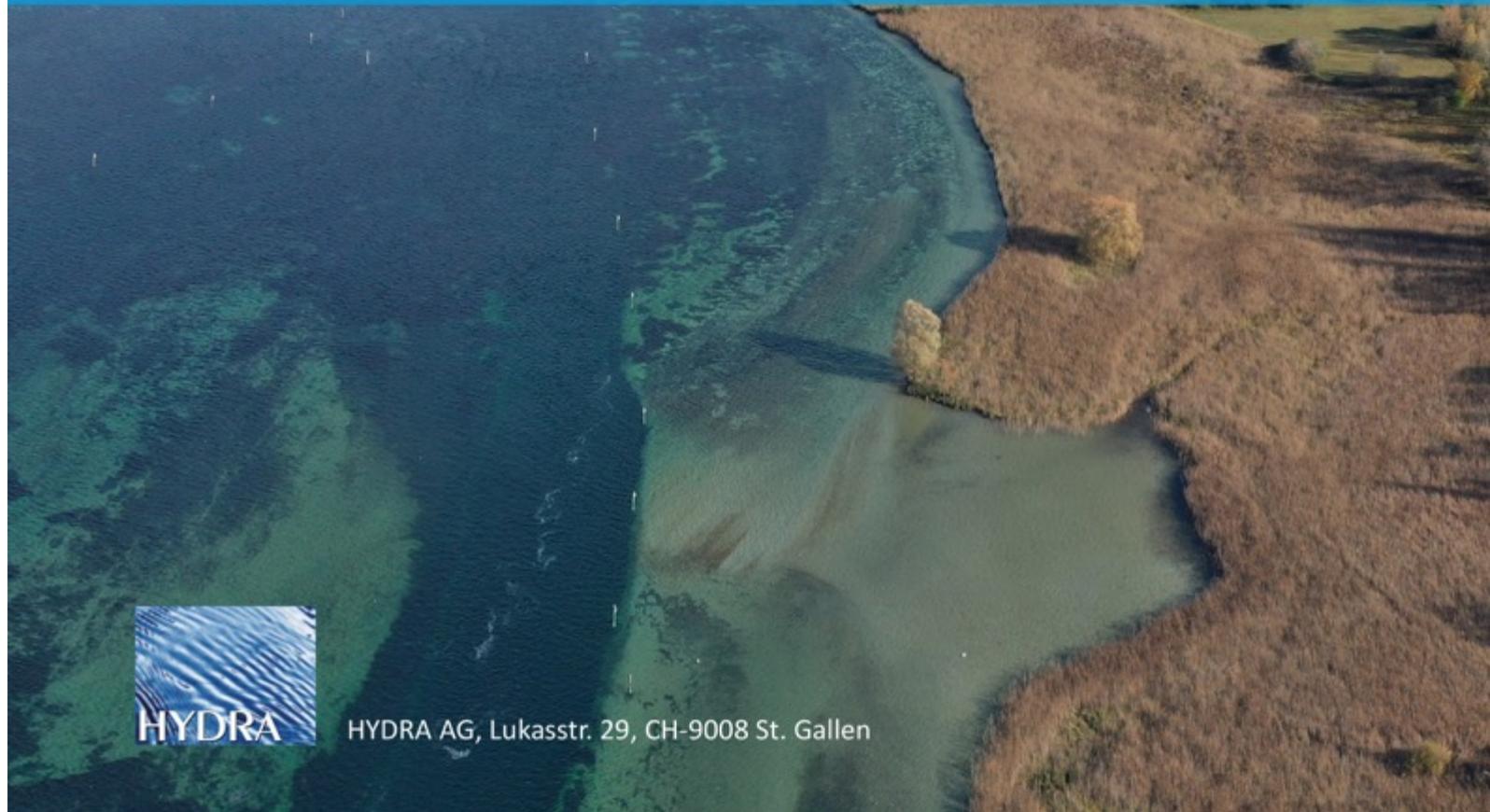


# Die Äsche (*Thymallus thymallus*) im Seerhein - Gefährdung und mögliche Fördermassnahmen



## 2 | Die Äsche (*Thymallus thymallus*) im Seerhein - Gefährdung und Fördermassnahmen

# Die Äsche (*Thymallus thymallus*) im Seerhein Gefährdung und mögliche Fördermassnahmen

Expertise zuhanden der Jagd- und Fischereiverwaltung Thurgau

---

**Autoren:**

Peter Rey, John Hesselschwerdt, Johannes Ortlepp  
HYDRA AG,  
Lukasstr. 29  
9008 St. Gallen

**Mitarbeit:**

Sarah Oexle  
Romy Berner

**Begleitung:**

Dario Moser, Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau  
Roman Kistler, Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau

Wir danken für die Informationen und wertvollen Beiträge von:

Thomas Lang, ASV Konstanz, Landesfischereiverband Baden-Württemberg  
Roman Niedermann, Jagd- und Fischereiverwaltung Thurgau

November 2019

Titelbild: Seerhein, Blick vom Chöpfli in Richtung Osten. Foto: Rey

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1	Anlass und Inhalt der Studie.....	5
1.2	Synergien und Abstimmungen.....	7
<b>2</b>	<b>Der Seerhein</b> .....	<b>10</b>
2.1	Entstehung und Geografie.....	10
2.2	Rinnen, Schwellen und Wassertiefen.....	12
2.3	Strömungen.....	14
<b>3</b>	<b>Die Äsche im Seerhein</b> .....	<b>17</b>
3.1	Schutzstatus und Fangregularien.....	17
3.2	Entwicklung der Äschenbestände.....	17
3.4	Berücksichtigung weiterer Fischarten .....	22
<b>4</b>	<b>Lebensweise und Lebensraumanprüche der Äsche</b> .....	<b>23</b>
4.1	Lebenszyklus und Lebensraumanforderungen.....	23
<b>5</b>	<b>Einflüsse auf den Seerhein und seinen Äschenbestand</b> .....	<b>25</b>
5.1	Wasserqualität.....	25
5.2.	Thermische Belastung und ihre Folgen.....	27
5.3	Sinkende Wasserstände.....	36
5.4	Morphologie, Struktur- und Vernetzungsdefizite.....	41
5.5	Geschiebedefizite, Kolmationen.....	50
5.6.	Schiffsverkehr .....	51
5.7	Fischfressende Vögel und andere Prädatoren.....	53
5.8	Weitere und «unabsichtliche» Prädatoren.....	58
<b>6</b>	<b>Lebensraumpotenziale für die Äsche im Seerhein</b> .....	<b>60</b>
6.1	Lebensraumanprüche der Äsche.....	60
6.2	Lokalisierung und Ausdehnung potenzieller Äschenlaichplätze.....	64
6.2	Geeignete Habitate für Äschenbrütlinge und -jungfische .....	68
6.3	Lebensräume für adulte Äschen .....	70
<b>7</b>	<b>Massnahmenempfehlungen für den Seerhein</b> .....	<b>74</b>
7.1	Vorüberlegung.....	74
7.2	Rahmenbedingungen.....	74
7.3	Beispielhafte Massnahmen an anderen grossen Flüssen.....	75
7.4	Handlungserfordernisse für den Seerhein.....	78
7.5	Strukturelle Aufwertungsmassnahmen .....	79
7.6	Kiesmanagement.....	82
7.7	Reaktivierung von Brütlings- und Jungfischhabitaten.....	86
7.8	Schutzmassnahmen.....	86
7.9	Äschen-Bewirtschaftung .....	87
<b>8</b>	<b>Vorgehenskonzept</b> .....	<b>89</b>
8.1	Weiterführende Abklärungen und erste Weichenstellungen.....	89
8.2	Musterstrecken.....	90
8.3	Zusammenfassende Massnahmenziele .....	90
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>93</b>
<b>10</b>	<b>Quellen und Literatursammlung</b> .....	<b>95</b>

# 1 Einleitung

---

*Die Förderung von Äschenpopulationen in Flüssen oder Flussabschnitten, in denen die Äsche mit hohem Anteil zur Referenzfischzönose beigetragen hat und in denen in jüngerer Zeit noch gesunde und individuenreiche Populationen gelebt haben, ist eine Massnahme von internationaler Bedeutung für den Artenschutz und die Erhaltung der Biodiversität in unseren Gewässern.*

*Programme zum Schutz und zur Förderung des Äschenbestands werden derzeit in der Schweiz an einer Vielzahl von Äschenpopulationen durchgeführt, auch solchen von nationaler Bedeutung. Auch auf deutscher Seite geniesst die Äsche einen umfassenden Schutz und eine entsprechende Förderung. Im Nachbarland Baden-Württemberg steht sie als eine von wenigen wichtigen «Fokus-Fischarten» Pate für landesweite strukturelle Aufwertungsprogramme in grösseren Fliessgewässern.*

## 1.1 Anlass und Inhalt der Studie

### **Anlass**

Das Fischbüchlein «*Von der Natur und Eigenschaft der Fische*» des Bodensees - geschrieben von Gregor MANGOLT im Jahre 1557 - ist das älteste bekannte Buch über die Fische des Bodensees. Schon hier wird die Äsche als bedeutende Fischart im Bereich des Konstanzer Trichters, des Seerheins und des Hochrheins vorgestellt. Auch Autoren des 19. Jahrhunderts attestieren dem Seerhein noch bis vor 150-100 Jahren einen sehr grossen und nutzbaren Äschenbestand.

In den letzten ca. 50 Jahren ist dieser Äschenbestand stark zurückgegangen (BRUMM et al. 1998), heute sind Äschen im Seerhein sehr selten, aber es gibt sie noch. Allerdings ist es äusserst schwierig, die Grösse des rezenten Bestands abzuschätzen und eine Aussage darüber zu treffen, ob sich die Population noch selbst erhalten kann oder nicht. Aufgrund des seit 1998 bestehenden generellen Fangverbots auf Äschen liegen uns aus dem Seerhein und dem Untersee keine aktuellen Fangnachweise mehr vor. Fänge gibt es vereinzelt noch in der Konstanzer Bucht und noch im Frühjahr 2019 wurden einzelne laichende Äschen im Konstanzer Trichter beobachtet (LANG, mündl. Mitt.).

Anlass für die vorliegende Studie ist somit das langsame Verschwinden der Äschen aus dem Seerhein, einem Gewässer, das historisch für seinen Fischreichtum und vor allem seine gesunde und individuenreiche Äschenpopulation bekannt war. Und es stellt sich die Frage, welche Faktoren für diesen Rückgang verantwortlich sind und ob es Möglichkeiten gibt, die Äschen im Seerhein zu retten.

### **Exkurs**

In diesem Zusammenhang mit der Frage der Rettung einer historisch bedeutenden Fischart ist der europaweit immer mehr in die Kritik geratende Einfluss des Kormorans auf diese Fischart zu nennen. Etwa Ende der 1980er Jahre – der Äschenbestand im Seerhein war bereits stark zurückgegangen – zeichnete sich ab, dass mit der stetigen Zunahme des winterlichen Kormoran-Einflugs ein starker Prädationsdruck auf die Art heranwuchs. Mit den ersten Brutkolonien am See ab Mitte der 1990er-Jahre wirkte der Einfluss dieser Prädatoren dann über das gesamte Jahr hinweg. Erste Gegenmassnahmen im Thurgau wurden seither in Form von Vergrämungsabschüssen durchgeführt (KRÄMER, mündl.). Von 1997 bis 2015 wurde auch eine Ausnahmegewilligung für Kormoranabschüsse im Seerhein selbst (Bestandteil des internationalen Wasser- und Zugvogelreservats «Ermatingerbecken») erteilt, dies explizit zum Schutz des Äschenbestandes. Es kam zu durchschnittlich ca. 35 Abschüssen pro Jahr (ca. 550-750 am gesamten See und Hinterland). Im Januar 2016 hat das thurgauische Verwaltungsgericht diese jährlich erteilte Ausnahmegewilligung wieder aufgehoben. Grund für diese Aufhebung war, dass in den Mägen der geschossenen Kormorane keine Äschenreste mehr gefunden wurden und «...dass die weiter wirkende Begründung für die Erteilung von Bewilligungen nicht allein ausreicht, um solche Bewilligungen zu verlängern». Auch die mit der Ausnahmegewilligung verbundenen Auflagen eines begleitenden Monitorings oder ähnlich gearteter Beweisführungsmittel sei danach

nicht zeitnah und umfänglich genug verfolgt worden. Die Vorlage von Analogieschlüssen – dass der Kormoran für die Restpopulation der Äschen oder eine sich künftig wieder regenerierende Population im Seerhein eine besondere Gefahr darstelle – reichte somit für eine Verlängerung der Bewilligung nicht aus (REY & BECKER 2017).

