

KW Frauental / Untere Lorze: Potenzial für Seeforellen

Gutachten



Bericht

Dokument Nr. 2143-B-01
Datum Entwurf: 10.12.2021
Datum Endfassung: 24.2.2022

Impressum

Auftraggeber: Amt für Wald und Wild Kanton Zug
Ägeristrasse 56 · CH-6301 Zug

Auftragnehmer: AquaPlus AG
Gotthardstrasse 30 · CH-6300 Zug

Autoren: Lukas Boller · Andres Hagmayer

Titelbild: Restwasserstrecke des KW Frauental

Zitiervorschlag: AQUAPLUS (2022): KW Frauental/Untere Lorze - Potenzial für Seeforellen - Gutachten. Im Auftrag des Amtes für Wald und Wild Kanton Zug. 30 S. + Anhang

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-----------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangslage | 1 |
| 1.2 Auftrag und Inhalt Bericht | 1 |
| 2 Grundlagen | 2 |
| 3 Vorgehen | 2 |
| 3.1 Untersuchungsperimeter | 2 |
| 3.2 Allgemein | 3 |
| 3.3 Habitate | 3 |
| 3.4 Kolmation | 6 |
| 3.5 Wassertemperatur | 6 |
| 3.6 Nutzung von Seeausflüssen durch Seeforellen | 6 |
| 3.7 Durchgängigkeit | 7 |
| 3.8 Wiederansiedlung einer Seeforellenpopulation | 7 |
| 4 Ergebnisse der Begehung | 8 |
| 5 Diskussion | 20 |
| 5.1 Schutzstatus und Verbreitung der Seeforelle | 20 |
| 5.2 Potenzialabschätzung | 20 |
| 5.3 Wassertemperatur | 21 |
| 5.4 Nutzung von Seeausflüssen durch Seeforellen | 24 |
| 5.5 Durchgängigkeit | 25 |
| 5.6 Wiederansiedlung einer Seeforellenpopulation | 26 |
| 5.7 Wasserqualität | 27 |
| 6 Schlussfolgerung und Empfehlung | 27 |
| 7 Literaturverzeichnis | 28 |

ANHANG

A Wassertemperaturdaten Untere Lorze

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

An der Unteren Lorze sind bei mehreren Wasserkraftwerken Sanierungsmassnahmen zur Fischgängigkeit und zur Restwasserdotierung geplant. Diese Projekte haben aus Sicht des Kantons Zug hohe Priorität. Einsprachen und letztlich der Bundesgerichtsentscheid zum Kraftwerk Hammer vom 29.3.2019 (BGer 1C_631/2017) stoppten jedoch die weitere Planung und Umsetzung.

Im Bundesgerichtsentscheid wird auch auf das hängige Verfahren beim Kraftwerk Frauental hingewiesen. Der Bundesgerichtsentscheid stützt sich u.a. auf ein Gutachten zum Lebensraumpotenzial für Grosssalmoniden (FISCHWERK 2017). Darin wird nur ein geringer Teil der Unteren Lorze als Laich- und Jungfischhabitat für Seeforellen geeignet eingestuft. Zurückzuführen sei dies u.a. auf eine innere Kolmation der Gewässersohle. Gemäss Urteil des Bundesgerichtes müsste die Seeforelle aber bei der Auslegung der Fischwanderhilfen als Zielfischart berücksichtigt werden, falls Verbesserungen beschlossen werden, die das Potenzial für die Seeforelle deutlich verbessern würden.

Möglichkeiten für Aufwertungen bestehen jedoch nur im Rahmen der noch ausstehenden und geplanten Sanierungen (Fischgängigkeit und Restwasser). Grundsätzlich aufwertbares Lebensraumpotenzial für Seeforellen an der Unteren Lorze liegt deshalb in erster Linie in der Restwasserstrecke des KW Frauental.

1.2 Auftrag und Inhalt Bericht

Die Firma AquaPlus AG wurde vom Amt für Wald und Wild des Kantons Zug beauftragt, ein Gutachten über das Potenzial für Seeforellen an der Unteren Lorze zu erstellen.

Ein fischökologisches Gutachten soll zeigen, ob Potenzial für die Seeforelle in der RW-Strecke des KW Frauental im Speziellen und an der Unteren Lorze im Allgemeinen vorhanden ist. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Frage nach der Kolmation und ob diese durch geeignete Massnahmen behoben werden könnte.

Das Gutachten soll eine Empfehlung abgeben, ob die Seeforelle als Zielfischart bei der weiteren Planung zur Sanierung der Fischgängigkeit zu berücksichtigen ist und welche Auswirkungen dies auf die Planung hätte.

Der vorliegende Bericht fasst die vorgenommenen Abklärungen und getätigten Untersuchungen zusammen, stellt die Ergebnisse dar und leitet daraus Empfehlungen ab.

2 Grundlagen

Die folgenden Grundlagen wurden verwendet:

- Gutachten FISCHWERK (2017)
- Wassertemperaturdaten der Unteren Lorze 2014–2020 (Amt für Umwelt Kanton Zug)
- Strategische Planung zur Wiederherstellung der Fischwanderung im Kanton Zug, Amt für Wald und Wild (2014)

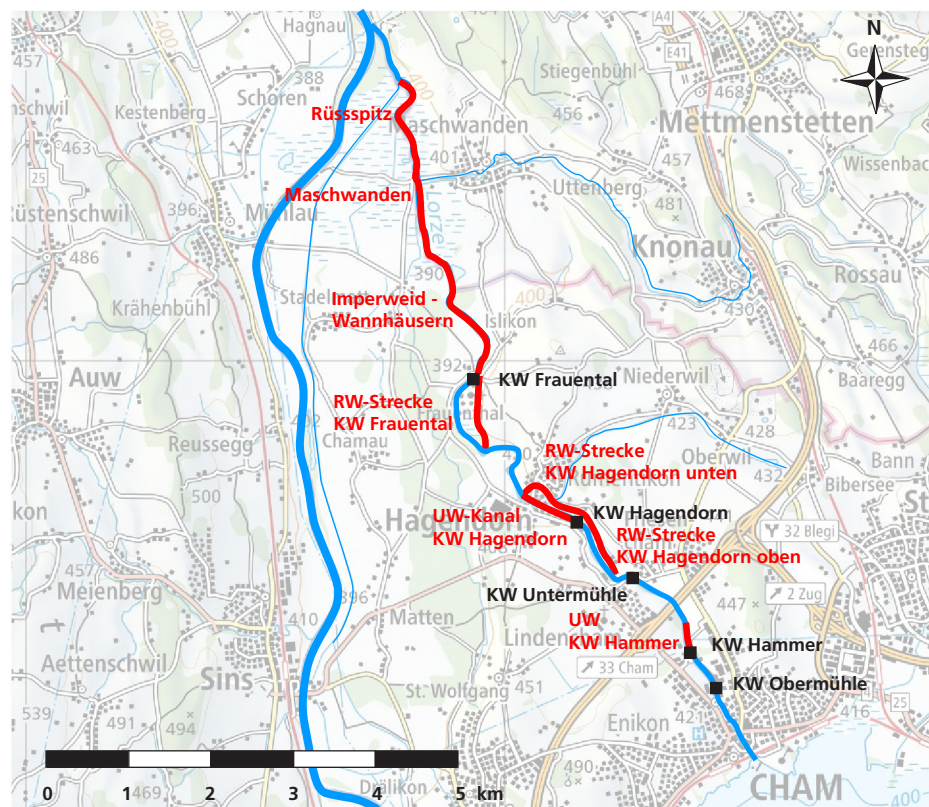
3 Vorgehen

3.1 Untersuchungsperimeter

Der Untersuchungsperimeter umfasste die gesamte Untere Lorze zwischen ihrem Ausfluss aus dem Zugersee bei Cham und der Mündung in die Reuss unterhalb von Maschwanden (Abb. 3.1). Dabei wurde auf die bereits in älteren Untersuchungen ausgewiesenen Potenzialstrecken fokussiert (FISCHWERK 2017 und FISCHWERK, IUB & AQUAPLUS 2011) und diese verifiziert. Der Schwerpunkt lag auf der RW-Strecke des KW Frauental, da hier voraussichtlich der grösste Handlungsspielraum für Aufwertungen im Rahmen der noch ausstehenden Sanierungen besteht.

Abb. 3.1: Untersuchungsperimeter mit den Potenzialabschnitten (in rot)

Hintergrund: Bundesamt für Landestopografie.



3.2 Allgemein

In einem ersten Schritt wurde die Eignung der Unteren Lorze als Lebensraum für Seeforellen untersucht und beurteilt. Dazu wurden zwei Aspekte genauer begutachtet:

- **Habitate:** Strukturelle Eignung als Laich- und Jungfischlebensraum
- **Kolmation:** Lockerheit der Gewässersohle

Anschliessend wurden in einem zweiten Schritt folgende übergeordnete Themen an der Unteren Lorze berücksichtigt:

- **Temperatur:** Eignung als Seeforellen-Entwicklungsgewässer aufgrund der vorzufindenden Wassertemperaturen
- **Nutzung von Seeausflüssen:** Nutzung als Laichgewässer durch absteigende Seeforellen
- **Durchgängigkeit:** Durchwanderbarkeit für Seeforellen zwischen Zugersee und Reuss
- **Wiederansiedlung:** Etablierung einer Seeforellenpopulation an der Unteren Lorze

Das genaue Vorgehen wird im Folgenden weiter präzisiert.

3.3 Habitate

Funktionsfähige Habitate bilden die Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung von Seeforellen. Im Vordergrund stehen dabei die Laich- und Jungfischhabitate. Um die strukturelle Eignung der Unteren Lorze und insbesondere der RW-Strecke des KW Frauental als Laich- und Jungfischgewässer für Seeforellen beurteilen zu können, wurde eine Begehung durchgeführt.

Die potenziellen Laich- und Jungfischhabitate wurden gutachterlich erfasst. Dazu wurde eine Expertise der vorherrschenden morphologischen Strukturen und der hydraulischen Situation durchgeführt. Dabei wurde auf die Habitatansprüche der einzelnen Entwicklungsstadien der Seeforelle geachtet und die Aspekte Substrat, Fliessgeschwindigkeit, Wassertiefe und Deckung integrierend eingeschätzt. Die Habitatansprüche der Seeforelle orientieren sich dabei u.a. an folgenden Literaturwerte: BAMMATTER (2008), CAVIEZEL (2006), HEGGENS ET AL. (1996), MÄKI-PETÄYS ET AL. (1997) und SONDERER (2011). Sie werden im Folgenden genauer beschrieben.

Ergänzend erfolgten vereinzelte Messungen der Wassertiefe und der Fliessgeschwindigkeit zur Überprüfung der gutachterlichen Einschätzung. Im Anschluss wurde das Potenzial für die einzelnen Entwicklungsstadien vereinfacht in die vier Kategorien «kein», «wenig», «mittel» oder «viel» eingeteilt.

Laichhabitat Seeforelle

Die Seeforelle vergräbt ihre Eier in Laichgruben im Kiesbett. Die Eignung als Laichhabitat wird in erste Linie durch die Korngrössenzusammensetzung der Bachsohle (Laichsubstrat) bestimmt. Dazu muss geeignetes Substrat in Form von grobem Kies oder kleinen Steinen (Korngrössendurchmesser: 2–10 cm) vorhanden sein. Zudem muss eine ausreichende Fließgeschwindigkeit von ca. 0.3–0.9 m/s und eine Wassertiefe von ca. 0.2–0.9 m über einem potenziellen Laichplatz vorherrschen.

