

## 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 Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen	55
P. JÄGER, M. HÄUPL, H. IBETSBERGER	

# Die nacheiszeitliche Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit Fischen

Paul JÄGER, Markus HÄUPL, Horst IBETSBERGER

Mit 12 Abbildungen und 4 Tabellen im Text

## KURZFASSUNG

Vor dem Beginn der Würmeiszeit waren in Salzburg 44 Fischarten in den Flüssen und Seen heimisch. Sie mussten sich während der über Jahrtausende zunehmenden Vereisung unserer Flüsse und Seen immer weiter flussabwärts und letztlich in die Donau zurückziehen als Salzburg bis zu 1.500 m unter Eis lag.

Die Gewässer Salzburgs sind vom Beginn des Ausschmelzens des Landes aus dem Eispanzer des Würm-Glazials vor etwa 20.000 Jahren bis vor ca. 17.000 Jahren fischleer.

Erst nach dieser Zeit boten die ersten klaren Fließgewässer und Seen der an kalte Gewässer angepassten Fischfauna die Möglichkeit dauerhafte Populationen zu gründen.

Während des Bölling-Interstadials vor 14.500 Jahren war die maximale Ausbreitung der heimischen Kaltwasserfischfauna erreicht.

Mit der weiteren Klimaerwärmung in der borealen Warmzeit ab 11.600 b.P. konnten auch die Gilden der Krautlächer unter den warmwasserangepassten Fischarten aus der östlichen Donau die sommerwarmen Seen und Flüsse Salzburgs besiedeln. Vor ca. 10.000 Jahren waren wieder alle Fischarten, die vor dem letzten Vorstoß der würmeiszeitlichen Gletscher in Salzburgs Fließgewässern und Seen lebten, zurückgekehrt.

Die Fischfauna der großen Seen am Nordrand der Ostalpen enthält heute noch die zu verschiedenen Zeiten eingewanderten Kalt- und Warmwasserfische aber auch die aus der Donau aufgestiegenen Schwarzmeerfische, nunmehr als isolierte Bestände.

Der primäre natürliche Fischlebensraum hatte zu der Zeit in den Gewässern Salzburgs seine größte Ausdehnung und seinen größten Artenbestand.

Ein wesentlicher Aspekt der Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit den vor der letzten Eiszeit heimischen Fischarten zu Beginn der borealen Warmzeit war der Umstand, dass die Eintiefung der Salzach als der Hauptwanderachse für die Fischfauna erst nach der maximalen Fischeausbreitung vor 10.000 Jahren in den folgenden Jahrtausenden bis etwa 4.000 b.P. erfolgte.

In dieser Zeit entstanden natürlich isolierte Fischlebensräume in zahlreichen Seitentälern des Salzachtals aber auch natürlich isolierte Seen, welche immer noch genetisch ursprüngliche und damit ökologisch wertvollste Fischpopulationen beherbergen können.

## GLIEDERUNG

1	EINLEITUNG	56
2	ENTSTEHUNG DER EUROPÄISCHEN FISCHFAUNA	57
3	AUSBREITUNGSÖKOLOGIE DER EUROPÄISCHEN FISCHFAUNA AM ENDE DER WÜRM-EISZEIT	58
	3.1 Wanderachsen und Wanderwege der nacheiszeitlichen Fischfauna Europas	59
	3.2 Die präglaziale Fischfauna Europas, die glaziale Mischfauna, die spät- und postglazialen Osteinwanderer sowie die postglaziale Fischfauna Europas	61
	3.3 Spezielle Ausbreitungsökologie ausgewählter Fischarten	62
	3.4 Die historischen Fischarten Salzburgs	64
4	AUSBREITUNGSÖKOLOGIE DER FISCHE IN SALZBURG NACH DEM AUSSCHMELZEN DES LANDES AUS DEM EISPANZER DER LETZTEN EISZEIT	67
	4.1 Das Ausschmelzen der Salzburger Seen und Flüsse aus dem Gletschereis	67
	4.2 Fischarten der kalten Gewässer bis 11.600 b.P.	71
	4.3 Fischarten der sommerwarmen Gewässer ab 11.600 b.P. – Der natürliche Fischlebensraum	77
5	ZUSAMMENFASSUNG	83
6	ZITIERTE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR	84

# 1 Einleitung

Der Zerfall und Rückzug der Eismassen am Ende der Würmeiszeit aus den Ebenen des Alpenvorlandes in die Hochregionen des europäischen Alpenbogens auf Grund einer markanten Klimaerwärmung begann vor 19.000 Jahren und vollzog sich über einen Zeitraum von etwa 8.000 Jahren im Spätglazial. Die Abschmelzphasen wurden mehrfach von neuerlichen Abkühlphasen mit Gletschervorstößen unterbrochen.

Im Würm-Hochglazial, vor 24.000 bis 22.000 Jahren war die Jahresmitteltemperatur in Mittelgrönland um 15 bis 20 Grad Celsius (ALLEY 2000), im Alpenraum um etwas mehr als 10 Grad Celsius niedriger als heute. Die Temperaturverhältnisse im Alpenvorland (z.B. im Salzburger Flachgau) entsprachen in etwa denjenigen, die man heute im Hochgebirge auf ca. 2.300 m vorfindet.

Gletscherzungen des Salzach- und des Traungletschers erreichten Tittmoning oder Neumarkt-Köstendorf bzw. Oberhofen am Irrsee (Abb. 5).

Im Spätglazial, vor 19.000 bis 11.600 Jahren, stieg die Jahresmitteltemperatur - zwar durch markante Ausschläge in beide Richtungen geprägt (Abb. 1) - wieder deutlich an, bis sie am Übergang vom Spätglazial zum Postglazial vor ca. 11.600 b.P. in etwa heutige Werte erreichte. Die Gletscher der Ostalpen zogen sich innerhalb von ca. 10.000 Jahren von 370 m ü. A. bei Tittmoning und 550 m Seehöhe bei Neumarkt / Köstendorf auf über 2100 m Seehöhe in den Alpen zurück.

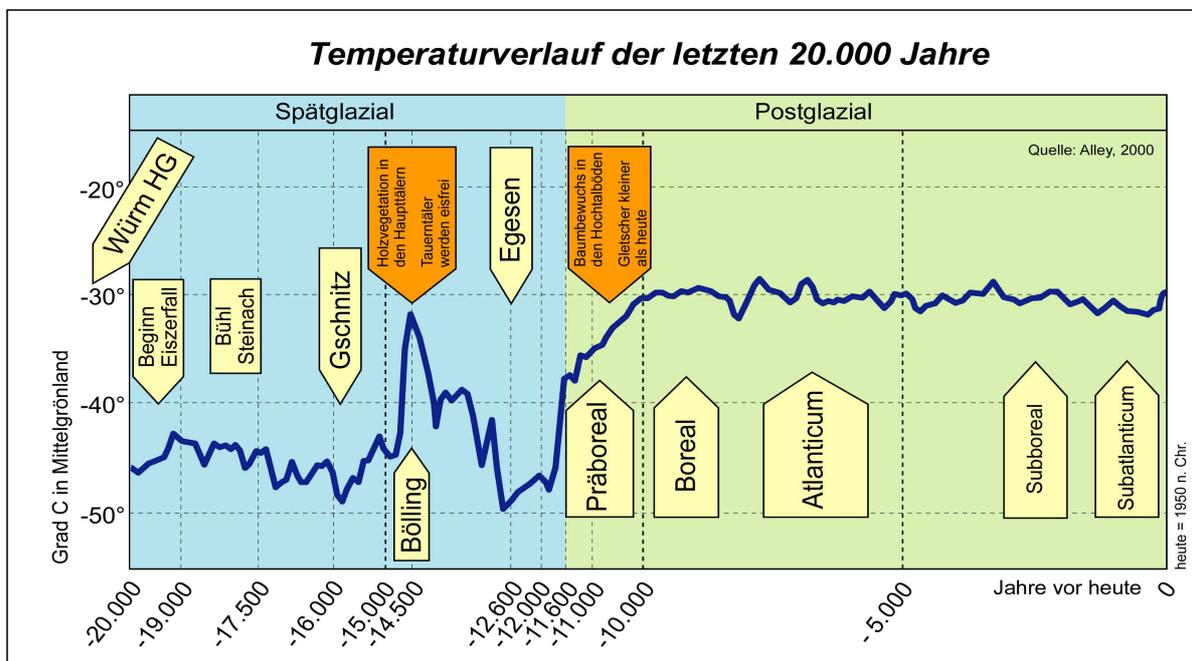


Abb. 1: Temperaturverlauf der letzten 20.000 Jahre in Mittelgrönland, ermittelt über Untersuchungen des  $O^{16}/O^{18}$  Isotopen-Verhältnisses in Eiskernen des Grönlandeises, und Markierung der wichtigsten spät- und postglazialen Zeitabschnitte.

Grafik: GeoGlobe

Der Zerfall des Salzachgletschers am Ende der Würmeiszeit und die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässernetzes im Hinblick auf die Wiederbesiedlung der Flüsse und Seen mit Fischen wurde von IBETSBERGER et al. (2008, 2010) ausführlich dargelegt. Die ökologische Entwicklungsgeschichte der mitteleuropäischen Binnengewässer nach der letzten Eiszeit hat THIENEMANN in der Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas 1950 umfangreich beschrie-

ben. BANARESCU hat 1992 den Stand des Wissens um diese Vorgänge auf der Basis der Arbeiten THIENEMANN'S (1950) aktualisiert. Auf Basis dieser Grundlagen und an Hand weiterer aktueller Literatur soll die Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen nach dem Abschmelzen des mächtigen Eispanzers über dem Salzburger Land nachgezeichnet werden.

## 2 Entstehung der europäischen Fischfauna

THIENEMANN hat mit seiner Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas den Versuch einer historischen Tiergeographie der europäischen Binnengewässer 1950 publiziert. In seinem Werk datiert er die Entstehung der europäischen Fischfauna in die Zeit vor 200 Millionen Jahren, zu Beginn der Trias im Mesozoikum. Es entstanden damals die störrartigen Fische. Erst mehr als 135 Millionen Jahre später entwickelten sich im Meer forellenartige Kaltwasserfische, die Salmoniden.

BANARESCU hat 1992 die Verteilung der Süßwasserorganismen in Europa an Hand eigener Arbeiten und der damals aktuellen Literatur untersucht. Er ergänzt die Angaben THIENEMANN'S.

Im Miozän bildete das Donau-Einzugsgebiet den nördlichen Arm der Parathetys, der nach SENNES & MARINESCU (1974) vom Rhonetal über das Donaubecken, das Schwarze und Kaspische Meer bis zum Aralsee reichte.

Tab. 1: Entstehung der Fischfauna der europäischen Binnengewässer nach THIENEMANN (1950) und BANARESCU (1992) in Beispielen

Mio. Jahre	Ära	Periode	Epoche	Fische - Entstehung der Fischarten in Beispielen
251	Mesozoikum	TRIAS		Störrartige
200 144		JURA	Lias Dogger Malm	
65		KREIDE	Unter-Kreide Ober-Kreide	Die ersten Salmoniden entwickeln sich im Meer.
56	Känozoikum	TERTIÄR	Paläozän	Güster
34			Eozän	Barsch, Hecht, Aal; Salmoniden wandern ins Süßwasser.
23			Oligozän	Aitel, Wels, Schmerlen, Weißfische, Rotaugen,
5,3			Miozän	Bitterling, Barbe, Schleie, Schied, Seelaube Die Hauptgattungen der Cypriniden sind entstanden.
1,8			Pliozän	Die Gattungen der heutigen Fischfauna der europäischen Binnengewässer sind im Pliozän vollständig vorhanden THIENEMANN (1950) und BANARESCU (1992)
1,8 0,01		QUARTÄR	Pleistozän Eiszeitalter	
heute			Holozän Gegenwart	Zeittafel nach FESQ-MARTIN (2008) und GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT WIEN (2010)

Am Ende des Pliozäns war das Klima ähnlich dem heutigen, daher waren auch die geographischen und hydrographischen Bedingungen vergleichbar (BANARESCU 1992). Den wesentlichen Unterschied bildete die damals noch existente kontinentale Verbindung zwischen dem östlichen/südlichen Balkan, den Ägäischen Inseln und Anatolien, sowie die teilweise noch aus dem Pliozän bestehenden Becken des Pannonischen Sees im Bereich der heutigen mittleren Donau und des Dakischen Sees im rumänischen Donauunterlauf.

Die Verbindung zwischen der mittleren und der unteren Donau hatte damals noch nicht bestanden.

Die obere Donau entwässerte in den Pannonischen See, welcher als Vorläufer der mittleren Donau in die Ägäische See abfloss (SENES & MARINESCU 1974).

Als im Pleistozän der Dakische See austrocknete, der in das Schwarze Meer entwässerte, und als durch das Erscheinen des Eisernen Tores als Abfluss des Pannonischen Sees eine kataraktartige Fließverbindung zwischen der mittleren und der unteren Donau entstand, waren die heute existierenden hydrologischen Bedingungen der „jungen“ Donau geschaffen.

SCHIEMER et al. beschreiben 1994 die Donau als ursprünglichen Lebensraum für die Fischfauna mit folgenden Worten:

*„Die Donau ist mit einer Länge von fast 2.900 km und einem Einzugsgebiet von 805.000 km<sup>2</sup> nach der Wolga der zweitgrößte Fluß Europas.*

*Bis zur Einmündung des Lech weist sie den Charakter als Gebirgslauf mit einem durchschnittlichen Gefälle von 101 cm/km auf. Zwischen der Lechmündung und Bratislava*

(Obere Donau) beträgt es durchschnittlich 44 cm/Fluß-km. Im Bereich von Gönyü bei Györ (Strom-km 1792) sinkt es rasch ab und beträgt dann in der Mittleren Donau lediglich 6 cm/km. Nach der Kataraktstrecke beim Eisernen Tor, auf der die Donau im Verlauf von 100 km eine Höhendifferenz von 28 m überwindet, sinkt das Gefälle auf 3,9 cm/km (Untere Donau), im Delta sogar auf wenige mm/km ab.

Von Passau an prägt der Inn wie kein anderer Zubringer das Regime der Donau und verwandelt sie in einen typischen Gebirgsfluß mit hohen Abflüssen im Sommer und niedrigen im Winter. Die weiteren Zuflüsse der Donau können diesen Flußcharakter nicht mehr grundsätzlich ändern.

Für den Bereich der Österreichischen Donau ist die Abfolge von Engtälern und Beckenlagen charakteristisch. In den flachen Becken bildet der Fluß breite Überschwemmungsflächen mit typischer Auenvegetation aus.

Die bedeutendste Diversifizierung des Lebensraumes der Donau tritt in den großen alluvialen Becken Tullner Feld, Wiener Becken und Schüttinseln auf, wo der Strom infolge der positiven Geschiebebilanz (mehr Ablagerung als Austrag) ein System von zahlreichen miteinander vernetzten Flußarmen von großer Breiten- und Tiefenvarianz (Furten und Kolke) ausgebildet hat.

Durch häufige, in Zeiträumen von nur Jahrzehnten landschaftsverändernde Verlagerungen der Abflußkonfiguration und durch

regelmäßige großflächige Überschwemmungen entstand ein System von Angewässern unterschiedlichsten Charakters hinsichtlich Durchströmung, Tiefe, Sohlsubstrat, Temperatur, Trübe, Bewuchs und entsprechend vielfältiger Lebensgemeinschaften.“

Das heutige Donaubecken beherbergt auf Grund seiner vielfältigen Entstehungsgeschichte die artenreichste aquatische Fauna Europas (BANARESCU 1992).

Die große Zahl der heutigen Fischarten Europas entwickelte sich, wie Funde aus entsprechenden Gesteinsformationen belegen, in den letzten 50 Millionen Jahren des Tertiärs. Am Ende des Pliozäns vor etwa 1,8 Millionen Jahren waren alle Gattungen der heutigen Fischfauna bereits vorhanden. Der damalige Artenbestand war allerdings noch um einiges größer als heute.

Einige der Fischarten kennen wir nur mehr aus Fundstücken aus geologischen Formationen.

In Tab. 1 ist die Entwicklung der europäischen Fischfauna beispielhaft nach den Angaben von THIENEMANN und BANARESCU dargestellt.

### 3 Ausbreitungsökologie der europäischen Fischfauna am Ende der Würm-Eiszeit

Die präglaziale Fauna und Flora wurde durch den Kälterückschlag im Würm – Hochglazial um 24.000 bis 22.000 b.P. und mit dem Vorstoß der Eismassen der nordischen Vereisung sowie der Vereisung des Alpenbogens in ihrem präglazialen Verbreitungsgebiet drastisch gestört und großteils daraus vertrieben.

POSER (1947) unter scheidet im nicht vereisten Europa am Höhepunkt der letzten Eiszeit drei Klimagebiete:

- a) das maritime Waldklima ohne Dauerfrostboden über Süd-Frankreich, vorherrschend Birken und Kiefern,
- b) das kontinentale Dauerfrostboden – Waldklima südöstlich der Alpen mit Kiefern, Birken und Lärchen
- c) das Dauerfrost–Tundrenklima vor bzw. zwischen den Rändern der Inlandeismassen, welches in mehreren Temperaturzonen von den Britischen Inseln über Nordfrankreich bis in die Steppen des östlichen Mitteleuropa und nach Osteuropa reichte.

Der Meereswasserspiegel lag damals so tief, dass die Themse einen Zufluss zum Rhein bildete (siehe Abb. 2).

Im Vergleich zu den heutigen Temperaturverhältnissen

waren nach POSER (1947) in allen Klimaten die Sommer- und die Wintertemperaturen gesenkt. In den maritimen Regionen waren die Sommertemperaturen stärker betroffen, in den kontinentalen Regionen die Wintertemperaturen. Im Schnittpunkt von Dauerfrostbodengrenze und Waldgrenze südöstlich der Alpen betrug die Senkung des Juli-Mittels 8°C, die des Januar-Mittels 12°C.

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 aufwiesen haben, es fanden sich Permafrostböden. Permafrost bildet und hält sich unterhalb von - 2°C mittlerer Jahrestemperatur. Unter solchen Klimabedingungen sind die Winter, wie derzeit in Sibirien, sehr kalt, im Sommer taut der Boden nur oberflächlich auf.

Es entstehen dadurch in den Gletschervorländern über die Sommermonate ausgedehnte Feuchtflächen mit zahlreichen Tümpeln und Gerinnen, die mit Einbruch des Winters wieder durchfrieren.

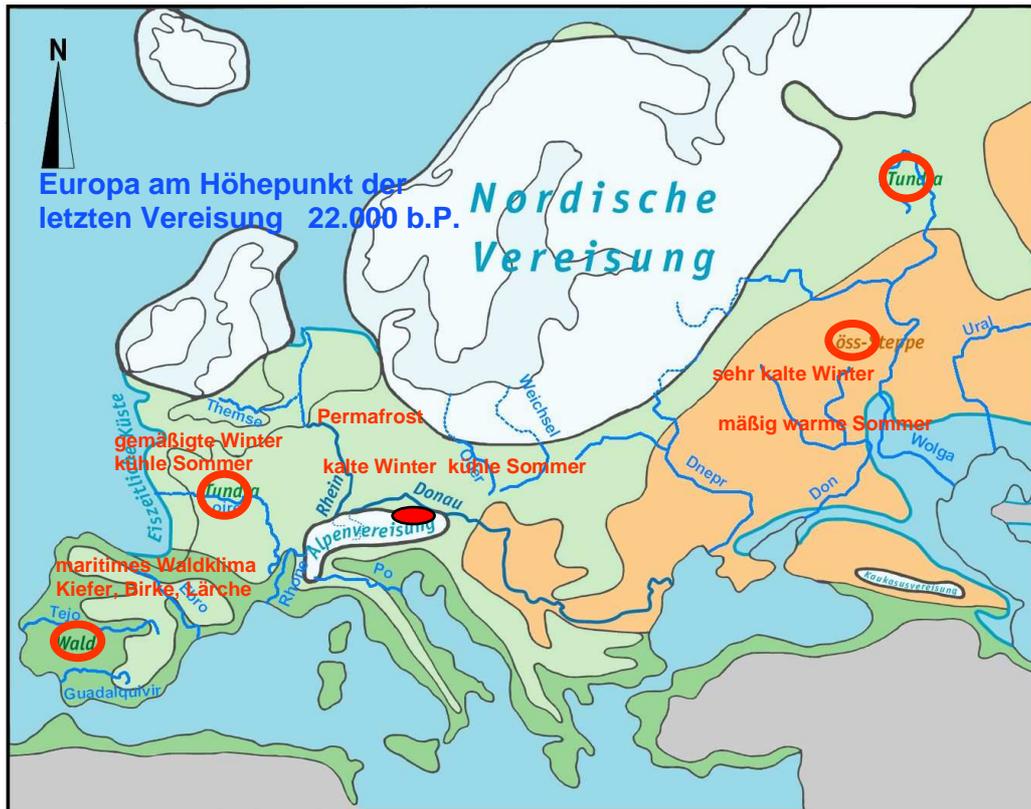


Abb. 2: Europas Klimagebiete im Würm-Hochglazial nach POSER (1947), Grundkarte nach BÜDEL (1981), ergänzt

Der mehrere tausend Jahre dauernde Temperaturabfall bis zum Würm Hochglazial vertrieb Tiere und Pflanzen aus den immer kälter werdenden Regionen zwischen den stetig wachsenden Gletschern und ihren Vorländern. Die Regionen um die Eiskappen im Norden und über dem Alpenbogen hatten arktisches Klima, während sich im Süden Europas eine reiche Wassertierwelt halten konnte. Zwischen den Eiskappen hielten sich die kältetoleranten Arten der früheren Fischfauna sowie Fische, welche vor der zunehmenden Nordischen und der Alpenvereisung flüchteten, als glaziale Mischfauna. Arten, welche durch den Gletschervorstoß im Norden und in den Alpen aus ihren angestammten Wohngebieten vertrieben wurden, wurden ebenfalls Mitglieder dieser Mischfauna.

