

Aspekte zur Biometrie von Huchen österreichischer und bayerischer Populationen

Teil 2: Phänologie der Laichzeit, frühe Entwicklung und Wassertemperatur

CLEMENS RATSCHAN | ezb-TB Zauner GmbH, Marktstr. 35, 4090 Engelhartzell
ratschan@ezb-fluss.at

Zusammenfassung

Die Kenntnis der Phänologie der Laichzeit und früher Entwicklungsphasen und ihrer zeitlich-räumlichen Muster stellt eine Grundlage für die Beurteilung der Gefährdung des Huchens durch den Klimawandel dar. Hier wird erstmalig eine quantitative Analyse der Laichzeit von *Hucho hucho* anhand von Beobachtungen von Laichaktivitäten ($n=300$) in 25 verschiedenen Flüssen durchgeführt. Laichverhalten wurden im Mittel am 5. April (± 11 Tage) bei einer Wassertemperatur von $8,2 \pm 1,6$ °C dokumentiert, wobei die früheste Beobachtung am 11. März am Lech und die späteste am 13. Mai an der Oberen Mur erfolgte. Es zeigen sich Unterschiede zwischen den Flüssen sowie kontinuierliche und im Fall der Isar diskontinuierliche Trends in deren Längsverlauf. Mittels multipler Regression wird der Beobachtungstag anhand der Umweltfaktoren Wassertemperatur im März, Seeausrinn, mittlerer Abfluss und Jahr modelliert ($R^2 = 0,30$; $p < 0,001$). Anhand des Laichtermins und der Wassertemperatur ist der Schlupf der Embryonen im Mittel der Flüsse am 5. Mai (± 10 Tage) bei $10,8$ °C und die Emergenz der Larven aus dem Interstitial am 20. Mai (± 11 Tage) bei $12,2$ °C zu erwarten. Während der Ei-Entwicklung werden in manchen Huchenflüssen bzw. Jahren kritische Wassertemperaturen überschritten, was zu einer hohen Mortalität führen kann. Nach dem Schlupf dürften die Embryonen eine höhere physiologische Toleranz aufweisen, sofern andere Faktoren wie die Sauerstoffversorgung im Sediment in einem günstigen Bereich liegen. Für langjährige Zeitreihen (1997–2024) aus der Pielach und Mur ist ein signifikanter Trend zu früheren Laichzeiten festzustellen, der mit zunehmenden Wassertemperaturen im Frühjahr als auslösendem Faktor in Zusammenhang steht. Diese Verschiebung der Phänologie ist sowohl als Auswirkung als auch als Anpassung an den Klimawandel mit entsprechenden Konsequenzen für das Management dieser gefährdeten Fischart zu verstehen. Die Modelle zur Laichzeit und frühen Entwicklung stellen eine Grundlage für Teil 3 dieser Reihe dar, der sich mit dem anschließenden Wachstum juveniler Huchen und zwischenartlichen Wechselwirkungen beschäftigen wird.

Aspects of the biometrics of huchen in Austrian and Bavarian populations Part 2: Phenology of spawning, early development and water temperature

Knowledge of the phenology of the spawning season and early development and their spatio-temporal patterns is an important basis for assessing the threat

to *Hucho hucho* from climate change. This is the first quantitative analysis of the spawning season of Danube salmon based on observations of spawning behaviour (n=300) in 25 different rivers. Spawning activity was documented on average on April 5th (± 11 days) at a water temperature of 8.2 ± 1.6 °C, with the earliest observation on March 11th on the Lech and the latest on May 13th on the Upper Mur. There are differences between the rivers as well as continuous and, in case of the Isar, discontinuous trends in their longitudinal course. The mean day of spawning is modelled using multiple regression based on the environmental factors water temperature in March, lake outflow, mean discharge and year ($R^2 = 0.30$; $p < 0.001$). Based on spawning date and water temperature, hatching in the mean of all rivers is expected on May 5th (± 10 days) at 10.8 °C and emergence on May 20th (± 11 days) at 12.2 °C. During egg development, critical water temperatures are exceeded in some warm rivers or years, which can lead to high mortality. After hatching, the alevins should have a higher thermal tolerance, provided that synergistic factors such as the oxygen supply in the sediment are in a favourable range. For long-term time series (1997–2024) from the Pielach and Mur rivers, a significant trend towards earlier spawning can be observed, which is related to increasing water temperatures in spring as a triggering factor. This phenological shift can be understood both as an effect of and an adaptation to climate change with corresponding implications for management. The modelling of spawning and early development provides a basis for part 3 of this series, which will focus on the subsequent growth of juvenile Huchen and interspecific interactions.

Einleitung

Das Laichverhalten des Huchens gehört zu den spektakulärsten biologischen Erscheinungen an jenen Flüssen im Donausystem, wo reproduzierende Populationen von *Hucho hucho* erhalten sind. Dementsprechend zieht dieses Schauspiel alljährlich Huchen-Fanatiker an, die zur Laichzeit Fische zu Gesicht bekommen, derer sie sonst das restliche Jahr nicht ansichtig werden. Laien hingegen reagieren angesichts der Größe und Kraft dieser Fische oft überrascht und fasziniert, dass solche Geschöpfe in heimischen Gewässern leben.

Allerdings gibt es dieses Spektakel nur mehr an meist kurzen Abschnitten weniger Flüsse zu bewundern. Diese stark bedrohte Fischart nutzte ursprünglich ein breites Spektrum an Fließgewässern und kam auf einer rekonstruierten Flusslänge von 7.434 km in Österreich und Bayern vor (Schmutz et al. 2023). Heute weisen davon weniger als 1 % eine sehr gute und 7 % eine gute Populationsausprägung auf und reproduktive Bestände sind auf Flussabschnitte vorwiegend im Hyporhithral sowie in wenigen sommerkühlen Abschnitten des Epipotamals zurückgegangen. Weiter fortschreitende Veränderungen wie Wasserkraftausbau, intensiviert Landnutzung, zurückgekehrte terrestrische Prädatorenarten und – unter mittel- und langfristiger Perspektive besonders bedrohlich – der Klimawandel mit seinen tiefgreifenden Auswirkungen auf die Gewässertemperatur, das Abflussgeschehen und den Sedimenthaushalt – setzen die noch erhaltenen Huchenbestände zunehmend unter Druck, während Sanierungsmaßnahmen den gesetzten Zielen hinterherhinken (Pinter et al. 2024).

Im ersten Teil dieser Artikelreihe wurden vorwiegend adulte Huchen behandelt, während sich der zweite und dritte Teil mit dem ersten Lebensjahr auseinanderset-

zen wird. Bei dieser im Donaugebiet endemisch vorkommenden Art bestehen im Vergleich zu weiter verbreiteten, wirtschaftlich bedeutenderen Fischarten wesentlich größere Wissensdefizite hinsichtlich der Ökologie früher Lebensstadien. Beim Huchen handelt es sich um den einzigen im Frühjahr laichenden Vertreter der heimischen Salmonidenarten im engeren Sinn, also exkl. der Europäischen Äsche (*Abbildung 2*). Frühe Lebensstadien weisen eine hohe Habitatspezifität und Sensibilität gegenüber ungünstigen Bedingungen auf. Für Populationen im deutschsprachigen Raum wissenschaftlich beschrieben wurden Aspekte der frühen Entwicklung wie die Laichplatzwahl (Melcher et al. 1999; Holzer 2011), das Laichverhalten (Esteve et al. 2013), Einflüsse von Temperatur und Klimawandel (Jungwirth & Winkler 1984; Purtscher 2010; Wild et al. 2023) oder die Habitatwahl von Jungfischen (v. Siemens et al. 2017; Schöfbenker 2018; Ratschan et al. 2021; Gruber & Pinter 2024; Ratschan 2025).

Die Phänologie befasst sich mit im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Prozessen in der Natur, worunter neben traditionell von vielen Menschen beobachteten Erscheinungen wie den Blüh- und Erntezeiten von Pflanzen oder dem Ablauf von Vogelwanderungen auch die Laich- und Entwicklungszeiten von Fischen fallen. Diese unterliegen in den letzten Jahrzehnten aufgrund des Klimawandels zunehmenden Veränderungen (»phenological shifts«), deren Konsequenzen erst teilweise verstanden werden (Comte et al. 2013). Durch den Klimawandel kann es verstärkt zu Diskrepanzen zwischen der Wassertemperatur und den Ansprüchen früher Entwicklungsstadien kommen. Im Fall des Huchens führen dabei Einflussfaktoren wie Gewässererwärmung, zunehmender Feinsedimenteintrag und reduzierte Flussdynamik gemeinsam zu einem verstärkten Effekt (Wild et al. 2023). Ganz besonders bei hochgradig gefährdeten Arten wie dem Huchen sind Grundlagen zur Dokumentation solcher Entwicklungen wichtig. Kleine und isolierte Restpopulationen können nur unzureichend auf rasche Veränderungen reagieren – eine Option dafür können veränderte Laichzeiten mit unterschiedlichen damit verbundenen biologischen Konsequenzen darstellen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Laich- und frühe Entwicklungszeit des Huchens erstmalig quantitativ und gewässerübergreifend untersucht. Als Grundlage dazu dienen neben publizierten Quellen und eigenen Beobachtungen im Sinne



Abb. 1: Huchenpärchen beim Schlagen einer Laichgrube an der Pielach (27. März 2022).

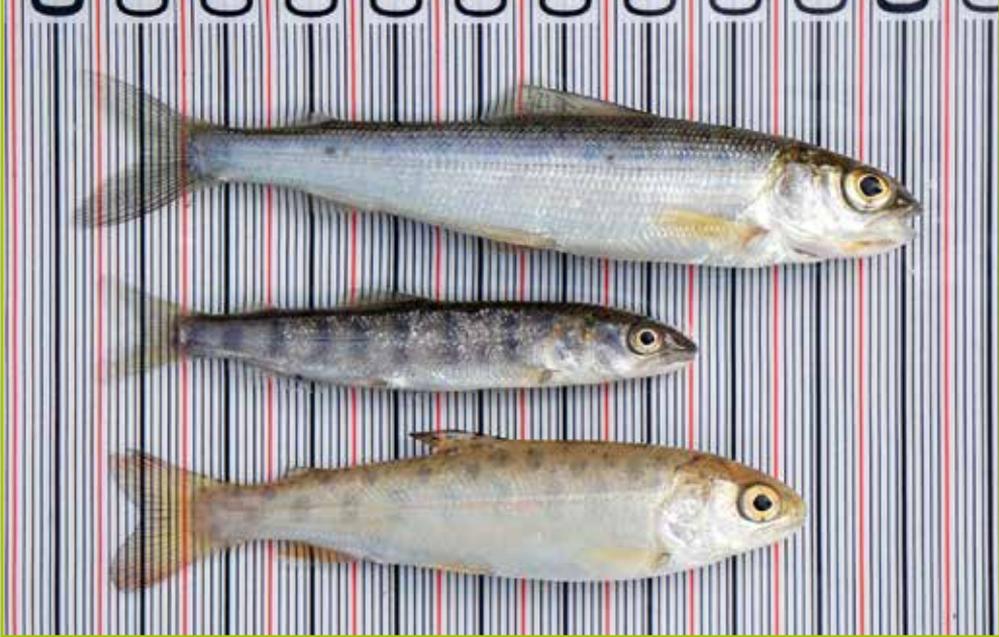


Abb. 2: Jungfische (0+) frühjahrslaichender Arten aus der Mittleren Isar (Äsche, Huchen, Regenbogenforelle; 27. Juli 2016).

von Citizen Science vor allem eine große Zahl dokumentierter Beobachtungen von Laichaktivitäten durch ortskundige Huchenfreunde, die diese dankenswerterweise zur Verfügung gestellt haben.

Untersuchungsgebiet und Methodik

Anhand von Beobachtungen zur Laichzeit werden zeitliche und räumliche Muster in unterschiedlichen Flussabschnitten und Jahren analysiert. Als Untersuchungsgebiet dient das bayerische und österreichische Huchen-Verbreitungsgebiet vorwiegend nördlich, sowie an der Mur auch südlich der Alpen. Dabei wird der Abschnitt zwischen Murau und Leoben als Obere Mur bezeichnet, der Abschnitt zwischen Bruck/Mur und Graz als Mittlere Mur. Die Flüsse Ybbs, Melk, Mank und Pielach werden teils als Gebiet »NÖ. Alpenvorland« zusammengefasst, die oberösterreichischen Flüsse Traun, Ager und Vöckla als »Traungebiet«. Die Flüsse im bayerischen Wald umfassen einerseits den Schwarzen Regen und andererseits das Ilzgebiet mit Großer und Mitternacher Ohe. Als Obere Isar wird hier der Bereich zwischen Bad Tölz und Wolfratshausen verstanden, die Isar in München wird als eigene Gruppe den Daten aus flussauf gelegenen Abschnitten der Oberen Isar gegenübergestellt.

