INHALT

NACHEISZEITLICHE ENTWICKLUNG DES SALZBURGER GEWÄSSERNETZES

Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen nach der letzten Eiszeit

Einführung	5
P. JÄGER	
Der Zerfall des Salzachgletschers und die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässersystems aus der Sicht der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen	7
H. IBETSBERGER, P. JÄGER, M. HÄUPL	
Die nacheiszeitliche Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit Fischen	55
P Jäger M Hähdi H Iretsrerger	

Einführung

Die Wandlung des Klimas von der totalen Vereisung Salzburgs zur heutigen Warmzeit begann vor etwa 22.000 Jahren und vollzog sich über einen Zeitraum von 10.000 Jahren, sie erfolgte nicht kontinuierlich sondern war geprägt von Wärmeperioden und Kältephasen mit neuerlichen Gletschervorstößen.

Vor etwa 11.000 Jahren erfolgte der Übergang in die postglaziale Warmzeit mit einem Anstieg der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen in unseren Breiten um 10°C in nur 1.000 Jahren. Nach diesem drastischen Klimawandel stabilisierte sich das Klima auf dem derzeitigen Niveau, mit Schwankungen um +/- 2°C um das langjährige Mittel. Diese kleineren Klimaschwankungen lösten aber immer wieder kältere und wärmere Zeitperioden aus, welche die Entwicklung der Besiedelung Europas durch den Menschen beeinflußten. Die letzte markante Kälteperiode war die sogenannte Kleine Eiszeit, welche im 16. Jhdt. begann und mit dem Gletschervorstoß 1850 ihren Höhepunkt hatte.

Ein Teilaspekt der spät- und postglazialen Klimaentwicklung ist die Frage der Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit Fischen nach der letzten Eiszeit.

Generationen von Geologen, Glaziologen und Klimatologen haben eine Fülle von Wissen über die Auswirkungen des Klimawandels von der Eiszeit zur Warmzeit gesammelt.

Genau so intensiv haben sich Limnologen, Fischökologen und Geologen gemeinsam mit der Frage der Ausbreitungsökologie der europäischen Fischarten vor und nach der letzten Eiszeit beschäftigt.

Studien zur Ausbreitung europäischer Fischarten brauchen zwangsläufig eine große Übersicht über einen längeren Zeithorizont, um dann lokale Fragen kleinerer Gewässereinzugsgebiete beantworten zu können. Vom großen nacheiszeitlichen Geschehen in Europa zum lokalen Geschehen in Salzburg haben auch die am Werk beteiligten Quartärgeologen den Bogen gespannt, um die scheinbar einfache Frage der möglichen Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer durch Fische nach der letzten Eiszeit aus Sicht der Entwicklung der Lebensräume zu klären.

Aus einer Fülle von Literatur ergänzt durch eigene Arbeiten war es möglich die Schritte der Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit Fischen vom Höhepunkt der Vereisung bis heute nachzuvollziehen.

Erfreulich und besorgniserregend zugleich ist das Ergebnis: von den nacheiszeitlich eingewanderten 42 Fisch- und zwei Neunaugenarten sind heute noch 29 nachgewiesen.

Es besteht die Hoffnung, dass die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie die Habitatvielfalt der Salzburger Gewässer wieder soweit vergrößert, dass auch manche der derzeit fehlenden Arten wieder heimisch werden können.

Wichtige Ansätze dafür finden sich bereits im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan 2009.

Der Zerfall des Salzachgletschers und die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässersystems aus der Sicht der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen

Horst Ibetsberger, Paul Jäger, Markus Häupl

Mit 37 Abbildungen und 2 Tabellen im Text

KURZFASSUNG

Der spät- und postglaziale Klimawandel vom Hochstand der Würm-Vereisung in Europa vor 22.000 Jahren bis zur borealen Warmzeit vor ca.10.000 Jahren führte durch einen Anstieg der langjährigen Jahresmitteltemperatur um mehr als 10°C zum Ausschmelzen der Alpen aus dem Eispanzer der letzten Eiszeit.

Mit dem Rückzug des Eises kehrten die Vegetation und die Tierwelt in unsere Regionen zurück.

Während der borealen Warmzeit waren die größte Ausbreitung und die ursprüngliche Artenvielfalt der Fischfauna Salzburgs wieder erreicht. Die präglazialen Fischarten Salzburgs waren in ihren angestammten Gewässern nach mehr als 15.000 Jahren wieder heimisch.

Der natürliche Fischlebensraum hatte seine größte Ausbreitung. Mit der Sohlabsenkung der großen Flüsse, vor allem der Salzach, entstanden vor ca. 10.000 – 4.000 Jahren in Salzburg auf natürliche Weise isolierte Fischlebensräume mit heute reliktären Fischpopulationen aus der ersten Zeit der Fischbesiedelung des Landes.

Vor etwa 8.000 Jahren, im Holozänen Klimaoptimum des Atlantikums, begann der Mensch seine Spuren wieder immer deutlicher in unseren Breiten zu hinterlassen.

GLIEDERUNG

1	EINLEITUNG		8
2	METHODEN		9
3	DIE NACHEISZ	EITLICHE ENTWICKLUNG DES SALZBURGER GEWÄSSERNETZES	10
	3.1	Das Klima im Wandel	11
	3.2	Der Gletscherhochstand im Würm-Glazial	16
	3.3	Der Eiszerfall im frühen Spätglazial	21
	3.4	Der Klimarückschlag im Gschnitz-Stadial	29
	3.5	Das Wärmeoptimum im Bölling-Interstadial	33
	3.6	Der Klimarückschlag im Egesen-Stadial	35
	3.7	Die Klimaerholung in der Früh-Holzänen Wärmeperiode des Präboreals, die	
		Boreale Warmzeit und das Holozäne Klimaoptimum des Atlantikums;	
		Die Menschen kehren nach Salzburg zurück	37
	3.8	Das Salzburger Gewässernetz im Jahr 2009	41
	3.9	Das Wengermoor am Wallersee als Hinweis auf eine	
		weitgehend konstante Klimasituation der letzten 10.000 Jahre	43
4	DIE ENTWICKI	LUNG DES NATÜRLICHEN FISCHLEBENSRAUMES IN SALZBURG	46
5	ZUSAMMENFAS	SSUNG	48
	5.1	Ablauf des spät- und postglazialen Klimawandels	48
	5.2	Ausschmelzen der Gletscherrandseen nördlich der Alpen und ihre	
		Wiederbesidelung mit Fischen	49
	5.3	Das Ausschmelzen der Salzburger Fließgewässer und ihre Wiederbesiedelung	
		mit Fischen	50
6	ANMERKUNGE	EN	51
7	LITERATUR		53

1 Einleitung

Im Würm-Hochglazial, vor 24.000 bis 22.000 Jahren, war das gesamte Bundesland Salzburg, mit Ausnahme der Gipfel- und Kammbereiche über 2000 – 2200 m im Gebirge und 800 - 1000 m im nördlichen Vorland, von mächtigen Eismassen bedeckt.

Im anschließenden Spätglazial, zwischen 19.000 und 11.600 Jahren vor heute, schmolzen aufgrund einer Temperaturerwärmung die Gletscher wieder ab, sodass ihre Ausläufer vor 11.000 Jahren bereits wieder in den Hochtalböden, in etwa dort wo man sie heute findet, endeten.

Im Präboreal mit der Früh-Holozänen Warmperiode zwischen 11.600 und 10.500 Jahren, lagen die Jahresmitteltemperaturen um 1 - 2°C über den heutigen Mittelwert.

Die Gletscher zogen sich bis auf kleine Reste in den Karen der Gipfelregionen noch weiter zurück, die Waldgrenze stieg auf über 2300 m an (PATZELT 1972; SCHMIDT ET AL.. 2009).

Von 10.500 bis 9.500 Jahren folgte nochmals eine kältere Phase, welche vor der borealen Warmphase mit Temperatur über den heutigen Mittelwerten abgelöst wurde. Die darauf folgenden Kalt- / Warmschwankungen lagen um max. 1,5°C unter bzw. über den heutigen Mittelwerten.

Aus dem Wechsel von völliger Vereisung des Landes Salzburg noch vor 22.000 Jahren bis zur weitgehenden Eisfreiheit vor 10.000 Jahren und den klimatisch

bedingten Gletschervorstößen und Abschmelzphasen bis 2009 (Abb. 1, 2, 16) ergeben sich aus der Perspektive der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen seit dem Beginn des Spätglazials mehrere interessante Fragen:

- Wann begann die Wiederbesiedlung der Gletscherschuttwüsten mit Pioniervegetation, und anschließend mit höherer Vegetation?
- Was waren die auslösenden Faktoren für die Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit kaltstenothermen und warmstenothermen Fischarten?
- Wann war die maximale Ausbreitung der Fische in den Salzburger Gewässern möglich?
- Welche Ausdehnung hatte der erste "Primäre Fischlebensraum" in den Salzburger Gewässern?
- Konnten die heute vorhandenen, natürlichen morphologischen Barrieren wie Klammen, Wasserfälle oder Schluchten in früheren Zeiten von den Fischen überwunden werden?
- Wann erfolgte die heute vorhandene Gliederung des Fischlebensraumes in den Salzburger Gewässern in den natürlichen aktuellen und in den natürlichen isolierten Fischlebensraum?

Um diese Fragen zu beantworten wurde der Zeitraum vom Höhepunkt der letzten Eiszeit bis in das Jahr 2009 in mehrere Abschnitte gegliedert und diese paläogeographisch analysiert.



Abb. 1: Die Gletscherzungen in den Hochtalböden am Beispiel des Krimmler Gletschers im Nationalpark Hohe Tauern, die Seitenmoränen früherer Gletschervorstöße (1850) sind gut zu erkennen. Foto: F. Rieder

Es wurden vergleichende Klimadaten erhoben, die Vegetationsentwicklung beschrieben und der Wandel im Temperaturregime der Gewässer vom sommerkalten Gletscherfluss zum warmen Seeausrinne über markante Klimaveränderungen in spät- u. postglazialen Phasen dargestellt.

Ein weiteres wichtiges Ziel der Untersuchung war es im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie die Frage zu klären, welche Gewässer Salzburgs zum natürlichen Fischlebensraum zählen, in welchen die gewässertypspezifische natürliche Fischpopulation als Maßstab für den ökologischen Zustand der Gewässer gilt.

Der natürliche "primäre Fischlebensraum" umfasst nach JÄGER et al. (2004) jene Gewässer, welche nach der letzten Eiszeit für die Fische über die Donau, Salzach, Saalach, Mur, Enns, Traun und Ager durch Aufwärtswanderung besiedelbar waren. Fragen der Ausbreitungsökologie von Tierarten mit großem Aktionsradius, wie den Fischen, kann man nur beleuchten, wenn man größere geographische Einheiten untersucht. Es wurden daher der Rückzug der Vereisung aus den vom Eis des Inn-, Salzachund Traungletschers bedeckten Regionen vergleichend bearbeitet und es wurde das Ausschmelzen der großen Seen des nördlichen Alpenrandes vom Starnberger See bis zum Traunsee diskutiert. Auf der Grundlage dieser quartärgeologischen Basisinfomation konnte die Wiederbesidelung der Gewässer mit den heute heimischen Fischarten über umfangreiche Literaturstudien beschrieben werden.

Wichtige Fragen fanden ihre Antwort, eine Reihe von neuen Fragen hat die Beschäftigung mit dieser interessanten Zeitreise nun angeregt.



Abb. 2: Die aktuelle Vergletscherung der Dachstein Hochfläche 2009. Der Schladminger Gletscher (links) und der Hallstätter Gletscher (rechts) stellen die letzten Reste des einstmals bis nach Gmunden, Seewalchen, Schörfling, Hof, Thalgau und Irrsdorf reichenden Traungletschers dar. Foto: H. Ibetsberger

2 Methoden

Die in dieser Studie präsentierten Erkenntnisse wurden vor allem aus umfangreichen Literaturrecherchen gewonnen. Dabei wurde auch auf nicht veröffentlichte Schriften, wie Gutachten, Berichte, Laboranalysen etc., zurückgegriffen. Durch Vergleichstudien konnten Meinungen diverser Experten analysiert und mit den Erkenntnissen eigener Studien verglichen werden. Geländeaufenthalte waren auf wenige Exkursionen beschränkt und konnten somit nur punktuell Aufschlüsse zu ganz speziellen Fragestellungen geben. Diese Literatur- (und Geländestudie) wurde

zusätzlich durch eine Reihe persönlicher Gespräche und Diskussionen, bzw. über das Internet, mit Fachleuten vertieft (siehe mündliche Mitteilungen im Anschluss an das Literaturverzeichnis).

Bei den Geländeaufenthalten wurden folgende Fragestellungen in den Mittelpunkt gestellt:

Auf den Kartenblättern des DGM/BEV (Maßstab 1:10.000) wurden die exakten Seespiegelstände des würm-spätglazialen Salzburger Sees eingetragen, um dessen Größenverhältnisse auszumachen. Dieses

Modell diente als Aufnahmegrundlage im Gelände, um einerseits bereits bekannte Deltaschüttungen in den Salzburger See zu überprüfen, und andererseits noch nicht bekannte Deltaschüttungen ausfindig zu machen.

Auf den Kartenblättern des DGM/BEV (Maßstab 1:10.000) wurden im Gelände exakt eingemessene, künstliche Barrieren (Dämme, Wehre etc.) maßstabsgetreu eingetragen.

Die Ergebnisse der Literaturrecherchen und der Untersuchungen im Gelände wurden in einem Projekt-Endbericht mit Übersichtskarte (1:500.000) und 11 Detailkarten (1:250.000) zusammengefasst. Diese entwickelten sich aus den Arbeitskarten der Fa. GeoGlobe, in welche die Gewässer, die Gletscherstände und die morphologischen Formen, zu einer definierten Zeit, eingetragen waren. Diese Inhalte wurden von der Fa. ICRA digitalisiert und in das endgültige Kartenwerk übernommen. Die Detailkarten illustrieren die Abfolge der Entwicklung des Gewässernetzes im Bundesland Salzburg seit dem beginnenden Eiszerfall nach dem Würm-Hochglazial unter Einbeziehung der jeweiligen Gletscherstände, sowie ausgewählter morphologischer Formen.

Diese Studie basiert auf einer Zusammenschau der stratigraphischen Gliederung des Hoch-, Spät- u. Postglazials nach HEUBERGER (1968), PATZELT (1972, 1977, 1980) und VAN HUSEN (1977, 1987, 2000a) sowie den neu kalibrierten Zeitangaben nach IVY-OCHS, KERSCHNER, KUBIK, SCHLÜCHTER (2006), IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. (2008) sowie KERSCHNER, IVY-OCHS, SCHLÜCHTER (2008). Gibt es

keine neu kalibrierten ¹⁴C Daten, z.B. von Hölzern, Torf, Sinter etc., so werden die "alten Zeitangaben" verwendet. Dann wird im Text gesondert darauf hingewiesen (z.B.: nkZA: 12.000 b.P = nicht kalibrierte Zeitangabe: 12.000 before Present).

Die Neukalibrierung der Zeitangaben durch die Expositionsmethode wurde mit H. KERSCHNER und G. PATZELT (beide Universität Innsbruck) diskutiert. Die neuen Erkenntnisse finden sich zusammengefasst in der Publikation "The timing of glacier advances in the northern European Alps based on surface exposure dating with cosmogenic 10BE, 26AL, 36CL, and 21NE" von IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. (2006). Darin beschreiben die Autoren, dass die maximale Ausdehnung würmzeitliche Rhein/Linth Gletschers zwischen 32.300 und 23.450 Jahren anzusetzen ist. Dieses Alter entspricht einem ¹⁴C Alter zwischen 28.060 +/- 340 und 19.820 +/-190 Jahren.

Der Beginn des Eiszerfalls dürfte vor 21.100 +/- 900 Jahren begonnen haben, das Gschnitz-Stadial dauerte ca. 500 Jahre und dürfte um 15.400+/-1.400 Jahre zu Ende gegangen sein. Das Bühl- u. Steinach- Stadial beginnt sich immer mehr "aufzulösen" und war wohl eine sehr komplexe Phase des Eisabbaues mit Vorstößen unterschiedlicher Ursache (schriftl. Mitteilung von H. Kerschner). Das Egesen-Stadial dauerte ca. 1300 Jahre und war eine klimatisch äusserst wechselhafte Phase (IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. 2008: 569). Alle Neudatierungen werden aber derzeit noch weiteren Überprüfungen zur Plausibilität unterzogen.

3 Die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässernetzes

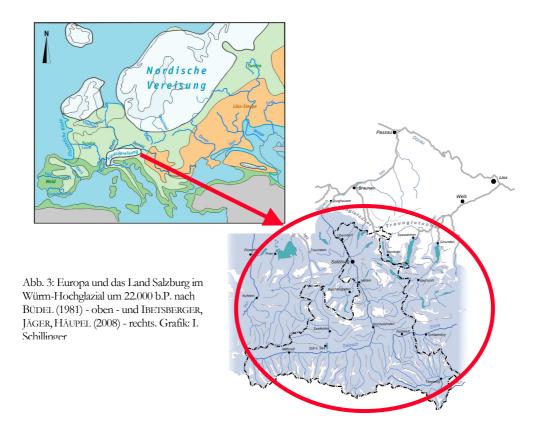
Im Würm-Hochglazial, zwischen 24.000 und 22.000 Jahren, waren große Teile des europäischen Kontinents von mächtigen Eispanzern bedeckt, der Meeresspiegel um über 100 m abgesunken, dass die Themse ein orographisch linksseitiger Zubringer zum Rhein wurde und man zu Fuß von der Donau nach England wandern konnte. "Rhein, Themse und Seine flossen zusammen und mündeten als mächtiger Fluss nördlich der heutigen Bretagne in den Atlantischen Ozean" (STORCH, WELSCH, WINK 2007: 203).

Das Baltikum, Norwegen, Finnland, Schweden, Dänemark und große Teile des nördlichen Deutschlands, Polens und Russlands waren von der nordischen Vereisung bedeckt. Irland und große Teile Englands, sowie Island waren unter Eis. Die Alpenvereisung bedeckte den Alpenbogen von den französischen Seealpen über den Tessin und den Bodensee

bis Niederösterreich. Vereist waren auch weitere Gebirgszüge Europas. Zwischen den großen Eismassen breitete sich Tundra aus. Die Ränder des Mittelmeeres, Portugal und Spanien waren von Wald bedeckt. Ungarn und die Gebiete nördlich des Schwarzen Meeres und der Kaspischen See wurden nach BÜDEL (1981) vegetationskundlich als Lösssteppe eingestuft (Abb. 3).

Salzburg war zu dieser Zeit bis auf einen ganz kleinen Bereich im Nordosten (Flachgau) komplett von Eismassen bedeckt. Nur die Berggipfel über 2000 – 2200 m Seehöhe ragten "innergebirg" aus dem Eisstromnetz heraus.

Der Eisrand im Vorland der Alpen wird von den Endmoränenwällen im Bereich der nördlichen Landesgrenze hin zu Oberösterreich markiert (Abb. 3, 9).



3.1 Das Klima im Wandel

Im Würm-Hochglazial, vor 24.000 bis 22.000 Jahren kam es zu einer Absenkung der Jahresmitteltemperatur in Mittelgrönland um 15 bis 20°C (ALLEY 2000), im Alpenraum um etwas mehr als 10°C. Die Temperaturverhältnisse im Alpenvorland, wie im Salzburger Flachgau entsprachen in etwa denjenigen, wie man sie heute im Hochgebirge auf ca. 2200 - 2400 m vorfindet (Abb.6). Die Gletscherzungen des Salzach- und des Traungletschers reichten bis nach Tittmoning oder Neumarkt-Köstendorf bzw. Oberhofen am Irrsee (Abb. 3, 9).

WAGNER (1940) beschreibt, dass im Hochglazial die nicht von Eis bedeckten Gebiete Mitteleuropas zwischen der nördlichen und der südlichen Vereisung eine mittlere Jahreslufttemperatur von weniger als 0°C aufgewiesen haben. Dort fanden sich klassische Permafrostböden.

Permafrost bildet und hält sich bei Jahrestemperaturmittelwerten von weniger als -2°C. Unter solchen Klimabedingungen sind die Winter wie derzeit in Sibirien sehr kalt, die Böden tief durchgefrohren und im Sommer an der Oberfläche aufgetaut. Es entstehen dadurch über die Sommermonate ausgedehnte Feuchtflächen mit zahlreichen Tümpeln und Gerinnen, die mit Einbruch des Winters wieder durchfrieren.

THIENEMANN (1950) schließt aus seinen Beobachtungen in Lappland, dass im Vorland des Inlandeises in Mitteleuropa während der Eiszeit ähnliche klimati-

sche Bedingungen wie in der heutigen Tundrenregion herrschten, bis mit dem Abtauen des Permafrostes ein neues Klimaregime entstand. Die unzähligen sommerlichen Kleingewässer über dem Permafrost verschwanden, es entwickelten sich Gewässer mit ganzjähriger Wasserführung.

Die nördlichen Eisränder der Alpenvereisung wurden in der Abschmelzphase von einem sehr dichten, verwildert fließenden Gewässernetz nach Norden entwässert (VAN HUSEN 1987), die heute noch vorhandenen Flusstäler von Inn, Salzach, Traun und Ager waren damals schon als Hauptentwässerungsrinnen zur Donau aktiv.

Die Endmoränen der Gletscherzungen der Alpenvereisung aber auch diejenigen der Gletschervorstöße in Kanada, Nordamerika und Asien stauten große, oftmals miteinander vernetzte Seengürtel, welche nach THIENEMANN (1950) über 80 % aller heutigen Seen der Erde enthalten.

Die ökologische Entwicklungsgeschichte der mitteleuropäischen Binnengewässer nach der letzten Eiszeit hat Thienemann in der Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas 1950 umfangreich beschrieben.

Der Eiszerfall in der Abschmelzphase der Gletscher war als Folge der Klimaerwärmung von häufiger auftretenden Niederschlägen in Form von Regen geprägt, welche in Verbindung mit der Eisschmelze über Jahrtausende das dichte Gewässernetz aktiv erhalten haben.

Die hohen Wasserführungen in den Sommermonaten prägten die Vorländer nördlich des Eisrandes bis zur Donau und erklären den nacheiszeitlichen Transport großer Mengen von Grobsedimenten wie Schottern und Sanden aber auch von Feinsedimenten wie Schluffen und Tonen aus den eisfrei werdenden Alpentälern und Vorländern.

Die mächtigen Seetonlagen im Salzburger Becken, welche nacheiszeitlich durch "gletschertrübe Flüsse" in den heute nicht mehr bestehenden Salzburger See abgelagert wurden, sorgen noch immer für große Überraschungen bei Bauprojekten. In Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit wurden Schotter, Sande

und Kiese in Wechsellagerung mit Ton und Schluff geschüttet.

Diese Situation, die Ausbildung des Salzburger Sees, gab es nach dem Ende einer jeden Eiszeit. Ältere Deltaschotter findet man heute zu Konglomeraten verfestigt und bilden z.B. den Georgenberg, den Morzger Hügel, den Hellbrunnerberg, den Mönchsberg oder den Rainberg.

Die Schichtung des Mönchsbergkonglomerates bei der Pferdeschwemme unterstreicht augenscheinlich eine fluviatile Schüttung.

Im Anschluss an das eisbedeckte Gebiet, dem Periglazialgebiet, fand sich niederwüchsige Vegetation der Tundrazone, z.B. die Zwergbirke betula nana (BÜDEL 1981).