### **Zielsetzung und Auftrag**

Ausgehend von dieser Situation konnten keine Kormoranvergrämungen mehr durchgeführt werden und auch die seit 2015 bekannte Kormoran-Brutkolonie im Wollmatinger Ried wuchs stark an. Im Rahmen einer durch Kantonsrat Toni Kappeler im Juni 2016 eingereichten Einfachen Anfrage «Äsche und Kormoran – Wege zur Koexistenz» signalisierte der Regierungsrat des Kantons Thurgau in seiner Beantwortung die Bereitschaft, die bedrohte Äschenpopulation im Seerhein mit Verbesserungen des Habitats zu stützen und beauftragte die Jagd- und Fischereiverwaltung (JFV), entsprechend zu handeln.

Um hierfür erste Abklärungen zu schaffen, beauftragte die JFV Thurgau am 18. März 2019 die HYDRA AG St. Gallen, Massnahmenpotenziale zu evaluieren und erste Massnahmenvorschläge zur Förderung der Seerhein-Äschen zu machen.

### **Fragestellungen**

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung des Äschenrückgangs im Seerhein (DEUFEL et al. 1986), so beginnt dieser bereits vor der Zunahme des stärkeren Kormoranzuflugs Mitte bis Ende der 1980er Jahre. Er wird dort vor allem mit einer «qualitativen Verschlechterung und Abnahme der Äschenlaichplätze» begründet, wahrscheinlich als Folge der Eutrophierung des Sees. Heute wird vor dem Hintergrund eines insgesamt sehr starken Rückgangs der Fischfangerträge am Bodensee ([www.ibkf.org](http://www.ibkf.org)) eher umgekehrt argumentiert. Die Reoligotrophierung des Sees und mit ihr die starke Abnahme des Zooplanktons als Nahrungsgrundlage hat zu einem Wachstumsrückgang bei den meisten Fischarten des Bodensees und zu neuen Häufigkeitsverteilungen in der Fischbiozönose geführt. Allerdings war auch zu erwarten, dass sich diese Entwicklung hin zu zwar nahrungsärmeren, aber klarerem, sauerstoffreichem Wasser auf die Bestände der typischen Fischarten oligotropher Voralpenseen und -flüsse eher positiv auswirkt. Auch dies war im Bodensee nur bedingt der Fall; so kam es zwischenzeitlich zwar zu einer zunächst deutlichen Zunahme, dann aber wieder zu einer Abnahme von Seeforellen und Seesaiblingen, beides typische Arten nährstoffarmer Seen. Über die Reaktion der Äsche auf die sich verändernden Nährstoffsituationen im See wurde dagegen nichts bekannt.

Die Jahre 2003 und danach wieder 2018 zeichneten sich bei uns durch extrem heisse und trockene Sommer-/Herbstmonate aus. Im Hochrhein bei Stein am Rhein kam es zu grossräumigen und heute noch nachwirkenden Äschensterben. Auch diese Entwicklung scheint eine grosse Rolle bei der Suche nach den Gründen für den Äschenrückgang zu spielen.

Ausgangspunkt für die vorliegende Studie ist somit die Vermutung, dass beim Äschenrückgang eine Kombination verschiedener negativer Einflüsse gewirkt hat und noch immer wirkt. Diese Einflüsse zu kennen ist eine Voraussetzung dafür, die Fischart Äsche im Seerhein durch geeignete Weichenstellungen und/oder Massnahmen wieder nachhaltig fördern zu können.

Folgende Fragen sind im Rahmen der vorliegenden Studie somit zu beantworten:

- Welche Faktoren haben beim Rückgang der Äschenpopulation im Seerhein eine relevante Rolle gespielt?
- Sind diese Faktoren beeinflussbar?
- Welche Einflüsse verhindern/erschweren eine Förderung des Äschenbestands im Seerhein?
- Mit welchen Mitteln kann die Wirkung solcher Einflüsse gemindert/verhindert werden?
- Gibt es Massnahmen, die trotz weiterwirkender negativer Einflüsse eine Äschenförderung möglich machen?

- Wo und in welcher Form kann man diese Massnahmen anwenden?
- Welche Synergien bestehen zwischen der Äschenförderung und der Förderung anderer gefährdeter Fischarten im Seerhein?

### ***Informationsquellen und Untersuchungen***

Sich auf diese Fragen konzentrierend, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie zunächst auch keine neuen Untersuchungen zum Äschenbestand, zur Lage und Nutzung von Laichplätzen oder Larven- und Jungfischkontrollen durchgeführt.

Die für diese Studie verwendeten Informationen rekrutieren sich aus:

- den bisher zum Thema Äsche im Seerhein durchgeführten, verfügbaren fischbiologischen Untersuchungen
- den aktuellen Daten über Äschenvorkommen und v.a. Laichgebiete
- Befahrungen des Seerheins und des Konstanzer Trichters mit dem Boot
- Temperaturmessungen (Tiefenprofile und Dauerlogger)
- Kartenmaterial, Luftbilder aus verschiedenen Portalen
- aktuelle Drohnenaufnahmen.

Weitere Recherchen bezogen sich auf:

- allgemeine Informationen oder Literaturhinweise zur Biologie der Äsche und den damit verbundenen Lebensraumsansprüchen
- historische Angaben zum Vorkommen und zum Fang von Äschen im Seerhein
- Überblick über geeignete Fördermassnahmen in vergleichbaren Gewässern.

## **1.2 Synergien und Abstimmungen**

### ***Verwaltungsgrenzen und Fachstellen***

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass der Seerhein in seiner Funktion als Natur- und Lebensraum nur in seiner ganzen Länge und den zum Ober- und Untersee hin angrenzenden Seebereichen betrachtet werden kann. Damit schliesst sich auf längere Sicht ein Massnahmenpaket zum Schutz und zur Förderung der Äsche aus, welches ausschliesslich auf Schweizer Seite durchgeführt wird. Mit Vorlage dieser Studie sollten daher auch Gespräche mit den Verwaltungs- und Fachstellen der deutschen Seite begonnen werden, um Synergien in der Massnahmenkonzeption zu finden. Der Seerhein und die angrenzenden Gebiete sind mehreren Verwaltungszonen/-ebenen zuzuordnen:

- der Kantonsregierung Thurgau (Grenze bis Untersee, linke Rheinseite, Konstanzer Trichter Südufer) mit der Jagd- und Fischereiverwaltung in Frauenfeld;
- dem Regierungspräsidium Freiburg (alte Rheinbrücke Konstanz bis Grenze, danach rechte Rheinseite bis Untersee) mit seiner Fischereiabteilung und Fischereiaufsicht;
- dem Regierungspräsidium Tübingen (Bodensee-Obersee, Konstanzer Trichter bis alte Rheinbrücke), ebenfalls mit seiner Fischereiabteilung und Fischereiaufsicht;
- dem Landratsamt Konstanz;
- der Stadt Konstanz;
- Den politischen Gemeinden Tägerwilen, Gottlieben und Ermatingen.

Die für das betrachtete Untersuchungsgebiet zuständige Fischereikommission ist die *Internationale Kommission für die Fischerei im Bodensee-Untersee und Seerhein*. Im Konstanzer Trichter kommt die IBKF (*Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Fischerei im Bodensee-Obersee*) hinzu.

### **Vereine, Verbände, Interessensvertreter**

Verbesserungsmassnahmen zugunsten der Fischbestände im Seerhein können – vor allem wenn es sich um strukturelle Aufwertungen oder um ein allfälliges Kormoranmanagement handelt – in verschiedener Hinsicht mit anders gesteckten Zielen ansässiger Nutzer und Naturschützer kollidieren. Im Falle einer Massnahmenplanung sollten daher auch Kontakte zu verschiedenen Stellen aufgenommen werden, die am Seerhein Schutz- und Nutzungsinteressen verfolgen. Einige davon sind in der folgenden Aufzählung genannt:

Die *Personenschiffahrt im Konstanzer Trichter, im Seerhein und im Untersee*: Die Bodensee-Schiffsbetriebe (BSB), die Schweizerische Schifffahrtsgesellschaft Untersee und Rhein (URh), und auch private Anbieter bieten zahlreiche Fahrten durch den Seerhein an. Dabei werden sowohl grosse Passagierschiffe als auch kleinere Kursschiffe und Wasserbusse eingesetzt.

Der *Angelsportverein (ASV) Konstanz* (<https://asv-konstanz.de>) ist mit mehr als 300 Mitgliedern der grösste der ansässigen Fischereivereine. Sein Pachtgewässer reicht von der Schweizer Grenze (Linie Wasserschutzpolizei bis Gugelins Rheinhalde) bis weit in den Konstanzer Trichter hinein.

Auch die *Seerheinfischer Tägerwilen* (<https://www.seerheinfischer.ch>) besitzen eine eigene Fischpacht. Sie reicht vom Bach östlich Kuhhorn bis ca. 500 m rheinabwärts unterhalb der Bootswerft Krüger (Pfahl Fischereigrenze).

Der *Sportfischerverein Kreuzlingen* (<https://www.sfvk.ch/links/index.php>) zählt rund 150 Mitglieder. Sein Fischwasser reicht von der Landesgrenze Klein-Venedig an ostwärts und in den Konstanzer Trichter hinein.

Der *Fischereiverein Untersee* (<http://www.fischereiverein-untersee.ch/verein.html>) mit rund 150 Mitgliedern hat seinen Sitz in Ermatingen.

Der *Naturschutzbund Deutschland (NABU)* verwaltet seit Jahrzehnten die Naturschutzarbeit im Wollmatinger Ried. Das *Regierungspräsidium Freiburg* ist als zuständige Naturschutzbehörde verantwortlich für Inhalte und Ziele der Schutzgebietsverordnung sowie für deren Erhaltung. Die *BNL Freiburg* organisiert als Naturschutz-Fachbehörde zusammen mit NABU und Staatlichem Forstamt die Durchführung der Landschaftspflegemassnahmen. Im Auftrag der BNL mähen Landwirte jährlich etwa 130 ha Streuwiesen. Seit 1998 läuft auch ein Versuch zur Beweidung durch Schottische Hochlandrinder. Die Futterwiesen im Osten des Gebiets wurden an einen Landwirt verpachtet.

Die *Pro Natura Thurgau* engagiert sich in vielen regionalen Naturschutzprogrammen und ist Patin verschiedener Gewässer, in denen sie sich auch insbesondere um den Schutz gefährdeter Fischarten kümmert. Im vorliegenden Projekt tritt die Pro Natura als Mitinitiator auf. Allfällige Fördermassnahmen zugunsten der Äschen werden mit ihr zusammen koordiniert und konzipiert. Ähnlich engagiert im Naturschutz arbeitet auch der *WWF Thurgau* eng mit Pro Natura zusammen.

Als weitere am Seerhein und in den angrenzenden Seebereichen involvierte Nutzer und Naturschützer sind noch zu nennen:

- Berufsfischer und Angelfischer mit Patenten bzw. Pachten im Seerhein, in der Konstanzer Bucht und im Untersee
- verschiedene Betreiber von Freizeitanlagen (Freibäder u.a.)
- Schiffwerften und Pächter von Schiffsanlegeplätzen und Stegen
- Wasserschutzpolizei und Schifffahrtsamt
- Kläranlage der Stadtwerke Konstanz
- BirdLife Schweiz

- Vogelwarte Sempach
- Max-Planck-Institut Möggingen.

Diese Aufzählung besitzt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Vor Beginn eines möglichen Massnahmenprogramms sollten alle weiteren Akteure recherchiert und vom Vorhaben informiert werden.