Als Tage mit Laichaktivität werden jene definiert, an denen aktiv laichende, eine Laichgrube schlagende oder ein oder mehrere über einer Laichgrube stehende Huchen beobachtet wurden, in selteneren Fällen auch Revierkämpfe um Laichgruben. Der beobachtete oder modellierte (siehe unten) Zeitpunkt bzw. Zeitraum wird in weiterer Folge vereinfachend als Laichtermin bzw. Laichzeit bezeichnet, wobei offenbleibt, ob am jeweiligen Tag tatsächlich ein Ablachen erfolgte oder nur Verhaltensweisen vor, nach oder zwischen dem oder den eigentlichen Laichakten auftraten. Nicht durch Huchen besetzte Laichgruben erlauben keine genaue zeitliche Zuordnung und wurden nicht berücksichtigt. Als Beobachtung wurden nicht alle innerhalb eines Tages beobachteten »aktiven« Laichgruben gewertet, sondern nur solche, die räumlich zumindest einige Kilometer auseinanderlagen.

Insgesamt stehen 300 Beobachtungen von Laichaktivitäten mit verfügbarer Datumsangabe aus den Jahren 1997 bis 2024 zur Verfügung (Tabelle 1). Davon stammen 35 aus publizierten Quellen und 265 von lokalen Beobachtern oder Fachkollegen bzw. aus eigenen Sichtungen. Die meisten Beobachtungen sind durch Foto- oder Videoaufnahmen belegt.

Tabelle 1: Herkunft und Jahre der Beobachtungen zur Laichaktivität

Gebiet	Fluss-Abschnitt	Bereich	Jahre	Zeitraum	Zahl / Beobachtungen
Lech	Lech	Kinsau	17	2007–23	31
Isar	Obere Isar	Bad Tölz - Wolfratshausen	4	2018–24	12
	München	Stadtgebiet bis Garching	7	2011–24	17
Bayerischer Wald	Schwarzer Regen	Teisnach-Viechtach	5	2014–24	9
	Ilzgebiet	Mitternacher Ohe – Ettlühle	3	2018–20	5
NÖ. Alpenvorland	Mank	Pranklwehr-Thal	8	2012–24	17
	Ybbs	Sonntagberg – St. Georgen	8	2006–24	14
	Pielach	Weinburg-Albrechtsberg	17	1997–24	67
Enns	Enns	Altenmarkt-Kronstorf	9	2013–24	24
Traungebiet	Traun, Ager, Vöckla	Gmunden/Vöcklabruck-Stadt Paura	4	2020–24	10
Mur	Obere Mur	Triebendorf-Großlobming	13	2005–24	46
	Mittlere Mur	Frohnleiten-Gössendorf	9	2011–24	28
Rest	Kainach, Lassnitz, Loisach, Donnersbach, Inn, Pöls, Steyr, Traisen, Ziller		9	2000–24	20
Gesamt			25	1997–24	300

Das Datum der Beobachtungstage wurde durch Subtraktion des 31. Dezember des Vorjahrs in eine ganze Zahl (»Tag im Jahr«) transformiert. Als abiotische Daten wurden die Seehöhe und die geografische Breite am zumindest grob angegebenen Beobachtungsort, sowie der mittlere Abfluss (log MQ) am nächstgelegenen Pegel verwendet. Weiters wurde der Seeausrinn-Charakter mittels dummy-Variable berücksichtigt (1 bei relevantem Anteil, betrifft Traun, Ager, Loisach und Isar München, ansonsten 0). Im Fall des Lech wurde aufgrund der geringen Austauschzeit des temporär künstlich aufgestauten Forggensees kein Seeausrinn-Charakter angenommen. Temperaturdaten wurden vom nächstgelegenen Temperaturpegel verwendet, sofern ein solcher in einer Entfernung zur Verfügung steht, die eine plausible Abbildung der lokalen thermischen Verhältnisse erwarten lässt (was am Lech nicht der Fall war). Die Temperaturdaten vom Pegel Melk Matzleinsdorf liegen unterhalb des aktuellen Huchen-Verbreitungsgebiets bzw. der Mank, jene vom Pegel Pielach Hofstetten im oberen Teil, sodass sie die Temperatur im Verbreitungsschwerpunkt etwas über- bzw. unterschätzen, was sich zusammengefasst zur Gruppe »NÖ. Alpenvorland« in etwa ausgleichen sollte.

Für die Analysen wurden Tageswerte und Monatswerte der mittleren Wassertemperatur herangezogen, für Darstellungen auch 15 min Daten. Die Temperaturdaten wurden von den hydrografischen Diensten (Steiermark und Oberösterreich) angefordert oder von den online-Portalen heruntergeladen (Niederösterreich, Bayern).

Zusammenhänge normalverteilter Variablen wurden mittels Pearson-Korrelation (Koeffizient r), jene nicht normalverteilter Variablen mittels Spearman-Korrelation (Koeffizient ρ) untersucht. Eine dimensionsreduzierte Darstellung der Zusammenhänge erfolgte mittels PCA (Hauptkomponentenanalyse). Signifikante Faktoren ($p < 0,05$) wurden in eine multiple lineare Regression eingeschlossen (Software SPSS Statistics 25), welche den mittleren Laichterin unter Berücksichtigung der Umweltvariablen voraussagt. Mittelwerte (\bar{x}) werden (falls nicht anders angegeben) mit \pm Standardabweichung als Streuungsmaß angeführt.

Der Schlupf- und Emergenztermin wurde ausgehend vom beobachteten bzw. modellierten Laichterin beim Erreichen von 280 bzw. 440 Tagesgraden unter den im jeweiligen Jahr vorherrschenden Temperaturverhältnissen in der fließenden Welle berechnet.

Ergebnisse

Der Mittelwert der Tage mit Laichtaktivität aller 300 Beobachtungen liegt am 5. April \pm 11d. Die Endpunkte des Spektrums der Flüsse unterscheiden sich dabei um drei Wochen (*Abbildung 3*). Sie reichen vom 27.–28. März an der Oberen Isar und Mank bis zum 17. April im Traungebiet. In Flussabschnitten mit Seeausrinn-Charakter wie der Isar flussab der Loisach-Mündung sowie der Traun und Ager wurden die spätesten Laichtaktivitäten beobachtet, wobei die Kategorie Traungebiet auch Beobachtungen an der Vöckla (kein Seeausrinn) beinhaltet, was die starke Streuung innerhalb dieses Gebiets erklärt. Die frühesten Beobachtungen mit Mittelwerten Ende März fanden in tiefer gelegenen Gewässern des NÖ. Alpenvorlands (Mank, Pielach) bei mittleren Seehöhen von 270 bzw. 239 m statt, sowie überraschenderweise trotz der

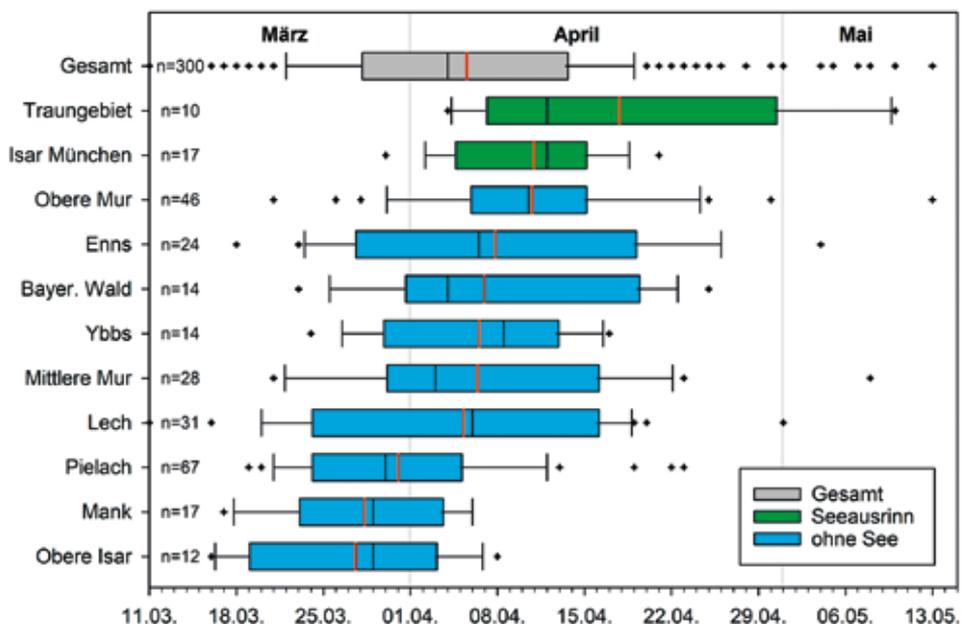


Abb. 3: Zeitpunkt beobachteter Laichtaktivität in unterschiedlichen, zeitlich gereihten Gebieten anhand von Beobachtungen in den Jahren 1997-2024. Rote Linie: Mittelwert; n ... Zahl der Beobachtungen.

Höhenlage ($\bar{x}=617$ m) an der Oberen Isar. Mittlere Laichzeiten Anfang April wurden an Lech, Ybbs, Mittlerer Mur, Enns und den Flüssen im Bayerischen Wald beobachtet, spätere an der Isar in München sowie im höchst gelegenen Gebiet an der Oberen Mur ($\bar{x}=669$ m).

Erwartungsgemäß besteht also ein positiver Zusammenhang zwischen der Laichzeit und der Seehöhe, wenn auch bei Betrachtung des gesamten Datenpools ein nur eher geringer (*Abbildung 4* links; $r=0,24$). Offensichtlich spielen weitere Faktoren eine große Rolle. Ein stärkerer, negativer Zusammenhang besteht mit der mittleren Wassertemperatur im Monat März (*Abbildung 4* links; $r=-0,34$), weitere statistisch signifikante Zusammenhänge zeigen sich bezüglich der Wassertemperatur im April ($r=-0,29$) und im Februar ($r=-0,26$), dem logarithmierten mittleren Abfluss ($\log(MQ)$; $r=0,24$), dem Seeausrinn-Charakter ($\rho=0,23$) sowie der geografischen Breite ($r=-0,16$). Kein signifikanter Zusammenhang besteht mit der mittleren Jännertemperatur.

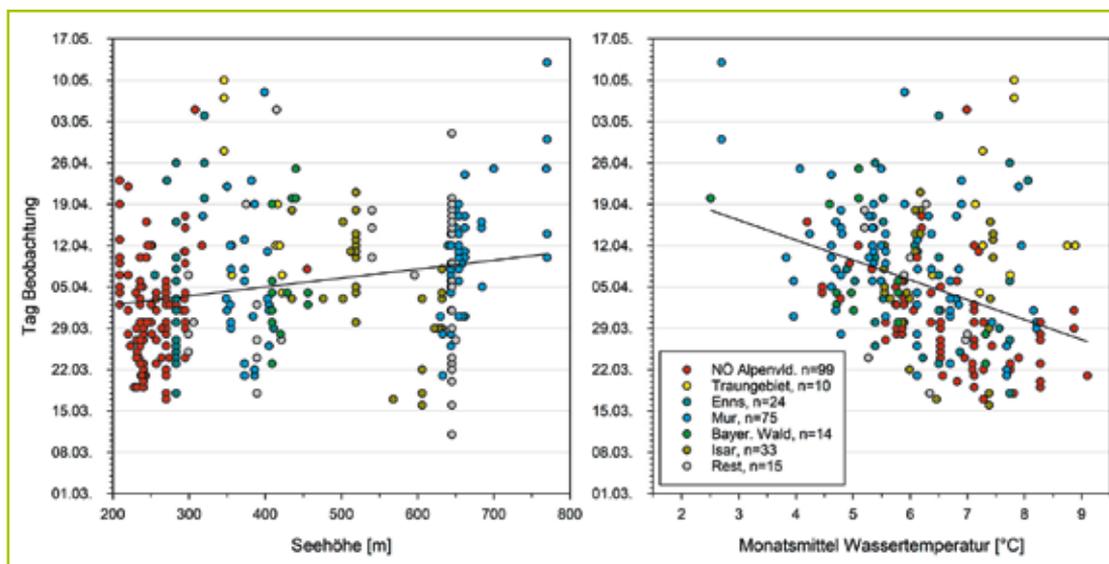


Abb. 4: Laichzeit des Huchens in Abhängigkeit von der Seehöhe (links) und der mittleren Wassertemperatur im März des jeweiligen Jahres (rechts).

