

Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers

Forschungsinstitut für Limnologie,
Mondsee

Universität Innsbruck



Projektmitarbeiter und Autor des Berichts:

Harald Ficker, M.Sc.

Kooperationspartner:

Matthias Pointinger, Leiter des Fischereizentrums Kainisch der ÖBf AG, Kainisch 103, 8984 Kainisch

Dr. Reinhard Haunschmid, Bundesamt für Wasserwirtschaft – Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Scharfling 18, 5310 Mondsee

Mag. Leopold Feichtinger (Flussraumbetreuer Obere Traun), Blattfisch – technisches Büro für Gewässerökologie, Gabelsbergerstraße 7, 4600 Wels

Dr. Christian Mairhuber (Bezirksnaturschutzbeauftragter BH Liezen), Hauptstraße 43, 8940 Liezen

Mag. Alfred Ellinger (A15 Energie, Wohnbau, Technik des Landes Steiermark, Referat Gewässeraufsicht und Gewässerschutz), Landhausgasse 7/6, 8010 Graz

Universität Salzburg, Fachbereich: Organismische Biologie, Hellbrunnerstrasse 34, 5020 Salzburg

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Ficker, H. (2014): Thermischer Stress der Bachforelle an der Oberen Traun während des Sommers. Endbericht von StartClim2013.A in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWFW, ÖBf, Land Oberösterreich

Salzburg, im März 2014

StartClim2013.A

Teilprojekt von StartClim2013

Projektleitung von StartClim2013:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.startclim.at/>

StartClim2013 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWFW, der ÖBf und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Abstract 4	
A-1 Einleitung	5
A-1.1 Ziel des Projektes	6
A-2 Material und Methoden	7
A-2.1 Untersuchungsgebiet	7
A-2.2 Temperaturmessungen im Gewässer	10
A-2.3 Verhalten und Abundanz der Bachforelle	11
A-2.4 Niederschlag und Abfluss	11
A-3 Ergebnisse	12
A-3.1 Gewässertemperaturen während des Sommers	12
<i>A-3.1.1 Toplitzbach</i>	12
<i>A-3.1.2 Stimitzbach</i>	13
<i>A-3.1.3 Grundlseer Traun</i>	13
<i>A-3.1.4 Vereinigte Traun, Kainischtraun und obere Koppentraun</i>	15
A-3.2 Abundanz und Verhalten Bachforelle während des Sommers	16
<i>A-3.2.1 Toplitzbach</i>	16
<i>A-3.2.2 Stimitzbach</i>	18
<i>A-3.2.3 Grundlseer Traun</i>	18
<i>A-3.2.4 Altausseer Traun</i>	19
<i>A-3.2.5 Vereinigte Traun</i>	20
<i>A-3.2.6 Kainischtraun und Koppentraun</i>	21
A-3.3 Niederschlag und Abfluss	22
A-4 Diskussion	24
A-4.1 Thermischer Stress der Bachforelle	24
A-4.2 Mögliche Anpassungsstrategien	25
<i>A-4.2.1 Fließgewässermorphologie</i>	25
<i>A-4.2.2 Fischereimanagement</i>	26
Literaturverzeichnis	28
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	30

Kurzfassung

In den Oberläufen alpiner Fließgewässer sind in Österreich vor allem Bachforellen beheimatet, welche optimal an die kalten, sauerstoffreichen und strömungsintensiven Bäche angepasst sind. Aufgrund steigender Temperaturen ist eine Verkleinerung der Forellenregion bzw. eine Verschiebung der Lebensräume in höhere Regionen wahrscheinlich. Wie sich jedoch das Verhalten von Bachforellen während hoher Temperaturen im Sommer verändert und ob Anpassungsstrategien entwickelt werden können um die Auswirkungen der Klimaänderung zu minimieren ist weitgehend unklar. Im Rahmen dieses StartClim-Projektes wurden Beobachtungen der Bachforelle und Temperaturmessungen in den verschiedenen Fließgewässern der Oberen Traun im Sommer 2013 durchgeführt. Aufgrund des Einflusses der Seen in dieser Region sind bereits heute besonders hohe Temperaturen und geringe Abflüsse in den Sommermonaten bemerkbar. Die Temperaturmessungen dokumentierten eindeutig zu warme Lebensräume für Bachforellen in der Oberen Traun und negative Auswirkungen auf Wachstum und Mortalität sind wahrscheinlich. Der Einfluss von Grundwasseraustritten in den Bächen hat dabei einen größeren Einfluss auf die Abkühlung alpiner Gewässer als das Ausmaß der Beschattung. Die Verhaltensbeobachtungen zeigen eine Präferenz der Fische für tiefere und kühlere Bereiche im Gewässer bei hohen Temperaturen. Aufgrund von Querbauwerken in den Fließgewässern und aufgrund niedriger Abflüsse im Sommer können solche Abschnitte jedoch nicht immer aufgesucht werden. Bachforellen kompensieren dies mit einer stark eingeschränkten Aktivität während des Tages und Konkurrenz um Raum und Nahrung können die negativen Folgen von hohen Temperaturen noch verstärken. Sinnvolle Anpassungen von Gewässern, in denen Bachforellen thermischen Stress ausgesetzt sind, liegen daher bei der Maximierung von Grundwasserzuflüssen, der Minimierung von Querbauwerken, der Optimierung des Fischereimanagements und bei vielfältigeren Lebensraumstrukturen für Bachforellen.

Abstract

Headwaters of Alpine rivers in Austria are characterized by the predominance of brown trout, which is optimally adapted to coldwater temperatures, high oxygen concentrations and high water flow. Climate change will likely reduce trout habitats, respectively, shift brown trout habitats to higher elevations. However, the consequences of high temperatures on the behavior of brown trout during summer are not well understood despite this could help to develop adaptive strategies to mitigate the effects of climate change. For this purpose, this StartClim-project uses brown trout observations and temperature measurements in the headwaters of the river Traun to evaluate possible adaptive strategies. The characteristic features of the studied area is the warming effect of lakes on river temperatures and consequently higher temperatures, as expected due to climate change, can be already observed today. Measured temperatures showed too warm habitats for brown trout in the study area during summer 2013 and negative effects on fish growth and mortality are very likely. The results of water temperatures reveal that groundwater inflow has a greater cooling effect on Alpine rivers than the spatial extent of shaded areas. Observations of behavioral patterns indicate that brown trout prefers deeper and cooler habitats in the headwaters during summer. Such habitats are, however, not accessible in all areas due to artificial barriers or low discharge levels. Instead, brown trout compensates higher temperatures with reduced activity during daytime. Competition for space and food potentially strengthens the negative effects of high temperatures. Adaptive strategies for areas where water temperatures are too high for brown trout during summer should therefore focus on maximizing groundwater inflow, minimizing barriers in rivers, optimizing fisheries management and enhance the habitat structure for brown trout.

A-1 Einleitung

Fische alpiner Fließgewässer sind aufgrund des Klimawandels höheren Gewässertemperaturen und einem veränderten Abflussregime in den Sommermonaten ausgesetzt (Böhm et al., 2008). In österreichische Fließgewässern wurde ein Anstieg der sommerlichen Gewässertemperatur von 1.5°C über die letzten drei Jahrzehnte beobachtet und eine weitere Gewässererwärmung zwischen 0.7°C und 1,1°C bis zum Jahr 2050 wird erwartet (Schöner et al. 2011; IPCC, 2013). Die Abflussmengen von Fließgewässern im österreichischen Alpenraum zeigten dagegen eine Abnahme in den Sommermonaten über die letzten 30 Jahre, wobei regionale Unterschiede existieren (Schöner et al. 2011).

Der Oberlauf von Fließgewässern (Rhithral) wird vor allem von forellenartigen Fischen (Salmoniden) bewohnt, welche optimal an die kalten, sauerstoffreichen und strömungsintensiven Bäche angepasst sind. Die Bachforelle (*Salmo trutta fario*, L.) ist Namensgeber und Leitfischart der Forellenregion (Fischbiozönose im Epi- und Metarhithral) und von großer ökologischer als auch ökonomischer Bedeutung in österreichischen Fließgewässern. Aufgrund der steigenden Temperaturen im Alpenraum ist generell eine Verschiebung bzw. eine Verkleinerung der Forellenregion zu erwarten (Schmutz, 2008). Höhere Temperaturen in Oberlauf alpiner Fließgewässer können sich potentiell auf Wachstum, Reproduktion, Anfälligkeit auf Krankheiten und Sterberaten von typischen Fischarten, wie der Bachforelle, auswirken und schließlich zu einer Verdrängung durch besser angepasste Spezies führen (Küttel et al., 2002; Schmutz, 2008). Zusätzlich könnten geringere Abflüsse während des Sommers, z.B.: aufgrund von Trockenperioden, das Habitat von Bachforellenpopulationen einschränken und damit die Folgen der Gewässererwärmung noch verstärken.

Da die Bachforelle besonders standorttreu ist und bei niedrigen Wassertemperaturen ein optimales Wachstum aufweist – maximales Wachstum zwischen 13,1°C und 13.9°C und optimaler Wachstumsbereich zwischen 3,3°C und 19,1°C (Küttel et al., 2002; Hari et al., 2006) – ist diese Art besonders von den klimatischen Veränderungen betroffen (Hari et al., 2006; Jonsson & Jonsson, 2009; Jonsson & Jonsson, 2011). Bachforellen wandern meist nur über kurze Strecken zur Laichzeit im Spätherbst und Winter. Extreme Gewässertemperaturen im Sommer könnten zusätzlich zu einem Wanderverhalten in Richtung kühlerer Gewässerzonen führen bzw. einzelne standorttreue Fische stark beeinträchtigen (Hari et al., 2006). Wie sich das Verhalten der Bachforelle in Bezug auf hohe Sommertemperaturen verändert ist jedoch in Österreich bzw. international wenig untersucht (Schmutz, 2008; Jonsson & Jonsson, 2009).

Um die Anpassungsfähigkeit und das Verhalten der Bachforelle auf höhere Temperaturen und einen verminderten Abfluss in alpinen Bächen zu evaluieren können Forellenpopulationen welche bereits heute in warmen Gewässerabschnitten leben untersucht werden. Dafür eignen sich besonders Bach- und Flussabschnitte in der Forellenregion, welche von Seen gespeist werden. Durch die große Fläche stehender Gewässer und die große Wärmespeicherung von Seen kommt es zu einer starken Temperaturerhöhung der Seeausrinne während des Sommers. In Österreich eignen sich besonders Fließgewässer, wie beispielsweise die Traun im Steirischen Salzkammergut. An der Oberen Traun mussten im Sommer 2012 bei hohen Gewässertemperaturen (bis zu ca. 21°C an der Bachsohle) Ausfälle, vor allem großer Bachforellen, verzeichnet werden. Zusätzlich wurde in einigen Gewässerabschnitten eine temporäre Veränderung der Fischartenzusammensetzung beobachtet, welche möglicherweise mit einem thermischen Ausweichverhalten der Bachforelle zusammenhängen könnte. Wie sich das Verhalten von Bachforellen in solchen Regionen bezüglich starken Temperaturerhöhungen verändert kann wichtige Hinweise liefern um nötige Anpassungen in der Flussraumbetreuung und -bewirtschaftung abzuschätzen. Zudem können in solchen Regionen kleinräumige Veränderung der Gewässertemperatur ermittelt werden und damit Erkenntnisse über das thermische Habitat der Bachforelle während des Sommers liefern.

A-1.1 Ziel des Projektes

Dieses StartClim-Projekt dient der Abschätzung des Handlungsbedarfs an der Oberen Traun in Bezug auf hohe Gewässertemperaturen und niedrigen Abflüssen im Sommer und daraus folgende Verhaltensänderungen und Beeinträchtigungen der Bachforelle. Die Ergebnisse sollen helfen wichtige thermische Habitate der Bachforelle zu identifizieren und regionale Einflussgrößen auf die sommerliche Gewässertemperatur der Oberen Traun festzustellen. Die beobachtete Abkühlung bzw. Erwärmung über den räumlichen Verlauf der Fließgewässer in der Oberen Traun wird verwendet um den Einfluss von Beschattung und von kühlen Zuflüssen abzuschätzen. Die beobachtete Aktivität und Anzahl der Bachforellen, sowie das Vorkommen anderer Fischarten dient der Bewertung von Temperatureinfluss auf Ausweichverhalten, Artenzusammensetzung und potentiellen Konkurrenzdruck auf Bachforellen. Die Gewässermorphologie im Einzugsgebiet wird in die Bewertung der Habitatstruktur mit Bezug auf Temperatur und Abflussregime berücksichtigt. Die Erkenntnisse aus den Freilanduntersuchungen werden genutzt um mögliche Anpassungsstrategien für Flussraumbetreuer und -bewirtschafter abzuleiten.

A-2 Material und Methoden

A-2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet an der Oberen Traun liegt in den Kalkhochalpen zwischen 620-720m Seehöhe und umfasst mehrere Fließgewässerabschnitte im Epi- und Metarhithral zwischen Toplitzsee und der Koppentraun oberhalb des Hallstättersees (Toplitzbach, Stimitzbach, Grundlseer Traun, Altausseer Traun, Vereinigte Traun, Kainischtraun und obere Koppentraun; Abb. A-1).