Eine ausreichende Sauerstoffversorgung der im Kieslückensystem abgelegten Eier ist eine wesentliche Voraussetzung für deren erfolgreiche Entwicklung. Dazu ist eine genügende Frischwasserversorgung notwendig, die durch starke Überströmung des Laichplatzes gewährleistet wird. Gleichzeitig muss der Kies offenporig und gut durchströmbar sein. Eine erhöhte innere Kolmation ist daher ungeeignet. Zusätzlich sollten genügend Deckungsstrukturen und Ruhepools in der näheren Umgebung von potenziellen Laichplätzen vorhanden sein, in welchen sich die laichenden Tiere zwischen den Laichakten geschützt ausruhen können (Abb. 3.2).

Abb. 3.2: Potenzieller Laichplatz mit Grobkies, guter Durchströmung und nahe gelegenen Ruhepool bei der Mündung des Umgehungsgerinnes in die RW-Strecke des KW Frauental



Larvalhabitat Seeforelle

Larven der Seeforellen benötigen seichte, wenig durchströmte Flachwasserzonen mit ausreichend Deckung in Form von Steinen und Blöcken als Schutz vor Räubern. Ebenfalls gut geeignet sind strukturreiche Uferbuchten mit Totholz oder eingewachsene Ufer mit überhängender Vegetation (Abb. 3.3). Das Larvalhabitat der Seeforelle ist identisch mit den Ansprüchen von Bachforellenlarven.

Abb. 3.3: Potenzielles Larvalhabitat als strömungsberuhigte Bucht mit Deckungsstrukturen in der oberen RW-Strecke des KW Hagendorn



Juvenilhabitat Seeforelle

Das optimale Juvenilhabitat der Seeforelle sind strömungsarme Strukturen, die gleichzeitig genügend Deckung bieten. Ideal wären Kolke. Da diese aber meist von grösseren Fischen, z.B. adulten Bachforellen besiedelt werden, weichen die jungen Fische auch in seichtere, stärker strömende Habitate (z.B. Furten) oder in strukturreiche Areale mit Totholz oder Wasserpflanzen aus (Abb. 3.4). Das Juvenilhabitat der Seeforelle ist identisch mit den Ansprüchen von juvenilen Bachforellen.

Abb. 3.4: Potenzielles Juvenilhabitat im Bereich von eingetauchter Vegetation und von Wasserpflanzen im Potenzialabschnitt «Rüssspitz»



Adulthabitat Seeforelle

Das Adulthabitat der Seeforelle liegt im See und ist für die Untere Lorze nicht von Bedeutung.

3.4 Kolmation

Damit sich ein Habitat als Laichplatz eignet, muss nebst dem richtigen Substrat auch eine ausreichende Lockerheit der Sohle vorhanden sein. Demnach darf keine erhöhte Kolmation bzw. eine Verstopfung des Kieslückensystems vorliegen. Gemäss der Studie von FISCHWERK (2017) hat die Untere Lorze nur ein geringes Laichhabitatpotenzial für Seeforellen. Dies wird u.a. auf eine erhöhte innere Kolmation zurückgeführt. Dieser Aspekt wurde deshalb vertieft untersucht.

Dazu wurde an repräsentativen Stellen im Bereich von potenziellen Laichplätzen die innere und äussere Kolmation erhoben. Der Zeitpunkt wurde bewusst auf Mitte Oktober gelegt, um die Situation kurz vor der Laichzeit ab Ende Oktober erfassen zu können. Das Vorgehen orientierte sich am Modul Äusserer Aspekt des Modul-Stufen-Konzepts (BINDERHEIM & GÖGGEL 2007)¹ und bestand aus Stiefelkickproben. Da Seeforellen relativ tiefe Laichgruben bis zu 0.5 m schlagen können, wurde ergänzend etwas tiefer gegraben.

3.5 Wassertemperatur

Die Wassertemperaturdaten an der Unteren Lorze wurden über die letzten sieben Jahren ausgewertet und bezüglich Temperaturpräferenzen der Seeforelle anhand von Literaturwerten beurteilt. Zudem wurde eine vereinfachte Prognose der mittel- und langfristigen Entwicklung des Temperaturregimes an der Unteren Lorze im Zuge des Klimawandels gemacht, sowie dessen Auswirkung auf weitere Wassertemperatur-abhängige Faktoren wie Fischkrankheiten (z.B. Proliferative Nierenkrankheit, PKD) kurz abgehandelt.

3.6 Nutzung von Seeausflüssen durch Seeforellen

Üblicherweise nutzen Seeforellen die Zuflüsse von Seen als Laich- und Jungfischgewässer. Inwiefern auch Seeausflüsse von Seeforellen genutzt werden, wurde anhand einer einfachen Literaturrecherche und Beobachtungen in Vergleichsgewässern der Schweiz eingeschätzt.

¹ Da an der Unteren Lorze keine trockenen Kiesbänke vorhanden sind, lässt sich keine Beurteilung der Kolmation nach SCHÄLCHLI ET AL. (2002) durchführen.

3.7 Durchgängigkeit

Damit die Untere Lorze als Laich- und Jungfischgewässer von Seeforellen genutzt werden kann, müssen die potenziellen Laichplätze für adulte Seeforellen erreichbar sein. Anschliessend müssen die Adulttiere wieder in den Zugersee zurückwandern können. Auch junge (smoltifizierte) Seeforellen müssen in den Zugersee aufsteigen können.

Um diese Fragen beantworten zu können, wurde eine gutachterliche Einschätzung der Durchwanderbarkeit der Unteren Lorze für adulte und smoltifizierte Seeforellen durchgeführt. Dazu wurde der Ist-Zustand, sowie der zukünftige Zustand nach Abschluss aller Konzessionserneuerungen und Sanierungen anhand von vorhandenen Unterlagen zu Kraftwerksstufen, weiteren Hindernissen und Restwasserstrecken beurteilt.

3.8 Wiederansiedlung einer Seeforellenpopulation

Eine Abschätzung des Erfolges einer Wiederansiedlung mit Besatz oder weiteren bestandesstützenden Massnahmen erfolgte gutachterlich.

4 Ergebnisse der Begehung

Die Begehung der Unteren Lorze und die Beurteilung der Habitate sowie der Kolmation erfolgte am 12.10.2021 vor der potenziellen Laichzeit der Seeforelle. Die Lorze wies an diesem Tag einen mittleren Abfluss von 7.5 m³/s auf (BAFU-Messstelle Frauental) und es herrschten gute Sichtverhältnisse. Wo der Zugang zum Gewässer nicht durchgehend möglich war (insbesondere unterhalb von Frauental aufgrund von Naturschutzgebieten), erfolgten die Untersuchungen an ausgewählten Stellen. Erhebungen der Kolmation beschränkten sich auf Standorte mit potenziell geeignetem Laichhabitat.

Im Rahmen der Begehung konnten die bereits in älteren Untersuchungen (FISCHWERK 2017 und FISCHWERK, IUB & AQUAPLUS 2011) ausgeschiedenen Potenzialabschnitte als solche bestätigt werden. Insgesamt wurden acht verschiedene Abschnitte begutachtet. Die Tabelle 4.1 zeigt die Ergebnisse der Erhebung im Überblick.

Anschliessend werden die Ergebnisse der Begehung für jeden einzelnen Potenzialabschnitt genauer beschrieben.

Tab. 4.1: Häufigkeit an Laich-, Larval- und Juvenilhabitat in den Potenzialabschnitten der Unteren Lorze sowie Angaben zur Kolmation am 12.10.2021.

| | Abschnitt | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
| | UW KW Hammer | RW-Strecke KW Hagendorn oben | RW-Strecke KW Hagendorn unten | UW KW Hagendorn | RW-Strecke KW Frauental | Imperweid - Wannhäusern | Maschwanden | Rüssspitz |
| Laichhabitat | wenig | wenig | wenig | wenig | mittel | mittel - viel | mittel | mittel - viel |
| Larvalhabitat | wenig | wenig - mittel | mittel - viel | wenig | mittel | mittel - viel | wenig - mittel | mittel - viel |
| Juvenilhabitat | wenig | mittel | mittel | wenig | wenig - mittel | mittel | wenig | mittel |
| Innere Kolmation | gering | keine - mittel | keine - gering | gering | keine | keine - gering | gering | gering |

Legende und Farbcodierung:

Habitat

kein
wenig
mittel
viel



Kolmation

gross
mittel
gering
keine



UW KW Hammer

Allgemeiner Charakter

Unterhalb des KW Hammer bis zum Stau des KW Untermühle fliesst die Untere Lorze als eher monotoner Kanal mit wenig Sohlstrukturen (Abb. 4.1).

Laichhabitat

Grobes Substrat mit Steinen (>12 cm Durchmesser) dominierte die Gewässersohle. Insgesamt zeigte sich eine eher heterogene Verteilung unterschiedlicher Substratfraktionen. Punktuell war auch Grobkies vorhanden, welches sich als Laichkies eignet. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten mittlere Fließgeschwindig-

keiten von 0.35–0.5 m/s und Wassertiefen von 0.6–1 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat nur vereinzelt vorhanden.

| | |
|-------------------|--|
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war die innere Kolmation gering und der Kies liess sich gut lockern (Abb. 4.1 unten rechts). Auch die äussere Kolmation in Form von feinen Ablagerungen war gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich wenige geeignete Unterstände (überhängende Vegetation, Blöcke, Totholz und eingetauchte Wurzeln) und nur vereinzelt strömungsberuhigte Stellen, die sich für Seeforellenlarven eignen. Entsprechend wurde das potenzielle Larvalhabitatangebot als gering eingestuft. |
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren kaum Strukturen vorhanden. Zusammen mit den Uferstrukturen ergibt sich daraus nur ein geringes Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke fehlten. Allerdings wies die relativ grosse Wassertiefe eine generelle Eignung für grosse Seeforellen auf. In der Summe wird das Angebot an Deckung und Ruheinständen für adulte Seeforellen aber als gering eingeschätzt. |



Abb. 4.1: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «UW KW Hammer» am 12.10.2021.