Die Becken der mittleren und unteren Donau waren

nach BANARESCU (1965) ein wichtiges eiszeitliches Rückzugsgebiet der präglazialen Fischfauna Europas. Das erklärt den großen Anteil präglazialer Faunenelemente und nur wenige glaziale und postglaziale Einwanderer im Artenbestand des Flusses. THIENEMANN (1950) nimmt an, dass die Fischarten, die heute ausschließlich Kaltwasser bewohnen, auch zur Eiszeit dem Eisrand am nächsten waren. Dies trifft vor allem auf Forelle, Koppe, Saibling, Renke und Aalrutte zu. Diejenigen eurythermen Arten, die heute noch ihre größte Verbreitung in kühleren Gewässerregionen haben, sind auch während der eiszeitlichen Kälteperiode weiter gegen die Eisränder aufgestiegen als die mehr wärmebedürftigen späteren Osteinwanderer.

### 3.1 Wanderachsen und Wanderwege der nacheiszeitlichen Fischfauna Europas

Von besonderer Bedeutung für die Ausbreitung der Fischarten über Europa waren die innereuropäischen Wanderachsen Rhone – Rhein – Donau, die im Spätglazial und möglicher Weise auch noch im frühen Postglazial über den geographischen Schnittpunkt Bodensee miteinander in Verbindung traten (THIENEMANN 1950, UBA Berlin 2001).

Für die Verbindung Nord und Nordost mit der Alpenregion im Süden sorgte der Ur-Rhein. Der Hoahrhein war lange Zeit über die Burgundische Pforte mit dem Doubs, der Saone und der Rhone verbunden, welche die Verbindung in den Westen und ins Mittelmeer

herstellte. Der Alpenrhein war vor der letzten Eiszeit ein Zufluss der Donau, er ist im späteren Pleistozän durch Absenkung des Bodenseebeckens an den Hoahrhein angeschlossen worden.

Die Donau ermöglichte von Beginn der Alpenvereisung der Würmeiszeit an den Rückzug der weniger kältetoleranten Fischarten nach Osten in die wärmeren Flussabschnitte ihres Unterlaufes, sie diente nacheiszeitlich als Wanderachse der Rückkehr der postglazialen Osteinwanderer über die Donau nach Westen in Rhein und Rhone.

Die Donau war und ist Wanderweg und Lebensraum für verschiedene Schwarzmeerwanderfische, wie die Störartigen Hausen, Sternhausen, Waxdick, Glatt dick und Sterlet oder die in der oberen Donau und in einigen Alpenrandseen in heute isolierten Kolonien lebenden Perlfische, Seelauben und Seerüßlinge. Die Seerüßlinge haben sich in der oberen Donau und in den Alpenrandseen (siehe Tab. 4) zu einer eigenen (phänotypischen ?) Varietät der Rußnasen, „Schwestern“ nach BANARESCU (1992), in der oberen Donau und ihren südlichen Zubringern entwickelt. Nach SPINDLER (1997) sind Perlfisch und Seelaube auch über die Drau bis in die Kärntner Seen aufgestiegen.

Auf Grund der Beobachtung, dass einige Donaufische wie Wels, Streber, Strömer, Barbe und Aitel zum Teil mit verwandten Arten, der Wels in gleicher Form in Rhone, Rhein und Donau vorkommen, entstand eine intensive Diskussion der Frage, in welchen Zeiträumen sich die Donau-Rhein-Rhone-Fische von der Donau aus in Mitteleuropa in den heute getrennten Flussgebieten ausbreiten konnten.

Nach THIENEMANN (1950) und SCHMIDLE (1914) sind die Schmelzwässer des Rheingletschers in der Gegend des Bodensees nach Norden zur Donau und nach Westen zum Hochrhein abgeflossen. Im Vorland und im Rückzugsgebiet des Gletschers sind im Spätglazial zahlreiche Rinnen und Eisrand-Stauseen entstanden, die auf Grund der Gestaltung des Geländes über längere Zeit mit beiden Stromsystemen eine Verbindung hergestellt hatten und so einen direkten Austausch von Faunenelementen ermöglichten. Nach LAUTERBORN (1916) führte erst das Einsinken der Oberrheinischen Tiefebene im späten Pleistozän zur Ablenkung des Rhone-Rheins mit der Angliederung an den Ur-Rhein.

In dieser Übergangszeit könnten die drei Flussysteme miteinander in Verbindung gestanden sein.

Mit diesem geologischen Modell findet KOBELT (1911) eine Erklärung dafür, wie Flussneunaugen vom Rhein in die Rhone gelangten.

THIENEMANN (1950) bezeichnet Strömer, Streber und Apron als Donau-Rhein-Rhone-Fische, die sich nacheiszeitlich über die drei Flussysteme verbreitet haben.

Faunen-Inhomogenitäten am Beispiel des Rheins wertet KINZELBACH (1990) als Belege für nacheiszeitliche Verbindungen von Maas, Schelde und Seine ins Rheintal.

STEINMANN (1938) nennt den Wels, den Streber, den Strömer, den Aitel und die Barbe im Doubs als Bewoh-

ner der Ur-Donau, die ihre Quellen im Tertiär im Jura-Gebirge hatte. Seiner Meinung nach sind Teile des Ur-Donau-Oberlaufes im Tertiär auseinandergerissen worden und entwässern seit dieser Zeit zur Rhone und zum Rhein. Damit wären diese Fischarten im Doubs und im Rhein Relikte der tertiären Ur-Donau, in welcher sie von Osten in den Westen gelangten.

Nach FINK (1967) gab es noch im Pliozän eine tertiäre Verbindung zwischen Rhone, Rhein und der Donau. Der Doubs, heute Zufluss zur Rhone, war damals ein Zufluss zur oberen Donau.

BANARESCU (1992) nimmt an, dass die Ausbreitung der Zingel-Barsche bereits voreiszeitlich mit der Ausbildung eigener lokaler Formen (Apron, Zingel, Streber) erfolgte, während der Wels seine Verbreitung in die drei Flussysteme erst nacheiszeitlich unternommen hatte, als die Verbindung der drei Flüsse über die „Bodenseebrücke“ noch bestand. Für den Wels war die Zeit für die Ausbildung lokaler Rassen oder Arten offensichtlich zu kurz.

Nach HANTKE (1993) flossen Quellflüsse der Elbe bis ins Pliozän auch in die obere Donau und der Main war bis vor etwa 600.000 Jahren ebenfalls ein Zufluss der Donau.

Im oberen Donaauraum mischen sich nach Untersuchungen des UBA Berlin (2001) atlantische und danubische Linien der Forellen aber auch der Neunaugen (BOHL 1993) mit *Lampetra planeri* und *eudontomyzon sp.*

Auch die Verbreitung der Seesaiblinge in den Alpenseen im Rhein- und Donaueinzugsgebiet beweist, dass es während der Eiszeiten zu einem limnischen Faunenaustausch zwischen den beiden Flußsystemen gekommen sein muss (UBA Berlin 2001).

Ähnliches gilt für die Verbreitung der Renken in den großen Alpenseen.

Phylogeographische Untersuchungen zahlreicher Populationen von Mühlkoppen in Europa (UBA Berlin 2001) haben die möglichen Verbreitungswege der Koppe im Pliozän, im Pleistozän und im Holozän rekonstruiert und die nacheiszeitlichen Routen der Wiederbesiedlung der vom Gletschereis überfahrenen Gebiete nach dem Rückzug des Eises skizziert. Auch diese Verbreitungsgeschichte lässt sich nur durch immer wieder bestehende verschiedene Nord-Süd - und Ost-West - Verbindungen zwischen den großen Wasserwegen Europas erklären.



Abb. 3: Die wesentlichen Wanderachsen der europäischen Fischfauna nach THIENEMANN (1950)

### 3.2 Die präglaziale Fischfauna Europas, die glaziale Mischfauna, die spät- und postglazialen Osteinwanderer sowie die postglaziale Fischfauna Europas

Der Wandel im Artenbestand der Fischfauna Europas vor, während und nach der letzten Eiszeit wird im Folgenden gruppenweise dargestellt.

**Die präglazialen Ureinwohner der Binnengewässer Europas unter den Fischen gliedern sich nach THIENEMANN (1950) in drei Gruppen:**

- Die *holarktischen circumpolaren Arten* des Nordens, die heute in Europa und Asien bis zum Pazifik sowie in Japan und in Nordamerika vorkommen. Diese Fischarten müssen sich im späteren Tertiär, als die Landbrücken zwischen Europa, Japan und Nordamerika noch bestanden hatten, ausgebreitet haben.
- Die *eurasiatischen Arten*, die von der Atlantikküste Europas bis zur ostasiatischen Pazifikküste verbreitet sind.
- Die *genuinen Europäer*, deren Verbreitungsgebiet von Europa über Kleinasien, Persien und Turkestan bis Nordafrika reicht.

**Die Fischfauna Europas während der letzten Eiszeit gliedert sich in fünf Gruppen:**

- Die *glaziale Mischfauna* der europäischen Fische zwischen den Eiskappen bestand im wesentlichen aus kältetoleranten Arten der präglazialen Fischfauna und kalteangepassten eingewanderten Gletscherarten, der Rest zog sich vor dem kalten Wasser über die großen Flüsse in den Süden und den Osten zurück und bildete mit der Erwärmung den Pulk der nachezeitlichen Osteinwanderer.

- Die Kaltwasserformen der *nördlichen Gletscherarten* sind während der Eiszeit vom hohen Norden südwärts gezogen und waren Teile der glazialen Mischfauna. Sie zogen sich mit der Erwärmung wieder in den Norden zurück, es blieben nur die Saiblinge und Renken als eiszeitliche Faunenrelikte zurück.
- Die *südlichen Gletscherarten* lebten vor der Vereisung in den hohen Gebirgsketten Europas von den Pyrenäen über die Alpen bis zum Kaukasus. Sie zogen sich mit der zunehmenden Vereisung während der Kaltzeit in den Süden zurück und besiedeln heute wieder ihre angestammten Regionen. Die Koppe ist der einzige Vertreter der Fische in dieser Artengemeinschaft.
- Die *spätglazialen Osteinwanderer* waren die ersten Osteinwanderer in Mitteleuropa in der Zeit des Bölling-Interstadials, sie bevorzugten noch kühle Gewässer
- Die *postglazialen Osteinwanderer* konnten mit dem borealen Temperaturanstieg ab 11.600 b.P. die warmen Gewässer vor allem aus der unteren Donau herauf wiederbesiedeln.

BANARESCU (1992) hat die Gliederung THIENEMANNs in sein Kapitel über die Geschichte der europäischen Gewässerfauna vor, während und nach der Würmeiszeit übernommen und seinem aktuelleren Stand des Wissens angepasst.

Von der präglazialen Fischfauna Europas listet THIENEMANN (1950) 34 Arten zur mitteleuropäischen Eiszeitfauna, ebenso viele Arten sind spät- und postglaziale, warmstenothe, meist sommerlaichende Osteinwanderer. Diese 68 Fischarten sind im Folgenden nach ihrer eiszeitlichen Verbreitung (THIENEMANN 1950, BANARESCU 1992) angeführt. Ergänzt wird die Artenliste um das Ukrainische Bachneunauge.

### Die Mitteleuropäische Fischfauna im Hochglazial um 24.000 – 22.000 b.P

#### Holarktische Arten

##### Nördliche Gletscherrandformen und Baltikumfische

Dreistacheliger Stichling, drei Artenkreise von Renken (Coregonen-Formen mit Fera-holsatus-Gruppe, *Lavaretus*-Gruppe, Wartmanni-Generosus-Gruppe), Saibling, Stint  
*Glaziale Mischfauna*

Aalrutte, Flussbarsch, Hecht, Zwergstichling, Meerneunauge, Gemeiner Stör vom Atlantik, Aal

#### Eurasiatische Arten

##### *Glaziale Mischfauna*

Elritze, Steinbeisser, Schmerle, Gründling

#### Genuine Europäer

##### *Baltikumfische*

##### Kleine Maräne

##### *Glaziale Mischfauna*

Forelle, Bachneunauge (*Lampetra planeri* BLOCH), Hasel, Kaulbarsch, Laube, Rotaugen, Brachse, Güster, Aitel, Rotfeder, Schleie, Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis* L.), Finte, Maifisch (*Alosa alosa* L.), Lachs

##### *Südliche Gletscherrandfauna*

Koppe (*Cottus gobio* L.)

### Spätglaziale Ost-Einwanderer um 14.500 b.P

Die unterstrichenen Fischarten sind die Donaufische nach THIENEMANN (1950).

#### Holarktische Arten

Äsche

#### Eurasiatische Arten

##### *Glaziale Mischfauna*

Ostgroppe (*Cottus poecilopus* HECKEL)

#### Genuine Europäer

Strömer, Streber, Apron

### Osteuropäische postglaziale Einwanderer um 10.000 b.P

Die unterstrichenen Fischarten sind die Donaufische nach THIENEMANN (1950).

#### Eurasiatische Arten

Karusche, Gibel, Schlammbeisser, Bitterling, Karpfen, Sumpfelritze, Elritze (*Phoxinus phoxinus* D.Y.B.)

#### Genuine Europäer

Nervling, Schied, Zope, Zander, Rußnase (Zährte), Wels, Moderlieschen, Ziege, Nase, Schneider, Barbe, Frauennerling, Zobel, Steingreßling, Semling, Schrätzer, Zingel, Huchen, Ukrainisches Bachneunauge, atlantischer Stör und Schwarzmeerstöre (Hausen, Waxdick, Glatttick, Sternhausen, Sterlet), Seelaube, Seerüßling, Perlfisch

## 3.3 Spezielle Ausbreitungsökologie ausgewählter Fischarten

In seiner historischen Tiergeographie beschreibt THIENEMANN (1950) ausführlich die Wiederverbreitung der Süßwassertierwelt Europas nach der letzten Eiszeit. Er hat entsprechend dem damaligen Stand des Wissens zur Ausbreitungsökologie den Fischarten breiten Raum gewidmet. BANARESCU hat 1991, 1992 und 1995 die systematische Einteilung und geographische Ausbreitung der Süßwassertierwelt weltweit untersucht und das Wissen aktualisiert.

Auszugweise seien einige Gedanken verschiedener Autoren zu Neunaugen, Koppe, Forelle, Renke, Saibling und Äsche zitiert.

Die Herkunft und Ausbreitung der **Neunaugen**, welche nur im weiteren Sinne zu den Fischen zu zählen sind, wird von vielen Autoren recht unterschiedlich diskutiert. Die historische Literatur Salzburgs führt ohne näher zu differenzieren das Flussneunauge und das Bachneunauge als heimische Arten an, die nacheiszeitlich die Salzburger Gewässer besiedelt hätten. Nach THIENEMANN (1950) ist das Flussneunauge als Wanderfisch aus der Nordsee eher nicht in das Donaueinzugsgebiet gelangt. Das Bachneunauge (*Lampetra planeri*

L.) ist als genuiner Europäer in die Donau gelangt. MUUS (1978) führt ebenso wie BANARESCU (1992) die Neunaugen der *Eudontomyzon*-Gruppe als endemisch im Donaueinzugsgebiet an. Nach SPINDLER (1997) hat das Ukrainische Bachneunauge, dessen Heimat THIENEMANN (1950) in Südrußland sieht, die Donau, die Mur, Traun, Enns, Salzach und den Inn besiedelt. Nachdem die Neunaugen nur schwer über ihre kurzlebigen geschlechtsreifen Formen zu unterscheiden sind, erscheint eine Verwechslung der Arten im Bereich des Möglichen.

Für Salzburg werden daher *Lampetra planeri* BLOCH und *Eudontomyzon mariae* BERG als nacheiszeitliche Einwanderer angegeben. Dies wird auch durch Untersuchungen von BOHL (1993) in Bayern bestätigt.

Genetische Untersuchungen an den Koppenpopulationen Mitteleuropas im Auftrag des UBA BERLIN (2001) lassen darauf schließen, dass die ursprünglichste Linie der **Mühlkoppe** bereits vor etwa 2 Mio. Jahren in der Parathetys lebte und die Besiedelung Europas von dort aus über die Untere Donau erfolgte.

Während der Eiszeiten des Pleistozäns lebten die Koppen bereits in genetisch verschiedenen Linien in den eisfreien Gebieten Mitteleuropas. Entsprechend diesem langen Differenzierungsprozess findet sich ein feines großräumiges Mosaik an eigenständigen Koppen-Populationen in Europa, wobei auch einzelne Bäche genetisch unterschiedliche Populationen aufweisen können. Die Koppen besiedelten von Mitteleuropa aus nach der letzten Eiszeit über die damals vermutlich durch die vielen Schmelzwässer gering salzhaltige Ostsee die Skandinavischen Länder (UBA Berlin 2001). Eine Durchkreuzung der Populationen durch Besatz erfreut sich heute zunehmender Beliebtheit.

Unter dem Begriff '**Forelle**' findet sich eine Vielzahl von Formen und Varietäten, welche sich nach GERSTMEIER (1998) auf anadrome atlantische Formen und anadrome Mittelmeerformen zurückführen lassen. Man unterscheidet drei geographisch voneinander weitgehend isolierte Unterarten:

Die atlantisch-nordeuropäische Meerforelle (*salmo trutta trutta*), die Schwarzmeerforelle (*salmo trutta labrax*) und die kaspische Meerforelle (*salmo trutta caspius*). Von diesen Stammformen leiten sich Populationen ab, die permanent im Süßwasser der jeweiligen Flußsysteme verbleiben. GERSTMEIER (1998) führt die Unterschiede in Aussehen und Lebensweise zumindest einiger dieser Populationen auf Umwelteinflüsse zurück und bezeichnet sie als „Formen“ oder „Morphen“. Dass das unterschiedliche Aussehen von Bach- und Seeforellen aus demselben Flußsystem nicht auf erbliche Unterschiede zurückzuführen ist, wurde, wie GERSTMEIER (1998) anführt, örtlich experimentell bewiesen. Wenn man markierte junge Bachforellen in große Alpenseen überführt, entwickeln sie sich dort zu typischen Seeforellen.

Von der Forelle waren immer schon zahlreiche Varietäten bekannt, wie z.B. nach HECKEL (1855) die Alpenforelle, Waldforelle, Bachforelle, Steinforelle, Goldforelle und die Seeforelle. Es hat schon HECKEL 1855 beschrieben, dass „alle diese Spielarten, obschon auch noch durch die Farbe ihres Fleisches und dessen Geschmack unterschieden, nachdem sie in Forellenteiche versetzt werden, mit den übrigen darin befindlichen ganz gleiche Färbung und Eigenschaften erhalten.“

Dass Bachforellen aus Donauzuflüssen enger mit den Meerforellen des Schwarzen Meeres verwandt sind als mit Bachforellen des Rheins, lässt sich durch Besonderheiten des Knochenbaues nachweisen (GERSTMEIER 1998).

Zahlreiche genetische Untersuchungen bestätigen die grundsätzliche Unterscheidung in einen atlantischen Stamm und donaustämmige Populationen (UBA BERLIN 2001, WEISS et al. 2001, WEISS et al. 2009, BARIC et al. 2009). Donaustämmige Populationen unterscheiden sich wiederum genetisch untereinander. So kann man Forellen aus dem Draueinzugsgebiet eindeutig von solchen aus Salzach oder Inn unterscheiden (BARIC et al. 2009, WEISS et al. 2009).