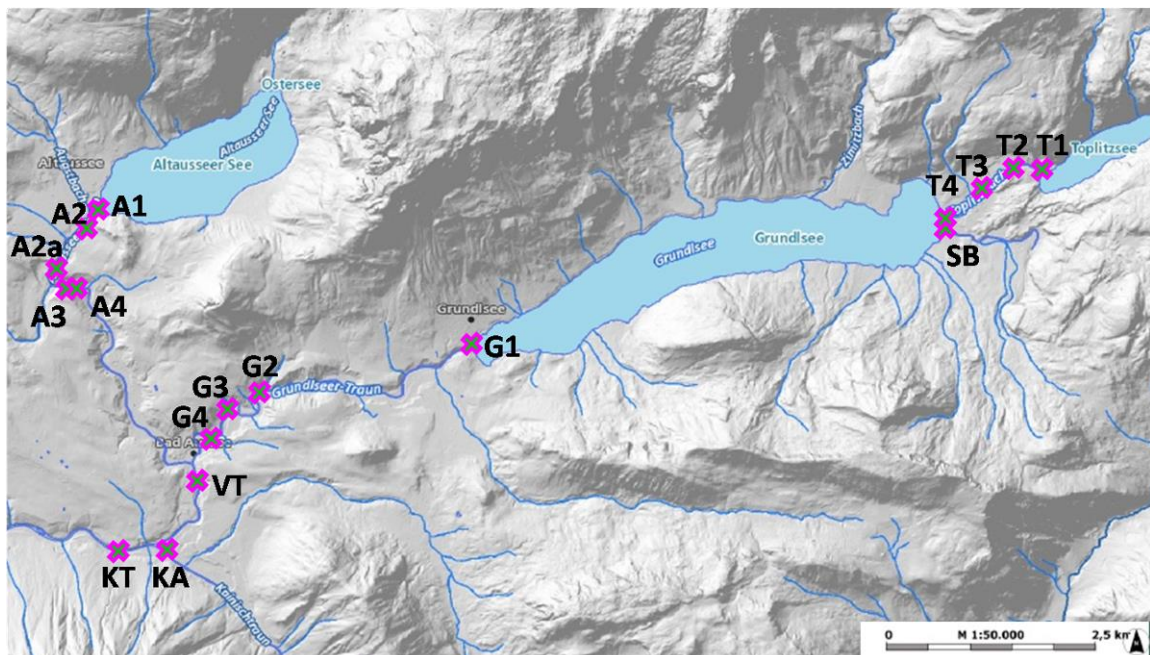


Abb. A- 1: Übersichtskarte der Untersuchungsstellen an der Oberen Traun mit Messungen der Gewässertemperatur und Beobachtungen der Bachforelle in Toplitzbach (T), Stimitzbach (SB), Grundlseer Traun (G), Altausseer Traun (A), Vereinigte Traun (VT), Kainischtraun (KA) und Koppentraun (KT).

Toplitzbach

Der Toplitzbach liegt im Natura-2000 Gebiet des Toten Gebirges (AT2243000) und ist als Fließgewässer des Epirhithrals mit einem sehr gutem Gesamtzustand und einem natürlichem Zustand der Gewässermorphologie klassifiziert (Land Steiermark). Der Toplitzbach entspringt dem Toplitzsee und mündet nach einer Fließstrecke von ca. 1,5 km in den Grundlsee. Im Jahr 2004 wurde der Toplitzbach teilweise restrukturiert um den natürlichen Zustand des Gewässers wieder herzustellen. Dabei wurden einige tiefere Bereiche im Bachbett geschaffen und zudem die Durchwanderbarkeit für Fische zwischen den zwei Seen wieder hergestellt. Die Beschattung des Toplitzbaches ist hoch einzustufen und nur kurze Strecken sind in exponierter Lage mit hoher Sonneneinstrahlung zu finden. Vor allem der untere Abschnitt vor der Mündung in den Grundlsee ist wenig beschattet.

Im Toplitzbach wurden insgesamt 5 tiefere Stellen untersucht (Tabelle A-1), wobei an zwei Stellen (T1, Seeausrinn Toplitzsee; T4, Mündung Grundlsee) kontinuierlich Temperaturmessungen durchgeführt wurden. An allen 5 Untersuchungsstellen wurden Zählungen der Bachforellen durchgeführt. Die Gesamtlänge der untersuchten Gewässerabschnitte betrug 275 Meter.

Tab. A- 1: Übersicht der Untersuchungsstellen Toplitzbach.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
T1	N 47°38'30'', S 13°55'04''	719,1	40
T2	N 47°38'33'', S 13°54'57''	715,8	150
T3	N 47°38'24'', S 13°54'36''	713,1	50
T4	N 47°38'33'', S 13°54'56''	712,5	25
T5	N 47°38'12'', S 13°54'15''	709,3	10

Stimitzbach

Der Stimitzbach ist als Gewässer des Epirhithrals klassifiziert und entspringt dem Toten Gebirge im Bereich der Dengel-Wand (Land Steiermark). Da der Stimitzbach im Unterschied zu den anderen untersuchten Fließgewässern nicht durch einen See gespeist wird und daher sehr niedrige Temperaturen über das ganze Jahr aufweist wurde dieses Gewässer als Referenzstelle in die Untersuchungen einbezogen.

Im Stimitzbach wurden eine kontinuierliche Temperaturmessung bei der Mündung in den Grundsee durchgeführt, sowie Zählungen der Bachforelle auf eine Strecke von 200 Metern vorgenommen. Die Beschattung des Stimitzbaches ist eher gering. Die untersuchte Strecke liegt in exponierter Lage mit hoher Sonneneinstrahlung über den gesamten Verlauf.

Tab. A- 2: Übersicht der Untersuchungsstelle Stimitzbach.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
SB	N 47°38'06'', S 13°54'14''	708,1	200

Grundlseer Traun

Die Grundlseer Traun ist als Gewässer des Metarhithral klassifiziert und weist einen mäßigen bis unbefriedigenden Gesamtzustand auf (Land Steiermark). Die Grundlseer Traun wird zum Großteil durch den Seeausrinn des Grundlseees gebildet und erstreckt sich über ca. 5 km zwischen Grundlsee und dem Zentrum der Kurstadt Bad Aussee. Die einzelnen Gewässerabschnitte zwischen Seeausrinn Grundlsee und Bad Aussee zeigen Großteils strukturell wenig Beeinträchtigung, jedoch existieren auch größere Abschnitte mit starker struktureller Beeinträchtigung bzw. mit naturfernen Zustand der Gewässermorphologie. In der Grundlseer Traun bestehen 4 Querbauwerke die für Fische teilweise nicht passierbar sind. Die Beschattung des Grundlseer Traun ist gering bis mäßig einzustufen. Strecken mit exponierter Lage bezüglich hoher Sonneneinstrahlung sind vor allem in Bereichen mit hoher Verbauung des Bachbettes verbunden. In natürlich belassenen Streckenabschnitten der Grundlseer Traun ist durchwegs eine hohe Beschattung des Fließgewässers gegeben.

In der Grundlseer Traun wurden insgesamt 4 Stellen untersucht (Tabelle 1), wobei an zwei Stellen (G1, Seeausrinn Grundlsee; G4 Cramerpromenade) kontinuierlich Temperaturmessungen durchgeführt wurden. An allen 4 Untersuchungsstellen wurden Zählungen der Bachforellen durchgeführt. Die Gesamtlänge der untersuchten Gewässerabschnitte betrug 390 Meter.

Tab. A- 3: Übersicht der Untersuchungsstellen Grundlseer Traun.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
G1	N 47°37'18'', S 13°49'42''	707,7	65
G2	N 47°37'03'', S 13°48'03''	676,5	60

G3	N 47°36'53'', S 13°47'31''	660,1	150
G4	N 47°36'43'', S 13°49'15''	653,7	115

Altausseer Traun

Die Altausseer Traun wird vorwiegend durch den Seeausrinn des Altausseer Sees gespeist und ist als Gewässer des Metarhithral mit mäßigem Gesamtzustand klassifiziert (Land Steiermark). Die Fließstrecke von ca. 4,5 km erstreckt sich zwischen Altausseer See und dem Zentrum der Kurstadt Bad Aussee. Die Gewässermorphologie ist strukturell stark bis wenig beeinträchtigt und weist insgesamt 9 Querbauwerke auf, welche für Fische teilweise unpassierbar sind. Die Beschattung der Altausseer Traun ist im Vergleich zu den anderen untersuchten Fließgewässern äußerst gering einzuschätzen. Zudem war nach Besichtigung ein hoher Verbauungsgrad der Uferböschung vorwiegend durch Blockwurf offensichtlich.

In der Altausseer Traun wurden insgesamt 5 Stellen untersucht, wobei an 3 Stellen (A1, Seeausrinn Altausseer See; A2a, vor Luptischbach; A3, nach Lupitschbach) kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt wurden. An 4 Untersuchungsstellen wurden Zählungen der Bachforelle durchgeführt. An Stelle A2a wurden aufgrund der geringen Gewässertiefe keine Zählungen durchgeführt. Die Gesamtlänge der untersuchten Gewässerabschnitte betrug 325 Meter.

Tab. A- 4: Übersicht der Untersuchungsstellen Altausseer Traun.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
A1	N 47°38'07'', S 13°46'05''	711,2	240
A2	N 47°37'57'', S 13°45'51''	701,4	10
A2a	N 47°37'43'', S 13°45'43''	697,0	nur Temperaturmessung
A3	N 47°37'39'', S 13°45'45''	689,5	50
A4	N 47°37'40'', S 13°45'56''	686,8	25

Vereinigte Traun

Die Vereinigte Traun wird durch die Grundlseer Traun und der Altausseer Traun im Stadtzentrum von Bad Aussee gebildet. Die Fließstrecke ist durch einen überwiegend naturfernen Zustand der Gewässermorphologie gekennzeichnet und nur ein kleiner Teil kann als strukturell wenig beeinträchtigt angesehen werden (Land Steiermark). Zwei Querbauwerke befinden sich im 1,4 km langen Abschnitt der Vereinigten Traun. Die Vereinigte Traun ist im Stadtgebiet von Bad Aussee mäßig beschattet und weist die größten Gewässertiefen im Untersuchungsgebiet auf.

In der Vereinigten Traun wurden an einer Stelle kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden in einem längeren Gewässerabschnitt mit drei tiefen Stellen Bachforellen gezählt. Die Gesamtlänge der untersuchten Gewässerabschnitte betrug 215 Meter.

Tab. A- 5: Übersicht der Untersuchungsstelle Vereinigte Traun.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
VT	N 47°36'23'', S 13°47'09''	642,7	215

Kainischtraun

Die Kainischtraun wird durch Zusammenfluss von Riedlbach und Ödenseer Traun gebildet und fließt nach einer Strecke von ca. 6,5 km in die Vereinigte Traun. Die Kai-

nischtraun ist ein Bach des Epirhithrals mit mäßigem Gesamtzustand und verfügt über natürliche bis teilweise stark beeinträchtigte Strukturen der Gewässermorphologie (Land Steiermark). Die Beschattung des Unterlaufs der Kainischtraun ist nur gering bis mäßig ausgeprägt.

In der Kainischtraun wurden an einer Stelle kurz vor der Mündung in die Vereinigte Traun kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden in einem kurzen Gewässerabschnitt Bachforellen gezählt. Die Gesamtlänge des untersuchten Gewässerabschnittes betrug 15 Meter.

Tab. A- 6: Übersicht der Untersuchungsstelle Kainischtraun.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
KA	N 47°36'05'', S 13°46'07''	636,1	15

Koppentraun

Die Koppentraun entsteht in Bad Aussee durch den Zusammenfluss von Vereinigte Traun und Kainischtraun und bildet nach ca. 13 km den Hauptzufluss des Hallstätter-sees. Der oberste Teil der Koppentraun nahe dem Stadtgebiet von Bad Aussee, welcher hier untersucht wurde, verfügt über einen unbefriedigenden Gesamtzustand und zeigt eine strukturell wenig bis starke Beeinträchtigung der Gewässermorphologie. Die obere Koppentraun wird nur wenig beschattet und verfügt über mehrere Solstufen, welche für Fische v.a. bei Niedrigwasser nur schwer passierbar sind. Die Gewässertiefe an der oberen Koppentraun ist bei Niedrigwasserstand sehr gering (ca. 30-50 cm)

In der oberen Koppentraun wurden an einer Stelle kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden in einem kurzen Gewässerabschnitt Bachforellen gezählt. Die Gesamtlänge des untersuchten Gewässerabschnittes betrug 15 Meter.

Tab. A- 7: Übersicht der Untersuchungsstelle Koppentraun.

Stelle	Koordinaten	Seehöhe (m)	Länge des Abschnittes (m)
KT	N 47°36'01'', S 13°46'13''	628,3	15

A-2.2 Temperaturmessungen im Gewässer

Temperaturmessungen wurden stündlich mittels Temperatur-Datenlogger an 12 Stellen durchgeführt, wobei die Messungen der einzelnen Datenlogger zeitlich synchronisiert waren. Das verwendete Temperaturmesspaket T.e.M.P benutzt sogenannte "iButtons" der Firma Maxim Integrated, welche bereits in anderen Gewässern erprobt sind und über eine Genauigkeit von 0,0625°C verfügen. Das Temperaturmesspaket wurde vom technischen Büro für Gewässerökologie "Blattfisch" in Kooperation mit der HTL Steyr entwickelt. Die Anbringung der Datenlogger in den einzelnen Gewässerabschnitten der Oberen Traun erfolgte mittels ummantelnden Stahlseilen und Eisenstangen um eine dauerhafte Exposition an der Bachsohle zu gewährleisten und ein "Aufschwimmen" der Datenlogger aufgrund von hohen Strömungen zu verhindern. Um direkte Auswirkungen von Sonnenstrahlung auf die Temperaturaufzeichnung zu vermeiden wurden die Datenlogger ausschließlich in schattigen Bereichen vorwiegend unterhalb von Brücken angebracht.