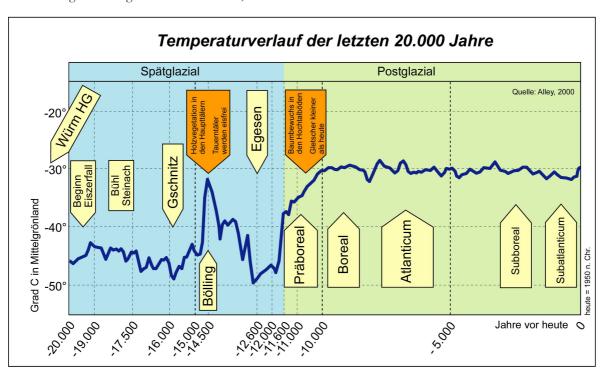


Abb. 4: Temperaturverlauf der letzten 20.000 Jahre in Mittelgrönland, ermittelt über Untersuchungen des O¹⁶/O¹⁸ Isotopen-Verhältnisses in Eiskernen des Grönlandeises, und Markierung der wichtigsten spät- und postglazialen Zeitabschnitte. Grafik: GeoGlobe

Im Spätglazial, vor 19.000 bis 11.600 Jahren, stieg die Jahresmitteltemperatur - zwar durch markante Ausschläge in beide Richtungen geprägt - wieder deutlich an, bis sie am Übergang vom Spätglazial zum Postglazial 11.600 b.P. in etwa heutige Werte erreichte.

Die Gletscherzungen der Alpen zogen sich innerhalb von ca. 10.000 Jahren von 500 m Seehöhe bei Neumarkt/Köstendorf auf über 2000 m Seehöhe zurück.

THIENEMANN (1950) nimmt übereinstimmend mit GRIPP (1924, 1933) und POSER (1947) einen Anstieg der mittleren Jahrestemperaturen von rund 10°C, vom Höhepunkt der letzten Eiszeit bis zu Beginn des Postglazials an, was sich auch mit dem heutigen Erkenntnissen weitgehend deckt.

Zur Zeit des Eisabbaus, im frühen Spätglazial, lagen die Temperaturen nur wenig über dem Niveau des Hochglazials. Um 17.000 bis 16.000 b.P. führte ein klimatischer Rückschlag zu einem kurzen, aber intensiven Gletschervorstoß (Gschnitz-Stadial), mit eigenen Endmoränen. Vor ca. 15.000 Jahren begann sich mit dem Beginn des Bölling-Interstadials das Klima rasch zu verbessern. In Folge kehrte nach den Gräsern, Kräutern und Sträuchern die Holzvegetation in das Salzachtal zurück. Nach einem weiteren Klimarückschlag der ca. 12.700 b.P. begann und mehrere kurze Gletschervorstöße zur Folge hatte (Egesen-Stadial) sind kurz nach 11.600 b.P. die Durchschnittstemperaturen in den Alpen deutlich angestiegen und bereits im Präboreal (Früh-Holozäne Warmperiode) vor etwa 10.500 Jahren über die heutigen Werte geklettert (Abb. 4).

Zirbenstämme, welche heute im Gletschervorfeld der Pasterze auf 2100 m Seehöhe ausschmelzen, belegen, dass zu dieser Zeit die Waldgrenze im oder oberhalb des Bereiches der heutigen Gletscherzunge auf ca. 2300 m lag (Abb. 5, 28).



Abb. 5: Zirbenwald am Wildkogel bei Neukirchen. Foto: F. Rieder

Seither schwankte die Temperatur nur um ca. 1,5°C um einen Mittelwert, ein Faktum, das über Zehntausend Jahre bis heute Bestand hat.

Nach dem fast gänzlichen Abschmelzen der Eismassen fehlte immer mehr Bächen und Flüssen das sommerliche Schmelzhochwasser. Es kam vor, dass durch diese Veränderungen Gewässersysteme auch ihre Entwässerungsrichtung änderten (WAHNSCHAFFE & SCHUCHT 1921).

Die Zeit der hohen Niederschläge sowie der sommerlichen Schmelzwasserabflüsse und damit der Versumpfung und Durchnässung im Vorland der Alpen dauerte bis zum Beginn der Früh-Holozänen Warmperiode.

Diese Warmperiode war geprägt von geringeren Niederschlägen und hohen sommerlichen Temperaturen. Dies führte zu einem Tiefstand der Wasserstände in den Alpenrandseen, welche oft über Jahrtausende annähernd konstant blieben, wie es am Beispiel des Wallersees von KRISAI und FRIESE (1986) dokumentiert ist.

Neueste Erkenntnisse zu Pfahlbausiedlungen lassen vermuten, dass diese Anlagen als "Feuchtbodensiedlungen" zur besseren Verteidigung ursprünglich an den vernässten Seeufern angelegt wurden. Ab dem späten Atlantikum sind diese Siedlungen durch witterungsbedingten Anstieg der Wasserspiegel nach heutigem Stand des Wissens allmählich ganz von Wasser umgeben gewesen (IBETSBERGER & HÄUPL 2010). Menschliche Aktivitäten um die Gletscherrandseen haben in den letzten 1.000 Jahren zur Landgewinnung und zur besseren Besiedelbarkeit die Spiegellagen dieser Seen auf die heutigen Höhen abgesenkt.

Auf der nachstehenden Abb. 6 ist der Höhengradient der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen zwischen dem Flughafen in Salzburg und der Wetterwarte auf dem Sonnblick auf 3100 m Seehöhe dargestellt. Dieser Höhengradient gilt naturgemäß nur für das regionale Klimaregime.

Unter der Annahme, dass sich vor 22.000 Jahren ein annähernd gleicher Höhengradient der Jahrestemperaturen eingestellt hatte, kann man mit einem Verschieben der Temperaturskala auf der X-Achse den Einfluss lokaler Schwankungen der Jahreslufttemperaturmittel mit ihren Auswirkungen auf Gletscherstände und Vegetationszonierungen über Wärmestufen ablesen.

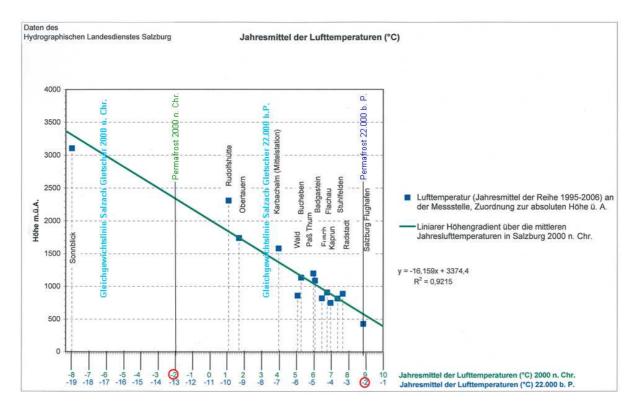


Abb. 6: Höhengradient der Jahresmittel der aktuellen Lufttemperaturen vom Flachgau zum Sonnblick. Die Daten stammen von Beobachtungsstationen des hydrographischen Landesdienstes. Der Gradient beträgt 0,6°C je 100 Höhenmeter. Grafik: I. Schillinger

Die grüne Temperaturskala auf der X-Achse entspricht dem Jahresmittel der Lufttemperaturen um 2.000 n. Chr., die blaue Skala entspricht dem Jahresmittel der Lufttemperaturen im Hochglazial, wenn man von einer mittleren Abminderung der Temperatur von 10 - 12°C ausgeht. Durch ein einfaches Verschieben der Temperaturskalen lassen sich Schwankungen der Permafrostbereiche aber auch der Gletschervorstöße und -rückzugsstadien, die Höhenlage der Schneegrenze im Gebirge oder Vegetationszonierungen wie die Waldgrenze bezüglich ihrer Höhenlage eingrenzen.

Gletscherstände und ihre Veränderungen werden auch mit der Situierung ihrer Gleichgewichtslänge zwischen Nähr- und Zehrgebiet beschrieben. Die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie, der Gletscherbereich in welchem das Nähr- in das Zehrgebiet übergeht, entspricht dem Bereich der Firngrenze am Gletscher, auch als Schneegrenze bezeichnet. Darüber schließt die Temperaturzone an, ab welcher der feste Niederschlag zu Eis umgebildet wird, es ist der talseitige Rand des Nährgebietes.

Nach SLUPETZKY (mündl. Mitteilung 2009) liegt die mittlere Höhe der Gleichgewichtslinie der Gletscher in den Hohen Tauern derzeit auf 2.800m, im Hochglazial war sie unter 1500 m (Abb. 6).

Am Höhepunkt der Vereisung im Würm-Hochglazial fanden sich die Bereiche der Gleichgewichtslinie des Salzachgletschers zwischen Paß-Lueg und Hallein und derjenigen des Saalachgletschers zwischen Lofer und

Unken. Daraus erklären sich die mächtigen Eisvorstöße über die nördlichen Kalkalpen hinaus in den Flachgau bis zur Salzburger Landesgrenze zu Oberösterreich.

Der Höhengradient der Temperaturabnahme in Salzburg beträgt gemäß Abbildung 6 für die Zeitreihe 1995 – 2006 0,6°C je 100 Höhenmeter. SEEFELDNER (1961) gibt eine durchschnittliche Abnahme der Lufttemperatur für Salzburg mit zunehmender Meereshöhe von 0,5°C auf 100 Höhenmeter an. Nach SCHÖNER (2009) sind allerdings einfache Modelle, die nur eine Temperaturänderung berücksichtigen, für die Begründung einer Veränderung der Höhenlage der Schneegrenzen in den Alpen nicht geeignet Rückschlüsse auf Änderungen des Klimas zu erlauben.

Es müssen immer zusätzlicher Marker wie Waldgrenzen, Lage der Gleichgewichtslinien und Permafrostgrenzen zur Absicherung der Modelle wie in Abbildung 6 mitverwendet werden.

Die Waldgrenze ist nach KERSCHNER (2009) ein guter Indikator für Veränderungen der Sommertemperaturen.

Nach KERSCHNER (2009) wurde als Bezugsrahmen für die klimatischen Verhältnisse des 20 .Jhdts. die klimatische Normalperiode (von der WMO definierte 30-jährliche Zeiträume) 1931-1960 verwendet, in der Hoffnung, dass dieser Zeitraum typisch für das ganze Jahrhundert würde. Der Rückblick aus 2008 relativert diesen Anspruch stark.

Die Permafrostgrenze, welche den Eisvorstoß markiert, findet sich bei einem Jahresmittel der Lufttemperatur von -2°C. Der Eisrand des Salzachgletschers im Hochglazial war im Bereich Köstendorf / Neumarkt zu finden.

Derzeit beobachten wir ein Abschmelzen der Gletscher aus 2.250 m Seehöhe in höhere Lagen mit der Bildung von Eisrandseen, z.B. am Obersulzbachkees im Bereich der Türkischen Zeltstadt (WIESENEGGER 2009), welche schon in Karten aus dem 16. und 18. Jahrhundert, von MERCATOR 1595 und SCHREIBER 1732, eingezeichnet waren (SCHAUP 2000). In der

Zwischenzeit wurden diese Eisrandseen bis zum neuerlichen Entstehen seit 2005 vom Eis wieder für einige Zeit überfahren.

Betrachtet man die Zeitreihe 1853 bis 2007 mit den Schwankungen der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen an der Messstelle Flughafen, so zeigt der lineare Trend einen geringfügigen Anstieg von 8,5 auf 8,8°C. Die Schwankungsmaxima der Jahresmittelwerte der Lufttemperaturen liegen bei +/- 2,5°C (Abb. 7).

Meßstelle Flughafen, Lufttemperatur, Jahresmittelwerte (℃) 1853 - 2007

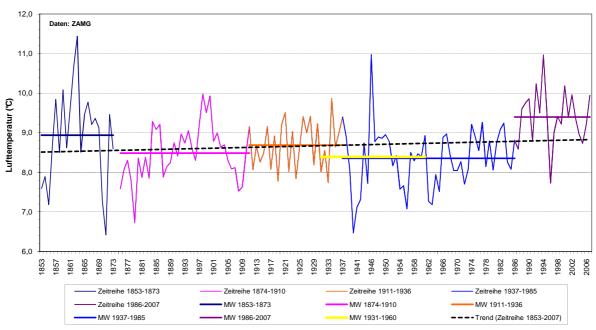


Abb. 7: Jahresmittelwerte der Lufttemperatur am Flughafen Salzburg von 1853 bis 2007. Linearer Trend und Mittelwerte kürzerer Zeitabschnitte. Die klimatische Normalperiode des 20. Jhdts. fällt in die kälteste Periode des Jahrhunderts, die von einem 30 Jahre dauernden Negativzyklus der Atlantischen Oszillation verursacht wurde (SN vom 18.12.2010, Wissen kompakt, S. 31). Grafik: I. Schillinger

Bildet man aus diesen Ganglinien Zeitreihen mit ähnlicher Temperaturcharakteristik, so kann man kürzere Zeitabschnitte voneinander unterscheiden, bei welchen die Mittelwerte der Zeitreihen der Lufttemperaturen um bis zu 1°C voneinander differieren.

Sehr deutlich kommt dies beim Vergleich der Mittelwerte der Zeitreihen 1937 bis 1985 und 1986 bis 2007 zum Ausdruck. Waren in der Zeitreihe 1937 bis 1985 die Temperaturschwankungen der Jahresmittelwerte im Wesentlichen zwischen 7°C und 9°C zu finden, so erleben wir sie in der Zeitreihe 1986 bis 2007 zwischen 9°C und 11°C.

Die größten Jahrestemperaturdifferenzen des 20. Jhdts. gab es in der "klimatischen Normalperiode" zwischen 1937 und 1947 mit einer Schwankung von 4,5°C am Flughafen Salzburg. Der als Klimabezug des 20. Jhdts. gewählte Zeitabschnitt von 1931-1960 fällt in die kälteste Periode seit 150 Jahren. Er ist damit nicht repräsentativ.

Betrachtet man die Klimaveränderungen vom Hochglazial über das Spätglazial bis zum Postglazial auf Abb. 4 und vergleicht man die Temperaturschwankungen der letzten 10.000 Jahre mit einem geringfügigen auf und ab von +/- 1,5°C mit den Temperaturschwankungen der letzten 150 Jahre, so erlauben diese nicht den Schluss auf eine Klimaveränderung, sie bestätigen aber häufige Schwankungen der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur am Flughafen Salzburg.

Es handelt sich lediglich um geringfügige Klimaschwankungen, die, wenn sie länger dauern, kurzfristige Gletschervorstöße u. -schmelzen verursachen können. Wenn man bedenkt, dass nunmehr in der Goldberggruppe auf 3.000 m Seehöhe die Stollenmundlöcher und Grubenhäuser aus Holz und Stein aus dem Eis des letzten Gletschervorstoßes von 1850 ausapern (KANDUTSCH 2008), bestätigt dies die natürliche und kurzfristige Schwankungsbreite des lokalen Klimas (Abb.8).



Abb. 8: Grubenholz in 3000 m Höhe; Blick von der Nordflanke des Roten Manns auf die Reste des Goldbergbaus Hirtenfuß im Kleinen Fleißtal bei Heiligenblut, August 2009. Foto: G. Kandutsch

3.2 Der Gletscherhochstand im Würm-Glazial (24.000 - 22.000 b.P.)

Allgemein

Das Würm-Hochglazial stellt die größte Ausdehnung der letzteiszeitlichen Gletscher dar. Alle Alpentäler waren von mächtigen Eisströmen - von annähernd 2000 m Eisdicke - erfüllt, die über Sättel miteinander verbunden waren (Abb. 9). So bildeten die Alpen ein zusammenhängendes Eisstromnetz, vergleichbar mit dem heutigen Eisstromnetz in der Coast Range Alaskas (Abb. 14). Die inneralpinen Gletscher strömten über die großen, bereits präglazial angelegten Talfurchen (Rheintal, Isartal, Inntal, Salzachtal, Trauntal etc.) dem Vorland zu, um hier weit ausgedehnte Vorlandloben zu bilden.

Van HUSEN (1987) hat die Vergletscherung Salzburgs mit der Mächtigkeit des Gletschereises auf der Karte "Die Ostalpen und ihr Vorland in der letzten Eiszeit (Würm)" dargestellt. Das dichte Entwässerungsnetz vom Eisrand nach Norden ist nach z.T. im Gelände noch sichtbaren Abflussrinnen in die Karte rekonstruiert worden (Abb. 10).

An Hand dieser Karte wurden Geländeschnitte mit den Eishöhen durch das Salzachtal und das Saalachtal angefertigt, um die Mindestmächtigkeit der Eisbedeckung zu verdeutlichen.

Die "Mindestmächtigkeit" geht darauf zurück, dass das eiszeitliche Niveau mancher Täler, wie z.B. das Salzachtal bei Zell am See oder im Bereich des Salzburger Beckens, bedingt durch die Glazialerosion deutlich unter dem heutigen Oberflächenniveau lag (GEOLO-GISCHE BUNDESANSTALT 2009: Tafel 10). Das hochglaziale Basisniveau bildet für die nachfolgenden Erläuterungen und Profilschnitte, da über weite Bereiche bis heute exakte Kenntnisse darüber fehlen, nicht das Ausgangsniveau, sondern die aktuelle Höhequote. Die Eishöhen vom Salzachgeier bis zum Paß Lueg betragen über dem Salzachtal mehr als 1200 m. Am mächtigsten war der Eispanzer zwischen St.Johann und Bischofshofen mit rund 1500 m. Die Eisoberfläche lag zwischen St.Johann und dem Paß Lueg in Höhen zwischen 2000 und 1500 m. Die Eishöhen zwischen Paß Lueg und der Stadt Salzburg fallen von 1000 m auf 600 m, wobei im Bereich der Stadt Salzburg das während der Eiszeit über 250 m übertiefte Salzburger Becken die Basis darstellte und man somit wieder auf ca. 900 m kommt (GEOLOGISCHE BUN-DESANSTALT 2009: Tafel 10).

Die Eismächtigkeit beträgt bei Oberndorf immer noch 350 m über dem Salzachtal und läuft Richtung Straßwalchen / Tittmoning gegen Null aus. (Schnitt A-A1 und A-B-C, Abb. 11, 12)

Die Eishöhen von Zell am See bis Lofer fallen von 1300 m auf 900 m und von Lofer bis in den Bereich der Stadt Salzburg von 900 m auf ca. 500 bis 600 m, wobei für das Salzburger Becken selbiges wie oben beschrieben gilt. (Schnitt A-D-E-A1, Abb. 13)

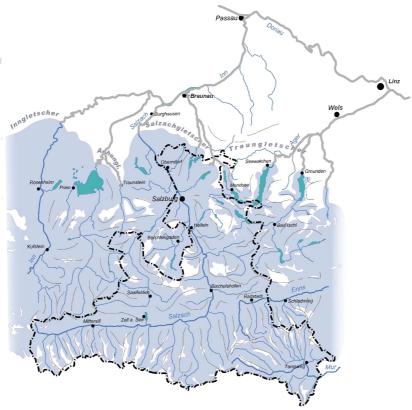


Abb. 9: Salzburg unter Eis im Würmhochglazial vor 22.000 Jahren. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe

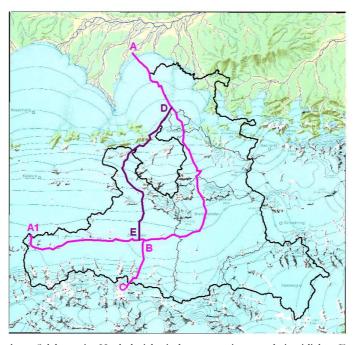


Abb. 10: Karte der Eisbedeckung Salzburgs im Hochglazial mit dem verzweigten nacheiszeitlichen Entwässerungsnetz nach VAN Husen (1987). Die Profilschnitte der Eishöhen sind farbig eingetragen.

Im Bereich des Steinernen Meeres lag die Eisoberfläche zwischen 1900 m und 1700 m Seehöhe. Die Profile im Geländeschnitt vom Großglockner bis zur Mündung der Fuscherache in die Salzach belegen ein Eisstromniveau in Höhen von 2600 m bis 2000 m und eine Eismächtigkeit von etwa 1500 m. (Schnitt B-C, Abb. 12).

Geländeschnitt A - A1 entlang der Salzach vom nördlichen Eisrand bis zum Salzachgeier

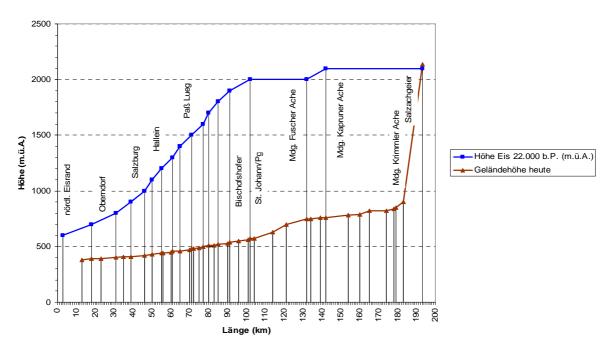
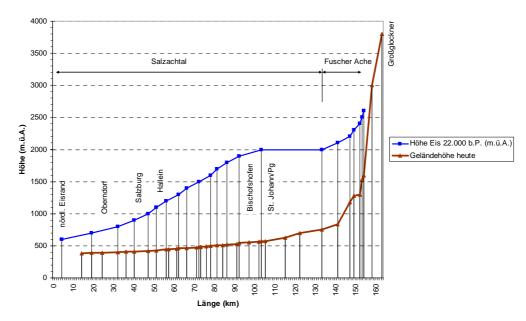


Abb. 11: Geländeschnitt A - A₁ durch das Salzachtal mit Eishöhen im Hochglazial bis zum Salzachgeier, Grafik: I. Schillinger

Geländeschnitt A-B-C entlang der Salzach und Fuscher Ache vom nördlichen Eisrand bis zum Großglockner



Geländeschnitt B-C entlang der Fuscher Ache von der Mündung in die Salzach bis zum Großglockner

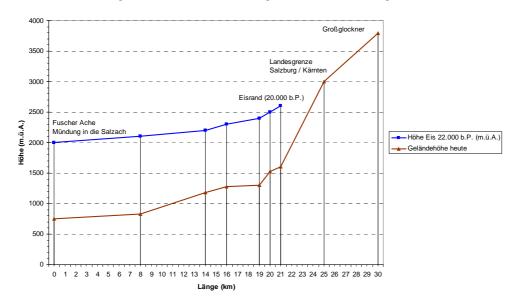
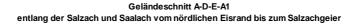


Abb. 12: Schnitte A-B-C mit den Eishöhen durch das Salzachtal bis zum Großglockner und B-C entlang der Fuscherache. Grafik: I. Schillinger



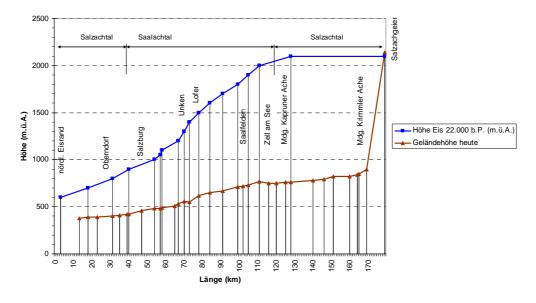


Abb. 13: Schnitt A-D-E-A1 mit den Eishöhen vom Salzachgeier über das Saalachtal bis zum nördlichen Eisrand im Flachgau. Grafik: I. Schillinger

Salzachgletscher und Saalachgletscher

Die beiden größten Gletscher im Bundesland Salzburg leiteten die Eisströme aus dem Gebirge, v.a. aus den Tauerntälern, nach Norden ab. Die Gletscher des oberen Salzachtales flossen über das Saalachtal ab. Zwischen Bruck und Taxenbach bestand ein Eisscheitel (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT 2009:

Tafel 11). E davon befindet sich das Einzugsgebiet des Salzachgletschers (PASCHINGER 1985: 207). Die hochglaziale Eisoberfläche lag am Gaisberg nahe der Stadt Salzburg bei ca. 1050 m (GAMERITH 1990: 26), die Eismächtigkeit betrug 900 - 1000 m. Die hochglazialen Endmoränen ziehen am Alpennordrand von Traunstein über Palling, Tyrlaching, Asten, Oberer

Weilhartforst, Gundertshausen, Palting, Köstendorf, Neumarkt, E Henndorf nach Aigenstuhl (EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966; VAN HUSEN 1987).