Weil diese Variablen nicht unabhängig sind und teils stark untereinander korrelieren, ist für aussagekräftige Ergebnisse eine multivariate Betrachtung notwendig. Eine Hauptkomponentenanalyse (PCA, *Abbildung 5*) zeigt dabei übereinstimmende, der Laichzeit und Seehöhe entgegen gerichtete Faktorenladungen hauptsächlich für die Monatsmittel der Wassertemperatur auf der einen Achse, und für die Faktoren Seeausrinn und mittlerer Abfluss auf der anderen Achse. Die Beobachtungen in den unterschiedlichen Flüssen gruppieren zwischen diesen beiden Achsen als deutlich differenzierte Cluster.

Im nächsten Schritt werden die Lebensraumvariablen sowie das Beobachtungsjahr in eine multiple lineare Regression eingeschlossen, um die beobachtete Laichzeit modellhaft erklären zu können (Tabelle 2). Dabei erweisen sich in guter Übereinstimmung mit der PCA mit absteigender Stärke die mittlere Wassertemperatur im

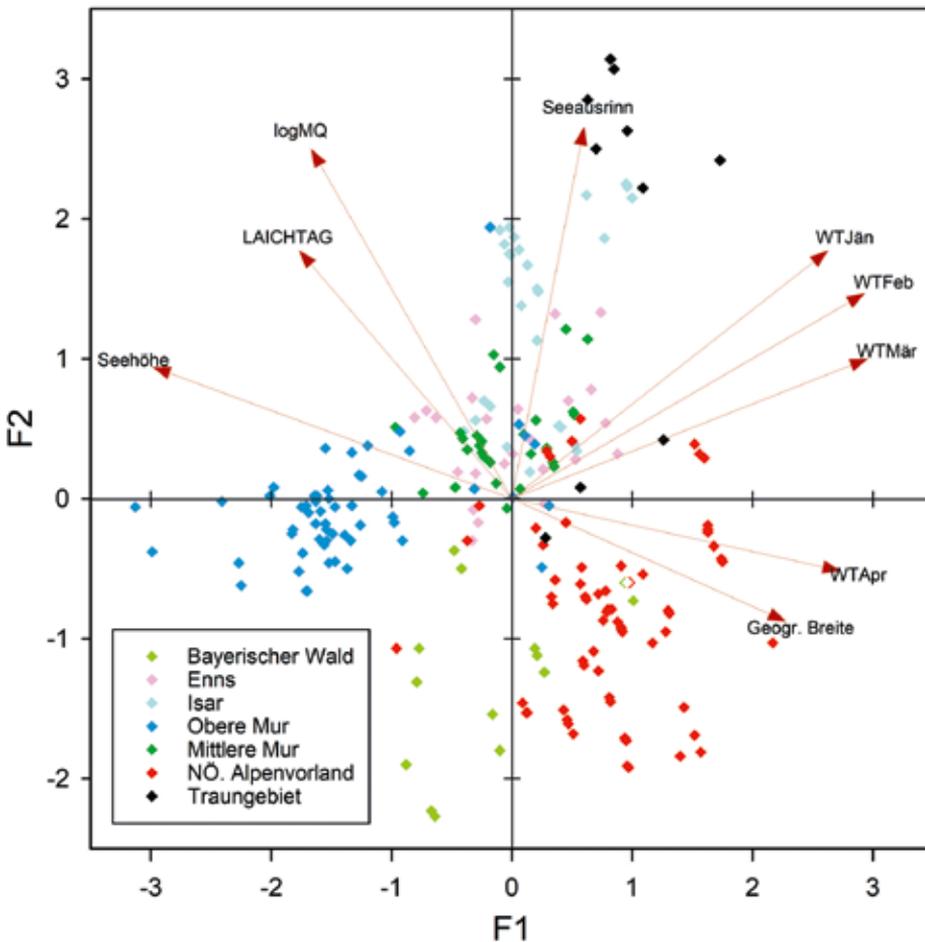


Abb. 5: Hauptkomponentenanalyse – Tag der Beobachtung einer Laichaktivität (LAICHTAG), Geografische Breite, Seehöhe, Mittlerer Abfluss (logMQ), Seeausrinn und mittlerer Wassertemperatur (WT) im März/April des Beobachtungsjahrs.

März, der Seeausrinn-Charakter, der mittlere Abfluss und das Beobachtungsjahr als statistisch signifikante Faktoren, nicht hingegen die Wassertemperatur im Jänner, Februar und April. Die Seehöhe bringt bei multivariater Betrachtung keinen signifikanten Beitrag zum Regressionsmodell, weil sie offensichtlich stark mit anderen Variablen zusammenhängt. Auch der – bei bivariater Betrachtung noch signifikante – negative Zusammenhang mit der geografischen Breite entfällt.

Tabelle 2: Koeffizienten der multiplen Regression und deren Signifikanz. Abhängige Variable: Tag der Beobachtung. $R^2=0,30$; $p<0,001$.

Faktor	Koeffizient	SE	Standardisierter Koeffizient B	Signifikanz
Konstante	978,345	305,042	-	$p=0,002$
Mittlere Wassertemperatur März	-2,840	0,566	-0,301	$p<0,001$
Seeausrinn (1/0)	10,072	2,039	0,275	$p<0,001$
log(MQ)	4,284	0,919	0,262	$p<0,001$
Jahr	-0,432	0,152	-0,169	$p=0,005$

Anhand dieses Regressionsmodells kann der zu erwartende mittlere Laichtermin für einen Fluss bzw. eine Pegelstelle unter Berücksichtigung des langfristigen zeitlichen Trends durch das angesetzte Jahr berechnet werden (Tabelle 3). Dabei wird als durchschnittliche Wassertemperatur der Mittelwert der Reihe 2010–2024 und für den Faktor Jahr 2024 verwendet, um den übergeordneten Trend der Erwärmung zu berücksichtigen und aktuelle Verhältnisse abzubilden. Es wird dadurch eine um die Variabilität zwischen den Jahren bereinigte Vorhersage des typischen Laichtermins an einer Pegelstelle ermöglicht.

Die Ergebnisse dieser Modellierung zeigen große Übereinstimmungen mit den beobachteten Laichzeitpunkten. So liegt der Mittelwert der betrachteten Pegelstellen gleich wie jener aller Beobachtungen beim 5. April. Auch die Reihung mit dem frühesten Laichtermin am 28. März an der Melk und den spätesten am 13. April an der Traun Wels bzw. am 14. April an der Isar München stimmen gut mit den Beobachtungen zusammen (man vergleiche Tabelle 3 mit *Abbildung 3*).

Tabelle 3: Für verschiedene Temperatur-Pegelstellen (Zeitreihe 2010–24) berechnetes Datum für das Laichen, den Schlupf und die Emergenz unter Verwendung der Faktoren und Regressionskoeffizienten in Tabelle 2. Reihung der Flüsse und Pegel geografisch bzw. orografisch.

Flussgebiet	Pegelstelle	Tag Laichaktivität	Schlupf	Tage nach Laichen	Emergenz	Tage nach Schlupf
Schwarzer Regen	Teisnach	06. 04.	06. 05.	30	19. 05.	13
Ilz	Kalteneck	06. 04.	07. 05.	30	20. 05.	13
Obere Isar	Bad Tölz	02. 04.	05. 05.	32	21. 05.	16
	Puppling	03. 04.	04. 05.	31	18. 05.	14
	München	14. 04.	11. 05.	27	25. 05.	14
Vöckla	Vöcklabruck	30. 03.	27. 04.	28	10. 05.	13
Ager	Fischerau	09. 04.	05. 05.	25	17. 05.	12
Traun	Wels	13. 04.	11. 05.	27	24. 05.	13
Enns	Jägerberg	06. 04.	09. 05.	32	24. 05.	15
Ybbs	Greimpersdorf	01. 04.	29. 04.	28	12. 05.	13
Melk	Matzleinsdorf	28. 03.	28. 04.	31	10. 05.	12
Pielach	Hofstetten	30. 03.	29. 04.	30	12. 05.	13
Obere Mur	Gestüthof	09. 04.	18. 05.	39	05. 06.	18
	St. Georgen	08. 04.	15. 05.	37	01. 06.	17
	Zeltweg	06. 04.	10. 05.	33	27. 05.	17
	Leoben	05. 04.	07. 05.	31	23. 05.	16
Mittlere Mur	Friesach	04. 04.	07. 05.	32	23. 05.	16
	Graz	02. 04.	30. 04.	27	14. 05.	14
Durchschnitt		05. 04.	05. 05.	31	20. 05.	14

Ausgehend für diesen – für mittlere März-Temperaturen der letzten 1,5 Dekaden – modellierten Laichterminen wird unter Bezug auf Tagesmittelwerte derselben Zeitreihe der erwartete Tag des Ei-Schlupfes beim Überschreiten von 280 Tagesgraden (TG) und der erwartete Tag der Emergenz der Huchenlarven beim Überschreiten von 440 TG berechnet. Je nach Quelle weichen Angaben dazu etwas von 280 bzw. 440 TG ab, was in diesem Zusammenhang keine relevante Rolle spielt, weil es das Ergebnis nur um einzelne Tage verändert.

Die berechneten Schlupf-Termine liegen zwischen 28./29. April in den Flüssen im NÖ. Alpenvorland und 18. Mai am Pegel Gestüthof an der Oberen Mur. Die späten Laichtermine an der Traun, Ager und Isar München werden offensichtlich durch eine raschere Erwärmung kompensiert, sodass es dort im Vergleich zur Oberen Mur zu einem etwas früheren Schlupftermin kommt. Im Mittel aller betrachteten Flüsse schlüpfen die Embryonen am 5. Mai aus dem Ei (*Abbildung 15c-d*), also ziemlich genau ein Monat nach dem modellierten Laichtermin.

Die weiter entwickelten, fressfähigen Huchenlarven (*Abbildung 15i*) emergieren recht einheitlich ca. 14 Tage nach dem Schlupf aus dem Kieslückenraum. Dieser Tag liegt im Mittel am 20. Mai, am frühesten wiederum im NÖ. Alpenvorland (10.–12. Mai) und am spätesten, nämlich Anfang Juni, an den beiden Pegelstellen flussauf von Judenburg an der Oberen Mur (Tabelle 3).

Zur Untersuchung der Laichzeit im Längsverlauf liegen aus der Mur, Isar und Pielach ausreichend Beobachtungsdaten vor (*Abbildung 6*). Dabei zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Oberer Mur und Mittleren Mur, die Steigung der Regressions-

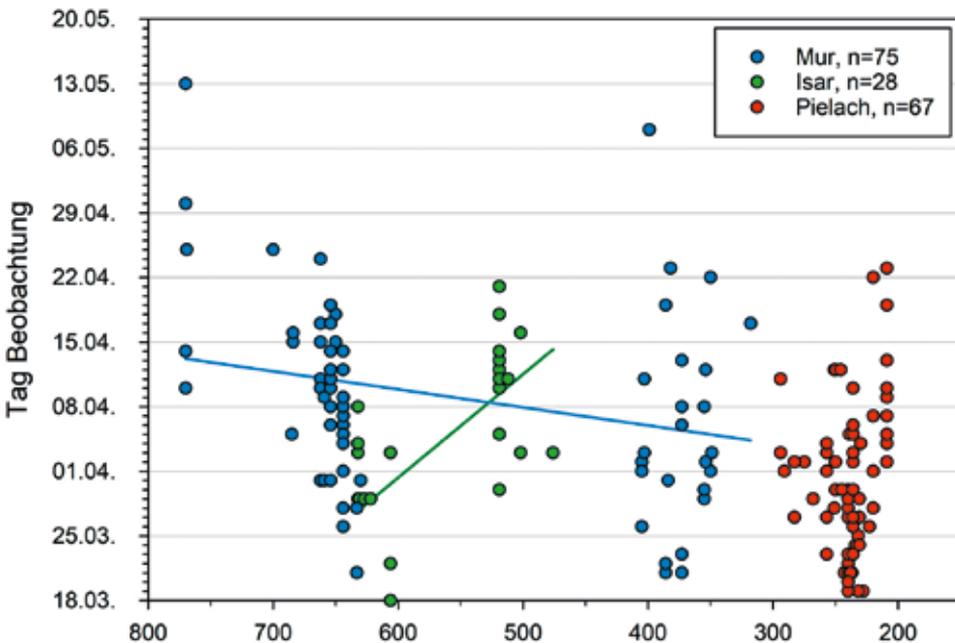


Abb. 6: Längsverlauf von Laichaktivitäten in der Mur, Isar und Pielach anhand der Seehöhe der Beobachtung.

gerade in *Abbildung 6* entspricht einem Unterschied von 9 Tagen. Diese Differenz der Beobachtungstage stimmt gut mit dem in Tabelle 3 modellierten Unterschied von 7 Tagen zwischen Murau (Pegel Gestüthof) und Graz überein, der um die zeitliche Variabilität zwischen den Jahren bereinigt ist.