Stündlich gemessenen Temperaturdaten und mittlere Tagestemperaturen der einzelnen Gewässerabschnitte wurden mit der Temperaturtoleranz von Bachforellen aus Literaturquellen verglichen. Die optimale Wachstumstemperatur von Bachforellen liegt laut Experimenten von Elliot & Hurley (2001) bei 13,5°C ± 0,4°C. Bei Temperaturen unterhalb von 3,3°C ± 0,4°C und oberhalb von 19,1°C ± 0,4°C kommt es zu keinem Wachstum mehr (Elliot & Hurley, 2001). Der Bereich der oberen Letaltemperatur der Bachforelle liegt bei

24,7°C ± 0,5°C bei einer Exposition über einen Zeitraum von 7 Tagen. Bei Temperaturen von 29,7°C ± 0,4°C liegt die absolute Letaltemperatur, bei welcher es zu einer unmittelbaren Mortalität innerhalb von 10 Minuten kommt (Elliott, 1981).

A-2.3 Verhalten und Abundanz der Bachforelle

Das Verhalten und die Abundanz der Bachforellen in den verschiedenen Fließgewässern der Oberen Traun wurden durch direkte Beobachtungen im Gewässer und Unterwasserzählungen, d.h. durch Schnorcheln, zwischen Mitte Juli und Mitte Oktober wöchentlich ermittelt. Die Erhebung von Aktivität und Fischabundanz erfolgte vorwiegend in tieferen Fließgewässerbereichen. Diese Zonen stellen im Sommer das bevorzugte Habitat von Bachforellen dar (Ayllón et al., 2010). Quantitative und qualitative Fischbestandserhebungen verwenden die Methodik der direkten Zählung mittels Schnorcheln meist nur als Begleitmaßnahme (Schotzko et al., 2006). Internationale Studien belegen jedoch den großen Nutzen dieser schonenden Methode. Als Beispiel ist die Studie von Mullner et al. (1998) zu nennen, in der gezeigt wurde, dass die Dokumentation von Abundanz und Längen-Frequenz Verteilungen von Forellen mittels Beobachtungen durch Schnorcheln eine gute, robuste und schonende Alternative zur Elektrofischung ist. Daher wurde diese Methodik in der vorliegenden Untersuchung gewählt um das Verhalten und die Abundanz der Bachforelle während des Sommers in den verschiedenen Fließgewässern der Oberen Traun abzuschätzen. Zusätzlich wurden auch anderer Fischarten im Lebensraum der Bachforelle dokumentiert.

Nach Abschluss der wöchentlichen Unterwasserzählungen wurde für jede Stelle die relative Änderung der gezählten Bachforellen berechnet um zeitliche und räumliche Unterschiede zu ermitteln. Zusätzlich konnte der Mittelwert der relativen Änderung für Toplitzbach, Grundlseer Traun und Altausseer Traun aus den Daten der einzelnen Untersuchungsstellen berechnet werden. In der vergleichenden Auswertung der wöchentlichen Zählungen sind die jeweiligen Verhältnisse von Trübung, Licht und Abfluss berücksichtigt worden und nur Termine mit ähnlichen Bedingungen wurden verwendet. Zählungen in einem Zeitraum innerhalb einer Woche wurden als Mittelwert in die Auswertungen aufgenommen. Die Änderung der Abundanz an den insgesamt 16 Untersuchungsstellen wurden mit den gemessenen Gewässertemperaturen statistisch verglichen (Pearson-Moment-Korrelation) um mögliche Zusammenhänge zwischen Anzahl der Bachforellen und Temperatur zu identifizieren.

A-2.4 Niederschlag und Abfluss

Daten der täglichen Niederschlagssummen und täglichen Abflussmengen wurden vom Hydrographischen Dienst des Landes Steiermark zur Verfügung gestellt. Bei den Daten handelt es sich ausdrücklich um Rohdaten der Messstellen im Einzugsgebiet der Oberen Traun zwischen Juli und November 2013.. Aus den täglichen Niederschlagssummen der Messstellen Gößl (HZB-Nr. 105106), Ödensee (HZB-Nr. 123166) und Grubegg (HZB-Nr. 106021) wurden täglichen Mittelwerten berechnet und für die Auswertung genutzt. Aus den Abflussmessungen mit 15-minütigen Messintervallen an den Stellen Achkogel (=Seeausrinn Grundlsee; HZB-Nr. 210526), Altaussee (=Seeausrinn Altausseer See + Einmündung Augstbach; HZB-Nr. 210542) und Kainisch (=Oberlauf der Kainischtraun; HZB-Nr. 210583) wurde der tägliche mittlere Abfluss berechnet und für die Auswertung verwendet. Ein statistischer Vergleich (Pearson-Moment-Korrelation) von Daten der Abundanz, der Gewässertemperaturen, der Niederschlagsmengen sowie des mittleren Abflusses diente der Einschätzung des möglichen Einfluss von Niederschlag und Abfluss auf Bachforellen.

A-3 Ergebnisse

A-3.1 Gewässertemperaturen während des Sommers

A-3.1.1 Toplitzbach

Die Gewässertemperatur des Toplitzbaches zeigte einen starken Anstieg zwischen Mitte Juli und Anfang August mit einer kurzen Abkühlungsphase Ende Juli. Innerhalb von 17 Tagen nach Beginn der Temperaturlaufzeichnung wurde ein Anstieg um $5,0^{\circ}\text{C}$ der mittleren Gewässertemperatur beobachtet. Am 6. August wurden Maximaltemperaturen von $26,4^{\circ}\text{C}$ beim Seeausrinn des Toplitzsees (Stelle T1) und $24,8^{\circ}\text{C}$ bei der Mündung in den Grundlsee gemessen (Stelle T4). Die gemessenen minimalen Temperaturwerte des Toplitzbaches lagen im Hochsommer, zwischen 15. Juli und 15. August, bei $17,1^{\circ}\text{C}$ bzw. $16,1^{\circ}\text{C}$. Nach der Hitzeperiode im Juli/August kühlte der Toplitzbach stetig ab, jedoch mit zwei kurzen Erwärmungsphasen Mitte August und Anfang September.

Die Abkühlung über die Fließstrecke des Toplitzbaches zwischen 15. Juli bis 15. August betrug im Mittel $1,08^{\circ}\text{C}$ auf einer Strecke von 1.5 km, dies bedeutet eine mittlere Abkühlung um $0,72^{\circ}\text{C}/\text{km}$ im Hochsommer.

Die Temperaturen im Toplitzbach überschreiten an mindestens 32 Tagen die Temperaturgrenze bei der mit negativen Auswirkungen auf das Wachstum von Bachforellen gerechnet werden muss. Der obere letale Temperaturbereich von Bachforellen wurden zwar im Mittel nicht erreicht, jedoch kurzfristig an insgesamt 8 Tagen überschritten. Die absolute Letaltemperatur von Bachforellen wurde im Sommer 2013 nicht erreicht.

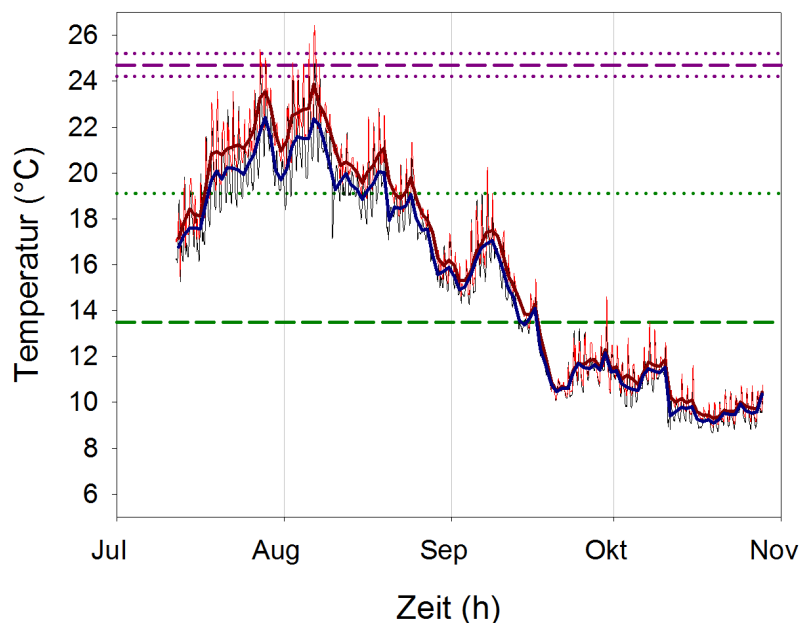


Abb. A- 2: Gewässertemperatur des Toplitzbaches gemessen bei Seeausrinn des Toplitzsees (rote Linien) und kurz vor der Mündung in den Grundlsee (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen.

A-3.1.2 Stimitzbach

Die Gewässertemperatur des Stimitzbaches zeigte nur einen leichten Anstieg im Hochsommer 2013. Sehr niedrige Temperaturwerte von minimal 5,4°C bzw. maximal 7,8°C wurden im Stimitzbach zwischen 15. Juli und 15. August gemessen. Die Hitzeperiode im Juli/August ist jedoch in den Temperaturdaten erkennbar (Abb. A-3).

Über eine Abkühlung bzw. Erwärmung über die Fließstrecke des Stimitzbaches kann keine Aussage getroffen werden, da nur eine Temperaturmessung vorgenommen wurde (Stelle SB).

Die niedrigen Temperaturen sind für das Wachstum der Bachforelle zwar im optimalen Bereich, jedoch weit unterhalb des Temperaturoptimums von $13,5^{\circ}\text{C} \pm 0,4^{\circ}\text{C}$.

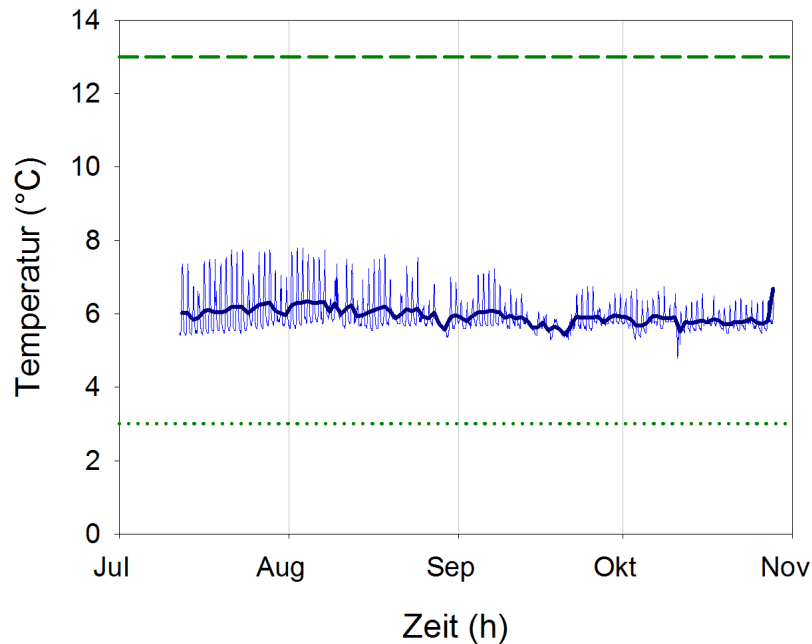


Abb. A- 3: Gewässertemperatur des Stimitzbaches (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie).

A-3.1.3 Grundlseer Traun

Die mittlere Gewässertemperatur der Grundlseer Traun zeigte, ähnlich wie im Toplitzbach beobachtet, einen starken Anstieg zwischen Mitte Juli und Anfang August mit einer kurzen Abkühlung Ende Juli. Die mittlere Erwärmung innerhalb von 17 Tagen nach Beginn der Temperaturaufzeichnung war jedoch im Vergleich mit $9,0^{\circ}\text{C}$ viel stärker ausgeprägt (Abb. A-4). In der Grundlseer Traun wurden am 6. August Maximaltemperaturen von $26,5^{\circ}\text{C}$ im Seeausrinn des Grundlsees (Stelle G1), $26,2^{\circ}\text{C}$ im Bereich des Eisner Stegs (Stelle G2) und $25,8^{\circ}\text{C}$ bei der Cramerpromenade (Stelle G4) im Stadtgebiet von Bad Aussee gemessen. Die minimalen Temperaturwerte der Grundlseer Traun zwischen 15. Juli bis 15. August lagen bei $12,3^{\circ}\text{C}$ im Seeausrinn bzw. bei $12,7^{\circ}\text{C}$ im Stadtgebiet von Bad Aussee. Da die Temperaturmessung an Stelle G2 erst ab 23. Juli ordnungsgemäß erfolgte (Datenlogger wurde durch eine unbekanntes Person entfernt), liegen keine Informationen über die exakten Minimaltemperaturen in diesem Abschnitt vor. Ähnlich dem Temperaturverlauf des Toplitzbaches, zeigte die Grundlseer Traun nach der Hitzeperiode im Juli/August eine stetige Abkühlung mit zwei kurzen Erwärmungsphasen Mitte August und Anfang September (Abb. A-4).

