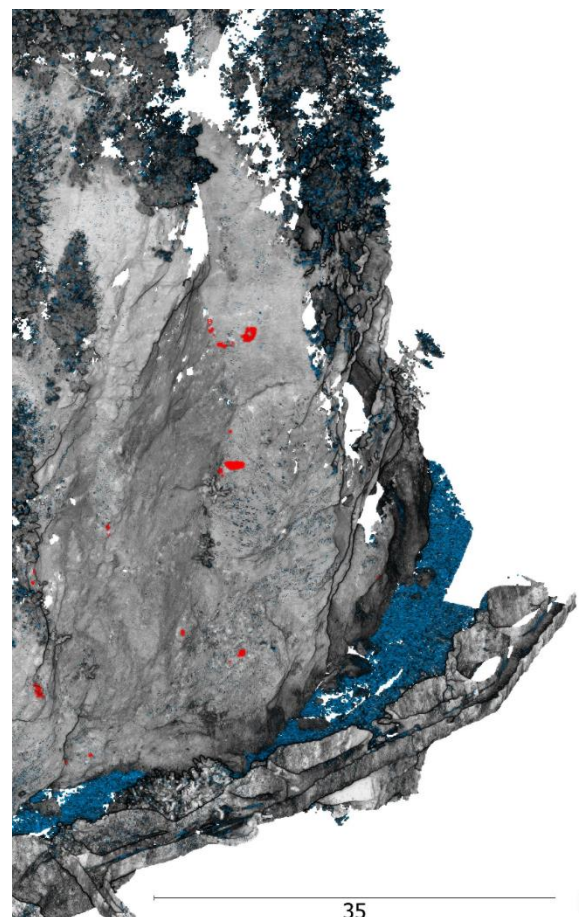
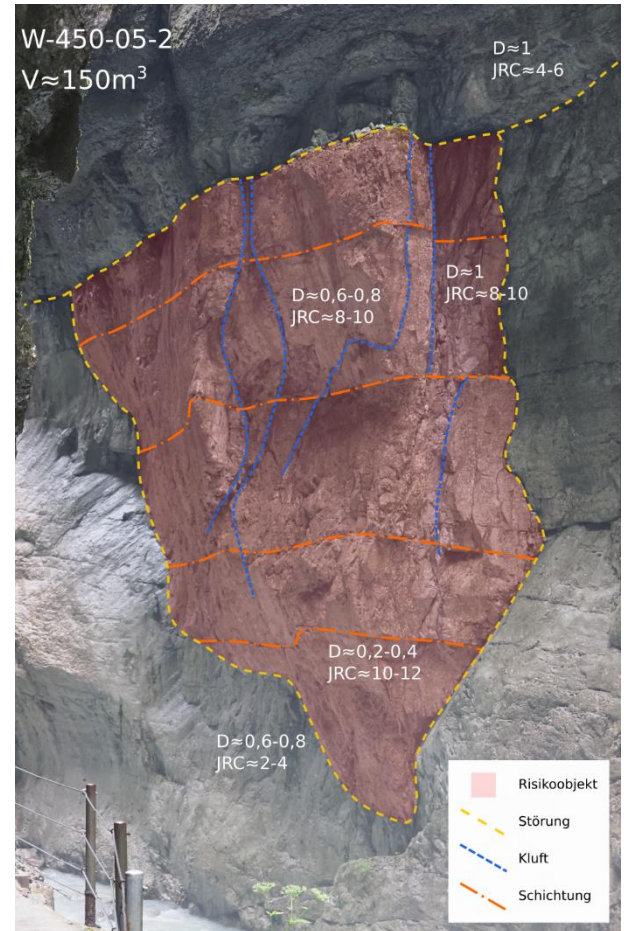


In der Klamm ist eine tektonische Struktur angeschnitten, der „Wamberger Sattel“. Er zeigt eine steile Südflanke und eine Verflachung der Schichten nach Norden. Den Kern des Sattels bilden die widerstandsfähigen Schichten der Reifling- und Steinalm-Formation.