*Abb. 1.1: Der Seerhein mit seiner Hauptrinne und den Uferbänken auf dem Schweizer (links) und dem Deutschen Ufer (rechts). Blickrichtung West vom sog. «Schwanenhals» aus. Im intergrund das Wollmatinger Ried und die Insel Reichenau im Untersee. Foto: Rey.*

## 2 Der Seerhein

### 2.1 Entstehung und Geografie

Die gesamte Landschaft des Seerheins und seiner Umgebung liegt im Bereich des Molassebeckens, das sich bis zum Obermiozän während etwa 30 Millionen Jahren gebildet hatte (de.wikipedia.org/wiki/Seerhein). Das heutige Bodenseebecken entstand beim Rückzug des letzten Rheingletschers in der Würmkaltzeit. Im Bereich des heutigen Seerheins und westlich davon hatte sich ein Eisstausee gebildet, in dem umfangreiche Ablagerungen sogenannter «Beckentone» stattfand. Nach dem Ende der Würm-Kaltzeit (etwa 10'000 v. Chr.) lag der Bodenseespiegel noch etwa 10 Meter über dem heutigen Stand; danach erfolgte erst durch die Tiefenerosion des Hochrheins die Absenkung des Sees auf das heutige Niveau von ca. 395 m. Durch diese Absenkung fiel der Seeteil zwischen Obersee und Untersee trocken und bildete nur noch eine fliessende Verbindung zwischen den beiden Seeteilen. Der ehemalige Seestand zeigt sich heute noch im Seerhein durch typische Seeablagerungen von alter Seekreide, Schnegglisande, Elm und onkolithischem Krümelkalk. Die alten Beckentone unter der Sediment-Deckschicht haben am Seerhein eine Dicke von bis zu 13 Meter. [SCHMIDLE 1914]

Der Seerhein, die durchströmte Verbindung zwischen den beiden Bodenseeteilen Obersee und Untersee besitzt sowohl ein Einlauf- wie auch ein Auslauftrichter gebildet (Abb. 2.1, 2.3). Er beginnt als Seeabfluss im Konstanzer Trichter, der sich an der alten Konstanzer Rheinbrücke (Rhein-km 0) auf 130 m Breite zum Seerhein verengt. Auf Höhe des Konstanzer Stadtteils „Paradies“ mündet der Grenzbach, zugleich Landesgrenze zwischen Schweiz und Deutschland, die weiter rheinabwärts in Flussmitte verläuft (Abb. 2.1 a). Etwas nördlich des Grenzverlaufs hat sich eine ausgeprägte Flussschlinge entwickelt, der sogenannte Schwanenhals, an dem der Seerhein aus fast 26 m Tiefe bis in rund 4 m Tiefe auftaucht, um erst hinter dem «Kuhhorn» (oder Chuehorn) wieder seine normale Tiefenrinne ausbildet (Abb. 2.1 c und d).

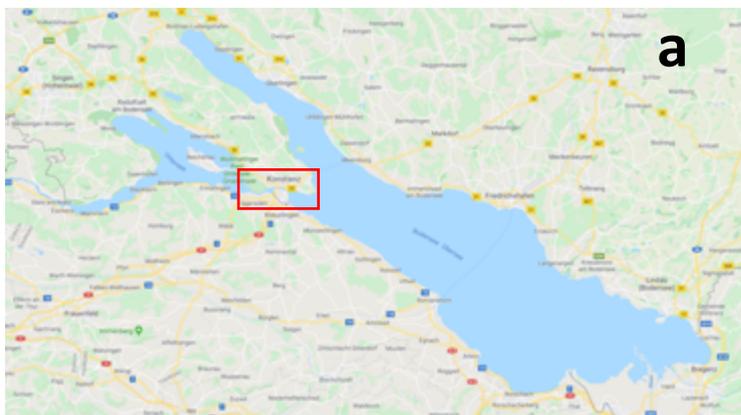
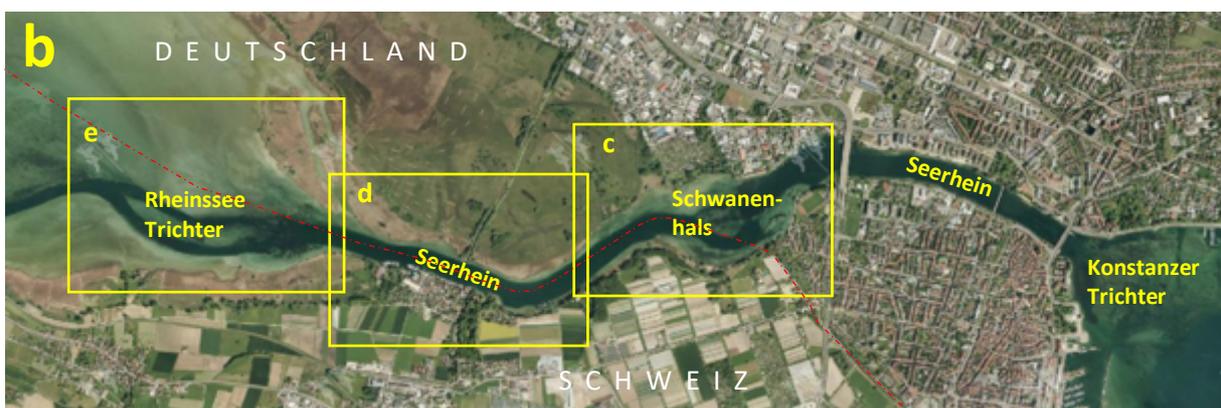


Abb. 2.1: Der Seerhein verbindet die beiden Seeteile Bodensee-Obersee und Bodensee-Untersee miteinander. Etwa ab der Mitte seiner Fließlänge bildet er zugleich den Grenzfluss zwischen der Schweiz und Deutschland. Quellen: map.geo.admin.ch, GoogleMaps.

Der Schweizerische Teil des Seerheins wird in den Karten 2.1. c, d, und e (folgende Seite) mit seinen Regionalen Ortsbezeichnungen und früheren Fanggründen genauer vorgestellt.





Auf Höhe der alten Cholhütte unterhalb von Gottlieben beginnt der Mündungstrichter des Seerheins in den Untersee. Noch bis Ermatingen hat der Rhein eine ausgeprägte Rinne ins Seesediment eingeschnitten und damit einen «Rheinsee» gebildet, der sich über rund einen Kilometer Länge noch einmal in zwei Arme aufteilt, den «Alten Rii» und den nördlich davon verlaufenden «Neuen Rii» (Abb. 2.1 c). Hinter Ermatingen ist der Rheinverlauf im See nur noch zu erahnen. Morphologisch endet der Rheinsee zwar mit seiner «sichtbaren» Rinne, geografisch zählt die gesamte Verbindungsstrecke am Schweizer Unterseeufer zwischen Gottlieben-Chöpfl und dem Beginn des Seeabflusses bei Eschenz zu diesem Seeteil.

In den Abb. 2.1. c-d sind auch die Namen der verschiedenen Ortslagen aufgeführt, die recherchierbar waren. Dabei fallen die vielen mit der Endung -fach versehenen Namen auf, welche die offenbar festgelegten Stellen für die Aufstellung der «Fache», der v-förmig exponierten Fanggeräte (Leitblätter mit Reusen) der Berufsfischer bezeichnen. Abb. 2.2 verdeutlicht, dass an zwei Stellen die Migrationswege der Seerheinfische vom Untersee in den Obersee und Seerhein nahezu ganz abgesperrt waren. Nach Angaben alter Fischer wurden auf diese Weise vor allem Gangfische, aber auch die Äschen gefangen.

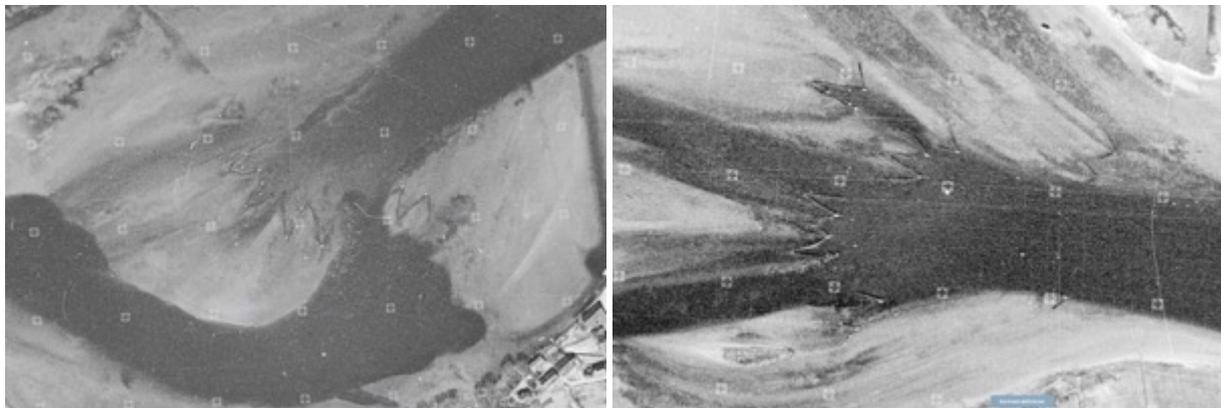


Abb. 2.2: Auf dem Orthofoto aus dem Jahre 1935 sind die aufgestellten riesigen v-förmigen Leitblätter der «Fachen» der Berufsfischer im Schwanenhals (links) und im oberen Rheinsee (rechts) gut zu erkennen. Quelle: [www.map.geo.admin.ch](http://www.map.geo.admin.ch) (Luftbilder Swisstopo s/w).

## 2.2 Rinnen, Schwellen und Wassertiefen

Die bereits in den Abbildungen 2.1 c-d erkennbaren, unterschiedlichen Wassertiefen im Seerhein und den daran anschliessenden Seebereichen wurden im Projekt «Tiefenschärfe» (<https://m.igkb.org>) vor einigen Jahren noch einmal genauestens vermessen. Auf der daraus ableitbaren Tiefenkarte (Abb. 2.3) ist deutlich zu erkennen, dass der Konstanzer Trichter eine flachgründige Schwelle von 1,5 bis 4 m Tiefe (abhängig vom Seestand) für den Seeabfluss bildet. Der darauffolgende Konstanzer Teil des Seerheins verläuft zunächst in einer rund 8 m tiefen Rinne mit trapezförmigem Querschnitt und überwiegend verbauten Uferkanten, bevor sich der Fluss auf Höhe der Neuen Rheinbrücke deutlich verbreitert, Flachufer ausbildet und einen über 26 m tiefen Kolk ausgegraben hat (Stromeyersdorfer Loch). Danach geht er in den bis über 500 m breiten s-förmigen Schwanenhals über, wo er erneut eine zweite, seichtere Schwelle überwinden muss. Ab der Rinne unterhalb des Kuhhorns werden wieder regelmässig Wassertiefen von über 10 m erreicht. Rechtsseitig laufen die Ufer flach in den Schilfgürtel des Wolmatinger Riedes aus, das linke Ufer ist vor Gottlieben mit Ufermauern gesichert. Im Bereich Rheinbiegung am Streuwis oberhalb Gottlieben befindet sich ein zweiter über 25 m tiefer Kolk (Gottlieber Loch). Hinter Gottlieben zieht sich zunächst die Tiefenrinne gleichförmig fort, allerdings öffnet sich das Ufer nun auch linksseitig zum Ermatinger Ried. Unterhalb des «Chöpfl» hebt sich die dritte und letzte Schwelle aus dem Seegrund (Rheinseeschwelle) und führt den Rhein über einen rund 500 m langen und 300 m breiten Kiesrücken, der in beiden Richtungen in die Tiefe ausläuft.



Abb. 2.3: Tiefenrelief des Seerheins mit angrenzenden Seeteilen. Die neuesten Vermessungen des Seebodens im Rahmen des Projekts «Tiefenschärfe» (<https://m.igkb.org>) zeigen zwischen dem Seeabfluss und dem Mündungstrichter eine Folge grossräumiger Perioden (Schwellen-Kolk-Wechsel) mit unterschiedlich tiefen Rinnen und unterschiedlich breiten Flachwasserbereichen.