Im Längsverlauf der Pielach ist keine Veränderung der Laichzeit erkennbar. Das hängt vermutlich mit dem deutlich kürzeren Huchen-Verbreitungsgebiet sowie der Tatsache zusammen, dass allfällige räumliche Trends der langen Pielach-Beobachtungsreihe durch zeitliche Veränderungen der Laichzeit überprägt werden (siehe unten). Bei umfangreichen Beobachtungen innerhalb des Jahres 2023 fanden Gruber & Pinter (2024) durchaus Hinweise auf eine etwas spätere Laichzeit im oberen Teil des Untersuchungsgebiets, was in Hinblick auf den Temperaturverlauf (vgl. Pletterbauer et al. 2015) auch zu erwarten ist.

An der Isar zeigt sich hingegen ein sehr deutlicher Unterschied von 2 Wochen zwischen der Oberen Isar flussauf der Loisach-Mündung ($\bar{x}=27.3.$) und der Isar bei München ($\bar{x}=10.4.$), der statistisch höchst signifikant ist.

Für zwei Gebiete mit ausreichend lang in die Vergangenheit zurückreichenden Daten lässt sich eine zeitliche Veränderung der Laichzeit darstellen (*Abbildung 7*). An der Mur (2005–2024) besteht ein stark negativer Zusammenhang ($\rho=-0,70$), an der Pielach (1997–2024) ein mittlerer negativer Zusammenhang ($\rho=-0,50$) zwischen Beobachtungsjahr und Tag der Laichaktivität. Die besonders starke Änderung an der Mur zeigt sich in sehr ähnlicher (und für beide Fälle statistisch höchst signifikanter) Weise sowohl für die Obere als auch die Mittlere Mur und lässt sich gut mit der

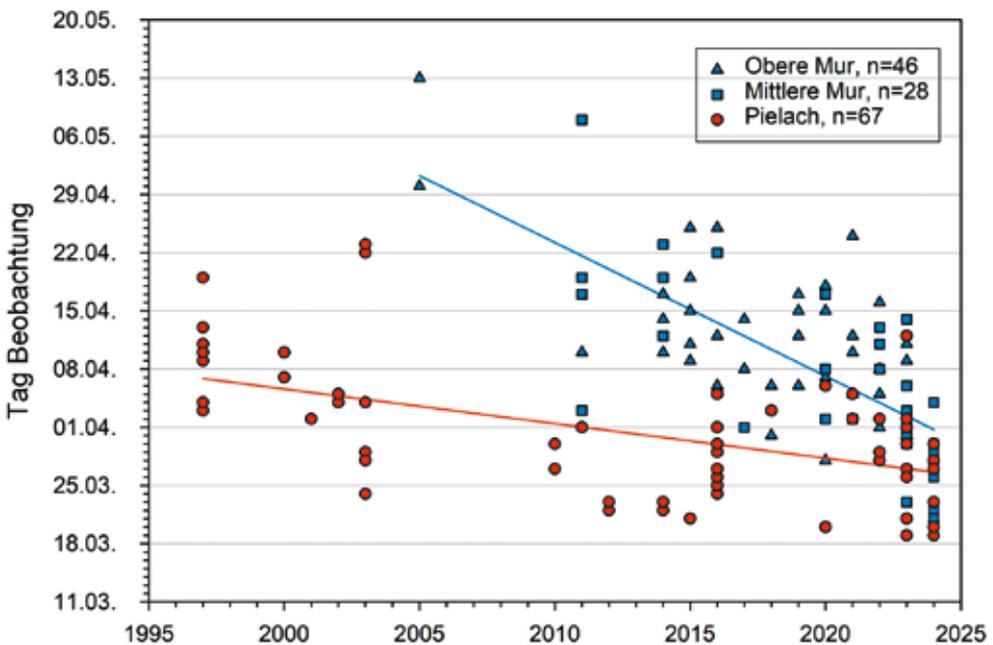


Abb. 7: Zeitreihen der beobachteten Laichaktivitäten in der Mur (Obere und Mittlere Mur aus Gründen der Übersichtlichkeit gepoolt) und Pielach. Spearman Rangkorrelation mit $p < 0,001$ (Mur) bzw. $p < 0,01$ (Pielach).

Entwicklung der mittleren März-Wassertemperatur erklären. Diese ist für die Zeitreihe 2005–2024 am Pegel St. Georgen bzw. Friesach deutlich angestiegen ($r=0,62$ bzw. $0,61$). In der Pielach hat die März-Temperatur im Zeitraum 1997–2024 ebenfalls zugenommen ($r=0,28$), bei ca. 1 °C im relevanten Zeitraum aber nur etwa halb so stark wie an der Mur mit $1,9\text{ °C}$ (vgl. Pletterbauer et al. 2015).

Zur mittleren Wassertemperatur am jeweiligen Beobachtungstag liegen Daten von 254 Terminen vor (Abbildung 8). Von älteren Beobachtungen stehen teils keine Tageswerte zur Verfügung, was die Differenz zu den insgesamt 300 Beobachtungen erklärt. Im Mittel aller Flüsse betrug die Temperatur $8,2 \pm 1,6\text{ °C}$. Dabei zeigen sich teils deutliche Unterschiede zwischen den Gewässern. Die geringsten Temperaturen liegen bei der spät laichenden Population an der Oberen Mur ($\bar{x}=7,0\text{ °C}$) und der früh laichenden Population an der Oberen Isar ($\bar{x}=7,2\text{ °C}$) vor. An der Mittleren Mur ($\bar{x}=8,9\text{ °C}$) laichen Huchen bei fast 2 °C höheren Temperaturen als an der Oberen Mur. Die höchsten Temperaturen findet man bei den spät laichenden Populationen aus Flüssen mit hohem Seeausrinn-Anteil (Isar München $\bar{x}=9,2\text{ °C}$ und Traungebiet $\bar{x}=9,7\text{ °C}$). Signifikante Unterschiede (t-Test, Bonferroni-korrigiert) bestehen zwischen jeweils Obere Mur, Obere Isar und Enns zu NÖ. Alpenvorland, Mittlere Mur, Isar München und Traungebiet.

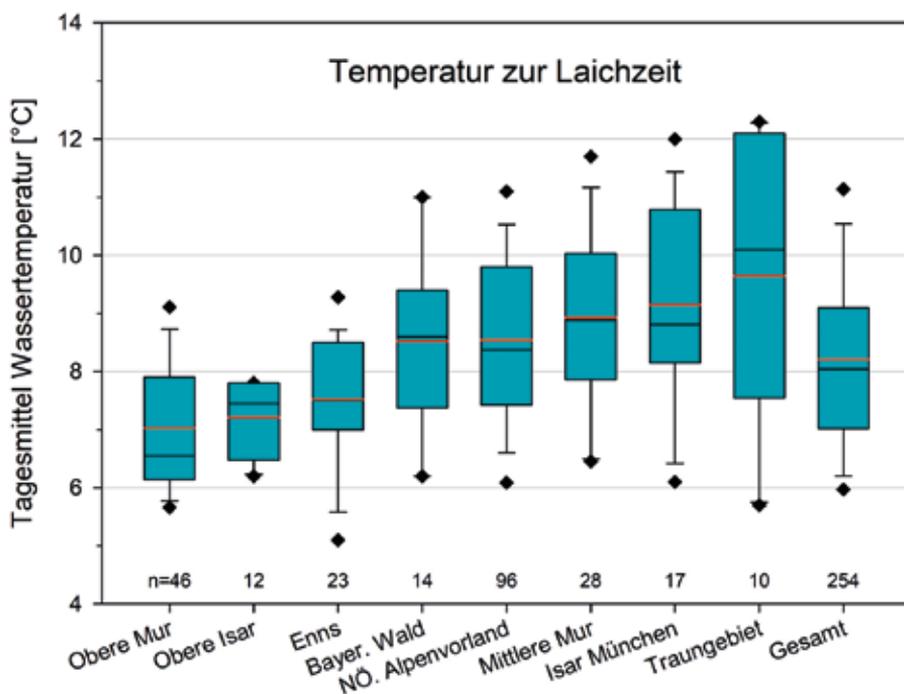


Abb. 8: Wassertemperatur am Tag der Beobachtung von Laichaktivitäten in 8 Flussgebieten, gereiht nach Mittelwert, sowie gesamt. Rote Linie ... Mittelwert, Rauten: 5 % / 95 % Perzentile.

Diskussion

Bearbeitungszugang und Einschränkungen

Die Einbeziehung lokaler Beobachter im Sinne von Citizen Science hat sich als effektiver Zugang erwiesen, umfangreiche Daten zur Laichzeit zu sammeln. Die angesichts der Seltenheit des Huchens große Zahl der Beobachtungen ($n = 300$) soll dabei nicht zum falschen Schluss führen, dass laichende Huchen ein häufiges oder weit verbreitetes Phänomen wären. Sie ist das Ergebnis einer intensiven Recherche und engagierter Beobachter, umfasst viele Jahre und fokussiert stark auf die wenigen vorhandenen Restbestände sowie teils kurze Abschnitte innerhalb der immerhin 25 Flüsse. Zu erwähnen ist auch, dass ein beobachtetes Laichverhalten nicht notwendigerweise bedeutet, dass eine erfolgreiche Reproduktion bzw. Rekrutierung größerer Altersstadien erfolgt, weil wesentliche Flaschenhälse der Populationsdynamik des Huchens in den hier behandelten frühen Entwicklungsstadien und v. a. auch im Juvenilstadium des ersten Lebensjahres auftreten. Letzteres betrifft etwa hohe Ansprüche an spezifische Habitats (z. B. Überwinterungshabitats) und Wechselwirkungen mit anderen Arten wie Prädatoren und konkurrierenden Fischarten (v. Siemens et al. 2017; Ratschan et al. 2021).

Die einzelnen Beobachtungen können annäherungsweise als Stichproben aus einer längeren Laichperiode verstanden werden. Freilich müssen dabei Abstriche von Zufallsstichproben gemacht werden. So sind bei den Beobachtungen die Wochenend-Tage überrepräsentiert (Samstag: 63, Sonntag: 48), während sich die Wochentage recht gleichmäßig aufteilen (jeweils ca. 38). In Kauf zu nehmen ist als wesentlicher Nachteil des Zugangs, den Zeitpunkt des Laichens anhand damit assoziierter Verhaltensweisen abzuschätzen, dass unklar bleibt, ob diese Beobachtungen vor, zwischen oder nach den eigentlichen Ablaihvorgängen erfolgten. Auch die den Meldungen zugrundeliegende Dynamik, ob Huchenfreunde vorwiegend zu Beginn Ausschau halten, oder sich etwa durch Mundpropaganda verstärkt gegen Ende der Laichzeit einfinden, bleibt offen. In alpinen Gewässern folgt kurz nach Beginn der Laichzeit teils eine Eintrübung durch Schmelzwasser, wodurch beispielsweise aus der Mur Beobachtungen von Laichaktivität aus einer frühen Phase der Laichzeit etwas überrepräsentiert sein könnten.

Insgesamt reicht die Datenqualität trotz der genannten Einschränkungen aus, um plausible zeitlich-räumliche Muster und Zusammenhänge mit Umweltfaktoren zu erarbeiten. Die Anpassungsgüte des Modells zur Erklärung der Laichzeit (Tabelle 2) von $R^2 = 0,30$ ist in Anbetracht der Prinzipbedingt geringen Präzision der punktuellen Beobachtungen innerhalb einer längeren Laichzeit (siehe unten) durchaus hoch.

Verhalten zur Laichzeit

Die Herstellung eines engen zeitlichen Bezugs zwischen typischen Verhaltensweisen zur Laichzeit und der Abgabe von Geschlechtsprodukten erweist sich beim Huchen als schwierig. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit, die wesentlich auf Beobachtungen Dritter fußt, auf eine weitere Differenzierung des Laichverhaltens verzichtet. Um die auftretende Komplexität zu erläutern, werden einige dabei relevante Aspekte umrissen.

Die Laichzeit kann sich über mehrere Wochen ziehen (siehe unten) oder bei ungünstigen Bedingungen wie Kälteeinbrüchen unterbrochen werden. Es ist eine hohe Dynamik zu beobachten, welche Individuen einen Laichplatz nutzen. Eine Laich-



Abb. 9: Nicht immer ist das Geschlecht anhand der Färbung so eindeutig erkennbar wie bei diesem Pärchen und glasklarer Pielach (Milchner oben, Rogner unten).

grube kann von mehreren unterschiedlichen Rognern genutzt werden, und umgekehrt können einzelne Rogner mehrere Laichgruben aufsuchen oder möglicherweise auch mit unterschiedlichen Milchnern ablaichen. Zu Details des Laichverhaltens wie diesem sind in der Literatur deutliche Unterschiede und auch widersprüchliche Beschreibungen zu finden, die häufig mit einer falschen Geschlechterzuordnung in Verbindung stehen dürften (vgl. *Abbildung 10*). Darunter fällt etwa die durch Esteve et al. (2013) falsifizierte Behauptung, dass sich auch die Milchner am Ausheben der Laichgrube beteiligen würden. Am Rande sei erwähnt, dass man sogar die völlig aus der Luft gegriffene Angabe findet, dass männliche Huchen einen Laichhaken ausbilden würden – ein offensichtlich unhinterfragt von Forellen und Lachsen übernommener Trugschluss.