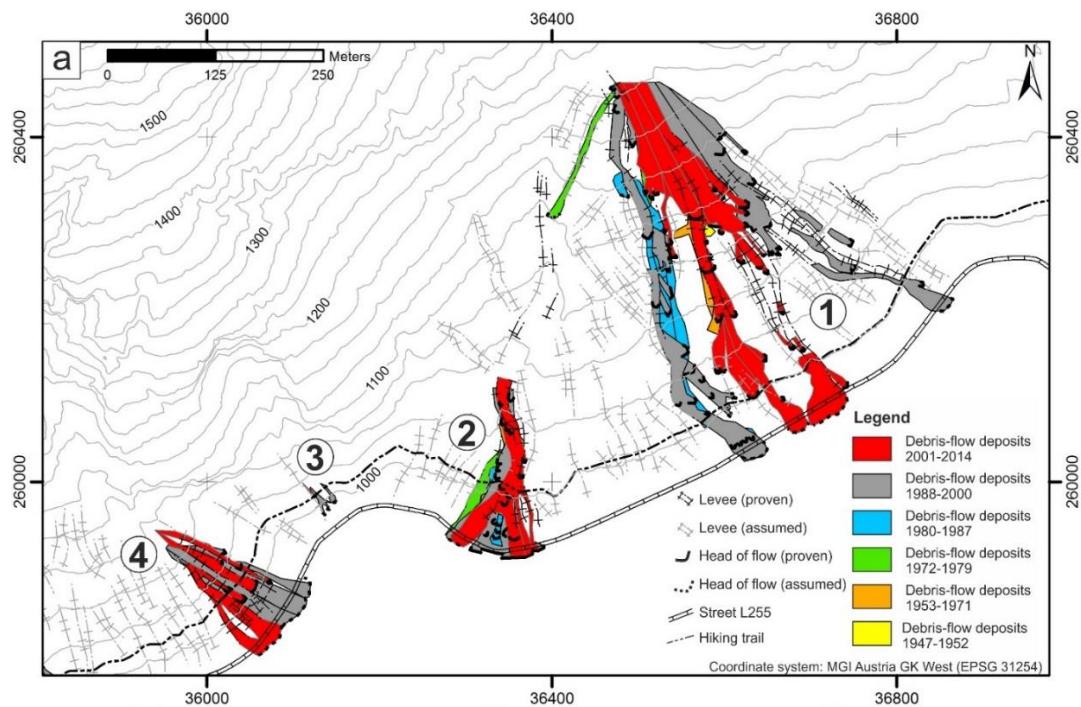
Bayr. Landesamt für Umwelt (2008): Geotope in Oberbayern. Erdwissenschaftliche Beiträge zum Naturschutz, Band 6, Augsburg.



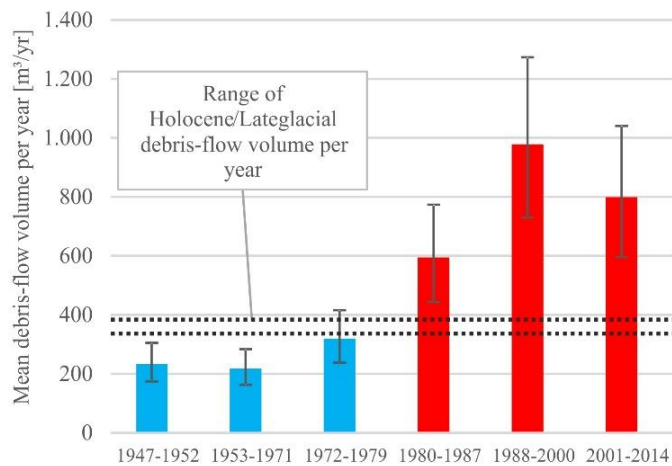
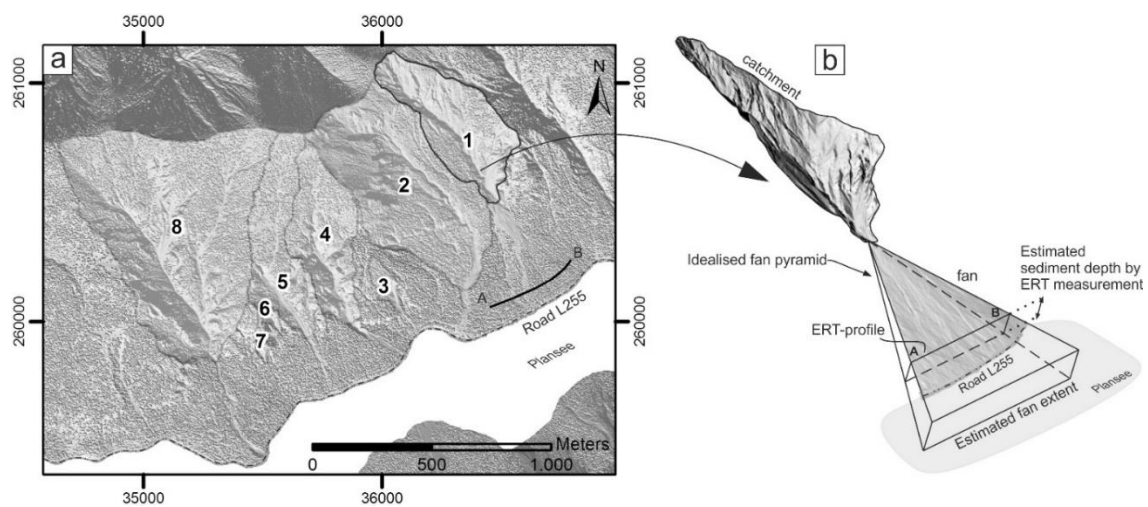
Leinauer et al. (2020): Anticipating an imminent large rock slope failure at the Hochvogel (Allgäu Alps). – Geomechanics and Tunneling, 13, Issue 6, p. 597-603.