### Der Flussgrund des Seerheins

Das linke Rheinufer bei Konstanz wird durch eine stark erodierte Moräne der Würmeiszeit gebildet. SCHMIDLE 1914 (in BRUMM et al. 1998) schreibt über die sich nach Westen hin anschliessende „Konstanzer Ebene“: „Zu oberst liegen Rheinsande und Torf, darunter überall Kalksande mit einer Unmenge, oft bis zur Unkenntlichkeit mumifizierter Schneckenschalen (Schnecksand oder Schnegglisand). ... Darunter folgt dann ein ausserordentlich feiner blauer Ton. Er besteht aus dünnen Schichten, die durch papierdicke Sandlagen getrennt sind, deshalb hat er den Namen Bänderton erhalten. Nach oben hört die Bänderung auf, der blaue Ton wird gelb - eine Verwitterungserscheinung...“

Dieser geologische Aufbau gilt im Wesentlichen auch für die Stromsohle des Seerheins. MÖRIKOFER (1853) beschreibt ihn als eine weiche Rinne ohne Felsen, Vorsprünge und ohne Gerölle, mit Sedimenten aus weichem Sand auf tonigem Grund. Wenn hier auch die Torfe fehlen und Rheinsande, Schnecklisande und teilweise auch vom Menschen eingebrachtes Material die Sedimentdeckschicht bilden, trifft man stellenweise bereits in weniger als 50 cm Sedimenttiefe auf Tonschichten. Nach Aussage von Brumm et al. 1998 sind die Tonschichten im Untergrund der Seerheinsohle bis zu 25 m mächtig (z. B. vor dem ehem. Areal Herosé).

Über die Deckschicht der Rheinsedimente berichtet auch schon LAUTERBORN (1916): „Am Boden fehlt eine Geschiebeführung völlig. Dafür liegen hier, neben Schnegglisanden und stellenweise zähem Schlack, zahlreiche meist nuss- bis apfelgrosse kalkinkrustierte Gerölle, die sich oft zu ganzen Bänken häufen. Die dicken, tuffartigen, porösen Kalkkrusten sind phytogenen Ursprungs: sie werden teils von Moosen ... , teils durch Cyanophyceen ... abgeschieden“. Die Schnegglisande bezeichnet Lauterborn (1916) weiter als: „...sehr eigenartige Uferablagerungen organischen Ursprungs... die meist um ein Schneckengehäuse als Kern von kalkabscheidenden Algen der Gattungen *Schizothrix*, *Calothrix*, *Plectonema*, *Gongrosira* etc. in konzentrischen Schichten abgelagert werden. Diese Schnecklisande bilden im seichten Wasser weite Geröllbänke und ganze Inseln, die im Winter meist trockenfallen. Sie haben einen wichtigen Anteil an der ausgedehnten Verlandung zwischen dem Ober- und Untersee...“

Trotz dieser als sehr feinkörnig, sandig-tonig beschriebenen Seerheinsohle trifft man heute in vielen seichteren und gut durchströmten Bereichen auf eine Sohlen-Deckschicht aus rundgeschliffenem Seekies (überwiegend Grobkies), die in der Arbeit von Brumm et al. (1998) präzise beschrieben, in seiner Zusammensetzung analysiert und lokalisiert wurde. Gegenüber den Untersuchungsergebnissen vor 20 Jahren hat sich bis heute in der Zusammensetzung des Sohlsubstrats nichts Grundlegendes geändert. Damals wie heute ist diese Kiesauflage von Muscheln der Gattung *Dreissena* (früher die

Zebrauschel *D. polymorpha*, seit 2017 überwiegend die Quaggamuschel *D. rostriformis*) dicht besiedelt und sekundär biogen kolmatiert (verfestigt, versiegelt) (Abb. 2.5).



Abb. 2.5: Vielen Substratflächen im Konstanzer Trichter und im Seerhein sind dicht oder wie auf diesem Bild lückenlos mit Muscheln der Gattung *Dreissena* bewachsen, die sich mit stabilen Byssusfäden am Untergrund festhalten und eine entsprechende Sohlenkolmation verursachen. Foto: Unger

## 2.3 Strömungen

Die Strömungen im Seerhein entstehen in erster Linie durch den Höhenunterschied von Obersee zu Untersee, die Rheinsohle selbst weist ein geringes Gefälle von unter 0,05‰ auf. Der Pegelunterschied zwischen Pegel Konstanz und der Landungsstelle Ermatingen lag bislang bei 0,272 m (BRUMM et al. 1998). Seit einigen Jahren kann eine deutliche Zunahme des Pegelunterschiedes um noch einmal fast 30 cm gemessen werden. Das Seenforschungsinstitut Langenargen führt dies auf einen Aufstau des Wasserspiegels im Konstanzer Trichter infolge eines ungewöhnlich starkes Wachstum der Laichkrautbestände von *Potamogeton helveticus* zurück (vgl. Abb. 5.13).

### **Strömungen im Konstanzer Trichter**

KIEFER (1972) gibt für die Konstanzer Bucht (oberhalb Trichter) Strömungsgeschwindigkeiten von rund 15 cm/s an. Im Konstanzer Trichter selbst oberhalb der alten Rheinbrücke wurden im Sommer 2019 bei Pegelständen über 3,5 m (Pegel Konstanz) Fliessgeschwindigkeiten von über 1,2 m/s gemessen. In solchen Fällen reicht die Strömungswurzel (Beginn der sich beschleunigenden Abflussströmung) auch uferseits bis über den Yachthafen Konstanz hinaus. Entlang der Seepromenade befinden sich fast ganzjährig ausgeprägte Strömungsrinnen über kiesigem Seegrund. Bei höherem Wasserstand ist auch der «Schwanengraben» hinter der Konstanzer Klosterinsel ein kräftig strömender Kanal (Abb. 2.6).



Abb. 2.6: links: Strömungsabriss im zum Hinterwasser eines Rondells an der Konstanzer Seepromenade. Rechts: der kräftig durchflossene Schwanengraben hinter der Klosterinsel in Konstanz.

### **Strömungen im Seerhein**

Die Strömungsverhältnisse im Seerhein verändern sich mit dem Wechsel der Abflusshöhen und den Vegetationsperioden der Wasserpflanzen stark. Der Rhein kann sich dabei von einem stark durchströmten Fluss im Sommerhalbjahr in einen träge dahinfließenden im Winterhalbjahr verwandeln. Hohe Fliessgeschwindigkeiten werden deshalb immer nur bei Pegelständen über ca. 4 m (Pegel Konstanz) erreicht. KIEFER (1972) nennt für die Schifffahrtsrinne des Seerheins (gemessen auf Höhe Gottlieben) Fliessgeschwindigkeiten bis zu 1,29 m/s und vor Ermatingen noch immer rund 0,3 m/s. Diese Grössenordnungen werden von SCHRÖDER (1974) für den Bereich von Gottlieben stromabwärts weitgehend bestätigt. An der Eintrittsstelle des Rheins bei Gottlieben (Rheinseetrichter) wurden mit 0,42 m/s die höchsten Fliessgeschwindigkeiten gemessen, die bis zum Anleger Ermatingen nur unerheblich abnahmen. Besonders im Flachwassergebiet des Ermatingerbeckens bestehen flussähnliche Verhältnisse, aber auch noch hinter Ermatingen und sogar südlich der Insel Reichenau in 5 und 10 m Tiefe konnten Fliessgeschwindigkeiten von regelmässig über 0,14 m/s die «*treibende Kraft des Rheins*» erkennen lassen.

Schröder (1974) geht auch davon aus, dass diese Fliessgeschwindigkeiten im oberen und mittleren Rheinsee die durchschnittliche Durchströmung des Rheinsees repräsentieren und bei Hochwasser sicherlich noch erheblich höher sind. Die Schubkraft des Rheins wird von ihm bei seiner gesamten Passage durch den Untersee als so gross angegeben, dass jene des Windes sich nur auf die obersten 10 bis 20 cm auswirken kann.

In vielen Luftbildern des Seerheins und der angrenzenden Seebereiche können in seichteren Bereichen Streifen auf der Flusssohle erkannt werden (Abb. 2.7 a&b), die sich in Strömungsrichtung ausbilden. Nach TAMBURRINO & GULLIVER (2007) handelt es sich dabei um Streifenmusterbildungen, die durch sog. «*large-scale eddies*» zustande kommen, das sind grossräumige Wirbelstrukturen, die man mit Methoden der Velocimetrie sichtbar machen kann. Gegendrehende Strömungswirbel wirken vor allem an flachgründigen Abschnitten direkt auf den Untergrund und sortieren dort das Substrat in Streifen, die je nach Drehrichtung des Wirbels unterschiedliche Körnung haben können (*high flow streaks* und *low flow streaks*).



Abb. 2.7a: Der Konstanzer Trichter - Seeabfluss des Bodensee-Obersees; nach der alten Rheinbrücke beginnt der eigentliche Seerhein (oben links im Bild). Deutlich erkennbar sind aus dieser Aufnahme Strömungsstreifen, welche die durch Wirbelströmungen entstandenen streifenförmigen Substratsortierungen (*streaks*) dokumentieren. Quelle: GoogleEarth, Aufnahme vom 04.07.2006.



Abb. 2.7b: Dieselben Strömungsstreifen (streaks) findet man an mehreren Stellen im Seerhein – auch abseits der Hauptströmung. Hier, ca 150 m unterhalb des «Chöpflis» an der Rheinseeschwelle lässt sich so deutlich ein Strömungsverlauf auf der flachen Uferbank erkennen, der in die Hauptströmung zurückführt. Die Streifen hören in der Regel auf, wenn das Wasser tiefer wird.

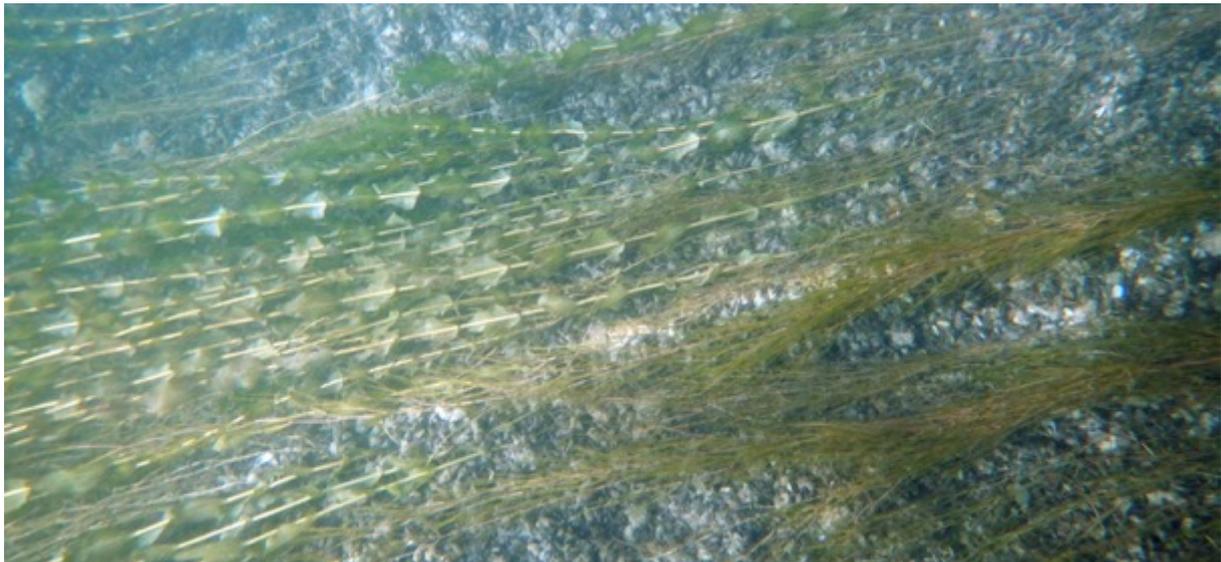


Abb. 2.7c: Zusätzlich zu den Strömungsstreifen auf dem Substrat zeigt auch die Ausrichtung der langstieligen Makrophytenarten während der Vegetationsperiode die Sohlennahe Strömung an (hier ein Foto von der Rheinseeschwelle).

Wir gehen davon aus, dass es sich im Seerhein und den flachgründigen und gut überströmten Bereichen des Konstanzer Trichters und des Rheinsees auch um solche «streaks» handelt. In jedem Fall kann man davon ausgehen, dass auf Flächen, auf denen entsprechende Strömungsstreifen sichtbar sind, eine überwiegend gute Überströmung der Sohle vorliegt. Führen diese Streifen über kiesigen Grund, so kann dies auch ein erster Hinweis darauf sein, die sich die entsprechenden Flächen prinzipiell als Laichareale für kieslaichende Fischarten eignen.