Eine großräumige phylogeographische Studie des UBA BERLIN (2001) belegt, dass es im oberen Donaauraum auf natürliche Weise zu einer Vermischung von atlantischen und danubischen Bachforellenlinien gekommen ist. Diese Aussage wurde auch auf Mikrosatellitenebene bestätigt. Gefunden wurden solche natürlichen Popula-

tionen bislang nur im bayerischen Donauabschnitt, nicht in Österreich (UBA BERLIN 2001, WEISS 2009). Forellen mit atlantischem Gencode stammen in Österreich bislang aus importiertem Besatzmaterial.

Die **Renken** gehören nach THIENEMANN (1925) als Baltikumfische dem holarktischen Formenkreis der glazialen Mischfauna an. Sie sind in den Alpenseen frühglaziale Einwanderer. Nach ZSCHOKKE (1933) haben die Renken von Norden kommend die Gewässer zwischen der Nordischen und der Alpenvereisung besiedelt. Mit dem Rückzug der Vereisung und dem Klarwerden der Gewässer sind sie in die Seen eingewandert bzw. in denen geblieben, die ihren Ansprüchen an Größe, Tiefe, Temperatur und Sauerstoffgehalt genügten. THIENEMANN (1950) vermutet, dass zwei Vorstöße aus N und NO die Renken nach Mitteleuropa brachten. Der frühglaziale Vorstoß führte die Coregonen über die Rhone-Rhein-Donauverbindung ins Alpengebiet, der spätglaziale in die Ostseeländer. WAGLER (1941) vermutet eine Zuwanderung aus dem Nord-Osten und erklärt damit auch die Renkenpopulationen in den Kärntner Seen.

So entstanden die beiden Verbreitungsgebiete im Bereich der ehemaligen nordischen Vereisung sowie in den großen und tiefen Seen der Alpen am südlichen Eisrand in den Einzugsgebieten von Rhone, Rhein und Donau. Mit der Isolierung in den Seen bildeten die anpassungsfähigen Fische endemische Varietäten aus, die in der Literatur vielfach beschrieben sind.

THIENEMANN (1950) nimmt eine postglaziale Differenzierung der ursprünglich eingewanderten Renkenformen zu neuen Ökophänotypen an, der Beweis über eine genetische Differenzierung war ihm damals noch nicht möglich. KOTTELAT (1997) hat sich in einer Studie über die europäischen Süßwasserfische auch mit den Varietäten der Renken in den Alpenseen ökophänotypisch, morphologisch und genetisch beschäftigt und versucht die Systematik der Coregonen neu zu ordnen. Angesichts der heutigen Durchkreuzung der Populationen in den Seen durch vielfältigen Besatz ein undankbares Unterfangen.

Der **Saibling** ist die ausgeprägteste Kaltwasserform unter den europäischen Fischen, er war nach HUITFELDT-KAAS (1924) der erste Einwanderer in die Gewässer nach der letzten Eiszeit. Auch der Saibling hat ein nördliches und ein südliches Verbreitungsgebiet wie die Renken. Die Frage, wie er von Norden kommend die obere Donau und die Oberläufe von Rhein und Rhone zu einer Zeit besiedeln konnte, während welcher der Hochrhein und der Ur-Rhein noch nicht verbunden waren, beantwortet THIENEMANN (1950) damit, dass diese Fische als nördliche Gletscherrandarten aus dem Osten über Schlesien und Böhmen zur Donau gelangten. Der Saibling ist seit Jahrhunderten begehrter Speisefisch und wurde von den diversen Fischzuchten an den Seen kreuz und quer zwischen den Saiblingsseen besetzt. Die

Identifizierung eigenständiger Populationen ist heute kaum mehr möglich (UBA BERLIN 2001). Immerhin scheint sich die Population des Ammersees ihren weitgehend ursprünglichen Status ev. auf Artniveau erhalten zu haben (UBA BERLIN 2001).

Der Versuch Saiblinge aus Salzburger Hochgebirgsseen den Populationen der großen Alpenrandseen zuzuordnen war grundsätzlich erfolgreich (JÄGER et al. 2010), im Hinblick auf den regen Besatzaustausch über die diversen Fischzuchten (UBA BERLIN 2001) erhebt sich aber die Frage der Originalität sogar beim Königsseesaibling sofort wieder.

### 3.4 Die historischen Fischarten Salzburgs

Nachdem im Würmglazial sämtliche Gewässer Salzburgs unter Eis waren, müssen alle historischen Fischarten Salzburgs über die Donau, Drau/Mur, Enns, Traun/Ager, Inn/Mattig/Salzach nach Salzburg eingewandert sein.

Unter natürlichen Verhältnissen nimmt der Fischartenbestand in größeren Flußsystemen vom Oberlauf zum Unterlauf zu, was nach SCHIEMER et al. (1994) auf die mit zunehmender Wasserführung und abnehmendem Gefälle steigende Differenzierung des aquatischen Lebensraumes zurückzuführen ist. BALON (1964) beziffert die autochthone Fischfauna der Gebirgsstrecke der Donau bis zum Ausgang der Wachau mit 38 Arten, die der daran anschließenden Untergebirgsstrecke mit 56 Arten. Für die Tieflandstrecke unterhalb des Eisernen Tores beträgt die Anzahl ursprünglicher Arten 58, sie erhöht sich im Delta durch zusätzliche Brackwasserformen auf 63.

An der Donau und ihren Zubringern entwickelten sich nach den ersten Jahrtausenden der starken Eisschmelze bis zur borealen Warmzeit in den breiten Tälern der flacheren Unterlaufabschnitte vielfältig aufgefächerte Furkationssysteme. Um diese bildeten sich mit zunehmender Erwärmung ausgedehnte Flußauen mit einem dauernden Übergehen von Haupt- und Nebengerinnen in Altarme und Auentümpel mit der zeitgleichen Bildung von neuen Fließrinnen und Staustrecken (FESQ-MARTIN 2008).

Diese Auengürtel zwischen den flussbegleitenden Randterrassen boten im dauernden Wechsel von Zerstörung und Neugestaltung ein permanent oszillierendes System ökologischer Nischen und damit einer Vielzahl von Tieren und Pflanzen den spezifischen Lebensraum (JÄGER et al. 2001). So bot das Auensystem der Unteren Salzach fast allen Fischarten Salzburgs über viele Jahrtausende einen optimalen Lebensraum.

Auf die Bedeutung von Auengewässern als Schutzzonen für die Fischfauna, als zeitweilig aufgesuchte Nahrungszonen, als Winterestände aber auch als „Kinderstuben“ rheophiler Fischarten und als wesentlicher Lebensraum und Laichplatz von Fischarten, welche in den Krautgürteln der Auen laichen und als Adulte im Fluss auf Nahrungssuche gehen, weisen

Die *Äsche*, welche kühlere Fließgewässer als Lebensraum bevorzugt, steht nach den Überlegungen THIENEMANN (1950) dem holarktischen Formenkreis sehr nahe, wäre aber ein genuiner Europäer, der zu den ersten spätglazialen Osteinwanderern in Mitteleuropa gehört. BANARESCU (1992) zählt die Äsche nach den Untersuchungen von PIVNICKA & HENSEL (1978) nunmehr zum holarktischen Formenkreis.

Bei der Äsche können jedenfalls phänotypisch verschiedene Populationen erkannt werden (JÄGER et al. 2009). Auch bei diesen Fischen werden mögliche eigenständige Populationen durch Besatz gemischt, es fehlen aber fundierte Untersuchungen.

beispielhaft SCHIEMER (1985), SCHIEMER et al. (1994) und STAAS (2005) hin.

An den furkierenden Flußsystemen der Unterläufe des Inns und der Salzach waren bis ins 19. Jahrhundert mit den damaligen technischen Möglichkeiten und bei den damaligen politischen Konstellationen große wasserbauliche Regulierungen nicht möglich. Dies ermöglichte noch im 19. Jhd. dem Sterlet aber auch großen Stören wie dem Hausen aus dem Schwarzen Meer den Aufstieg in Inn und Salzach (HECKEL 1855, HECKEL & KNER 1858, AIGNER 1860, JÄCKEL 1864, FREUDELSPERGER 1936).

Dieser aus Sicht der Gewässerökologie glückliche Umstand ließ den ursprünglichen nacheiszeitlichen Fischartenbestand dieser Flüsse überleben – bis zu den großen Flusskorrekturen der Neuzeit.

Diese Neuzeit brach für die Salzach mit dem Staatsvertrag zwischen Bayern und Österreich 1820 aus, mit welchem die Begradigung der Salzach in der gemeinsamen Grenzgewässerstrecke von der Saalachmündung bis zur Mündung in den Inn besiegelt wurde. Aufgrund des wiederum ökologisch glücklichen Umstandes, dass diese Regulierung letztlich bis 1950 dauerte, konnten die ursprünglichen Fischarten der Salzach von Fischbiologen und Fischern mehrfach beschrieben werden, bevor ein Teil von ihnen der Regulierung, einer vermeintlichen Errungenschaft der Moderne, durch Zerstörung ihres Lebensraumes zum Opfer fielen.

Zwischenzeitlich hat man den Wert naturnaher Wasserlandschaften europaweit erkannt und im Jahr 2000 ihren Schutz in der Wasserrahmenrichtlinie der EU für alle Mitgliedsstaaten verpflichtend festgelegt. Auch die sich als Folge der Laufbegradigungen und der Flächenversiegelungen zunehmend verschärfenden Hochwasserspitzen lassen sich heute meist nur über die Rückgabe von früheren Überflutungsflächen an den Fluß zur Verzögerung der Abflüsse dämpfen. – Zwei historische Chancen der Rückbesinnung auf den Wert stabiler Landschaftsräume mit Hilfe vernetzter dynamischer Ökosysteme.

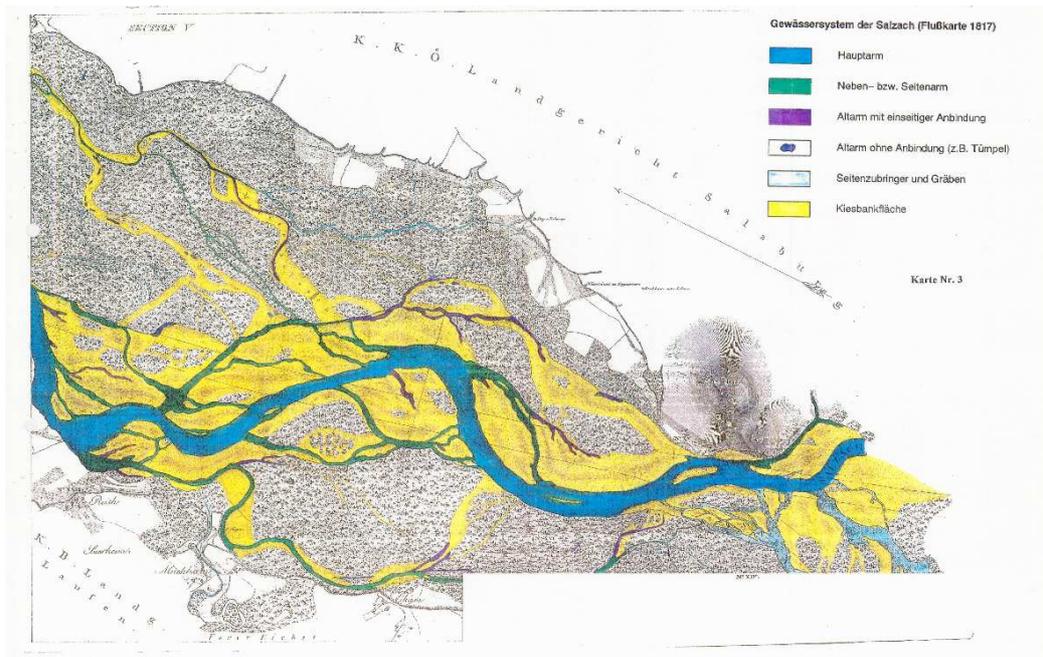


Abb. 4: Bildausschnitt aus der Flussaufnahme der Unteren Salzach von 1817 mit Einfärbung der verschiedenen Gewässertypen im furkierenden Gewässerbett bei Muntigl unterhalb von Salzburg. Gelb: Kiesbankflächen; Grau: Auwald. Bericht der Expertengruppe Ökologie an die ad hoc Arbeitsgruppe Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Untere Salzach, Zl. 13/04 – 9755068/2 – 1995 vom 19.6.1995, Amt der Salzburger Landesregierung, Gewässerschutz

Die historische Fischfauna der Salzach hat die Besiedlung Salzburgs mit Fischen geprägt, wenn auch zu bedenken ist, dass große Teile Salzburgs von Fischen über die Mur, die Enns, die Traun, die Ager und die Mattig besiedelt worden sind.

Nachdem aber alle diese Flüsse rechtsufrige südliche Zubringer zur Donau sind, spiegelt der Fischartenbestand der Salzach und der Fischartenbestand der nach dem Rückzug des Eises am Alpennordrand entstandenen Gletscherrandseen (Tab. 4) den Fischartenbestand des Landes wieder, der über die Donau Salzburg erreicht hat.

Von IBETSBERGER et al. (2010) wurden vom Eiszerfall am Beginn des Spätglazials die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässersystem beschrieben. Ein wesentlicher Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit dem Entstehen der Gletscherrandseen des Inn-, Achen-, Salzach- und des Traungletschers. Diese Gletscherrandseen spiegeln in besonderem Maße die nacheiszeitliche Besiedlungsgeschichte der Gewässer wieder, da in manchen von ihnen noch die ersteinwandernden Kaltwasserfische und eurytherme Arten in den kälteren Tiefenwasserregionen zu finden sind, während die wärmeliebenden Sommerlächer die sommerwarmen Oberflächenschichten dieser Seen bevölkern.

Die Fischarten der Salzach und der Gletscherrandseen werden von zahlreichen Autoren beschrieben, sie sind in nachstehender Übersicht zusammengefasst.

### Historische Fischarten Salzburgs

Die nachstehende Listung der historischen Fischarten Salzburgs geht auf das vergleichende Studium folgender Autoren zurück: HECKEL (1855), HECKEL & KNER (1858), AIGNER (1860), SIEBOLD (1863), JÄCKEL (1864), WITTMACK (1875), KOLLMANN (1898), FREUDELS-

PERGER (1936), THIENEMANN (1950), LOHMANN (1991), BANARESCU (1992), BOHL (1993), SPINDLER (1997), SCHMUTZ et al. (1999), JÄGER et al. (2001), TVB CHIEMGAU (2001), UBA BERLIN (2001), AMORT (2003), GASSNER (2003), PETZ-GLECHNER & PETZ (2004) und FESQ-MARTIN (2008).

Die mit \* gezeichneten Arten können heute noch in der Salzach und ihren Nebengewässern nachgewiesen werden (JÄGER et al. 2001). Die unterstrichenen Arten sind die Donaufische.

#### **Holarktische Arten**

Fischfauna zwischen den Eismassen

*Nördliche Gletscherrandarten und Baltikumfische*

Saibling (*Salvelinus alpinus* L.), Renken (*Coregonus* sp.),  
*Glaziale Mischfauna*

Aalrutte\* (*Lota lota* L.), Barsch\* (*Percu fluviatilis* L.),  
Hecht\* (*Esox lucius* L.)

Spätglazialer Einwanderer  
Äsche\* (*Thymallus thymallus* L.)

#### **Eurasiatische Arten**

Fischfauna zwischen den Eismassen

*Glaziale Mischfauna*

Elritze\* (*Phoxinus phoxinus* L.), Steinbeißer (*Cobitis taenia* L.),  
Bachschmerle\* (*Noemacheilus barbatulus* L.), Gründling\* (*Gobio gobio* L.)

Spät- und postglaziale Osteinwanderer

Karassche\* (*Carassius carassius* L.), Schlammpeitzger\* (*Misgurnus fossilis* L.), Bitterling (*Rhodeus amarus* BLOCH)

## **Genuine Europäer**

Fischfauna zwischen den Eismassen

### *Glaziale Mischfauna*

Forelle\* (*Salmo trutta* L. - *formae fario et lacustris*), Bachneunauge (*Lampetra planeri* BLOCH), Ukrainisches Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae* BERG), Hasel\* (*Leuciscus leuciscus* L.), Kaulbarsch (*Gymnocephalus cernuus* L.), Laube\* (*Alburnus alburnus* L.), Rotauge\* (*Rutilus rutilus* L.), Rotfeder\* (*Scardinius erythrophthalmus* L.), Brachse\* (*Abramis brama* L.), Güster\* (*Abramis bjoerkna* L.), Aitel\* (*Leuciscus cephalus* L.), Schleie\* (*Tinca tinca* L.).

### *Südliche Gletscherrandfauna*

Koppe\* (*Cottus gobio* L.)

## Spät- und postglaziale Osteinwanderer

Nervling (*Leuciscus idus* L.), Schied, Rapfen\* (*Aspius aspius* L.), Rußnase (*Vimba vimba* L.), Wels\* (*Silurus glanis* L.), Nase\* (*Chondrostoma nasus* L.), Schneider\* (*Alburnoides bipunctatus* BLOCH), Barbe\* (*Barbus barbus* L.), Strömer (*Leuciscus souffia* RISSO), Streber (*Zingel streber* L.), Zingel (*Zingel zingel* L.), Frauenervling (*Rutilus pigus* LACEPEDE), Zobel (*Abramis sapa* PALLAS), Steingreßling (*Gobio uranoscopus* AGASSIZ), Huchen\* (*Hucho hucho* L.), Hausen (*Huso huso* L.), Sterlet (*Acipenser ruthenus* L.), Perlfisch (*Rutilus meidingeri* HECKEL), Seelaube (*Chalcalburnus chalcoides mento* AGASSIZ), Rußnase (*Vimba vimba* L.) und Seerüßling (*Vimba elongata* VALENCIENNES).

Der Perlfisch wird im Salzkammergut auch als Schied (HAUER 2007, KOLLMANN 1898) bezeichnet.

## **Fischartenleitbild Untere Salzach, BAW-IGF 18.5.2009**

Im aktuellen Fischartenleitbild des Bundesamtes für Wasserwirtschaft in Scharfling - [www.baw-igf.at](http://www.baw-igf.at) – Leitbildkatalog, 20090518, sind für den Unterlauf Salzach zwischen der Saalachmündung und der Mündung der Salzach in den Inn folgende gewässertypspezifische Fischarten bestimmend für den ökologischen Zustand dieser Gewässerstrecke :

### *Leitarten*

Aitel, Barbe, Huchen, Nase

### *Begleitarten*

Aalrutte, Äsche, Bachforelle, Brachse, Flussbarsch, Hasel, Hecht, Koppe, Schneider

### *Seltene Begleitarten*

Bachsmerle, Bitterling, Elritze, Frauenervling, Güster, Nervling, Ukrainisches Bachneunauge, Rot-

auge, Rotfeder, Rußnase, Schied, Schlammpeitzger, Schleie, Steinbeisser, Steingreßling, Sterlet, Streber, Strömer, Weißflossengründling, Wels, Zingel, Hausen, Waxdick

## **Bilanz**

In der Salzach sind 37 Fischarten und zwei Arten von Neunaugen aus historischen Zeiten bekannt. Heute können davon noch 24 Fischarten im Fluss und seinen Nebengewässern nachgewiesen werden. Fünf Fischarten Salzburgs leben ausschließlich in Seen. Bachforelle und Seeforelle sind Varietäten derselben Art, der Seerüßling gilt als „Schwesterform“ der Rußnase (BANARESCU 1992), wird aber heute als eigene Art beschrieben (MUUS 1978). Das Salzburger Gewässersystem wurde somit nach-eiszeitlich von 42 Fischarten und von zwei Neunaugenarten besiedelt.

Nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist dieser gewässertypspezifische Artenbestand zu erhalten, nur damit kann der gute ökologische Zustand des Wasserkörpers sichergestellt werden.

Huchen und Koppe sind in der unteren Salzach auch nach der EU - Flora-Fauna-Habitatrichtlinie besonders geschützt.

Durch das laufende Einbringen fremder Arten wird das Faunenbild immer stärker verfälscht.

Diese Fremdarten wie Aal, Karpfen, Zander u.a. werden für die Ermittlung des ökologischen Zustandes des Flusses jedoch nicht herangezogen, es gelten nur die historischen Fischarten.