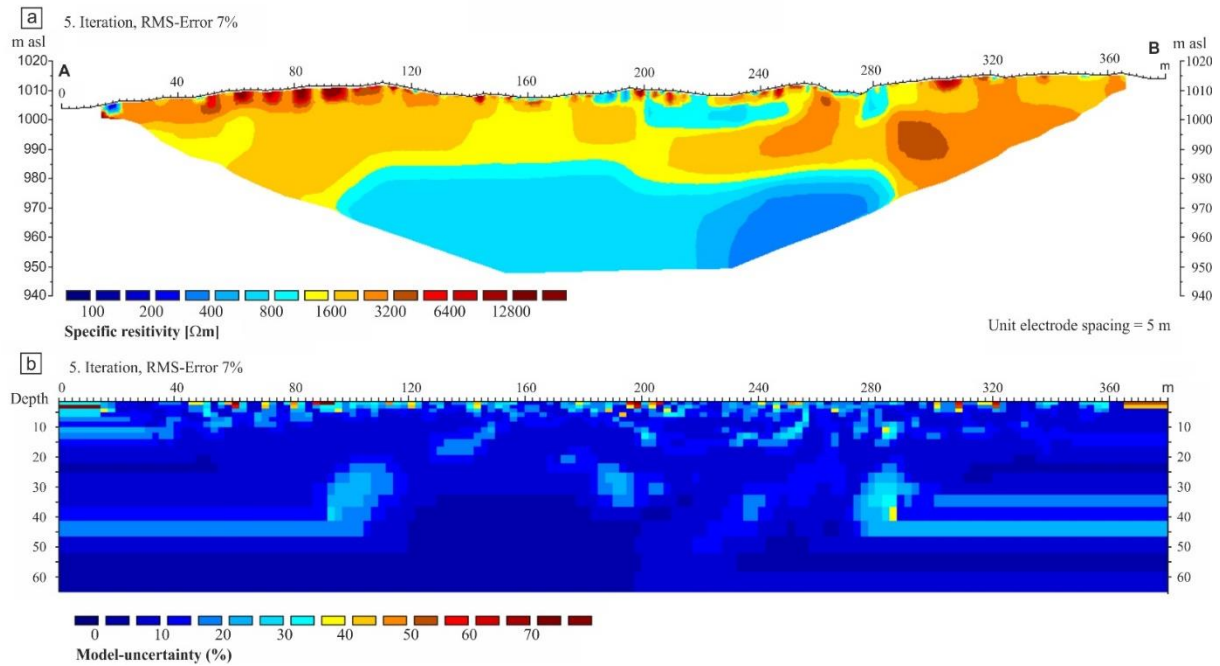
8. Plansee – Debris Flow Activity