Ein großes Gletschertor des Salzachgletschers lag NE Oichten auf ca. 500 m (WEINBERGER 1951a: 44). Der Hauptabfluss erfolgte jedoch über den Oberen Weilhartforst (EBERS 1955: 90; DEL-NEGRO 1967: 27) durch die Höller-, Holzöster- und Huckinger-Rinne (WEINBERGER 1953: 58) nach N. Weitere Abflüsse im Salzachvorlandgletscherbereich: der Trumersee-Zweiggletscher über die Astätt-Mattighofener Furche (heute trockengefallenes Tal) und der Wallersee-Zweiggletscher über die Mattighofen-Uttendorfer Furche (heute Tal des Schwemmbaches).

Der Abfluss aus dem Wallersee-Zweiggletscher vereinigte sich bei Straßwalchen im Tal des Schwemmbaches mit dem Abfluss des Irrsee-Zweiggletschers, einem Ast des Traungletschers.

Traungletscher

Hochglaziale Endmoränen findet man N Irrsee, N Attersee, N Traunsee, W Thalgau und W Hof. W Thalgau standen sich der Unzing-Kraiwiesener Zweiggletscher des Salzach- und der Thalgauer Zweiggletscher des Traungletschers gegenüber. Bei Hof stießen der Guggenthal-Zweiggletscher des Salzach- und der Fuschlsee-Zweiggletscher des Traungletschers zusammen (VAN HUSEN 1977). Die

Entwässerung der Zweiggletscher des Traungletschers erfolgte zentrifugal gegen N (Irrsee-Zweiggletscher über Irrsdorf und Straßwalchen; Attersee-Zweiggletscher über die Ager; Traunsee-Zweiggletscher über die Traun).

Achengletscher

Hochglaziale Endmoränen ergeben sich N des Chiemsees, abgelagert durch den Eisstrom aus dem Tiroler Achental. Dieser führte große Mengen an Inntaleis mit, das über die Walchseefurche nach Kössen strömte. Der Achengletscher hatte sich schon in seiner gesamten Größe ausgebreitet als der Inngletscher noch im Vorstoß war. So wurde der Achengletscher auf seiner Westseite von den mächtigen Eismassen des hochglazialen Inngletschers überfahren. Der Achengletscher schmolz rascher als der Inngletscher, da der Eisnachschub, bedingt durch das kleine Einzugsgebiet rasch versiegte (HORMANN 1974: 39ff).

Ennsgletscher

Der Ennsgletscher hatte bei Radstadt / Altenmarkt ein oberstes Niveau von 2000 - 2100 m. Der Eisstrom folgte dem Ennstal und lagerte die hochglazialen Endmoränen E Admont ab.

Murgletscher

Der Murgletscher und seine Zuflüsse erfüllten den Lungau bis zu einer Höhe von 2100 - 2200 m. Der Eisstrom folgte dem Murtal und lagerte die hochglazialen Endmoränen nahe Judenburg ab.



Abb. 14: Das Eisstromnetz in der Coast Range/Alaska entspricht etwa der paläogeographischen Situation im Würm-Hochglazial, als sämtliche Täler der Alpen von mächtigen Eisströmen ausgefüllt waren. Foto: H. Slupetzky

Entwässerung

Der Abfluss erfolgte im eisüberdeckten Bereich subglazial an der Basis, bzw. supraglazial an der Oberfläche des Gletschers. Am Rande des Gletschers bildeten sich Umfließungsgerinne, die das anfallende Wasser in Flusstälchen, zwischen der Seitenmoräne und den eisfreien Hängen, ableiteten. Der Austritt der subglazialen Wässer erfolgte durch Gletschertore. Die Entwässerung im Hochglazial war ausnahmslos zentrifugal. Die Gletscherbäche und -flüsse am Alpennordrand strömten alle den Vorflutern im Norden, also letztendlich der Donau zu.

Vegetation

Im Würm-Hochglazial sahen die höchsten Gipfel und Kämme (über 2000 - 2200 m) als Nunataker aus dem Eisstromnetz heraus. Sie waren von keinen höheren Pflanzen besiedelt. Das Periglazialgebiet im Anschluss an die Vorlandgletscherloben war mit Algen, Flechten, Moosen und niederwüchsiger Vegetation bestanden. Höhere Pflanzen (Bäume, Sträucher)

überdauerten die Eiszeit in Rückzugsgebieten, v.a. im kontinentalen Osten und im wärmeren Süden Europas.

Fischfauna

Die Abflüsse aus den Gletschertoren hatten in den sommerlichen Schmelzperioden sehr hohe Wasserführungen, die durch die sommerlichen Regenperioden in den niedrigeren Höhenlagen noch verstärkt wurden. In den Frostperioden versiegten die Gletscherströme, die Flüsse führten monatelang kaum Wasser.

Die Gletscherbäche im Vorland, anschließend an die Gletscherstirnen, dürften in dieser Zeitperiode keinen Fischbestand aufgewiesen haben.

3.3 Der Eiszerfall im frühen Spätglazial (19.000 - 17.000 b.P.)

Allgemein

Die erste Phase des spätglazialen Eisabbaus war durch oszillierende Gletscher geprägt. Das hochglaziale, geschlossene Eisstromnetz war in Auflösung, die Vorlandgletscherloben weitgehend zerfallen. Die Zweigbecken, anschließend auch die Stammbecken wurden eisfrei.

"Nach dem Hochglazial folgte in den Ostalpen ein rascher, großflächiger Eisabbau mit lokalen Vorstößen..." der sich um 19.000 b.P. zentrierte (REITNER 2007; KERSCHNER, IVY-OCHS, SCHLÜCHTER 2008: 166). Beim weiteren Eisabbau wurden selbst die Haupttäler fast gänzlich eisfrei. "In the Eastern Alps, both radiocarbon and OSL data point to ice-free longitudial valleys already by 18-19 ka... (IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. 2008: 569). Die aktiven Eisströme im Gebiet des Salzachgletschers dürften nur mehr in den Tauerntälern und im Oberpinzgau zu finden gewesen sein. "The deglaciation must have been complete by around 18 ka,..." berichten IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. (2008: 566).

Nach der spätglazialen Gliederung nach HEUBERGER (1968) werden diese Vorstöße oder stationären Phasen als Bühl- und Steinach-Stadial bezeichnet. Moränen, die ein gutes Stück außerhalb der Gschnitzmoränen liegen, sind als solche anzusehen (mündl. Mitteilung v. H. HEUBERGER). "This phase of the early Lateglacial comprises the stadials of Bühl and Steinach of the traditional morphostratigraphy..." schreiben IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. (2008: 567).

Die äußerst geringe Pollenkonzentration in den Se-

dimenten weist auf ein noch weitgehend vegetationsloses Umfeld hin (VAN HUSEN 1979a: 15), trotzdem das Aufkeimen von Pioniervegetation in Gunstbereichen bereits eingesetzt haben dürfte (REITNER 2007). In den Exarationswannen bildeten sich große, spätglaziale Seen. Diese wurden häufig zwischen den Endmoränen und der abschmelzenden Eisfront aufgestaut, und besaßen deutlich höhere Niveaus als die heutigen "Restseen".

Diese Gletscherrandseen waren "Eisseen", in welchen im Sommer das Eis der zerfallenden Gletscher trieb, im Winter waren diese Seen zugefroren (SCHNEIDER et al 1987).

Salzachgletscher

Die erste Phase des spätglazialen Eisabbaus ist im Salzachgletschergebiet kaum bis gar nicht dokumentiert. Aufgrund der orographischen Verhältnisse (extreme Steilheit des Geländes im Gebiet zwischen dem Tennen- und Hagengebirge und im Gebiet Zell am See - Lend - Schwarzach - St. Veit) blieben keine eiszeitlichen Spuren zurück. Ein früher spätglazialer Vorstoß, der beim Pass Lueg endete (PENCK 1909; GÖTZINGER 1936a-d; DEL-NEGRO 1983; FISCHER 1988) und dem Bühl-Stadial (HEUBERGER 1968) zugewiesen wurde, ist nicht gesichert. Die "Jochberg Endmoräne" beim Pass Thurn dürfte ebenso einem frühen spätglazialen Vorstoß zuzurechnen sein (Bühl n. DEL-NEGRO 1983: 54). "Über jüngere Gletschervorstöße und dazugehörige Moränen, welche dieser Phase entsprechen, ist mir im Salzachtal nichts bekannt" (mündl. Mitteilung H. HEUBERGER).

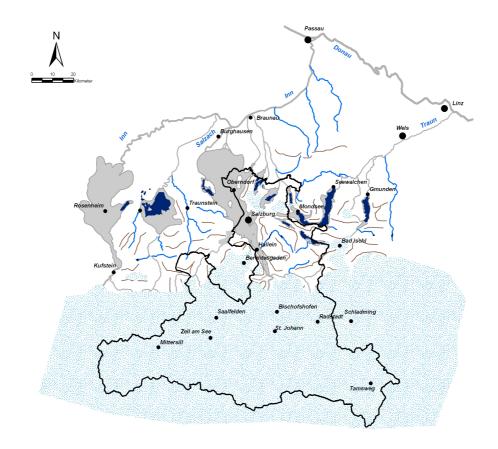


Abb. 15: Paläogeographische Situation um 19.000 b.P.. Die Flüsse und Seen mit Anschluss an die Zentralalpen sind im Sommer gletschertrüb; Die Gletscher-gespeisten Flüsse und Seen aus den Kalkalpen haben bereits klares Wasser. Zeit der größten Ausdehnung der Eisrandseen. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe



Abb. 16: Eiszerfall am Karlinger Kees, Kapruner Tal 1981. Foto: F. Rieder

Saalachgletscher

Ein früher spätglazialer Vorstoß des Saalachgletschers dürfte bis in den Bereich um Saalfelden gereicht haben (BÜHL n. POSCHER 1987: 317; FISCHER 1988: 222). Daraufhin dürfte sich der Saalachgletscher, aufgrund des niedrigen Niveaus des Einzugsgebietes, in die Hochtallagen der großen westlichen Seitentäler (Strubtal) zurückgezogen haben. Nach FISCHER (1988: 222) lag auch im Berchtesgadener Land noch Eis, das jedoch großteils eine Toteismasse darstellte.

Traungletscher

Im Gebiet des eiszeitlichen Traungletschers reichte ein früher spätglazialer Vorstoß bis Bad Ischl. Während dieses sogenannten Ischler-Standes drang der Traungletscher nochmals 5 - 6 km in das Ischltal nach W vor. Kames und Endmoränen zeugen davon (Van Husen 1977:121; 2000a: 149). Beim Jochwand-Stand dürfte der Traungletscher sein Zungenende bei der Jochwand zwischen Bad Goisern und Bad Ischl gehabt haben (Van Husen 1977: 122; 2000a: 149).

Achengletscher

Das Gletschereis im Chiemseegebiet schmolz, v.a. aufgrund des niedrigen Niveaus des Einzugsgebietes des Achengletschers, rasch ab. Auch fanden sich keine Spuren eines Gletscherhalts im Bereich des Tiroler Achentales.

Enns- u. Murgletscher

Diese beiden Gletscherströme lagerten ihre Endmoränen noch außerhalb der Grenzen des Bundeslandes Salzburg, in der Steiermark ab. In weiterer Folge entstanden die Endmoränen bei Bruggarn im Lungau. Diese dürften n. WEINGARTNER (1993: 120) u. DOLLINGER (1997: 126) prägschnitzzeitlich sein.

Salzach

In der ersten Phase des Spätglazials breitete sich zwischen Golling im S und den würm-hochglazialen Endmoränen bei Raitenhaslach im N, der Salzburger See aus (Abb. 15, 19). Der Salzburger See erfüllte die nunmehr eisfreien, übertieften Becken des Waginger-, Tittmoninger-, Ibmer- u. Oichten-Zweiggletschers des Salzachvorlandgletschers (EBERS. WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 144). Das oberste Seespiegelniveau lag auf 460 - 465 m (EBERS 1955: 97; LENDL 1955: 21; SEEFELDNER 1961: 498; DEL-NEGRO 1963: 67; 1967: 27; 1983: 54; HORMANN 1978: 16). Die Abflüsse des Sees fanden sich nach WEINBERGER (1957: 237) im Oichtental bei Oichten (463 m), im Oberen Weilhart (462 - 465 m), im Filzmoos - Tal des Huckinger Sees (462 m) und im Schwabenland (460 - 465 m). Mit der Anlage des Durchbruchtales Tittmoning - Raitenhaslach - Burghausen (EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 149), ebenfalls noch in einer frühen Phase des Spätglazials, sank das Seeniveau auf unter 460 m. Obgenannte Abflüsse fielen trocken. Der Salzburger See war nicht belebt kalt, trüb und von Gletscherwasser turbulent durchströmt. Er war durch seine Lage unmittelbar im Anschluss an das Gletscherende ein klassischer Eissee (Abb. 19). Nicht einmal Diatomeen wurden im Salzburger See gefunden (PREY 1959: 223f). Der Salzburger See reichte bis an die Mündung der Bäche aus dem Lammer- u. Bluntautal. Diese und weitere Seitenbäche, wie die Fischach, Alm, Taugl, der Torrener Bach und die Berchtesgadener Ache sowie die Saalach und die Sur schütteten das ca. 200 m mächtige, schräggeschichtete Foreset des Salzburger Sees (BRANDECKER 1974: 35).

Über Stillstandslagen bei 450 und 440 m senkte sich das Niveau des Salzburger Sees auf 420 - 425 m ab. Nun tauchte die morphologische Schwelle bei Laufen auf, die zwei Seen entstehen ließ, den Salzburger Stammbeckensee im S und den Tittmoninger See *im N* (EBERS 1955: 90; WEINBERGER 1955: 23f; SEEFELDNER 1961: 498; DEL-NEGRO 1963: 67; EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 204). Der Abfluss des Tittmoninger Sees erodierte rasch die Endmoränen bei Raitenhaslach und senkte sich auf 415 m ab. Durch das Absenken des Vorfluters wurde die Schwelle bei Laufen regressiv zur Laufener Enge erodiert und der Seespiegel des Salzburger Stammbeckensees ebenfalls auf 415 m abgesenkt. Nun besaßen beide Seen ein Niveau von 415 m (WEINBERGER 1955: 23f). Die Seitenbäche, wie die Fischach, Alm, Taugl, Lammer, der Torrener Bach, die Berchtesgadener Ache sowie die Saalach und die Sur schütteten nun bereits das Topset über das Foreset (BRANDECKER 1974: 35; VAN HUSEN 1986: 406). Die Verfüllung des Salzburger Stammbeckensees war weit fortgeschritten.

Der *Waginger See*, der dem System des weitverzweigten Salzburger Sees angehörte, spiegelte auf 460 m (heute 442 m) und entwässerte zum Tittmoninger See (EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 134).

Über Größe, Ausmaß und Spiegelhöhen des *Großgmainer Sees* ist wenig bekannt. Er dürfte in etwa auf dem höchsten Niveau des Salzburger Sees gespiegelt und sich in Etappen, einhergehend mit der Bildung des Saalachdurchbruches bei Piding, abgesenkt haben (EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 206).

Die *Hinterschroffenau* bei Koppl war in der ersten Phase des spätglazialen Eisabbaus von einem **See** erfüllt, der bis zum Absinken auf 690 m (EBERS, WEINBERGER, DEL-NEGRO 1966: 203f; MENEWEGER 1993: 13) über den Plainfelder Bach nach Norden entwässerte. Danach kehrte sich die Entwässerung in einen zentripetalen Abfluss nach SW um. Der *Wiestal-Ausgang* war damals noch von Eismassen des Wiestalastes des Salzachgletschers (Toteis?) blockiert. Dahinter entstand ein *Eisstausee*, mit dem Niveau 650 m (Terrasse Werkschulheim Felbertal).

In der ersten Phase des Spätglazials floss der *Wallersee*, bei einem Seespiegel von 550 m (heute 506 m), zentrifugal über die Straßwalchen-Mattighofener Fur-

che ab (GÖTZINGER 1936b: 117; SEEFELDNER 1961: 486; DEL-NEGRO 1983: 54). In dieser Zeit war das Seebecken des Wallersees nach WEINBERGER (zitiert in DEL-NEGRO 1950) mit Toteis verfüllt. Toteiskörper sind zum Beispiel auch im Starnbergersee nachgewiesen (FESQ-MARTIN et al. 2008). Das Abschmelzen des Toteises im Starnbergersee dauerte nach den zitierten

Autoren bis etwa zum Bölling-Interstadial. Nach dem Abschmelzen der Toteismassen im Süden des Wallersees kehrte dieser seine zentrifugal gerichtete Entwässerung um, und floss nun über die Fischach zentripetal in das Salzburger Becken (SEEFELDNER 1961: 486). Nach einem kontinuierlichen Absinken spiegelte er längere Zeit auf 520 m (Abb. 17).

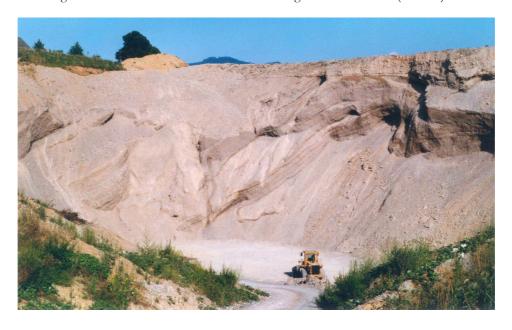


Abb. 17: Schottergrube Kirchfenning am Wallersee. Die Deltaschüttung auf einem Niveau von 550 m - mit der klassisch ausgebildeten Schrägschichtung - stammt aus der ersten Phase des Spätglazials, als der Wallersee noch gegen Norden entwässerte. Foto: H. Ibetsberger

Der *Ur-Mattsee* auf dem 525 m Niveau (heute 503 m) floss über die Talfurche von Astätt zentrifugal nach N ab. Der große Vorgängersee der heutigen drei Seen, sank ebenfalls von 525 auf 515 m ab (SEE-FELDNER 1961: 495). In dieser Phase dürfte der heutige Abfluss vom Grabensee über die Mattig aktiviert

worden sein, da die Schwelle am Nordende des Mattsees bei Niedertrum bereits höher lag und nicht mehr überflossen werden konnte. Die ursprüngliche, zentrifugale Entwässerung nach N blieb bis heute bestehen, nur der Ausfluss hat sich geändert (Abb. 18, 20).



Abb. 18: Rekonstruktion des "Ur-Mattsee" mit einer Spiegelhöhe von ca. 525 m. Zu Beginn des Spätglazials bildeten der Mattsee, der Obertrumer See und der Grabensee den "Ur-Mattsee", der über Niedertrum nach Norden abfloss. Grafik: GeoGlobe

Prägschnitzzeitlich verschwand auch die Gletscherzunge aus dem Fritztal. Die Schwemmkegelsedimentation an den abschmelzenden Salzachgletscher hatte die Ausbildung der Salzach- / Ennswasserscheide bei Eben zur Folge (Seefeldner 1961: 285). Die Wasserscheide zwischen dem Einzugsgebiet der Salzach und der Enns auf der Wagrainer Höhe wurde durch den Schwemmkegel des Schwaighofbaches gebildet (Seefeldner 1961: 300). Über Größe, Ausmaß und Spiegelhöhen des Pongauer Sees, der sich im Gebiet von Schwarzach - Bischofshofen - Eben ausbreitete, ist wenig bekannt. Die beim Autobahnbau aufgeschlossenen Sedimente sind auf Grund einer Grundmoränenüberdeckung als präwürmzeitlich einzustufen, also ältere eiszeitliche Ablagerungen (mündl. Mitteilung Landesgeologe R. BRAUNSTINGL). Nach einer weiteren Mitteilung v. R. BRAUNSTINGL konnte im Bereich der Salzachöfen eine klammartige Übertiefung eruiert werden, die auf die hochglaziale, subglaziale Entwässerung zurückgeht. Diese Eintiefung ist heute noch mit mindestens 40 m (eher 100 m) Seetonablagerungen verfüllt.

Saalach

Die Ur-Saalach dürfte bereits am Ende der ersten Phase des Spätglazials bestanden haben. Da man erst N Saalfelden unter Einbeziehung der Leoganger Ache von der Ur-Saalach sprechen kann, war deren Einzugsgebiet deutlich kleiner. Der Oberlauf der heutigen Saalach, die Glemmtaler Ache, entwässerte zu dieser Zeit noch über die Salzach gegen N.

Traun

Das Exarationsbecken des Traunsees wurde in der ersten Phase des Spätglazials vom abschmelzenden Eiskörper langsam freigegeben. Die Absenkung des Seespiegels von ca. 460 m (heute 423 m) vollzog sich in Etappen. Der Ur-Traunsee war rund ein Drittel größer als heute und reichte im S bis zur Haltestelle Steinkogel (KOHL 1992: 13; 2000: 174). In dieser Phase haben alle Seen im Salzkammergut höhere Seespiegelstände aufgewiesen. Bereits vor dem Ischler-Stand des Traungletschers dürfte das aktuelle Entwässerungssystem im Salzkammergut weitgehend Bestand gehabt haben. Während des Ischler-Standes war der Abfluss des Wolfgangsees über die Ischl zur Traun durch eine Gletscherzunge verlegt (VAN HU-SEN 1977: 121; 2000a: 149). Hier könnten subglaziale Rinnen das Wasser weitergeleitet haben. Nach dem Abschmelzen der Eismassen wurde der heutige Abfluss des Wolfgangsees über die Ischl zur Traun aktiviert. Ein früher, spätglazialer Seespiegel des Wolfgangsees auf 544 m (heute 538 m) konnte von SLU-PETZKY (1975b: 25) nachgewiesen werden. Der Wolfgangsee dürfte über die Furche des Krottensees nie mit dem Mondsee (wie SEEFELDNER 1961: 468 behauptet) bzw. über die Gimsenhöhe nie mit dem Fuschlsee verbunden gewesen sein (mündl. Mitteilung Landesgeologe R. BRAUNSTINGL).

Der *Fuschlsee* wurde durch die Endmoränen bei der Schwarzmühle (Hof) und dem anstehenden Fels bei

der Gimsenhöhe auf 713 m (heute 663 m) gestaut (SEEFELDNER 1961: 461) und hatte seinen Abfluss zum Thalgaubecken. In weiterer Folge erniedrigte sich der Seespiegel mit mehreren Stillstandslagen (690, 680 m, SEEFELDNER 1961: 461). Das Thalgaubecken beherbergte in der ersten Phase des Spätglazials einen seichten Zungenbeckensee, der durch Eisrandablagerungen im Gebiet von Enzersberg gestaut wurde und gemeinsam mit dem Mondsee und dem Attersee einen großen See bildete (KOHL 2000: 149), der über die Ager abfloss. Die von SEEFELDNER (1961, 476) aufgestellte Hypothese eines Abflusses des Thalgauer Sees über Kraiwiesen zum Wallersee kann nicht bestätigt werden. Dazu fehlen eindeutige Hinweise in der Morphologie (mündl. Mitteilung Landesgeologe R. BRAUNSTINGL). Als der seichte Thalgauer Zungenbeckensee verlandete, dürfte vorerst der Mondsee mit dem Attersee noch einen einzigen See gebildet haben, bis auch diese noch prägschnitzzeitlich abgetrennt wurden. Der Irrsee floss zu Beginn des Spätglazials noch nordwärts über Irrsdorf, Straßwalchen und Mattighofen ab (GÖTZINGER 1936b: 116), ehe er seinen Abfluss umkehrte, und in das Mondseebecken - wie heute - entwässerte. Die Salzkammergutseen wurden im Sommer vom kalten Schmelzwasser turbulent durchströmt. In den Frostperioden waren die Zu- und Abflüsse sehr gering, in den breiten Abflussrinnen der Seen versickerte das Wasser größtenteils im Moränenschotter.

Chiemsee

Der älteste, spätglaziale Chiemsee dürfte auf 538 m, nach einer ersten Absenkung auf ca. 535 m (heute 518 m) gespiegelt haben. Die Tiroler Ache verfüllte den S Teil des Chiemsees sehr rasch, sodass dieser Bereich verlandete. Seetone zeugen davon (HORMANN 1978: 10; RATHJENS 1985: 51; DARGA 1996: 32). Der Abfluss über die Alz dürfte bereits bestanden haben.