Im aktuellen Fischartenleitbild des BAW-IGF Scharfling (2009) für die Grenzgewässerstrecke der Salzach bis zum Inn finden sich insgesamt 35 historische Fischarten und 1 Neunauge. Huchen und Koppe sind nach der Natura 2000 - RL zusätzlich geschützt. Der Weißflossengründling und der Waxdick sind Donauaufsteiger aus dem Inn, welche aber nie bis zum Salzburger Abschnitt der Salzach gelangt sind.

Es ist ein großes ökologisches Ziel im europäischen Gewässerschutz dieses Arteninventar über den Schutz des Lebensraumes Fluss in Vollziehung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie auch in Zukunft zu erhalten.

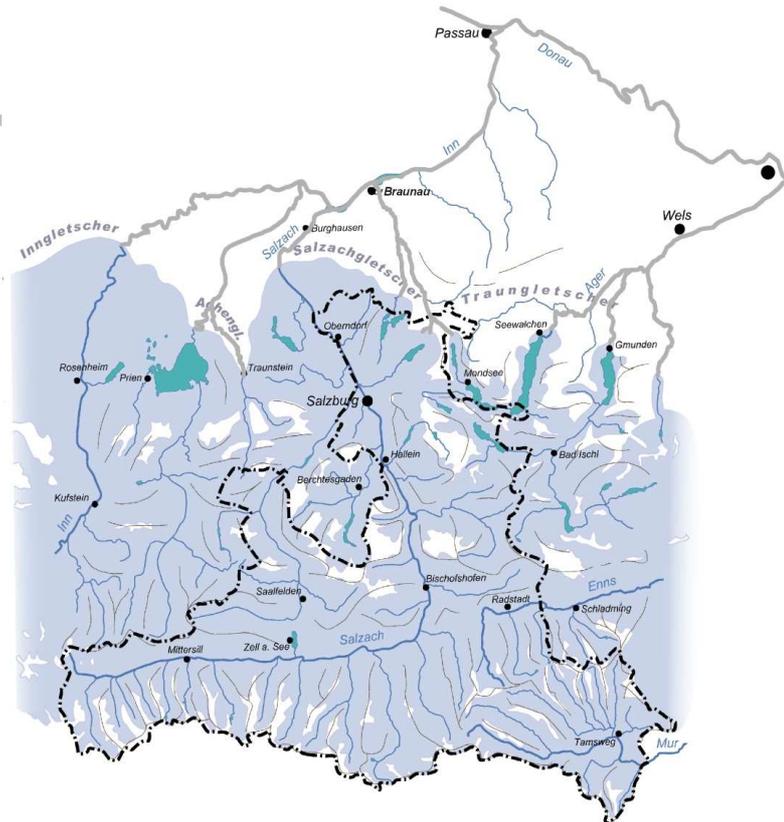


Abb. 5: Salzburg unter Eis vor 22.000 Jahren, die Abflüsse der großen Gletscherzungen von Traun-, Salzach-, Achen- und Inn-gletscher im Hochglazial (IBETSBERGER et al. 2008, 2010), Graphik I.Schillinger/GeoGlobe

## 4 Ausbreitungsökologie der Fische in Salzburg nach dem Ausschmelzen des Landes aus dem Eispanzer der letzten Eiszeit

### 4.1 Das Ausschmelzen der Salzburger Seen und Flüsse aus dem Gletschereis

#### Hochglazial 24.000 bis 22.000 b.P.

THIENEMANN (1950) schließt aus seinen Beobachtungen in Lappland, dass im Vorland des Inlandeises in Mitteleuropa im Hochglazial ähnliche klimatische Bedingungen wie in der heutigen Tundrenregion herrschten, bis mit dem Rückzug des Permafrostes aus den Tal-lagen in immer höhere Regionen ein neues Klimaregime begann.

Die unzähligen sommerlichen Kleingewässer über dem ganzjährig tief gefrorenen Permafrostboden verschwanden, es entwickelten sich Gewässer mit ganzjähriger Wasserführung, eine Grundwasseralimentation konnte beginnen. Durch diese wiederentstandene Grundwasserneubildung konnten in den allmählich eisfrei werden den Gebieten ganzjährig fließende Bäche und Flüsse sowie Seen, in welchen die Fische im 4°C „warmen“ Tiefenwasser die Eisbedeckung überdauern konnten, entstehen, die der aquatischen Fauna und Flora wieder einen ganzjährig besiedelbaren Lebensraum boten, den es nun zu erobern galt.

Salzburg lag im Hochglazial bis auf wenige Quadrat-kilometer im Norden unter einem bis zu 1500 m mächtigen Eispanzer, welcher vor 22.000 Jahren mit dem nördlichen Eisrand an der Grenze zu Oberösterreich in die Tundrenregion des Permafrostgebietes übergang (VAN HUSEN 1987). Ein sehr dichtes Ge-wässernetz nahm die sommerlichen Schmelzwässer

auf bündelte sie in den mächtigen Abflüssen aus den Gletschertoren der großen Gletscherzungen des Traun-, Salzach-, Achen- und Inn-gletschers und ließ die heute noch vorhandenen Flusstäler von Traun, Ager, Mattig, Salzach, Alz, Inn, Isar, Lech etc. als vielfach verzweigte Hauptentwässerungsrinnen zur Donau entstehen.

Solche Gletscherflüsse führen im Sommer kaltes stark schlufftrübes Schmelz-Hochwasser mit hohem Geschiebetrieb, im Herbst/Winter erstarrt die Glet-scherschmelze und der Abfluss versiegt bis auf Rinnsale. Gletscherflüsse haben aber auch einen ausgeprägten Tagesgang der Wasserführung und der Schlufftrübe. Die Eintrübung durch Gletscherschluff beginnt mit dem anschwellenden Schmelzwasser je nach Entfernung vom Gletscher bei schönem warmem Wetter am Vormittag. Die höchsten Schwebstoffkonzentrationen werden bei ansteigender Wasserführung etwa 1 Stunde vor der Tagesabflussspitze gemessen.

Am Beispiel der Melach im Tiroler Kühtai (JÄGER 1978, MAB-Projekt Finstertaler Speicher, unveröff.) dauert der Schmelzgang bis in die späten Nachtstunden, um in der Kälte nach Mitternacht zu enden. Mit der abklingenden Schmelzwasserführung versiegt auch der Schluffaustrag aus dem Klufbereich zwi-

schen Gletschereis und Fels, die Melach ist bei Morgenrauen wieder ein klarer Gebirgsfluss mit wesentlich geringerem Abfluss. Das Verhältnis der täglichen natürlichen Abflussschwankungen in der sommerlichen Melach zwischen klarem Morgenabfluss und maximalem Schmelzwasseranfall beträgt an sehr heißen Sommertagen bis 1:2. Untersuchungsergebnisse aus der Fagge, dem Gletscherzufluss zum Gepatsch-Stausee im Kaunertal, bestätigen diese Beobachtungen (JÄGER 1978).

Als vor 19.000 Jahren der Eiszerfall begann und im unmittelbaren Rückzugsbereich der Gletscherfronten Eisseen (SCHNEIDER et al. 1987) entstanden, verstärkte sich auf Grund der höheren Sommertemperaturen und der zunehmenden Niederschläge die sommerliche Abflussspitze zusehends, in den Gletschervorländern brachten diese reißenden Flüsse gewaltige Schottermassen in Bewegung, der Gletscherschluff wurde weit donauabwärts verfrachtet.

In diesen Gewässern sind im Sommer die extremen Abflussschwankungen, die starke Strömung, das kalte und stark schluffbelastete Schmelzwasser die limitierenden Faktoren für eine mögliche Besiedlung. Im Winter trocknen die breiten Flussbette bis auf Rin-

sale aus, was die Besiedlung mit Wassertieren weiter erschwert.

Fische können in solche Gewässer nur zeitweise in ruhigere Bereiche des Unterlaufes mit geringer Trübung einwandern oder sie nützen die herbst- und winterlichen Klarwasserphasen zur Besiedlung, allenfalls auch nur zum Abläichen.

Dem Eisrand am nächsten waren sicherlich Forellen und Koppen, welche auch heute in die Gletscherbäche vordringen.

Der Aufbau dauernder Populationen mit allen ihren Lebenszyklen war den Donaufischen, die sich beim Gletschervorstoß der Würmeiszeit über den großen Fluss in den wärmeren Osten zurückgezogen hatten (BANARESCU 1965), noch nicht möglich.

In den folgenden Tabellen ist das allmähliche Ausschmelzen der Seen (Tab. 2) und Flüsse (Tab. 3) Salzburgs nach dem Eiszerfall chronologisch gelistet (IBETSBERGER et al. 2010).

Das Klarwerden der Seen ermöglicht die Besiedlung durch Fische, wenn die Zuwanderwege offen sind.

Die blau gefärbten Daten auf den Tabellen 2 und 3 kennzeichnen das Klarwerden der Seen und Fließgewässer bzw. die Zeiten einer möglichen Fischbesiedlung der Salzburger Fließgewässer (Tab. 3).



Abb. 6: Der 2003 durch den Rückzug der Gletscherfront im Schürfbecken der Gletscherzunge wieder entstandene Sander-Eissee (WIESENEGGER 2009) am Fuß des Obersulzbachkees im Jahr 2008. So ähnlich kann man sich auch die Entstehung der großen Eisrandseen durch den Rückzug der mehrere hundert Meter mächtigen Gletscherzungen aus dem Alpenvorland vorstellen. Foto F. Rieder

Tab. 2: Das Ausschmelzen der Alpenrandseen und das Absinken ihrer Wasserspiegel im nacheiszeitlichen Klimawandel; die blau gefärbten Seespiegelstände markieren den vermutlichen Beginn der Klarwasserphase (IBETSBERGER et al. 2010) und damit den Zeitraum einer möglichen Fischbesiedlung.

Seen	Hochglazial 24.-22.000 b.P.	Seespiegel um 19.000 b.P.	Seespiegel um 17.000 b.P.	Seespiegel um 14.500 b.P.	Seespiegel um 12.500 b.P.	Seespiegel um 10.000 b.P.	Seespiegel 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 m	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	aktuell
Vegetation	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	JA	JA
Fischbesiedlung	NEIN	NEIN	NEIN	JA	JA	JA	JA

Das Klarwerden der Flüsse erleichtert die Besiedlung mit Fischen entscheidend. Aber auch schlufftrübe Flüsse mit klarem Wasser vom Herbst bis ins Frühjahr, mit Zubringern mit klarem Wasser und einem Auen-gürtel an beiden Ufern können als reich strukturierte Gewässersysteme, wie die Auensysteme in den Unterläufen von Inn und Salzach heute noch beweisen, von einer artenreichen Fischfauna besiedelt werden. Ent-

scheidend dafür ist, dass die erste Phase des Gletscherbachstadiums vorbei ist.

Der über Jahrtausende dauernde Gletscherrückzug verlagerte mit dem Anstieg der Jahresmittel der Lufttemperaturen die Gletschertorsituation allmählich vom Salzburger Flachgau ins Hochgebirge, wie die Neubildung des Sandersees beispielhaft in Abb. 6 zeigt.

Tab. 3: Das Ausschmelzen der Alpen- und Voralpenflüsse im nacheiszeitlichen Klimawandel (IBETSBERGER et al. 2010), die **blau** gefärbten Fischbestandsangaben markieren den vermutlichen Beginn der Klarwasserphase und damit der möglichen dauerhaften Fischbesiedelung.

Fließgewässer	Hochglazial	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Fischbestand	Ende
	24.-22.000 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 Zuwanderung
Alz	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	20.Jhdt.- heute
Traun	Gletscher	Nein	bis Gmunden	bis 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 unterh. S-Ofen	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt.- heute
Salzach oberh. S-Ofen	Gletscher	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	19.Jhdt.- heute
Blühnbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Fritzbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Mühlbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Wagrainer Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Großarler Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Gasteiner Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Rauriser Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Fuscher Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Kapruner Ache	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Felberbach	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Krimmler Ache bis unterhalb Wasserfall	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	10.-4.000 v.h.
Mur auf Sbg. Gebiet	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	?
Enns auf Sbg. Gebiet	Gletscher	Nein	Nein	Ja ?	Ja	Ja	?
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	

Das Ende der natürlichen Zuwanderung von Fischen aus der Donau im Postglazial in einige Seitenzubringer der großen Flüsse Salzburgs begründet natürlich isolierte Fischlebensräume. Der verbliebene natürliche Fischlebensraum Salzburgs wurde vor allem im 19. und 20. Jhdt. als Folge der zunehmenden Landnutzung weiter

zerstückelt. Ein Trend, den die EU-WRRRL umzukehren verlangt.

Vorrangiges Ziel muß die Fischdurchgängigkeit der Innstauflächen sein, um die Salzach wieder an die Donau ökologisch anzubinden.

## 4.2 Fischarten der kalten Gewässer bis 11.600

### Eiszerfall ab 22.000 b.P.

Mit dem Eiszerfall am Ende des Hochglazials schmolzen die Gletscherzungen aus den Talniederungen im Alpenvoraänd bis zum Fuß der Nördlichen Kalkalpen zurück. Es entstanden Eisseen (SCHNEIDER et al. 1987) mit Gletscheranschluss wie in Abbildung 7 dargestellt.

Die Abflüsse aus den zahlreichen Gletschertoren brachten große Mengen an Gletscherschluff aber auch Grobsedimente in die immer größer werdenden Eisrandseen, deren Becken von den Gletscherzungen ausgeht und von den Stirnmoränen der Gletscher oft überhöht wurde. Während die Grobsedimente in den Seebecken abgelagert wurden, sedimentierte der Gletscherschluff teils in den Seen (in größter Mächtigkeit im Bereich der Gletscherzuflüsse), teils wurde er über die Seeabflüsse ausgetragen.

Im Salzburger See lagerten sich bis zu seiner Verlandung vor ca.16.000 Jahren im Bereich der Stadt Salzburg über 200 m mächtige Seetone ab, im Bereich des Gletscherzuflusses des Wallersees in Seekirchen wurden in 2 – 3.000 Jahren, bis vor 17.000 Jahren, über 20 m Seeton sedimentiert, auch in den Trumer Seen lagern Seetone aus dem Eisseestadium in großer Mächtigkeit (SCHMIDT 1986).

Diese schluffbelasteten Gletscherwässer trübten insbesondere nach der Verlandung von Rosenheimer- und Salzburger See die großen südlichen Donauzubringer Inn und Salzach sowie die Donau bis weit flussab.

Der Eiszerfall in der Abschmelzphase der Gletscher im Spätglazial war als weitere Folge der Klimaerwärmung von starken Niederschlägen geprägt, welche in Verbindung mit der Eisschmelze im Spätglazial über Jahrtausende das dichte und sich dauernd umgestaltende Gewässernetz aktiv erhalten haben.

Gletscherflüsse sind extreme Lebensräume, in welchen stark wechselnde Wasserführungen, ganzjährig kaltes Wasser, in Schmelzperioden sehr hohe Wasserführungen mit hohen Fließgeschwindigkeiten, extreme Schwebstofffrachten, starke Schlufftrübe, dauernde Flussbettumgestaltungen und Sedimentumlagerungen, keinerlei Pflanzenwuchs im Wasser sowie geringste Abflüsse im Winter nur eine geringe, oft nur eine periodische Besiedlung durch rheobionte kaltstenotherme Tiere (KOWNACKI 1985) – nach THIENEMANN (1950) Bewohner der blanken Steine – zulässt.

Gletscherrandseen, die beim Rückzug der Gletscherzungen während der Abschmelzphasen der Gletscher entstehen, sind als Eisseen ebenfalls extreme Lebensräume ohne Licht, die im Sommer von stark schwebstoffbelasteten und ganzjährig kalten Wässern geprägt sind. Große Eisseen mit längeren Wasseraufenthaltszeiten bleiben ganzjährig trüb, während kleinere wie der jüngst entstandene Sandersee durch den Wasseraustausch in der winterlichen Klarwasserphase bis zum Frühjahr wieder klar werden können, bevor die neuerliche Eintrübung beginnt.

Im Rahmen des MAB-Projektes Finstertaler Speicher wurde 1977/78 der Gepatsch-Stausee im Tiroler Kaunertal untersucht. Das Stauziel liegt auf 1767 m ü.A., der Stausee ist bei Vollstau 6 km lang und 119 m tief, er ist nach (GASSNER 2003) ein künstlicher Bachforellen-See. Die Einteilung hat keinen ökologischen Hintergrund, sie beruht nur auf dem Umstand, dass der Stausee nach Einstau mit Bachforellen besetzt wurde.

Der Stausee ist ein Jahresspeicher, der mit dem Schmelzwasser im Frühjahr und den schlufftrüben Gletscherabflüssen im Sommer gefüllt wird. Den tiefsten Wasserstand erreicht der Speicher im Frühjahr vor der Schneeschmelze. Die jährliche Wasserspiegelschwankung zwischen Stauziel im Sommer und Absenkziel im April beträgt 102 m.

Das mittels Beileitungen erweiterte Einzugsgebiet des Stausees ist zu 55% vergletschert.

Mit diesen Rahmenbedingungen bietet der Stausee einer möglichen Besiedlung Lebensbedingungen, welche denen in den Gletscherrandseen des Spätglazials durchaus ähnlich sind (JÄGER 1978):

- hohe Schmelz- und Gletscherwasserführung im Frühjahr und Sommer, geringe klare Zuflüsse im Winter
- ausgeprägter Tagesgang der Schwebstoffführung mit Spitzenwerten in den Abendstunden
- an starken Schmelztagen werden Schluffmengen im Grammbereich/l von großen Gletscherflüssen transportiert
- vom sommerlichen Gletscherzufluss am Ende des 6 km langen und 119 m tiefen Stausees bis zur Staumauer nimmt der Schwebstoffgehalt im See von mehreren hundert mg/l auf etwa 100 mg/l ab
- im Winter sinkt der Schluffgehalt auf ca. 50 mg/l
- die Sichttiefe liegt im Sommer bei 30 cm, sie steigt im Winter auf 40 cm, d.h. der Stausee bleibt ganzjährig getrübt, unter 30 cm Wassertiefe gibt es kein Licht mehr für eine Photosynthese
- die Sauerstoffgehalte des kalten Gletscherwassers liegen auf Grund der Höhenlage ganzjährig um 9-10 mg/l
- die Wassertemperatur steigt im Stausee im Sommer oberflächlich auf etwa 7°C, vor Eislegung im Dezember sinkt sie auf 4°C, sie bildet im Winter unter Eis ein inverses Schichtungsbild aus mit Temperaturen gegen 0°C direkt unter dem Eis und einer Temperaturzunahme gegen Grund bis auf etwa 3°C
- das Wasser aus dem Kristallin hat eine sehr geringe Leitfähigkeit von < 40 µS/l, pH-Werte zwischen 6 und 7, einen sehr niedrigen Kalkgehalt, Gehalte an gelöstem Phosphor von < 3 µg/l und Gehalte an mineralischem Stickstoff von < 250 µg/l.

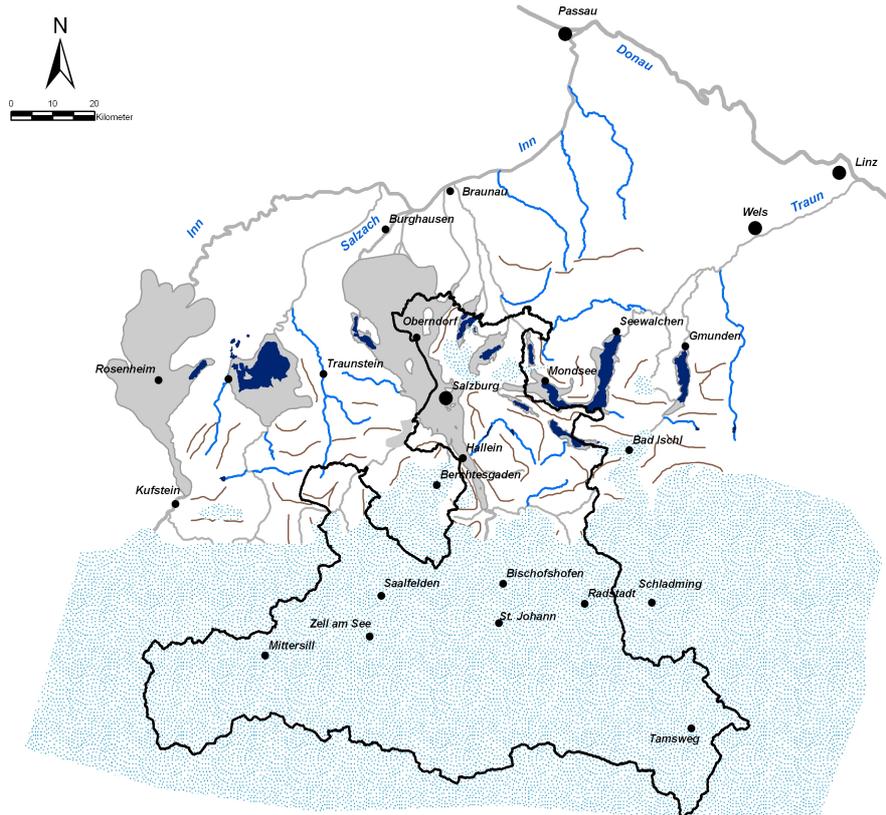


Abb. 7: Maximale Ausdehnung der Gletscherrandseen nach der ersten Rückzugsphase der Gletscher um 19000 b.P. Die grau unterlegten Gewässer haben noch direkten Eisanschluss und sind von Gletscherschluff getrübt, die blauen Gewässer haben die Klarwasserphase erreicht (IBETSBERGER et al. 2008, 2010), die blau punktierten Flächen markieren die Gletscherflächen; Grafik I.Schillinger/GeoGlobe

Die Untersuchungen haben weiters gezeigt, dass in solchen trüben, kalten, stark durchströmten Seen kein pflanzliches und tierisches Plankton entstehen kann, obwohl in diesen Stausee von klaren Hochgebirgsseen täglich Impfmateriale eingedröftet wird.