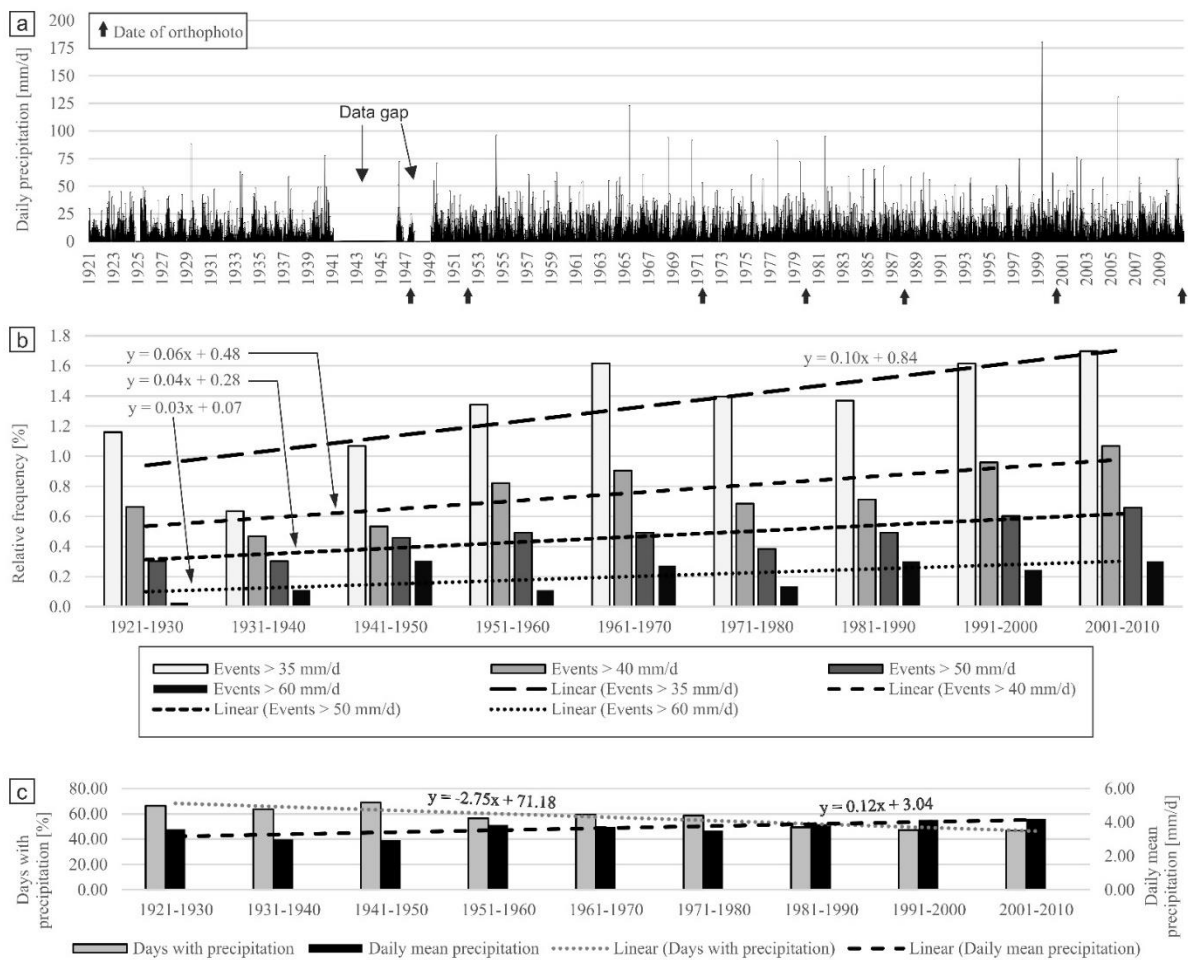
Dietrich und Krautblatter (2017)



Dietrich und Krautblatter (2017)