Die Abkühlung über die Fließstrecke der Grundlseer Traun während der wärmsten Zeitperiode (15. Juli bis 15. August) betrug im Mittel $0,74^{\circ}\text{C}$ auf einer Strecke von 4.3 km, dies bedeutet eine mittlere Abkühlung um $0,17^{\circ}\text{C}/\text{km}$ im Hochsommer.

Die Temperaturen in der Grundlseer Traun überschreiten an mindestens 28 Tagen die Temperaturgrenze bei der mit negativen Auswirkungen auf das Wachstum von Bachforellen gerechnet werden muss. Die mittleren Gewässertemperaturen im oberen und mittleren Abschnitt der Grundlseer Traun erreichten in den zwei Hitzeperioden Mitte Juli und Anfang August den Bereich der obere Letaltemperatur von Bachforellen. An insgesamt 7 Tagen wurde kurzzeitig die obere letale Temperatur von Bachforellen an allen drei Temperaturmessstellen überschritten. Die absolute Letaltemperatur von Bachforellen wurde im Sommer 2013 nicht erreicht.

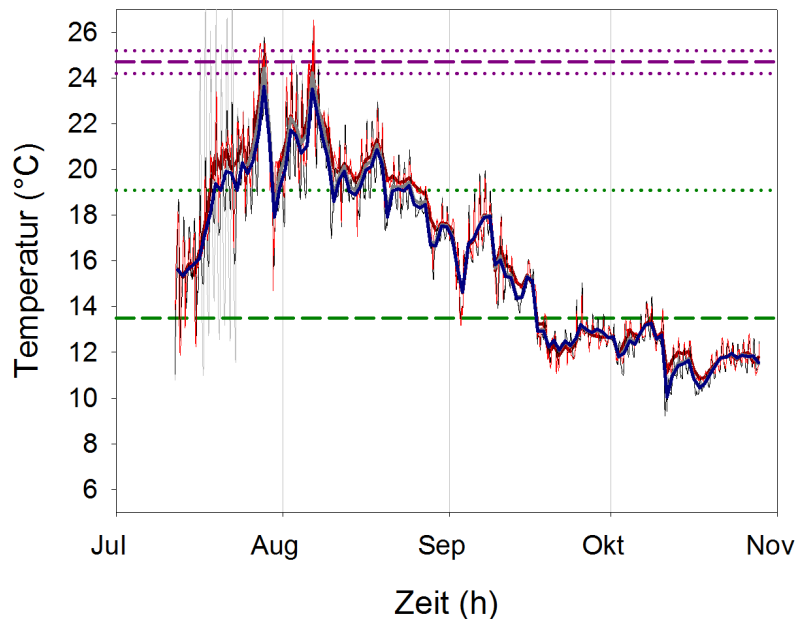


Abb. A- 4: Gewässertemperatur der Grundlseer Traun gemessen im Seeausrinn des Grundlsees (rote Linien), im Bereich des Eisner Stegs (graue Linien) und im Bereich der Cramerpromenade in Bad Aussee (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen.

Altausseeer Traun

Die mittlere Gewässertemperatur der Altausseeer Traun zeigte, ähnlich wie im Toplitzbach und der Grundlseer Traun einen starken Anstieg zwischen Mitte Juli und Anfang August mit einer kurzen Abkühlung Ende Juli. Die mittlere Erwärmung innerhalb von 17 Tagen nach Beginn der Temperaturaufzeichnung lag bei $7,9^{\circ}\text{C}$ (Abb. A-5). In der Altausseeer Traun wurden am 6. August Maximaltemperaturen von $24,8^{\circ}\text{C}$ im Bereich oberhalb des Luptischbaches (Stelle A2a) und $25,0^{\circ}\text{C}$ unterhalb des Lupitschbaches (Stelle A3) gemessen. Im Seeausrinn des Altausseeer Sees (Stelle A1) wurde jedoch schon während des Höhepunktes der ersten Hitzeperiode am 27. Juli eine Maximaltemperatur von $26,2^{\circ}\text{C}$ beobachtet, wobei die weiter unten gelegenen Temperaturmessstellen der Altausseeer Traun etwas kühlere Temperaturen als am 6. August (je $24,2^{\circ}\text{C}$) aufwiesen. Die minimalen Temperaturwerte der Altausseeer Traun zwischen 15. Juli bis 15. August lagen bei $14,1^{\circ}\text{C}$ im Seeausrinn, bei $14,7^{\circ}\text{C}$ oberhalb des Lupitschbaches und bei $15,1^{\circ}\text{C}$ unterhalb des Lupitschbaches. Ähnlich wie der Temperaturverlauf der anderen Fließgewässerabschnitte der Oberen Traun zeigte auch die Altausseeer Traun nach

der Hitzeperiode im Juli/August eine stetige Abkühlung mit zwei kurzen Erwärmungsphasen Mitte August und Anfang September (Abb. A-5).

Die Abkühlung über die Fließstrecke der Altausseer Traun während der wärmsten Zeitperiode (15. Juli bis 15. August) betrug im Mittel $0,56^{\circ}\text{C}$ auf einer Strecke von 1.2 km, dies bedeutet eine mittlere Abkühlung um $0,47^{\circ}\text{C}/\text{km}$ im Hochsommer im oberen Abschnitt der Altausseer Traun.

Die Temperaturen in der Altausseer Traun überschreiten an mindestens 36 Tagen die Temperaturgrenze bei der mit negativen Auswirkungen auf das Wachstum von Bachforellen gerechnet werden muss. Die mittleren Tagestemperaturen erreichten nicht die obere Letaltemperatur von Bachforellen, jedoch wurde kurzfristig an insgesamt 4 Tagen die obere Letaltemperatur von Bachforellen an allen drei Temperaturmesspunkten überschritten. Die absolute Letaltemperatur von Bachforellen wurde im Sommer 2013 nicht erreicht.

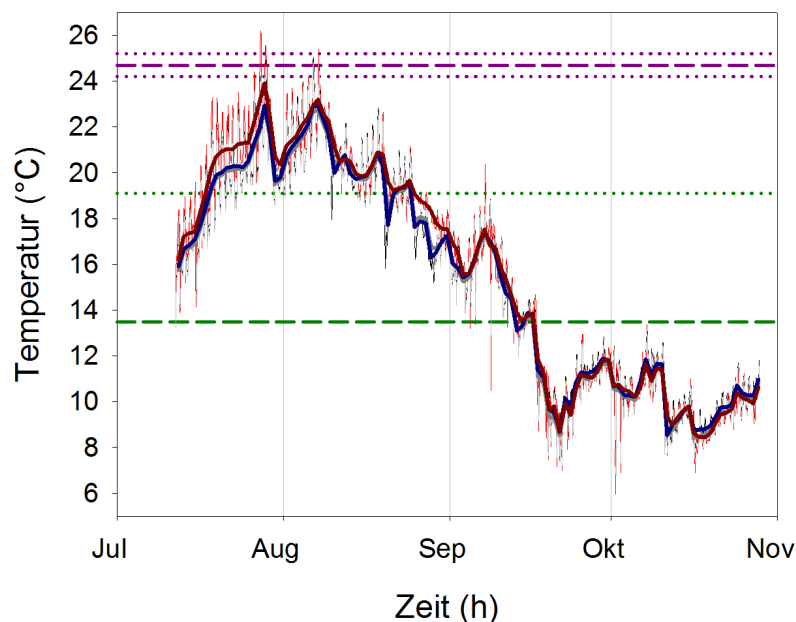


Abb. A- 5: Gewässertemperatur der Altausseer Traun gemessen im Seeausrinn des Altausseer Sees (rote Linien), im Bereich oberhalb des Lupitschbaches (graue Linien), sowie im Bereich unterhalb des Lupitschbaches (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen.

A-3.1.4 Vereinigte Traun, Kainischtraun und obere Koppentraun

Die Temperaturmessungen in Vereinigter Traun, Kainischtraun und oberen Koppentraun zeigte deutlich kühlere mittlere Gewässertemperaturen im Vergleich zu Toplitzbach, Grundlseer Traun und Altausseer Traun. Der Anstieg der Gewässertemperatur in den ersten 17 Tagen nach Untersuchungsbeginn war mit $6,5^{\circ}\text{C}$ in der Vereinigte Traun, mit $2,0^{\circ}\text{C}$ in der Kainischtraun und mit $4,7^{\circ}\text{C}$ in der oberen Koppentraun deutlich geringer als in den anderen drei Fließgewässerabschnitten. Der Temperaturverlauf der Vereinigten Traun zeigte ein ähnliches Muster wie in Toplitzbach, Grundlseer Traun und Altausseer Traun mit einem Anstieg zwischen Mitte Juli und Anfang August, einer kurzen Abkühlungsphase Ende Juli (Abb. A-6). Der Temperaturverlauf in der oberen Koppentraun war dagegen durch deutlich niedrigere Temperaturen und einer höhere Temperaturvariabilität gekennzeichnet (Abb. A-6). Die Gewässertemperatur der Kainischtraun zeigte,

mit Ausnahme des Stimitzbaches, die kühleren Sommertemperaturen in den untersuchten Abschnitten der Oberen Traun (Abb. A-6).

In Vereinigter Traun, Kainischtraun und oberer Koppentraun wurden Maximaltemperaturen am 28. Juli mit 24,2°C, am 3. August mit 15,4°C bzw. am 10. August mit 20,9°C gemessen. Minimaltemperatur der drei Fließgewässer lagen im Zeitraum zwischen 15. Juli bis 15. August bei 11,6°C, 8,4°C bzw. 10,7°C.

Im untersuchten Abschnitt der Kainischtraun und der oberen Koppentraun lagen die Gewässertemperaturen über den gesamten Beobachtungszeitraum stets innerhalb der optimalen Wachstumstemperatur und somit unterhalb der Letaltemperatur von Bachforellen. In der Vereinigten Traun lagen die Gewässertemperaturen hingegen über einen Zeitraum von 17 Tagen über der Grenze des optimalen Temperaturbereiches für das Wachstum von Bachforellen und an zwei Tagen knapp unterhalb der oberen Letaltemperatur. Die absolute Letaltemperatur wurde an allen drei Stellen (VT, KA und KT) im Sommer 2013 nicht erreicht.

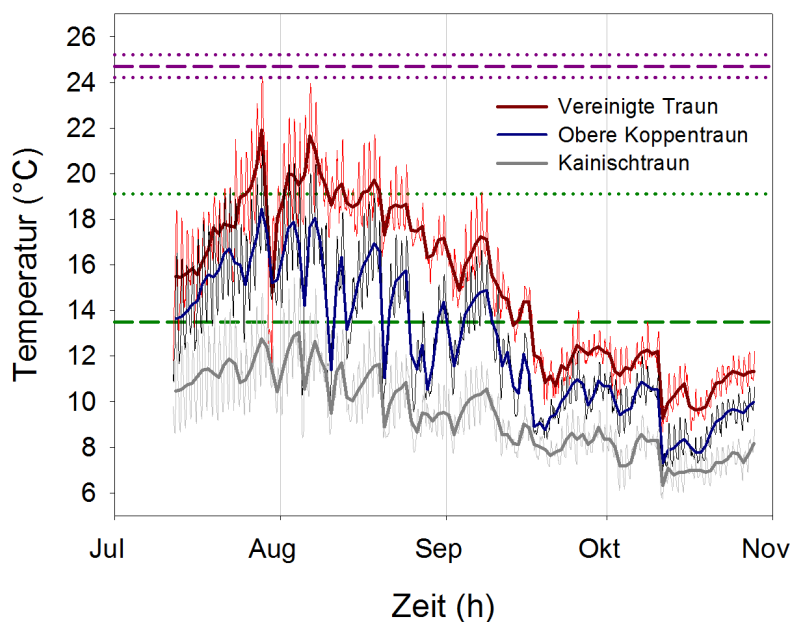


Abb. A- 6: Gewässertemperatur von Vereinigter Traun (rote Linien), oberer Koppentraun (blaue Linien) und der Kainischtraun kurz vor Einmündung in die Vereinigte Traun (graue Linie) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen.

A-3.2 Abundanz und Verhalten Bachforelle während des Sommers

Bei den 14 Terminen der direkten Unterwasserzählungen der Bachforellen in den verschiedenen Zubringern der Oberen Traun wurden im Sommer 2013 insgesamt 8.218 Bachforellen gezählt und beobachtet. Von diesen Zählungen wurden einige Termine aufgrund von unterschiedlichen Verhältnissen in Trübung, Licht bzw. Abfluss ausgeschlossen um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Somit wurden insgesamt 5.382 Bachforellen an 7 unterschiedlichen Terminen zwischen 23. Juli und 8. Oktober 2013 in die Analysen einbezogen.

A-3.2.1 Toplitzbach

Im Toplitzbach wurden an den 5 Untersuchungsstellen im Durchschnitt 211 Bachforellen pro Termin gezählt. Mit Berücksichtigung der untersuchten Strecke von insgesamt 280

Metern ergibt dies eine mittlere Abundanz von 75 Bachforellen pro 100 Meter des untersuchten Gewässerabschnittes.