Um die Schluffpartikel im Freiwasser haben die Mikrobiologen lediglich relativ große Mengen an Bakterien gefunden.

Der Seeboden blieb auf Grund der hohen Sedimentationsrate des Gletscherschluffs (3-5 cm/a, besonders im Bereich der Stauwurzel) und des fehlenden Lichtes vom Makrozoobenthos de facto unbesiedelt.

In den Stausee eingesetzte Bachforellen fanden sich umgehend im Einströmbereich der wenigen klaren Zuflüsse und konnten im Übergangsbereich vom klaren zum getrübteten Wasser gefangen werden.

In Hochgebirgsseen mit geringer oder keiner Trübe gedeihen als Besatzfische Elritzen, Forellen und Saiblinge, wenn auch als Hungerformen.

Diese Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass kalte, stark getrübtete, nährstoffarme Gletscherbäche in den obersten Abschnitten aber auch Eisseen am Gletschertor für eine dauerhafte natürliche Besiedlung durch Fische nicht geeignet sind und auch nicht angenommen werden. Mit zunehmender Entfernung vom Gletschertor, Abnahme des Gefälles und des Geschiebetriebes, der immer stärkeren Einmischung klarer Zubringer und der Verbesserung des Lichtklimas sowie mit der Ausbildung von Furkationsstrecken, die von Auengürteln gesäumt

sind, entstehen Wanderachsen aber auch vielfältige Lebensräume mit einer artenreichen Fischpopulation. Wie man Abbildung 7 entnehmen kann, waren der Rosenheimer See, der Chiemsee, der Große Salzburger See, der Wallersee und die Salzkammergutseen vor 19.000 Jahren noch schlufftrübe Eisseen.

#### ***Toteis entsteht***

Mit dem weiteren Rückzug des Eises aus den Vorländern verlieren der Wallersee, die Trumerseen sowie die Seen des Irrsee- und Attersee-Zweiges des Traungletschers allmählich den Anschluss an ihre „Nährgletscher“ und der Zufluss von schlufftrübem Schmelzwasser in den Sommermonaten bleibt aus. Viele Fließgewässer aus kleineren Einzugsgebieten erfahren die gleiche Umstellung ihres hydrologischen Regimes. Gewässer mit klarem Wasser und gutem Lichtklima entstehen.

Mit dem Verlust des direkten Eisanschlusses bleiben aber noch größere Mengen an Toteis, vom aktiven Gletscher beim Rückzug getrennte Eismassen zurück, welche allmählich, aber ohne größere Schlufffrachten im Schmelzwasser, abtauen. Beim Eiszerfall entstehen auch Toteiskörper, Eismassen, welche von den Gletschern oder ihren Abflüssen mit Schottern und Sanden überdeckt und abgetrennt wurden und nun unter ihrer isolierenden Deckschicht langsam ausschmelzen.

WEINBERGER (1955) schließt auf Grund der Randterrassen des Wallersees bei Henndorf, dass das Seebecken vom einem Toteiskörper erfüllt war, der es vor dem Zuschütten bewahrte. Die weite Schüttfläche der spätglazialen Deltaschotter der Terrasse bei Kirchfenning ist heute noch von Toteiskesseln durchbrochen (DEL NEGRO 1950). Große Toteiskörper können zum Ausschmelzen mehrere tausend Jahre von etwa 17.000 b.P. bis ins spätglaziale Wärmeoptimum vor 14.500 Jahren brauchen, wie Untersuchungen am Starnberger See zeigten (FESQ-MARTIN 2008).

Es ist anzunehmen, dass solche Toteiskörper auch in den großen Seen des Salzkammergutes Teile der Seebecken einige Zeit füllten. Forschungen dazu stehen noch an.

Der Traunseeseezweig des Traungletschers bleibt bis etwa 15.000 b.P. im Talboden zwischen Bad Ischl und Hallstatt, sodass der Traunsee erst mit dem eisfrei werden des Hallstätter Sees seinen nahen Eisanschluss verliert.

### **Rückzug der Gletscher aus den Talniederungen, die ersten Seen und Flüsse im Alpenvorland werden klar, 17.000 b.P.**

Zur Zeit des Eiszerfalls, im frühen Spätglazial, lagen die Temperaturen nur wenig über dem Niveau des Hochglazials. Um 17.000 -16.000 b.P. führte ein klimatischer Rückschlag zu einem kurzen, aber intensiven Gletschervorstoß (Gschnitz-Stadial).

Das Abschmelzen des Eises geht trotzdem weiter.

Immer mehr Einzugsgebiete im Alpenvorland verlieren ihren Gletscheranschluss, ihre Abflüsse führen wesentlich weniger Wasser und sind nun klar. Nachdem in dieser Zeitperiode die Sommertemperaturen immer noch weit unter den heutigen liegen, können sich Seen und Fließgewässer nur kurz und mäßig im Sommer erwärmen. Sie werden für Kaltwasserfische besiedelbar, wenn diese die Gletscherflüsse Inn und Salzach durchwandern konnten. Das Nahrungsangebot dürfte noch gering gewesen sein.

Mit dem Ausschmelzen der Alpenvorländer aus der Eisdecke der Gletscher wandert die Permafrostgrenze mit der Tundravegetation in höhere Lagen, die Bereiche ehemaliger Tundra werden successive von einer zwergstaudenreichen Grassteppenvegetation eingenommen.

Die Abflüsse der großen Eisrandseen graben sich immer tiefer in die stauenden Endmoränen ein, ihr Wasserspiegel sinkt laufend. Auf diese Art werden der Rosenheimer See und der Chiemsee deutlich kleiner, der Salzburger See sinkt um 50 m und zerfällt in drei Teile. Diese Seen sind noch schlufftrüb.

Der Wallersee und der Irrsee verlieren ihren Gletscheranschluss und kehren ihre bisherige Entwässerungsrichtung nach Spiegelabsenkungen von 30 m bzw. 10 m um (IBETSBERGER et al. 2010). Der Wallersee fließt nun mit klarem Wasser über die Fischach zur Salzach, der Irrsee über die Zeller Ache zum Mondsee. Auch der Ur-Mattsee verliert seinen Gletscheranschluss in dieser Zeitperiode, der Seespiegel sinkt um ca. 10m. Der Abfluss über Niedertrum und Lochen fällt trocken, das klare Wasser fließt aus dem Grabensee über die Mattig zum Inn.

Fuschlsee, Mondsee und Attersee verlieren ihren Eisanschluss und werden klar, auch der Wolfgangsee hat keinen Eisanschluss mehr und wird ebenfalls klar.

Der Traungletscher zieht sich bis Bad Goisern zurück, der Traunsee verliert seinen direkten Eisanschluss.

Untersuchungen zur sedimentologischen Entwicklung des Attersees und des Traunsees im Spät- und Postglazial von SCHNEIDER et al. (1987) belegen dies.

Das allmähliche Absinken der Spiegellagen der großen Seen ist in Tab. 2 dargestellt.

Nach VAN HUSEN (1977) erfolgte das Abschmelzen des Eises ab 19.000 b.P. (Datierung an die aktuelle Zeittafel angepasst) im Trauntal sehr schnell. Nach SCHNEIDER et al. (1987) beginnt ab diesem Zeitpunkt eine weitgehend gleichmäßige Sedimentation im Attersee aber auch im Traunsee.

Mit der Erwärmung im Bölling (Abb. 1) finden sich erstmals Wacholder- und Birkenpollen in den Kolbenlotkernen aus dem Attersee, mit welchen an einigen Probenstellen die gesamte Sedimentsäule von den Schottern der Würmmoräne bis zu den rezenten Sedimenten durchteuft werden konnte.

Über der Moräne mit zum Teil gekritzten Geschieben liegen feinkörnige, schlecht sortierte tonige Sedimente. Diese sind als feingeschichtete Warven mit einer Mächtigkeit von 1,5-2,0 m abgelagert und stammen aus der Zeit des Eisseestadiums während des Gletscherrückzugs aus dem Atterseebecken. Die Karbonatgehalte dieser Bändertone liegen bei 30-40%.

Über diesen Bändertonen finden sich feinkörnige karbonatreiche Sedimente von 1-2 m Mächtigkeit, welche mit der Erwärmung in der Bölling-Phase korrelieren. Die Karbonatgehalte dieser Schichten sind 20-30% höher als diejenigen des Eisseestadiums, sie erreichen bis 70%.

Mit dieser Warmzeit vor 14.500 Jahren beginnt in den Seen des Alpenvorlandes die autochthone Karbonatproduktion durch die epilimnische und benthische Entkalkung, eine Folge des Kohlensäureentzuges im Seewasser durch die verstärkte sommerliche Assimilation des Phytoplanktons und der Makrophyten in den Seen – auf Grund höherer Nährstoffzufuhr aus dem nun immer dichter bewachsenen Umland der Seen.

Eine weitere Sedimentgliederung mit dem Beginn der borealen Warmzeit konnte in den Schichten des Attersees nicht gefunden werden.

Die Sedimentationsraten während des Eisseestadiums betragen in einem Schelfgebiet des Attersees 0,62 mm/a, ab der Warmzeit des Bölling 0,18 mm/a. Im Atlantikum, der holozänen Warmzeit mit stärkeren Niederschlägen, steigen die Sedimentationsraten klimabedingt wieder an, eine weitere Sedimentationsspitze auf 0,7-0,8 mm/a findet sich um 1200 b.P. als Folge der ersten großen Rodungsphase (SCHNEIDER et al. 1987) in dieser Region.

In der Zeit kurz nach dem eisfrei werden des Traunsees ist nach SCHNEIDER et al. (1987) die Sedimentationsrate im See viel höher als heute

gewesen, da unverfestigte glaziale Ablagerungen und fehlende Vegetationsdecken die Erosion im Einzugsgebiet begünstigten und die Traun mit ihren damals hohen Wasserführungen entsprechend Material transportieren konnte.

Das großflächige Traundelta in Ebensee ist Zeuge dieser Vorgänge, es dokumentiert auch die Lagen des Seespiegels über die Jahrtausende. Bei einer Bohrung im Delta wurden erst in 167 m Tiefe Seetone und Flussschotter in einer Mächtigkeit von ca. 18 m erbohrt, die als spätglaziale Seesedimente angesprochen werden. Das Grobsediment der Traun wird im Deltabereich abgelagert, die suspendierten Schwebstoffe ebenso. Durch Rutschungen am steilen Schüttkegel werden die Feinsedimente auch als Turbidite ins Profundalbecken im südlichen Teil des Sees (SCHNEIDER et al. 1987) transportiert. In das von einer 40 m hohen Bodenschwelle getrennte Gmundener Becken im nördlichen Teil des Sees gelangen keine Grobsedimente oder Trübstoffe aus der Traun.

Nachdem das Traunwasser fast immer kälter als das Seewasser ist, werden Trübstoffe mit dem Kaltwasserstrom auch direkt in die tiefsten Bereiche des Sees im Südbecken verfrachtet.

Diese Situation wurde im 20. Jhd. durch den Aufbau einer über mehrere Jahrzehnte stabilen Chemokline in etwa 60m Wassertiefe als Folge der Einleitung ungeklärter Industrieabwässer drastisch gestört. Die stabile Chloridschichtung verhinderte das Absinken der leichteren Traunwasser, sodass sich die Schwebstoffe der Traun in diesem Zeitraum oberhalb der Dichtegrenzen im gesamten See verteilten. Mit der Einstellung des Industriebetriebes ist nun die Auswaschung der Chloridmengen mit einer allmählichen Absenkung der Chemokline in vollem Gange, sodass zu erwarten ist, dass das natürliche Gewässerregime in einigen Jahren wieder erreicht sein wird.

Auf Grund der Geologie des Einzugsgebietes dominiert Dolomit die natürlichen Seesedimente im Südbecken des Traunsees, während im nördlichen Seebecken auch Rutschungen aus dem angrenzenden Flysch und Helvetikum eine wichtige Rolle bei der Sedimentation bildeten.

Mit einer derzeitigen Jahresfracht von 43.000 t an suspendierten Schwebstoffen (SCHNEIDER et al. 1987) und einer Sedimentationsrate von 0,6 mm/a im tiefsten Bereich sowie 0,4 mm/a im nördlichen Seeteil bleibt der Traunsee auf Grund seiner hydromorphologischen Situation ebenso ein Klarwassersee wie der Attersee.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch SCHMIDT (1986) und RÖHRS (1986) mit ihren Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte und Sedimentgeologie der Trumer Seen und des Wallersees.

Vergleicht man die Sedimentationsraten vor allem in den Zulaufbereichen im spätglazialen Salzburger See und im heutigen Gepatschtausee von ca. 30 – 50 mm/a sowie im Wallersee-Eissee von ca. 10 – 20 mm/a mit denjenigen vom Attersee im Eisseestadium von 0,6 mm/a, welche den Sedimentationsraten des Traunsees heute entsprechen, erkennt man den Unter-

schied im nacheiszeitlichen Schluffaustrag der geologisch verschiedenen Einzugsgebiete.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich der Schluss ableiten, dass die Eisrandseen des kalkalpinen Traungletschers vom Irrsee bis zum Attersee früher, zwischen 19.000 und 17.000 Jahren vor heute, ihre Klarwasserphase erreichten, als die von Salzach, Tiroler Ache und Inn aus kristallinen Einzugsgebieten gespeisten Seen.

Die hohen Sedimentfrachten der Traun während der Abschmelzphase zwischen Traunsee und Hallstätter See haben die Klarwasserphase des Traunsees vermutlich verzögert. Der nördliche Seeteil war sicherlich früher ungetrübt als das südliche Becken.

Die Besiedelung des Wolfgangsees mit Fischen setzte jedenfalls voraus, dass der Traunsee und die Traun bis Ischl für die klaren Wasser suchenden aufsteigenden Fische passierbar sind. Diese Passierbarkeit dürfte erst später möglich gewesen sein als die Fischwegigkeit zu den Seen des Attersee-Einzugsgebietes.

Die Trumerseen und der Wallersee in Zweigbecken des Salzachgletschers haben auf Grund ihrer Höhenlage über dem Salzachtal ebenfalls rasch den Anschluss an die fließenden Eismassen verloren. Damit war der Eintrag von Gletscherschluff, heute als Seeton bezeichnet, zu Ende und die Klarwasserphase konnte auch in diesen Seen vor etwa 17.000 Jahren beginnen.

Auf Abbildung 8 ist diese Situation als Momentaufnahme der Abschmelzphase der Gletscher vor 17.000 Jahren festgehalten.

Inn und Salzach hatten um diese Zeit noch ausgeprägten Gletscherflusscharakter, die großen Eisrandseen dieser Flüsse waren ganzjährig kalt, schlufftrüb, dadurch ohne Licht im Wasserkörper und somit als Lebensraum einer Fischpopulation noch ungeeignet.

Mit ihrer Verlandung in dieser Zeit entstanden auf den gefällsarmen Verlandungsflächen breit gefächerte Furkationssysteme in den Unterläufen von Inn und Salzach, die über die Vielzahl ihrer Lebensräume die Aufwärtswanderung der Fischfauna ermöglichten.

Die erste Fischmigration in die eiswasserfreien Seen des Vorlandes und salzachaufwärts bis zum Pass Lueg dürfte mit Ende des Gschnitz-Stadials anzusetzen sein. Die Seitentäler dieses Abschnittes können über die flachen Schwemmfächer, die in den verlandeten Salzburger See geschüttet wurden, besiedelt werden.

Die ersten Einwanderer in die kalten und klaren Fließgewässer und Seen Salzburgs im Salzachtal bis vor den Pass Lueg waren die kaltstenohermen Winterlaicher der glazialen Mischfauna wie Forelle und Aalrutte sowie die Koppe aus der südlichen Gletscherrandfauna.

Die Arten der nördlichen Gletscherrandfauna, Saiblinge und Renken (in mehreren Formenkreisen), besiedel-

ten die klar werdenden tiefen Seen des Alpenrandes.

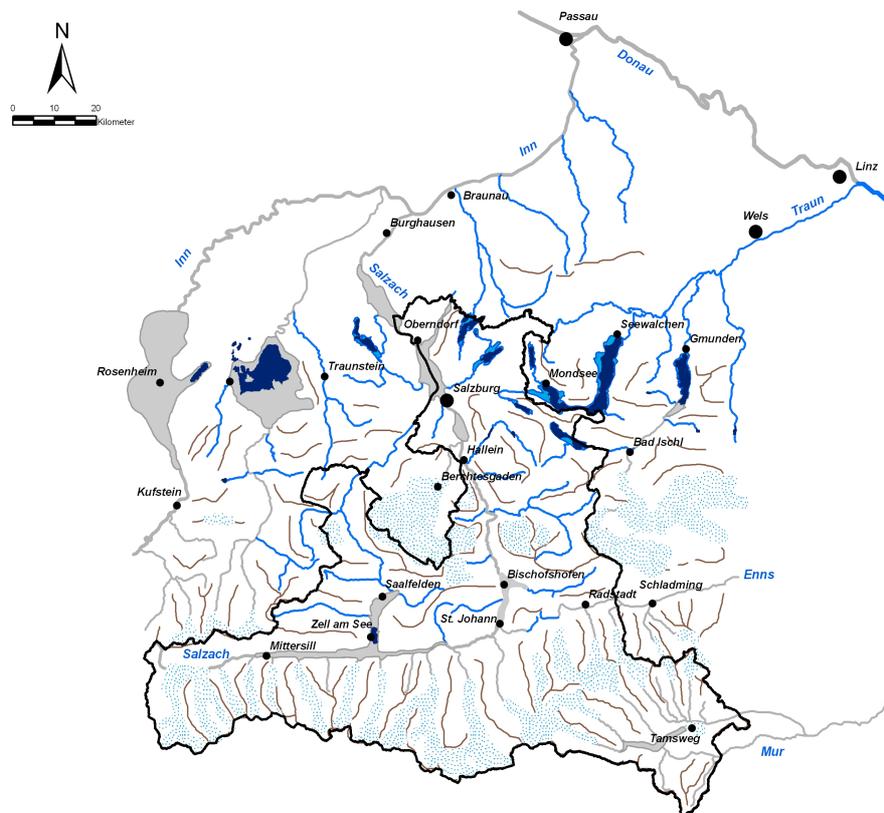


Abb. 8 : Paläogeographische Situation um 17.000 b.P. (Gletscherstände um 16.500) n. IBETSBERGER et al. (2010); Rosenheimer See und Chiemsee werden kleiner, der Salzburger See zerfällt in drei Teile, Waginger See, Wallersee und Irrsee haben ihren Eisanschluss verloren und werden klar, die Salzkammergutseen sind klar (IBETSBERGER et al. 2008, 2010), Grafik I.Schillinger/GeoGlobe

### Die Warmzeit des Bölling-Interstadials ermöglichte im Spätglazial vor 14.500 Jahren die Besiedelung aller größeren Gewässer Salzburgs mit Fischen

Vor ca. 15.000 Jahren wandelte sich mit dem Beginn des Bölling-Interstadials das Klima in nur 300 Jahren deutlich, es erfolgte ein rascher Temperaturanstieg um etwa 10°C im Jahresmittel, man spricht von der spätglazialen Warmzeit. In der Folge kehrte nach den Gräsern, Kräutern und Sträuchern erstmals nach der Eiszeit auch die Holzvegetation in das Salzachtal zurück. Die Böden erhielten stabilere Pflanzendecken, die Erosion wurde reduziert.