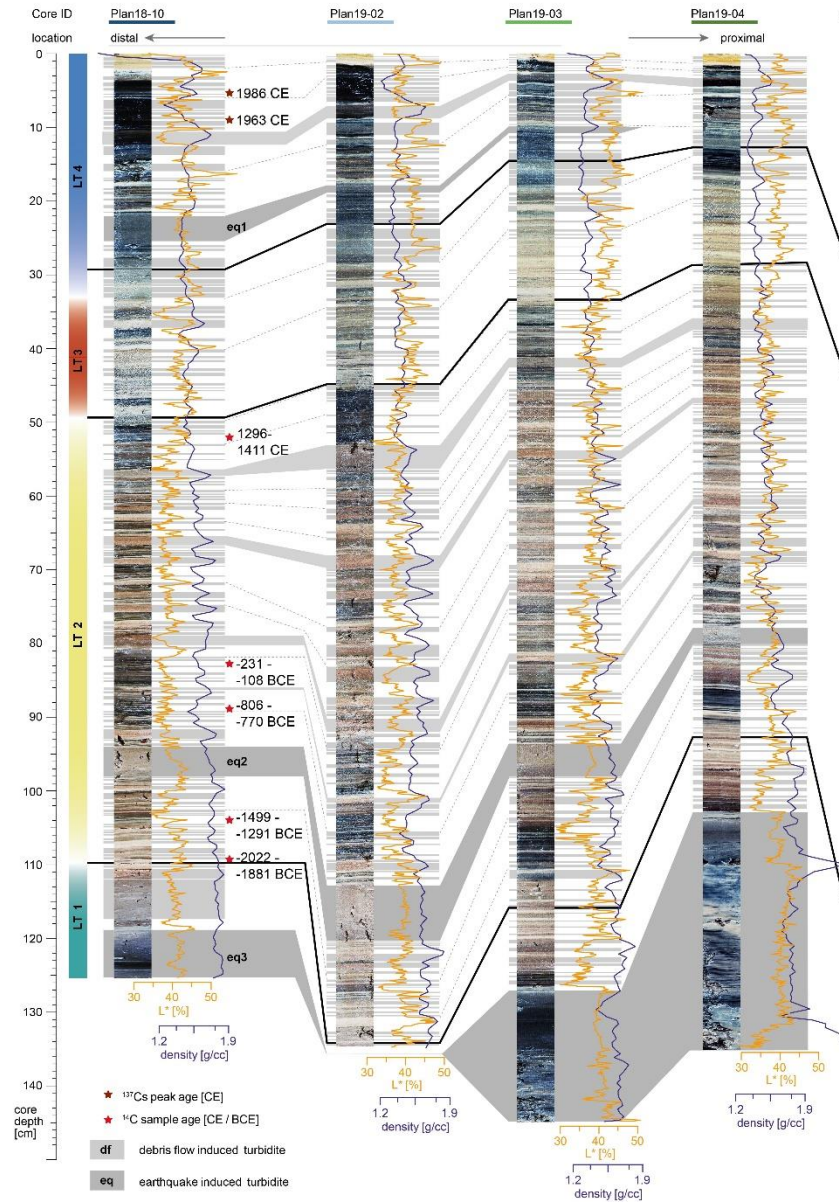


Dietrich und Krautblatter (2017)

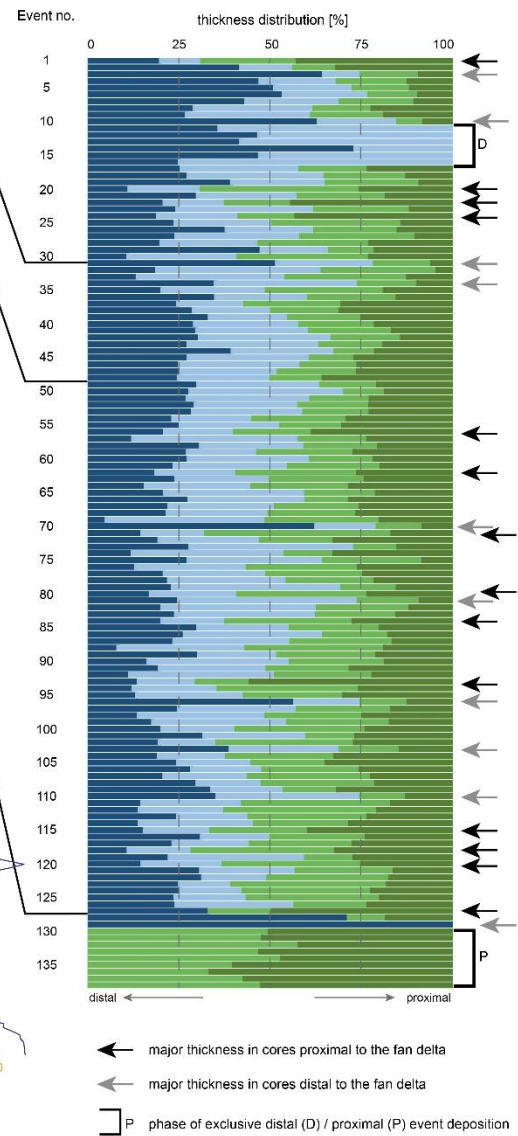


Dietrich und Krautblatter (2017)