RW-Strecke KW Hagendorn oben (oberhalb Maschinenhaus)

| | |
|-----------------------|--|
| Allgemeiner Charakter | Die RW-Strecke des KW Hagendorn wurde aufgrund der unterschiedlichen Charakteristiken in zwei Potenzialabschnitte unterteilt. Der Obere, zwischen Wehr und Maschinenhaus präsentierte sich eher heterogen in der strukturellen Ausprägung. Das obere Stück fliesst als monotones Gerinne mit eher wenig Strukturen und weist durchgehend verbaute Ufer auf. Anschliessend zeigt sich das Gerinne deutlich struktureicher (Abb. 4.2). |
| Laichhabitat | Vor allem im obersten Abschnitt dominierte grobes Substrat mit grösseren Steinen die Gewässersohle (Korndurchmesser 12–20 cm). Weiter unten präsentierte sich die Sohle deutlich heterogener, u.a. trat auch Lehm auf. Punktuell und vereinzelt auch auf grösseren Flächen war Grob- und Feinkies vorhanden, welches sich als Laichkies eignet. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten mittlere Fließgeschwindigkeiten von 0.3–0.7 m/s und eher geringe Wassertiefen von 0.2–0.3 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat nur vereinzelt vorhanden. |
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war eine mittlere innere Kolmation (oberer Streckenabschnitt) bzw. keine bis geringe Kolmation (unterer Streckenabschnitt) vorhanden (Abb. 4.2 unten rechts). Die äussere Kolmation in Form von feinen Ablagerungen war gering. Teilweise war pflanzlicher Bewuchs (u.a. Moos) auf Steinen anzutreffen. |
| Larvalhabitat | Im unteren Streckenabschnitt fanden sich entlang der Ufer gute Unterstände in Form von überhängender und eingetauchter Vegetation, Totholz und krautigen Ufersäumen sowie strömungsberuhigten Buchten, die sich für Seeforellenlarven gut eignen (Abb. 4.2 oben links und rechts). Für den gesamten Abschnitt wurde das potenzielle Larvalhabitatangebot als gering bis mittel eingestuft. |
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren teilweise weitere Strukturen vorhanden. Zusätzlich traten in gewissen Bereichen auch Wasserpflanzen auf (v.a. Tausendblatt). Trotz relativ hohen Fließgeschwindigkeiten ergibt sich insgesamt ein mittleres Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke fehlten. Zudem waren die Wassertiefen für adulte Seeforellen generell gering. Obwohl stellenweise gute Unterstände vorhanden waren, muss das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen als sehr gering eingeschätzt werden. |



Abb. 4.2: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «RW-Strecke KW Hagendorn oben» am 12.10.2021.

RW-Strecke KW Hagendorn unten (unterhalb Maschinenhaus)

| | |
|-----------------------|--|
| Allgemeiner Charakter | Die untere RW-Strecke des KW Hagendorn zwischen Maschinenhaus und dem Zusammenfluss mit dem UW-Kanal wies stellenweise eine naturnahe Morphologie mit grosser Strukturvielfalt auf (Abb. 4.3). |
| Laichhabitat | Auch hier dominierte grobes Substrat die Gewässersohle, wies aber eine ziemlich heterogene Verteilung auf. Stellenweise war Grob- und Feinkies vorhanden, welches sich als Laichkies eignet. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten mittlere Fliessgeschwindigkeiten von 0.3–0.6 m/s und eher geringe Wassertiefen von 0.2–0.3 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat nur vereinzelt vorhanden. |
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war eine geringe innere Kolmation nachweisbar. Die äussere Kolmation in Form von feinen Ablagerungen war gering. |
| Larvalhabitat | Teilweise waren die Ufer stark strukturiert mit überhängender und eingetauchter Vegetation, Totholz und krautigen Ufersäumen sowie strömungsberuhigten Buchten, die sich für Seeforellenlarven gut eignen (Abb. 4.2 oben links und rechts). Entsprechend wurde das potenzielle Larvalhabitatangebot als mittel bis gross eingestuft. |

| | |
|-------------------|---|
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren teilweise weitere Strukturen vorhanden. Zusätzlich traten in gewissen Bereichen Wasserpflanzen auf (v.a. Tausendblatt). Insgesamt ergibt sich ein mittleres Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke fehlten. Zudem waren die Wassertiefen für adulte Seeforellen generell gering. Obwohl stellenweise gute Unterstände vorhanden waren, muss das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen als gering eingeschätzt werden. |



Abb. 4.3: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «RW-Strecke KW Hagendorn unten» am 12.10.2021.

UW KW Hagendorn

| | |
|-----------------------|---|
| Allgemeiner Charakter | Im Unterwasserkanal des KW Hagendorn bis zum Zusammenfluss mit der RW-Strecke fliesst die Untere Lorze als hart verbauter und monotoner Kanal mit wenig Sohlstrukturen (Abb. 4.4). |
| Laichhabitat | Grobes Substrat mit Steinen (>12 cm Durchmesser) dominierte die Gewässersohle, teilweise waren einzelne grössere Blöcke anzutreffen. Punktuell war auch Grob- und Feinkies vorhanden, welches sich als Laichkies eignet. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten erhöhte Fließgeschwindigkeiten von 0.3–0.7 m/s und Wassertiefen von 0.5–1 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat nur vereinzelt vorhanden. |

| | |
|-------------------|--|
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war die innere Kolmation gering und der Kies liess sich gut lockern (Abb. 4.4 unten rechts). Auch die äussere Kolmation in Form von feinen Ablagerungen war gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich trotz der Ufersicherung mit Blocksatz vereinzelt gute Unterstände (überhängende Vegetation und Blöcke) und strömungsberuhigte Stellen, die sich für Seeforellenlarven eignen. Das potenzielle Larvalhabitatangebot wurde als gering eingestuft. |
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren kaum Strukturen vorhanden. Zusammen mit den Uferstrukturen ergibt daraus nur ein geringes Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke fehlten. Allerdings wies die relativ grosse Wassertiefe eine generelle Eignung für grosse Seeforellen auf. In der Summe wird das Angebot an Deckung und Ruheständen für adulte Seeforellen aber dennoch als gering eingeschätzt. |

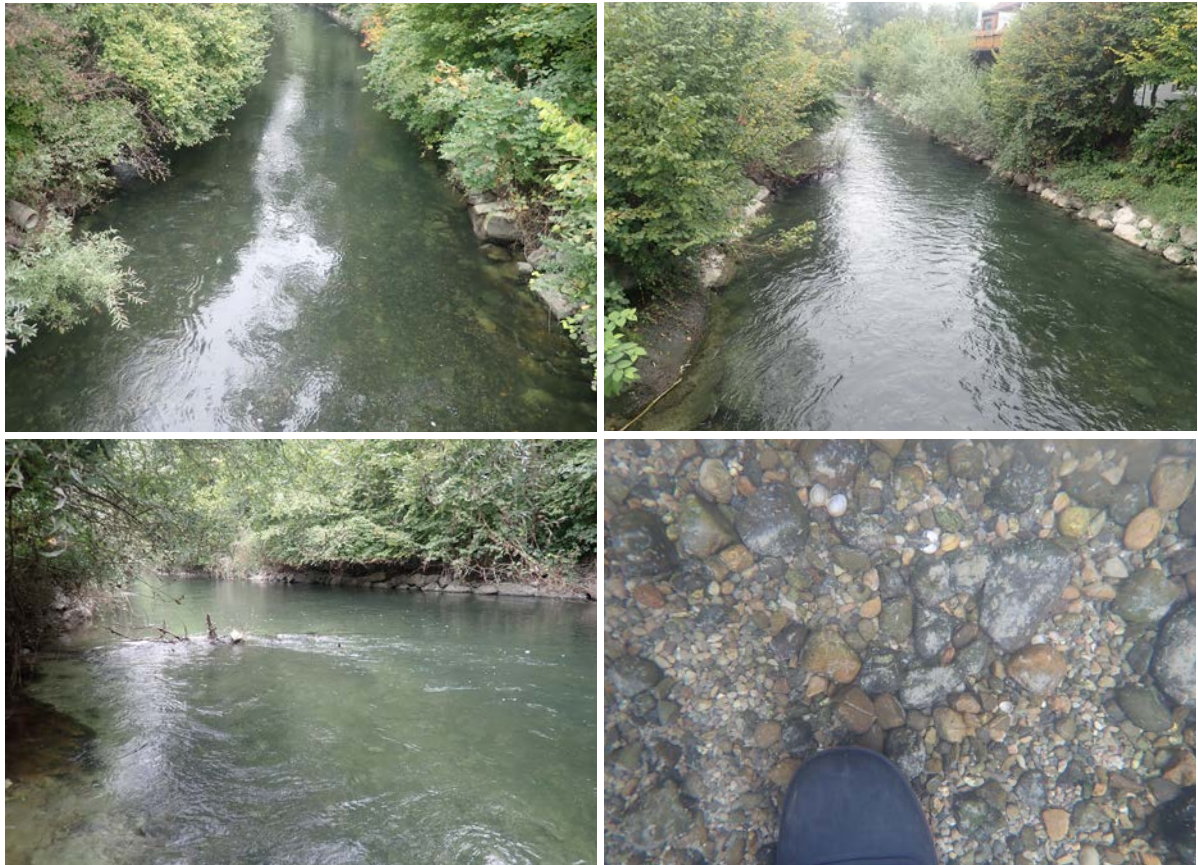


Abb. 4.4: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «Unterwasser KW Hagendorn oben» am 12.10.2021.

RW-Strecke KW Frauental

| | |
|-----------------------|---|
| Allgemeiner Charakter | Trotz einem eher kanalartigen Gerinne präsentierte sich die RW-Strecke des KW Frauental naturnaher Ausprägung (Abb. 4.5). |
| Laichhabitat | Grob- und Feinkies war häufig anzutreffen, lateral fanden sich teilweise Feinsedimentablagerungen. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten erhöhte Fließgeschwindigkeiten von 0.5–0.7 m/s und geringe Wassertiefen von 0.5–0.6 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat in mittlerer Häufigkeit anzutreffen. Eine ideale Stelle mit gut überströmten sauberem Kies inkl. direkt anschliessendem Ruhepool war im Mündungsbereich des Umgehungsgerinnes zu finden (Abb. 4.5 unten links). |
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war keine innere Kolmation vorhanden (Abb. 4.5 unten rechts). Auch die äussere Kolmation in Form von leichtem Aufwuchs war nur gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich immer wieder gut ausgeprägte Strukturen mit Unterständen in Form von überhängender und eingetauchter Vegetation, Totholz und krautigen Ufersäumen und Schilf sowie strömungsberuhigten Buchten, die sich für Seeforellenlarven gut eignen. Für den gesamten Potenzialabschnitt wurde das potenzielle Larvalhabitatangebot als mittel eingestuft. |
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren nur stellenweise weitere Strukturen vorhanden, meist in Form von Totholz. Aufgrund der relativ hohen Fließgeschwindigkeiten ergibt sich insgesamt ein geringes bis mittleres Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke waren vereinzelt vorhanden. Die Wassertiefen für adulte Seeforellen waren aber generell gering. Obwohl teilweise gute Unterstände vorhanden waren, muss das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen nur als gering bis mittel eingeschätzt werden. |



Abb. 4.5: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «RW-Strecke KW Frauental» am 12.10.2021.

Imperweid - Wannhäusern

| | |
|-----------------------|---|
| Allgemeiner Charakter | Der Lorzeabschnitt unterhalb Frauental ist eine naturnahe bis natürliche Strecke mit teilweise gut strukturierter Ausprägung (Abb. 4.6). |
| Laichhabitat | Grob- und Feinkies dominierte die Sohle. Stellenweise trat in gut besonnten Abschnitten dichter Wasserpflanzenbewuchs auf, der die Verfügbarkeit des Laichsubstrates leicht einschränkte. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten erhöhte Fließgeschwindigkeiten von 0.5–1 m/s und Wassertiefen von 0.5–0.6 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat in mittlerer bis grosser Häufigkeit vorhanden. |
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war keine bis eine geringe innere Kolmation vorhanden (Abb. 4.5 unten rechts). Die äussere Kolmation in Form von leichtem Aufwuchs war ebenfalls gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich häufig gut ausgeprägte Strukturen mit Unterständen in Form von überhängender und eingetauchter Vegetation, Totholz und krautigen Ufersäumen und Schilf. Ufergehölz (z.B. Weiden) sorgte für strömungsberuhigte Buchten, die sich für Seeforellenlarven gut eignen. Für den gesamten Potenzialabschnitt wurde das Larvalhabitatangebot entsprechend als mittel bis gross eingestuft. |

| | |
|-------------------|---|
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren teilweise weitere Strukturen vorhanden. Zusätzlich trat in gewissen Abschnitten Wasserpflanzenbewuchs auf (v.a. Flutender Hahnenfuss). Insgesamt ergibt sich ein mittleres Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke waren vereinzelt vorhanden, zudem war die Wassertiefe allgemein eher hoch. Das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen wird deshalb als mittel eingeschätzt. |



Abb. 4.6: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «Imperweid – Wannhäusern» am 12.10.2021 und am 24.4.2020.