Neben den Strömungsstreifen auf dem Substrat sind auch die in Strömungsrichtung liegenden Stängel der Wasserpflanzen ein guter Hinweis auf sohlennahe Strömungen (Abb. 2.7c).

## 3 Die Äsche im Seerhein

---

### 3.1 Schutzstatus und Fangregularien

#### *Gefährdungsstatus und Fangregularien*

Nach der Roten Liste Schweiz, Stand 2007, wird die Äsche noch mit Gefährdungsgrad «verletzlich» geführt. Dieser Status wurde im Oktober 2019 auf «stark gefährdet» korrigiert. Diese Abänderung ist allerdings noch bis Anfang 2020 in der Vernehmlassung.

In der Schweiz ist der Fang auf Äschen bisher in der Zeit vom 1. Februar bis 30. April verboten. Das Fangmass ausserhalb dieser Zeiten beträgt 30 cm. Da sich die Äschen- und Forellenbestände des Rheins seit dem Hitzesommer 2018 nicht erholt haben, besteht im Rhein ein am 1. Oktober 2018 verhängtes generelles Fangverbot weiter und wurde vorerst bis zum 30. September 2020 verlängert.

Nach einer Revision der Unterseefischereiordnung ist bis auf Weiteres der Fang von Äschen darüber hinaus im gesamten Untersee und Rheinsee (D und CH) sowie im Schweizer Abschnitt des Seerheins verboten.

Auch in Baden-Württemberg ist die Äsche als «stark gefährdet» eingestuft, zugleich wird sie als Fischart aus Anhang V der der FFH-Richtlinie deklariert. Seit 1998 gilt auf deutscher Seite für die Äsche von der alten Rheinbrücke abwärts (Pachtgewässer des ASV Konstanz) ein Fangmoratorium. Die frühere Schonzeit vom 1. Februar bis 30. April und das Schonmass von 30 cm gelten nur noch ausserhalb dieser Grenzen (z. B. in der Konstanzer Bucht).

### 3.2 Entwicklung der Äschenbestände

#### *Historische Äschenbestände des Seerheins und deren Nutzung*

Äschen zählten im Rhein seit jeher zu den «besseren» Speisefischen, lagen in ihrer Beliebtheit aber stets hinter den Bach- und Seeforellen. Sie wurden früher offenbar schon im ersten Jahr als sogenannte «Kresslinge» oder «Sprenzlinge» und im zweiten Jahr als «Knäbli» oder «Iser» fischereilich genutzt. (KLUNZINGER 1881, MANGOLT 1557). Bis in die 1950er-Jahre wurden Äschen im Seerhein unter anderem mit sog. «Fachen» gefangen (vgl. Abb. 2.2).

Nach BLOCH (in KLUNZINGER 1881) «...wird Aeschenfett vom Volk gegen Blatternarben, Hautflecken und andere Hautkrankheiten gebraucht, nach DR. RUEFF wird es in Württemberg gegen periodische Augenentzündung oder Mondblindheit der Pferde angewendet...»

Die Äsche war noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts ein häufiger Fisch in den Mündungsbereichen der grösseren Bodenseezuflüsse. Von wirklich hohen Beständen, die auch eine entsprechende wirtschaftliche Bedeutung für die Berufsfischerei hatten, wird immer nur aus dem Konstanzer Trichter, dem Seerhein und vor allem dem Hochrhein zwischen Eschenz und Schaffhausen berichtet.

Im Bodensee kommt die Äsche nach RAPP (1853) «mehr bei Konstanz als auf württembergischem Gebiete vor». VON DEM BORNE (1881) berichtet: «Zwischen dem Ober- und Untersee ist eine sehr gute Fischerei; es kommen vor: Forellen, häufig Äschen, am häufigsten Barben, (dann) Barsche, Döbeln (Alet), Nasen, Quappen, Karpfen, sehr selten Aale und Welse, Krebse zahlreich, Seeforellen sind häufig. ... Vom Untersee bis Schaffhausen sind Äsche, Barbe, Döbel, Flussneunauge, Seeforelle, Krebs häufig...». Hinsichtlich der Reproduktionsgebiete ergänzt er: «Die Äsche ist am häufigsten bei Konstanz und bei Überlingen. Sie laicht in starkströmendem Wasser auf reinem, feinkörnigem Kiesgrund, wo das Wasser nur wenige Fuss tief ist. Die Hauptlaichstellen sind bei Konstanz, am Paradies, am Stiege (gemeint ist wahrscheinlich eine Lokalität im Untersee bei Öhningen) und bei Stein...».

Auch nach LAUTERBORN (1916) kamen Äschen neben dem «Schaffhauser Rhein» vor allem im Seerhein vor, wo sie ihre Laichgruben an seichten Uferstellen anlegten. Grössere Laichgebiete der Äsche werden auch für die Konstanzer Bucht angegeben. Ende des 19. Jahrhunderts befanden sich die Äschenlaichplätze im Seerhein im sogenannten Rheinknie (auch Schwanenhals) zwischen dem Konstanzer Ortsteil Paradies, dem Kuhhorn und dem Ufer beim Naturfreundehaus westlich der «Bleiche» (historische Angaben in BRUMM et al. 1998). Nach Aussagen von Mitgliedern des ASV Konstanz konnte man noch in den 1990er-Jahren zwischen der sog. Sommerrinne und der Winterrinne Äschen beim Ablichten beobachten (LANG, mündl. Mitt.).

### **Frühe Anzeichen eines Äschenrückgangs und Äschenbewirtschaftung**

Für das letzte Drittel des 19. Jahrhunderts wird bereits über einen Rückgang der Fischbestände berichtet: «...ist die Klage über den Rückgang der Fischerei auch bei uns gross und einstimmig; sie bezieht sich indess nur auf die sogen. Edelfische, vor allem die Forelle, und etwa noch auf die Aesche, die Treische, den Rothfisch, den Schiel, zum Theil auch den Hecht und Karpfen.» (Klunzinger 1881). Der Autor macht dafür vor allem andere Fische verantwortlich: «... aber auch die Aeschen und Forellen, welche alle sogar ihre eigene Brut verzehren, von kleineren Fischen die besonders der Forellenbrut schädlichen Gruppen...»

VON DEM BORNE (1881) sucht bereits konkrete Ursachen für den Äschenrückgang in der modernen Gewässerbutzung: «...Die Äsche hat sich sehr vermindert, weil durch Dampfschiffahrt viel Eier verdorben werden...».

Durch die ersten grösseren Eutrophierungsphänomene, die bereits Mitte der 1950er-Jahre auftraten, wurde die Qualität der Äschenlaichplätze negativ beeinflusst (KRIEGSMANN 1955 in DEUFEL et al. 1986). Bis 1986 (DEUFEL ET AL. 1986 in BRUMM et al. 1998) hatte sich die Situation weiter verschlechtert und in der Konstanzer Bucht zum Verschwinden von Laichplätzen geführt. Diese weitere negative Entwicklung führen sie auf Uferverbauungen, starke Beeinträchtigungen des Uferbereichs durch die Schifffahrt und örtliche Abwassereinleitungen zurück.

### **Geschichte der Äschenbewirtschaftung**

Während VON DEM BORNE (1881) für die Äschen im Rhein Bewirtschaftungsmassnahmen fordert «...Deshalb ist möglichst forcierte künstliche Züchtung dringend zu wünschen...», berichtet Klunzinger im selben Jahr über ebensolche: «... Eine künstliche Fischzuchtanstalt befindet sich in der Nähe der Argenmündung, in einem kleinen, ca. 1 km langen Quellwasser, eine Filiale der grossen Brutanstalt Radolfzell. Hier wurden Winter 1878/79 auf Veranlassung des deutschen Fischereivereins mehrere Tausend kalifornische Lachsforellen, Bachforellen, Aeschen, Rothforellen, Aale eingesetzt. Bei dem grossen Wasserstand in dem darauf folgenden Sommer zogen sie in den Bodensee über...»

Auf der Schweizer Seite des «Schwanenhalses» im Seerhein wurde Ende des 19. Jahrhunderts Äschenlaichfischfang mit dem Zugnetz durchgeführt (LEIB, mündl., zitiert in BRUMM et al. 1998).

Solange es im Seerhein noch möglich war, wurde in der Fischbrutanlage des ASV Konstanz ein autochthoner Äschenstamm erbrütet, vorgestreckt und im Seerhein besetzt. Die Laichfische wurden von Herrn Leib, dem einzigen noch aktiven Berufsfischer im deutschen Teil des Seerheins gefangen (im Bereich Gugelins Rheinhalde und im Konstanzer Trichter). Seit die Äschenlaichfische ausbleiben, erfolgt der Besatz mit zugekauften Jungfischen (ca. 5000 Ind./pro Jahr) aus der Fischbrutanlage Langenargen (Rheinstamm). Über den Erfolg dieser Besatzmassnahmen im Vergleich zur Naturverlaichung ist bisher nichts bekannt.

### **Aktuelle Reproduktionsflächen und Äschenvorkommen**

Noch vor etwas mehr als 30 Jahren wurden die Hauptlaichplätze der Äschen am Auslauf des Rheins aus dem Bodensee bei Stein am Rhein und vor der Halbinsel Höri bis in den Zeller See hinein verortet. Auch im Flachwasserbereich vor der Halbinsel Mettnau in Richtung Insel Reichenau war noch früher

ein Laichgebiet, das damals bereits nicht mehr funktionierte. Als weitere bedeutende Laichgebiete werden die Konstanzer Bucht und der Seerhein genannt (DEUFEL et al. 1986).

Ältere Fischer haben uns berichtet, dass noch bis in die 1980er-Jahre hinein Äschenlaichplätze im Konstanzer Trichter sowie im Schwanengraben hinter der Klosterinsel häufig waren. Aber auch noch auf den Flächen zwischen der Sommer- und Winterrinne der Rheinschifffahrt im Schwanenhals konnten zu dieser Zeit noch einzelne Äschen beim Laichen beobachtet werden. Ähnliche Berichte gibt es auch von Schweizer Seite über die linke Uferbank oberhalb des Kuhhorns.

Die letzte umfangreiche Untersuchung zur Reproduktion der Äschen im Bereich des Seerheins, die solche Aussagen teilweise bestätigen konnten, wurde zwischen 1994 und 1997 vom ASV Konstanz lanciert (BRUMM et al. 1998). Die Untersuchungen fanden zwischen dem Wohnstift Rosenau an der Seestrasse (Konstanzer Trichter) und dem Kuhhorn vor Tägerwilen statt. Über die weiter rheinabwärts auf Thurgauer Seite liegenden Bereiche gibt es keine aktuelleren Informationen. Im Rahmen dieser umfassenden Arbeit, in der auch die anderen Fischarten des Seerheins untersucht wurden, wurden auch sehr genaue Untersuchungen über die Lage und Qualität der damals noch gefundenen Äschenlaichplätze durchgeführt. Alle nachgewiesenen Äschenlaichplätze lagen 1994-97 im Konstanzer Trichter (Abb. 3.1).



Abb. 3.1: Verortung der mündlich von verschiedenen Fischern berichteten (bis ca. 1990) und der nachgewiesenen/kontrollierten Äschenlaichplätze im Konstanzer Trichter und im Seerhein (Brumm et al. 1998 =schraffierte Flächen; Lang & Kramer 2011, unveröff., sowie Lang, mündl. Mitt. = gelbe Flächen). Hintergrundbilder: Open Street Map; Tiefenschärfe ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)).