Enns

In der ersten Phase des Spätglazials war der Ennspongau noch weitgehend eiserfüllt, wenn auch z.T. nur mehr mit inaktiven Eis. Mit dem weiteren Eisabbau wurde der Ennspongau weitgehend eisfrei, die Enns-/Salzachwasserscheiden bei Eben und bei der Wagrainer Höhe entstanden. Das heutige Entwässerungssystem im Ennspongau war weitgehend hergestellt.

Mur

In der ersten Phase des Spätglazials war der Lungau noch weitgehend eiserfüllt, wenn auch z.T. nur mehr mit inaktiven Eis. Mit dem weiteren Abschmelzen der Eisströme wurde der Lungau bis auf die Täler der Radstädter und Schladminger Tauern eisfrei. Die Entwässerung der Taurach erfolgte über den Sattel von Neuseß nach Moosham. Dort mündete sie in den *Murtal-See*, der auf 1070 m spiegelte (WEINGART-NER 1988: 314). Die älteste Entwässerung des Sees erfolgte über das Thomatal ins Murtal (WEINGART-NER 1988: 314). Zur gleichen Zeit flossen die Täler der Niederen Tauern, wie das Weißpriach-, Lignitz-, Göriach- u. Lessachtal über das Seethal nach E ab

(WEINGARTNER 1988: 318). So ist anzunehmen, dass im Gebiet Tamsweg noch große Toteisreste lagen, die eine Aktivierung des aktuellen Abflusses in dieser Phase noch verhinderten.

Vegetation

In der ersten Phase des Spätglazials war die Vegetation noch nicht wirklich zurückgekehrt. In den Sedimentproben der Seen fanden sich keine Hinweise auf lokale Pollen, höchstens Fernflugpollen. Die Stappitzer Schwankungen zu Beginn des Spätglazials der klimatisch begünstigten Alpensüdseite (FRITZ und UCIK 2001; 2002) dürften auf der Alpennordseite nur wenig ausgeprägt gewesen sein. Der spätglaziale Salzburger See dürfte, da in den Sedimenten keinerlei Hinweise auf Pollen gefunden wurden, noch vor dem Gschnitz-Stadial bereits verlandet gewesen sein. D.h. die finale Sedimentation erfolgte noch vor der Vegetationsrückkehr (PLÖCHINGER 1990: 34f).

Fischfauna

Die "Großen Seen" der ersten Phase des Spätglazials waren nicht belebt, die sommertrüben Gletscherhochwässer und das Trockenfallen der breiten Seeausflüsse im Winter verhinderten eine dauernde Besiedlung mit Fischen. Es handelte sich um klassische Eisseen mit kalbenden Gletschern, Eisbergen und schollen. Nicht einmal Diatomeen wurden in den Seeablagerungen gefunden (PREY 1959: 223f). Die Seen und Gletscherabflüsse waren in dieser frühen Phase des Spätglazials durch das immer noch kalte Klima und den hohen Anteil an Gletschertrübe als Dauerlebensraum für Fische noch nicht geeignet (Abb. 15).

Die spätglazialen Seen waren zugleich die Retentionsbecken des Feinsedimenteintrages. Der hohe Schluff- u. Tonanteil der Flüsse (Schwebstoffe) während der Sommerschmelze setzte sich großteils in den Seebecken ab. Die Abflüsse der "Großen Seen" waren zwar ganzjährig trüb, die Feststoffgehalte waren aber im Sommer geringer als in den Seezuflüssen aus den Gletschertoren. Die höchsten Schwebstoffanteile wiesen Inn, Salzach und Saalach auf, da sie Feinsediment aus dem Alpenhauptkamm und der Grauwackenzone transportierten. Der extrem hohe Feinsedimenteintrag in den Rosenheimer und den Salzburger See war ein Grund, warum diese in wenigen Jahrtausenden vollständig verlandeten.

Der Schwebstoffeintrag in die Vorlandseen, Wallersee und Trumerseen dauerte nur solange, bis das Eis der Zweiggletscher des Salzachgletschers soweit in das Stammbecken abgeschmolzen war, dass kein Gletscherwasser mehr diese Seen erreichen konnte. Seit etwa 17.000 Jahren haben diese Seen klares Wasser.

Die Seen im Einzugsgegiet von Ager und Traun konnten sich ohne nennenswerten Schluffeintrag bis heute erhalten, da der kristalline Schluff- u. Toneintrag, wie im Einzugsgebiet der Salzach, aus den Gletschern der Nördlichen Kalkalpen nicht gegeben war.

Die klaren Vorlandseen und die klaren Randseen der nördlichen Kalkalpen konnten sich im Sommer etwas erwärmen und waren über ihre Abflüsse für die kälteliebenden Fischarten, die aus der Donau aufstiegen, allmählich als potenzieller Lebensraum geeignet.



Abb. 19: Knick Glacier in den Chugach Mountains bei Anchorage/Alaska. Dieses Foto entspricht etwa der paläogeographischen Situation in einer sehr frühen Phase des Spätglazials, als der Salzachgletscher im Norden des Pass Lueg in den Salzburger See kalbte.

Foto: H. Slupetzky



Abb. 20: Die zentripedale / zentrifugale Entwässerung der Salzachvorlandgletscher-Zweigbecken war so wie man sie heute vorfindet, bereits vor dem Gschnitz-Stadial um 17.000 b.P. gegeben. Grafik: GeoGlobe

3.4 Der Klimarückschlag im Gschnitz-Stadial (17.000 - 16.000 b.P.)

Allgemein

Mit dem Eisabbau in der frühen Phase des Spätglazials schmilzt das aktive Gletschereis in den Haupttälern der Alpen gänzlich ab. Auch das Toteis verschwindet. Die Gletscher ziehen sich weit in die Seitentäler zurück, bevor sie im Gschnitz-Stadial wieder deutlich anwachsen und bis an den Ausgang der Seitentäler zu den Haupttälern, z.T. auch darüber hinaus, vorstoßen (Abb. 21). "Das erste besser er-

fassbare Stadium ist durch die Endmoräne von Trins im Gschnitztal (Gschnitzstadium) bestimmt. Sie wurde vor etwa 16.000 Jahren stabilisiert." (KERSCHNER, IVY-OCHS, SCHLÜCHTER 2008: 166; IVY-OCHS, KERSCHNER, KUBIK et al. 2006: 118ff). Der Gletschervorstoß im Gschnitz-Stadial wurde durch eine markante Klimaverschlechterung ausgelöst.

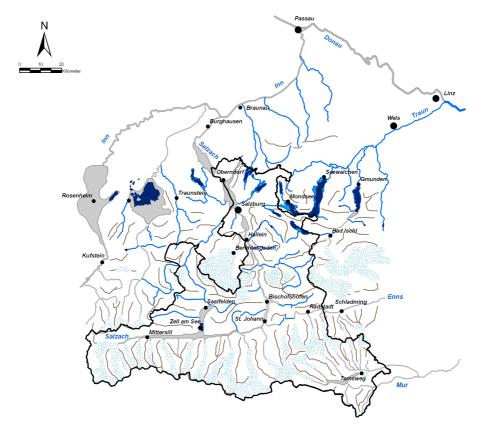


Abb. 21: Paläogeograpische Situation um 17.000 b.P. (Gletscher um 16.500 b.P.) n. IBETSBERGER, JÄGER, HÄUPL (2009); Der große Salzburger See zerfällt in zwei kleinere Seen; Wallersee und Irrsee entwässern nun zur Salzach bzw. zum Mondsee. Die Flüsse aus den Zentralalpen sind stark schluffführend. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe



Abb. 22: Die Hieburg bei Wald im Pinzgau liegt auf der Gschnitzmoräne der noch gemeinsamen Gletscherfront der Talgletscher aus dem Oberen und Unteren Sulzbachtal. Foto: H. Slupetzky

Salzachgletscher

Das Salzachtal war bereits vor der Gletscherausbreitung im Gschnitz- (oder Gerlos-Stadial) zur Gänze eisfrei (PATZELT 1972: 49).

Die Gletscher des Hagengebirges und des Hochkönigs flossen noch in Richtung Bluntau- u. Blühnbachtal ab. Beim Jagdschloss im Blühnbachtal finden sich Gschnitz-Endmoränen (SEEFELDNER 1961: 255). Die Gletscher des Tennengebirges flossen in Richtung Lammertal ab. Die Moräne von Schönalm beschreibt SEEFELDNER (1961: 441) als gschnitzzeitlich.

Die Gletscher aus dem Oberen und Unteren Sulzbachkees vereinigten sich, stießen in das eisfreie Haupttal vor und erfüllten das Becken von Rosenthal (SEEFELDNER 1961: 187; SLUPETZKY 1994: 17). Die Hieburg steht auf der Gschnitz-Endmoräne (Abb. 22). Zudem findet sich eine südseitige Ufermoräne bei den Trattenhöfen auf 1020 m, und bei Einöd im Tal (PATZELT 1975: 323).

Im Habachtal findet sich die Gschnitz-Endmoräne beim Weiler Haus (PATZELT 1975: 324).

Der gschnitzzeitliche Stubachgletscher erreichte das Haupttal, sperrte dieses aber nicht mehr ab (SEE-FELDNER 1961: 188; SLUPETZKY 1994: 17).

Der gschnitzzeitliche Kaprunergletscher endete beim Mündungstrichter am heutigen Talausgang (CORNELIUS 1936b: 34; SEEFELDNER 1961: 188; SLUPETZKY 1994: 17).

Der gschnitzzeitliche Fuschergletscher endete beim Dorf Fusch (CORNELIUS 1936b: 12; SEEFELDNER 1961: 148).

Der gschnitzzeitliche Großarlgletscher endete bei Harbach, zwischen Großarl und Hüttschlag (SEE-FELDNER 1961: 276).

Saalachgletscher

Dieser war nur mehr in den höheren Bereichen im Steinernen Meer, der Reiter Alm, und den Loferer und Leoganger Steinbergen präsent. Im Berchtesgadener Land fand man den gschnitzzeitlichen Königsseegletscher am Nordende des Königssees (Unterschönau) und jenen des Wimbachtales an dessen Ausgang auf 700 - 800 m (FISCHER 1988: 222).

Traungletscher

Im Gebiet des eiszeitlichen Traungletschers ist der Goiserer-Stand mit dem Gschnitz-Stadial weitgehend zu korrelieren. Der Traungletscher schmolz nach dem Eisabbau bis an den Nordrand des Hallstätter Beckens zurück (VAN HUSEN 1977: 71). Mit dem beginnenden gschnitzzeitlichen Klimarückschlag, einhergehend mit dem Anwachsen der Gletscher zum Goiserer-Stand, wurden Vorstoßschotter geschüttet (KOHL 2000: 174). Gschnitz-Endmoränen wurden bei Bad Goisern abgelagert (VAN HUSEN 1977: 71; 2000a: 149).

Achengletscher

Keine näheren Angaben in der Literatur. Dieser dürf-

te jedoch aufgrund des niedrigen Niveaus seines Einzugsgebietes bereits weitgehend abgeschmolzen gewesen sein.

Ennsgletscher

Keine näheren Angaben in der Literatur. Die Seitentalgletscher, die ehemals den Ennsgletscher nährten, zogen sich weit in die nach Norden offenen Seitentäler der Niederen Tauern zurück.

Murgletscher

Hier ergibt sich eine Endmoräne beim Zusammenfluss Znachbach und Weißpriachbach auf 1280 m (WEINGARTNER 1988: 320; 1993: 122; DOLLINGER 1997: 127). Die Karbereiche des Gurpitschek und des Preber sowie der Landwierseen etc. waren noch von Gletschern erfüllt (SEEFELDNER 1961: 309).

Salzach

Der Salzburger See, bestehend aus dem Salzburger Stammbeckensee und dem Tittmoninger See, dürfte bereits zu Beginn des Gschnitz-Stadials zur Gänze sedimentverfüllt gewesen sein. Die Seitenbäche, wie die Fischach, Alm, Taugl, Lammer, der Torrener Bach und die Berchtesgadener Ache sowie die Saalach und die Sur schütteten bereits prägschnitzzeitlich das Topset über das Foreset des Salzburger Sees. Diese flachen, ausgedehnten Schwemmkegel der Topset-Schüttungen wurden von nun an unterschnitten, sodass sich Terrassen bildeten (Brandecker 1974: 35; Van Husen 1986: 406; PLÖCHINGER 1990: 34f; MENEWEGER 1993: 12). Da diese Schwemmfächer weit in das verfüllte Becken hineinreichten, dürften die Talausgänge flach abfallend ausgebildet gewesen sein. Die Bäche aus den Seitentälern flossen verwildert auf den flachen Schwemmfächern. Gleichzeitig entsteht das Durchbruchstal der Laufener Enge (HORMANN 1978: 19). Die Seespiegel der Flachgauer Seen zeigten noch höhere Niveaus.

Mit dem Eisfreiwerden des Salzachtales bis zum Paß Lueg entstand durch rückschreitende Erosion das Tal der Fischach, welches zum neuen Abfluß des Wallersees wurde. Der Spiegel des *Wallersees* sank bei diesem Durchbruch vor etwa 17 000 Jahren um 30 m.

Der Zeller See spiegelte nach dem Eisfreiwerden des Oberpinzgaus auf einem deutlich höheren Niveau. Der Seespiegel dürfte zu Beginn des Gschnitz-Stadials, nach entsprechenden Ablagerungen im Gebiet von Embach, über 800 m (heute 750 m) gelegen haben (mündl. Mitteilung Landesgeologe R. BRAUNSTINGL). Diese Ansicht vertrat auch bereits GÖTZINGER (1936: 37ff). Als Sperrriegel trat die, durch eiszeitliche Ablagerungen "plombierte" Schwelle von Taxenbach in Erscheinung, die nach und nach tiefer gelegt wurde. Im Gschnitz-Stadial kalbten die Eisströme aus den Tauerntälern in den Zeller See bzw. blieben randlich davon liegen.

Saalach

Der heutige Abfluss der Saalach, sowie deren Zuflüs-

se dürften bereits weitgehend bestanden haben. Die Glemmtaler Ache und der Urslaubach entwässerten in den Zeller See (SEEFELDNER 1961: 222), der weit in den Oberpinzgau hineinreichte.

Traun

Das Trauntal besaß bereits einen völlig freien Abfluss nach Norden (VAN HUSEN 1977: 122). Die Entwässerung des Salzkammergutes dürfte im Wesentlichen den heutigen Zügen, wenn auch bei z.T. noch höheren Seespiegelständen, entsprochen haben.

Der Hallstättersee ist noch unter Eis.

Ähnlich wie beim Wallersee führte auch der Eiszerfall des Traungletschers zwischen Irrsee und Mondsee zu einer Umkehr der Abflußrichtung. Der *Irrsee* fließt seit dieser Zeit über die Zeller Ache zum Mondsee.

Chiemsee

Das heutige Entwässerungssystem des Chiemsees (Alz) war weitgehend hergestellt.

Enns

Das heutige Entwässerungssystem im Ennspongau (Enns) war weitgehend hergestellt.

Mur

Das heutige Entwässerungssystem im Lungau (Mur) war weitgehend hergestellt.

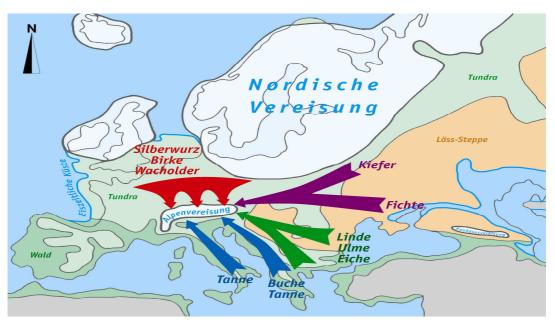


Abb. 23: Die Vegetations-Wiederbesiedelung der Gletscherschuttwüsten in den Alpen und im Alpenvorland begann mit dem Gschnitz-Stadial. Grafik: GeoGlobe verändert nach BÜDEL (1981)

Vegetation

Gschnitz = Älteste Dryas (PZI / 1a): Beginn der nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung (Abb. 23). Die älteste Dryas kennzeichnet in der Vegetationsentwicklung eine Pionierphase, eine Steppenphase und eine finale Strauchphase (SCHANTL-HEUBERGER 1993: 78f). Die Strauchphase mit dem Juniperusgipfel fällt in den Übergang Älteste Dryas / Bölling (mündl. Mitteilung H. SCHANTL-HEUBERGER). Zur gleichen Zeit findet man nördlich der Alpen bereits vereinzelte Kiefern. Auch der Wiederbewaldung des Inntales geht diese Strauchphase voraus (RATHJENS 1975: 267ff; BORTENSCHLAGER 1984: 77).

Fischfauna

Mit dem Ausklingen des Gschnitz-Stadials war im Bearbeitungsgebiet das heutige Entwässerungsregime weitgehend hergestellt (Ausnahme: Gebiet Zeller See). Durch die Ausbildung mächtiger Schwemmkegel der Bäche, aus den N des Pass Lueg gelegenen Seitentälern über den bereits verfüllten Salzburger See, dürften die Talausgänge flach abfallend ausgebildet gewesen sein. Die Bäche aus den Seitentälern flossen verwildert auf den flachen Schwemmfächern in das Haupttal - die Täler waren somit relativ leicht besiedelbar. Die Fischausbreitung könnte sich in dieser Phase auch schon weiter, das Tal der Salzach aufwärts verschoben haben.

Die Salzachöfen und das mittlere Salzachtal waren bereits fischpassierbar.

Die Gletscher der Seitentäler aus den Hohen Tauern stießen im Gschnitz-Stadial jedoch nochmals bis zum Salzachtal vor. Damit war eine Besiedlung der Flüsse der Tauerntäler nicht möglich. Gleichzeitig lagen am Höhepunkt des Gschnitz-Stadials die durchschnittlichen Sommertemperaturen noch um 9 - 11°C unter dem heutigen Niveau (IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER 2008: 569; IVY-OCHS, KERSCHNER, KUBIK et al. 2006: 123ff). Die Rückkehr der Pioniervegetation war jedoch bereits vollzogen!

3.5 Das Wärmeoptimum im Bölling-Interstadial (um 14.500 b.P.)

Allgemein

Innerhalb von etwa 300 Jahren erwärmte sich das Klima. Die Jahresmitteltemperatur stieg für kurze Zeit um etwa 10°C auf Werte, die nur geringfügig unter den heute gemessenen Mitteltemperaturen lagen.

Der Kälterückfall folgte sehr rasch und ließ in drei Stufen bis vor 12.600 Jahren die Jahresmitteltemperatur um wiederum 8 - 10°C sinken.

Nach SCHNEIDER et al 1987 steigt mit der zunehmenden Klimaerwärmung auch die Nährstoffzufuhr

in die Seen. Es werden Sedimente mit höheren Carbonatgehalten abgelagert, welche die beginnende epilimnische und benthische Karbonatproduktion in den Seen, die nicht mehr von Gletscherabflüssen getrübt wurden, hinweisen.

Mit der sich allmählich verdichtenden Vegetationsdecke und der Ausbreitung der Wälder werden die Sedimenteinträge aus der Erosion der Einzugsgebiete in die Seen wesentlich geringer.

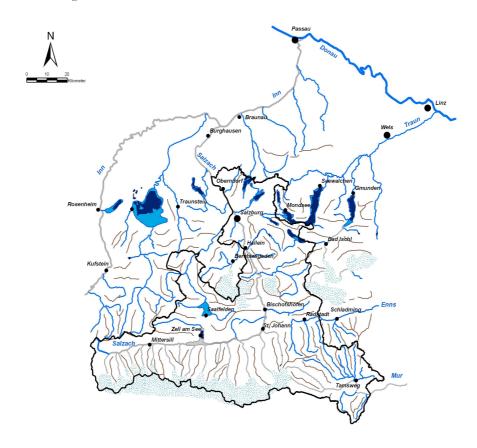


Abb. 24: Paläogeographische Situation um 14.500 b.P. n. IBETSBERGER, JÄGER, HÄUPL (2008); Im spätglazialen Wärmeoptimum sind Salzach und Inn noch Gletscherflüsse, der Zellersee ist schlufftrüb. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe

Gletscher

Die Gletscher der großen Alpentäler, wie auch im Salzach- u. Trauntal, schmolzen anschließend an das Gschnitz-Stadial soweit ab, dass sie nur mehr in den Talschlüssen bzw. den nieder gelegenen Hochtalböden zu finden waren. "The rapid warming at the onset of the Bölling interstadial at 14.700 b.P. put an end to the series of glacier advances." (IVY-OCHS, KERSCHNER, REUTHER et al. 2008: 567).

Salzach und Saalach

Das Salzach- und Saalachtal waren, bis auf einige ganz vereinzelte Toteisreste, eisfrei. Der heutige Abfluss der Salzach, sowie deren Zuflüsse dürften bereits weitgehend bestanden haben. Der heutige Oberlauf der Saalach, die Glemmtaler Ache gehörte noch nicht diesem System an.

Der Zeller See senkte sich nach und nach ab, bis er bei ca. 760 m spiegelte, er war von Gletscherzuflüssen getrübt. Die Glemmtaler Ache und auch der Urslaubach, der das Grundmoränenplateau zwischen Mitterhofen und Pfaffenhofen, an der Ostseite immer tiefer erodierte, entwässerten noch immer in den Zeller See. Auf diesem Niveau wurden auch nahe Taxenbach Flussschotter abgelagert, die auf ein zu dieser Zeit höheres Niveau der Salzach gegenüber heute schließen lassen (SEEFELDNER 1961: 205).

Das Saalfeldener Becken dürfte durch den *Saalfeldener See* bis zu einem Niveau von ca. 760 m erfüllt gewesen sein. Davon zeugt ein Schwemmkegel des

Urslaubaches auf dem die Weiler Almdorf, Schmieding und Niederhaus liegen (HEIMATBUCH SAALFELDEN 30). Kurz darauf dürfte der Urslaubach nicht mehr zum Zeller See nach S, sondern wie heute nach N entwässert haben. Durch die rückschreitende Erosion der Ur-Saalach wurde dieser See nun nach Norden entleert.

Der Königssee beginnt auszuschmelzen.

Traun

Der Trauntalabfluss war gegeben, die Entwässerung im Salzkammergut dürfte im Wesentlichen den heutigen Zügen – wenn auch bei noch höheren Seespiegelständen – entsprochen haben.

Der Hallstättersee ist noch unter Eis.

Enns

Das heutige Entwässerungssystem im Ennspongau (Enns) war weitgehend hergestellt.

Mur

Das heutige Entwässerungssystem im Lungau (Mur) war weitgehend hergestellt.

Vegetation

Bölling (PZI / 1b): 1. Klimaoptimum im Spätglazial (FRITZ und UCIK 2002: 195). Es kam zur Wiederbewaldung der großen Haupttäler am Nordrand der Alpen durch Kiefernwälder (nkZA: 12.300 b.P. i. Trauntal (VAN HUSEN 2000a: 150f) dürfte in etwa kalibrierten 15.000 - 14.700 b.P. entsprechen), die bis an die Waldgrenze reichte (SCHANTL-HEUBERGER 1993: 78f).

In der Terrasse von Schwarzach fand man Juniperus-Wurzelstückchen, 15 - 17 m über dem heutigen Flussniveau, die auf 12.740 +/-310 Jahre (nkZA) datiert wurden. Ein Holzstück vom Hang ist ca. 13.900 Jahre (nkZA) alt (SLUPETZKY 1975a: 156f)! Im Lungau findet sich zu Beginn des Wärmeoptimums eine artemisiareiche Steppenvegetation (WEIGARTNER 1988: 320).

Fischfauna

Mit dem Ende des Gschnitz-Stadials kam es zu einer deutlichen Klimaverbesserung und einem markanten Temperaturanstieg. Zur Zeit des Wärmeoptimums im Bölling-Interstadial lag die Durchschnittstemperatur geringfügig - wenn auch nur kurzzeitig - unter dem heutigen Niveau.