Historisch fanden im Vorfeld teils weite und individuenreiche Laichwanderungen über größere Distanzen statt (z. B. für die Traun und Ager in Einsele, 1962 beschrieben), wie sie in den heute stark fragmentierten Flüssen kaum mehr möglich sind. Mehrere Autoren berichten, dass bereits einige Zeit vor dem eigentlichen Ablaichen eine Paarbildung oder Ansammlung laichbereiter Individuen erfolgt (Holčík et al. 1988). Die Rogner heben – ähnlich wie dies von anderen Salmoniden beschrieben wird – möglicherweise auch Laichgruben aus die nicht belaiacht werden (Holzer 2011).



Abb. 10: Unübersichtliche Situation (links; schlagender Rogner mit 2 Milchnern), unmittelbar vor einem Rivalenkampf (rechts, 2 Milchner).

Milchner behalten die beschriebene Paarbindung nicht notwendigerweise aufrecht, sie verhalten sich teils recht mobil und suchen nach laichbereiten Rognern, wobei es zu heftigen Rivalenkämpfen und Verletzungen kommen kann. Wie auch für viele Forellen- und Lachsarten beschrieben, mischen sich manchmal unauffällige, wesentlich kleinere Milchner ins Laichgeschehen. Die Rogner schlagen mit dem Schwanz und den unpaaren Flossen Laichgruben und bewegen dabei große Kiesmengen. Diese vorbereitende Verhaltensweise ist vom Vorgang des eigentlichen Ablaichens nur bei genauer Beobachtung abzugrenzen, weil – nach einer Pause nach jeder Ei-Abgabe – auch dazwischen schlagende Bewegungen durchgeführt werden, um die Eier mit Kies zu bedecken, die Laichgrube zu verbessern oder den Laichvorgang abzuschließen. Genauere Beschreibungen zum Laichverhalten finden sich bei Holzer (2011) und – basierend auf Videoanalysen und vergleichend zu anderen Salmonidenarten – bei Esteve et al. (2013).

Die Gonaden werden in vielen kleinen Portionen über einen Zeitraum von vielen Stunden bis mehreren Tagen abgegeben, es handelt sich aber beim Huchen bzw. generell bei Salmoniden keineswegs um Portionslaicher im eigentlichen Sinn, weil die Eier nicht zu unterschiedlichen Zeiten reifen (Holčík et al. 1988). Auch längere Zeit nach dem Laichvorgang sind manchmal noch über oder im Nahebereich von Laichplätzen stehende Huchen unterschiedlichen Geschlechts zu beobachten, wobei es sich dabei um Milchner handeln kann, die abwarten, ob weitere Rogner auftauchen, oder Pärchen, die möglicherweise bei passenden Bedingungen weitere Laichportionen abgeben, oder auch schwer interpretierbare andere Verhaltensweisen.

Auslösende Faktoren

Der Zeitpunkt der Laichreife wird bei Salmoniden generell durch folgende Faktoren geprägt (Hochleithner, 2014):

- Photoperiode (Tageslänge)
- Temperatur zur Laichzeit, aber auch davor (»Winterung«)
- Temperaturschwankungen bzw. -anstieg
- Stimulierung durch Strömung, andere laichende Fische oder sonstige Reize
- Geschlecht, individueller Ernährungszustand und Alter der Fische
- Genetische Faktoren

Diese Faktoren wirken auf unterschiedlichen zeitlichen Skalen und können sowohl über endogene Jahreszyklen auf die Gametogenese einwirken als auch als modulierende bzw. kurzfristig als auslösende Faktoren für die Ovulation und das Laichverhalten (Wootton & Smith, 2014). Für Salmoniden ist belegt, dass die Photoperiode als frühzeitiger Auslöser der Gonadenbildung wirkt. Bei Frühjahrslaichern ist für die Ausbildung fruchtbarer Gonaden eine Unterschreitung gewisser Temperaturen im Winter notwendig (ca. 5–6 °C). Die Erwärmung im Frühjahr und wahrscheinlich auch die steigende Tageslänge wirken als entscheidende Reize, die eine Synchronisation der Laichbereitschaft von Männchen und Weibchen und im Fall der Temperatur eine Feinanpassung der Laichzeit an die im jeweiligen Jahr vorherrschenden Bedingungen gewährleisten.

Die Tageslänge unterscheidet sich prinzipbedingt nicht zwischen Jahren, allerdings zwischen Punkten unterschiedlicher geografischer Breite. Auf den ersten Blick überraschend besteht bei den Beobachtungen ein negativer, unter bivariater Betrachtung

statistisch signifikanter Zusammenhang mit der geografischen Breite. Huchen nördlicher Populationen (wie an der Oberen Isar) laichen also trotz einer vor dem Frühjahrs-Äquinoktium (Ende März) geringfügig kürzeren Tageslänge früher als südlichere, wie etwa jene an der Oberen Mur (*Abbildung 6*). Nachdem die Daten vorwiegend aus nördlich der Alpen abfließenden Gewässern stammen, ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass dieses Ergebnis mit dem großräumigen Georelief und den damit zusammenhängenden Wassertemperaturen zu erklären ist und nicht kausal mit der breitenabhängigen Tageslänge zusammenhängt. Schließlich konnte gezeigt werden, dass die Wassertemperatur im März den höchsten Erklärungswert für die Laichzeit aufweist und mit der geografischen Breite korreliert. Darüber hinaus besteht ein negativer Zusammenhang zwischen geografischer Breite und mittlerem Abfluss (*Abbildung 5*), was in dieselbe Richtung wirkt (siehe unten).

Temperatur zur Laichzeit

Beschreibungen zur Temperatur während der Laichzeit in der Literatur unterscheiden sich teils deutlich, sie reichen von breiten Bereichen wie 5–10 °C (Hochleithner 2014, Holčák et al. 1988) bis hin zu präziseren Angaben wie »etwa 8°, in sehr kalten Flüssen aber auch nur 6°« (Hanfland et al. 2015), die recht gut mit den vorliegenden Ergebnissen ($\bar{x}=8,2\pm 1,6$ °C) übereinstimmen. Letzte Angabe kann nun um die Erkenntnis erweitert werden, dass bei spät laichenden Populationen, insbesondere in Seeausrinnen mit geringen Temperaturschwankungen, durchaus auch 9–11 °C mittlere Wassertemperatur für die Laichzeit charakteristisch sind (*Abbildung 8*).

Literaturangaben beschreiben in der überwiegenden Zahl der Fälle nur die absolute Temperatur, ohne dass deren Änderungen und Tagesschwankungen berücksichtigt werden. Diurnale Schwankungen zur Laichzeit im Frühjahr fallen zwar geringer aus als etwa im Hochsommer, können aber speziell in kleineren, abflussschwachen oder stark sonnenexponierten Flüssen im April durchaus schon 4–5 °C betragen (vgl. *Abbildung 11*). Die vorliegenden Ergebnisse deuten stark in die Richtung, dass der Anstieg der Wassertemperatur bzw. diurnale Schwankungen und weniger die absolute Temperatur die Wirkung als auslösender Faktor prägen. Ähnliche Ergebnisse konnten Wedekind & Küng (2010) anhand einer langen Zeitreihe von der Aare bei Äschen feststellen, wo die ersten laichreifen Tiere jeweils nach einem deutlichen Temperaturanstieg angetroffen wurden. Die Huchen-Daten zeigen flusstypische Spezifika, die neben abiotischen Auslösern vermutlich auch auf genetische Anpassungen aufgrund adaptiver Vorteile einer früheren oder späteren Laichzeit zurückzuführen sind.

Laichzeit im Längsverlauf, Besonderheit Seeausrinne

Spannende Ergebnisse betreffen die Unterschiede der Laichzeit im Längsverlauf mancher Flüsse. Ausreichend Daten liegen dazu aus der Mur vor, wo sich die mittlere Laichzeit zwischen Murau und Graz, also ca. 200 Fluss-km und 400 m Seehöhe entfernten Orten, um eine Woche verändert (Tabelle 3, *Abbildung 6*). Betrachtete man die jeweilige Temperatur, so zeigt sich, dass der zeitliche Unterschied nicht allein durch die Temperaturentwicklung im Längsverlauf zu erklären ist. Denn diese unterscheidet sich im Längsverlauf deutlich stärker, sodass zur – zwar etwa eine Woche früheren – Laichzeit in der Mittleren Mur bereits etwa 2 °C wärmere Verhältnisse herrschen als später an der Oberen Mur (*Abbildung 8*). Es ist schwer zu beurteilen, inwieweit diese Divergenz durch lokale Unterschiede anderer auslösender Faktoren

zustande kommt (z. B. diurnale Schwankungen oder den saisonalen Anstieg der Wassertemperatur), oder eher als adaptive Anpassung in Hinblick auf geeignete Bedingungen für das Überleben der Nachkommen zu sehen ist und somit auch genetische Unterschiede zwischen den beiden Teilpopulationen widerspiegelt.

Besonders interessant erweist sich das zweite Beispiel der Isar, wo auf deutlich kürzerer Strecke zwischen Bad Tölz und München (ca. 50 F-km und 150 m Seehöhe Differenz) noch deutlichere Unterschiede im Längsverlauf gefunden wurden, die bei lokalen Kennern allgemein bekannt sind. Es zeigt sich wider Erwarten flussab bei München eine um 14 Tage später beobachtete (*Abbildung 3*) bzw. 12 Tage später modellierte Laichzeit (Tabelle 3) als flussauf bei Bad Tölz. Eine gute Erklärung für diese erstaunliche Diskontinuität liefert der Einfluss der dazwischen einmündenden Loisach, dem Ausrinn des Kochelsees samt Überleitung aus der Isar über das Walchenseekraftwerk. Dadurch weist die Isar bei Bad Tölz bis Wolfratshausen einen leichten Restwasser-Charakter und ab der Einmündung der Loisach einen gewissen Seeausrinn-Charakter auf, was sich auf die Dynamik des Temperaturgangs auswirkt. Wie *Abbildung 11* für ein ausgewähltes Jahr zeigt, unterscheidet sich die mittlere Temperatur und auch deren saisonaler Anstieg zwischen Bad Tölz und München nur wenig, allerdings sind die täglichen Schwankungen flussauf wesentlich stärker ausgeprägt. Dies deutet darauf hin, dass starke diurnale Schwankungen auch bei noch geringer mittlerer Tagestemperatur als Auslöser für eine frühe Laichzeit ausreichen, bzw. der gedämpfte Tagesgang von Seeausrinnen (und auch anderer größerer Flüsse) die Laichzeit verzögert. Möglicherweise unterstützt auch die relativ hohe Wintertemperatur im flussauf gelegenen Teil der Oberen Isar die frühe Laichzeit. Im Überblick der Flüsse findet man aber keine Hinweise, dass etwa die Jänner-Temperatur darauf Einfluss nimmt.