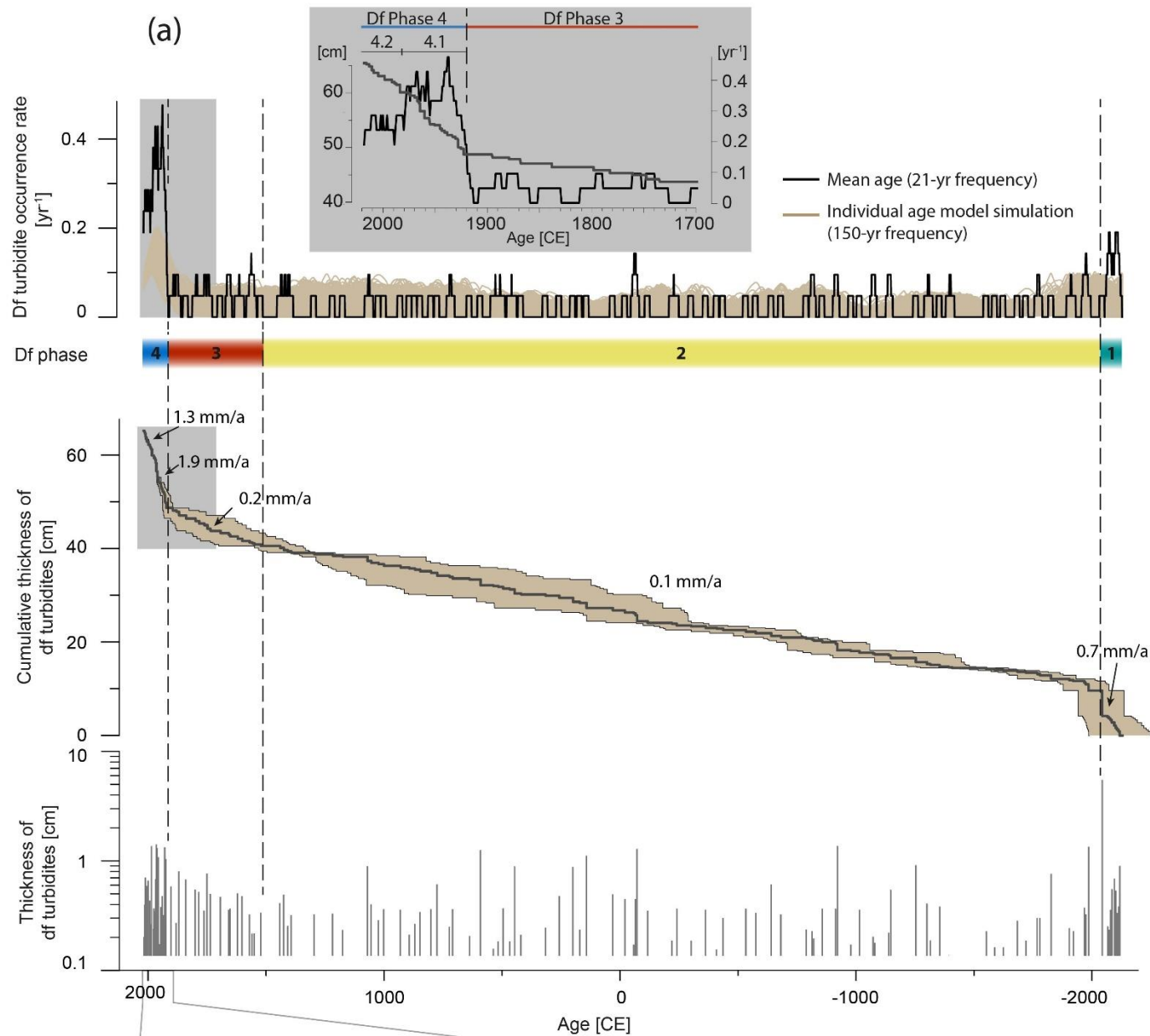
(a) Event correlation within short core transect



(b) Spatial thickness distribution of df turbidites



Kiefer et al. (2021)



Kiefer et al (2021)