Die relative Änderung der Abundanz stieg im Durchschnitt Ende Juli um 56% an und bis auf einen kleinen Anstieg Mitte September (+7%) reduzierte sich die Anzahl der Bachforellen an den tieferen Stellen des Toplitzbaches bis Ende September auf etwa die gleiche Anzahl an Bachforellen welche zu Beginn der Untersuchung festgestellt wurde. Anfang Oktober wurde dann nochmals eine Zunahme der Abundanz um 38% beobachtet (Abb. A-7). Betrachtet man die Zählungen an den Untersuchungsstellen im einzelnen sind deutliche Unterschiede erkennbar. Vor allem im unteren Bachlauf mit hoher Sonneneinstrahlung (Stelle T5 und T4) stieg die Anzahl der Bachforellen während der warmen Phase im Juli stärker an als an den anderen Stellen.

Der statistische Vergleich zwischen der Änderung der Bachforellenabundanz an den einzelnen Untersuchungsstellen und der mittleren Gewässertemperatur zeigte nur für die Stelle T3 einen signifikant positiven Zusammenhang (Pearson's $R = 0,824$ mit $p = 0,023$). Es wurden demnach signifikant mehr Bachforellen bei höheren Gewässertemperaturen an der Stelle T3 gezählt.

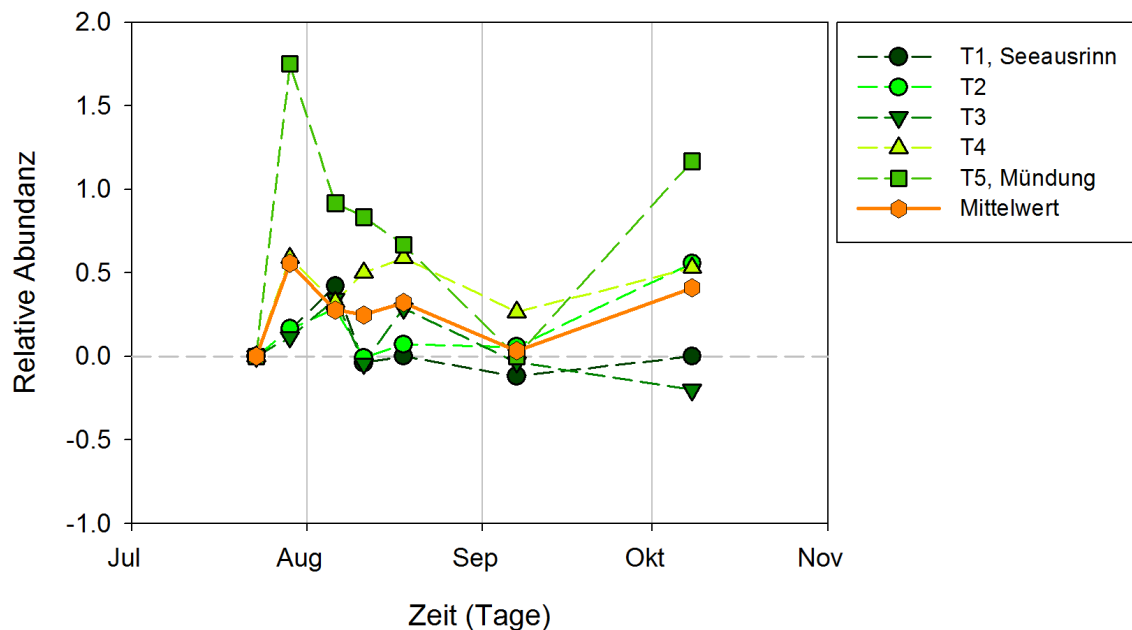


Abb. A-7: Relative Abundanz der Bachforelle an den 5 Untersuchungsstellen im Toplitzbach und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf zeigt eine Zunahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer an, gefolgt von einem Rückgang bei Abkühlung des Gewässers mit einem kurzem Anstieg während einer weiteren Warmphase Mitte August.

Die Beobachtungen bezüglich des Verhaltens der Bachforelle zeigte im Toplitzbach die Präsenz von 2 bis 4 großen Bachforellen (>25cm) in tieferen Gewässerbereichen bzw. bei Unterständen wie z.B.: unter Totholz, Baumwurzeln und unter Felsen am Rand des Fließgewässers. An der Stelle T3 war im Vergleich zu den anderen Untersuchungsstellen eine höhere Anzahl an großen Bachforellen in der tiefen Gewässerzone im Bereich einer Felswand auffällig. Die Temperaturen an dieser Stelle wurden nicht durch Datenlogger aufgezeichnet, waren aber aufgrund des Grundwasseraustrittes an dieser Stelle merklich kühler als in anderen Abschnitten des Toplitzbaches. Generell ist die Größenstruktur der Bachforellenpopulation im Toplitzbach sehr vielfältig von 5 cm bis ca. 35 cm Totallänge.

Anderer vorkommende Fischarten des Toplitzbaches sind vor allem die Aitel (*Squalius cephalus*) in den strömungsberuhigten Abschnitten, wobei junge Aitel in größeren

Schwärmen vorwiegend im August beobachtet wurden (20-80 Individuen). Ab Anfang August wurden junge Elritzen (*Phoxinus phoxinus*), welche in kleinen Schulen den Bach durchwandern (je ca. 20 Individuen) ebenfalls in diesen Abschnitten dokumentiert. Einzelne Individuen des Flussbarsches (*Perca fluviatilis*) wurden während des Sommers an allen Untersuchungsstellen des Toplitzbaches gesichtet, wobei eine höhere Anzahl im Seeausrinn beobachtet wurde. Die Koppe (*Cottus gobio*) wurde sehr vereinzelt in strömungsintensiveren Abschnitten gesichtet.

A-3.2.2 Stimitzbach

Im Stimitzbach wurden sehr wenige Bachforellen auf einer 200 Meter langen Strecke beobachtet. Die höchste Abundanz mit 5 Bachforellen wurde am 6. August festgestellt und die geringste Anzahl am 11. August mit nur einem Individuum. Im Durchschnitt lag die Abundanz in dem untersuchten Abschnitt bei 3 Bachforellen. Aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungen wurden keine relative Abundanz bzw. keine statistischen Analysen für den Stimitzbach berechnet.

Die Verhaltensbeobachtungen der einzelnen gesichteten Bachforellen zeigte eine sehr geringe Aktivität der ansässigen Fische. Auffällig war das Überangebot an Nahrung für Raubfische, wie der Bachforelle, in Form von Köcherfliegenlarven welche hier ein Massenauftreten während des Sommers aufweisen. Trotz des guten Nahrungsangebotes wurden aber nur sehr wenige Fische beobachtet. Neben der Bachforelle konnten noch fallweise Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus*) dokumentiert werden, ansonsten war keine andere Fischart im Stimitzbach nachweisbar.

A-3.2.3 Grundlseer Traun

In der Grundlseer Traun wurden an den 4 Untersuchungsstellen im Durchschnitt 92 Bachforellen pro Termin gezählt. Mit Berücksichtigung der untersuchten Strecke von insgesamt 390 Metern ergibt dies eine mittlere Abundanz von 24 Bachforellen pro 100 Meter des untersuchten Gewässerabschnittes. 2 tote Exemplare ohne ersichtliche äußere Verletzung mit einer Totallänge von ca. 25 cm wurden am 23. und 24. Juli gefunden.

Die Anzahl der Bachforellen in der Grundlseer Traun stieg Ende Juli im Durchschnitt um 19% an und reduzierte sich danach bis Mitte August um 46%. Im September wurde wieder die gleiche Anzahl an Bachforellen beobachtet wie zu Beginn der Untersuchung. Anfang Oktober wurden 33% mehr Bachforellen als im September beobachtet (Abb. A-8). Betrachtet man die Zählungen an den Untersuchungsstellen im einzelnen zeigt sich ein einheitliches Muster an den Untersuchungsstellen mit Ausnahme der Stelle G4. Im Unterschied zu den anderen Abschnitten der Grundlseer Traun, an denen eine Abnahme der Abundanz im August festgestellt wurde, stieg die Anzahl an Stelle G4 um ca. 25%. An dieser Stelle befindet sich ein unüberwindbares Querbauwerk in Form eines Kleinwasserkraftwerkes, welches Wanderungen von Bachforellen flussaufwärts verhindert.

Der statistische Vergleich zwischen der Änderung der Bachforellenabundanz an den einzelnen Untersuchungsstellen und der mittleren Gewässertemperatur zeigte nur für die Stelle G3 einen signifikant negativen Zusammenhang (Pearson's $R = -0,808$ mit $p = 0,028$). Es wurden demnach signifikant weniger Bachforellen bei höheren Gewässertemperaturen an der Stelle G3 gezählt.

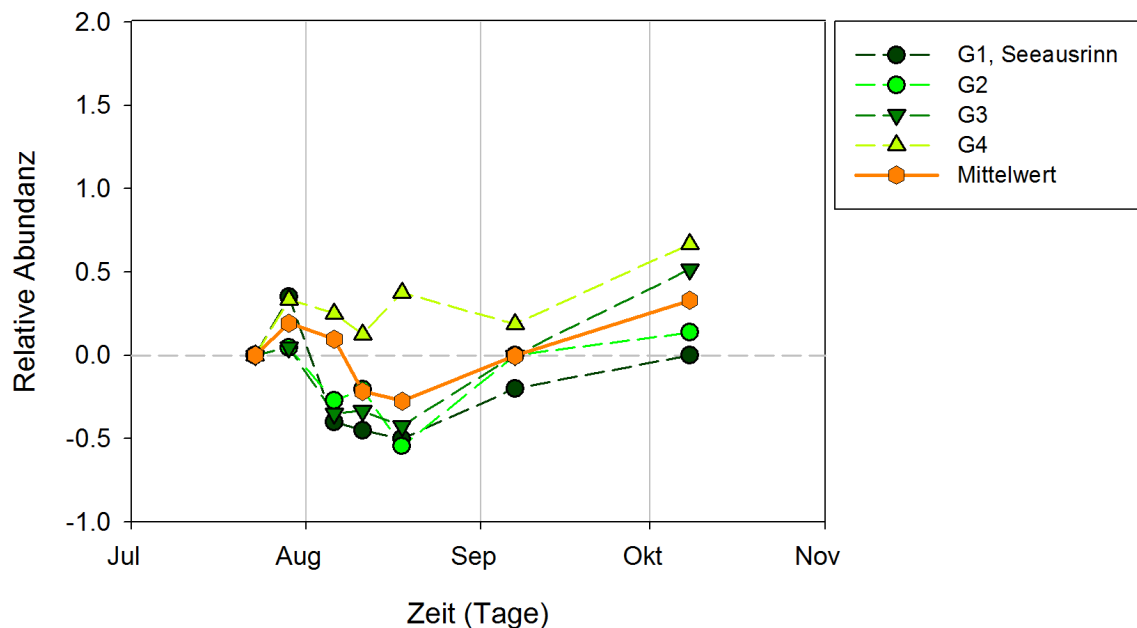


Abb. A- 8: Relative Abundanz der Bachforelle an den 4 Untersuchungsstellen in der Grundlseer Traun und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf deutet eine leichte Zunahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer an, gefolgt von einem Rückgang bei Abkühlung des Gewässers.

Die Verhaltensbeobachtungen in der Grundlseer Traun zeigte das vor allem große Bachforellen (>25 cm), welche vorwiegend im Bereich des Seeausrines und der Stelle G3 gesichtet wurden, weniger Aktivität Ende Juli bzw. Anfang August aufweisen und sich häufiger unter größeren Steinen und Felsen ausruhen. Im Unterschied zum Toplitzbach werden fast ausschließlich Unterstände in den tiefen Gewässerbereichen aufgesucht, somit werden Unterstände in Flachwasserbereichen, soweit vorhanden, weniger genutzt.

Andere nachgewiesene Fischarten der Grundlseer Traun im Bereich des Seeausrines sind Seeforellen (*Salmo trutta f. lacustris*), Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*), Saibling, Aitel und sehr vereinzelt Äsche (*Thymallus thymallus*) und Koppe. In den anderen drei Untersuchungsstellen war neben der Bachforelle stets die Regenbogenforelle vorhanden.

A-3.2.4 Altausseer Traun

In der Altausseer Traun wurden an den 4 Untersuchungsstellen im Durchschnitt 137 Bachforellen pro Termin gezählt. Mit Berücksichtigung der untersuchten Strecke von insgesamt 385 Metern ergibt dies eine mittlere Abundanz von 36 Bachforellen pro 100 Meter des untersuchten Gewässerabschnittes. Laut mündlicher Auskunft von Fischern wurden Ende Juli vermehrt tote Individuen in der Altausseer Traun beobachtet, eigene Beobachtungen liegen jedoch nicht vor.

Die durchschnittliche Anzahl an beobachteten Bachforellen reduzierte sich in der Altausseer Traun um bis zu 40% während der hohen Gewässertemperaturen im Juli und August. Mitte August war die Anzahl der Bachforellen wieder annähernd gleich wie zu Beginn der Untersuchung. Danach stieg die Bachforellenabundanz um ca. 25% bis Anfang September bzw. um ca. 47% bis Anfang Oktober. Betrachtet man die einzelnen Zählungen in der Altausseer Traun zeigt sich ein ähnliches Muster der relativen Abundanz an allen 4 Untersuchungsstellen (Abb. A-9).