Maschwanden

| | |
|-----------------------|--|
| Allgemeiner Charakter | Der Lorzeabschnitt bei Maschwanden ist gegenüber der oberhalb liegenden Strecke weniger strukturreich, eher monoton und kanalartig ausgeprägt (Abb. 4.7). Hier fand sich auch deutlich weniger Ufergehölz. |
| Laichhabitat | Grob- und Feinkies dominierte auch hier die Sohle. Teilweise trat ein dichter Wasserpflanzenbewuchs (Flutender Hahnenfuss) auf, der die Verfügbarkeit von Laichsubstrat reduzierte. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten erhöhte Fließgeschwindigkeiten von 0.5–1 m/s und grössere Wassertiefen von 0.6–0.8 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat in mittlerer Häufigkeit vorhanden. |

| | |
|-------------------|--|
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war keine bis eine geringe innere Kolmation vorhanden (Abb. 4.7 unten rechts). Die äussere Kolmation in Form von leichtem Aufwuchs war gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich nur wenige gut ausgeprägte Strukturen, meist als krautiger Ufersaum mit Schilf. Ufergehölz war ebenfalls nur selten vorhanden. Für den gesamten Abschnitt wurde das potenzielle Larvalhabitatangebot entsprechend als gering bis mittel eingestuft. |
| Juvenilhabitat | Im Gerinne selbst waren abgesehen von Wasserpflanzenbeständen kaum Strukturen vorhanden. Insgesamt ergibt sich damit nur ein geringes Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke waren zwar keine vorhanden, die Wassertiefe aber allgemein eher hoch. Das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen wird daher als gering eingeschätzt. |



Abb. 4.7: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «Maschwanden» am 12.10.2021, 18.3.2021 und am 24.4.2020.

Rüssspitz

| | |
|-----------------------|--|
| Allgemeiner Charakter | Der Lorzeabschnitt unterhalb Maschwanden bis zur Mündung des Binnenkanals ist wieder eine naturnahe bis natürliche Strecke mit teilweise gut strukturierter Ausprägung (Abb. 4.8). Vergleichbar mit der Strecke «Imperweid - Wannhäusern», aber weniger Ufergehölz und den damit verbundenen Strukturen. Aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit (Naturschutzgebiet) konnte nicht der ganze Abschnitt bis zum Binnenkanal begangen werden. |
| Laichhabitat | Grob- und Feinkies dominierte auch hier die Sohle. Stellenweise trat in gut besonnten Abschnitten dichter Wasserpflanzenbewuchs auf, der die Verfügbarkeit des Laichsubstrates etwas einschränkte. Bei den potenziellen Laichplätzen konnten erhöhte Fliessgeschwindigkeiten von 0.6–0.9 m/s und grössere Wassertiefen von 0.5–0.7 m gemessen werden. Insgesamt war potenzielles Laichhabitat in mittlerer bis grosser Häufigkeit vorhanden. |
| Kolmation | Im Bereich von potenziellem Laichhabitat war keine bis eine geringe innere Kolmation vorhanden (Abb. 4.8 unten rechts). Die äussere Kolmation in Form von leichtem Aufwuchs war gering. |
| Larvalhabitat | Entlang der Ufer fanden sich teilweise gut ausgeprägte Strukturen mit Unterständen in Form von überhängender und eingetauchter Vegetation, Totholz und krautigen Ufersäumen und Schilf sowie von Ufergehölz (z.B. Weiden) verursachte strömungsberuhigte Buchten, die sich für Seeforellenlarven gut eignen. Für den gesamten Potenzialabschnitt wurde das Larvalhabitatangebot entsprechend als mittel bis gross eingestuft. |
| Juvenilhhabitat | Im Gerinne selbst waren vereinzelt weitere Strukturen vorhanden. Zusätzlich trat in gut besonnten Abschnitten Wasserpflanzenbewuchs auf (u.a. Flutender Hahnenfuss). Insgesamt ergibt sich ein mittleres Habitatangebot für juvenile Seeforellen. |
| Deckung/Ruhepools | Tiefe, strömungsberuhigte Kolke waren vereinzelt vorhanden, zudem war die Wassertiefe allgemein eher hoch. Das Angebot an Deckung und Ruheeinständen für adulte Seeforellen wird als mittel eingeschätzt. |



Abb. 4.8: Untere Lorze im Potenzialabschnitt «Rüssspitz» am 12.10.2021 und 18.3.2021.

5 Diskussion

5.1 Schutzstatus und Verbreitung der Seeforelle

| | |
|--------------|---|
| Schutzstatus | Die Seeforelle wird seit neuerem nicht mehr als eigene Art geführt, sondern nur noch als eine Wanderform bzw. ein Ökotyp der Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>) betrachtet (vgl. Kap. 5.4). In der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) wird die Seeforelle aber immer noch gesondert aufgeführt und schweizweit als «stark gefährdet» eingestuft. Nach Einschätzung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) wird ihr eine hohe nationale Priorität mit grossem Handlungsbedarf zugewiesen (BAFU 2019). Daher ist es von grosser Bedeutung zu wissen, ob die Seeforelle bei den zukünftigen Planungen und Sanierungen zu berücksichtigen ist. |
| Verbreitung | Das BAFU liess vor ein paar Jahren die aktuelle und potenzielle Verbreitung der Seeforelle in der Schweiz erfassen und hat prioritäre Einzugsgebiete festgelegt (DÖNNI & SPALINGER 2017). Obwohl darin das Einzugsgebiet der Reuss unterhalb des Vierwaldstättersees inkl. der Unteren Lorze als prioritäres Einzugsgebiet ausgewiesen ist, wird als aktuelles Vorkommen nur der unmittelbare Ausfluss aus dem Zugersee erwähnt. Auch im Fischatlas des Kantons Zug (AMMANN ET AL. 2011) wird die Verbreitung der Seeforelle an der Unteren Lorze nur für die ersten rund 100 m angegeben. |

5.2 Potenzialabschätzung

| | |
|-----------------------|---|
| Laichhabitatpotenzial | Die heute und in zeitnaher Zukunft erreichbaren Abschnitte der Unteren Lorze bis zum KW Hammer eignen sich nicht als Laichgewässer für die Seeforelle. Im Abschnitt zwischen dem KW Hammer und dem Wehr des KW Frauental findet sich nur vereinzelt potenziell geeignetes Laichhabitat. Dies aufgrund des limitierten Vorkommens an idealem Laichsubstrat. Ein mittleres bis grosses Laichhabitatpotenzial für die Seeforelle ist hingegen in der Restwasserstrecke des KW Frauental sowie in den anschliessenden Abschnitten der Unteren Lorze zu finden. Im nutzbaren Kies waren in allen Potenzialabschnitten viele Körbchen- und Wandermuscheln eingemischt und stellen einen Teil des Substrats dar (vgl. Abb. 4.3 unten rechts). Muschelschalen können aber grundsätzlich auch als Substrat genutzt werden. Trotz des teilweise starken Wasserpflanzenbewuchses auf Flächen mit geeignetem Kies (v.a. in Abschnitten unterhalb Frauental) war zwischen den Pflanzenbeständen immer ausreichend Laichhabitat verfügbar. |
| Kolmation | Hinsichtlich der inneren Kolmation muss entgegen den Untersuchungen von FISCHWERK (2017) festgehalten werden, dass diese in allen Potenzialabschnitten höchstens gering war. In den Zwischenräumen der Sohle war zwar allgemein relativ viel Feinsediment vorhanden, wie es bei einem Seeausfluss ohne nennenswerte Geschiebezufuhr auch zu erwarten ist, jedoch wurde dieses beim Lockern der Sohle rasch ausgespült. Da davon ausgegangen werden kann, dass während der Inkubation der vergrabenen Seeforelleneier über den Winter keine erneute Kolmation stattfindet, dürften die Feinsedimente in der Sohle als unproblematisch eingestuft werden. Auch zeigte sich keine tiefer gelegene und verbackene Unter- |

schicht. Der Kies bei potenziellen Laichplätzen liess sich jeweils gut bis in grössere Tiefen lockern. Auch die äussere Kolmation (Ablagerungen) war höchstens gering.

Wahrscheinlich haben die lang anhaltenden und stark erhöhten Abflüsse an der Unteren Lorze im Sommer 2021 (Spitzenabfluss: 36.1 m³/s) dafür gesorgt, dass der Kies oberflächlich stärker als üblich aufgelockert und von Feinsedimenten befreit wurde. Insbesondere in den RW-Strecken (KW Hagendorn und Frauental) dürfte dies aufgrund von verstärktem Wehrüberlauf zutreffen. Entsprechend könnte die innere Kolmation bei der aktuellen Untersuchung also tendenziell etwas unterschätzt worden sein.

Jungfischhabitatpotenzial Obwohl das Angebot an potenziellem Larval- und Juvenilhabitat teilweise nicht sehr ausgeprägt war, wird dies gegenüber dem Angebot an Laichhabitat als nicht limitierend eingeschätzt. Viele Abschnitte wiesen stellenweise gute bis sehr gute Uferstrukturen auf. Insbesondere in den Potenzialabschnitten «RW-Strecke KW Frauental», «Imperweid - Wannhäusern» und «Rüssspitz» trifft diese Aussage zu. Im Gerinne selbst waren hingegen eher wenig Unterstände und Deckungsstrukturen vorzufinden.

Fazit **An der Unteren Lorze sind grundsätzlich potenzielle Laich- und Jungfischhabitate für die Seeforelle vorhanden, insbesondere in der RW-Strecke des KW Frauental und unterhalb davon.**
Trotz eines erhöhten Feinsedimentanteils in der Sohle ist die innere Kolmation gering.

5.3 Wassertemperatur

Bei der Unteren Lorze handelt es sich um ein Gewässer, welches vorwiegend durch Oberflächenwasser aus dem Zugersee gespeist wird. Insbesondere im Sommerhalbjahr sind erhöhte Wassertemperaturen daher normal. Der Charakter der Unteren Lorze entspricht demjenigen einer typischen Barbenregion mit erhöhten Wassertemperaturen im Sommer. Damit handelt es sich um ein natürlicherweise nicht ideales Laich- und Jungfischgewässer für die Seeforelle. Zudem werden sich die Temperaturen im Zuge des fortschreitenden Klimawandels weiter erhöhen. Ob diese Temperaturen eine erfolgreiche und langfristige Ei- und Jungfischentwicklung von Seeforellen zulassen, ist deshalb unsicher.

5.3.1 Temperaturpräferenz der Seeforelle

Einfluss auf Fische Fische sind stark von der Wassertemperatur abhängig, da sie als wechselwarme Tiere die Körpertemperatur nicht selbständig regulieren können. Der optimale Temperaturbereich ist art- und individuenspezifisch und hängt unter anderem vom Entwicklungsstadium ab (GAUDARD ET AL. 2017).