Im Jahr 2011 wurden noch einmal die aktuellen Reproduktionsflächen im Rahmen einer Kontrolluntersuchung aufgenommen (LANG & KRAMER, unveröff.). Erneut konnten Laichgruben und ablaichende Äschen im Konstanzer Trichter gefunden werden (Abb. 3.1, 3.2). Auf Laichgruben, aber nicht auf Laichfische, traf man seit 2011 fast in jedem Jahr vor der Uferpromenade im Konstanzer Trichter. Auf denselben Flächen findet auch immer wieder zwischen November und Januar Laichgruben, die aller Wahrscheinlichkeit nach von Seeforellen stammen. Beobachtungen von Äschen ausserhalb der Laichzeit wurden von verschiedenen Angelfischern des ASV Konstanz gemacht (gesammelt von LANG). Zu regelmässigen Äschenfängen kommt es noch an tiefen Stellen im Konstanzer Trichter; hier gilt noch kein Fangverbot ausserhalb der Schonzeit. Hin und wieder gehen auch Äschen im Seerhein selbst an den Haken (vor allem an die Felchen-«Hegene») und werden wieder freigelassen. Im Bereich zwischen neuer Rheinbrücke und Bleiche wurden vor einigen Jahren kleine Gruppen von Äschen-Jungfischen beobachtet, die wahrscheinlich im Trichter geschlüpft und über den Seerhein verdriftet wurden. Adulte Äschen können aktuell auch regelmässig von der alten Rheinbrücke aus zwischen den Wasserpflanzenbüscheln beobachtet werden. In den Hitzesommern 2003 und 2018 trieben verendete Äschen im Seerhein. Im Jahr 2003 wurden knapp hundert tote oder stark geschwächte, meist grosse Individuen bis über 40 cm Länge geborgen. 2018 waren es nur wenige Tiere.

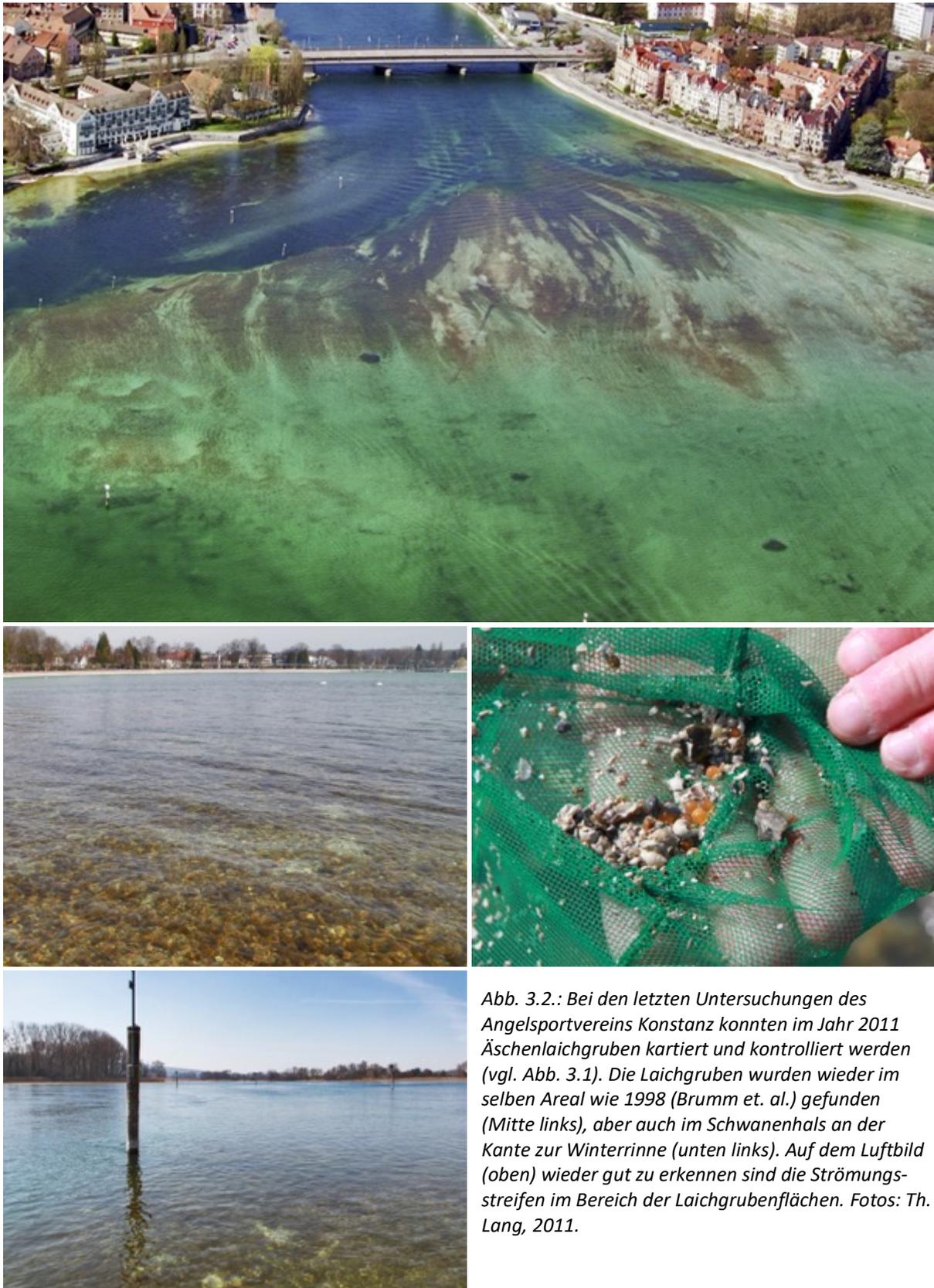


Abb. 3.2.: Bei den letzten Untersuchungen des Angelsportvereins Konstanz konnten im Jahr 2011 Äschenlaichgruben kartiert und kontrolliert werden (vgl. Abb. 3.1). Die Laichgruben wurden wieder im selben Areal wie 1998 (Brumm et. al.) gefunden (Mitte links), aber auch im Schwanenhals an der Kante zur Winterrinne (unten links). Auf dem Luftbild (oben) wieder gut zu erkennen sind die Strömungsstreifen im Bereich der Laichgrubenflächen. Fotos: Th. Lang, 2011.

Bereits in der Arbeit von DEUFEL et al. (1986) wird auf eine abnehmende Qualität der bekannten Äschenlaichplätze verwiesen. In der Arbeit von Brumm et al. wird dieses Phänomen durch Untersuchungen der Nutzung von Laichplätzen bestätigt. Die wichtigsten Aussagen der Untersuchungen vom Brumm et al. (1998) werden in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. 3.1: Zusammenstellung wichtiger Informationen über die Äschen im Seerhein und im Konstanzer Trichter aus dem Jahre 1998 (Brumm et al. 1998).

Untersuchungsinhalt	Ergebnisse
Äschen-Laichzeit	15. März bis 19. April
Laichareale	Unmittelbar oberhalb der alten Konstanzer Rheinbrücke, 4 voneinander getrennte Laichareale mit maximal 9 Laichgruben (vgl. Abb. 3.1)
Wassertiefe der genutzten Laichareale	0,5 m – 0,9 m
Fliessgeschwindigkeiten über genutzten Laicharealen	0,46 m/s bis 0,52 m/s
Eizahlen pro Laichgrube	Portionen zwischen 8 und 230 Eier/Grube
Eizahlen pro Äschen-Rogner	3'700 bis 10'100 /Äsche Fekundität: 10'286 bis 14'429 Eier/kg Äschenrogen
Schlüpf- und Entwicklungszeit (Fischbrutanlage ASV KN)	Augenpunktstadium nach 21 Tagen (122 Tagesgrade) Schlupf im Mittel nach 31 Tagen (192 Tagesgrade) Erste Nahrungsaufnahme am 39. Tag (254 Tagesgrade)
Wachstum autochthon geschlüpfter Larven	Totallänge nach Schlupf: 10 Tage: 1,83 cm; 15 Tage: 1,89 cm; 23 Tage: 2,19 cm; 30 Tage: 3,15 cm. Jungfisch-Wildfänge: nach 3 Monaten: 9,5 – 9,8 cm.
Äschenwachstum Adult	Ende 1. Jahr: 13-14 cm Ende 2. Jahr: 33,9 cm Ende 3. Jahr: 39,4 cm Ende 4. Jahr: 44,4 cm Ende 6. Jahr: 46,0 cm
Geschlechtsreife	Äschen im Konstanzer Trichter und Seerhein werden bereits im Alter von 1+ und 2+ geschlechtsreif, Milchner reifen vor den Rognern
Anmerkungen	Seit 1941 sind die Wasserstände zur Äschenlaichzeit zurückgegangen, was als eine der möglichen Ursachen für den Äschenrückgang angenommen wird

### **Äschensterben zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen sowie Konsequenzen für den Seerhein**

Nach KIRCHHOFER & GUTHRUF (2002) lebte im Hochrhein zwischen Stein und dem Kraftwerk Schaffhausen noch vor knapp 20 Jahren die mit Abstand bedeutendste Äschenpopulation Mitteleuropas mit einem mittleren jährlichen Fangertrag von über 18'000 Fischen. Neben anderen Populationen wurde sie zur «Äschenpopulation von nationaler Bedeutung» erhoben und stand danach noch mehr als zuvor im Fokus von Fischerei und Artenschutzinteressen.

Im Hitzesommer 2003 kam es hier zu einem grossen Äschensterben. In einem Zeitraum von gut anderthalb Wochen mussten knapp 40'000 Tiere eingesammelt und entsorgt werden. Gesamthaft schätzte man inklusive der geschätzten Dunkelziffer von 30 % den Ausfall auf 50'000 zum Grossteil adulte Äschen von über 30 cm (HERRMAN & GRÜNDLER 2003). Von diesem Ereignis hatte sich der Äschenbestand nicht mehr erholt, bis sich 2018 ein neues Äschensterben ereignete, bei dem ebenfalls Tausende Äschen verendeten. Beide Male waren die temperaturempfindlichen Fische durch eine längere Periode hoher Wassertemperaturen > 23°C vorgestresst, bevor diese weiter auf kritische und chronisch letale Werte von über 25°C, danach sogar über 27°C angestiegen sind.

Die Lehren, die aus dem Ereignis 2003 gezogen werden konnten (HERRMAN & GRÜNDLER 2003), führten dazu, dass 2018 gewisse Vorsorgemassnahmen getroffen werden konnten und an einigen Stellen auch Tausende von Äschen verschiedener Jahrgangsklassen überleben konnten (MOSBERGER & STOLL 2018). Die Beobachtungen 2003 und 2018 haben auch gezeigt, dass Äschen kühlere Bereiche im Fluss oder in benachbarten Seebereichen aufsuchen, wenn die Wassertemperaturen auf über 24°C bis 25°C ansteigen. Man war sich einig, dass Äschen bei hohen Wassertemperaturen kühlere Fluss- oder

Seebereiche (Zuflussmündungen, Thermoklinen und Bereiche mit Grundwasserexfiltrationen) erreichen müssen, um überleben zu können.

#### **Mögliche Analogien zwischen Hochrhein und Seerhein**

Was für den Hochrhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen gilt, gilt analog wahrscheinlich auch für den Seerhein. Auch hier haben in den beiden Hitzejahren 2003 und 2018 entsprechende Wassertemperaturen geherrscht. Dass am Seerhein deutlich weniger verendete Äschen gefunden wurden, kann mehrere Ursachen haben:

- viele Äschen konnten sich rechtzeitig in tiefere und kühlere Bereiche des Obersees und des Rheinsees zurückziehen.
- der Temperaturverlauf unterschied sich in den Spitzen so stark von demjenigen des Hochrheins, dass er nur für wenige Seerhein-Äschen letale Folgen hatte;
- die Äschenpopulation im Seerhein wurde in gleichem Masse geschädigt wie diejenige des Hochrheins, war/ist aber sehr viel individuenärmer;
- viele geschwächte Äschen wurden sofort Beute von Prädatoren.

### **3.4 Berücksichtigung weiterer Fischarten**

Der spezifische Abklärungs- und Massnahmenbedarf hinsichtlich der Äsche im Seerhein liefert ein ergänzendes Spektrum von Informationen zu anderen dort heimischen Fischarten, die vergleichbare Lebensraumpräferenzen zeigen. Dies steht in direktem Zusammenhang mit möglichen Fördermassnahmen zugunsten der Äsche. Es steht ausser Frage, dass sich die Lebensraumbedingungen der Äschen im Seerhein mit den zu erwartenden klimatischen Veränderungen künftig eher weiter verschlechtern werden. Daher sollten Fördermassnahmen so gewählt werden, dass sie letztlich auch anderen Fischarten – vor allem rheintypischen kieslaichenden Arten – von Nutzen sind.