Der statistische Vergleich zwischen Bachforellenabundanz an den einzelnen Untersuchungsstellen und der mittleren Gewässertemperatur der Altausseer Traun zeigte signifikante Zusammenhänge zwischen Temperatur und Abundanz mit Ausnahme von Stelle A3. Die Korrelation zwischen Abundanz und Temperatur an den Stellen A1 (Pearson's R = -0,860 mit $p = 0,013$), A2 (Pearson's R = -0,918 mit $p = 0,004$) und A4 (Pearson's R = -0,894 mit $p = 0,006$) war stets signifikant negativ.

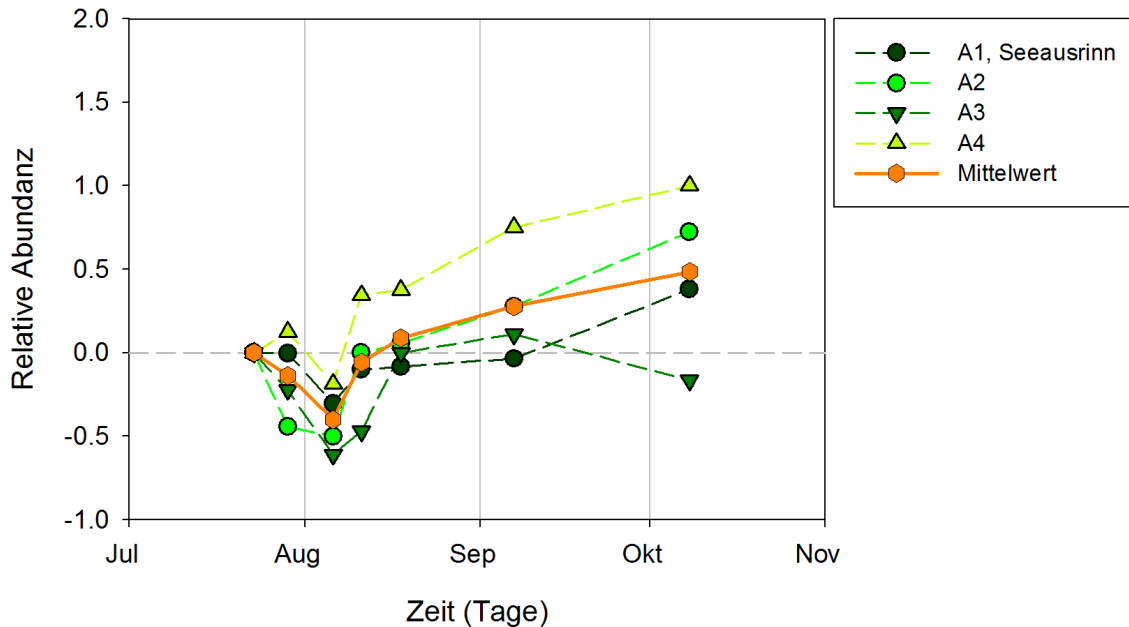


Abb. A- 9: Relative Abundanz der Bachforelle an den 4 Untersuchungsstellen in der Altausseer Traun und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf zeigt eine Abnahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer, gefolgt von einem Anstieg bei Abkühlung des Gewässers.

Das Verhalten der Bachforelle in der Altausseer Traun zeigte ähnlich zu den Beobachtungen in der Grundlseer Traun eine verminderte Aktivität vor allem von größeren Fischen während der Zeitperiode der hohen Gewässertemperaturen. An der Stelle A2 und A3 wurden generell nur kleinerer Exemplare mit einer Totallänge von ca. 15 cm beobachtet. Große Bachforellen (>30 cm) waren in der Altausseer Traun im Vergleich zu allen anderen untersuchten Strecken der Oberen Traun selten.

Andere Fischarten der Altausseer Traun, welche nur sehr vereinzelt gesichtet wurden, waren Regenbogenforelle, Äsche, Saibling und Aitel.

A-3.2.5 Vereinigte Traun

In der Vereinigten Traun wurden an einer 215 Meter langen Strecke im Durchschnitt 38 Bachforellen pro Termin gezählt. Mit Berücksichtigung der untersuchten Strecke von insgesamt 200 Metern ergibt dies eine mittlere Abundanz von 19 Bachforellen pro 100 Meter des untersuchten Gewässerabschnittes.

Die Anzahl der beobachteten Bachforellen reduzierte sich in der Vereinigten Traun nach Untersuchungsbeginn um 14% und stieg Anfang August wieder um 11% an. Bei den darauffolgenden Zählung verringerte sich die Abundanz kurzfristig um 47% und stieg danach wieder auf 14% bzw. 18% über der Abundanz zu Beginn der Untersuchung. Zwischen September und Oktober wurde ein deutlicher Anstieg der Abundanz um 46% beobachtet (Abb. A-10).

Der statistische Vergleich zwischen Bachforellenabundanz und der mittleren Gewässertemperatur in der Vereinigten Traun zeigte einen signifikanten negativen Zusammen-

hang zwischen Temperatur und Abundanz (Pearson's $R = -0,789$ mit $p = 0,035$), d.h. je höher die Temperatur desto geringer die Anzahl der beobachteten Bachforellen.

Im Abschnitt der Vereinigten Traun waren große Bachforellen besonders häufig und die größten Exemplare im Untersuchungsgebiet wurden hier gesichtet. Wie schon in Grundlseer Traun und Altausseer Traun beobachtet, war die Aktivität der großen Fische während hoher Gewässertemperaturen deutlich vermindert. Ruhezone in Spalten und unter Felsvorsprüngen wurden in größeren Tiefen (bis zu 5 Meter) bevorzugt. Der starke Rückgang bei den gezählten Bachforellen Mitte August war vorwiegend durch die Abwesenheit der großen Individuen (Totallänge bis ca. 45 cm) bedingt. Im Unterschied zu Kainischtraun und Koppentraun war die Sichtweite in der Vereinigten Traun zu diesem Zeitpunkt ausgezeichnet.

Andere Fischarten der Vereinigten Traun waren vorwiegend Regenbogenforellen. Vereinzelt wurden auch Koppen, Seeforellen und Äschen gesichtet.

A-3.2.6 Kainischtraun und Koppentraun

In der unteren Kainischtraun und der oberen Koppentraun wurden durchschnittlich 10 bzw. 5 Bachforellen in einem Bereich von jeweils 15 Metern gezählt. Mit Berücksichtigung der untersuchten Strecke ergibt dies eine mittlere Abundanz von 67 Bachforellen pro 100 Meter bzw. 33 Bachforellen pro 100 Meter in Kainischtraun und oberer Koppentraun. Aufgrund der eher kurzen Untersuchungsstrecken und der geringen Anzahl an tiefen Gewässerbereichen sind diese Werte jedoch nicht auf die gesamte Kainischtraun bzw. obere Koppentraun übertragbar. Mitte August waren Zählungen aufgrund starker Trübung in Kainischtraun und Koppentraun nicht möglich.

Die Anzahl der Bachforellen ging Ende Juli in den zwei Gewässerabschnitten zurück, wobei die Reduktion in der oberen Koppentraun mit ca. 50% weniger Fische stärker ausgeprägt war als in der Kainischtraun (Abb. A-10). Anfang August stieg die Abundanz an beiden Stellen jedoch wieder an. Ab Mitte August wurden stets geringere Mengen an Bachforellen in der Kainischtraun beobachtet als zu Untersuchungsbeginn. In der Koppentraun stieg dagegen die Abundanz bis Anfang September an. In Kainischtraun und Koppentraun war im Oktober, im Unterschied zu allen anderen Gewässerabschnitten, ein Rückgang bzw. eine geringere Abundanz als zu Beginn der Untersuchung ersichtlich (Abb. A-10).

Der statistische Vergleich zwischen der Änderung der Bachforellenabundanz an den Untersuchungsstellen und der mittleren Gewässertemperatur der Kainischtraun und oberen Koppentraun zeigte keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Temperatur und Abundanz.

Verhaltensbeobachtungen in Kainischtraun und Koppentraun gestalteten sich aufgrund der geringen Gewässertiefe als schwierig. Dennoch war eine Zunahme an Bachforellen in der Kainischtraun Anfang August deutlich bemerkbar (Abb. A-10). In der Koppentraun verschwanden dagegen die großen Exemplare im selben Zeitraum.

Andere Fischarten in Kainischtraun und Koppentraun waren vorwiegend die Regenbogenforelle und vereinzelt auch die Äschen.

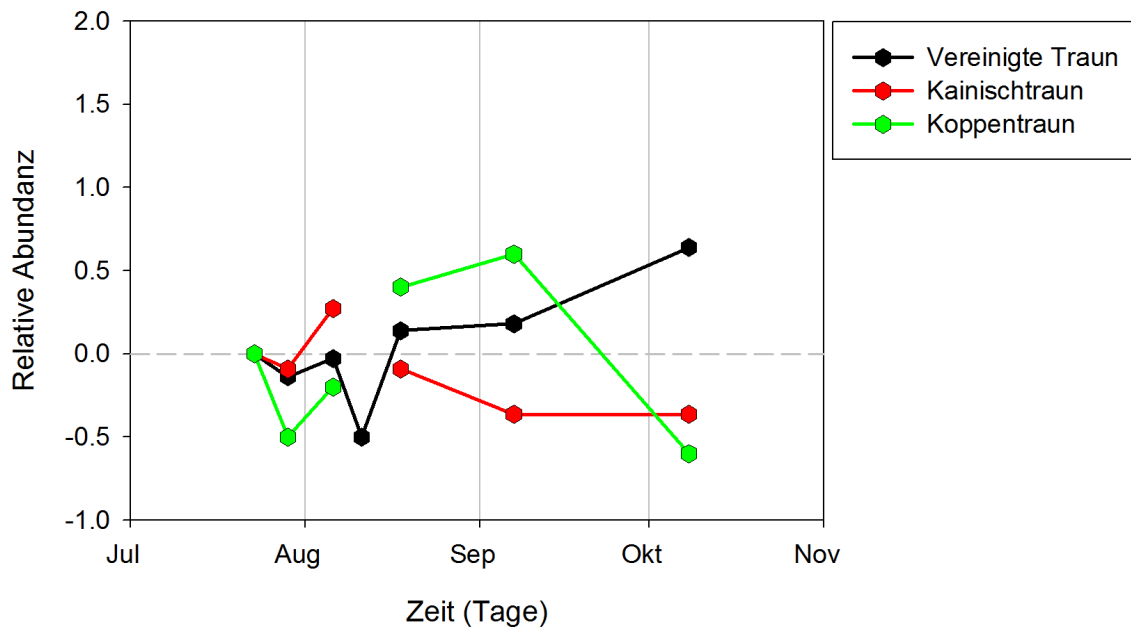


Abb. A- 10: Veränderung der relativen Abundanz der Bachforelle an den Untersuchungsstellen in Vereinigter Traun, Kainischtraun und oberer Koppentraun.

A-3.3 Niederschlag und Abfluss

Aufgrund sehr starker Niederschlagsmengen Ende Mai bzw. Anfang Juni 2013 kam es zu einem Hochwasserereignis im Einzugsgebiet der Oberen Traun. Die vorliegenden Ergebnisse der Abundanz von Bachforellen zwischen Juli und Oktober zeigen deutlich die Widerstandsfähigkeit von Bachforellen gegenüber solchen Ereignissen. So wurden zwei bis drei Monate nach dem Hochwasser in allen Gewässerabschnitten Bachforellen dokumentiert, auch in isolierten Streckenabschnitten die aufgrund von Querbauwerken für Fische nicht durchwanderbar sind. Ob das Vorkommen von Bachforellen in isolierten Habitaten durch hochwasserbedingte Drift flussabwärts bedingt ist kann nicht ausgeschlossen werden. Wie das Hochwasser vom Juni 2013 die Abundanz der Bachforellen in den einzelnen Fließgewässern beeinflusst hat ist aufgrund fehlender Vergleichswerte jedoch nicht möglich.

Die Auswertung von mittleren täglichen Niederschlagssummen mit mittleren täglichen Abflusssummen zeigte einen unterschiedlich starken Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die zeitliche Änderung von Abflussmengen in Kainischtraun, Grundlseer Traun und Altausseer Traun. Abflüsse der Kainischtraun reagieren schnell auf Niederschlagsereignisse im Unterschied zu Altausseer Traun und Grundlseer Traun. Dieser Unterschied beruht vorwiegend auf der Speicherwirkung der Seen (Abb. A-11). Mit zunehmender Distanz zu Seeausrinnen nimmt die Variabilität des Abflusses aufgrund von Niederschlagsereignissen zu, da sich die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet verstärkt auf den Abfluss auswirken.