Die Gletscher haben sich in die Täler des Alpenhauptkammes und auf die Höhen der Kalkalpen zurückgezogen, nur der Königsee und der Hallstättersee in ihren nach Norden gerichteten steilen Tälern sind teilweise noch unter Eis.

Mit dem Rückzug der Gletscher ins Hochgebirge wurden die Gefällsstufen am Ausgang der Seitentäler der Hohen Tauern zum Salzachtal freigelegt. Die Klammern und Schluchten, welche bereits präwürmeiszeitlich bestanden, waren noch mit Grundmöräne verplombt und von Sedimenten bedeckt. Dadurch

dürfte ein mäßig steiler Übergang von der damals wesentlich höher liegenden Salzach in die Seitentäler oberhalb der Salzachöfen bestanden haben, der die Ausbreitung der Kaltwasserfische bis in die Tauerntäler vom Pass Lueg bis ins Fuschertal ermöglichte.

Die südlichen Zubringer der Salzach aus dem Tauerhauptkamm sind noch schlufftrübe Gletscherflüsse, sie prägen die Salzach als sommertrüben Gletscherfluss, der in seinem Oberlauf auch den Zeller See mit Schluff eintrübt.

Die Mur erhält aus den Tauerngletschern noch schlufftrübes Wasser.

Der Inn ist Gletscherfluss.

Der Rosenheimer und der Salzburger See sind verflüllt, die Abflüsse haben sich soweit in die Endmoränen eingeschnitten, dass die Gletscherflüsse Inn und Salzach die verlandeten Seebecken breit gefächert furkierend überfließen konnten.

Der Chiemsee hat seinen Gletscheranschluss verloren und wird klar, er ist durch Geschiebe aus der Tiroler Ache teilweise verflüllt und durch eine weitere Spiegelabsenkung kleiner geworden.

Die Kaltwasserfische konnten vor 14.500 Jahren die eisfreien größeren Gewässer Salzburgs besiedeln.

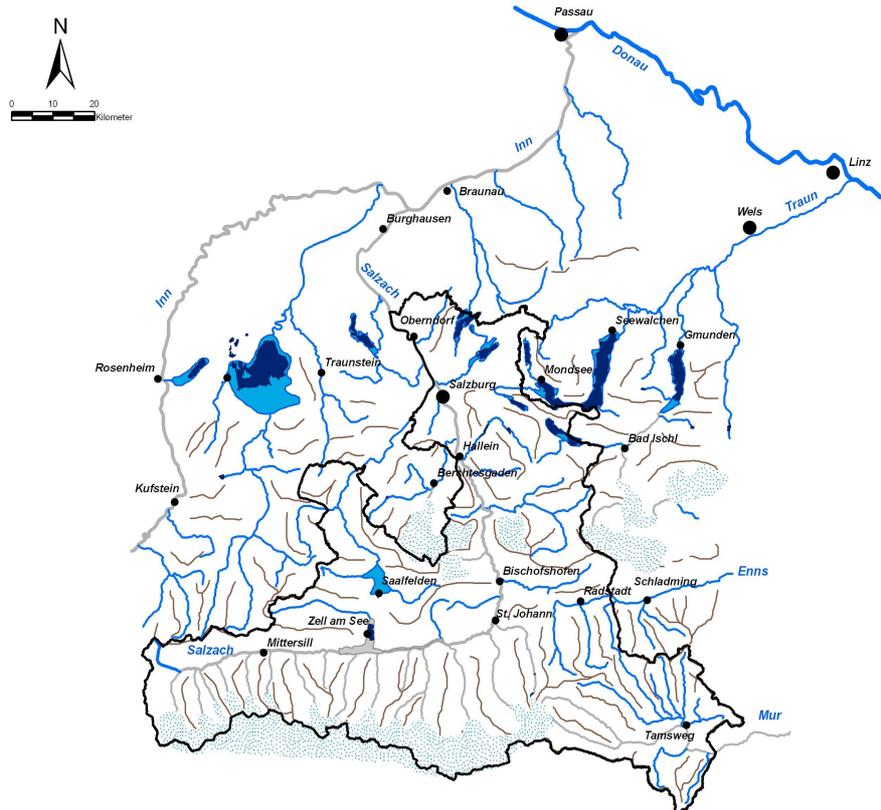


Abb. 9: Bölling Interstadial 14.500 b.P.; im spätglazialen Wärmeoptimum sind Inn, Salzach und die Mur noch Gletscherflüsse, der Zeller See ist schlufftrüb, Königsee und Hallstätter See sind noch unter Eis, alle anderen Gewässer des Landes führen klares Wasser (IBETSBERGER et al. 2008, 2010), Grafik I.Schilling/GeoGlobe.

Die spätglaziale Warmzeit, in welcher es nur 2-3°C kälter war als heute, konnte die Fließgewässer noch nicht wesentlich erwärmen, aber das klare Wasser und die sommerlichen Temperaturschichtungen der großen Vorlandseen ermöglichten stärkere Planktonentwicklungen, welche erstmals nach der Vereisung die seeinterne biogene epilimnische und benthische Karbonatbildung und -ausfällung in Gang setzten. Damit beginnt die produktive Phase der Seen.

Untersuchungen an Sedimentkernen aus dem Attersee belegen, dass sich mit der raschen Klimaerwärmung im Bölling-Interstadial die seeinterne biogene Karbonatproduktion gegenüber dem „Eissee - Kaltwasser - Stadium“ verdoppelt hat (SCHNEIDER et al. 1987). Schneider führt dies in Übereinstimmung mit anderen Autoren auf die wesentlich günstigeren klimatischen und trophischen Bedingungen für eine verstärkte sommerliche Phytoplanktonproduktion ab dieser Zeit zurück.

Die Rate der biogenen Entkalkung im Freiwasser des Attersees blieb über die Jahrtausende bis heute mit geringeren Schwankungen gleich hoch (SCHNEIDER et al.1987).

Vor 12.500 Jahren können sich weitere holarktische Arten der heimischen Fischfauna wie Hecht und

Barsch sowie die eurythermen Arten der glazialen Mischfauna (siehe Kapitel 3.3) in den Salzburger Gewässern ausbreiten. Zu Saibling, Koppe, Forelle, Aalrutte und Renke gesellen sich Elritze, Steinbeißer, Schmerle, Gründling und Hasel.

Nachdem zu der Zeit die Röhrichte und die krautige Unterwasservegetation der Seen und Fließgewässer noch nicht ausgebildet und die Gewässer noch alpin geprägt waren, konnten sich die Gilden der sommerwarmen Krautlaicher noch nicht ausbreiten. Der Klimarückschlag im Egesen-Stadial vor 12.700 Jahren stoppte den Gletscherrückzug und die Erwärmung der Gewässer für etwa 1000 Jahre, er beendete das Spätglazial.

Im Egesen-Stadial sind der Königsee und der Hallstätter See eisfreie Klarwasserseen geworden, Inn und Salzach sind Gletscherflüsse, die Salzach fließt durch den Zeller See und trübt ihn mit ihrer Schlufffracht.

Mit der Klimaerholung im Präboreal beginnt in der aktuellen Zeitrechnung der Quartärgeologen um 11.600 b.P. das Postglazial, es ist der Übergang vom Pleistozän zum Holozän.

### 4.3 Fischarten der sommerwarmen Gewässer ab 11.600 b.P. – Der natürliche Fischlebensraum

Nach dem Klimarückschlag im Egesen-Stadial, der ca. 12.600 b.P. begann und mehrere kurze Gletschervorstöße zur Folge hatte, sind nach 11.600 b.P. die Durchschnittstemperaturen in den Alpen wieder deutlich angestiegen und im Boreal vor 10.000 Jahren um etwa 2 Grad C über die heutigen Werte geklettert. Es entstehen die großen Flußauen und die sommerwarmen Gewässer, die nun neue Lebensbedingungen für die Fischfauna bieten.

Seither schwankte die Jahresmitteltemperatur nur um +/- 1,5°C um den langjährigen Mittelwert, ein Faktum, das über die Jahrtausende bis heute Bestand hat.

THIENEMANN (1950) nimmt übereinstimmend mit GRIPP (1924 / 1933) und POSER (1947) einen Anstieg der mittleren Jahrestemperaturen von rund 10 Grad Celsius bis zur postglazialen Warmzeit an, was sich auch mit den heutigen Erkenntnissen deckt.

#### **Boreale Warmzeit, die Zeit der maximalen Ausbreitung der Fischarten in den Gewässern Salzburgs vor 10.000 Jahren**

Im Präboreal beginnen die intensiven Niederschläge während des großen Gletscherrückzuges stark nachzulassen und es wird in etwa 1.000 Jahren um 10°C wärmer. Die Wasserführung der Flüsse nimmt stark ab, in großen Flusstälern finden sich oftmals nunmehr kleinere klare Fließgewässer, oft nur Gerinne, welche sich im großen Flussbett früherer Zeiten ihren eigenen Lauf graben.

Markantes Beispiel sind die verlassenen breiten Täler der ursprünglichen Abflüsse von Irrsee und Wallersee, welche sich in Straßwalchen vereinigten und das weite Tal zwischen Straßwalchen und Mattighofen formten. Hainbach und Schwemmbach sind heute kümmerliche Reste eines rauschenden Flusses mit sommerlichen Wasserführungen, welche denen der Salzach heute entsprochen haben könnten.

Die Gletscher sind bis auf Firnfelder in 3.000 m Seehöhe abgeschmolzen. Inn und Salzach führen ebenso wie die anderen südlichen Donauzubringer kein Gletscherwasser mehr – sie sind ganzjährig klar. Nachdem die obere Salzach keinen Gletscherschluff mehr führt, wird auch der Zellersee als letzter der Salzburger Seen klar. Klar bis zum nächsten Gletschervorstoß.

Die langsamer fließenden Unterläufe der Flüsse und Bäche erwärmen sich im Sommer zusehends, es ent-

steht die Wärmezonierung der Fließgewässer, die Zonierung in Rhithral/Potamal.

SCHMUTZ et al. hat 1999 nach Angaben des HZB den Zusammenhang von mittlerer jährlicher Wassertemperatur und Seehöhe in Österreich für die Zeitreihe 1971-1980 graphisch dargestellt. Zwischen 500 und 1.200m Seehöhe ist die Wassertemperaturabnahme fast linear mit einem Gradienten von 0,34°C/100 Höhenmeter. Nach IBETSBERGER et al. (2009) sinkt das Jahresmittel der Lufttemperatur derzeit im gleichen Höhenbereich linear mit einem Gradienten von 0,6°C/100m (Datenbasis ebenfalls Hydrographischer Dienst). Die Null-Gradgrenze der mittleren jährlichen Wassertemperatur wird nach diesen Gradienten auf einer Seehöhe um 2400m erreicht, was in etwa der derzeitigen Permafrostgrenze an der Nordseite des Tauernhauptkammes entspricht.

Der natürliche Fischlebensraum endet jedoch meist auf einer Seehöhe von 1200m, darüber hinaus leben Fische meist nur in Besatzgewässern des sekundären Fischlebensraumes.

Die Fische verteilen sich entsprechend der Temperaturzonierung und den Gefälls- bzw. den Stömungsverhältnissen in der Forellen-, Äschen-, Barben-, Brachsen- und Kaulbarsch/Flundern-Region (MOOG 1992, MOOG & WIMMER 1994).

Die Wassertemperaturen der Gewässer und ihr jahreszeitlicher Gang bestimmen ganz wesentlich den Lebenszyklus der Fische, insbesondere die Gonadenreife und damit den Beginn der Laichzeiten (JÄGER et al. 2009).

Die Abnahme der Niederschläge führte auch zu einem Tiefstand der Wasserstände in unseren Alpenrandseen (siehe Tab 2), welche trotz zeitweiliger feuchterer Zeiten oft über Jahrtausende weitgehend konstant blieben, wie es am Beispiel des Wallersees von KRISAI und FRIESE (1986) dokumentiert ist.

Die nunmehr sehr warmen Sommer erwärmen die oberflächlichen Wasserschichten der Seen, Kaltwasserfische gehen, wo vorhanden, in die kalten Tiefenschichten der Seen, sie steigen in die kälteren Zubringer auf, sie wandern ab oder sie sterben im sauerstofffreien Tiefenwasser eutropher Seen.

Auch die Fischartengemeinschaften der Seen gruppieren sich nach den spezifischen Lebensbedingungen in den Seen.

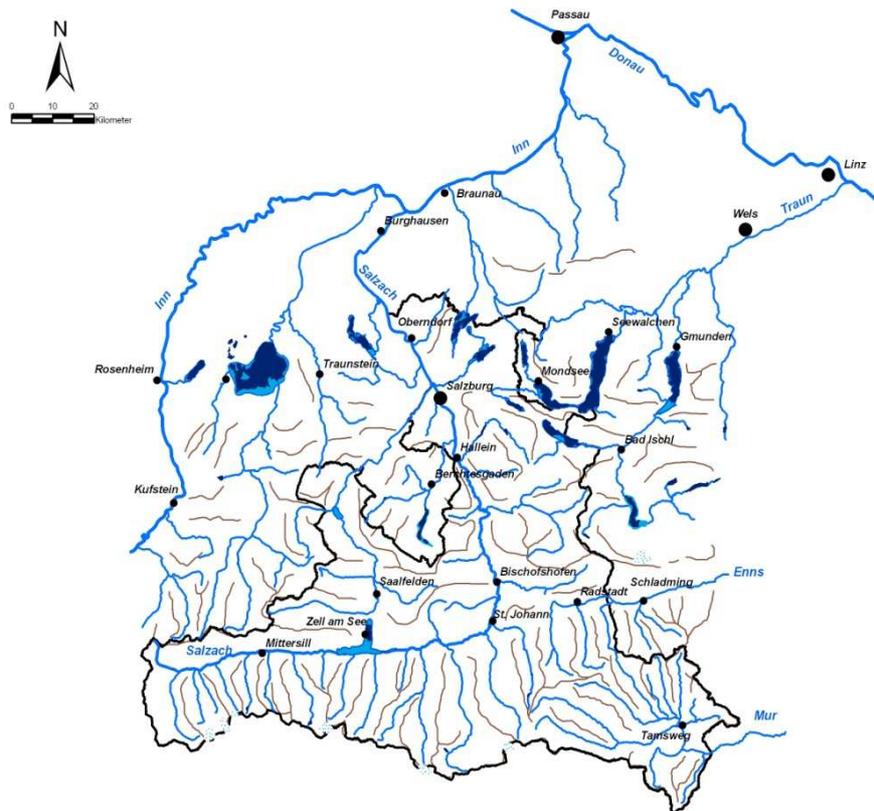


Abb. 10: 10.000 b.P. Keine Vergletscherung mehr in den Alpen, sämtliche Gewässer Salzburgs sind klar (IBETSBERGER et al. 2008, 2010), Grafik I.Schillinger/GeoGlobe

ALM (1937), THIENEMANN (1950), (SCHNEIDER et al.1987, 1990) oder FESQ-MARTIN (2008) beschreiben beispielhaft für zahlreiche andere Autoren die Auswirkungen der postglazialen Erwärmung auf Seen und Fließgewässer in den wesentlichsten Schritten:

- Mit der Klimaerwärmung im Boreal und der Entwicklung der Laubwälder und Flussauen sowie der krautigen Vegetation um die Seen entstanden in den Flachwasserbereichen der wärmeren Seen dichte Schilfgürtel und eine artenreiche Unterwasservegetation (SCHNEIDER et al. 1987).
- Die geschlossene Vegetationsdecke mit ausgedehnten Wäldern und üppiger krautiger Vegetation in den baumlosen Bereichen reduziert die Erosion, absterbende organische Substanz fördert die Bodenbildung, erhöht den Kalkgehalt im Grundwasser aber auch den Nährstoffeintrag in die Gewässer (SCHNEIDER et al.1987).
- Verstärkte sommerliche epilimnische und benthi-sche biogene Kalkfällung in den Seen mit Seekreideablagerungen besonders in den flachen Uferzonen sind Zeugen dieser auch heute noch ablaufenden Prozesse (IBETSBERGER et al. 2010, SCHNEIDER et al.1990).
- Die wärmeliebenden Fische der glazialen Mischfauna und die sommerlaichenden Osteuropäischen Einwanderer besiedeln die wärmeren Unterläufe der Fließgewässer und die sommerwarmen Oberflächenschichten der Seen.

- Die Kaltwasserfische müssen im Sommer aus den warmen Oberflächenschichten der Seen in das kühle Hypolimnion ausweichen. Aus seichteren Seen, die natürlicher Weise bei entsprechenden Klima- und Witterungsbedingungen zeitweise eutrophieren können (SCHNEIDER et al. 1990) und unter der Sprungschicht sauerstofffrei werden, müssen Kaltwasserbewohner wie die Forelle in die Zuflüsse aufsteigen oder wie die Renken und Saiblinge abwandern.
- Auch in den Fließgewässern ändert sich vom rasch fließenden Oberlauf in der Bergregion zum langsam fließenden Unterlauf entsprechend dem Höhengradienten das Temperaturregime und damit das Fischartenspektrum, das System der „ Biozönotischen Fließgewässerregionen“ nach ILLES und BOTOSANEANU (1963) entsteht.

Die Temperaturobergrenzen für die Fischregionen finden sich z.B. in einer Tabelle des BMLFUW (2003), sie zeigt, dass die Grenze zwischen der Kalt- und Warmwasserfischfauna im Hyporhithral bei 18-20°C liegt.

Nach SCHMIDT et al. (2009a,b) gibt es im Postglazial eine abwechselnde Reihe von Warm- und Kaltphasen, welche mit der früh-holozänen Wärmeperiode vor etwa 11.600 Jahren begannen und die sich etwa im 1.000-Jahre-Rhythmus ablösten. Die letzte Kaltphase vom 15. bis zum 19. Jhdt., Kleine

Eiszeit genannt, hatte den größten Gletschervorstoß um 1850 n.Chr., seither ziehen sich die Gletscher wieder zurück.

Diese kurzfristigen Klimaschwankungen hatten nicht nur auf die Bevölkerungsentwicklung und Siedlungsgeschichte des Alpenbogens großen Einfluss (LAMB 1994, BEHRINGER 2008, SCHMIDT 2009b), sie wirken sich auch auf das Temperatur- und Abflussregime der Gewässer aus. Inn und Salzach wandeln sich periodisch vom schlufffrühen kalten Gletscherfluss zum wärmeren klaren Fluss, ebenso ändert sich das Temperaturregime der Seen. In der Folge verschieben sich die biozoenotischen Regionen in den Fließgewässern flussab und flussauf, ebenso ändert sich der Wärmehaushalt der Seen, was vor allem der Fischzoenose in seichten Seen zu schaffen machen kann.

Es empfiehlt sich die heutige Temperaturzonierung unserer Gewässer unter diesen Rahmenbedingungen zu betrachten.

### ***Der primäre natürliche Fischlebensraum Salzburgs hat um 10.000 b.P. seine größte Ausbreitung und seinen artenreichsten Fischbestand***

Im Postglazial sind seit dem Boreal sämtliche der als historisch bekanntesten 42 Fischarten und 2 Arten von Neunaugen in Salzburg heimisch. Warm- und Kaltwasserfische besiedeln durch sommerliche Temperaturschichtungen getrennt die Seen und in längenzonaler, temperatur- und strömungsabhängiger Verteilung die Fließgewässer.

Die Fische können sich in den Gewässern Salzburgs größtmöglich bis zu den großen natürlichen Aufstiegs-hindernissen ausbreiten.

Es ist die Zeit der größten Ausdehnung des primären natürlichen Fischlebensraumes mit direkter Anbindung an die Donau (IBETSBERGER et al. 2010, JÄGER et al. 2004) und des maximalen Fischartenbestandes in Salzburgs Gewässern.

### ***Die Entstehung natürlich isolierter Fischlebensräume beginnt***

Durch das nach dieser Zeit beginnende Ausräumen der glazialen Schotter im Salzachtal oberhalb des Pass Lueg und durch Eintiefung der Salzach im Salzburger Becken verlor eine Reihe von Zuflüssen der Salzach zwischen 10.000 und 4.000 vor heute die unmittelbare ökologische Verbindung zur Salzach.

Durch die Eintiefung der Salzach und ihrer Zubringer wurden die großen Gefällsstufen an den Talausgängen aber auch Steilstufen in den Tälern wie z.B. der Gasteiner Wasserfall oder die Bärenschlucht im Fuschertal freigelegt, unüberwindliche Barrieren für den natürlichen Fischzug kamen zu Tage.