Einfluss auf Seeforellen Die Seeforelle ist eine sauerstoffliebende und sogenannte kalt-stenotherme Fischart, also eine Art, die an einen relativ niedrigen und engen Temperaturbereich gebunden ist. Die Embryonalentwicklung wird stark von der Wassertemperatur geprägt und die Toleranz gegenüber erhöhten Temperaturen ist gering. Bereits kurzfristige Überschreitungen der Temperatur-Grenzwerte können zu einer verringerten

ten Entwicklungsrate, einem verringerten Prozentsatz an geschlüpften Larven, sowie zu einem hohen Anteil an missgebildeten Larven führen (LAHNSTEINER 2012).

| | |
|-------------------------|---|
| Einfluss auf Eier | Damit die Eier der Seeforelle während der Inkubationszeit (November–März) überleben, sind Wassertemperaturen zwischen 2.5 und 14.5 °C notwendig (DAHLKE ET AL. 2020). Der optimale Temperaturbereich für die Embryonalentwicklung liegt dabei zwischen 4 und 6 °C (MÜLLER 1997). |
| Einfluss auf Jungfische | Die erträgliche Wassertemperatur während der ersten acht Monate der Jungfischphase von April bis Dezember liegt zwischen 1.1 und 28 °C (DAHLKE ET AL. 2020). Der optimale Temperaturbereich für die Jungfischentwicklung liegt zwischen 6 und 14 °C (SCHMEING-ENGBERDING 1953). |
| Fischkrankheiten | Zu hohe Temperaturen können zudem das Immunsystem schwächen, was folglich die Anfälligkeit auf Krankheiten erhöht (MARCOS-LOPEZ ET AL. 2010). Zum Beispiel ist die Proliferative Nierenkrankheit (PKD), eine der vermuteten Hauptursachen für den Populationsrückgang von Bachforellen (BORSUK ET AL. 2006), stark Temperatur abhängig. Symptome erscheinen nur bei Wassertemperaturen über 15 °C, wobei die Mortalität mit steigender Temperatur drastisch steigt (BENATEU ET AL. 2019). |

5.3.2 Wassertemperatur an der Unteren Lorze

| | |
|----------------------|--|
| Temperaturdaten | Um zu prüfen, ob die Wassertemperaturen an der Unteren Lorze die Laich- und Jungfischentwicklung von Seeforellen ermöglichen würden, wurden die Wassertemperaturdaten (10-min-Werte) von vier Messstellen an der Unteren Lorze während den letzten sieben Jahren ausgewertet (Daten: Amt für Umwelt, Kanton Zug). Zudem wurde die Veränderung des Temperaturregimes im Zuge des Klimawandels mit einem sogenannten Generalisierten Additiven Modell (GAM) modelliert, um die langfristig zu erwartende Wassertemperaturen an der Unteren Lorze prognostizieren zu können. |
| Heutige Situation | Abbildung 5.1 zeigt, dass die heute an der Unteren Lorze vorzufindenden Wassertemperaturen eine Laich- und Jungfischentwicklung von Seeforellen grundsätzlich ermöglichen würden. Zwar ist die mittlere Temperatur zu Beginn der Laichzeit (November/Dezember), sowie am Ende der Embryonalentwicklung (ab Mitte März) für die Eier suboptimal, liegt jedoch im optimalen Bereich während der Hauptentwicklungszeit (Abb. 5.1, schwarze Kurve). Im Weiteren ist die mittlere Temperatur während dem Hochsommer und Herbst zwar suboptimal für Jungfische, aber immer noch im optimalen Bereich während der sensibelsten Phase (Anfang April bis Mai) (Abb. 5.1, schwarze Kurve). Allerdings treten bereits heute im Hochsommer Spitzentemperaturen auf, die für junge Seeforellen kritisch bis letal sind. |
| Zukünftige Situation | Schreitet der Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten gleichermassen fort wie während den vergangenen Jahren, kommt es an der Unteren Lorze in 50 Jahren (2070) zu einem durchschnittlichen Wassertemperaturanstieg von ca. 3.7 °C (Abb. 5.1, violett-gestrichelte Kurve). Der Anstieg variiert dabei zwischen 3.5 °C anfangs Februar und maximal 4 °C anfangs August. Diese Prognose beruht alleine auf der Wassertemperaturentwicklung an der Unteren Lorze während den vergangenen sieben Jahren und ist demnach nur eine grobe Schätzung. Jedoch ist |

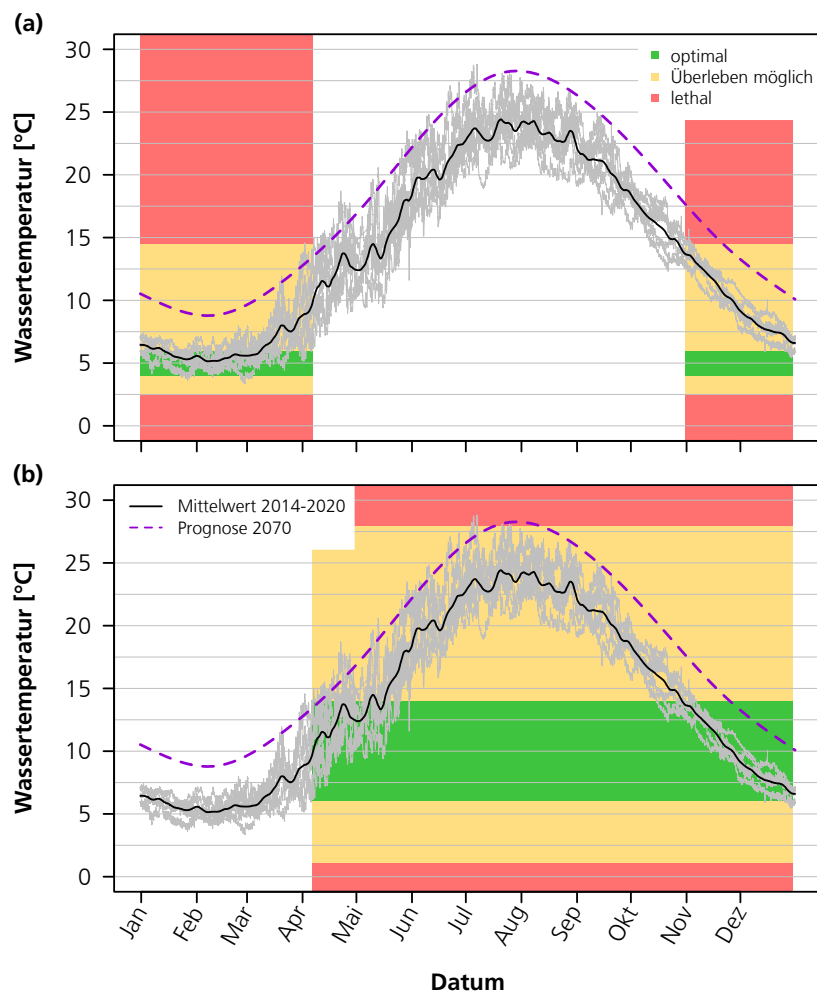
sie vergleichbar mit den Resultaten von anderen Modellen, die zusätzliche hydrologische Parameter (z.B. Niederschlags- und Abflussentwicklung) miteinbeziehen (BAFU 2021). In jedem Fall, d.h. auch mit konsequentem Klimaschutz, muss mit einem generellen zukünftigen Wassertemperaturanstieg über die gesamte Entwicklungsdauer und somit mit einer erhöhten Mortalitätsrate der Eier und Jungfische gerechnet werden. Das Risiko ist dabei am grössten für die Eier im März/April und für Jungfische im Hochsommer. Generell verschiebt sich die Eientwicklung und die empfindlichste Jungfischentwicklungsphase in den suboptimalen Bereich.

Fischkrankheiten

Zudem ist mit einem vermehrten Auftreten der Proliferativen Nierenkrankheit (PKD) und somit mit einer erhöhten Mortalität von Jungfischen (v.a. 0⁺-Tieren) zu rechnen, da die 15 °C-Marke nicht nur wie heute zwischen Mai und Oktober, sondern zukünftig von April bis November wahrscheinlich überschritten wird.

Abb. 5.1: Wassertemperatur an der Unteren Lorze und deren Eignung für Seeforellen

10-min-Werte der Jahre 2014–2020 von vier Messstellen (grau)
 a) Laich, b) juvenile Seeforellen



Fazit **Die heute an der Unteren Lorze auftretenden Wassertemperaturen ermöglichen grundsätzlich eine Laich- und Jungfischentwicklung der Seeforelle. Mit höheren Ausfällen an Jungfischen durch PKD ist aber zu rechnen.**

Mit der zunehmenden Gewässererwärmung durch den Klimawandel ist eine erfolgreiche Laich- und Jungfischentwicklung der Seeforelle an der Unteren Lorze sehr fragwürdig.

5.4 Nutzung von Seeausflüssen durch Seeforellen

Wanderverhalten Die Seeforelle gehört genetisch gesehen zu der gleichen Art wie die Bachforelle (*Salmo trutta*) (LAIKRE ET AL. 1999). Im Vergleich zu der residenten Bachforelle, welche den ganzen Lebenszyklus im Bach oder Fluss verbringt, weist die Seeforelle aber ein ausgeprägtes Migrationsverhalten auf. Nach ihren ersten Lebensjahren im Fließgewässer wandern die Jungfische ab und verbringen die Wachstumsphase in den nahrungsreichen Seen. Vor Eintritt der Laichreife wandern die Seeforellen schliesslich in die Gewässer zurück, in denen sie geboren und aufgewachsen sind, um sich fortzupflanzen. Dabei orientieren sie sich am Gewässergeruch (z.B. Aminosäuren, Salze, Hormone), den sie sich als Jungfische kurz vor dem Abwandern einprägten (LUCAS ET AL. 2001).

Laichgewässer und Genetik Die meisten Seeforellenpopulationen nutzen dabei die Zuflüsse von Seen als ihre Laichplätze. Die ein- bis zweijährigen Jungfische wandern schliesslich flussabwärts bis in den See (FERGUSON ET AL. 2019). Seltener wird jedoch auch beobachtet, dass Populationen die Seeausflüsse als Laichplätze nutzen. Deren Jungfische müssen schliesslich flussaufwärts wandern, um in den See zu gelangen. Es wurde gezeigt, dass sowohl die Entscheidung als Jungfisch in den See abzuwandern, sowie auch die Richtung der Abwanderung (flussab- oder aufwärts) stark von den Genen beeinflusst wird (JONSSON ET AL. 1994, FERGUSON ET AL. 2017). Somit sind im gleichen See flussab- und aufwärts-laichende Seeforellenpopulationen typischerweise genetisch unterschiedlich (FERGUSON 2004). Da Seeausflüsse oftmals stärker verbaut, begradigt und fragmentiert wurden als Seezuflüsse, sind Seeforellenpopulationen die zum Laichen flussabwärts schwimmen, aber äusserst selten geworden (SYRJÄNEN ET AL. 2018).