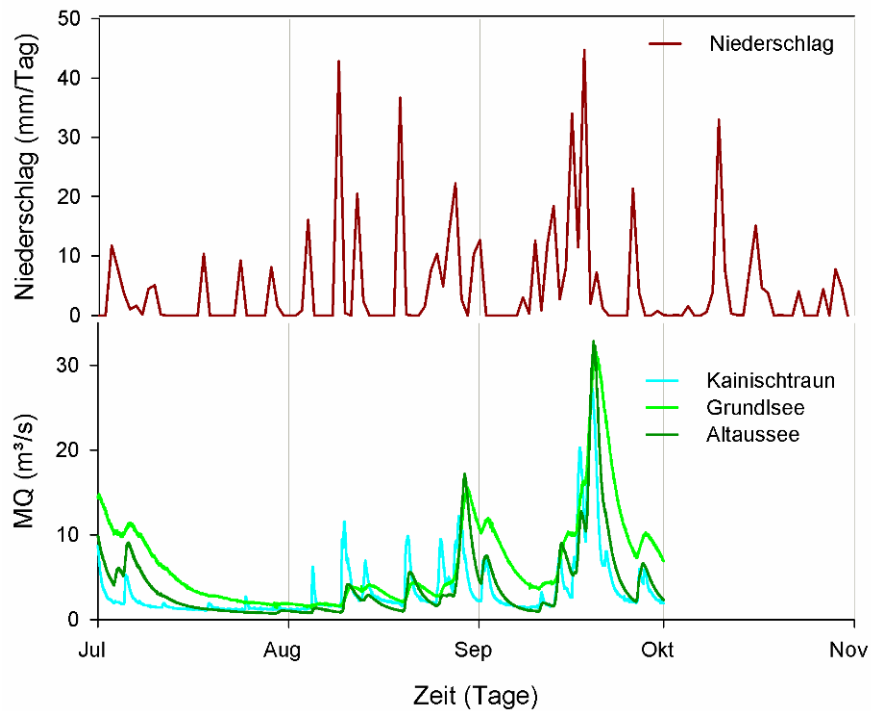


Abb. A- 11: Tägliche Niederschlagssummen im Einzugsgebiet der Oberen Traun (rote Linie) und tägliche mittlere Abflussmengen MQ in Kainischtraun (blaue Linie), Seeausrinn des Grundlsee (hellgrüne Linie) und Altaussee Traun im Bereich der Einmündung des Augstbaches (blaue Linie) zeigen den unterschiedlichen Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die zeitliche Verzögerung in der Änderung des Abflusses.

Ein Vergleich von Abflussmengen und gemessenen Gewässertemperaturen zeigte eine signifikant negative Korrelation an allen Untersuchungsstellen, wobei dieser Zusammenhang die logische Konsequenz des Einflusses von Hitzeperioden mit geringem Niederschlag auf die Abflussmenge und die Gewässertemperatur ist. Der direkte statistische Vergleich zwischen täglichen Abflussmengen, täglichen Niederschlagssummen und der beobachteten Anzahl an Bachforellen an den 16 Untersuchungsstellen zeigte dagegen keinen signifikanten Zusammenhang.

A-4 Diskussion

A-4.1 Thermischer Stress der Bachforelle

Die Beobachtungen der Bachforelle, der Temperaturverhältnisse und des Abflussregimes in den Fließgewässern der Oberen Traun belegen den thermischen Stress für Bachforellen während Hitzeperioden am Beispiel des Sommers 2013. Die Dokumentation der Gewässertemperatur zeigte eindeutig zu hohe Werte während des Sommers für Bachforellen in Toplitzbach, Grundlseer Traun, Altausseer Traun und Vereinigter Traun. Negative Auswirkungen auf Wachstum und Mortalität der Bachforellen sind bei beobachteten Temperaturen von bis über 26°C zu erwarten. Da Bachforellen das höchste Wachstum während der Sommermonate aufweisen und die Fische in dieser Zeit Energiereserven für die Fortpflanzung im Herbst anlegen, könnte auch die Reproduktion beeinträchtigt werden und somit die Populationsdynamik beeinflussen (Swift, 1955; Bagenal, 1969; Elliott, 1994; Klemetsen 2003). Die Ursache für die erhöhte Sterblichkeit von Bachforellen in Altausseer Traun und Grundlseer Traun, wie Ende Juli 2013 beobachtet (lt. mündlicher Auskunft von Fischern und eigenen Beobachtungen), liegt wahrscheinlich an dem raschen Anstieg der Gewässertemperatur über einen relativen kurzen Zeitraum (z.B.: 9°C innerhalb von 17 Tagen in der Grundlseer Traun). Ob Gewässertemperaturen zu einer erhöhten Mortalität führen hängt einerseits von der artspezifischen Temperaturtoleranz und andererseits von der zeitlichen Exposition der Fische und der zeitlichen Änderung der Temperatur ab (Elliott, 1994; Elliott & Elliott, 1995). Ein schneller Temperaturanstieg ist daher problematisch und kann schon innerhalb des Toleranzbereiches von Bachforellen zu einer unmittelbaren Mortalität führen (Jonsson & Jonsson, 2009).

Die beobachtete geringere Aktivität während hoher Gewässertemperaturen, vor allem von großen Bachforellen, ist mit einem höheren energetischen Bedarf der Fische zu erklären. Eine Verlagerung der Hauptaktivität von Bachforellen in die kühleren Nachtstunden und eine verstärkte Ruhephase während des Tages kann dabei im Sommer eine wichtige Rolle spielen um den erhöhten Energiebedarf zu kompensieren (Young, 1999). Die verminderte Aktivität und das vermehrte Aufsuchen von Verstecken könnte die Zählungen der Bachforelle in dieser Untersuchung negativ beeinflusst haben. Jedoch zeigte sich an den tieferen Stellen in Toplitzbach, Stimitzbach, Grundlseer Traun und Kainischtraun keine Abnahme, sondern eine Zunahme der Abundanz während der wärmsten Zeitperiode Ende Juli und Anfang August. Daher ist eine bevorzugte Präferenz von tiefen und kühlen Habitaten bei hohen Temperaturen wahrscheinlich. Der signifikant positive Zusammenhang zwischen Temperatur und Abundanz an der tiefen grundwasserbeeinflussten Stelle T3 im Toplitzbach verdeutlicht diese Präferenz. Der beobachtete negative Zusammenhang von Abundanz und Temperatur an der Stelle G3 in der Grundlseer Traun ist gesondert zu behandeln, da dort vor Untersuchungsbeginn ein Querbauwerk aufgelöst worden ist. Ende Juli wurde an dieser Stelle die Vertiefung der Bachsohle durch Aushub von Schotter durchgeführt. Somit ist der Rückgang an Bachforellen während der warmen Temperaturen an dieser Stelle eher durch die Umbaumaßnahmen zu erklären. In Vereinigter Traun und Altausseer Traun konnte ebenfalls eine signifikant geringere Anzahl von Bachforellen bei hohen Temperaturen beobachtet werden. Aufgrund der kleinräumig stark eingeschränkten Durchgängigkeit dieser zwei Fließgewässer ist ein Wanderverhalten in kühlere Bereiche dort unwahrscheinlich und Bachforellen reagieren an diesen Stellen auf die hohen Temperaturen mit Ruhephasen in Verstecken unter Steinen und Felsen. Insgesamt ist daher anzunehmen, dass kleinräumige Abwanderungen in kühlere Habitate von Bachforellen unternommen werden, wenn solche Bereiche vorhanden sind und die Durchgängigkeit des Gewässers gegeben ist.

Zusätzlich zu den hohen Gewässertemperaturen sind die Abflüsse während der Sommermonate in der Oberen Traun sehr gering und beschränken die Größe des verfügbaren Habitats bzw. die Durchwanderbarkeit der untersuchten Fließgewässer. Ein vermindelter Lebensraum erhöht potentiell die Konkurrenz und kann zu dichteabhängigen Kompensation des Wachstums von Forellen führen (Jenkins et al., 1999; Vøllestad et al. 2002). Zudem sind auch direkte Zusammenhänge zwischen Wachstum und Abfluss, vorwiegend bei juvenilen Bachforellen, bekannt (Nislow & Armstrong 2012). Durch den Zusammenhang von hoher Gewässertemperatur und niedrigem Abfluss kann dies den negativen Effekt von hohen Temperaturen auf das Wachstum verstärken und somit auch Konsequenzen für die Populationen in der Oberen Traun haben.

Ein weiterer Einflussfaktor auf Bachforellenpopulationen aufgrund höherer Temperaturen bzw. aufgrund des Einflusses von Seen ist die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft. Dabei ist anzumerken, dass Fließgewässer welche stark von Seen beeinflusst werden über eine höhere Produktivität verfügen als vergleichbare Fließgewässer ohne Beeinflussung von Seen und deshalb auch potentiell höhere Fischdichten beherbergen können (Jones, 2010). In Bereichen von Seeausrinnen sind häufig mehr Fischarten vorhanden (Melcher, 2013) und daher kommt es zu einer erhöhten Konkurrenz um Raum und Nahrung. In der vorliegenden Untersuchung wurden typische Fischarten der Seen (z.B.: Seesaibling, Elritze, Aitel) vorwiegend in ruhigen Gewässerzonen mit einer eher geringeren Distanz zu Seeausrinn bzw. zu Seemündung festgestellt. Die meisten "See-Fische" wurden im Toplitzbach dokumentiert, wobei in diesem Fließgewässer auch die höchsten Dichten an Bachforellen beobachtet wurden. Eine Zunahme der Fischarten in den Sommermonaten hatte keinen bemerkbaren Effekt auf die Anzahl der Bachforellen. Räuberische Arten, wie etwa der Flussbarsch, könnten jedoch einen erheblichen Fraßdruck auf junge bzw. kleine Bachforellen ausüben. In allen Gewässerabschnitten der Oberen Traun, mit Ausnahme des Toplitzbaches und Stimitzbaches wurde außerdem das Vorkommen von Regenbogenforellen belegt, unabhängig von der Entfernung zu den Seen. Diese ursprünglich Nordamerikanische Fischart ist als Nahrungskonkurrenz der Bachforelle anzusehen und weist ein ähnliches territoriales Verhalten wie die Bachforelle auf. Darum ist ein negativer Konkurrenzeffekt von Regenbogenforellen auf Bachforellen sehr wahrscheinlich.

A-4.2 Mögliche Anpassungsstrategien

Die Entwicklung von Anpassungsstrategien auf die klimatischen Veränderungen sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse vorwiegend im Bereich der Optimierung der Gewässermorphologie und im Bereich des Fischereimanagements sinnvoll.

A-4.2.1 Fließgewässermorphologie

Anpassung - Berücksichtigung von Grundwasseraustritten

Mit zunehmender Distanz zu den Seeausrinnen konnte eine leichte Temperaturabnahme in allen Fließgewässern der Oberen Traun gemessen werden. Der Beschattungsgrad der verschiedenen Gewässerabschnitte hat dabei offenbar einen eher geringen Einfluss auf die Gewässertemperatur im Vergleich zu Grundwasseraustritten. Der Kühlungseffekt von diesen unterirdischen Zuflüssen war vor allem in den tieferen Gewässerbereichen bemerkbar. Der Abkühlungseffekt über die Fließstrecke war im Toplitzbach am deutlichsten ausgeprägt, gefolgt von Altaussee Traun und Grundlseer Traun. Die Vereinigte Traun wies bemerkenswerterweise viel geringere Temperaturen auf als in Grundlseer Traun und im oberen Abschnitt der Altaussee Traun beobachtet. Daher muss es im Bereich der unteren Altaussee Traun bzw. im Bereich des Stadtgebiets von Bad Aussee kühle Zuflüsse geben, welche zu dieser starken Temperaturabnahme führen. Strategien zur Anpassung auf die klimatischen Veränderungen sollten diese Zuflüsse berücksichtigen und Baumaßnahmen, welche die Bachsohle versiegeln, sind in Hinblick auf steigende Temperaturen daher generell nicht empfehlenswert.

Anpassung - Restrukturierung homogener Bereiche und Schaffung von tiefen Gewässerbereichen

Am Beispiel des restrukturierten Toplitzbaches und der dort beobachteten Bachforellen ist ersichtlich, dass eine heterogene Struktur der Bachsohle mit verschiedenen Unterständen (v.a. unter Totholz) und unterschiedlichen Gewässertiefen positive Wirkung auf die Population haben kann. Dies hat bei geringen Abflussmengen sowie bei erhöhten Abfluss bzw. bei Hochwasser eine Bedeutung da verschiedene hydraulische Mikrohabitate von Bachforellen, je nach Größe bzw. Alter unterschiedlich genutzt werden (Heggenes, 2002; Klemetsen 2003; Ayllón et al., 2010). Unterstände in Ufernähe und tiefere Bereiche in der Bachsohle bieten bei Hochwasserereignissen strömungsarme Mikrohabitate und sind daher entscheidend um einen strömungsbedingten Drift von Bachforellen flussabwärts zu verhindern (Bunt et al., 1999). Bei niedrigen Abflussmengen und hohen Temperaturen können Mikrohabitate mit einer vielfältigen Struktur, zum Beispiel durch einen erhöhten Anteil von Totholz und durch verschiedene Substratgrößen, von einer höheren Anzahl an Bachforellen für Ruhephasen genutzt werden (Huusko & Yrjänä, 1997; Sundbaum & Näslund, 1998). Die Erhaltung bzw. Schaffung von tiefen Gewässerbereichen kann zudem eine bessere Anbindung an Grundwasserzuflüsse schaffen und damit zu einer zusätzlichen Kühlung des Gewässers bzw. der Mikrohabitate beitragen. An der Oberen Traun existieren vor allem in Altausseer Traun, Grundlseer Traun und Vereinigter Traun erhebliche Uferverbauungen. Da diese aufgrund der Infrastruktur nicht einfach aufgelöst werden können wäre eine Restrukturierung innerhalb des bestehenden Bachbetts denkbar. Bei Maßnahmen zur Restrukturierung des Habitats von Bachforellen ist zu bedenken, dass Baumaßnahmen im Sommer einen zusätzlichen Stress für die Fische bedeutet. Daher sind Umbauten entweder über einen kurzen Zeitraum oder bevorzugt in kleinen Schritten oder über mehrere Jahre empfehlenswert.