Eine generelle Gültigkeit der an der Isar gefundenen Zusammenhänge für Seeausrinne wird durch die Ergebnisse aus dem Traungebiet unterstützt. Dort stehen die ungewöhnlich späten Beobachtungen aus der Traun besonders hervor ($\bar{x} = 27.4$,

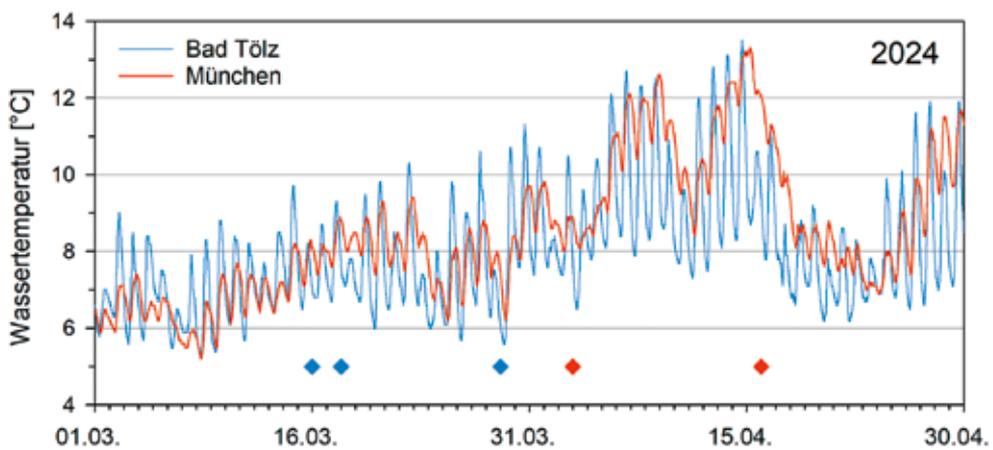


Abb. 11: Verlauf der Wassertemperatur (15 min Werte) in der Isar bei Bad Tölz und München im ausgewählten Jahr 2024 mit Beobachtungen von Laichaktivitäten (blaue Raute ... bei Bad Tölz; rote Raute ... bei München).

n=5), deren Abfluss nahezu vollständig aus dem Ausrinn des Traunsees besteht. Das ist bei der Ager (Ausfluss des Attersees) zu einem geringen Ausmaß und bei der Vöckla gar nicht der Fall, was plausibel mit den dort früheren Zeitpunkten ($\bar{x}=8.4.$, n=7) in Übereinstimmung zu bringen ist, wenngleich die geringe Zahl der Beobachtungen aus dem Traungebiet die Sicherheit dieser Ergebnisse einschränkt. Allerdings handelt es sich bei den beobachteten Jahren um eher warme, was den Schluss auf eine ungewöhnlich späte Laichzeit speziell in der Traun bestätigt. Bemerkenswert ist auch, dass zur Laichzeit an der Traun die höchsten mittleren Wassertemperaturen aller Flüsse gefunden wurden (Tagesmittel $\bar{x}=10,5$ °C; *Abbildung 8*). Darüber hinaus weist die Traun auch einen recht hohen mittleren Abfluss auf (MQ nach der Ager-Mündung $108 \text{ m}^3/\text{s}$), was die Erwärmung im Längsverlauf bzw. diurnale Temperaturschwankungen dämpft. Dieser Effekt dürfte generell den signifikant positiven Zusammenhang zwischen Abfluss und Laichzeit im Datensatz erklären (*Abbildung 5*, Tabelle 2).

Sowohl an der Traun als auch der Ager handelt es sich um ehemals ausgestorbene, durch initiale Besatzmaßnahmen vor wenigen Jahrzehnten erfolgreich wiederangesiedelte kleine Huchenbestände. Man kann darüber spekulieren, ob diese noch zu wenig Zeit hatten, ihre Laichzeit an die spezifische Bedingung einer geringen Ausprägung des auslösenden Faktors der Temperaturdynamik anzupassen, oder ob der für die heutige Zeit ungewöhnlich späte Laichtermin hier adaptiv ist und das Überleben der Nachkommen fördert, was etwa auch an der Isar in München der Fall sein könnte.

Dauer der Laichzeit

Die Dauer der Laichzeit repräsentiert sowohl die individuellen Unterschiede der Tiere einer Laichpopulation als auch – im Fall der Salmoniden in einem geringeren Ausmaß – die Dauer, welche die Einzeltiere für das Absolvieren des Laichvorgangs benötigen. Die meisten der gesammelten punktuellen Beobachtungen liefern zur



Abb. 12: Rogner mit zwei dahinter schwimmenden Milchnern auf Laichplatz in der Gmundner Traun.

Foto © Albert Pesendorfer, 12. 4. 2023.

Dauer der Huchen-Laichzeit nur wenig Information. Vom Lech liegen allerdings systematische Beobachtungen für eine Jahresreihe von 2010 bis 2023 vor, im Zuge derer die ersten und letzten Beobachtungen jeden Jahres im Bereich hergestellter Kieslaichplätze dokumentiert wurden (Mittlg. H. Erhard). Im Mittel wurden dort die letzten Huchen 24 Tage nach der ersten Sichtung auf dem Laichplatz beobachtet. Die kürzeste Beobachtungsperiode dauerte 11 Tage, die längste 34 Tage vom 11. März bis zum 14. April. In sich rasch erwärmenden, kleineren Alpenvorlandgewässern dürfte die Laichzeit in Jahren mit rascher, monoton steigender Erwärmung kürzer ausfallen (*Abbildung 13*). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen beschreiben Holčík et al. (1988) im Überblick der Literatur eine Dauer der Laichzeit von 10 Tagen bis 3 Wochen, sofern es zu keinem Temperatureinbruch kommt.

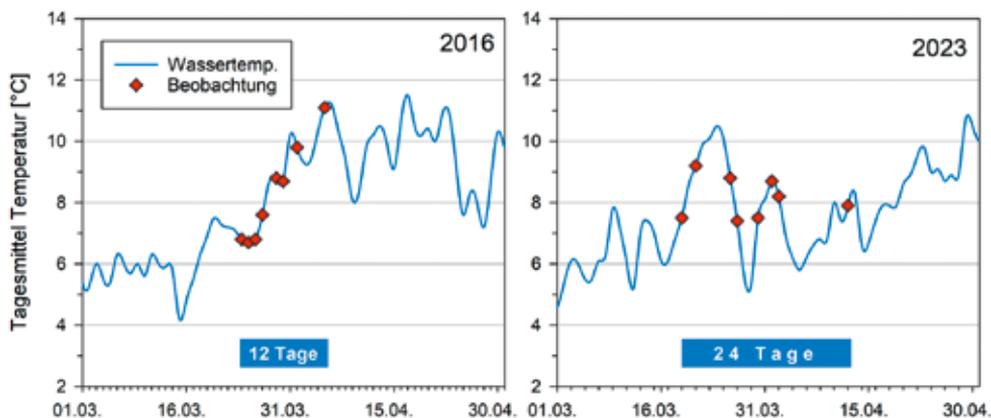


Abb. 13: Beispiel für ein Jahr mit kurzer Laichzeit (links) bei rasch steigender und ein Jahr mit langer Laichzeit (rechts) bei schwankender Temperaturentwicklung am Pegel Pielach Hofstetten.

Gezielte Laichplatzkartierungen an der Pielach im Rahmen mehrerer Studien zeigen, dass zwischen den Jahren erhebliche Unterschiede auftreten. Dabei kann der maximale zeitliche Abstand besetzter Laichplätze als Mindestschätzung für die Dauer der Laichzeit dienen. Bei Melcher et al. (1999) im Jahr 1997 lag diese bei 12 Tagen, bei Zitek et al. (Mittlg. 2024) im Jahr 2003 bei 26 Tagen, bei Schöfbenker (2018) wiederum bei nur 12 Tagen und bei Gruber & Pinter (2024) bei 24 Tagen. Im von Gruber & Pinter untersuchten Jahr 2023 ist es zu einem zwischenzeitlichen Abbruch der Laichaktivität aufgrund kühler Witterung gekommen (*Abbildung 13*). Als besonders markantes Beispiel kann eine Beobachtung an der Isar bei Bad Tölz dienen, wo im Jahr 2024 durch unterschiedliche Personen Laichaktivitäten zwischen dem 16. März und dem 29. März beobachtet wurden. Lange nach dieser Zeit wurden aber auch am 5. Mai zwei über einer Laichgrube stehende Huchen gesichtet (Mittlg. M. Knoch), obwohl der Temperaturverlauf bis Mitte April keine Anhaltspunkte für eine Unterbrechung der Laichzeit liefert (*Abbildung 11*). Dieser schwer interpretierbare Einzelfall wird bei den gegenständlichen Auswertungen als Ausreißer behandelt.

Phänologie der Laichzeit und deren Veränderung

Bezüglich der Phänologie der Laichzeit unterschiedlicher Fischarten zeigt sich die charakteristische Abfolge, dass die Regenbogenforelle (frühjahrslaichende Stämme)

zuerst laicht, gefolgt von der Äsche und kurz darauf dem Huchen. Bei Kolahsa & Kühn (2006) und Hochleithner (2014) findet man dazu die Angabe, dass Huchen generell etwa 7–10 Tage nach der Äsche laichen würden. Manche Autoren beschreiben ein gleichzeitiges Laichen von Huchen und Nase, typischerweise reproduziert diese frühlaichende Cyprinidenart aber bei 10–14 °C und somit etwas später als der Huchen. Durch die häufig niedrigen Wasserführungen, hohen Lufttemperaturen und infolgedessen rasche Erwärmung im Frühjahr überschneiden sich die Laichzeiten der Fischarten heute stärker als dies in der Vergangenheit der Fall war.

Eine phänologische Verschiebung der Huchen-Laichzeit lässt sich sowohl qualitativ durch Literaturangaben als nun auch quantitativ durch Daten aus den letzten 25 Jahren belegen. Dabei erweist sich die lange Zeitreihe aus der Pielach (1997–2024, *Abbildung 7*) als besonders wertvoll. Diese zeigt, dass Laichaktivitäten im Vergleich zu den späten 1990er/frühen 2000er Jahren heute im Mittel um ca. eineinhalb Wochen früher zu beobachten sind. Jungwirth (1980) beschreibt die Abhängigkeit der Laichzeit von der Temperatur und folgert für die damaligen Verhältnisse: ».. *daher laichen beispielsweise die Huchen der Pielach (rund 250 m ü. A.) schon anfangs April, diejenigen der oberen Mur (600–800 m ü. A.) oft erst spät im Mai.*« Allerdings gibt es aus der Pielach auch aus früheren Jahren Beobachtungen bereits im März laichender Huchen (Jungwirth 1977), was damals eher die Ausnahme war und nun zur Norm wurde.

Noch stärkere Veränderungen zeichnen sich am Schwarzen Regen ab, für den Harsányi (1982) noch eine Laichzeit Anfang Mai angibt. Die aktuellen Daten zeigen hingegen einen mittleren Laichtermin am 7. April, die früheste Beobachtung gelang sogar schon am 23. März, und keine einzige mehr im Mai.

Für die Mur zeigen die Daten der 20 Jahre umfassenden Zeitreihe (2005–2024, *Abbildung 7*) erstaunlicherweise sogar eine Verschiebung um 3–4 Wochen, wobei dieses Ergebnis die wahren Veränderungen aufgrund der geringen Verfügbarkeit älterer Daten etwas überschätzen könnte. Allerdings hat sich die Temperatur der Mur im Monat März in den letzten Jahrzehnten besonders stark erwärmt. Gerade die März-Temperatur korreliert stark mit der Laichzeit, sodass diese Änderung die erhebliche Verschiebung der Laichzeit plausibel erklärt. Am Pegel St. Georgen (flussauf von Judenburg) zeigt eine Regression die Veränderung des März-Mittelwerts im Zeitraum 2005–2024 von 3,3 auf 5,2 °C, während sich die Temperatur in der zweiten April-Hälfte kaum geändert hat. Im Gegensatz zur oben zitierten Angabe aus Jungwirth, 1980 (»oft erst spät im Mai«) wurden Laichaktivitäten in der Oberen Mur in den letzten fünf Jahren meist bereits in der ersten Aprilhälfte beobachtet ($\bar{x}=6.4.$, $n=20$) und in keinem einzigen Fall im Mai, manchmal hingegen sogar schon Ende März, wie dies früher nur in den Tieflagen der Fall war.

In ähnlicher Weise fanden Wedekind & Küng (2010) anhand einer 62 Jahre langen Zeitreihe bei der Äsche eine Verschiebung der Laichzeit um 3–4 Wochen, die mit einer früheren Erwärmung der Aare korrespondiert. Dabei war die Temperatur zur realisierten Laichzeit unverändert, sie wurde aber früher erreicht.

Frühe Lebensstadien und kritische Bedingungen, Auswirkung Klimawandel

Anhand des berechneten Zeitpunkts früher Entwicklungsschritte und Literaturangaben zu deren Temperaturlimits soll die eingangs aufgestellte Hypothese untersucht werden, dass es durch die zunehmende Gewässererwärmung zu Diskrepanzen

zwischen der Wassertemperatur und den Ansprüchen früher Entwicklungsstadien des Huchens kommt.