Vergleichsgewässer Zum Beispiel war die Reuss bei Luzern als Seeabfluss ursprünglich eines der wichtigsten Laichgewässer für Seeforellen des Vierwaldstättersees (RIPPMANN 1987). Dieser Seeforellenstamm ist heute jedoch quasi verschwunden. Weitere bekannte Seeausflüsse, in die heute noch flussabwärts gerichtete Laichwanderungen der Seeforelle stattfinden, sind die Sarneraa oder die Rhone bei Genf.

Fazit **Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Untere Lorze potenziell als Laichgewässer von Seeforellen genutzt würde, wäre die Erreichbarkeit der potenziellen Laichplätze gegeben.**

5.5 Durchgängigkeit

| | |
|-------------------------|--|
| Hindernisse | Abgesehen von fünf Kraftwerken mit drei Restwasserstrecken befinden sich an der Unteren Lorze zwischen Zugersee und Reuss keine weiteren Hindernisse. |
| Abstieg für Seeforellen | <p>In der heutigen Situation können Seeforellen aus dem Zugersee in der Unteren Lorze theoretisch uneingeschränkt bis zum KW Obermühle auf einer Länge von ca. 800 m absteigen. Die Wehranlage befindet sich derzeit in Umbau und wird mit einer Abstiegshilfe und einem Schlitzpass ausgerüstet, deren Dimensionierung beide auf die Seeforelle ausgelegt wurden. Bereits nach weiteren und 400 m verhindert jedoch das KW Hammer die Wanderung aufgrund eines fehlenden Abstiegs (Planung gestoppt). Erst im Unterwasser des KW Hammer befindet sich der erste Abschnitt mit geringem Reproduktionspotenzial in der Unteren Lorze (vgl. Abb. 3.1 und Tab. 4.1).</p> <p>Ein Fischabstieg beim folgenden KW Untermühle fehlt zwar, ein solcher ist aber in der strategischen Planung zur Wiederherstellung der Fischwanderung vorgesehen. Nur kurz unterhalb wartet bereits das nächste Wanderhindernis mit dem Wehr des KW Hagendorn, das von Seeforellen überwunden werden müsste, um in die nächste Strecke mit geringem Potenzial zu gelangen. Hier befindet sich zwar eine Dotiervorrichtung, über welche Fische theoretisch in die Restwasserstrecke absteigen könnten, für adulte Seeforellen ist deren Funktionalität aber fragwürdig. Innerhalb der Restwasserstrecke ist die Durchgängigkeit für grosse Seeforellen aufgrund der teilweise geringen Wassertiefe nur eingeschränkt vorhanden.</p> <p>Gelangen adulte Seeforellen bis zum Maschinenhaus des KW Hagendorn, können sie nicht weiter in die nächste Strecke mit geringem Potenzial absteigen, da hier ebenfalls ein Fischabstieg fehlt. Gemäss strategischer Planung ist jedoch eine Sanierung notwendig.</p> <p>Auch beim Wehr des KW Frauental fehlt ein Fischabstieg (Planung gestoppt), der die wertvolle Potenzialstrecke (Restwasserstrecke) erschliessen würde. Die Restwasserstrecke selbst ist für adulte Seeforellen nur eingeschränkt durchwanderbar. Unterhalb des KW Frauental ist die Untere Lorze für Fische bis zur Reuss frei durchgängig. Die folgenden Strecken mit mittlerem bis grossem theoretischem Potenzial für Seeforellen wäre erreichbar.</p> |
| Aufstieg für Smolts | In umgekehrter Richtung bildet das KW Frauental beim Maschinenhaus bzw. dem Ausleitwehr das erste Wanderhindernis für theoretisch zurückwandernde Seeforellen-Smolts. Beim Maschinenhaus befindet sich eine Fischaufstiegshilfe (FAH) in Planung, die aber vorerst gestoppt wurde. Das KW Hagendorn weist sowohl beim Kraftwerk als auch beim Ausleitwehr jeweils eine FAH in Form eines Borstenfischpasses auf, die vermutlich von Smolts aufgefunden und überwunden werden können (Daten zu Wirkungskontrollen liegen uns nicht vor). Beim oberhalb liegenden KW Hammer fehlt derzeit noch eine FAH (Planung gestoppt). Das letzte Hindernis in der Unteren Lorze vor dem Zugersee für theoretisch aufwandernde Seeforellen bildet das KW Obermühle. Hier befindet sich eine FAH im Bau. |
| Aufstieg für Rückkehrer | Adulte Seeforellen, die nach erfolgreichem Ablachen wieder in den Zugersee zukehren möchten, können keine der Kraftwerksstufe überwinden, da entweder eine FAH (noch) fehlt oder die vorhandene Anlage nicht auf so grosse Fische aus- |

Fazit

gelegt wurde. Einzige Ausnahme bildet der sich im Bau befindliche Schlitzpass beim KW Obermühle, der auf adulte Seeforellen dimensioniert wurde.

In der heutigen Situation ist die Untere Lorze für Seeforellen in beide Richtungen nicht durchgängig und potenzielle Laichplätze sind nicht zugänglich.

5.6 Wiederansiedlung einer Seeforellenpopulation

Ob Seeforellen die Untere Lorze historisch als Laichgewässer nutzten, ist unbekannt. Zumindest kann dies aufgrund der Wasserkraftnutzung mit unüberwindbaren Hindernissen für die letzten rund 200 Jahre ausgeschlossen werden. Auch in der älteren Literatur fehlen Angaben zum Vorkommen von Seeforellen an der Unteren Lorze (z.B. VON DEM BORNE 1881). Es stellt sich nun die Frage, ob und wie eine Seeforellenpopulation, die seit Jahrzehnten/Jahrhunderten nicht oder nicht mehr existiert, wieder «zum Wandern» gebracht werden könnte.

Die Entscheidung als Jungfisch in den See abzuwandern, sowie auch die Richtung der Abwanderung (flussab- oder flussaufwärts) wird stark von Genen beeinflusst (JONSSON ET AL. 1994, FERGUSON ET AL. 2017). Da heute keine Seeforellenpopulation (mehr) vorhanden ist, welche die Untere Lorze als Laichgewässer nutzt, wäre eine Neu- oder Wiederansiedlung notwendig. Genetisch müssten die Tiere so veranlagt sein, als laichreife Forelle flussabwärts zu schwimmen, sowie als Jungfisch wieder flussaufwärts in den Zugersee zurückzuwandern.

Da eine spontane Ansiedlung an der Unteren Lorze auch mittel- bis langfristig nicht zu erwarten ist, muss diese aktiv erfolgen. Eine Wiederansiedlung könnte grundsätzlich als Brüttingsbesatz an der Unteren Lorze im Raum Frauental bis Rüssspitz erfolgen. Naheliegender wäre für einen Besatz auf Seeforellen zurückzugreifen, die aus dem Zugersee in die sehr nahe gelegene Obere Lorze aufsteigen. Dies wird aber aus oben erläuterten Gründen der Genetik als nicht zielführend eingeschätzt. Die Eier könnten auch von Seeforellen entnommen werden, welche die Luzerner Reuss als Laichgewässer nutzen. Da diese Population geografisch relativ nahe am Zugersee liegt, können ähnliche Anpassungen an die lokalen Umweltbedingungen erwartet werden. Jedoch müsste überprüft werden, wie häufig solche Seeforellen in der Reuss noch vorkommen und ob eine Entnahme von Eiern aus populationsbiologischen Überlegungen machbar wäre. Im Weiteren wäre für eine Wiederansiedlung ein langes Zeitfenster vorzusehen. Damit verbunden wären auch entsprechende Kosten. Darüber hinaus wäre ein eng begleitendes Monitoring notwendig. Diesbezügliche Erfahrungen aus anderen vergleichbaren Gewässern der Schweiz sind uns zudem nicht bekannt.

Die Erfolgchancen eines solchen Ansiedlungsversuches werden als insgesamt gering eingestuft.

5.7 Wasserqualität

In die Untere Lorze münden verschiedene Einleitungen aus der Siedlungsentwässerung. Zudem entwässert auch die ARA Schönau ins Gewässer. Ihre Entlastung befindet sich unmittelbar oberhalb vom Wehr des KW Hagendorn. Ein möglicher negativer Einfluss auf eine allfällige Entwicklung von Eiern und Jungfischen könnten nicht ganz ausgeschlossen werden. Die Wasserqualität wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht vertieft untersucht. Entsprechend lassen sich im Hinblick auf eine allfällige Seeforellenentwicklung auch keine genaueren Aussagen dazu machen.

6 Schlussfolgerung und Empfehlung

An der **Unteren Lorze** ist grundsätzlich **Lebensraumpotenzial** für die Seeforelle **vorhanden**, insbesondere in der RW-Strecke des KW Frauental und unterhalb davon. Sie weist als Seeausfluss, mit erhöhten Sommertemperaturen und aufgrund ihrer morphologischen Ausprägung den Charakter einer Barbenregion auf. Also einem Gewässer, welches eher **untypisch** ist **als Laich- und Jungfischgewässer für die Seeforelle**. Unter den heute auftretenden Wassertemperaturen wäre eine Laich- und Jungfischentwicklung prinzipiell möglich. Höhere **Ausfälle** an Jungfischen **durch PKD** wären aber zu erwarten. Zukünftig, mit der zunehmenden **Gewässererwärmung durch den Klimawandel**, ist eine **erfolgreiche Laich- und Jungfischentwicklung** der Seeforelle an der Unteren Lorze aber sehr **fragwürdig**.

In der heutigen Situation und mit den noch anstehenden Sanierungen zur Wiederherstellung der Fischgängigkeit bei den Kraftwerken Obermühle (im Bau), Hammer und Frauental wäre das **Lebensraumpotenzial nicht abrufbar**. Dazu müssten zusätzlich die Kraftwerke Hagendorn und Untermühle mit auf die Seeforelle ausgelegten Fischauf- und Fischabstiegshilfen nachgerüstet werden.

Im Weiteren wäre eine aktive und aufwändige **Wiederansiedlung notwendig**, um eine Seeforellenpopulation an der Unteren Lorze zu etablieren. Die **Erfolgschancen** einer solchen Wiederansiedlung werden als **gering** eingestuft.

In der Summe wären grosse Investitionen zu tätigen, um die Seeforelle an der Unteren Lorze (wieder) anzusiedeln (Nachrüstung von zwei Kraftwerken, langjähriges Wiederansiedlungsprojekt). Demgegenüber steht ein erhebliches Risiko, dass eine Wiederansiedlung nicht gelingt (ungünstige Wassertemperaturen, kein geeignetes genetischen Material vorhanden, generelles Misslingen).

Fazit

Aus den oben genannten Gründen wird empfohlen, die Seeforelle bei den zukünftigen Planungen und Sanierungen an der Untere Lorze nicht zu berücksichtigen.