Anpassung - Durchgängigkeit der Fließgewässer

Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf die Präferenz von kühlen und tiefen Sommerhabitat der Bachforelle hin, wenn diese vorhanden und erreichbar sind. Barrieren in Fließgewässern sollten daher auch aufgrund dieser Beobachtung zunehmend abgebaut werden. (Elliott, 2000; Hari et al., 2006; Zimmer et al., 2010). In den Fließgewässern der Oberen Traun wurden bereits mehrere Querbauwerke rückgebaut um die Durchwanderbarkeit für Fische zu gewährleisten, jedoch existieren noch viele unüberwindbare Hindernisse, vor allem bei geringen Abflussmengen während des Sommers. Bei der Auflösung von Querbauwerken sollte bedacht werden wie sich der Sedimenttransport und eine erhöhte Strömung an diesen Stellen in Zukunft auf die Gewässermorphologie in anliegenden Bereichen auswirkt um wichtige Sommerhabitate der Bachforelle nicht zu gefährden. Eine verbesserte strukturelle Anbindung von kühlen Oberflächengewässern, welche nicht mit den Seen in Verbindung stehen, könnten darüberhinaus zusätzliche kühle Sommerhabitate für Bachforellen schaffen, wie am Beispiel der Kainischtraun ersichtlich ist.

A-4.2.2 Fischereimanagement

Die Anpassung des Fischereimanagements kann einen wesentlichen Beitrag für den Erhalt der Bachforellenpopulation bei zunehmender Erwärmung der Fließgewässer liefern. Die Untersuchungen an der Oberen Traun belegen das Vorkommen von Regenbogenforellen, die in direkter interspezifischer Konkurrenz zur Bachforelle steht. Obwohl seit längerer Zeit keine Regenbogenforellen besetzt werden ist noch immer eine erhebliche Anzahl dieser Fische in Grundlseer Traun, Altausseer Traun, Vereinigter Traun und Koppentraun zu finden. Für die Anpassung an die Folgen des klimatischen Wandels ist der Konkurrenzdruck auf die Bachforelle zu minimieren. Dazu könnten Anreize für Fischer geschaffen werden um die Bestände der Regenbogenforelle zu dezimieren und ein Eigenaufkommen dieser Fischart zu verhindern. Ein weiterer Aspekt des Fischereimanagements ist der Besatz von jungen Bachforellen. Diese Maßnahme wird häufig als Unterstützung der natürlichen Reproduktion eingesetzt, so auch in den Gewässern der

Oberer Traun. Hohe Besatzdichten führen tendenziell zu einer höheren Populationsdichte, welche aufgrund intraspezifischer Konkurrenz negative Folgen auf Wachstum und Mortalität von Bachforellen haben kann. In Hinblick auf geringere Habitatgrößen und höhere Fischdichten in den Sommerhabitaten durch niedrigere Abflussmengen und höhere Temperaturen ist eine Anpassung des Besatzes bzw. der Verzicht auf Besatzmaßnahmen eine logische Konsequenz. Die Dokumentation von Fangmengen und des Wachstums von Bachforellen könnte als Begleitmaßnahme eingesetzt werden um die Auswirkungen eines veränderten Fischereimanagements und der klimatischen Einflüsse zu belegen und gewählte Anpassungsstrategien gegebenenfalls zu optimieren.

Literaturverzeichnis

- Ayllón, D., Almodóvar, A., Nicola, G.G. & Elvira, B. (2010). Ontogenetic and spatial variations in brown trout habitat selection. *Ecology of Freshwater Fish*, 19, 420–432.
- Bagenal, T. B. (1969). The relationship between food supply and fecundity in brown trout *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology*, 1(2), 167-182.
- Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.P., Pirker & O. (Edit.) (2008). Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft. Broschüre des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Bunt, C. M., Cooke, S. J., Katopodis, C., & McKinley, R. S. (1999). Movement and summer habitat of brown trout (*Salmo trutta*) below a pulsed discharge hydroelectric generating station. *Regulated Rivers: Research & Management*, 15(5), 395-403.
- Elliott J.M. (1994) Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford University Press, Oxford.
- Elliott, J. M., & Elliott, J. A. (1995). The effect of the rate of temperature increase on the critical thermal maximum for parr of Atlantic salmon and brown trout. *Journal of fish biology*, 47(5), 917-919.
- Elliott, J. M. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. *Stress and fish*.
- Elliott, J. M. (2000). Pools as refugia for brown trout during two summer droughts: trout responses to thermal and oxygen stress. *Journal of Fish Biology*, 56(4), 938-948.
- Elliott, J. M., & Hurley, M. A. (2001). Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46(5), 679-692.
- Hari, R.E., Livingstone, D.M., Siber, R., Burkhardt-Holm, P. & Güttinger, H. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, 12, 10–26.
- Haunschmid, R., Wolfram, G., Spindler, T., Honsig-Erlenburg, W., Wimmer, R., Jagsch, A., Kainz, E., Hehenwarter, K., Wagner, B., Konecny, R., Riedmüller, R., Ibel, G., Sasano, B. & Schotzko, N. (2006). Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW, Band 23, Wien
- Heggenes, J. (2002). Flexible summer habitat selection by wild, allopatric brown trout in lotic environments. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131(2), 287-298.
- Huusko, A., & Yrjänä, T. (1997). Effects of instream enhancement structures on brown trout, *Salmo trutta* L., habitat availability in a channelized boreal river: a PHABSIM approach. *Fisheries Management and Ecology*, 4(6), 453-466.
- IPCC (2013). Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jenkins Jr, T. M., Diehl, S., Kratz, K. W., & Cooper, S. D. (1999). Effects of population density on individual growth of brown trout in streams. *Ecology*, 80(3), 941-956.
- Jones, N. E. (2010). Incorporating lakes within the river discontinuum: longitudinal changes in ecological characteristics in stream-lake networks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(8), 1350-1362.

- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2011). Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout. Fish & Fisheries Series Volume 33; Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- Jonsson, B., & Jonsson, N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology*, 75(10), 2381-2447.
- Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F., & Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of freshwater fish*, 12(1), 1-59.
- Küttel, S., Peter, A. und Wüest, A. (2002). Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. EAWAG, Kastanienbaum.
- Melcher, D. D. A., Pletterbauer, D. F., & Kremser, D. H. (2013). Temperaturansprüche und Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischfauna in Flüssen und unterhalb von Seen. *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft*, 65(11-12), 408-417.
- Mullner, S.A., Wayne, A.H. & Wesche, T.A. (1998). Snorkeling as an alternative to depletion electrofishing for estimating abundance and length-class frequencies of trout in small streams. *North American Journal of Fisheries Management*, 18, 947–953.
- Nislow, K. H., & Armstrong, J. D. (2012). Towards a life-history-based management framework for the effects of flow on juvenile salmonids in streams and rivers. *Fisheries Management and Ecology*, 19(6), 451-463.
- Schmutz, S. (2008). Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Fischfauna. In: Böhm, R., Godina, R., Nachnebel, H.P., Pirker & O. (Edit.) (2008). Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft. Broschüre des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Schöner, W., Böhm, R., & Haslinger, K. (2011). Klimaänderung in Österreich—hydrologisch relevante Klimaelemente. *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft*, 63(1-2), 11-20.
- Schotzko, N., Haunschmid, R., Honsig-Erlenburg, W., Petz-Glechner, R., Schmutz, S., Spindler, T., Unfer, G. & Wolfram, G. (2006). Fischbestandsaufnahmen in Fließgewässern. Methodik-Handbuch. BAW Scharfling, 39 Seiten.
- Sundbaum, K., & Näslund, I. (1998). Effects of woody debris on the growth and behaviour of brown trout in experimental stream channels. *Canadian journal of Zoology*, 76(1), 56-61.
- Swift, D. R. (1955). Seasonal variations in the growth rate, thyroid gland activity and food reserves of brown trout (*Salmo trutta* Linn.). *Journal of Experimental Biology*, 32(4), 751-764.
- Vøllestad, L. A., Olsen, E. M., & Forseth, T. (2002). Growth rate variation in brown trout in small neighbouring streams: evidence for density dependence?. *Journal of Fish Biology*, 61(6), 1513-1527
- Young, M. K. (1999). Summer diel activity and movement of adult brown trout in high-elevation streams in Wyoming, USA. *Journal of Fish Biology*, 54(1), 181-189.
- Zimmer, M., Schreer, J. F., & Power, M. (2010). Seasonal movement patterns of Credit River brown trout (*Salmo trutta*). *Ecology of freshwater fish*, 19(2), 290-299.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abb. A- 1: Übersichtskarte der Untersuchungsstellen an der Oberen Traun mit Messungen der Gewässertemperatur und Beobachtungen der Bachforelle in Toplitzbach (T), Stimitzbach (SB), Grundlseer Traun (G), Altausseer Traun (A), Vereinigte Traun (VT), Kainischtraun (KA) und Koppentraun (KT)..... 7
- Abb. A- 2: Gewässertemperatur des Toplitzbaches gemessen bei Seeausrinn des Toplitzsees (rote Linien) und kurz vor der Mündung in den Grundlsee (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen. 12
- Abb. A- 3: Gewässertemperatur des Stimitzbaches (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). 13
- Abb. A- 4: Gewässertemperatur der Grundlseer Traun gemessen im Seeausrinn des Grundlsees (rote Linien), im Bereich des Eisner Stegs (graue Linien) und im Bereich der Cramerpromenade in Bad Aussee (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen. 14
- Abb. A- 5: Gewässertemperatur der Altauseer Traun gemessen im Seeausrinn des Altauseer Sees (rote Linien), im Bereich oberhalb des Lupitschbaches (graue Linien), sowie im Bereich unterhalb des Lupitschbaches (blaue Linien) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen. 15
- Abb. A- 6: Gewässertemperatur von Vereinigter Traun (rote Linien), oberer Koppentraun (blaue Linien) und der Kainischtraun kurz vor Einmündung in die Vereinigte Traun (graue Linie) dargestellt als stündlichen Messungen (dünne Linie), sowie als Tagesmittelwerte (dicke Linie). Referenzlinien in grün zeigen die Temperatur des optimalen Wachstums (grün gestrichelte Linie) bzw. die Grenze bei welcher negative Auswirkungen der Temperatur auf das Wachstum von Bachforellen zu erwarten sind (grün gepunktete Linie). Violette Referenzlinien beziehen sich auf den Bereich der oberen Letaltemperatur von Bachforellen. 16
- Abb. A- 7: Relative Abundanz der Bachforelle an den 5 Untersuchungsstellen im Toplitzbach und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf zeigt eine Zunahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer an, gefolgt von einem Rückgang bei Abkühlung des

Gewässers mit einem kurzem Anstieg während einer weiteren Warmphase Mitte August.17

Abb. A- 8: Relative Abundanz der Bachforelle an den 4 Untersuchungsstellen in der Grundlseer Traun und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf deutet eine leichte Zunahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer an, gefolgt von einem Rückgang bei Abkühlung des Gewässers.19

Abb. A- 9: Relative Abundanz der Bachforelle an den 4 Untersuchungsstellen in der Altausseeer Traun und der berechnete Mittelwert der relativen Abundanz (orange Linie). Der Verlauf zeigt eine Abnahme der Abundanz in den tieferen Gewässerbereichen während der warmen Zeitperiode im Sommer, gefolgt von einem Anstieg bei Abkühlung des Gewässers.....20

Abb. A- 10: Veränderung der relativen Abundanz der Bachforelle an den Untersuchungsstellen in Vereinigter Traun, Kainischtraun und oberer Koppentraun.22

Abb. A- 11: Tägliche Niederschlagssummen im Einzugsgebiet der Oberen Traun (rote Linie) und tägliche mittlere Abflussmengen MQ in Kainischtraun (blaue Linie), Seeausrinn des Grundlsee (hellgrüne Linie) und Altausseeer Traun im Bereich der Einmündung des Augstbaches (blaue Linie) zeigen den unterschiedlichen Einfluss von Niederschlagsereignissen auf die zeitliche Verzögerung in der Änderung des Abflusses.23

Tabellen

Tab. A- 1: Übersicht der Untersuchungsstellen Toplitzbach. 8

Tab. A- 2: Übersicht der Untersuchungsstelle Stimitzbach. 8

Tab. A- 3: Übersicht der Untersuchungsstellen Grundlseer Traun..... 8

Tab. A- 4: Übersicht der Untersuchungsstellen Altausseeer Traun. 9

Tab. A- 5: Übersicht der Untersuchungsstelle Vereinigte Traun. 9

Tab. A- 6: Übersicht der Untersuchungsstelle Kainischtraun.....10

Tab. A- 7: Übersicht der Untersuchungsstelle Koppentraun.....10