Solche Synergien sehen wir vor allem für die Fischarten Barbe, Nase, Seeforelle, Alet (Döbel) und Hasel. Bis auf die Seeforelle handelt es sich dabei um Arten, die erfahrungsgemäss deutlich temperaturtoleranter sind als Äschen. Auch über diese Fischarten wurden bereits Informationen gesammelt (z. B. BRUMM et al. 1998). Dabei könnten zu laufenden Programmen auch Synergien gefunden werden, vor allem zum Förderprogramm der Bodensee-Nase, das seit 2018 von der AG Wanderfische der IBKF durchgeführt wird und zum Seeforellenprogramm der IBKF.

## 4 Lebensweise und Lebensraumanprüche der Äsche

---

### 4.1 Lebenszyklus und Lebensraumanforderungen

#### ***Vorkommen, Lebensraumoptima und Nahrung***

Die Äsche kommt vor allem in mittleren bis grossen Flüssen vor, die meist auch im Sommer kühl und sauerstoffreich bleiben. Typisch sind trübungsarme Gewässer von mindestens 5 m Breite, mit Kiesgrund und ausgedehnter flutender Wasservegetation. Die Art ist ausserordentlich empfindlich gegenüber hohen Temperaturen und Sauerstoffarmut.

Im Sommer hält sich die adulte Äsche in kleinen Gruppen bevorzugt in tiefen, kräftig und gleichmässig durchströmten Rinnen auf, ohne dabei an Deckungsstrukturen gebunden zu sein. Im Winter findet man die Äschen überwiegend in gut aber langsam durchströmten, tiefen Kolken und Rinnen. Als Nahrung dienen driftende Organismen, Benthosorganismen und Anflug.

#### ***Kurzbeschreibung der Teilhabitate:***

Für die spätere Abstimmung konkreter Massnahmen wird verwiesen auf die Arbeit «Fischökologisch funktionsfähige Strukturen in Fliessgewässern – Methodik zur Herleitung des notwendigen Massnahmenbedarfs zur Schaffung von funktionsfähigen Lebensräumen für die Fischfauna in den Gewässern Baden-Württembergs» (BECKER & ORTLEPP 2019). Die darin vorgestellten artspezifischen Anforderungen werden derzeit in der Landesstudie Fliessgewässer Baden-Württemberg angewendet. Die Äsche wird in diesem Programm als sogenannte «Fokusart» berücksichtigt.

Zur Laichzeit im Frühjahr führen Äschen oft längere Wanderungen zu den Laichplätzen durch. Die Laichareale bestehen aus kiesigem, kräftig überströmtem Substrat, in das die Weibchen ihre Eier ablegen, wobei sie gleichzeitig eine flache «Laichgrube» schlagen. Nach 3-5 Wochen schlüpfen die noch wenig schwimmfähigen Brütlinge, streben an die Wasseroberfläche und werden durch die Strömung in strömungsberuhigte Bereiche verdriftet. Mit zunehmender Grösse und Schwimmfähigkeit nutzen die heranwachsenden Juvenilen tiefere und strömungsreichere Habitate. In der Regel wandern junge Äschen allerdings nur kurze Strecken zwischen unterschiedlichen Teilhabitaten.

Adulte Äschen benötigen tiefe, gut durchströmte Rinnen, langsam durchströmte Kolke mit Deckungsstrukturen als Wintereinstände, gut überströmte Kiesflächen als Laichareale und strömungsarme Flachwasserbereiche für die Brütlinge. Breite Strömungs- und Tiefengradienten, wie sie sich entlang von flach abfallenden Kiesbänken finden, sind insbesondere für die juvenilen Äschen von grosser Bedeutung.

Wesentlich ist die gute Erreichbarkeit der verschiedenen Teilhabitate und damit die räumliche Nähe zueinander. Insbesondere die Brütlingshabitate müssen für die passiv verdriftenden jungen Brütlinge erreichbar sein.

#### ***Angaben zum Fischökotop:***

Als «Fischökotop» wird ein funktionsfähiger und zwischen seinen einzelnen Kompartimenten gut vernetzter Lebensraum einer Fischpopulation bezeichnet, in der alle Phasen ihres artspezifischen Lebenszyklus' ablaufen können. Die hydromorphologischen Ansprüche der Äsche sind in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus sehr unterschiedlich (Abb. 4.1). Da sich die benötigten Teilhabitate nur im Idealfall in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, kann man davon ausgehen, dass im Rahmen von Aufwertungsmassnahmen für Äschen Fischökotop-Grössen von ca. 2 km Fluss-Lauflänge berücksichtigt werden müssen. Äschen können allerdings auch grossräumige Wanderung von teilweise deutlich über 30 km durchführen. In solchen Fällen können die Reproduktions- und Jungfischhabitate entsprechend weit vom Adultstandort entfernt liegen. Äschenwanderungen finden sowohl flussauf- als auch flussabwärts statt.

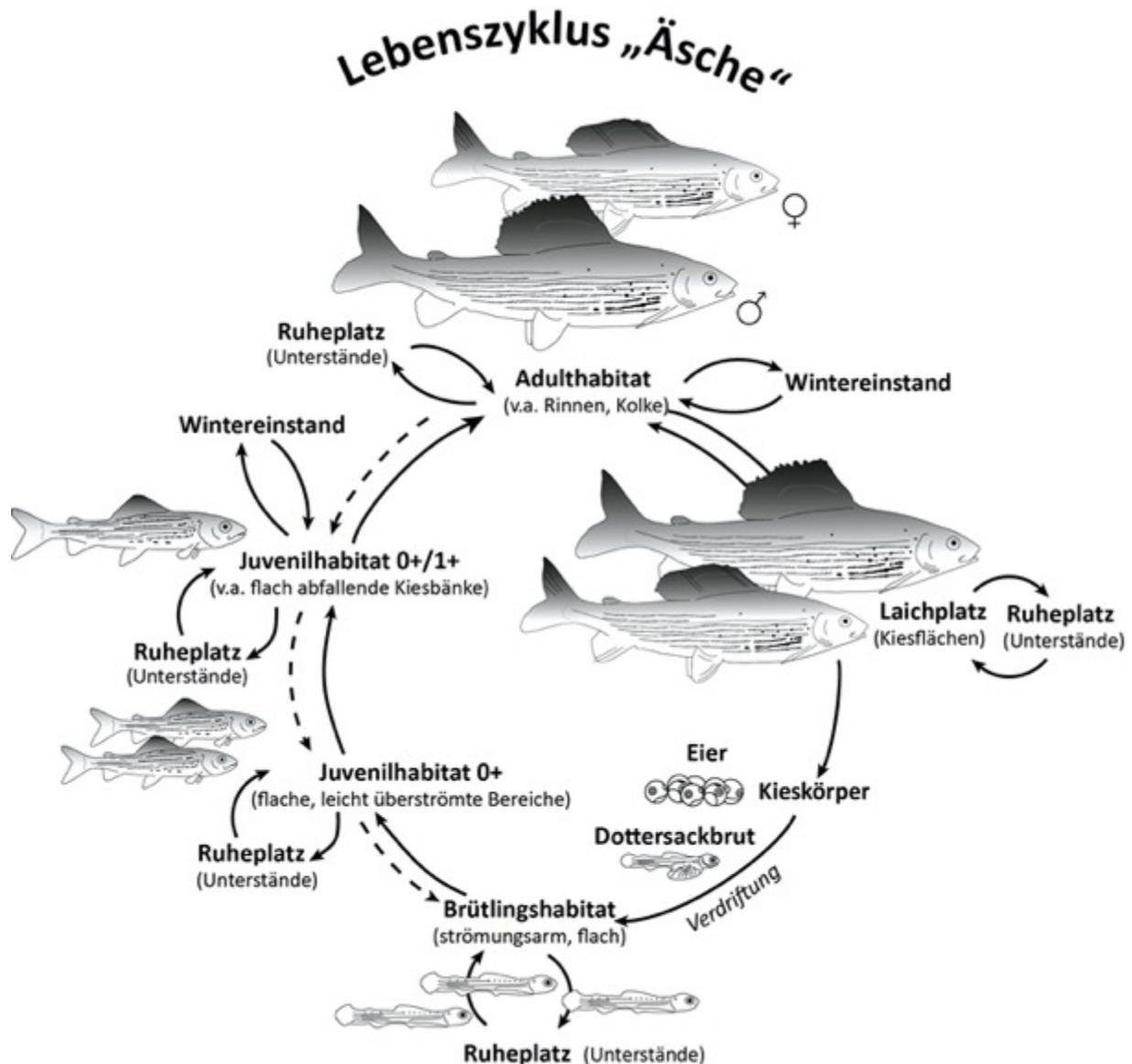


Abb. 4.1: Schematische Darstellung des Lebenszyklus der Äsche. Pfeile zeigen den Wechsel zwischen verschiedenen Teilhabitaten, gestrichelte Pfeile sollen seltener vorkommende Ortswechsel darstellen. Quelle: Becker & Ortlepp 2019, verändert.

### Seeabflüsse als spezielle Äschen-Lebensräume

Seeabflüsse wie der Konstanzer Trichter oder der Unterseeabfluss bei Stein am Rhein sowie die darauf folgenden Fluss-Kilometer sind als Äschen-Ökotope prädestiniert, weil sie alle funktionellen und strukturellen Eigenschaften besitzen, die Äschen für ihren Lebenszyklus brauchen.

- Zufluss von klarem Seewasser – wichtig für Äschen als Sichträger kleiner Nahrung;
- Zudrift von Planktonnahrung – Nahrungsgrundlage für alle Altersklassen von Äschen;
- geeignete Strömungsverhältnisse – relativ grosse, als Laichplätze geeignete Flächen;
- Konzentration von Seewasser in einem Trichter – das Wasser wird durch den Kieskörper «gedrückt» und garantiert so eine gute Durchlüftung des Laichsubstrats;
- ausgedehnte Flachuferbereiche – Äschenbrütlinge werden direkt nach dem Schlupf in geeignete Brütlingshabitate verdriftet.

## 5 Einflüsse auf den Seerhein und seinen Äschenbestand

---

DEUFEL et al. (1986) fassen die Faktoren zusammen, die sich bereits vor über 30 Jahren auf den Äschenbestand negativ ausgewirkt haben: «Nach Kriegsmann war bis Mitte der 50er Jahre bereits ein deutlicher Rückgang der Laichplatzqualität zu verzeichnen. Ursachen waren im wesentlichen Uferverbauungen, starke Beeinträchtigung des Uferbereichs durch die Schifffahrt und örtlich vermutlich auch Abwassereinleitungen; Faktoren, die den Äschenbestand negativ beeinflussen und gefährden (Bless, 1978). Die Qualität betrug nur noch 25 bis 50 % gegenüber früher und hat sich bis heute teilweise weiter verschlechtert. In der Konstanzer Bucht z. B. und im Gebiet vor der Halbinsel Mettnau bei Radolfzell sind Laichplätze teilweise ganz verschwunden. Das Laichgebiet vor der Halbinsel Höri, früher durchgehend, ist heute vielfach unterbrochen und somit verkleinert. Die Qualität liegt insgesamt unter 25 %, als Ursachen der weiteren Verschlechterung der Laichplätze sind im wesentlichen Eutrophierungsfolgen zu nennen. Nur im Auslauf des Sees ist die frühere Qualität (50 %) während der vergangenen Jahre etwa gleich geblieben. Möglicherweise sind hier – strömungsbedingt - die Lebensverhältnisse noch besser und auch geeigneter für die Larvenentwicklung. ...Die Fangergebnisse sind gegenüber früher kaum verändert, wahrscheinlich als Folge verstärkter Erbrütung und Vorstreckung...» BRUMM et al. (1998) greifen diese Faktoren auf, thematisieren darüber hinaus aber noch die Wassertemperaturen, sinkende Wasserspiegel und den Prädationsdruck durch Kormorane.

### 5.1 Wasserqualität

#### **Gereinigtes Abwasser**

Die Äsche gilt als sehr empfindlich gegenüber Gewässerverschmutzung (STEINMANN & BLESS 1994). Durch den qualitativen Gewässerschutz der 1970er- bis 1990er-Jahre und vor allem dank der umfassenden Massnahmen zur Reinhaltung des Bodensees – initiiert durch die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB, «Richtlinien zur Reinhaltung des Bodensees») konnten entscheidende Massnahmenprogramme gestartet werden wie der über fünf Milliarden Euro teure Ausbau von mehr als 200 Kläranlagen im gesamten Bodenseegebiet. Heute sind 99,7 % aller Haushalte im Einzugsgebiet des Bodensees an eine Kläranlage angeschlossen. Auch der Verzicht auf Phosphat in Waschmitteln war mit entscheidend dafür, dass seit Ende der 1980er-Jahre die Eutrophierung des Sees gebremst wurde und sich der See bis heute wieder erholen konnte ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)). Dieser hohe Anschlussgrad bedeutet aber auch, dass nun sehr viel gereinigtes Abwassers über Punktquellen in die Gewässer eingeleitet wird.