Diese günstigen klimatischen Bedingungen in Verbindung mit den eisfrei gewordenen Hauptund Seitentälern dürften zu einer ungehinderten Ausbreitung der kaltstenothermen Fischarten geführt haben.

Die heutigen morphologischen Barrieren dürften in dieser Phase nicht bestanden haben.

Mächtige Schwemmfächer der Bäche, aus den N des Pass Lueg gelegenen Seitentälern in den bereits verfüllten Salzburger See, formten die Talausgänge ebenmäßig flach. Die Bäche aus den Seitentälern mäandrierten auf den Schwemmfächern in das Haupttal. Diese natürliche, morphologische Aufstiegshilfe dürfte der Fischzuwanderung entgegen gekommen sein. Die Fischausbreitung dürfte sich aber in dieser Phase auch schon weiter, das Salzachtal aufwärts, verlagert haben. Die Salzachöfen waren passierbar. Die durch Moränenablagerungen ausgekleideten Engtal- u. Schluchtstrecken im Unter-Pinzgau, wie die Taxenbacher Enge, Liechtensteinklamm (Großarltal), Klammstein (Gasteinertal) u. Kitzlochklamm (Raurisertal) dürften ebenfalls passierbar gewesen sein. Einerseits lag der Talgrund der Salzach, vom Pass Lueg ansteigend um mindestens 100 m über dem heutigen Niveau, andererseits waren die rezenten, klammartigen Einschnitte der Seitentäler zum Haupttal durch Moränenmaterial plombiert. Zudem dürften die Seitenbäche Schwemmkegel ins Haupttal vorgelagert haben, die als natürliche Aufstiegshilfen zu sehen sind. Auf Grund dessen erscheint eine natürliche Zuwanderung der kaltwasserliebenden Fischarten von der Salzach in die Tauerntäler bereits möglich.

Der Ober-Pinzgau und der Zeller See sind ebenfalls über die Salzach durch Fische besiedelt worden.

Der Königssee ist noch Eissee und für eine Fischbesiedlung ungeeignet.

Das Salzkammergut wurde von den Fischen der Donau über Ager und Traun besiedelt.

Der Waginger See, der Grabensee, der Mattsee, der Obertrumer See und der Wallersee wurden von den Fischen der Donau über Inn und Salzach besiedelt.

Der Simsee und der Chiemsee wurden aus der Donau über den Inn besiedelt.

3.6 Der Klimarückschlag im Egesen-Stadial (12.700 - 11.600 b.P.)

Allgemein

"Die Jüngere Dryas (ca. 12.700 bis 11.500 Jahre) führte zu einer Serie von Gletschervorstößen, die als Egesenstadium zusammengefasst werden. Es lässt sich in den meisten Gebieten in drei Moränengruppen gliedern." (KERSCHNER, IVY-OCHS, SCHLÜCH-

TER 2008: 166). Die Alpengletscher des jüngeren Spätglazials waren nur geringfügig größer als jene von heute. Die dazugehörigen Moränen findet man ausschließlich im Hochgebirge (Abb. 25).

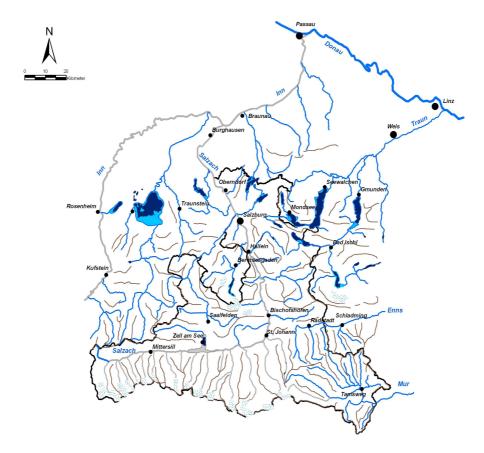


Abb. 25: Paläogeographische Situation um 12.500 b.P. n. IBETSBERGER, JÄGER, HÄUPL (2008); Salzach und Saalach sind gletschertrüb, ebenso der Zeller See. Die Abflusssituation war ähnlich der heutigen. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe

Salzachgletscher

Moränen aus dem Egesen-Stadial finden sich in den Hochtalböden der Hohen Tauern (SLUPETZKY 1994: 17). Die Gletscher im Egesen-Stadial waren nur geringfügig größer wie heute.

Saalachgletscher

Moränen aus dem Egesen-Stadial sind möglicherweise nur in den höchsten Bereichen im Steinernen Meer zu finden. Im Berchtesgadener Land findet man entsprechende Moränen im Gebiet Königssee bei der Röth (FISCHER 1988: 222ff). Die Gletscher des Egesen-Stadials befanden sich bereits in einer ähnlichen Position wie heute.

Der Königssee wird eisfrei.

Traungletscher

Hier ergibt sich nach VAN HUSEN (1977: 82ff) der Taubenkar Stand (Egesen-Stadial) am Dachstein Plateau (Abb. 26).

Hallstättersee, sowie Altausseer See und Grundlsee sind eisfrei.

Achengletscher

Keine näheren Angaben in der Literatur. Dieser dürfte jedoch aufgrund des niedrigen Niveaus seines Einzugsgebietes bereits abgeschmolzen sein.

Ennsgletscher

Kleinste Gletscherzungen in den Karen der Niederen Tauern.

Murgletscher: Kleinste Gletscherzungen in den Karen der Niederen Tauern.

Salzach und Saalach

Der heutige Abfluss der Salzach und Saalach dürfte bereits bestanden haben. Die Salzachterrassen im Gebiet der Stadt Salzburg, Unterschneidungen der Topset-Schüttungen der Seitentäler, wurden im jüngeren Spätglazial weiter entwickelt. Die Glemmtaler Ache, die erst im Postglazial zum Saalach-Oberlauf wurde, floss noch immer in den Zeller See und über die Salzach gegen N.

Traun

Der Trauntalabfluss war hergestellt, die Entwässerung im Salzkammergut dürfte im Wesentlichen den heutigen Zügen – wenn auch bei noch höheren Seespiegelständen – entsprochen haben.

Chiemsee

Das heutige Entwässerungssystem des Chiemsees (Alz) war weitgehend hergestellt.

Enns

Das heutige Entwässerungssystem im Ennspongau (Enns) war weitgehend hergestellt.

Miir

Das heutige Entwässerungssystem im Lungau (Mur) war weitgehend hergestellt.

Vegetation

Alleröd (PZII): In den Tälern findet man, wie auch bereits im Bölling, große geschlossene Kiefernwaldbestände (RATHJENS 1975: 267ff; BORTENSCHLAGER 1984: 72).

Egesen = Jüngere Dryas (PZIII): Diese Phase gipfelt in einem Klimarückschlag – thermische Kontinentalität tritt auf (FRITZ und UCIK 2001: 62). In den Tälern lichten sich die Kiefernwälder, in höheren Lagen kommt es zu einer Zunahme der Strauchvegetation (mündl. Mitteilung H. SCHANTL-HEUBERGER).

Fischfauna

Der klimatische Rückschlag, anschließend an das Bölling-Interstadial, lässt sich mit einer Absenkung der durchschnittlichen Sommertemperatur um 3,5°C im Vergleich zu heute, charakterisieren (KERSCHNER, IVY-OCHS, SCHLÜCHTER 2008: 167). Trotz der Klimaverschlechterung hielt sich der Kaltwassereintrag in die Flüsse der Haupt- u. Seitentäler der Salzach und Saalach in einem Rahmen, dass die kaltstenothermen Fischarten - wenn auch nicht mehr so uneingeschränkt - ihren neuen Lebensraum weiterhin verteidigen konnten. Die heutigen morphologischen Barrieren, welche die meisten Seitentäler vom Salzachtal abtrennen, dürften auch in dieser Phase noch nicht Bestand gehabt haben. Die morphologische Situation für die weitere Zuwanderung von Fischen entspricht in etwa jener der Phase Bölling-Interstadial.



Abb. 26: Moränenwälle aus dem Egesen-Stadial (Taubenkar-Stand) am Dachstein Plateau. Foto: Horst Ibetsberger

3.7 Die Klimaerholung in der Früh-Holozänen Wärmeperiode des Präboreals (11.600-10.500 b.P.), die boreale Warmzeit um 9.000 b.P. und das Holozäne Klimaoptimum des Atlantikums (7.500-5.300 b.P.)

Die Menschen kehren nach Salzburg zurück

Allgemeines

Mit dem Ende des Spätglazials, das gleichzeitig dem Ende des Würm-Glazials entspricht, zogen sich die eiszeitlichen Gletscher auf die Hochtalböden zurück. Dort verharrten sie in ähnlichen Höhen, in einem Ausmaß und einer Größe wie man sie heute findet (Abb. 27). Bereits kurz danach erreichte das Klima

heutige Werte (PATZELT 1972: 53).

Die Niederschlagsintensität wie aus dem Spätglazial bekannt, verringerte sich wesentlich.

Im Präboreal mit der Früh-Holozänen Wärmeperiode vor 11.600 - 10.500 Jahren schmolzen die Gletscher soweit zurück, dass angenommen werden kann, dass diese in den Ostalpen nur mehr kleine und kleinste Karbereiche in Höhen über 3000 m bedeckten.

Am Höhepunkt der Früh-Holozänen Wärmeperiode waren sämtliche Gletscher bis auf Firnfelder über 3000 m abgeschmolzen, sodass auch die alpinen Flüsse frei von Gletscherschluff waren und ein anderes Abflussregime erhielten.

In der anschließenden borealen Warmperiode lag die Jahresdurchschnittstemperatur um zumindest 1 - 2°C über den heutigen Werten.

Es ist anzunehmen, dass die Durchschnittstemperaturen in Zell am See etwa dem heutigen Klima in Bozen, Südtirol, entsprachen.

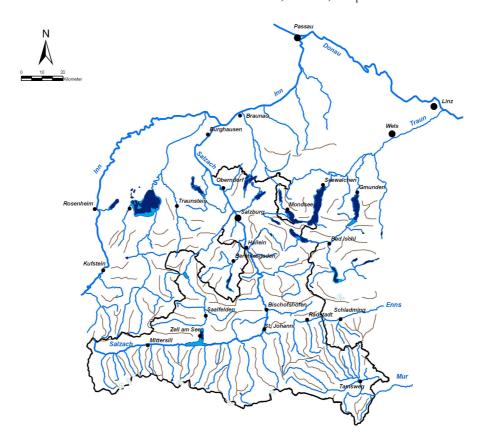


Abb. 27: Paläogeographische Situation um 10.000 b.P. nach IBETSBERGER, JÄGER, HÄUPL (2008); Nach dem Abschmelzen der Gletscher in der Früh-Holozänen Wärmeperiode bis auf wenige Firnfelder in den höchsten Gebirgsregionen waren sämtliche Gewässer Salzburgs frei von Gletscherschluff. Salzach und Inn sind klare sommerwarme Flüsse, die Abflussspitzen sind zur Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe

Gletscher

Nach neuesten Erkenntnissen begann die Früh-Holozäne Wärmeperiode bereits um 11.600 b.P. und endete um 10.500 b.P. Um 10.200 b.P. war der Höhepunkt einer kühleren und niederschlagsreicheren Phase, die möglicheise den Venedigerstand entspricht. Um 9.200 b.P. begann wiederum eine Wärmeperiode, die um 8.600 b.P. endete. Nach einer weiteren kühleren Phase von 1000 Jahren begann das holozäne Klimaoptimum, das von 7.500 - 5.300 b.P. anzusetzen ist (SCHMIDT ET AL. 2009: 57f). So wuchsen nach noch nicht kalibrierter Zeit vor 9.180 ±80 b.P. im Bereich des heutigen Gletschervorfeldes des Pasterzenkees Zirben (SLUPETZKY 1990:185; 1998:225), die 200 - 300 Jahre alt wurden (Aufwuchs-Beginn zwischen 9.500 - 9.400 b.P.). Vor ca. 9.200 Jahren waren die Gletschervorfelder, die von den aktuellen Gletschern in 2100 m heute freigegeben werden, baumbestanden (Abb. 29). Diese Vegetationsphase entspricht der Früh-Holozänen Wärmeperiode.



Abb. 28: Stammteil vom "Baum Pasterze II" aus den Gletschervorfeld der Pasterze, auf 2100 m Seehöhe. Dieser aus dem Gletscher ausgeschmolzene Stammteil bezeugt, dass bereits 9180+/-80 Jahre v.h. (nkZA) an dieser Stelle Zirben wuchsen. Das Klima war entsprechend günstiger als heute, die Jahresmitteltemperaturen lagen um 1 - 2°C höher. Foto: H. Slupetzky

Vegetation

Zu Beginn des Holozäns wandert die Fichte von Osten und der Eichen-Mischwald von Süden in die geschlossenen Kiefernwälder ein. Während sich der Eichen-, Linden-, Ulmen-, Hainbuchen-Mischwald in den Tallagen ausbreitet, setzt sich der Fichtenwald in Hang- u. höheren Lagen durch. Die Kiefer wird auf Reliktstandorte (Pionierstandorte) verdrängt (mündl. Mitteilung H. SCHANTL-HEUBERGER; BORTEN-SCHLAGER 1984: 78).

Die Waldgrenze in den alpinen Regionen stieg auf über 2300 m, wie die ausgeprägten Zirbenbestände im Bereich der Pasterze beweisen (PATZELT 1972:53; SLUPETZKY 1990:185)

Während sich die Nadelwälder immer höher in die Bergregionen ausbreiteten, entstanden dichte Laubwälder in den tieferen Regionen. Die krautige Vegetation findet bei ausreichender Bodenfeuchte beste Wuchsbedingungen.

An den Uferbereichen der Seen entstehen ausgedehnte Schilfbestände, welche von Seggen - und Schneidenriedern, der Grauweidenzone und schließlich vom Schwarzerlenbruchwald landwärts gesäumt wurden. Seewärts entwickelten sich in seichterem Wasser vor den Schilf- und Binsenbeständen große Schwimmblattzonen, anschließend dehnen sich die submersen Makrophyten bis zur Lichtgrenze aus.

Es beginnt eine Zeit geringer Niederschläge, die Wasserführungen der Flüsse gingen stark zurück und

die Spiegellagen der Seen sanken auf ihre Tiefstände. Aufgrund der relativ geringen Abflüsse wurde auch die Erosion in den natürlichen Auslaufschwellen der Seen stark reduziert. Es entstanden in diesen Zeiten durch intensives Pflanzenwachstum in den Ufergürtel der Seen und durch Algenblüten als Folge der biogenen Entkalkung in den Seichtuferbereichen ausgedehnte und oftmals mächtige Seekreideablagerungen, welche der Erosion im Bereich des Seeausflusses durch Verlandung entgegenwirkten und welche die Basis für eine spätere Schilftorfentstehung bildeten. Im Atlantikum, der Zeit des holozänen Klimaoptimums, bildete sich im Wengermoor eine mächtige Lage an Seggentorf in der Verlandungszone des Sees als Basis des folgenden Hochmoorwachstums aus (KRISAI und FRIESE 1986).

Eine Besonderheit findet sich im Seekirchner Seemoos dem Abflußbereich des Wallersees, in welchem im Zug des Hochwasserschutzes Wallersee ein Hochwasserentlastungsgerinne ausgebaggert wurde. Es wurden dabei das Schilftorf durchstochen und die Seekreideablagerungen am Seeausrinn freigelegt. Als Folge der Abflussumkehr des Wallersees von Nord auf Süd vor etwa 18.000 Jahren wurden die im Bereich der Seeklause 23m mächtigen Glazialtonablagerungen des Bottom Sets der Deltaschüttung von Seekreideschichten überlagert, über welchen wiederum der Aufbau des Schilftorfes im Flachwasserbereich des Sees vor etwa 10.000 Jahren begann (Abb. 28).



Abb. 29: Seekirchner Seemoos 2009. Dunkelbrauner Schilftorf im Entlastungsgerinne der Fischach, entstanden vor ca. 10.000 Jahren. Die weiße Seekreideschicht, 0,5 - 1,0 m mächtig, gebildet ab etwa 11.000 vor heute, überlagert den Seeton (Bottom Set), aus dem frühen Spätglazial. Foto: P. Jäger

Zeller See

Im Postglazial entstand die Wasserscheide zwischen Salzach und Saalach, N des Zeller Sees (CORNELIUS 1936b: 35; SEEFELDNER 1957: 202f; BAUER 1963: 135). Der Schwemmkegel aus dem Glemmtal lässt nun die Saalach gegen Norden abfließen. Die Saalach dürfte, das bereits im Spätglazial angelegte Flussbett des Urslaubaches für ihren Abfluss nach Norden benutzt haben. Im Jahre 1912 erfolgte ein letzter Ausbruchsversuch der obersten Saalach gegen Süden abzufließen (SEEFELDNER 1961: 211)!

Loferer See

Der Loferer See wurde durch einen nacheiszeitlichen Bergsturz vom Grubhöndl um 10.300 b.P. auf ca. 630 m gestaut (BRÜCKL 1986). Auf Grund der hohen Geschiebeführung der Saalach ist dieser See sicher rasch verlandet.

Die Dauer seines Bestehens ist nicht bekannt.
Das Wildmoos zwischen Lofer und St. Marti

Das Wildmoos zwischen Lofer und St. Martin ist Zeuge dieses Geschehens.

Fischfauna

Die klimatischen Bedingungen, mit Sommertemperaturen über dem heutigen Durchschnitt, dürften einer ungehinderten Fischausbreitung entgegengekommen sein. Alle Haupt- u. Seitentäler waren eisfrei, die Alpengletscher kleiner als heute.

Die Fischregionen von Salzach und Inn verschieben sich flußaufwärts, die Warmwasserfische erreichen den Zellersee.

In die Fließgewässer und Seen können auch die an sommerwarme Gewässer angepaßter Fischarten aus der Donau einwandern.

Nun besiedeln auch die warmstenothermen und eurythermen Fischarten die Gewässer Salzburgs. Inwieweit die Einwanderungsmöglichkeit für Fische in die, heute durch Klammen und Schluchten an ihren Ausgängen unpassierbarer Tauerntäler in dieser Phase noch gegeben war, ist nicht näher zu bestimmen.

Während des gesamten Holozäns (11.600 - heute) kam es zu einer +/-1,5°C-Temperaturabweichung im Vergleich zu der durchschnittlichen Temperatur von heute. D.h., die Zuwanderung von Fischen war vom klimatischen Standpunkt aus gesehen, das gesamte Postglazial hindurch möglich. Die langsame Herauspräparierung der morphologischen Barrieren stand dieser Entwicklung hemmend gegenüber. Man kann davon ausgehen, dass die Ausräumung und Wiederherstellung, der bereits präwürmzeitlich angelegten Klammen u. Schluchten, bereits in der ersten Hälfte des Postglazials abgeschlossen waren. Zeitliche Angaben dazu sind in der Literatur nicht zu finden!

Menschen kehren in die eisfreien Gebiete zurück

Funde aus der Schlenken Durchgangshöhle bei Hallein auf 1500 m Seehöhe von EHRENBERG und MAIS (zitiert in DOPSCH & SPATZENEGGER 1983) belegen, dass Jäger der Altsteinzeit noch vor der letzten Eiszeit in Salzburg Höhlenbären, Höhlenlöwen und anderes Wild jagten.

Nach der Würmeiszeit belegen Spuren von Jägern aus

der Tardenoisienkultur der Mittleren Steinzeit, dass sie Salzburg nach der letzten Eiszeit (DOPSCH & SPATZENEGGER 1983) und nach dem Verlanden des Großen Salzburger Sees wieder nach jagbarem Wild durchstreiften.

Im Übergang von der borealen Warmzeit zum Klimaoptimum des Atlantikums, vor ca. 8000-7000 Jahren, erreichte die Kultur der Bandkeramik Mitteleuropa. Begünstigt durch das wärmere Klima wurden diese ersten Bauern in unseren Breiten sesshaft (HAAK et al. 2010), wie aus dem Auftreten von Getreidepollen in Pollendiagrammen um den Starnberger See interpretiert werden kann (FESQ-MARTIN et al. 2008)

Erste Pfahlbauten am Starnberger See, Mondsee, Attersee und Traunsee datieren in die Kupferzeit (6.000-4.000 b.P.) (Offenberger 1981, RUTTKAY 1981). Nach aktuellen Erhebungen bestanden am Mondsee 3 Pfahlbausiedlungen, am Attersee 24 und am Traunsee 6 (IBETSBERGER & HÄUPL 2010).

Das Goldschiffchen vom Dürnberg bei Hallein belegt, das man bereits vor 2400 Jahren die Flüsse befuhr. Einbaumfunde im Starnberger See, im Chiemsee und im Wallersee bestätigen die Schifffahrt auf diesen Seen seit der Latene-Zeit (POHL 2009).

3.8 Das Salzburger Gewässernetz im Jahr 2009

Nach der Früh-Holozänen Wärmeperiode pendelte das Klima um +/- 1,5°C um einen Jahrtausende konstanten Mittelwert. Markante Temperaturdepressionen während der mittleren Bronzezeit und ab dem 12. bis zum 19. Jahrhundert ließen die Gletscher in den Hochtälern der Alpen wieder etwas anwachsen

(PATZELT 2002a, b). Der Gletscherstand zu Beginn des Holozäns wurde wieder erreicht, die Gletscherzungen stießen in die Hochtalböden vor.

Daraus ergibt sich, dass Inn und Salzach wieder sommerkalte, trübe Gletscherflüsse wurden (Abb. 30).

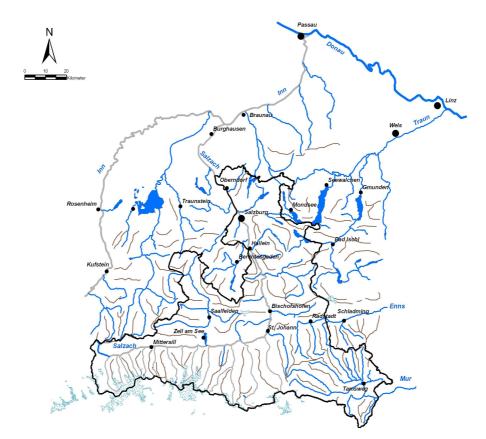


Abb. 30: Das Salzburger Gewässernetz 2009 n. IBETSBERGER, JÄGER, HÄUPL (2008); Abkühlphasen nach dem Präboreal ließen die Gletscher der Alpen in zahlreichen Zyklen vorstoßen und wieder zurück weichen. Auf der Karte ist der vermessene Gletscherstand von 1990 dargestellt. Die Gletscher der Zentralalpen bringen wieder sommerliche Schlufftrübe in Salzach und Inn. Grafik: I. Schillinger/GeoGlobe

Wie bereits beschrieben, erleben wir seit dem Jahr 1980 eine Phase des Gletscherrückzuges in etwas höhere Regionen. Die seit 1985 erhöhten Mittelwerte der Lufttemperatur bewirken über die Zeit den Rückzug der Permafrostgrenze in Regionen über 2300 m. Dadurch lösen sich die Eisfronten der Gletscherzungen auf und es entstehen wieder Eisrandseen wie zB. am Obersulzbachkees im Bereich der ehemaligen Türkischen Zeltstadt. (WIESENEGGER 2009). Ähnliches kann man derzeit bei vielen Gletschern der Alpen beobachten. Der Gletschersee im Obersulzbachtal wurde bereits im 16. und im 18. Jahrhundert als "Sandersee" auf alten Karten eingezeichnet (SCHAUPP 2000). Zur Zeit des

vorerst letzten Gletschervorstoßes um 1850 lag er unter einer 200 m mächtigen Eisschicht. Die derzeitige Klimaerwärmung lässt den Gletscher etwas zurückweichen und den Gletscherrandsee wieder entstehen. (WIESENEGGER 2009). Siehe dazu die beiden Abbildungen 31 und 32.