Unter Laborverhältnissen liegen günstige Temperaturen für die Entwicklung von Hucheneiern mit Überlebensraten $\geq 50\%$ nach Humpesch (1985) bzw. Purtscher (2010) zwischen $4,7$ und $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ vor, nach Jungwirth & Winkler (1984) zwischen 6° und 12° . Letztere fanden unter 4° eine hohe Mortalität und über 16° einen Totalverlust. Wild et al. (2023) fanden hingegen bei günstigen Sedimentbedingungen nur einen geringen Unterschied der Schlupfraten zwischen $10,1$ und $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Für die anschließende Embryonalentwicklung bis zur Emergenz fand Purtscher (2010) zwischen $6,1$ und $17,7^{\circ}$ günstige Verhältnisse und bei 4° bzw. 20° eine hohe Mortalität. Bei Salmoniden dürfte generell eine im Vergleich zu Eiern größere Toleranz von Embryonen gegenüber hohen Temperaturen vorhanden sein. Bei höheren Wassertemperaturen ist allerdings das Zeitfenster kürzer, das bis zu einem erfolgreichen Umstieg auf exogene Ernährung zur Verfügung steht (Purtscher, 2010). Eine verschlechterte Sauerstoffversorgung im Kieslückenraum führt bei sonst noch günstiger Temperatur zu deutlich geringeren Überlebensraten. Wild et al. (2023) fanden eine im Vergleich zu Bachforelle und Nase besonders hohen Anfälligkeit von Hucheneiern gegenüber der Kombination von Temperaturerwärmung und erhöhtem Feinsedimentanteil, Sternecker & Geist (2010) einen stark negativen Einfluss einer feinen Sedimentfraktionierung für den Zeitraum vom Augenpunktstadium bis nach der Emergenz. Die genannten oberen Temperaturlimits können daher speziell bei ungünstigen Sedimentverhältnissen nicht eins zu eins von Labor- auf Freilandverhältnisse übertragen werden. Sie stellen best case-Annahmen unter der Bedingung einer sehr günstigen Sedimentqualität bzw. Sauerstoffversorgung dar.

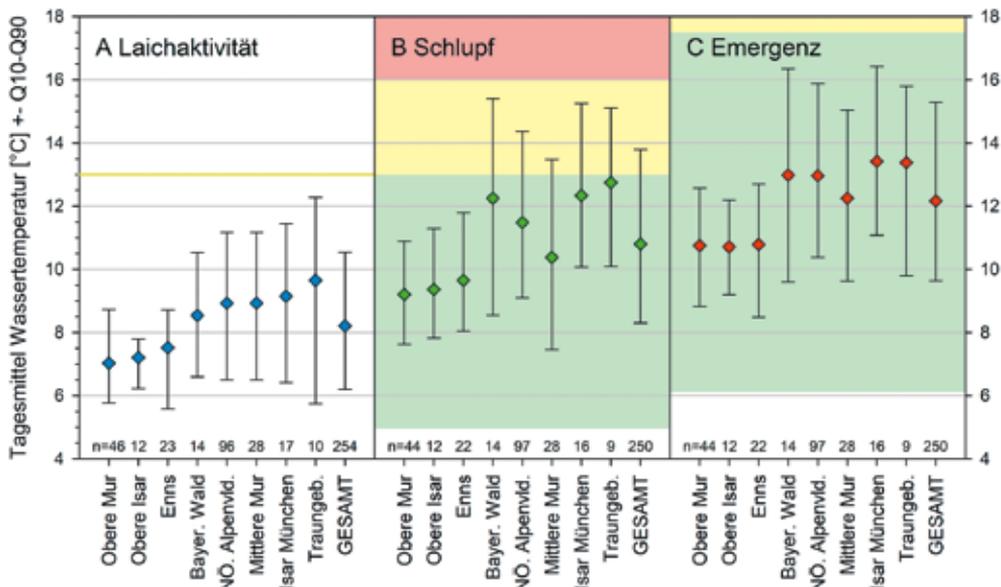


Abb. 14: Wassertemperatur zum Zeitpunkt der beobachteten Laichaktivität (A) sowie des berechneten Schlupfs (B) bzw. der Emergenz (C). Gebiete anhand der Laichaktivität gereiht. Günstiger Temperaturbereich gemäß Literatur in grün, Bereich mit erhöhter Mortalität gelb, letaler Bereich rot (siehe Text).

Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Wassertemperatur am Tag der beobachteten Laichaktivität, am Tag des berechneten Schlupfes sowie der berechneten Emergenz. Während der Laichaktivitäten liegen in allen Flüssen Wassertemperaturen in einem für die Ei-Entwicklung günstigen Bereich vor (*Abbildung 14*). Bis zum Tag des Schlupfes steigen sie allerdings deutlich an und erreichen an der Mittleren Mur in seltenen Fällen, an den Flüssen im Bayerischen Wald, der Isar in München und im Traunggebiet hingegen durchaus häufig pessimale Werte über 13 °C, sodass eine erhöhte Ei-Mortalität (»geringe Schlupfrate«) zu erwarten ist. Die Laborstudien liefern allerdings keine Information darüber, in welchem genauen Entwicklungsstadium bzw. über welche Dauer kritische Temperaturen überschritten werden müssen, um sich derart auszuwirken. Weil die Literaturangaben wie oben erwähnt nur bei günstigen Verhältnissen bezüglich der Sauerstoffversorgung gültig sind, und beim Huchen besonders negative Auswirkungen bei kombiniertem Auftreten hoher Temperaturen und hoher Feinsedimentanteile belegt sind (Wild et al. 2023), ist in den erwähnten Flüssen sehr wahrscheinlich von einer hohen Brisanz steigender Wassertemperaturen während der Ei-Entwicklung auszugehen. Zusätzlich ist eine Intensivierung dieser Problematik durch verstärkte Niederwasserphasen anzunehmen, die als weiterer Effekt des Klimawandels auftreten.

Bis zur Emergenz steigen die Wassertemperaturen – insbesondere in den vier genannten Flüssen – kräftig weiter an. Weil nach Purtscher (2010) aber erst über ca. 18 bzw. bei 20 °C eine hohe Mortalität von Embryonen auftritt, bleiben aber selbst die Q90 Werte aller Flüsse in *Abbildung 14* in einem verträglichen Rahmen. Wiederum ist aber die kombinierte Wirkung hoher Temperaturen und ungünstiger Sediment- und Abflussverhältnisse zu berücksichtigen, die unter Bezug auf die Laborwerte unterschätzt wird.

Die anschließende Emergenz gilt als Phase besonders hoher Mortalität von Salmoniden. In dieser Phase spielt die Korngröße bzw. die Durchlässigkeit des Sediments eine große Rolle, um den aufsteigenden Embryonen mechanisch das Durchdringen des Sediments zu ermöglichen und auch dabei eine ausreichende Sauerstoffversorgung zu gewährleisten (Sternecker & Geist 2010). Auch in dieser Phase ist eine gewisse, nicht näher bekannte Sensibilität gegenüber erhöhten Wassertemperaturen anzunehmen.

Abgesehen von letalen Auswirkungen kann die Temperatur während der Entwicklung auch weiterreichende bzw. verzögerte Effekte haben, weil sie beispielsweise Einfluss auf temperaturabhängige Krankheiten oder die Geschlechtsbestimmung von Salmoniden nimmt (Wedekind & Küng, 2010). Der Zeitpunkt der Emergenz kann sich im anschließenden Larven- und Juvenilstadium auf die Ernährung, Ausbreitung, Konkurrenz & Prädation auswirken (Einum & Fleming 2000).

Schlussfolgerungen

Generell können Verschiebungen der Laichzeiten im Sinne von »phenological shifts« einerseits als Effekt des Klimawandels durch Erhöhung der Wassertemperatur als auslösendem Faktor verstanden werden. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich auch andere Mechanismen auf eine Verschiebung von Migrations- und Laichzeit von Salmoniden auswirken können. Für anadrome Lachsarten wurde ein Einfluss der fischereilichen Nutzung auf Laichzeiten durch zeitselektive Entnahme oder Besatz nachgewiesen (Morita 2019; Tillotson et al. 2021).

Andererseits kann eine Veränderung von Reproduktionszeiten umgekehrt betrachtet auch als adaptive Anpassung an den Klimawandel verstanden werden. Die vorliegenden Daten zeigen für die Mur und Pielach deutliche Verschiebungen der Laichzeit im Lauf der letzten zwei bis drei Jahrzehnte, die negative Auswirkungen erhöhter Temperaturen in einem gewissen Rahmen reduzieren. Diese für frühe Stadien vorteilhafte Kompensation könnte allerdings mit Nachteilen für spätere Stadien verbunden sein. In wärmeren Huchenflüssen werden aber trotz einer Verschiebung der Laichzeit während der frühen Entwicklung kritische Werte überschritten. Wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen, ist eine erhöhte Mortalität im Eistadium bis zum Schlupf zu erwarten, im Embryonalstadium bis zur Emergenz kann dies zumindest in Kombination mit anderen Faktoren als wahrscheinlich gelten. In Flüssen mit intaktem Geschiebehaushalt kann diese Problematik dadurch etwas entschärft werden, dass zumindest der Tagesgang oder wenige Tage dauernde Spitzen der Temperatur in einem voluminösen und gut durchströmten Kieslückenraum gegenüber der fließenden Welle abgepuffert werden.

Die Laichzeit von Salmoniden ist zu einem hohen Anteil genetisch verankert und weist eine hohe Heritabilität auf (Henry & Day 2005; Carlson & Seamons 2008). Durch Zuchtauswahl kann sie nach Hochleithner (2014) um durchschnittlich 7 Tage pro Generation verändert werden. Wie die Ergebnisse zur Dauer der Laichzeit zeigen, bestehen durchaus hohe Unterschiede zwischen den Laichzeiten individueller Huchen-Pärchen innerhalb eines Flusses. Zeitliche Diskrepanzen wie beispielsweise zu hohe Wassertemperaturen während der Ei- und Embryonalentwicklung bei später Laichzeit (Wild et al. 2023) oder geringe Nahrungsverfügbarkeit im Fall einer frühen Emergenz (Einum & Fleming 2000) können zu hoher Mortalität führen. Diese Kombination aus hoher Variation eines erblichen Merkmals und unterschiedlichem Fortpflanzungserfolg führt entsprechend der klassischen Evolutionstheorie zu einem hohen Selektionsdruck, der im Rahmen der physiologischen Möglichkeiten eine laufende Anpassung und Optimierung der Laichzeit in Hinblick auf sich ändernde Umweltfaktoren ermöglichen sollte.

In diesem Zusammenhang stellt die NASCO (2024) ihren Guidelines voran, dass es zum Erhalt der Resilienz von Salmonidenpopulationen angesichts rascher Veränderungen der Umwelt wie dem Klimawandel entscheidend ist, die genetische Vielfalt und komplexen Lebensgeschichten durch Absicherung der natürlichen Reproduktion zu erhalten. Die Möglichkeit zur Anpassung an sich rasch verändernde thermische Bedingungen durch natürliche Selektion sollte nicht durch Besatz reduziert oder konterkariert werden. Im Fall des Huchens liegt dabei eine besonders brisante Konstellation vor, weil Laichtiere häufig aus intakten Beständen in kühlen Flüssen wie der Oberen Mur oder Oberen Isar entnommen werden, das produzierte Besatzmaterial aber vielfach mit der Absicht eingebracht wird, Bestände in anthropogen beeinträchtigten und oftmals besonders warmen oder auch feinsedimentreichen Gewässern zu stützen, wo ein stark abweichendes Temperaturregime vorliegt – mit unbekanntem bzw. potentiell schwerwiegenden Folgen. Für eine allfällige Stützung oder erfolgreiche und zukunftsfitte initiale Besatzmaßnahmen in derartigen Gewässern gilt es daher als Gebot der Stunde, Laichstämme mit Herkunft aus sommerwarmen Flüssen aufzubauen (vgl. Neuburg et al. 2024). Dem Autor ist bewusst, dass es mit einem sehr hohen Aufwand verbunden ist, die dabei notwendige genetische Diversität zu gewährleisten.

Den wenigen noch ausreichend großen und reproduktiven Huchenbeständen sollte hingegen die Möglichkeit gelassen bleiben, ohne Beeinflussung durch Besatz auf sich ändernde Bedingungen zu reagieren. Verstärkt sollten andere Managementoptionen vorangetrieben werden. Im Hinblick auf die Reproduktion im Spannungsfeld von Gewässererwärmung und Feinsedimentproblematik sind darunter speziell Maßnahmen zur Sanierung von Geschiebedefiziten und zur Dynamisierung der Bettsedimente zu verstehen. Dies betrifft sowohl Huchenlebensräume in tiefergelegenen Regionen, wo durch Ausweitung der ackerbaulichen Nutzung von in bislang als Dauergründland genutzte Flächen die Feinsedimentbelastung im Gewässer steigt. Aber auch in alpinen Regionen werden infolge zurückgehender Gletscher und auftauenden Permafrosts verstärkt Feinsedimente freigesetzt, was sich zusätzlich durch Verlandung von Stauräumen und intensivierete Stauraumpülungen auswirken kann. Um dem Huchen auch unter weiter fortschreitenden Erwärmungsszenarien das Überleben zu sichern, kommt darüber hinaus einer möglichst guten Vernetzung mit kühleren Zubringern und – teils heute noch nicht besiedelten – Oberläufen als thermische Refugien zumindest für gewisse Lebensstadien und Jahreszeiten besondere Bedeutung zu.