Es entstanden natürlich isolierte Fischlebensräume, die ihre direkte Anbindung an die Donau verloren haben und welche in seltenen Fällen ihre weitgehend ur-

sprünglichen Fischpopulationen (unerkannt) erhalten konnten (JÄGER et al. 2004, JÄGER et al. 2009).

Natürlich isolierte Fischlebensräume wurden folgende größere Fließgewässer (JÄGER et al. 2004):

Zubringer zur Salzach wie Fuscher Ache oberhalb Bärenwerk, Rauriser Ache, Gasteiner Ache mit Anlaufbach und Köttschachbach, Großarler Ache, Wagrainer Ache, Blühnbach, Bluntauabach, Taugl und Wiestalalm.

Der Forstaubach wird von der Enns isoliert, die Warme Mandling ist nicht mehr Oberlauf des Fritzbaches und Teile der Lungauer Tauarch verlieren ihren Anschluss an die Mur.

Ein wichtiger Hinweis auf solche isolierten natürlichen Fischlebensräume sind die aus älterer Zeit dokumentierten natürlichen Vorkommen von Kopen in Gebirgsbächen (KOLLMANN 1898), die heute keinen ökologischen Anschluss mehr an die großen Talflüsse haben, aber auch Forellenpopulationen, welche den harten Umweltbedingungen solcher Gewässerabschnitte offensichtlich zu trotzen vermögen. In den Seen sind besonders die Schwarzmeerfische aber auch Saiblinge und Renken Zeitzeugen solcher Vorgänge.

Mit den Methoden der Ökophänotypologie, der Otolithenchemie und der Genetik konnten in Salzburg bislang im obersten Bereich der Fuscher Ache, im Anlaufbach und im Blühnbach weitgehend unverfälschte Forellenpopulationen entdeckt werden, die dem Donautamm des nördlichen Alpenrandes zuzuordnen sind (GFRERER in Vorbereitung, WEISS et al. 2009, BARIC et al. 2009).

Die genetische Durchkreuzung solch wertvoller Populationen, vielleicht direkte Nachkommen der spätglazialen Ureinwanderer, durch Fremdbesatz mit Forellensstämmen aus dem südlichen Alpenbogen macht selbst vor Gewässern des Nationalparks Hohe Tauern nicht halt, wie das von der EU geförderte INTERREG IIIA Projekt TroutExamInvest zeigt (NATIONALPARK HOHE TAUERN 2008, BARIC et al. 2009). Es bleibt zu hoffen, dass der aus gänzlich anderen Regionen und Umweltverhältnissen stammende Besatz ausstirbt, bevor eine ökophänotypische Anpassung, vor allem der Laichzeiten, auch zur genetischen Durchkreuzung führen kann.

Durch natürliche Erosionsvorgänge im Postglazial und durch menschliche Eingriffe, vor allem zwischen dem 18. und dem 20. Jhdt., sind auch die meisten unserer Seen isolierte Fischlebensräume geworden.

Das Ende der natürlichen Zuwanderung der Fische in die Zubringer der größeren Gewässer Salzburgs ist in Tabelle 3 gelistet.

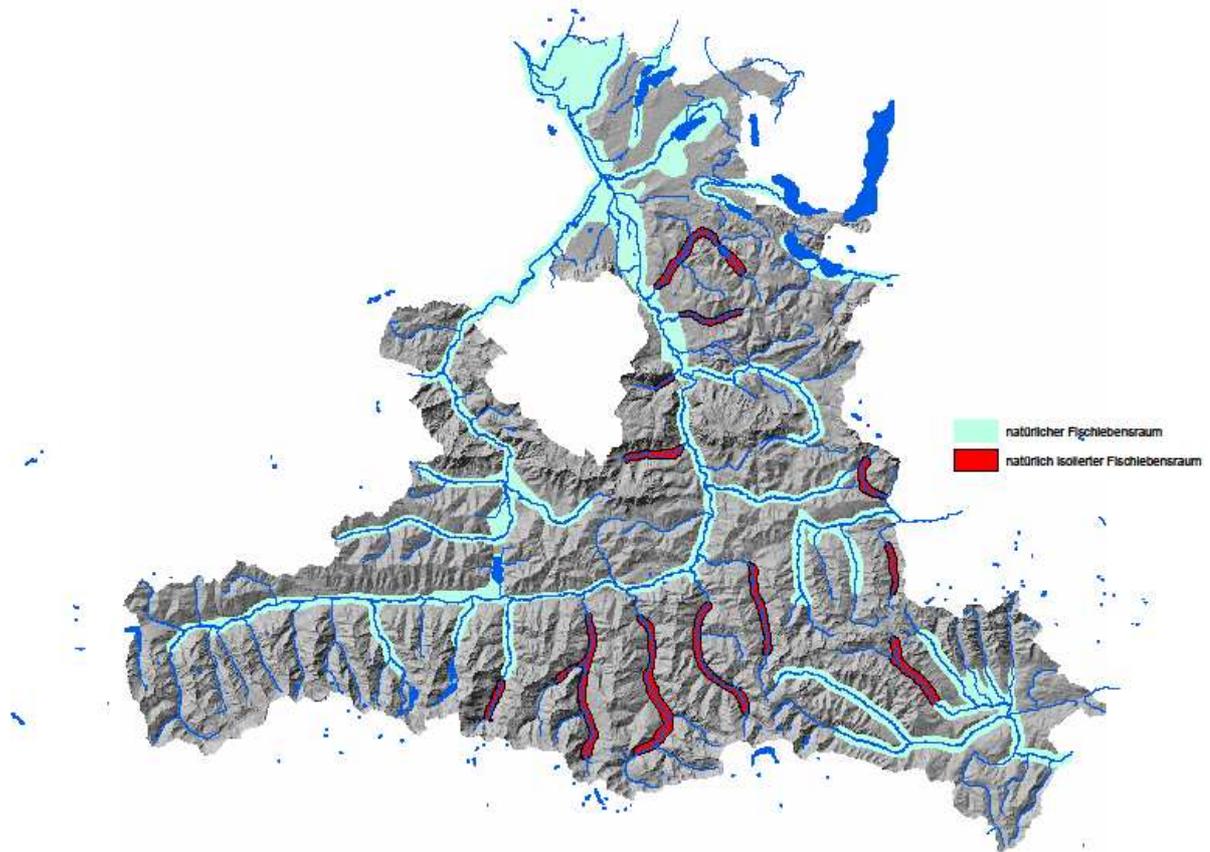


Abb. 11: Der primäre Fischlebensraum Salzburgs vor ca. 4.000 Jahren, bestehend aus dem natürlichen Fischlebensraum und den natürlich isolierten Fischlebensräumen; Grafik Ing. Schillinger

Die Fischpopulationen der großen Seen am Nordrand der Alpen konnten sich vielfach noch ihre ursprünglichen, heute meist isolierten, spät- und postglazialen Einwanderer erhalten, die aber ebenso durch Umwelteinflüsse und Besatz gefährdet werden. In besonderem Maße trifft dies auf Seeforelle, Saibling, Renke und Hecht zu.

Ursprünglich fischleere Gewässer wurden vor allem im Zuge der Nutzung der Hochlagen in den Alpen, jedenfalls ab dem Mittelalter, mit Fischen besetzt (JÄGER et al. 2004, JÄGER et al. 2009, LAHNSTEINER und JAGSCH 2003, NATIONALPARK HOHE TAUERN 2008, etc.), es entstanden isolierte Besatzgewässer als sekundäre Fischlebensräume.

### Die historischen Fischarten der großen Alpenrandseen

Ein Vergleich der historischen Fischartengemeinschaften in den Alpenrandseen vom Starnberger See über die Alpenvorländer bis zum Hallstätter See bringt in Tabelle 4 ein faszinierendes Bild der nach-eiszeitlichen Fischbesiedlung, wenn man die Fischarten nach Temperaturpräferenz, Lebensraum und Herkunft gruppiert.

Die oberste Gruppe bilden die sommerlaichenden Warmwasserfische, dann folgen Vertreter der holarktischen glazialen Mischfauna in der gleichen Temperaturzone. Die mittlere Gruppe bilden die Kleinfische

der kiesigen „Brandungsufer“ klarer kühler Seen, gefolgt von den postglazial eingewanderten Schwarzmeerfischen. Die Bewohner der kühlen sauerstoffreichen Tiefenzonen großer Seen finden sich entsprechend der Temperaturzonierung in den Seen in der untersten Gruppe.

Im Sinne der Seentypologie von GASSNER (2003) beherbergen die kalten Saiblingsseen die Kaltwasserfische. Die großen tiefen Alpenrandseen im Osten und Westen des Untersuchungsgebietes weisen als Elritzenseen die artenreichsten Fischgesellschaften auf, in ihnen leben Vertreter aller fünf Gruppen, nur in diesem Seentyp leben alle Arten der Schwarzmeerfische.

Eine limnologisch besondere Geschichte erzählt die Entwicklung des Zeller Sees. Vor etwa 17.000 Jahren aus dem Gletscher ausgeschmolzen, war er bis vor weniger als hundert Jahren von der Salzbach durchflossen. Bis auf die boreale Warmzeit vor 9.000 – 10.000 Jahren mit klarem Wasser wurde der Zeller See bis ins 20. Jahrhundert von den kalten schlufftrüben Gletscherwässern aus den Hohen Tauern durchflossen. Der See reichte einmal von Mittersill bis Bruck. Der heutige Zeller See hat durch die Abtrennung von der Salzach und die Seespiegelnivellierung im letzten Jahrhundert seinen hydrologischen Typus anthropogen vom Elritzensee zum Laubensee verändert. Die von GASSNER 2003 rekonstruierte ursprüngliche Fischartengemeinschaft entspricht noch weit-

gehend der des Elritzen-sees. Daher wird der Zeller See in Tab. 4 als Elritzensee gelistet.

Geographisch betrachtet liegen die seichteren Vorlandseen als Laubenseen mit einer ausgeprägten Warmwasserfischfauna mittig zwischen den Elritzen-seen. In den tieferen Laubenseen haben noch einige Arten der Kaltwasserfische überleben können.

Natürliche Eutrophierungsphasen in den verschiedenen Feucht- und Warmzeiten des Postglazials (SCHNEIDER et al. 1990, Schmidt et al. 2008, 2009a,b) haben die Kaltwasserfische aus den Tiefenzonen zu seichter Seen vertrieben.

Eine Sonderstellung nimmt der Chiemsee ein. Er hat das größte Einzugsgebiet der untersuchten Seen und wird von der Tiroler Ache so stark durchflossen, dass sich in ihm auch zahlreiche Vertreter der rheophilen Fischfauna finden, allen voran der Huchen (LOCHMANN 1991), der über den Chiemsee die Tiroler Ache erreichte.

Bemerkenswert ist weiter, dass der Wels nur in den wärmeren bayerischen Seen vorkommt, während er weder über die Mattig noch die Salzach oder Traun und Ager in Salzburger Seen aufstieg. Der Wels in den Trumer Seen stammt aus Besatz (AIGNER 1860).

Die Schwarzmeerfische haben über die Traun und Ager mit allen drei Arten den Attersee und den Mondsee erreicht, in den Irrsee stiegen nur Seelaube und Seerüßling weiter auf, während den Fuschlsee nur noch die Seelauben aus dem Mondsee erreichten. Alle drei Arten der Schwarzmeerfische haben auch den Traunsee und über die Ischl den Wolfgangsee erreicht, ein Aufstieg zum Hallstättersee erfolgte nicht – wohl auch deswegen, weil dieser See erst um 12.000 b.P. eisfrei wurde und die kalten Gletscherwässer noch lange Zeit nachher für die Schwarzmeerfische keinen geeigneten Lebensraum boten.

Der Laichzug der Perlfische im Frühjahr bei Wassertemperaturen um 8°C vom Traunsee in die schon wesentlich wärmere Ischler Ache sind bekannte Fischerlegende aus der Zeit vor 1930. Die Einleitung großer Mengen chemisch und thermisch stark belasteter Industrieabwässer zuerst in die Traun vor Ebensee und später direkt in den Traunsee, in die Ebenseer Bucht, beendete das alljährliche Naturschauspiel abrupt. Nur die Perlfische des Wolfgangsees zogen alljährlich im Mai flussab in die Ischl zum Laichen, um nach etwa zwei Wochen wieder in den See zurück zu wandern. Die Perlfische zogen bis zur Mündung des kalten Weißenbaches in die vom See auf 7-8°C erwärmte Ischl und nützten damit nur die obersten drei km der Ache zum Ablachen. Die Temperaturschranke funktionierte all die Jahre verlässlich. Mit dem Ende der chemischen und thermischen Barriere in der Traunmündung bei Ebensee konnten wenige Jahre nach Stilllegen des Industriebetriebes 2009 und 2010 jeweils Anfang Mai erstmals seit fast hundert Jahren wieder die großen Perlfischlaichzüge aus dem Traunsee in die Ischler Ache beobachtet werden (LETTNER 2009 und 2010, mündl. Mitt.).

SCHREMPF hat 2006 a, b über genetische Untersuchungen nachgewiesen, dass sich die Perlfischpopulationen von Mondsee/Attersee und Wolfgangsee/Traunsee aber auch solche aus der Donau, in welcher sie ebenfalls heute noch vorkommen, in der Zeit der Isolation bereits genetisch verschieden differenziert haben. Ähnliches wird wohl auch für den Chiemsee zutreffen.

Der Chiemsee ist der fünfte See des nördlichen Alpenbogens, in welchem Perlfisch, Seelaube und Seerüßling gemeinsam vorkommen. Im Waginger See und im Simsee finden sich nur die Seelauben, während im Starnberger See Seelaube und Seerüßling vorkommen aber der Perlfisch fehlt.

Tab. 4: Historische Fischarten der Alpennordrandseen vom Starnberger bis zum Hallstätter See, gereiht nach Temperaturpräferenz, Lebensraum und Herkunft

Hydromorphologie Seen	Starnberger See	Simssee	Chiemsee	Waginger See	Königssee	Zeller See	Hintersee	Mattsee	Obertrumer See	Grabensee	Wallersee	Fuschsee	Irrsee	Mondsee	Attersee	Wolfgangsee	Traunsee	Hallstätter See
MW m ü. A.	5842	4701	5182	4422	6033	7497	685	5028	5028	5028	506	6633	553	481	400	5382	422	508
Oberfläche ha	5635	649	7900	661	522	455	8229	360	480	130	500	264	355	1421	4620	1349	2435	858
Volumen 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	2999	8700	20478	9040	5118	1806	87	6140	8380	1213	7610	979	53	511	3945	6665	2302	557
max Tiefe m	1278	225	734	270	1900	698	22	423	363	141	233	669	32	68	171	1126	191	125
mittl. Tiefe m	532	1341	2563	1368	981	397	106	172	174	932	1298	371	149	371	842	507	9495	65
Länge km	202	565	128	63	79	39	14	42	49	20	555	41	47	95	1935	102	122	775
Breite km	47	15	624	18	12	15	072	18	13	082	20	0875	10	225	348	194	294	138
Umfang km	492	1403	6396	1595	1996	106	49	103	126	47	15	107	112	257	485	32	323	213
EZG km <sup>2</sup>	315	595	13986	1237	1365	5470	60	112	566	65	1095	319	275	247	4635	1248	1422	643
Erneuerungszeit (A/D)	21A	143A	126A	100A	235A	4A	255D	47A	17A	83D	08A	26A	129A	18A	713A	39A	104A	05A
Historische Fischarten - Auswahl nach Ausbreitung																		
<u>Warmwasserfische</u>																		
Laube	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Rotauge	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
Rotfeder	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Schleie	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
Brachse	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Aitel	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wels	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Glaziale Mischfauna</u>																		
Barsch	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hecht	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<u>Kleinfische der Brandungsufer alpiner Seen</u>																		
Elritze	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Schmerle	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Koppe	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<u>Schwarzmeerfische</u>																		
Perlfisch	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Seelaube / Mairénke	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Seerübling	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<u>Kaltwasserfische</u>																		
Rutte	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Seeforelle	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Renke	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Seesaibling	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Besiedlung über	ISAR	INN	INN	SALZACH	SALZACH	SALZACH	SALZACH	INN	INN	INN	SALZACH	AGER	AGER	AGER	AGER	TRAUN	TRAUN	TRAUN
Seentyp nach GASSNER 2003	Elritzensee	Laubensee	Elritzensee	Laubensee	Saiblingsee	Elritzensee	Saiblingsee	Laubensee	Laubensee	Laubensee	Laubensee	Elritzensee						

## 5 Zusammenfassung

Vor dem Beginn der Würmeiszeit waren in Salzburg 44 Fischarten in den Flüssen und Seen heimisch. Sie mussten sich während der über Jahrtausende zunehmenden Vereisung unserer Flüsse und Seen immer weiter flussab und letztlich in die Donau zurückziehen als Salzburg bis zu 1.500 m unter Eis lag.

Die Gewässer Salzburgs sind vom Beginn des Aufschmelzens des Landes aus dem Eispanzer des Würm-Glazials vor etwa 20.000 Jahren bis vor ca. 17.000 Jahren fischleer.

Erst nach dieser Zeit boten die ersten klaren Fließgewässer und Seen der an kalte Gewässer angepassten Fischfauna die Möglichkeit dauerhafte Populationen zu gründen.

Während des Bölling-Interstadials vor 14.500 Jahren war die maximale Ausbreitung der heimischen Kaltwasserfischfauna erreicht.

Die Schritte der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen sind in nachstehender Abbildung zusammen gefasst.



Abb. 11: Schritte der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen

Mit der weiteren Klimaerwärmung in der borealen Warmzeit ab 11.600 b.P. konnten auch die Gilden der Krautlaicher unter den warmwasserangepassten Fischarten aus der Unteren Donau die sommerwarmen Seen und Flüsse Salzburgs neu besiedeln. Vor ca. 10.000 Jahren waren wieder alle Fischarten, die vor der letzten Eiszeit in Salzburgs Gewässern lebten, zurückgekehrt.

Die Fischfauna der großen Seen am Nordrand der Ostalpen enthält heute noch die zu verschiedenen Zeiten eingewanderten Kalt- und Warmwasserfische aber auch die aus der Donau aufgestiegenen Schwarzmeerfische, nunmehr meist als isolierte Bestände.

**Dem Schutz dieser ursprünglichen Fischpopulationen in unseren Flüssen und Seen sei diese Arbeit gewidmet.**

Ein wesentlicher Aspekt der Wiederbesiedlung der Salzburger Gewässer mit den vor der letzten Eiszeit heimischen Fischarten zu Beginn der borealen Warmzeit war der Umstand, dass die Eintiefung der Salzach als der Hauptwanderachse für die Fischfauna erst nach der maximalen Fischeausbreitung vor ca. 10.000 Jahren in den darauffolgenden Jahrtausenden bis etwa 4.000 b.P. erfolgte.

Seit der Zeit bestehen natürlich isolierte Fischlebensräume in zahlreichen Seitentälern des Salzachtales aber auch natürlich isolierte Seen, welche immer noch genetisch ursprüngliche und damit ökologisch wertvollste Fischpopulationen beherbergen können.