Abb. 31: Obersulzbachkees 2005 - der Sandersee auf 2250 m entsteht. Foto: F. Rieder



Abb. 32: Sandersee 2008, Obersulzbachkees. Foto: F. Rieder

3.9 Das Wengermoor am Wallersee als Hinweis auf eine weitgehend konstante Klimasituation der letzten 10.000 Jahre

Am Beispiel des Wallersees kann man die nacheiszeitliche Entwicklung der Seespiegellagen mit der Umkehr der Abflussrichtung nach dem Eiszerfall im heutigen Fischachtal verfolgen.

Vor 19.000 Jahren war das Fischachtal im Bereich Ried / Mühlbach durch inaktives Gletschereis (Toteis) plombiert. Durch Flüsse und Bäche gelangte grobes Gesteinsmaterial über die Deltaschüttungen bei Fischweng, Oberschreiberg, Grünberg, Fenning und Schlacht in den auf 550 m durch die Moränenwälle bei Neumarkt gestauten Wallersee.

Ebenfalls mittransportiertes Feinsediment wie Tone und Schluffe, lagerte sich in mehr als 20 m mächtigen Seetonen im Bereich des Seemooses und im Wallersee mit den markanten Landzungen Bayerhammerund Fischtagingerspitz ab.

Nach dem Eiszerfall im Fischachtal und im Stammbecken des Salzachgletschers vor ca. 18.000 bis 17.000 Jahren kehrte sich die Entwässerung des Wallersees in die Gegenrichtung um (Abb. 20), der Seespiegel sank von 550 m auf 520 m. Eine Konglomeratbank in der Fischach im Bereich der Mühlbachkurve bildete die neue Auslaufschwelle des Wallersees.

Der Seespiegel des Wallersees sank später in zwei weiteren Stufen um 14.500 b.P. auf 515 m und um 12.500 b.P. auf 510 m ab.

Bei dieser Seespiegellage war das Wengermoor, wie auf Abbildung 33 dargestellt, noch vollständig unter Wasser. Der See reichte über die Westbahntrasse hinaus bis zur Ortschaft Weng. Erst mit einem weiteren Absinken auf 507,5 m vor etwa 11.000 Jahren im Präboreal bildete die Seetonschwelle zwischen Wengermoor und Wallersee (Abb. 34) eine natürliche Barriere zum freien See und der Verlandungsprozess mit dem Aufbau eines Nieder- und Hochmoores konnte in der Lagune zwischen See, Wallerbach und Eisbach beginnen.

Die Spiegellage des Wallersees von 507,5 m war bis 1886, abgesehen von den natürlichen Schwankungen, stabil. 1886 wurde Seekirchen die wasserrechtliche Bewilligung erteilt, den Seespiegel des Wallersees um 4 bis 5 Fuß abzusenken. Der Grund war die Nutzbarmachung der ausgedehnten Torfvorkommen in den Randmooren des Wallersees und die Möglichkeit die Entwicklung des Ortes Seekirchen in Richtung Seemoos auszuweiten.

Die Absenkung des Wasserspiegels erfolgte 1887/88 durch Eintiefung der Fischach und Durchstechen von größeren Flußschlingen oberhalb und unterhalb der Marktbrücke, sowie durch Eintiefung der Fischach im Bereich der Mündung des Eugendorferbaches (SALZBURGER LANDTAG 1911).

Mit der Seespiegelabsenkung wurden große Seichtuferbereiche des Sees trocken gelegt, der Seespiegel pendelte sich auf einen langjährigen Mittelwert von 506,0 m ein.

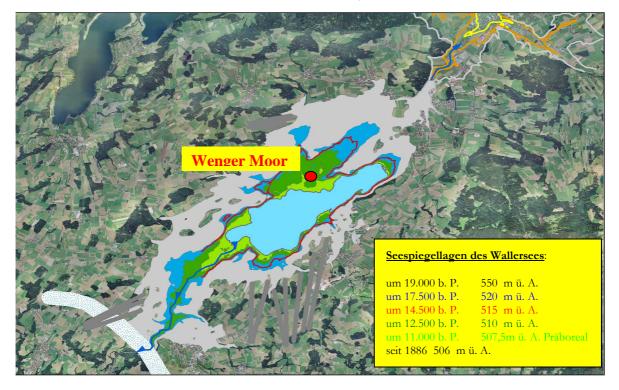


Abb. 33: Die Veränderungen der Spiegellagen des Wallersees mit dem Zerfall der Eisbarriere ab 19.000 b.P. bei der Eugenbachmündung und die Umkehr der Entwässerungsrichtung von Norden auf Süden

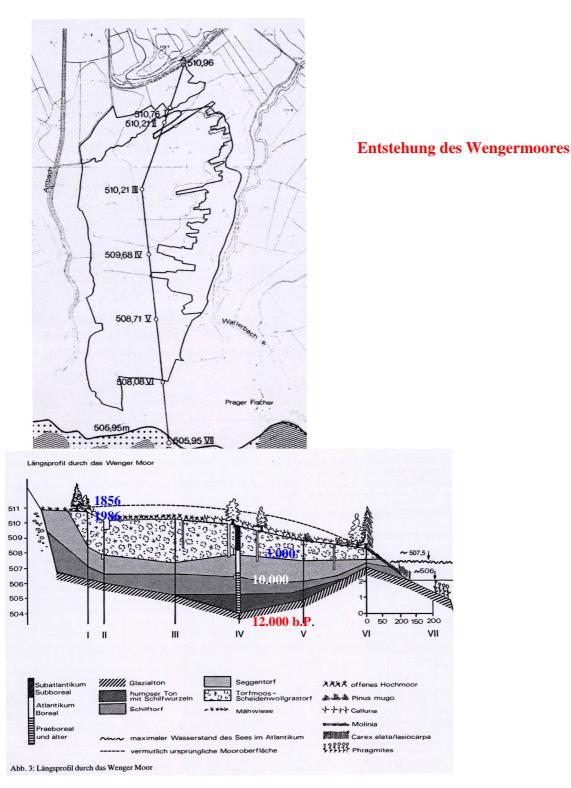


Abb. 34: Aufbau und Genese des Wenger Moores nach Krisai & Friese (1986) auf der Basis der Moorkartierung nach LORENZ (1856) zitiert in Jäger & Schillinger (2009).

Der seit 11.000 b.P. über mehrere Jahrtausende weitgehende konstante Wasserspiegel des Wallersees ermöglichte die Ausbildung von mehreren Randmooren des Wallersees die von LORENZ (1856) im Auftrag der Handelskammer Salzburg auf ihre Abbauwürdigkeit als Heizmaterial genau bezüglich Mächtigkeit und Ausdehnung untersucht wurden. KRISAI und FRIESE (1986) haben den Aufbau und die Genese des Wengermoors untersucht und dabei festgestellt, dass die Entstehung des Moores auf der Glazialtonschicht über humosem Ton mit Schilfwurzeln und Schilftorf im Präboreal begann. Im Boreal und im Atlantikum, dem holozänen Klimaoptimum (siehe Zeittafel Abb. 4) baute sich eine mächtige Schicht an Seggentorf als

Niedermoor auf. Die Hochmoorbildung begann im Subboreal vor etwa 3.000 Jahren und funktionierte bis zur Absenkung des Seespiegels um 1886.

Mit der Seespiegelabsenkung 1887/88 um ca. 1,5 m konnten KRISAI und FRIESE (1986) auf der Basis der genauen Vermessung des Wenger Moores von LORENZ (1856) eine Sackung des Hochmoores um ca. 2 Meter als Folge der Entwässerung durch den Torfabbau nachweisen (Abb. 34). 2003 wurde das Wengermoor durch Stauwerke und durch Abdichtung der diversen Entwässerungsgräben wieder eingestaut, um die Hochmoorbildung wieder in Gang zu setzen (Abb. 37).

4 Die Entwicklung des natürlichen Fischlebensraumes in Salzburg

Aus der Untersuchung des Abschmelzens der eiszeitlichen Gletscher geht hervor, dass bereits vor ca. 14.500 Jahren im Bölling - Interstadial für die kaltwasserliebenden Fische die Möglichkeit bestand über Salzach, Saalach, Mur, Enns, Ager und Traun die Salzburger Gewässer bis zu vorhandenen natürlichen Barrieren, Wasserfällen oder sehr steilen Gewässerabschnitten, zu besiedeln. Der Oberpinzgau und der Zellersee konnten von den Fischen erreicht werden (Abb. 24).

Nach dem Klimarückschlag im Egesen - Stadial brachte die endgültige Erwärmung ab dem Beginn des Holozän vor ca. 11.600 Jahren die Möglichkeit, dass auch die warmwasserliebenden Fische die Salzburger Gewässer besiedeln konnten.

Die warmwasserliebenden Fischarten besiedelten im wesentlichen die sommerwarmen Seen und die Potamalregionen der Salzburger Fließgewässer, welche insbesondere in den damals noch ausgedehnten gewässerbegleitenden Auen optimale Reproduktionsund Lebensbedingungen vorfanden. Dies war die Zeit, in welcher auch der Zellersee von warmstenothermen krautlaichenden Fischarten besiedelt werden konnte.

Die natürliche Fischausbreitung dürfte bis vor etwa 4.000 Jahren auch für die großen Tauerntäler wie Gastein, Großarl oder Rauris möglich gewesen sein, da vor diesem Zeitraum das Salzachtal von Paß Lueg ansteigend bis Bruck mit Geschiebe wesentlich höher verfüllt war als heute. Die heute bekannten natürlichen Barrieren, die Klammen, Schluchten mit ihren Wasserfällen am Ausgang der Tauerntäler waren durch glaziale Sedimente verfüllt und durch fluviatile Sedimente mit flachen Schwemmkegeln in das Sal-

zachtal überlagert, welche die Aufstiege in die Seitentäler möglich machten.

Dies war die Zeit der maximalen natürlichen Fischausbreitung im Land Salzburg.

Dieser Fischlebensraum bildete den *primären Fischlebensraum* in Salzburg.

Mit dem Freilegen der heute bekannten großen natürlichen Barrieren im Salzburger Gewässernetz entstanden in vielen Seitentälern der Salzach natürlich isolierte Fischlebensräume mit einer möglichen reliktären Fischfauna (JÄGER et al. 2004).

Mit der allmählichen Eintiefung der Salzach in die Verlandungsflächen des nacheiszeitlichen Salzburger Sees, der vom Paß Lueg bis fast nach Burghausen reichte, entstanden auch die heute bestehenden Felsbarrieren der Taugl bei der Römerbrücke, die Konglomeratstufe am Eingang des Bluntautales oder die Stufe der Wiestalalm beim Kieferwehr. Salzachzubringer wie die Fischach, die Sur oder die Oichten schnitten durch rückschreitende Erosion von der Salzach ausgehend die heute bestehenden kurzen Schluchtabschnitte in die Schotterterassen ein, welche nur mehr bei besonders hohen Wasserführungen kurzzeitig fischpassierbar waren.

Rezente Nutzungen der Steilstufen für die Wasserkraft bildeten meist schon seit dem Mittelalter dauerhafte Barrieren für den Fischaufstieg.

Auf diese Weise entstand ein rezenter natürlicher Fischlebensraum, der ohne künstliche Unterbrechungen auch heute noch von den Fischen aus der Donau erreichbar wäre, sowie eine Reihe von isolierten natürlichen Fischlebensräumen (Abb.35).

.

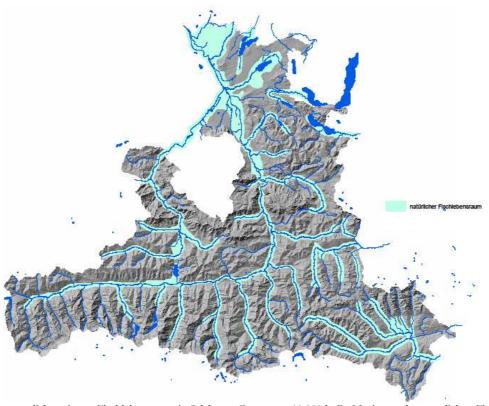


Abb. 35: Der natürliche primäre Fischlebensraum in Salzburgs Gewässern 11.000 b. P., Maximum der natürlichen Fischausbreitung, alle voreiszeitlichen Fischarten sind zurückgekehrt. Karte: I. Schillinger

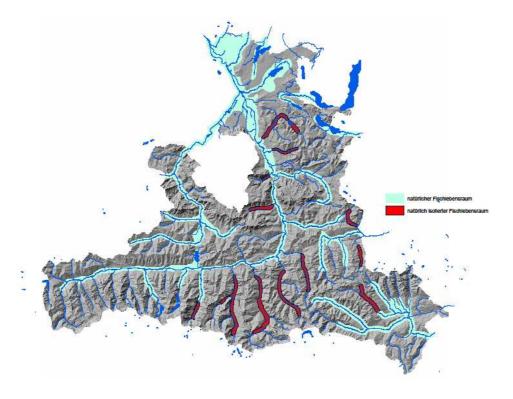


Abb. 36: Zwischen 8.000 und 4.000 Jahren b. P. zerfällt der Primäre Fischlebensraum in den heute noch von der Donau erreichbaren natürlichen Fischlebensraum und in natürlich isolierte Fischlebensräume - Lebensräume allenfalls noch ursprünglicher Fischpopulationen. Karte: I. Schillinger

Die gößten natürlich isolierten Fischlebensräume Salzburgs sind die Wiestalalm, die Taugl bei Vigaun, der Bluntaubach, der Blühnbach, die Wagrainer Ache, die Großarler Ache, die Gasteiner Ache, die Rauriser und die Fuscher Ache, die Mandling, der Forstaubach und die Lungauer Taurach (Abb. 36).

Der rezente natürliche Fischlebensraum wird heute von unzähligen künstlichen Querbauwerken ökologisch zerstückelt. Diese zahlreichen Teillebensräume bilden die realen Fischlebensräume, welche im Sinne der EU-WRRL wieder zu größeren Einheiten zusammengefügt werden müssen, um den natürlichen Fischlebensraum wieder herzustellen.

Darüber hinaus wurden die Hochregionen der Gewässer jenseits natürlicher Aufstiegsbarrieren vielfach antropogen mit Fischen besetzt. Hier entstanden sekundäre Fischlebensräume, Besatzgewässer.

Systematisch gliedert man die Fischlebensräume nach JÄGER et al. (2004) in folgende Einheiten:

Natürliche Fischlebensräume

Primärer Fischlebensraum = Natürlicher Fischlebensraum

In der Zeit der maximal möglichen natürlichen Fisch-

ausbreitung in Salzburg vor ca. 11.000 Jahren für Fische von der Donau über Salzach, Saalach, Enns, Mur, Ager und Traun erreichbar.

Primärer Fischlebensraum heute = Natürlicher Fischlebensraum und natürlich isolierte Fischlebensräume

Entstanden nach dem Ausräumen des Salzachtales und der natürlichen Eintiefung der Salzach seit ca. 4.000 Jahren.

Nicht natürliche Fischlebensräume

Sekundärer Fischlebensraum

Stehende Gewässer und Abschnitte fließender Gewässer, welche von Fischen am Wasserweg niemals erreichbar waren, aber mit Fischen besetzt sind; Besatzgewässer

Fischleere Gewässer

Stehende oder fließende Gewässer ohne Fischbestand und ohne Fischbesatz

5 Zusammenfassung

5.1 Ablauf des spät- und postglazialen Klimawandels

24.000 - 22.000 b.P.

Während des Hochglazials war der größte Teil des Bundeslandes Salzburg und der angrenzenden Gebiete von mächtigen Eismassen überdeckt. Einzig die Gipfel- und Kammbereiche über 2000 - 2200 m ragten aus der Eisoberfläche. Die Entwässerung war nordwärts gerichtet. Durch große Gletschertore traten unzählige Schmelzwasserströme an den Tag, sie sammelten sich in den Hauptstromtälern Inn, Salzach, Ager, Traun, Enns und Mur und flossen zur Donau ab.

19.000 - 17.000 b.P.

Der beginnende Eiszerfall im frühen Spätglazial war gekennzeichnet durch oszillierende Gletscher. Nach dem Abschmelzen des Eises N der Nördlichen Kalkalpen bildeten sich im Vorland große Seen. Die "Zeit der Großen Seen" war gekennzeichnet durch den riesigen Salzburger See, der sich von Golling bis nahe Burghausen erstreckte. Der Salzburger See wurde durch eine Endmoränenbarriere im Norden gestaut. Aber auch alle weiteren Seen im Vorland wiesen deutlich, über dem heutigen Niveau liegende Seespiegelstände auf (Tabelle 1). Davon zeugen Deltaschüttungen und Terrassen, wie am Wallersee. Der Wallersee und der Irrsee entwässerten aufgrund der noch vorhandenen Eisbarrieren im Süden nach Norden in das Schwemmbachtal bei Straßwalchen. Sie flossen über Straßwalchen und Mattighofen ab. Im Süden war der Abfluss des Wallersees ins Salzburger Stammbecken durch Toteis verlegt. Seen und Fließgewässer wurden noch von Gletscherwasser durchströmt und boten ein lebensfeindliches Umfeld.

Gleichzeitig mit dem Abschmelzen der Gletscher bis in die Tauerntäler lieferten die Flüsse und Bäche große Mengen an Geschiebe- und Schwebstoffen, sodass einige der "Großen Seen" sehr rasch verlandeten. Der Salzburger See wurde im Laufe weniger Jahrtausende durch die großen Schwebstoffmengen aus den Alpen und durch das Geschiebe aus den Seitenbächen, wie der Fischach, dem Torrener Bach und der Berchtesgadener Ache sowie der Saalach und der Sur verfüllt. Auch der flache Thalgauer See verlandete. Die Seespiegel aller Vorlandseen sanken, bedingt durch die langsame Tieferlegung ihrer Abflüsse, kontinuierlich ab. Die Abflüsse des Wallersees und des Irrsees kehrten nach dem Eiszerfall der Gletscher ihre zentrifugale Entwässerung in Richtung Süden um.

Nachdem die Gletscherzuflüsse der Vorlandseen abgetrennt waren, hatten sie nun ganzjährig klares Wasser. Klares Wasser hatten relativ bald auch die Gletscherrandseen, deren Gletschereinzugsgebiet ausschließlich in den Kalkalpen liegt.

17.000 - 16.000 b.P.

Mit dem Klimarückschlag im Gschnitz-Stadial kam es bedingt durch eine markante Temperaturabsenkung zu einem generellen Vorstoß der Gletscher in den Alpen. Die Gletscher aus den Tauerntälern rückten nochmals bis zum Salzachtal vor, bzw. blie-

ben kurz davor stehen. Der Salzburger See dürfte bereits zu Beginn des Gschnitz-Stadials zur Gänze mit Sediment verfüllt gewesen sein.

um 14.500 b.P.

Das Wärmeoptimum im Bölling-Interstadial führte durch einen markanten, wenn auch nur kurzzeitigen Temperaturanstieg zum Abschmelzen der Gletscher bis in den Bereich der Talschlüsse der Tauerntäler. Die Wiederbesiedelung mit Vegetation setzte ein - im Salzachtal fand sich Holzvegetation. Mit der Vegetationsrückkehr konnten nun auch höhere Lebewesen die Gletscherschuttwüste besiedeln. Der Salzburger See war zur Gänze verfüllt. Die Seitenbäche schütteten weite Schwemmfächer über den verlandeten See. Die Seespiegel aller anderen Seen im Vorland sanken weiter ab. Die erste Migration von Fischen ist ab diesem Zeitpunkt, zumindest in die gletscherwasserfreien, sommerwarmen Seen des Vorlandes aber auch bereits die Salzach aufwärts möglich gewesen (Tabelle 2).

12.700 - 11.600 b.P.

Der Klimarückschlag im Egesen Stadial war durch einen Gletschervorstoß mit mehreren Oszillationen gekennzeichnet und führte zu einer deutlichen Abnahme der Kiefernbestände in den Tälern. Gegen Ende des Spätglazials wurde das Klima jedoch wieder freundlicher und das hydrologische System im Bundesland Salzburg, mit wenigen Ausnahmen wie im Gebiet des Zeller Sees, weitgehend hergestellt. Die Salzach floss im Gebiet des verlandeten Salzburger Sees verwildert und mäandrierend, von den Schwemmfächern der Seitenbäche bedrängt. Die Vorlandseen spiegelten noch durchwegs, wenn auch nur geringfügig, über den heutigen Niveaus. Die Luftund Wassertemperaturen lagen noch unter den heutigen Mittelwerten. Die morphologischen Barrieren wie Schluchten, Wasserfälle und Klammen bestanden nur bedingt, da diese durch Moränenablagerungen verplombt und die Plombierungen von Schwemmfächern überdeckt waren.

Die Migration von Fischen war über die Salzach in die Tauerntäler, die Saalach, Enns, Mur, Ager und Traun nun fast uneingeschränkt möglich.

ab 11.600 b.P.

Die markante Klimaerholung zu Beginn des Holozän, ab dem Präboreal, ließ die Temperaturen soweit ansteigen, dass in der Venedigergruppe auf 2.200 m Zirben wuchsen. Die Gletscher waren kleiner als heute! Gleichzeitig wanderten die Fichte von Osten und der Eichen-Mischwald von Süden zu. Diese günstigen Temperaturverhältnisse und das noch weitgehende Fehlen morphologischer Barrieren führte zu einer ungehinderten Ausbreitung der Fischfauna.

Erst mehrere Jahrtausende später dürften die morphologischen Barrieren in heutiger Form, wie z.B. die Liechtensteinklamm am Ausgang des Großarl Tales, wieder aktiviert worden sein. Sie bildeten natürliche Barrieren für die Fischwanderung, natürlich isolierte Fischlebensräume entstanden.

10.500 - heute

In den letzten zehntausend Jahren pendelte die Durchschnittstemperatur um +/- 1,5°C um das heutige Niveau. Kälte- u. Wärmeperioden wechselten einander ab. Die morphologischen Barrieren wurden fertig heraus präpariert und zusätzliche, wie Talsperren für Kraftwerke oder Wehre in Flüssen durch den Menschen geschaffen. Letztere sind als anthropogene Eingriffe in den Fischlebensraum zu sehen. Das rapide Abschmelzen der Gletscher und der geringere Eintrag von Gletscherwässern in die Flüsse und Seen hatte ökologische Veränderungen der Gewässerfauna zur Folge. Der oftmalige Wechsel von Kälte- u. Wärmeperioden mit Gletschervorstössen und schmelzen hat zahlreiche Temperaturänderungen in den Gewässern bewirkt, welche sich in einem mehrmaligen Verschieben der temperaturabhängigen Fischregionen auswirken.

In dieser Zeit konnten auch die warmstenothermen krautlaichenden Fischarten und Krebse bis in den Pinzgauer Zellersee gewandert sein und die heute noch an den Zönosen erkennbare inneralpine Potamal-Region gebildet haben.

5.2 Ausschmelzen der Gletscherrandseen nördlich der Alpen und ihre Wiederbesiedlung mit Fischen

In der folgenden Tabelle 1 werden das Ausschmelzen der Seen und das allmähliche Absinken der Spiegelstände der Gletscherrandseen nördlich der Alpen im Zeitraster vom Hochglazial bis heute vom Chiemsee bis zum Traunsee im Zeitraster dargestellt.