7 Literaturverzeichnis

- AMMANN, F., SUTER, E., STYGER, G., SCHIFFERLE, L., ULMANN, P. (2011) Fischatlas Kanton Zug 2010. Amt für Fischerei und Jagd Kanton Zug. 38 S.
- Amt für Wald und Wild, Kanton Zug (2014) Strategische Planung zur Wiederherstellung der Fischwanderung im Kanton Zug. Schlussbericht. 10 S.
- BAMMATTER, L. (2008) Habitatpräferenzen bei der Reproduktion von Seeforellen (*Salmo trutta lacustris*) in kleinen Fließgewässern. Masterarbeit. Universität Zürich. 136 S. + Anhang.
- BENATEAU, S., GAUDARD, A., STAMM, C., ALTERMATT, F. (2019) Climate change and freshwater ecosystems: Impacts on water quality and ecological status. Hydro-CH2018 Project. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland. 110 S.
- BINDERHEIM, E. & GÖGGEL, W. (2007) Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Äusserer Aspekt. Umwelt-Vollzug Nr. 0701. Bundesamt für Umwelt, Bern. 43 S.
- BORSUK, M., REICHERT, P., PETER, A., SCHAGER, E., BURKHARDT-HOLM, P. (2006) Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. Ecological Modelling 192, 224–244.
- Bundesamt für Umwelt, BAFU (Hrsg.) (2021) Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 S.
- Bundesamt für Umwelt, BAFU (2019) Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde Arten und Lebensräume. Umwelt Vollzug 1103. Bern. 99 S.
- Bundesgerichtsentscheid 1C_631/2017. Urteil vom 29. März 2019.
- CAVIEZEL, R. (2006) Reproduktion der Seeforelle im Vorderrhein. Diplomarbeit ETH Zürich, 83 S.
- DAHLKE, F., WOHLRAB, S., BUTZIN, M., PÖRTNER, H. (2020) Thermal bottlenecks in the life cycle define climate vulnerability of fish. Science 369, 65–70.
- DÖNNI, W. & SPALINGER, L. (2017) Erhaltung und Förderung der Wanderfische in der Schweiz. Zielarten, Einzugsgebiete, Aufgaben. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, BAFU. 37 S. + Anhang.
- FERGUSON, A., REED, T., CROSS, T., MCGINNITY, P., PRODÖHL, P. (2019) Anadromy, potamodromy and residency in brown trout *Salmo trutta*: the role of genes and the environment. Journal of Fish Biology 95, 692–718.
- FERGUSON, A., REED, T., MCGINNITY, P., PRODÖHL, P. (2017) Anadromy in brown trout (*Salmo trutta*): a review of the relative roles of genes and environmental factors and the implications for management and conservation. In G. Harris (Ed.), Sea trout: management & science (pp. 1–40). Leicestershire, England: Matador Publishing Ltd.
- FERGUSON, A. (2004) The importance of identifying conservation units: brown trout and pollan biodiversity in Ireland. Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy 104B,33–41.

- FISCHWERK (2017) Potenzial der Unteren Lorze als Laich- und Juvenilhabitat für Seeforelle und Lachs. Im Auftrag des WWF Schweiz. 13 S.
- FISCHWERK, IUB & AQUAPLUS (2011) Der Nase nach - für lebendige Flüsse. Entwicklungskonzept Untere Lorze. Im Auftrag des WWF Schweiz. 38 S. + Anhang.
- GAUDARD, A., SCHMID, M., WÜEST, A. (2017) Thermische Nutzung von Oberflächengewässern - Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung. Aqua Gas 97. S. 40–45.
- HEGGENS, J., SALTVEIT, S., LINGAAS, O. (1996) Predicting fish habitat use to changes in water flow: Modelling critical minimum flows for Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *S. trutta*. Regulated Rivers: Research and Management 12, 331 – 344.
- JONSSON, N., JONSSON, B., SKURDAL, J., HANSEN, L. (1994) Differential response to water current in offspring of inlet-and outlet-spawning brown trout *Salmo trutta*. Journal of Fish Biology 45, 356 – 359.
- LAHNSTEINER, F. (2012) Effect of temperature on the reproductive potential of teleost fish. Blue Globe Foresight, 23.
- LAIKRE, L., ANTUNES, A., APOSTOLIDIS, A., BERREBI, P., DUGUID, A., FERGUSON, A., GARCIA-MARIN, J., GUYOMARD, R., HANSEN, M., HINDAR, K., KOLJONEN, M., LARGIADER, C., MARTINEZ, P., NIELSEN, E., PALM, S., RUZZANTE, D., RYMAN, N., TRIANTAPHYLLIDIS, T. (1999) Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in the brown trout (*Salmo trutta*). Bogtryk, Silkeborg (DK). "Trout Concert"; EU Fair CT97-3882.
- LUCAS, M., BARAS, E., THOM, T., DUNCAN, A., SLAVIK, O. (2001) Migration of Freshwater Fishes. Oxford: Blackwell Sciences.
- MÄKI-PETÄYS, A., MUOTKA, T., HUUSKO, A., TIKKANEN, P., KREIVI, P. (1997) Seasonal changes in habitat use and preference by juvenile brown trout, *Salmo trutta*, in a northern boreal river. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54, 520-530.
- MARCOS-LOPEZ, M., GALE, P., OIDTMANN, B., PEELER, E. (2010) Assessing the impact of climate change on disease emergence in freshwater fish in the United Kingdom. Transboundary and Emerging Diseases 57, 293–304.
- MÜLLER, R. (1997) Vorlesungsskript Fischkunde der Schweiz 1997/8.
- RIPPMANN, U. (1987) Biologie und Bewirtschaftung der Seeforelle (*Salmo trutta lacustris*) des Vierwaldstättersees unter besonderer Berücksichtigung der Urnerischen Gewässer. 325 Seiten.
- SCHÄLCHLI, U., ABEGG, J., HUNZINGER, L. (2002) Kolmation - Methoden zur Erkennung und Bewertung. EAWAG. 24 S.
- SCHMEING-ENGBERDING, F. (1953) Die Vorzugstemperaturen einiger Knochenfische und ihre physiologische Bedeutung. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 2, 125–155.
- SONDERER, M. (2011) Habitatansprüche emergierender Bachforellen. Semesterarbeit HS 2011. EAWAG. 25 S. + Anhang.

- SYRJÄNEN, J., VAINIKKA, A., LOUHI, P., HUUSKO, A., ORELL, P., VEHANEN, T. (2018) History, conservation and management of adfluvial brown trout stocks in Finland. In Lobón-Cervía L, Sanz N (Eds.), *Brown trout: biology, ecology and management* (pp. 697–733). Hoboken, NJ: Wiley.
- Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) vom 24. November 1993, Stand am 1. Januar 2021 (923.01).
- VARLEY, M. (1967) *British Freshwater Fishes - Factors Affecting their Distribution*. London: Fishing News.
- VON DEM BORNE, M. (1881) *Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs*. W. Moeser, Hofbuchdruckerei, Berlin. 304 S.

ANHANG A

Wassertemperaturen der Unteren Lorze
2014 – 2020



A Wassertemperaturen der Unteren Lorze Messstellenübersicht



Kanton Zug

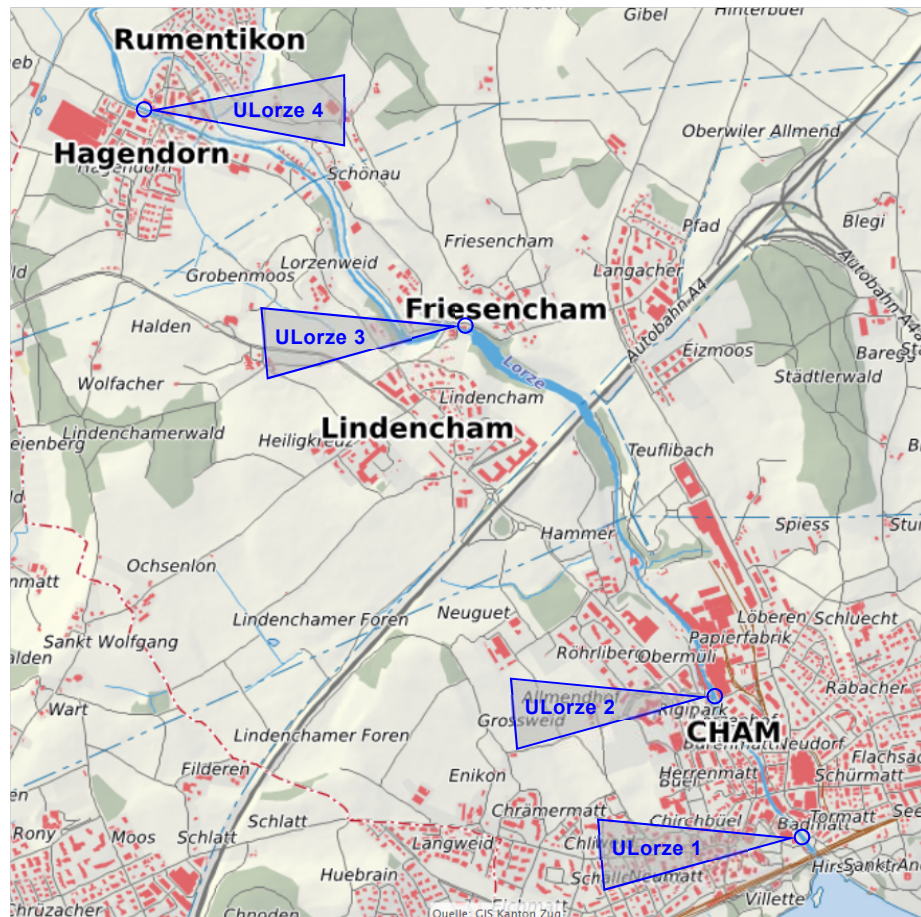
Baudirektion
Amt für Umwelt

Temperatur-Monitoring Fließgewässer

Messstellen an der Unteren Lorze, Gemeinde Cham

Messdaten: Wassertemperatur 10'-Werte

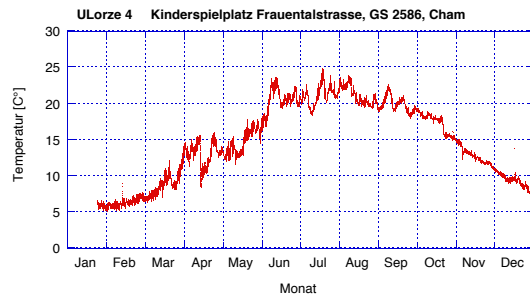
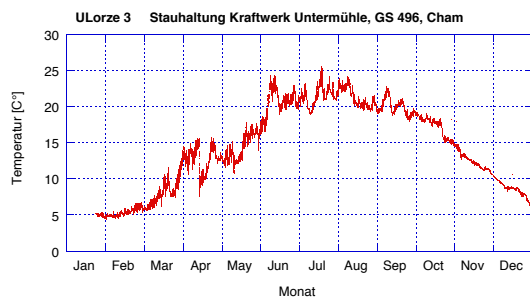
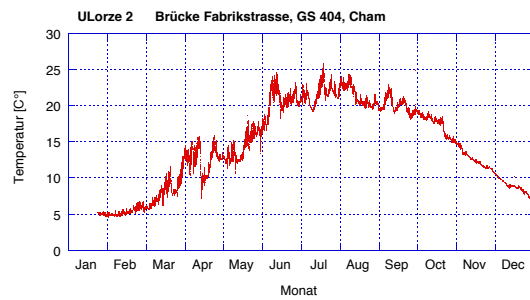
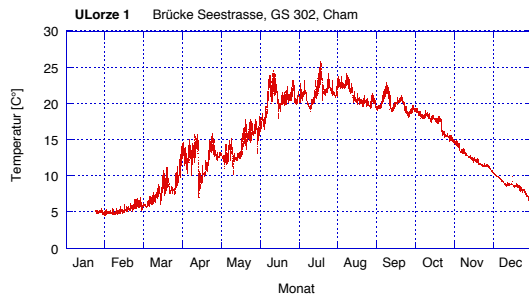
Bezug Messdaten: Amt für Umwelt Kt. Zug
info.afu@zg.ch oder peter.keller@zg.ch