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 Seekirchen am Wallersee, Österreich

## 6 Zitierte und weiterführende Literatur

- AIGNER D. (1928): Der alte Salzburger See und sein Becken. - Mitt. Ges. f. Salzburger Landeskunde, 68: 127-138
- AIGNER J. (1860): Salzburgs Fische. Systematische Übersicht der von J. Aigner in Salzburg gezogenen Fische. Carolinum Augusteum, Jhber. 1855, 72-82
- ALLEY R.B. (2000): The younger dryas cold interval as viewed from central Greenland. - Quaternary science Review, 19: 213-226
- ALM G. (1937): Sötvtattenfiskarnas Utbredning och den postarktiska Värmeperioden. Ymer, 299-314
- AMORT R. (2003): Königsseefische. <http://www.fischervomkoenigssee.de/fische/home.htm>
- AMPFERER O. (1936): Zell am See – Paß Thurn – Kitzbühel – Unterinntal – Innsbruck. - Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, II. Teil: 36-55
- BALON E. K. (1964): Verzeichnis, Arten und quantitative Zusammensetzung sowie Veränderung der Ichthyofauna des Längs- und Querprofils des Tschechoslowakischen Donauabschnittes. Zool. Anzeiger 172 (2)
- BANARESCU P. (1965): Das Becken der unteren Donau als eiszeitliches Rückzugsgebiet der Fischfauna. - Arch. Hydrobiol./Suppl. Donauforschung 30, II, 1:75-86.
- BANARESCU P. (1995): Zoogeography of Fresh Waters. Vol.1 (1991): General Distribution and Dispersal of Freshwater Animals. Vol.2 (1992): Distribution and Dispersal of Freshwater Animals in North America and Eurasia. Vol.3 (1995): Distribution and Dispersal of Freshwater Animals in Afrika, Pacific Areas and South America – AULA-Verlag Wiesbaden 1-1518
- BARIC S., RIEDL A., NERANER A., MEDGYESY N., LACKNER R., PELSTER B., DALLA VIA J. (2009): Alpine headwater streams as reservoirs of remnant populations of the Danubian clade brown trout. Blackwell Publishing Ltd, Freshwater Biology, doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02318.x
- BAUER F. (1963): Die Taxenbacher Enge. - Verhandlungen der Geol.-Bundesanstalt, 1963: 135-157
- BAUER F., LOACKER H., MOSTLER H. (1969): Geologisch-tektonische 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
- BAW – IGF (2009): Fischarten – Leitbildkatalog der Fließgewässer Österreichs, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Inst. f. Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde Scharfling. <http://www.baw-igf.at>
- BERG L. S. (1933): Übersicht der Verbreitung der Süßwasserfische Europas. Zoogeographica. 1. 107-208.
- BEHRINGER W. (2008): Kulturgeschichte des Klimas. Von der Eiszeit zur globalen Erwärmung. C.H.Beck Verlag, München, 1-352
- BGBI II 99/2010 Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer. Bundesgesetzblatt II 99/2010, 1-10, Anlagen A-L
- BMLFUW (2003): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt – derzeitiger Wissensstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich, Wien, 1-141
- BOHL E. (1993): Rundmäuler und Fische im Sediment. Ökologische Untersuchungen an Bachneunauge, Schlammpeitzger und Steinbeisser in Bayern. Bayer.Landesanstalt für Wasserwirtschaft, Bericht 22
- 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
- BÜDEL J. (1981): Klimageomorphologie.- Gebrüder Bornträger, 2. Aufl., Berlin, 1-304
- 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
- DANIELOPOL D., SCHMIDT R., SCHULTZE E., Eds.(1985): Contributions to the paleolimnology of the Trumer lakes(Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upper Austria): Sediments and sedimentary history of the Attersee. Limnol. Inst. Mondsee der ÖAW, 149-176.
- DARGA R. (1996): Chiemgau, Geologischer Führer mit Wandertips und Alpenpanorama. - 2, Chiemgau-Druck, Traunstein: 1-96
- DEL-NEGRO W. (1949): Geologie von Salzburg. Universitäts-Verlag Wagner, Innsbruck: 1-348, 12 Abbildungen
- DEL-NEGRO W. (1957): Exkursion ins Oichtental und ins Gebiet Mattsee – Tannberg, ferner in die Glaserbachklamm. - 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
- 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
- FINK J. (1966): Die Paläogeographie der Donau. In: Limnologie der Donau, Lief. 2. - Schweizerbart'sche Verl., Stuttgart:1-50.
- 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
- FREUDELSPERGER H. (1936): Kurze Fischereigeschichte der Erzstiftes Salzburg. Mittl. der Ges. für Salzburger Landeskunde, 76, 81-128
- FRITZ A., UCİK 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., UCİK 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 Geol. Reichsanstalt, 49: 287-428
- FUGGER E. (1910): Klammern 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 Salzachgletschers 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
- GASSNER H., ZICK D., WANZENBÖCK J., LAHNSTEINER B., TISCHLER G. (2003): Die Fischartengemeinschaften der großen österreichischen Seen. Schriftenreihe des BAW, 18, 1-83, zwei Anhänge
- GEOGLOBE: Büro für Geotourismus. Neumarkt am Wallersee. <http://ww.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
- GERSTMAYER R., ROMIG Th. (1998): Die Süßwasserfische Europas : für Naturfreunde und Angler. Kosmos Naturführer, Stuttgart, 157-162
- GRFRERER V. (2010): Untersuchungen an autochthonen Bachforellenpopulationen im Land Salzburg. Ökologie, Phänologie, Genetik. Diplomarb. Univ. Salzburg, in Vorber.
- 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 Attersee- und Irrseeer-Traungletschers und der Ostrand des Salzachgletschers. - Führer für die Quartär-Exkursionen in Österreich, I. Teil: 111-119
- GÖTZINGER G. (1936c): Das österreichische Salzachgletscherggebiet, 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
- 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
- HANTKE R. (1993): Flußgeschichte Mitteleuropas. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- HECKEL J. (1855): Die Fische der Salzach. Verh. zool.-bot. Ver. Wien 4,1854, 189-196
- HECKEL J., KNER R. (1858): Die Süßwasserfische der österreichischen Monarchie mit Rücksicht auf die angrenzenden Länder. W. Engelmann Leipzig, 1-388
- 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 Schliernterrasse? - 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
- HUITFEDT-KAAS H. (1924): Einwanderung und Verbreitung der Süßwasserfische in Norwegen, mit einem Anhang über den Krebs. Arch. f. Hydrobiol. 14. 223-314.
- 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. - Jahrb. der Geol.- Bundesanstalt, 134/3: 470f
- IBETSBERGER H., HÄUPL M. (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 Kulturerebnisführer 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., JÄGER P., HÄUPL M. (2008): Entwicklung des Salzburger Gewässernetzes ab dem Höhepunkt der letzten Eiszeit aus Sicht der Besiedelbarkeit durch einwandernde Fische. - In: SCHROTT L., OTTO J.-CH. (Hrsg.), Geomorphologie in Wissenschaft und Praxis, 3. Mitteleuropäische Geomorphologietagung, 23 - 28 September 2008, Salzburg: 53
- IBETSBERGER H., JÄGER P., HÄUPL M. (2010): Der Zerfall des Salzachgletschers und die nacheiszeitliche Entwicklung des Salzburger Gewässernetzes aus der Sicht der Wiederbesiedelung der Salzburger Gewässer mit Fischen. - Amt der Salzburger Landesregierung, Reihe Gewässerschutz, 14: 7 - 59
- ICRA (2009): Ingenieurbüro f. Geographie, Geoinformatik & Vermessung, Mag. Erich Dumfarth & Mag. Andreas Schwap, Lilli-Lehmannngasse 4, A-5020 Salzburg, Österreich, <http://www.icra.at>
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. (1963): Problemes et Methodes de la zonation ecologique des eaux courantes, considerees surtout du point de vue faunistique. Int. Verein. Theor. Und angewandte Limnologie, 12, 1-57
- 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 <sup>10</sup>BE, <sup>26</sup>AL, <sup>36</sup>CL, and <sup>21</sup>NE. - 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
- JÄCKEL A. J. (1864): Die Fische Bayerns. Ein Beitrag zur Kenntnis der deutschen Süßwasserfische. Regensburg, 1-103
- JÄGER P. (1978): MAB – Projekt Finstertaler Speicher. Die Kraftwerksgruppe Sellrain – Silz und ein Überblick über die bisher im Rahmen des MAB – Projektes “Finstertaler Speicher” durchgeführten Untersuchungen. Jber. Abt. Limnol. Innsbruck, 4, 119-146
- JÄGER P., FUCHS M., JÜRGING P. (2001): Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach. – Grundlagen, Methoden und Anwendung der ökologischen und naturschutzfachlichen Bewertung. BayStMLU; München und BMLFUW, Wien. 1-101.
- 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.
- JÄGER P., HÄUPL M., IBETSBERGER H. (2008): Die nacheiszeitliche Besiedlung der Salzburger Gewässer mit Fischen.- In: SCHROTT L., OTTO J.-CH. (Hrsg.), Geomorphologie in Wissenschaft und Praxis, 3. Mitteleuropäische Geomorphologietagung, 23 - 28 September 2008, Salzburg: 53
- JÄGER P., GFRENER V., BAYRHAMMER N. (2010): Morphometrische Vermessung von Fischen zur Ermittlung des Phänotyps an ausgewählten Beispielen. Österr. Fischerei, 63, 14-28
- JÄGER P., LAHNSTEINER F., ZICK D. (2010): Woher stammen die Saiblinge in Salzburgs Hochgebirgsseen? Amt der Salzburger Landesregierung.Reihe Gewässerschutz, 7: 241-269
- 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
- KANDUTSCH G. (2008): Tauerngold: Reichtum von Einst. Magazin Nationalpark Hohe Tauern, März 2008, 13
- 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
- KERSCHNER R. (2009): Gletscher und Klima im Alpen Spätglazial. ). Alpine Space – men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, Univ. Innsbruck; 5-26
- KICKNER S. (1991): Naturraumbewertung der Salzburger Kalkhochalpen als Grundlage einer denkbaren Abgrenzung eines staatsübergreifenden Nationalparks Kalkalpen. - Unveröff. Diplomarbeit Inst. f. Geographie der Universität Salzburg
- KINZELBACH R. (1990): Besiedlungsgeschichtlich bedingte longitudinale Faunen-Inhomogenitäten am Beispiel des Rheins. Limnologie aktuell, (1) Biologie des Rheins. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 41-58
- 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
- KOLLMANN H. (1898): Fischereikarte von Salzburg, Stand 1898. Museum Carolinum Augusteum Salzburg, L52/GrS-20 beschrieben von: JÄGER P., SCHILLINGER I. (1988) in Österreichs Fischerei, 41, 202-209
- KOTTELAT M. (1997): An heuristic checklist of the freshwaterfishes of Europe (excl. USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. Biologia, Sect. Zoology, Vol. 52, Suppl. 5, 96-115.
- KOWNACKI A. (1985): Effect of droughts on invertebrate communities of high mountain streams. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22, 2069-2072
- KRISAI R., FRIESE G. (1986): Aufbau und Genese des Wengermooses am Wallersee. In: JÄGER P., FALLY W. (Hrsg.), Projekt Vorlandseen Band 2. Ökosystemstudie Wallersee, Obertrumsee, Mattsee, Grabensee. Stud. Forsch. Salzburg; Land Salzburg, Gewässerschutz und Raumordnung, Salzburg: 335 – 342.
- LAHNSTEINER F., JAGSCH A. (2003): Der Genotyp rezenter österreichischer *Salmo trutta* – Populationen im Vergleich zu Populationen des 19. Jahrhunderts, basierend auf RFLP und mtDNA.- Österr. Fischerei 56 (10): 268 – 274.
- LAMB H. (1994): Klima und Kulturgeschichte. -rororo Enzyklopädie, Hamburg, 1-448
- LANGENSCHIEDT E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. - 2., E. Melcher GmbH & Co KG, Berchtesgaden: 1-160
- LAUTERBORN R. (1916/18): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms. I – III. S.B. Heidelberg. Akad. d. Wiss. Math. Nat. Klasse. Abt. B. Teil I(1916) 6. Abh.
- 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
- LOHMANN M. (1991): Die Fische des Chiemsees. Columba Verl. Prien am Chiemsee, 1-88
- LORENZ J.R. (1856) : Die Moore Salzburgs. IN: JÄGER P., SCHILLINGER I., Hrsg. (2009): Die Moore Salzburgs und die Untersuchung der Versumpfung in den oberen Flusstälern 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 <sup>18</sup>O 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.
- MOOG O. (1992): Das Konzept der biozönotischen Regionen – ein Hilfsmittel zur Charakteristik anthropogener Einflüsse auf benthische Fließgewässerzoosen. DGL, erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung in Konstanz 1992, Band 2, 622-626
- MOOG O., WIMMER R. (1994): Comments to the water temperature based assessment of biocoenotic regions according to ILLIES & BOTOSANEU. Verh. Internat. Verein. Limnol., 25, Stuttgart, 1667-1673
- MOSTLER H. (1964): Einige Bemerkungen zur Salzach-Längsstörung und der sie begleitenden Gesteine. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14: 185-196
- MUS B. J. (1978): Süßwasserfische Europas. BLV Bestimmungsbuch München, Bd.4, 4. Aufl., 1-224.
- NATIONALPARK HOHE TAUERN (2008): TroutExamInvest, Autochthone Bachforelle-Die "Urforelle". Veröff. des Nationalparks Hohe Tauern, Matrei, 1-39 www.hohetauern.at
- 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 glazial-morphologische 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. (2002): 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. (2002): Revision der alpinen Hochwürm- und Spätglazial – Chronologie nach kalibrierten Radiokarbon-daten. - In: ZÜCHNER CH. (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
- PETZ-GLECHNER R., PETZ W. (2004): Die historische Fischfauna Salzburgs. Ber. Nat.-med. Ver. Salzburg, 14, 95-120
- PIPPAN T. (1951): Das Problem der Taxenbacher Enge. – Verhandlungen der Geol.-Bundesanstalt, 1949/10-12: 193-236
- PIPPAN T. (1954): Bericht über vergleichende geologisch-morphologische 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 Stadterrassen von Salzburg. - Mitt. der österr. Geograph. Ges., 109/1: 115-128
- PIVNICKA K., HENSEL J. (1978): Morphological variation in the genus *Thymallus* CUVIER (1828) and recognition of the species and subspecies. – Acta Univ. Carolin., Biol., 1975-76: 37-67.
- PLÖCHINGER B. (1990): Erläuterungen zu Blatt 94 Hallein. - 1, Geologische Bundesanstalt, Wien, 1-76
- 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 nach-eiszeitlichen Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Inn-Chiemseegletschers. - Flora, 164: 235-282
- RÖHRS J., GERMATSIDIS I., LINDNER D., SCHNEIDER J. (1986): Sedimentgeologische Untersuchungen an den Trumer Seen und 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, 421 - 457.
- REITNER J. (2007): Glacial dynamics at the beginning of Termination 1 in the Eastern Alps and their stratigraphic implications. - Quaternary International, 164/165: 64-84
- 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 Salzachtals. - 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
- SCHIEMER F. (1985): Die Bedeutung von Augewässern als Schutzzonen für die Fischfauna. Österr. Wasserwirtschaft, 37, 9/10, 239 – 245.
- SCHIEMER F., JUNGWIRTH M., IMHOF G. (1994): Die Fische der Donau – Gefährdung und Schutz. Ökologische Bewertung der Umgestaltung der Donau. Grüne Reihe, 5, BMLFUW, styria medienservice Graz, 1-160
- 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
- SCHMIDLE W. (1914): Die diluviale Geologie der Bodenseeregion. – Die Rheinlande, 8, 1-113.
- 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. (1986): Zur spät- und Nacheiszeitlichen Entwicklungsgeschichte der Trumer See und des Wallersees. In: JÄGER P., FALLY W. (Hrsg), Projekt Vorlandseen Band 2. Ökosystemstudie Wallersee, Obertrumersee, Mattsee, Grabensee. Stud. Forsch. Salzburg; Land Salzburg, Gewässerschutz und Raumordnung, Salzburg, 459-469.
- SCHMIDT R., KAMENIK C., KAIBLINGER C., TESSADRI R., (2009A): Klimaschwankungen und - Trends des älteren Holozäns in den südlichen Niederen Tauern: multidisziplinäre Auswertung eines Sedimentkerns aus dem Oberen Landschützsee (Lungau). - Alpine Space – men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, Univ. Innsbruck: 55-64
- SCHMIDT R., KAMENIK C., ROTH M. (2009b): Der Einfluss des Klimas auf die Hochlagenutzung in den südlichen Niederen Tauern (Lungau) während der letzten 4.000 Jahre. ). Alpine Space – men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, Univ. Innsbruck: 87-96
- SCHMUTZ S., KAUFMANN M., VOGEL B., JUNGWIRTH M. (1999): Methodische Grundlagen und Beispiele zur Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit österreichischer Fließgewässer. Studie im Auftrag des BMLFUW, 1-211, 4 Anhänge
- SCHNEIDER J., MÜLLER J., STURM M. (1987): Die sedimentologische Entwicklung des Attersees und des Traunsees im Spät- und Postglazial. –Mitt. d. Komm. f. Quartärforschung der ÖAW, 7, Wien, 51–78
- SCHNEIDER J., RÖHRS J., JÄGER P. (1990): Sedimentation and Eutrophication History of Austrian Alpine Lakes. In: Tölzer m. (1990): Large Lakes. Ecological Structure and Funktion. Springer Berlin, 316-335
- SCHÖNER W. (2009): Paläoklimainformationen aus Kenngrößen der Gletschermassenbilanz – Beispiele für die Al-

- pen seit der ausgehenden kleinen Eiszeit. – Alpine space, men and environment, 6, Klimawandel in Österreich, IUP Innsbruck. 127–144
- SCHREMPF R. (2006a): Untersuchungen am Perlfisch (*Rutilus meidingerii*). Reproduktionsbiologie und Ökologie in der Ischler Ache (Wolfgangsee) und Populationsgenetik und Phänotyp der österreichischen Populationen. Diplom., Univ. Salzburg. 1–170.
- SCHREMPF R. (2006b): Genetische Untersuchungen der österreichischen Perlfischpopulationen (*Rutilus frisii meidingerii*) mittels RFLP. Österr. Fischerei, 59/2006, 201–207.
- SEEFELDNER E. (1957): Die Entwicklung des Salzachsensystems. – 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 Mittrennstaler Moore und der Ramsau- oder Ennstalterrassen bei Schladming in das alpine Jungquartär. – Jahr. der Geol.- Bundesanstalt, 105: 65–128
- SENES J., MARINESCU F. (1974): Cartes paleogeographiques du Neogene de la Parathetys centrale. – Mem.B.R.G.M-2(78). 785–792.
- 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 Flysch- und 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 <sup>14</sup>C-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 <sup>14</sup>C-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
- SPINDLER T. (1997): Fischfauna in Österreich. Ökologie-Gefährdung-Bioindikation-Fischerei-Gesetzgebung. Monographien, 87, Umweltbundesamt Wien, 1–140, 91 Bilder.
- STAAS ST. (2005): Laterale Wanderungen zwischen Strom und Aue. Vortrag beim 5. Int. Rheinsymposium, Bonn, 2. – 4. 11. 2005, IKSR
- STEINMANN P. (1938): Relikte von Donaufischen im einstigen tertiären Donauoberlauf, dem heutigen französisch-schweizerischen Grenzfluss Doubs. – Grigore Antipa-Festschrift Bukarest. 611–624.
- 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): Quartärgeologische 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
- TVB Chiemgau e. V. (2001): Chiemgau Qualitätsoffensive. Arbeitsblätter für Gäste-, Natur- und Landschaftsführer. Tourismusverband Chiemgau Traunstein, 1–87
- Umweltbundesamt (UBA) Berlin (2001): Molekulare und populationsökologische Charakterisierung autochthoner und durch Besatz beeinflusster Salmoniden-Populationen (Bachforelle, Alpen-Seesaibling) in Bayern. UBA-FB 000188, Forschungsbericht 296 85 900, 1–206
- 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 übertiefer 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-sedimentologische 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.
- WAGLER E. (1941): Die Coregonen. – In: DEMOLL-MAIER, Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. 3. 371-501.
- WAGNER A. (1940): Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Reihe: Die Wissenschaft, Bd. 92, F. Vieweg Braunschweig, 1-221
- WAHNSCHAFFE F., SCHUCHT FR. (1921): Geologie und Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 4. Aufl., Schweizerbart Verl. Stuttgart, 1-420
- 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. - Verhändl. 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
- WEINGARTNER 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
- WEISS St., SCHLÖTTERER C., WAIDBACHER H., JUNGWIRTH M. (2001): Haplotype (mtDNA) diversity of brown trout *Salmo trutta trutta* in tributaries of the Austrian Danube: massive introgression of Atlantic basin fish – by man or nature? Blackwell Science Ltd, Molecular Ecology, 10, 1241- 1246
- WEISS S., KOPUN TH., WINKLER K. (2009): Genetische Charakterisierung von ca. 140 Bachforellen (*salmo trutta*) aus Gewässern Salzburgs. Reihe Gewässerschutz, 18. Amt der Salzburger Landesregierung.
- 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
- WITTMACK L. (1875): Beiträge zur Fischereistatistik des Deutschen Reiches sowie eines Theiles von Österreich-Ungarn und der Schweiz. Circ. Dtsch. Fisch.-Ver. Berlin, 93-162
- ZIEGLER J.H. (1977): Spätglaziale Rückzugsstadien des Salzachvorlandgletschers in Bayern. - Internat. Geol. Correlat. Programme, 73/1/24: 116-125
- 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 Chrubas-Krimml. - Neukirchen : Tauriska, 2003. - [Ca. 90] Bl. : Ill., zahlr. Kt.

### 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 LANGENSCHIEDT (Geologe, Rottalmünster), Karl LEITNER (Fischereipächter obere Ischler Ache, Salzburg), Univ.Prof. Dr. Gernot PATZELT (Geographie Innsbruck), Dr. Jürgen REITNER (GBA Wien), Univ.Prof.

Dr. Hanna 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).