Tab. 1: Veränderung der Seespiegelstände seit dem Abschmelzen des Gletschereises zwischen 19.000 b.P. und heute

	Hochglazial	Seespiegel	Seespiegel	Seespiegel	Seespiegel	Seespiegel	Seespiegel
	2422.000 b.P.	um 19.000 b.P.	um 17.000 b.P.	um 14.500 b.P.	um 12.500 b.P.	um 10.000 b.P.	Heute
Salzburger See	Gletscher	460 - 465 m	415 m	verlandet	verlandet	verlandet	verlandet
Wallersee	Gletscher	550 m	520 m	ca. 515 m	ca. 510 m	ca. 507,5 m	506 m
Ur-Mattsee	Gletscher	525 m	515 m	ca. 510 m	ca. 510 m	ca. 510 m	503 m
Egelseen	Gletscher	ca. 610 m	ca. 605 m	ca. 600 m	ca. 600 m	ca. 600 m	590 m
Waginger See	Gletscher	460 m	ca. 450 m	445 m	445 m	445 m	442 m
Chiemsee	Gletscher	538 m	535 m	ca. 533 m	ca. 530 m	ca. 525 m	518 m
Königssee	Gletscher	Gletscher	Gletscher	ca. 620 m	ca. 620 m	ca. 610 m	603 m
Irrsee	Gletscher	ca. 570 m	ca. 560	ca. 560 m	ca. 560 m	ca. 560 m	553 m
Fuschlsee	Gletscher	713 m	690 m	680 m	670 m	670 m	663 m
Thalgauer See	Gletscher	ca. 555 m	verlandet	verlandet	verlandet	verlandet	verlandet
Mondsee	Gletscher	ca. 555 m	ca. 520 m	ca. 500 m	ca. 500 m	ca. 490 m	481 m
Attersee	Gletscher	ca. 555 m	ca. 520 m	ca. 500 m	ca. 500 m	ca. 480 m	469 m
Traunsee	Gletscher	ca. 460 m	450 m	ca. 440 m	ca. 430 m	ca. 430 m	423 m
Wolfgangsee	Gletscher	544 m	540 m	540 m	540 m	540 m	538 m
Zeller See	Gletscher	Gletscher	ca. 800 m	760 m	760 m	760 m	750 m
Saalfeldner See	Gletscher	?	?	760 m	verlandet	verlandet	verlandet
Loferer See	Gletscher	nein	nein	nein	nein	630 m	verlandet
Murtal See	Gletscher	?	1070 m	verlandet	verlandet	verlandet	verlandet
Sommertemperatur	>10°C kälter	8-10°C kälter	8-10°C kälter	2-3°C kälter	3-4°C kälter	1-2°C wärmer	
Vegetation	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	JA	JA
Fischbesiedlung	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	JA	JA

5.3 Das Ausschmelzen der Salzburger Fließgewässer und ihre Wiederbesiedlung mit Fischen

Mit dem Ausschmelzen der Flüsse aus dem Eis entsteht der natürliche Fischlebensraum Salzburgs, in welchen die Fische aus der Donau ungehindert aufsteigen konnten.

In der ersten Hälfte des Postglazials werden Seitenbäche der großen Flüsse über natürliche Erosion durch neue unüberwindbare Hindernisse vom Hauptfluss

abgetrennt, natürlich isolierte Fischlebensräume entstehen.

Der verbliebene natürliche Fischlebensraum wurde vor allem im 19. Und 20. Jhdt. weiter zerstückelt.

Diese anthropogenen Kontinuumsunterbrechungen müssen nun in Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie bis spätestens 2027 wieder fischpassierbar gemacht werden.

Tabelle 2: Entwicklung der Fischbesiedlung in den Salzburger Gewässern in der Zeitleiste zwischen 19.000 b.P. und heute

	Hochglazial	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Ende
	2422.000 b.P.	um 19.000 b.P.	um 17.000 b.P.	um 14.500 b.P.	um 12.500 b.P.	um 10.000 b.P.	natürlicher
				Kalt- wasserfische		Kalt- u. Warm- wasserfische	Zuwanderung
Alz	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	20.Jhdt heute
Traun	Gletscher	Nein	bis Gmunden	bis Bad Ischl	Ja	Ja	20.Jhdt heute
Ager	Gletscher	Nein	bis Schörfling	Ja	Ja	Ja	20.Jhdt heute
Mattig	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Oichten	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Sur	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Saalach	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	20.Jhdt heute
Fischach	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	16.Jhdt heute
Berchtesgadener A.	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Wiestalalm	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Taugl	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	?
Torrener Bach	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	?
Lammer	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	noch möglich
Salzach unterhalb S- Öfen	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Salzach oberhalb S- Öfen	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt heute
Blühnbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h.
Fritzbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h.
Mühlbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Wagrainer Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Großarler Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Gasteiner Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Rauriser Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Fuscher Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Kapruner Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Felberbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Krimmler Ache bis unterhalb Wasserfall	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	104.000 v.h
Mur auf Sbg. Gebiet	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	?
Enns auf Sbg. Gebiet	Gletscher	Nein	Nein	Ja?	Ja	Ja	5
Sommertemperatur	>10°C kälter	8-10°C kälter	8-10°C kälter	2-3°C kälter	3-4°C kälter	1-2°C wärmer	
Vegetation	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	JA	

6 Anmerkungen

Die textlichen Ausführungen und die Eintragungen auf den Karten wurden nach besten Wissen und Gewissen, unter Einbeziehung der Fachliteratur und nach Gesprächen mit Experten unterschiedlicher Fachdisziplinen durchgeführt, unterliegen jedoch einer wissenschaftlichen Diskussion, sodass zu gewissen Fragestellungen unterschiedliche Meinungen auftreten können und werden. Für die Richtigkeit der im Text und in den Karten gemachten Angaben kann somit keine endgültige Gewähr übernommen werden. Sie stellen jedoch eine Basis für weiterführende Studien dar. Detailstudien mit Kartierungen im Gelände könnten manche Fragestellungen besser klären.

So könnte geklärt werden, bis zu welcher Zeit die *Glemmtaler Ache* - der Oberlauf der Saalach - in den Zeller See entwässert hat. Da es bis 1912 (SEE-FELDNER 1961: 211) immer wieder zu Ausbrüchen der Glemmtaler Ache nach Süden gekommen ist, dürfte diese "labile Wasserscheide" bis in historische Zeit bestanden haben. Um diese Frage zu klären, müsste einer Geländestudie, eine Recherche historischer Literatur und eine Kartenauswertung gemacht werden. Auf diesem Wege könnten Fische über die Glemmtaler Ache - nach der Entstehung der heutigen Wasserscheide und der Abtrennung vom Zeller See - auch die Saalach "flussabwärts" gewandert sein.

So könnten auch unterschiedliche spät- und postglaziale *Seespiegelstände des Zeller Sees* kartiert werden. Am Ausgang der Tauerntäler finden sich oft terrassenartige Verebnungen, die auf deutlich höhere Seespiegelniveaus des Zeller Sees hinweisen. Landesgeologe R. BRAUNSTINGL geht von einem spätglazialen Niveau des Zeller Sees deutlich über 800 m aus. Hätte sich dieser Seespiegel bis nach dem Ende des Gschnitz-Stadials halten können, hätte eine Fischzuwanderung in die Tauerntäler vollkommen unproblematisch vor sich gehen können.

Im Detail könnte der postulierte Zusammenhang zwischen dem spätglazialen *Zeller See / Saalfeldener See* geklärt werden. Beide hatten ein annähernd selbes Niveau, waren jedoch durch die Grundmoränenlandschaft von Mitterhofen "getrennt". Was den Saalfeldener See staute, bzw. wie lange dieser Bestand hatte, könnte durch genaue Untersuchungen im Gelände geklärt werden.

Als weitere Aufgabe wäre die Moorentwicklung in Verbindung mit dem *Absinken der Seespiegel* zu untersuchen. Seespiegelstände knapp über dem heutigen Niveau zeigen klar die Bereiche späterer Moorentwicklungen an. Warum kam es bei manchen Seen zu Moorbildungen und warum bei anderen Seen nicht? Wie sieht der geologische Untergrund aus? Eignet sich dieser für eine Moorbildung oder nicht? Haben früher dort vielleicht Moore bestanden und sind diese bereits trocken gefallen? Auf der Basis der Karten der postglazialen Seespiegelstände sind diese Gebiete einfach ausfindig zu machen, um dann im Gelände genauer untersucht zu werden.

Eine Basis für den Bereich des Flachgaues bietet die Arbeit über die Moore Salzburgs von LORENZ (1856).

Nachdem die Karten der postglazialen Seespiegelstände aufliegen, könnte eine Studie die Größe und das Ausmaß des ehemaligen *Salzburger Sees* klären. Dazu gibt es noch keine detaillierten Untersuchungen. Im Gelände müssten Randlinien abgefahren und im Detail kartiert werden, um mögliche Seedeltaschüttungen ausfindig zu machen. Dadurch könnten diverse Absenkungsniveaus festgelegt werden. Da diese Untersuchungen beiderseits der Salzach, d.h. grenzüberschreitend stattfinden müssten, wäre ein Projekt im Rahmen der EuRegio angebracht.



Abb. 37: Das Wenger Moor am Wallersee 2010, sieben Jahre nach Entwaldung und Wiedereinstau. Die erste genaue Erkundung des Moores erfolgte von LORENZ (1856) mit dem Vorschlag den See für den Torfabbau abzusenken. Foto: P. Jäger

Autoren:

Dr. Horst Ibetsberger und Mag. Markus Häupl. GEOGLOBE – Büro für Geotourismus, Statzenbachgasse 5, 5202 Neumarkt am Wallersee, Österreich

Hofrat Dr. phil. Paul Jäger, Brunn 147, 5201 Seekrchen am Wallersee, Österreich

7 Literatur

- AIGNER D. (1928): Der alte Salzburger See und sein Becken. Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 68: 127-138
- ALLEY R.B. (2000): The younger dryas cold interval as viewed from central Greenland. – Quaternary science Review, 19: 213-226
- AMPFERER O. (1936): Zell am See Paß Thurn Kitzbühel Unterinntal – Innsbruck. - Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, II. Teil: 36-55
- BAUER F. (1963): Die Taxenbacher Enge. Verhandlungen der Geol.- Bundesanstalt, 1963: 135-157
- BAUER F., LOACKER H., MOSTLER H. (1969): Geologischtektonische Übersicht des Unterpinzgaues, Salzburg. Veröffentlichungen der Univ. Innsbruck, 13: 1-29
- BAUMGARTNER P., TICHY G. (1981): Erläuterungen zur geologischen Karte des südwestlichen Innviertels und des nördlichen Flachgaus. Amt der oö. Landesreg., Landesbaudirektion Linz: 1-29
- BORTENSCHLAGER S. (1984): Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial: Das Moor beim Lanser See III, ein Typprofil für die Ostalpen. Diss. Bot., 72: 71-79
- Brandecker H. (1974): Hydrogeologie des Salzburger Beckens. - Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 26: 5-39
- BRÜCKEL J. (1986): Verbreitung, Fazies und Stratigraphie quartärer Ablagerungen im Saalachtal zwischen Lofer und Jettenberg. Diss. Univ. Salzburg
- BÜDEL J. (1981): Klima-Geomorphologie. 2. veränd. Aufl., -Berlin, Gebrüder Bornträger. 1 – 297
- COLEMAN A. (1956): Die Terrassen und die Antezedenz eines Abschnittes des Salzachflusses. - Mitt. der österr. Geograph. Ges., 98/3: 181-198
- CORNELIUS H.P. (1936a): Golling Bischofshofen Bruck. Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, II. Teil: 7-10
- CORNELIUS H.P. (1936b): Bruck Zell am See. Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, II. Teil: 34f
- DARGA R. (1996): Chiemgau, Geologischer Führer mit Wandertips und Alpenpanorama. - 2, Chiemgau-Druck, Traunstein: 1-96
- Del-Negro W. (1950): Geologie von Salzburg. 1, Universitäts-Verlag Wagner, Innsbruck: 1-347
- DEL-NEGRO W. (1957): Exkursion ins Oichtental und ins Gebiet Mattsee – Tannberg, ferner in die Glasenbachklamm. - Mitt. d. naturwiss. Arbeitsgem. a. Haus d. Natur i. Salzburg, 8: 12-18
- DEL-NEGRO W. (1963): Probleme der Pleistozänentwicklung im Salzburger Becken. - Mitt. d. naturwiss. Arbeitsgem. a. Haus d. Natur i. Salzburg, 14: 59-72
- DEL-NEGRO W. (1967): Moderne Forschungen über den Salzachvorlandgletscher. - Mitt. der österr. Geograph. Ges., 109: 2-30
- DEL-NEGRO W. (1979): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung der Stadt Salzburg 1:50.000. 1, Geologische Bundesanstalt, Wien: 1-41
- DEL-NEGRO W. (1983): Geologie des Landes Salzburg. -Schriftenreihe des Landespressebüros, Serie Sonderpublikationen, 45: 1-152

- DOLLINGER F. (1997): Die Naturräume im Bundesland Salzburg. - Forschungen zur deutschen Landeskunde, 245: 1-217
- DOPSCH H., SPATZENEGGER H. Hrsg. (1983): Geschichte Salzburgs. Stadt und Land. Univ. Verl. Pustet, Salzburg, Band 1, I. Teil, 2. Aufl., 1-663
- EBERS E. (1932): Über erloschene Seen im Salzach-Gletschergebiet. Mitt. der Geograph. Ges. München, 25: 77-82
- EBERS E. (1939): Die diluviale Vergletscherung des bayerischen Traungebietes. Veröffentlichungen der Gesellschaft für bayrische Landeskunde, 13-14: 1-64
- EBERS E. (1955): Hauptwürm, Spätwürm, Frühwürm und die Frage der älteren Würmschotter. Eiszeitalter und Gegenwart, 6: 96-109
- EBERS E., WEINBERGER L., DEL-NEGRO W. (1966): Der pleistozäne Salzachvorlandgletscher. Ver-öffentlichungen der Gesellschaft für bayrische Landeskunde, 19-22: 1-217)
- FESQ-MARTIN M., LANG A., PETERS M. HRSG. (2008): Der Starnberger See. Natur- und Vorgeschichte einer bayerischen Landschaft. Verlag Dr. Pfeil München, 1 - 144
- FINK J. (1961): Die Gliederung des Jungpleistozäns in Österreich. - Mitteilungen d. Geolog. Ges. Wien, 54: 1-25
- FISCHER K. (1988): Die würmzeitliche und stadiale Vergletscherung der Berchtesgadener Alpen. - Berliner Geograph. Abhandl., 47: 207-225
- FLIRI F. (1973): Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung: Forschungen am Bänderton in Baumkirchen (Inntal, Nordtirol). Zeitschr. f. Geomorphologie N.F., 16: 1-14
- FORMAYER H., NEFZGER H., KROMP-KOLB H. (1998): Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen im Alpenraum. 1, Greenpeace Österreich, Wien: 1-56
- FRITZ A., UCIK F. (2001): Klimageschichte der Hohen Tauern. Spätwürmzeitliche und postglaziale Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern (Ostalpen, Kärnten). Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz. Wiss. Mitt. a. d. Nationalpark Hohe Tauern, SB 3: 1-99
- FRITZ A., UCIK F. (2002): Eine unerwartete neue Deutung der Klima- u. Vegetationsgeschichte des mitteleuropäischen Spätglazials. - Mitt. der österr. Geograph. Ges., 144: 177-198
- FUGGER E. (1899): Das Salzburger Vorland. Jahrbuch Geolog. Reichsanstalt, 49: 287-428
- FUGGER E. (1910): Klammen und Schluchten im Lande Salzburg. - Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 50: 1-23
- GAMERITH W. (1990): Die Eisstromhöhe des würmzeitlichen Salzachgletschers zwischen Salzburg und Bischofshofen. Dokumentation und Versuch einer Rekonstruktion mit einer Karte 1:200000. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg
- GAMERITH W., HEUBERGER H. (1999): Daten zur Eisstromhöhe des eiszeitlichen Salzachgletchers im Salzachquertal zwischen Schwarzach-St.Veit und Salzburg. - Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 139: 317-341

- GANSS O. (1953): Neue Beobachtungen am würmzeitlichen Chiemsee-Gletscher. - Geologica Bavarica, 19: 94-104
- GANSS O. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8140 Prien a. Chiemsee und zum Blatt Nr. 8141 Traunstein. - Bayerisches Geologisches Landesamt, München: 1-344
- GeoGlobe: Büro für Geotourismus. Mag. Dr. Horst Ibetsberger & Mag. Markus Häupl. Statzenbachstraße 5, 5202 Neumarkt am Wallersee, Österreich. http://www.geoglobe.at
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2005): Salzburg Geologische Karte 1:200.000 . Salzburg, Wien
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2009): Salzburg Geologische Karte 1:200.000, Erläuterungen. Salzburg, Wien GÖTZINGER G. (1936a): Die Moränen des Traungletschers in der weiteren Umgebung von Gmunden. Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, I. Teil: 99-104
- GÖTZINGER G. (1936b): Die Moränengürtel des Atterseerund Irrseer-Traungletschers und der Ostrand des Salzachgletschers. - Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, I. Teil: 111-119
- GÖTZINGER G. (1936c): Das österreichische Salzachgletschergebiet, der westliche Innkreis. - Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, I. Teil: 120-134
- GÖTZINGER G. (1936d): Salzburg und der Gaisberg. -Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, II. Teil: 135-148
- GÖTZINGER G. (1936e): Das Salzburger Haunsberggebiet zwischen Oichtental und Obertrumer See. - Verhandlungen der Geol.-Bundesanstalt. 1936: 86-92
- GÖTZINGER G. (1942): Neue bemerkenswerte Zeugen und Naturdenkmale der Eiszeit im Berchtesgadener, Saalach-, Salzach- und Traungletschergebiete. - Berichte des Reichsamts f. Bodenforschung, 1942: 141-188
- GÖTZINGER G. (1947): Der Aufbau des Salzburger Zungenbeckens. Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 86/87: 81-92
- GÖTZINGER G. (1959): Bericht 1958 über die Aufnahmen auf Blatt Straßwalchen (64). Verhandlungen der Geol-Bundesanstalt, 1959: A28-A30
- GRIMM W. et. al. (1979): Quartärgeologische Untersuchungen im Nordwestteil des Salzach-Vorlandgletschers (Oberbayern). - In: Ch. SCHLÜCHTER (Hrsg.), Moraines and Varves., Proc. Inqua Symp. on genesis and lithology of quat. deposits, 10-20 September 1978, Zürich: 101-114
- GRIPP K. (1924): Über die äußere Grenze der letzten Vereisung im Nordwest-Deutschland. Mitt. geogr. ges. Hamburg 36, 160-245
- GRIPP K. (1933): Geologie von Hamburg und seiner näheren und weiteren Umgebung. C. Boysen, Hamburg, 1 154, 16 Tafeln
- GRUBER J., KRISAI R., PILSL P., SCHRÖCK CH. (2001): Die Moosflora und –vegetation des Naturdenkmales Krimmler Wasserfälle (Nationalpark Hohe Tauern, Salzburg, Österreich). Wiss. Mitt. a. d. Nationalpark Hohe Tauern, 6: 9-49
- HAAK W., BALANOVSKY O., SANCHEZ J., KOCHEL S., ZA-POROZCHENKO V., ADDLER Z., DER SARKISSIAN C., BRANDT G., SCHWARZ C., NICKLISCH N., DRESELY V., FRITSCH B., BALANOVSKA E., VILLEMS R., MELLER H., ALT K., COOPER A., THE GENOGRAPHIK CONSORTIUM (2010): Ancient DNA from european early neolithic farmers reveals their near eastern affinities. PLoS Biology, 8, (11): 1-16
- HABBE K. (1996): Über glaziale Erosion und Übertiefung. -Eiszeitalter und Gegenwart, 46: 99-119

- HABBE K.A., ELLWANGER D., BECKER-HAUMANN R. (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des süddeutschen Alpenvorlandes. - Eiszeitalter und Gegenwart, 56/1-2: 66-83
- Heibel W., Exner C. (1951): Geologischer Führer zu den Exkursionen, Teil C Alpenexkursion. - Verhandlungen der Geol-Bundesanstalt, 1950-51, SHA: 26-128
- HENRY R., RUDOLPH N. (1978): Genetisch-chronologische Studien im nördlichen Bereich des Inn- Chiemseegletschers. - Eiszeitalter und Gegenwart, 28: 83-91
- HEUBERGER H. (1968): Die Alpengletscher im Spät- u. Postglazial. - Eiszeitalter und Gegenwart, 19: 270-275
- HEUBERGER H. (1972): Die Salzburger "Friedhofterrasse" eine Schlernterrasse? Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 8/1-2: 237-251
- HEUBERGER H., IBETSBERGER H. (2001): Moränenzüge und Schotterfelder des eiszeitlichen Salzachvorlandgletschers rechts der Salzach.- Unveröff. Führer zur Exkursion des dt. Kartographentages, 6.10.2001, Berchtesgaden: 1-2
- HÖLL J. (1994): Die naturräumliche Lage und Struktur der Gemeinde Altenmarkt / Zauchensee. - Unveröff. Hausarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg.
- HORMANN K. (1974): Ein neues Modell des würmzeitlichen Inn- Chiemseegletschers. - Eiszeitalter und Gegenwart, 25: 35-47
- HORMANN K. (1978): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 190/196 Salzburg. - Geographische Landesaufnahme 1:200.000 - Naturräumliche Gliederung Deutschlands. Bonn- Bad Godesberg: 1-22
- IBETSBERGER H. (1988): Bericht 1987 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 64 Straßwalchen. - Jahrb. der Geol.- Bundesanstalt, 131/3: 417f
- IBETSBERGER H. (1989): Geomorphologie und Sedimente des Quartärs südlich des Wallersees. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg.
- IBETSBERGER H. (1990): Bericht 1989 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 64 Straßwalchen. - Jahrb. der Geol.- Bundesanstalt, 133/3: 425f
- IBETSBERGER H. (1991): Bericht 1990 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 64 Straßwalchen. - Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 134/3: 470f
- IBETSBERGER H., M. HÄUPL (2001): Untergrund und Landschaftsentwicklung des Wallerseegebietes In: Stadtgemeinde Neumarkt am Wallersee (Hrsg.), Grenzbegehung 2001. Eigenverlag; Salzburg: 28-35
- IBETSBERGER H., HÄUPL M. (2008): Eiszeit-Rundweg Henndorf. - In: SCHROTT L., IBETSBERGER H., STEYRER H.-P. HEJL E. Salzburg und Umgebung – Neun Geo-Exkursionen, Natur- und Kulturerlebnisführer der Universität Salzburg, 1: 85-99
- IBETSBERGER H., HÄUPL M. (2009): Von der Geologie zum Geotourismus: Der Henndorfer Eiszeit-Rundweg. - Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereines, N.F. 91: 247-255
- IBETSBERGER H., HÄUPL M. (2010): Paläogeographie des Attersees. Schautafel im Aquarium Weyregg
- IBETSBERGER H., JÄGER P., HÄUPL M. (2008): Entwicklung des Salzburger Gewässernetzes ab dem Höhepunkt der letzten Eiszeit aus Sicht der Besiedelbarkeit durch einwandernde Fische. - In: SCHROIT L., OTTO J.-CH. (Hrsg.), Geomorphologie in Wissenschaft und Praxis, 3. Mitteleuropäische Geomorphologietagung, 23 - 28 September 2008, Salzburg: 53
- ICRA (2009): Ingenieurbüro f. Geographie, Geoinformatik & Vermessung, Mag. Erich Dumfarth & Mag. Andreas Schwap, Lilli-Lehmanngasse 4, A-5020 Salzburg, Österreich, http://www.icra.at