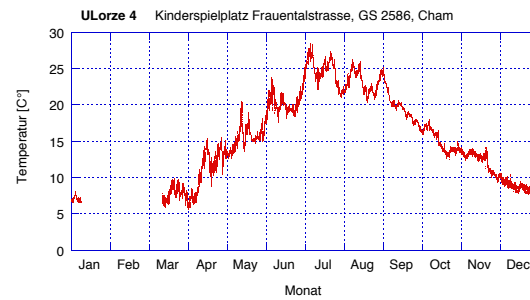
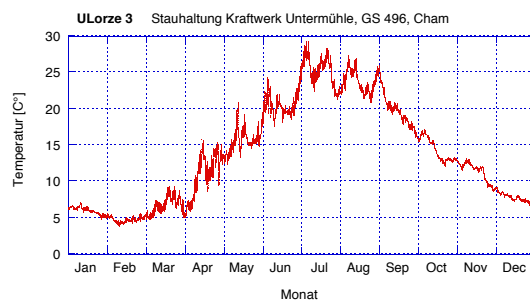
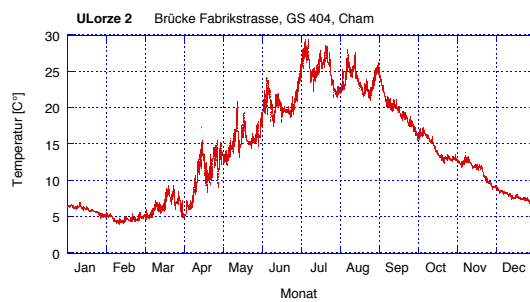
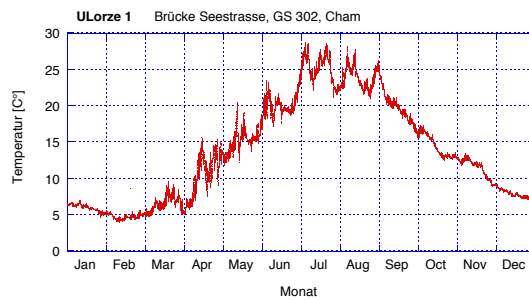
Aabachstrasse 5, 6300 Zug
T 041 728 53 70
www.zg.ch/afu

A Wassertemperaturen der Unteren Lorze 2014 und 2015

Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2014

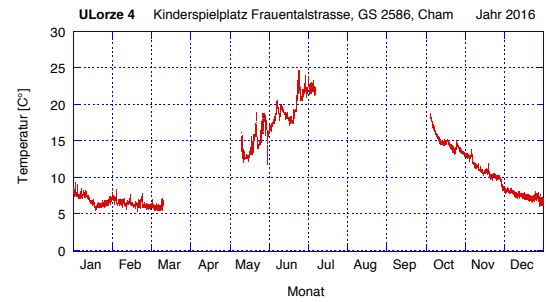
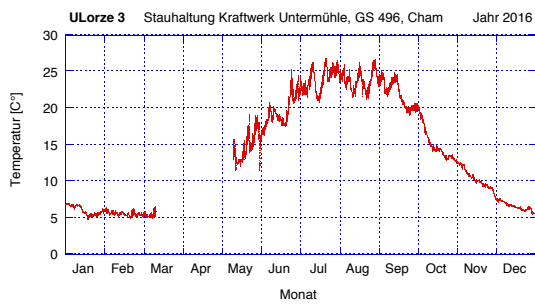
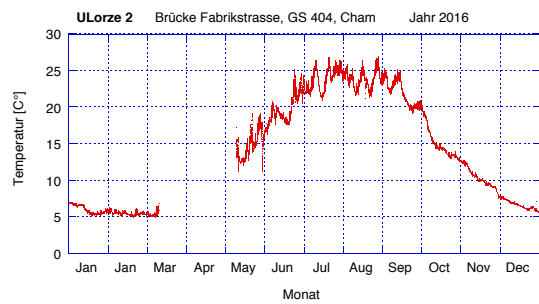
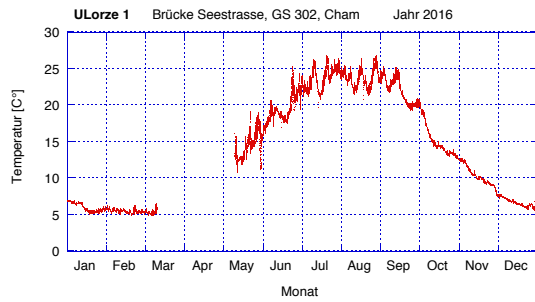


Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2015

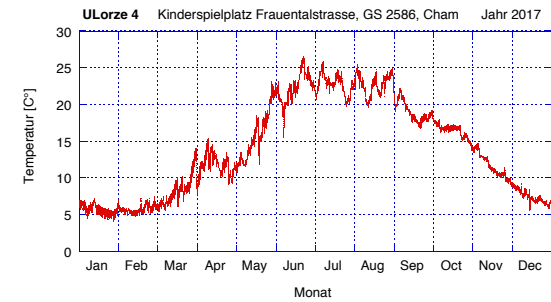
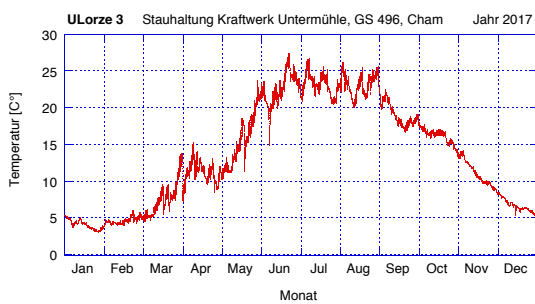
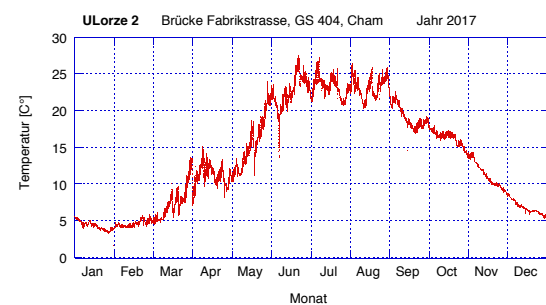
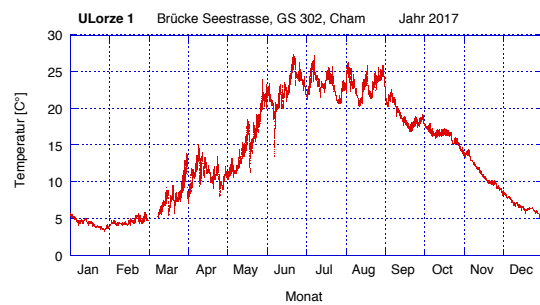


A Wassertemperaturen der Unteren Lorze 2016 und 2017

Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2016

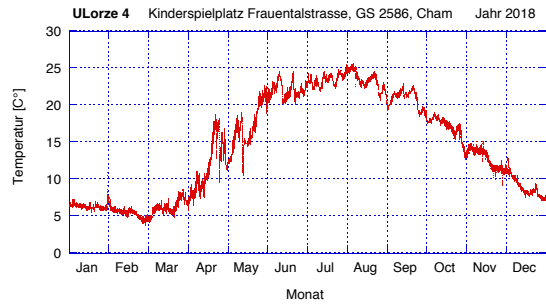
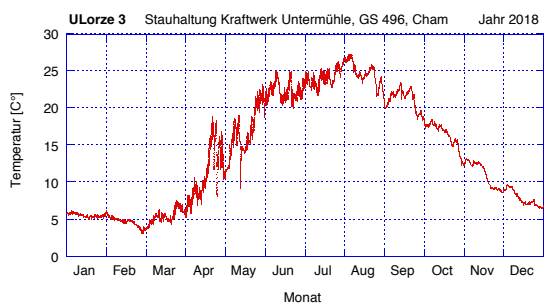
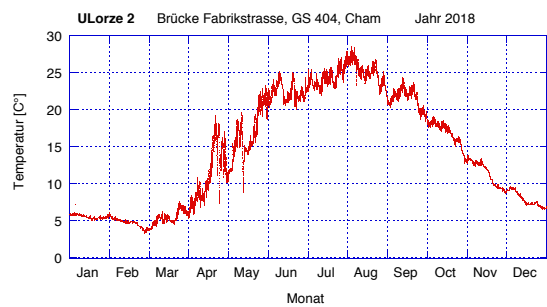
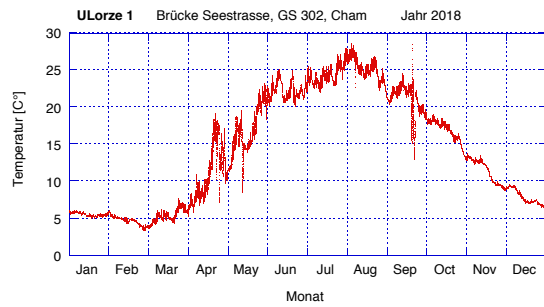


Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2017

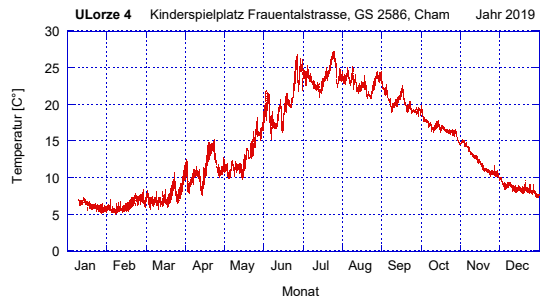
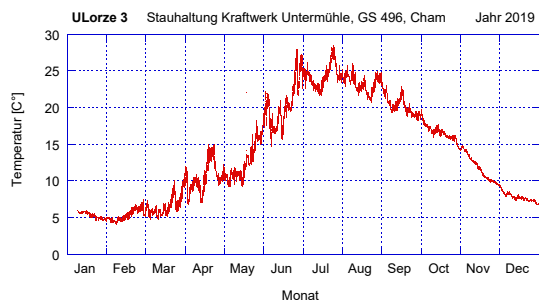
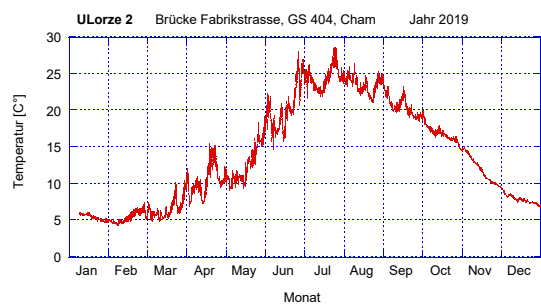
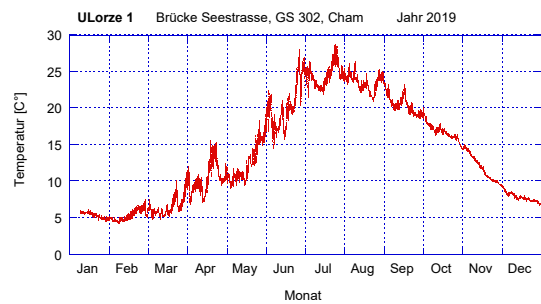


A Wassertemperaturen der Unteren Lorze 2018 und 2019

Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2018



Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2019



A Wassertemperaturen der Unteren Lorze 2020

Temperatur-Monitoring Untere Lorze, Jahr 2020