References

- Czymzik, M., Brauer, A., Dulski, P., Plessen, B., Naumann, R., Von Grafenstein, U., and Scheffler, R.: Orbital and solar forcing of shifts in Mid- to Late Holocene flood intensity from varved sediments of pre-alpine Lake Ammersee (southern Germany), *Quaternary Science Reviews*, 61, 96–110, 10.1016/j.quascirev.2012.11.010, 2013.
- Haas, U. et al. (2014). Quaternary sediments in the werdenfels Region (Bavaria, Southern Germany)
- Jerz, H. (1993) Die Geologie von Bayern II: Das Eiszeitalter in Bayern. Schweizerbart, Stuttgart.
- Jerz, H., Poschinger, A.v., 1995. Neuere Ergebnisse zum Bergsturz Eibsee-Grainau. *Geologica Bavarica* 99, 383-398
- Kiefer, C., Oswald, P., Moernaut, J., Fabbri, S. C., Mayr, C., Strasser, M., and Krautblatter, M.: A 4,000 year debris-flow record based on amphibious investigations of fan delta activity in Plansee (Austria, Eastern Alps), *Earth Surf. Dynam. Discuss.*, 2021, 1-27, 10.5194/esurf-2021-23, 2021.
- Knapp, S., Anselmetti, F. S., Lempe, B., and Krautblatter, M. (2021b) Impact of an 0.2 km³ Rock Avalanche on Lake Eibsee (Bavarian Alps, Germany) – Part II: Catchment Response to Consecutive Debris Avalanche and Debris Flow. *Earth Surf. Process. Landforms*, <https://doi.org/10.1002/esp.5025>
- Knapp, S., Mamot, P., Lempe, B., and Krautblatter, M. (2021a) Impact of an 0.2 km³ Rock Avalanche on Lake Eibsee (Bavarian Alps, Germany) – Part I: Reconstruction of the paleolake and Effects of the Impact. *Earth Surf. Process. Landforms*, <https://doi.org/10.1002/esp.5024>
- Krautblatter, M., Funk, D., Guenzel, F., 2013. Why permafrost rocks become unstable: a rock–ice-mechanical model in time and space. *Earth Surf. Process. Landforms* 10.1002/esp.3374.
- Krautblatter, M., Moser, M., 2009. A nonlinear model coupling rockfall and rainfall intensity based on a four year measurement in a high Alpine rock wall (Reintal, German Alps). *Natural Hazards and Earth System Science* 9, 1425-1432
- Krautblatter, M., Moser, M., Schrott, L., Wolf, J., Morche, D., 2012. Significance of rockfall magnitude and carbonate dissolution for rock slope erosion and geomorphic work on Alpine limestone cliffs (Reintal, German Alps). *Geomorphology* 167, 21-34 10.1016/j.geomorph.2012.04.007.
- Krautblatter, M., Verleysdonk, S., Flores-Orozco, A., Kemna, A., 2010. Temperature-calibrated imaging of seasonal changes in permafrost rock walls by quantitative electrical resistivity tomography (Zugspitze, German/Austrian Alps). *Journal of Geophysical Research-Earth Surface* 115, F02003 doi:10.1029/2008JF001209.
- Mamot, P., S. Weber, T. Schröder, and M. Krautblatter (2019), A temperature- and stress-controlled failure criterion for ice-filled permafrost rock joints, *The Cryosphere*.
- Mamot, P., Weber, S., Eppinger, S., and Krautblatter, M.: A temperature-dependent mechanical model to assess the stability of degrading permafrost rock slopes, *Earth Surf. Dynam.*, 9, 1125–1151, <https://doi.org/10.5194/esurf-9-1125-2021>, 2021.
- Meyer und Schmidt-Kaler (1997). *Wanderungen in die Erdgeschichte 9: Auf den Spuren der Eiszeit südl. von München*. Pfeil Verlag, München.
- Miller, H., 1961. Der Bau des westlichen Wettersteingebirges. *Z. dt. geol. Ges.* 113, 409-425
- Sass, O., Krautblatter, M., 2007. Debris flow-dominated and rockfall-dominated talus slopes: Genetic models derived from GPR measurements. *Geomorphology* 86, 176-192
- Sass, O., Krautblatter, M., Morche, D., 2007. Rapid lake infill following major rockfall (bergsturz) events revealed by ground-penetrating radar (GPR) measurements, Reintal, German Alps, Holocene, pp. 965-976.