- IVY-OCHS S., KERSCHNER H., KUBIK P.W., SCHLÜCHTER CH. (2006): Glacier response in the European Alps to Heinrich Event 1 cooling: the Gschnitz stadial. Journal of Quaternary Science, 21/2: 115-130
- IVY-OCHS S., KERSCHNER H., REUTHER A., MAISCH M., SAILER R., SCHAEFER J., KUBIK P.W., SYNAL H.-A., SCHLÜCHTER CH. (2006): The timing of glacier advances in the northern European Alps based on surface exposure dating with cosmogenic ¹⁰BE, ²⁶AL, ³⁶CL, and ²¹NE. – Geological Society of America, Special Paper, 415: 43-60
- IVY-OCHS S., KERSCHNER H., REUTHER A., PREUSSER F., HEINE K., MAISCH M., KUBIK P.W., SCHLÜCHTER CH. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the European Alps. Journal of Quaternary Science, 23/6-7: 559-573
- JÄGER P., MÜHLMANN H., RAUDASCHL S. (2004): Hydromorphologische Fließgewässeraufnahme von Salzburg 2003. Erhebung ökologisch signifikanter hydromorphologischer Belastungen im Sinne der WRRL. Reihe Gewässerschutz, 9, Amt der Salzburger Landesregierung, 1-70
- JÄGER P. (2006): Der Wallersee Ein dynamisches System; Vortrag im Kulturhaus Emailwerk Seekirchen 1.6.2006; Land Salzburg, Gewässerschutz
- JERZ H. (1993): Geologie von Bayern, II. Das Eiszeitalter in Bayern. - 1, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 1-243
- JERZ H., TRAUB F. (1975): Ein Lößprofil von Duttendorf (Oberösterreich) gegenüber Burghausen an der Salzach. -Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 11/2: 175-193
- KANDUISCH G. (2008): Tauerngold: Reichtum von Einst. Margazin Nationalpark Hohe Tauern, März 2008, 13
- KERSCHNER H. (2009): Gletscher und Klima im Alpinen Spätglazial und frühen Holozän. – Alpine space, men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, IUP Innsbruck. 5-26
- KERSCHNER H., IVY-OCHS S. (2007): Palaeoclimate from glaciers: Examples from the Eastern Alps during the Alpine Lateglacial and early Holocene. Global and Planetary Change, 60/1-2: 58-71
- KERSCHNER H., IVY-OCHS S., SCHLÜCHTER CH. (2002): Die Moräne von Trins im Gschnitztal. - STEINICKE H. (Hrsg.), Exkursionsführer Tirol-Südtirol-Trentino Bd. 2: Spezialexkursion Tirol, Innsbrucker Geograph. Studien, 33/2: 185-194
- KERSCHNER H., IVY-OCHS S., SCHLÜCHTER CH. (2008): Gletscher und Klima im Ostalpenraum zwischen 16.000 und 11.000 Jahren vor heute. - Abh. der Geol.- Bundesanstalt, 62: 165-168
- KICKNER S. (1991): Naturraumbewertung der Salzburger Kalkhochalpen als Grundlage einer denkbaren Abgrenzung eines staatsübergreifenden Nationalparks Kalkalpen. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg
- KLAUS W. (1972): Spätglazial-Probleme der östlichen Nordalpen Salzburg – Inneralpines Wiener Becken. - Ber. Deutsch. Bot. Ges., 85: 83-92
- KLOSTERMANN J. (1999): Das Klima im Eiszeitalter. 1, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 1-284
- KOHL H. (1992): Die Entwicklung des Traunflusses und seines Tales im Laufe der Erdgeschichte, Bd. 2. - Kataloge des OÖ Landesmuseums, 54: 5-25
- KOHL H. (2000): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. -Schriftenreihe des OÖ Musealvereines - Gesellschaft für Landeskunde, 17: 1-487
- KÖRNER C. (2007): Climate treelines: Conventions, global patterns, causes. Erdkunde 61, 165-168

- KRISAI R., FRIESE G. (1986): Aufbau und Genese des Wengermoores am Wallersee. In: JÄGER P., FALLY W. (Hrsg), Projekt Vorlandseen Band 2. Ökosystemstudie Wallersee, Obertrumersee, Mattsee, Grabensee. Stud. Forsch. Salzburg; Land Salzburg, Gewässerschutz und Raumordnung, Salzburg: 507
- LAMB H. (1994): Klima und Kulturgeschichte. Rororo Enzyklopädie Hamburg, 1-448
- LANGENSCHEIDT E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. 2., E. Melcher GmbH & Co KG, Berchtesgaden: 1-160
- LEIDLMAIER A. (1956): Die Formentwicklung im Mitter-Pinzgau. - Forschungen zur dt. Landeskunde, 89: 1-102
- LENDL E. (1955): Salzburg-Atlas. 1, Otto Müller Verlag, Salzburg: 1-136
- LIEB K. (1987): Zur spätglazialen Gletscher- u. Blockgletschergeschichte im Vergleich zwischen den Hohen und Niederen Tauern. - Mitt. der österr. Geograph. Ges., 129: 5-27
- LITT T., BEHRE K.-E., MEYER K-D., STEPHAN H.-J., WANSA S. (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. Eiszeitalter und Gegenwart, 56/1-2: 7-65
- LORENZ J.R. (1856): Die Moore Salzburgs. IN: JÄGER P., SCHILLINGER I., Hrsg. (2009): Die Moore Salzburgs und die Untersuchung der Versumpfungen in den oberen Flussthälern der Salzach, der Enns und der Mur. Reprint der Salzburger Arbeiten von Prof. Dr. Josef Roman LORENZ, Ritter von Liburnau, 1856 und 1857. Kartensammlung Gewässerschutz, Thema 4, Amt der Salzburger Landesregierung.
- LUGINGER E. (2001): Quartärgeologische Untersuchungen im Bereich des österreichischen Anteils des pleistozänen Salzachvorlandgletschers. – Unveröff. Diplomarbeit Inst. für Geologie und Paläontologie der Universität Salzburg.
- MANGINI A., SPÖTL C., VERDES P. (2005): Reconstruction of temperature in the Central Alps during the past 2000 yr from a ¹⁸O stalagmite record. Earth and Planetary Science Letters, 235: 741-751
- MAYR F., HEUBERGER H. (1968): Type areas of late glacial and post-glacial deposits in Tyrol, Eastern Alps. Series in Earth sciences, 7: 143-165
- MENEWEGER H. (1993): Zur quartären Entwicklung des Gebietes um Koppl - Ebenau - Faistenau. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. für Geologie und Paläontologie der Universität Salzburg.
- MOSTLER H. (1964): Einige Bemerkungen zur Salzach-Längsstörung und der sie begleitenden Gesteine. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14: 185-196
- OFFENBERGER J. (1981): Die Pfahlbauten der Salzkammergutseen. In: Das Mondsee Land, Ausstellungskatalog, Mondsee 1981
- PASCHINGER H. (1985,86): Gedanken zur Entstehung der Taxenbacher Enge. Arbeiten aus dem Institut f. Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz, 26: 205-214
- PATZELT G. (1970): Bericht über eine glazialmorphologische Exkursionstagung in den Ostalpen vom 1. Bis 6. September 1970. - Zeitschr. f. Geomorphologie NF, 15/1: 115-120
- PATZELT G. (1972): Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpengletschern. - Ber. Deutsch. Bot. Ges., 85: 47-57
- PATZELT G. (1975): Unterinntal Zillertal Pinzgau Kitzbühel Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung. Innsbrucker Geograph. Studien, 2: 309-329
- PATZELT G. (1977): Der zeitliche Ablauf und das Ausmaß postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. Erdwissenschaftliche Forschung, 13: 248-259

- PATZELT G. (1980): Neue Ergebnisse der Spät- und Postglazialforschung in Tirol. - Jahresber. Österr. Geogr. Gesell. Zweig Innsbruck, 1976/77: 11-18
- PATZELT G. (2002a): Natur und Mensch im alpinen Gebirgsraum von den nacheiszeitlichen Anfängen bis zur Gegenwart. In: ZÜCHNER CH. (Hrsg.), Unterlagen 44. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft, 2-4 April 2002, Innsbruck: 19f
- PATZELT G. (2002b): Revision der alpinen Hochwürm- und Spätglazial – Chronologie nach kalibrierten Radiokarbondaten. - In: CH. ZÜCHNER (Hrsg.), Unterlagen 44. Jahrestagung der Hugo Obermaier Gesellschaft, 2-4 April 2002, Innsbruck: 20f
- PENCK A., BRÜCKNER E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter, 3 Bände. - 1, Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig
- PIPPAN T. (1951): Das Problem der Taxenbacher Enge. -Verhandlungen der Geol.-Bundesanstalt, 1949/10-12: 193-236
- PIPPAN T. (1954): Bericht über vergleichende geologischmorphologische Untersuchungen zur Klamm- und Stufenbildung in der Lichtenstein-, Gasteiner- und Kitzlochklamm. Mitt. d. naturwiss. Arbeitsgem. a. Haus d. Natur i. Salzburg, 5: 54-66
- PIPPAN T. (1967): Die Stadtterrassen von Salzburg. Mitt. der österr. Geograph. Ges., 109/1: 115-128
- PLÖCHINGER B. (1990): Erläuterungen zu Blatt 94 Hallein. -1, Geologische Bundesanstalt, Wien, 1-76
- POHL H. (2009): Einbaumfunde aus dem Salzburger Land. Archäologia Austriaca, ÖAW, 73-86
- POSCHER G. (1987): Bericht 1986 über geologische Aufnahmen im Quartär des Saalfeldner Beckens auf Blatt 123 Zell am See. Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 130/3: 317f
- POSCHER G. (1988): Bericht 1987 über geologische Aufnahmen im Quartär auf den Blättern 123 Zell am See und 124 Saalfelden. Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 131/3: 445f
- POSCHER G. (1994): Bericht 1993 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 123 Zell am See. Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 137/3: 503f
- POSER H. (1947): Dauerfrostboden und Temperaturenverhältnisse während der Würm-Eiszeit im nicht vereisten Mittel- und Westeuropa; Naturwissenschaften 34, 10-18
- PREY S. (1959): Zwei Tiefbohrungen der Stieglbrauerei in Salzburg. - Verhandlungen der Geol.-Bundesanstalt, 1959: 216-224
- RATHJENS C. (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:100000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 100 Blatt 3, C8338 Rosenheim. In: BARSCH D. et. al. (Hrsg.), Geomorphologische Detailkartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin: 1-69
- RAUSCH K.-A. (1975): Untersuchungen zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Inn-Chiemseegletschers. Flora, 164: 235-282
- REITNER J. (2007): Glacial dynamics at the beginning of Termination 1 in the Eastern Alps and their strategraphic implications. - Quaternary International, 164/165: 64-84
- RUTTKAY E. (1981): Typologie und Chronologie der Mondsee(er Pfahlbauten)Gruppe. In: Das Mondseeland, Ausstellungskatalog, Mondsee, 1981
- SALZBURGER LANDTAG (1911): Die Gewässer des Landes. Regulierungen von Wallersee, Fischach, Trumerseen, Mattig, Ibmer- und Waidmoos und Oichten im Flachgau, Griesbach beim Hintersee sowie Größenbach und Pichlmoos in Mauterndorf. Separatum ex Salzburger Landtag 1911, Salzburger Landesarchiv, 232 - 238

- Schaefer I. (1957): Zur Landeskunde des Laufener Salzachtales. Mitt. Geograph. des Salzburger Landes, 97: 205-217
- SCHANTL-HEUBERGER H. (1993): Pollenanalytische Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsentwicklung im Salzachtal. Innsbrucker Geograph. Studien, 20: 71-81
- SCHAUP W. (2000): Salzburg auf alten Landkarten 1551-1866/67, Schriftenreihe des Archivs der Stadt Salzburg, 13, des Salzburger Landesarchivs 13, Salzburg Studien Bd. 3, Stadtgemeinde Salzburg, 1-395, ISBN 2-901014-69-1
- SCHIENDORFER J. (1991): Die Gletscher im Kaprunertal und ihre Erforschung. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg
- SCHMEIDL H. (1971): Ein Beitrag zur spätglazialen Vegetations- und Waldentwicklung im westlichen Salzachgletschergebiet. Eiszeitalter und Gegenwart, 22: 110-126
- SCHMEIDL H. (1972a): Zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Nordrand der bayerischen Voralpen. -Ber. Deutsch. Bot. Ges., 85: 79-82
- SCHMEIDL H. (1972b): Vegetationskundliche Untersuchungen im Chiemseegebiet. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 85: 153-156
- SCHMIDT R., KAMENIK C., KAIBLINGER C., TESSADRI R., (2009): Klimaschwankungen und -Trends des älteren Holozäns in den südlichen Niederen Tauern: multidisziplinäre Auswertung eines Sedimentkerns aus dem Oberen Landschitzsee (Lungau). Alpine Space, men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, Innsbruck: 55-64
- SCHNEIDER J., MÜLLER J., STURM M. (1987): Sie sedimentologische Entwicklung des Attersees und des Traunsees im Spätund Postglazial. –Mitt. d. Komm. f. Quartärforschung der ÖAW, 7, Wien, 51 – 78
- SCHÖNER W. (2009): Paläoklimainformationen aus Kenngrößen der Gletschermassenbilanz Beispiele für die Alpen seit der ausgehenden kleinen Eiszeit. Alpine space, men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, IUP Innsbruck. 127 144
- SEEFELDNER E. (1957): Die Entwicklung des Salzachsystems. Mitt. Geograph. des Salzburger Landes, 97: 191-203
- SEEFELDNER E. (1961): Salzburg und seine Landschaften. 1, Verlag "Das Bergland Buch", Salzburg, Stuttgart: 1-574.
- SENARCLENS-GRANCY W. (1962): Beiträge zur Eingliederung der Moränen der Schladminger Tauern, der Mitterennstaler Moore und der Ramsau- oder Ennstalterrasse bei Schladming in das alpine Jungquartär. - Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 105: 65-128
- SENFIL E. (1970): Ein Beitrag zum Nachweis rezenter Bewegungen in den Hohen Tauern. Österreichische Zeitschrift für das Vermessungswesen, 68: 41-47
- SENFIL E., EXNER CH. (1973): Rezente Hebungen der Hohen Tauern und geologische Interpretation. Verhandl. der Geol.- Bundesanstalt, 1973: 209-234
- SLUPETZKY H. (1975a): Erste Radiokarbondatierungen im Pongau im Bereich des inneralpinen Salzachgletschers (Vorbericht). - Anzeiger math.-naturw. Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 10: 154-160
- SLUPETZKY H. (1975b): Geomorphologische Beschreibung und Erläuterung der Kartenprobe 2: Alpiner Talsee mit Wildbach und Schwemmkegel, Wolfgangsee. - Landformen im Kartenbild, topographisch-geomorphologische Kartenproben 1:25.000, Gruppe VI: Nördliche Flyschund Kalkalpen: 11-26
- SLUPETZKY H. (1980): Die Alpengletscher stoßen wieder vor. Jahrbuch der Universität Salzburg, 1977/79: 118-130

- SLUPETZKY H. (1990): Holzfunde aus dem Vorfeld der Pasterze – Erste Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen. – Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 26/2: 179-187
- SLUPETZKY H. (1994): Die Hohen Tauern in der Eiszeit und Nacheiszeit. - In: Naturhistorisches Museum Wien (Hrsg.), Mineral und Erz in den Hohen Tauern: 15-27
- SLUPETZKY H. (1998): Hinweise auf kleinere Gletscherstände der Pasterze (Nationalpark Hohe Tauern, Kärnten) im Postglazial - Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen und Pollenanalysen. - Wiss. Mitt. a. d. Nationalpark Hohe Tauern, 4: 225-240
- SÖLCH J. (1935/36): Zur Entwicklung des Talnetzes der Alpen. Zeitschr. f. Geomorphologie, 9: 221-232
- SPENGLER E. (1918): Zur Talgeschichte des Traun- und Gosautales im Salzkammergut. - Verhandl. Geolog. Reichsanstalt, 1918: 130-140
- SPENGLER E., GÖTZINGER G. (1936): Das Trauntal zwischen Gmunden und Aussee. Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, I. Teil: 83-98
- STORCH V., WELSCH U., WINK M. (2007): Evolutionsbiologie. 2, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 1-503
- STUMMER E. (1942): Glazialwirkung in Zweigbecken des Salzachgletschers. - Berichte des Reichsamts f. Bodenforschung, 1942: 189-200
- STUMMER E. (1947): Der Aufbau des Salzburger Zungenbeckens. Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 86/87: 81-92
- SUTTERLÜTTI M. (1993): Bericht 1992 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 123 Zell am See. Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 136/3: 612-614
- SUTTERLÜTTI M. (1997): Bericht 1996 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 124 Saalfelden. - Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 140/3: 325f
- SUTTERLÜTTI M. (2000): Bericht 1998 über geologische Aufnahmen im Quartär auf Blatt 126 Radstadt. - Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 142/3: 294-296
- THIENEMANN A. (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Versuch einer historischen Tiergeographie der europäischen Binnengewässer. Die Binnengewässer, XVII; E. Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1-809
- THUSWALDNER W., BLUM G. (1980): Naturdenkmäler im Land Salzburg. - Schriftenreihe des Landespressebüros, Serie Sonderpublikationen, 25a: 1-223
- TICHY G. (1985): Geologische Übersicht. Salzburger Höhlenbuch, 4: 27-45
- TRAUB F. (1953): Quartărgeologische Beobachtungen zwischen Alz und Salzach. - Geologica Bavarica, 19: 105-113
- TROLL C. (1925): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. - Mitt. der. Geograph. Ges. München, 18/2: 281-292
- VAN HUSEN D. (1977): Zur Fazies und Stratigraphie der jungpleistozänen Ablagerungen im Trauntal. Jahrbuch der Geol.- Bundesanstalt, 120/1: 1-130
- VAN HUSEN D. (1979a): Verbreitung, Ursachen und Füllung glazial übertiefter Talabschnitte an Beispielen in den Ostalpen. Eiszeitalter und Gegenwart, 29: 9-22
- VAN HUSEN D. (1979b): Bericht 1978 über Aufnahmen im Quartär auf Blatt 95, St. Wolfgang. - Verhandl. der Geol.-Bundesanstalt, 1979: A108f
- VAN HUSEN D. (1979c): Granulometrische Untersuchungen zur Genese von Moränen im Salzkammergut. – SCHLÜCHTER CH. (Hrsg.), Moraines and Varves., Proc. Inqua Symp. on genesis and lithology of quat. deposits, 10-20 September 1978, Zürich: 115-119

- VAN HUSEN D. (1981): Geologisch-sedimetologische Aspekte im Quartär von Österreich. Mitt. der Österr. Geolog. Gesellschaft, 74/75: 197-230
- VAN HUSEN D. (1986): Bericht 1985 über quartärgeologische Aufnahmen auf Blatt 94 Hallein. Jahrb. der Geol-Bundesanstalt, 130: 405f
- VAN HUSEN D. (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten. 1, Geol.- Bundesanstalt, Wien, 1-24
- VAN HUSEN D. (2000a): Geological processes during the quaternary. - Mitt. der Österr. Geolog. Gesellschaft, 92: 135-156
- VAN HUSEN D. (2000b): Die paläogeographische Situation des Mondsees im Riss/Würm Interglazial und Frühwürm. -Mitt. Komm. Quartärforsch., 12: 9-12
- VAN HUSEN D., LEITNER L. (1998): Der Traunsee eine Landschaft entsteht. - 1, Marktgemeinde Altmünster & Iris Druck, Attnang-Puchheim: 1-36
- VETTERS W. (2008): Kulturgeologischer Spaziergang durch die Altstadt Salzburgs. - In: SCHROTT L., IBETSBERGER H., STEYRER H.-P., HEJL E., Salzburg und Umgebung – Neun Geo-Exkursionen, Natur- und Kulturerlebnisführer der Universität Salzburg, 1: 22-39
- VON LÜRZER E. (1956): Die postglaziale Waldgeschichte des Salzburger Vorlandes. Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 96: 223-234
- VON KLEBELSBERG R. (1948): Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. 1, Springer, Wien.
- WAGNER A. (1940): Klimaänderungen und Klimaschwankungen, Sammlung, Die Wissenschaft, Bd. 92, Braunschweig
- Wahnschaffe F., Schucht Fr. (1921): Geologie und Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 4. Aufl. Schweizerbart, Stuttgart
- WEIDINGER J. (1999): Wege in die Vorzeit des Salzkammerguts. -1, Edition Löwenzahn, Innsbruck, 1-200
- WEIDINGER J. (2001): Rund um den Traunsee. 1, Edition Löwenzahn, Innsbruck, 1-149
- WEINBERGER L. (1950): Gliederung der Altmoränen des Salzachgletschers östlich der Salzach. - Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 1/2: 176-186
- WEINBERGER L. (1951a): Zur Entstehung des Oichtentales.
 Mitt. d. naturwiss. Arbeitsgem. a. Haus d. Natur i. Salzburg, 2: 42-45
- WEINBERGER L. (1951b): Neuere Anschauungen über den Salzach-Vorlandgletscher. Mitt. d. naturwiss. Arbeitsgem. a. Haus d. Natur i. Salzburg, 2: 25-33
- WEINBERGER L. (1953): Ein Rinnensystem im Gebiete des Salzach-Gletschers. - Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 1952/1: 58-71
- WEINBERGER L. (1955): Exkursion durch das oberösterreichische Salzachgletschergebiet und die Moränengürtel des Irrsee- und Attersee-Zweiges des Traungletschers. -Verhandl. d. Geol.- Bundesanstalt, Sonderheft D, 1955: 7-34
- WEINBERGER L. (1957): Bau und Bildung des Ibmer Moos-Beckens. - Mitteilungen d. Geograph. Ges. Wien, 99/1: 224-244
- WEINGARINER H. (1988): Einige Aspekte zur spätglazialen Entwicklung im inneralpinen Lungau. - In: RIEDL H. (Hrsg.), Beiträge zur Geographie von Salzburg, Salzburger Geographische Arbeiten, 17: 311-322
- WEINGARTNER H. (1993): Das Weißpriachtal. Einige Erkenntnisse zur spätglazialen, holozänen und rezenten Morphodynamik. - Innsbrucker Geograph. Studien, 20: 117-123
- WEINHARDT R. (1973): Rekonstruktion des Eisstromnetzes der Ost-Alpennordseite zur Zeit des Würmmaximums mit einer Berechnung seiner Flächen und Volumina. - In:

- GRAUL H., EICHLER H. (Hrsg.), Sammlung quartärmorphologischer Studien I, Heidelberger Geographische Arbeiten, 38: 158-178
- WIESENEGGER H. (2009): Gletschersee ist mindestens 42 Meter tief. Der Klimawandel verändert das Gesicht der Hohen Tauern. Salzburger Nachrichten vom 31.7.2009, 8-9
- WIMMER R. (1992): Flussordnungszahlen, Gewässersystemanalyse und Abflussregime der Traun, Bd. 2. - Kataloge des OÖ Landesmuseums, 54: 27-38
- ZIEGLER J.H. (1977): Spätglaziale Rückzugsstadien des Salzachvorlandgletschers in Bayern. - Internat. Geol. Correlat. Programme, 73/1/24: 116-125

Mündliche Mitteilungen

Dr. Rainer BRAUNSTINGL (Landesgeologe), Dr. Robert DARGA (Geologe, Siegsdorf), Dr. Gerhard FEITZINGER (Geologe, St. Gilgen), Mag. Johann Peter GRUBER (Botanik Salzburg), Univ.Prof. Dr. Helmut HEUBERGER (Geographie Salzburg), Univ.Prof. Dr. Hanns KERSCHNER (Geographie Innsbruck), Dr. Ewald LANGENSCHEIDT (Geologe, Rottalmünster), Univ.Prof. Dr. Gernot PATZELT (Geographie Innsbruck), Dr. Jürgen REITNER (GBA Wien), Univ.Prof. Dr. Hanna

- ZIEGLER J.H. (1981): Zur spätglazialen Seen- und Flussgeschichte im Gebiet des Salzach-Vorlandgletschers in Bayern. ANL Tagungsbericht "Die Zukunft der Salzach", 11: 7-23
- ZOBL V. (2003): Historische Salzburger Landkarten mit dem Salzachursprung am Krimmler Kees: Lebensraum Salzach;
 [zur Ausstellung "Lebensraum Salzach" im Rahmen des Tauriska-Festivals 2003 im Tauriska-Kammerlanderstall,
 Neukirchen; Ausstellung vom 17. Mai bis 30. Juli 2003.]
 Kulturverein Chrumbas-Krimml. Neukirchen: Tauriska,
 2003. [Ca. 90] Bl.: Ill., zahlr. Kt.

SCHANTL-HEUBERGER (Botanik Salzburg), Univ.Prof. Dr. Josef-Michael SCHRAMM (Geologie Salzburg), Univ.Prof. Dr. Heinz SLUPETZKY (Geographie Salzburg), Univ.Ass. Mag. Dr. Walter STOIBER (Zoologie Salzburg), Univ.Prof. Dr. Dirk van HUSEN (Geologie TU Wien), Univ.Prof. Dr. Wolfgang VETTERS (Geologie Salzburg), Mag. Dr. Johannes WEIDINGER (Geologe, Gmunden), Univ.Prof. Dr. Herbert WEINGARTNER (Geographie Salzburg).