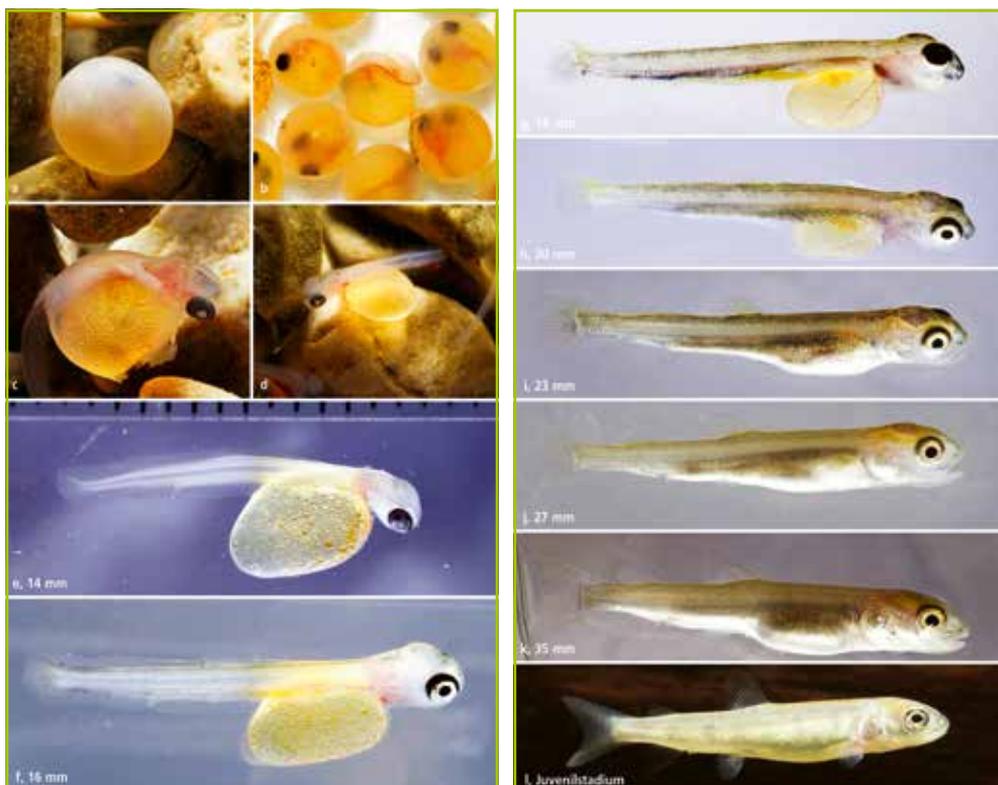


Abb. 15: Frühe Entwicklung des Huchens vom geägten Ei (a-b) über den Schlupf (c) und das Embryonalstadium (d-h) bis zur emergierten, fressfähigen Larve (L1-i; L2-j) und zum Juvenilstadium (k-l); mit Länge des fotografierten Individuums.

Fotos © Clemens Ratschan

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind beim Huchen erhebliche Wissensdefizite zu den Temperaturpräferenzen und -limits von Jungtieren und Adulten zu bemängeln, die während sommerlicher Hitzephasen besonders betroffen sind. Die Beseitigung dieser Mängel durch geeignete (Labor-) Versuche wäre aus gegebenem Anlass von hoher Notwendigkeit.

Die hier entwickelten Modelle zur Lebensphase zwischen dem Laichen und dem Ausschwimmen der fressfähigen Huchenlarven aus dem Kieslückenraum stellen in weiterer Folge eine Grundlage für Teil 3 dieser Serie dar, der sich mit dem Wachstum juveniler Huchen im ersten Lebensjahr beschäftigt wird.

DANKSAGUNG

Für umfangreiche Aufzeichnungen und Meldungen von Laichaktivitäten sowie andere Beiträge bedanke ich mich herzlich bei Uwe Ambrosch, Peter Anderwald, Robert Asner, Lukas Bauer, Dominik Bernolle, Daniel Daill, Christoph Graf, Gabriel Gruber, Hans Erhard, Andreas Fischer, Thomas Fischl, Alenko Franolic, Georg Fürnweger, Michael Gallowitsch, Michael Gilgenreiner, Sebastian Hanfland, Manuel Haselbauer, Andreas Irtel, Michael Jung, Franz Keppl, Gerhard Kilger, Michael Knoch, Christian Lang, Rudolf Mikstetter, Martin Mühlbauer, Johann Nesweda, Roman Ornetzeder, Albert Pesendorfer, Kurt Pinter, Alois Postlmayer, Kristof Reuther, Bernhard Ritter, Tobias & Willi Ruff, Zacharias Schähle, Günther Schleifer, Bernhard Schmall, Bernhard Schmittmann, Michael Schöfbenker, Nikolaus Schotzko, Michael v. Siemens, Clemens Tatzber, Walter Urwalek, Christoph Wieser, Raimund Wieser, Gerhard Wolkenstein und Andreas Zitek.

QUELLEN

- Carlson S. M. & Seamons T. R. (2008): A review of quantitative genetic components of fitness in salmonids: implications for adaptation to future change. *Evol Appl.* 1(2): 222–238.
- Comte L., Buisson L., Daufresne M. & Grenouillet G. (2013): Climate-induced changes in the distribution of freshwater fish: observed and predicted trends: climate change and freshwater fish. *Freshw. Biol.* 58, 625–39.
- Einsele W. (1962): Huchenbeobachter antworten. *Österr. Fisch.* 15 (3/4): 27–32.
- Einum S. & Fleming I. A. (2000): Selection against late emergence and small offspring in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Evolution* 54:628–639.
- Esteve M., Unfer G., Pinter K. & Doadrio I. (2013): Spawning behaviour of Danube huchen from three Austrian rivers. *Arch. Pol. Fish.* (2013) 21: 169–177.
- Gruber G. & Pinter K. (2024): Analyse der Reproduktion des Huchens und der Habitatwahl von Huchenlarven in der Pielach. *Inst. f. Hydrobiologie u. Gewässermanagement i. A. Österreichischer Fischereiverband.* 49 S.
- Hanfland S., Ivanc M., Ratschan C., Schnell J., Schubert M. & Siemens M. v. (2015): Der Huchen – Fisch des Jahres 2015. Ökologie, aktuelle Situation, Gefährdung. Landesfischereiverband Bayern. 85 S.
- Harsányi A. (1982): Der Huchen. Vorkommen, Aufzucht und sportlicher Fang. Paul Parey Verlag, Haburg, Berlin. 175 S. + Anhang.
- Hendry A. P. & Day T. (2005): Population structure attributable to reproductive time: isolation by time and adaptation by time. *Molecular Ecology* 14:901–916.
- Hochleithner M. (2014): Lachsfische. Biologie und Aquakultur, 3. Aufl. Aquatech Publications. 384 S.
- Holzer, G. (2011): Habitatbeschreibung von Huchenlaichplätzen an der Pielach. *Österreichs Fischerei* 64(2/3): 54–69.
- Holčík J., Hensel, K., Nieslanik, J. & Skácel, L. (1988): The Eurasian Huchen, Hucho hucho, Largest Salmon of the World, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster. 296 S.
- Humpesch U. H. (1985): Inter- and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Arch. Hydrobiol.* 104: 129–144.
- Jungwirth, M. (1977): Der Huchen und seine Zucht. *Österr. Fisch.* 30 (8/9): 125–134.
- Jungwirth, M. & Winkler, H. (1984): The temperature dependence of embryonic development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), Artic char (*Salvelinus alpinus*) and Brown trout (*Salmo trutta fario*). *Aquaculture* 38: 315–327.
- Melcher, A., Holzer, G., Hollerer, G. & Schmutz, S. (1999): Gewässerbetreuungskonzept Traisen. Arbeitspaket 19a. Biotische Habitatmodellierung. Lebensraumansprüche der Leitfischarten Nase, Barbe, Huchen und Äsche. Univ. f. Bodenkultur, Abt. f. Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur i. A. Amt der NÖ. Landesregierung. 253 S.
- Morita K. (2019): Earlier migration timing of salmonids: an adaptation to climate change or maladaptation to fishery? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 76(3): 475–479.
- North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO, 2024): Guidelines for Stocking Atlantic Salmon. *CNL(24)61.* 8 S.

- Neuburg J., Friedrich Th., Grohmann M. & G. Unfer (2024): Etablierung einer Gründerpopulation des Huchens (*Hucho hucho* L.) im Mündungsabschnitt der Traisen. Hrsg. BML. 102 S.
- Pletterbauer F., Pinter K. & Unfer G. (2015): Fischökologische Studie zur Pielach unter besonderer Berücksichtigung der Wassertemperatur. Eine Studie im Auftrag des NÖ. Landesfischereiverbandes und des Revierverbandes IV – St. Pölten. 90 S.
- Purtscher U. (2010): Effects of body weight at hatching and water temperature on development of the yolk-sac larvae of six species of salmonids, including grayling. *River Syst.* 19/1:43–58.
- Ratschan C., Schöfbenker M. & Zauner G. (2021): Charakterisierung von Habitaten juveniler Huchen und Begleitarten in Gewässern mit silikatischem Einzugsgebiet (Ilz, Mitternacher/Gr. Ohe, Schwarzer Regen). I. A. Bayerischer Landesfischereiverband. 94 S.
- Ratschan C. (2025): Projekt zum Schutz des Huchens in der Ybbs. Erhebung von Grundlagen zur natürlichen Reproduktion 2024. I. A. NÖ FRV III.
- Schöfbenker, M. (2018): Population size, reproduction & fry habitats of Danube salmon (*Hucho hucho*) in the river Pielach, Austria. Master Thesis University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. 71 S.
- Siemens, M. v., Ache, M., Asner, R., Türk, P., Zechmeister, Ph., Meyer, R., Nordhardt, B., Reeb, F., Wenninger, J. & Schnell, J. (2017): Charakterisierung typischer Einstände juveniler Huchen und Äschen in einem kalkalpinen Fluss (Isar). Studie i. A. Landesfischereiverband Bayern e. V. 187 S.
- Sternecker K. & Geist J. (2010): The effects of stream substratum composition on the emergence of salmonid fry. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 537–544.
- Tillotson M.D., Arostegui M. C., Austin C. S., Lincoln A. E., Matsubu W., McElroy K. N. & Quinn T. P. (2021): Challenges in the Identification and Interpretation of Phenological Shifts: Anthropogenic Influences on Adult Migration Timing in Salmonids. *Rev. Fish. Sci. Aquacult.* 29(4): 769–790.
- Wedekind C. & Küng C. (2010): Shift of spawning season and effects of climate warming on developmental stages of a grayling (*Salmonidae*). *Conservation Biology* 24(5): 1418–1423.
- Wild R., Nagel Ch. & Geist J. (2023): Climate change effects on hatching success and embryonic development of fish: Assessing multiple stressor responses in a large-scale mesocosm study. *Science of The Total Environment* 893: 164834.
- Wootton R. J. & Smith C. (2014): *Reproductive Biology of Teleost Fish*. John Wiley & Sons, Ltd. 472 S.

Weitere zitierte Quellen siehe Teil 1!

DI Dr. Ulrich Habsburg-Lothringen

Allgemein gerichtlich beeideter und zertifizierter Sachverständiger für Fischerei, Reinhaltung des Wassers, Forstwesen und Landschaftspflege

A-9400 Wolfsberg ~ Klagenfurter Straße 1 ~ Telefon: +43(0)43 52/ 39 36 11
Mobil: +43(0)664/24 39 786 ~ E-Mail: ulrich.habsburg@gmx.at



Waxdick, Sterlet, Original Hausen, Sibirische Störe, Albino Sterlet, Sternhausen, Kurznasensterle, Glatttick

www.rhoenforelle.de

SEIT 1882
RHÖNFORELLE
FISCHEREIHÖFE GROSS

Forellenzucht Achleitner



A-5230 Schalchen bei Mattighofen | Häuslbergerstraße 11
Tel. 077 42/25 22 | Fax 077 42/25 22 33 | office@forellen.at

Achleitner Forellen sind robust, gesund und preiswert – ausschließlich aus eigenem Zuchtbetrieb. Die Mutterfische sind ab dem Jahre 1908 in Österreich heimisch geworden und bodenständig sowie ökologisch vollständig angepasst (autochthon). Die verwendeten Futtermittel sind PAP-frei und beinhalten keine GVO-Rohstoffe (»gentechnikfrei« laut EU-VO 1829/2003).

- Brütlinge vorgestreckt
- Heimische Besatzforellen
- Speiseforellen

Seit über 100 Jahren
virusseuchenfreie Forellen aus eigener Zucht!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 2025

Band/Volume: [78](#)

Autor(en)/Author(s): Ratschan Clemens

Artikel/Article: [Wissenschaft. Aspekte zur Biometrie von Huchen österreichischer und bayerischer Populationen Teil 2: Phänologie der Laichzeit, frühe Entwicklung und Wassertemperatur 59-84](#)