In den meisten Kläranlagen des Bearbeitungsgebietes Alpenrhein/Bodensee dominiert im mikrobiellen Reinigungsprozess (biologische Reinigungsstufe) die Denitrifikation; hierbei wird zwar mehr Stickstoff eliminiert und somit eine geringere  $N_{ges}$ -Fracht an den Vorfluter weiter gegeben als bei der Nitrifikation, aber es können vermehrt die fischtoxischen N-Verbindungen Ammoniak, Ammonium und Nitrit ins Gewässer gelangen (GÜDE et al. 2010). Die einzige grosse Einleitung vorgeklärter Abwässer im Seerhein ist die Zuleitung der Kläranlage Konstanz, die auf Höhe Gottlieben mündet. Die lange freie Laufstrecke zwischen Kläranlage und Rhein in einem offenen Kanal durchs Wollmatinger Ried führt wahrscheinlich zu einer natürlichen Elimination eines grossen Teils der verbleibenden Nährstoffe. Belastung des Einleitungswassers durch Standardparameter dürfte deshalb in der Regel nicht relevant sein.

#### **Mikroverunreinigungen und Biozide**

Viele Mikroverunreinigungen (Spurenstoffe, Arzneimittelrückstände, hormonaktive Substanzen u.a.) und Biozide (Rückstände von Insektiziden, Pflanzenschutzmitteln (PSM), Fungiziden und Giften) konnten bis anhin nicht oder nur in sehr geringem Masse von Kläranlagen zurückgehalten werden. Um deren ökotoxikologische Wirkungen auf die Fische zu untersuchen, wurde an der Schussen (und der Argen als Referenzgewässer) das Programm «SchussenAktiv» durchgeführt (TRIEBSKORN 2017). In der Schweiz wird die Forschung nach Vorkommen und Wirkung von Mikroverunreinigungen in den letzten Jahren ebenfalls stark vorangetrieben. Bei diesen Mikroverunreinigungen handelt es sich um völlig unterschied-

liche Stoffklassen, deren Wirkung nur einzeln in Laborversuchen getestet werden kann. Inwieweit festgestellte Schädigungen freilebender Fische auf die Wirkung unterschiedlicher Spurenstoffe zurückgeführt werden können, konnte bisher noch immer nicht eindeutig beantwortet werden. Viele der Forschungsarbeiten zu diesem Thema kommen zum Schluss, dass sowohl die Organfunktionen von Fischen als auch deren Fekundität unter dem Einfluss einzeln oder synergistisch wirkender Mikroverunreinigungen leidet. Für die Äsche als sensible Fischart könnten neue Stoffklassen aus vorgeklärten Abwässern auch im wieder «sauberen» Bodensee und Rhein somit zweifellos einen relevanten Einfluss haben.

Nach einer neuen Studie von YAMAMURO et al. (2019) hatten bestimmte Pflanzenschutzmittel – sogenannte Neonikotinoide – erhebliche negative Auswirkungen auf die Fischbestände des japanischen Shinji-Sees. Die Wirkung dieser Stoffklasse auf die Fische war nur langfristig erkennbar und verlief indirekt, indem durch das Insektizid innerhalb von 27 Jahren 83% der Fischnahrung (kleine Makrozoobenthosarten und Zooplankton) zerstört wurden. Ähnliche Szenarien könnten nach Expertenaussagen daher auch in der EU geschehen sein, wo der Einsatz des Stoffes erst seit 2018 verboten ist, sowie auch in der Schweiz. Die Neonikotinoide sind schon länger in der Kritik, weil sie neben Schädlingen auch nützlichen Insekten wie Bienen schaden.

### **Hygienische Belastungen und Keime**

Auch hygienische Belastungen können den Seerhein aus verschiedenen Quellen erreichen. Ihren Ursprung haben sie meist im Kanalsystem, in vorgeklärtem Abwasser, in Regenrückhaltebecken und der darauffolgenden Regenentlastung (GÜDE et al. 2010). Andere Faktoren für den Eintrag von Krankheitserregern (z. B. Badebetrieb u.a.) sind im Falle des Seerheins nach menschlichem Ermessen auszuschliessen. Bekannt ist, dass bei vielen Fischen durch Keime verursachte Dermalnekrosen auftreten können, wenn sie zuvor durch den Laichakt Verletzungen davongetragen haben oder von Prädatoren verletzt wurden. Bereiche auf der Fischhaut mit *Ulcertiver Dermalnekrose* (UDN) werden sekundär meist durch *Saprolegnia parasitica*, dem «Fischschimmel» aus der Gruppe der Oomyceten überwachsen. Letztlich kann dieser kombinierte Befall mit verschiedenen Keimen zum Tod des Fisches führen. Hohe Wassertemperaturen unterstützen das Keimwachstum.

### **PKD**

Die Proliferative Kidney Disease (PKD) ist eine chronisch verlaufende Parasiteninfektion bei Süsswasserfischen. Unter Fischzuchtbedingungen kann die Krankheit zu Abgängen bis zu 90 % führen. Ohne laufenden Untersuchungen vorzugreifen, liegt sie im Freiland tiefer, aber zumindest wohl bei 10-15 % der Individuen einer Population. Ausbrüche wurden bisher bei *Oncorhynchus*-Arten inklusive Regenbogenforellen, Bachforellen, Bach- und Seesaiblingen, Atlantischen Lachsen, Äschen und Hechten nachgewiesen (Schweizer Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, BLV 2013). Der Erreger wird unter dem Namen *Tetracapsuloides bryosalmonae* dem Stamm der Myxozoa zugeordnet. Neben den Fischen beinhaltet der Parasiten-Zyklus auch einen wirbellosen Wirt, nämlich Bryozoen (Moostierchen), in denen für Fische infektiöse Sporen gebildet werden. Bryozoon verschiedener Arten sind auch im Bodensee und im Seerhein häufig.

Infektiöse Stadien des Erregers werden über die Kiemen aufgenommen und via Blut in innere Organe transportiert. Nach der Infektion von Fischen findet eine Vermehrung des Parasiten vorwiegend in der Niere statt, die sich in ihrer Funktion und auch pathologisch erkennbar verändert. Betroffen werden v.a. Jungfische bei Erstkontakt. Überlebende Fische scheinen gegen eine Reinfektion zumindest teilweise geschützt zu sein. Das Auftreten der Krankheit ist saisonal, beginnend im Sommer mit steigenden Wassertemperaturen bis zum Herbst, wenn die Wassertemperaturen wieder sinken. Stress-Situationen (schlechte Wasserqualität, Prädatoren) begünstigen den Krankheitsausbruch.

Für den Seerhein kommt PKD sicher als ein denkbarer Letalfaktor vor allem der hier lebenden und zudem noch wärmeempfindlichen Salmoniden in Frage.

## 5.2. Thermische Belastung und ihre Folgen

### **Grenztemperaturen für Äschen**

KÜTTEL et al. (2002) haben eine grundlegende Arbeit zu den Temperaturpräferenzen und -limiten der heimischen Fischarten verfasst. Sie betonen, dass unter den Fokusarten unserer Gewässer die kaltstenothermen (an einen engen kälteren Temperaturbereich angepassten Fische) Bachforelle und Äsche die empfindlichsten Arten gegenüber einer Temperaturerhöhung des Gewässers sind. Zunächst werden grundsätzliche Abläufe im Stoffwechsel von den bei unterschiedlichen Temperaturen arbeitenden Enzymen bestimmt. Damit ist auch der gesamte Lebenszyklus von der Wassertemperatur oder vom Temperaturwechsel abhängig (z. B. Reifung der Eier, Beginn der Laichzeit, Entwicklung der Eier im Kies usw.). Wegen ihrer Sensitivität wurden die zwei Indikatorfischarten Bachforelle und Äsche auch für die Herleitung eines Temperaturrichtwerts für Wasserentnahmen im Bodenseekreis ausgewählt (REISS et al. 2019). Bei der Betrachtung der Grenztemperaturen für Äschen spielen im vorliegenden Fall nur die oberen Grenzwerte (Sommersituation) eine limitierende Rolle. Bei der Festsetzung des Temperaturgrenzwertes sind mehrere unterschiedliche Reaktionen der Fische auf hohe bzw. steigende Temperaturen zu berücksichtigen, die erst zusammen betrachtet eine Entscheidung ermöglichen. Auch reagieren Fische unterschiedlicher Entwicklungsstadien unterschiedlich auf Temperaturen.

Zunächst besitzen die Fische ein sogenanntes *finales Temperatur-Präferendum* (= Vorzugstemperatur), das ist die Temperatur, die das Individuum (und danach der Durchschnitt der Individuen) auswählt, wenn es sich in einem Temperaturgradienten bewegen kann. Diese Vorzugstemperatur liegt bei der Äsche und der Bachforelle zwischen 14° C (Bachforelle) bzw. 15° C (Äsche) bis 17° C (beide Arten).

Die Stör- oder Umherirrtemperatur (disturbing, restless temperature) ist die Temperatur, oberhalb welcher Fische erste Anzeichen erhöhter Aktivität oder eines veränderten Verhaltens zeigen. Obwohl diese Temperatur für die Festlegung von Grenzwerten nach dem Vorsorgeprinzip am wichtigsten wäre, gibt es hierzu in der Literatur die wenigsten Angaben. Da sie aber sicher zwischen der Vorzugstemperatur und dem oberen kritischen Temperaturbereich ( $CT_{max}$ , vgl. Abb. 5.2) liegt, beginnt sie bei der Äsche bei 18°C und endet bei ca. 22° C. Bei der Bachforelle und der Seeforelle beginnt sie wahrscheinlich etwas später (ca. 22° C - 23° C).

Der oberer kritische Temperaturbereich ( $CT_{max}$ ) ist der Bereich, von dem an eine klare Veränderung des Verhaltens auf Grund des Temperaturanstiegs beobachtet wird, bei der aber das individuelle Überleben noch möglich ist. Für die Äschen gibt es hierzu erneut keine konkreten Angaben. Sie zeigen bei erhöhten Temperaturen ab ca. 22°C allerdings eine starke Tendenz zum Umherirren innerhalb des Schwarms sowie eine starke Reaktion auf Störungen. Im Hochrhein 2018 konnte beobachtet werden, dass Äschen kurz vor dem Verenden noch um Standorte im Bereich kühler Grundwassereintritte kämpften (GRÜNDLER, mündl. Mitt.). Fachlich plausibel kann man somit für Äschen von einem  $CT_{max}$ -Bereich zwischen 22-25° (26°) C ausgehen. Bei den Bachforellen liegt die  $CT_{max}$  wahrscheinlich zwischen 22° C und 28° C.

Bei den Temperaturgrenzwerten ist zudem auf zwei Parameter zu achten: die über längere Zeit wirkende Wassertemperatur und die kurzzeitigen Temperaturdifferenzen. Beide können negative Auswirkungen auf den Fisch haben:

- Bei innerhalb kürzerer Zeit (keine genaue Angabe) eintretenden Temperaturdifferenzen von  $\Delta T > 5^\circ \text{C}$  werden Hitzeschockproteine gebildet, um die thermische Toleranz zu erhöhen;
- der daraus resultierende Effekt (Überleben, subletale oder letale Schädigungen) ist dann abhängig von der Dauer der Akklimatisierungsphase.

Das chronisch tödliche Temperaturmaximum der Art ( $CL_{max}$ ) ist erreicht, wenn der Fisch langsam die Fähigkeit verliert, aus einer tödlichen Temperaturumgebung zu entfliehen. Bei der Äsche beginnt dies bei ca. 25°-26° C. Bei diesen Temperaturen können die Fische aber noch immer kühlere Bereiche anschwimmen. Ab 27,2°C verendeten im Hochrhein 2018 zunächst die grossen Individuen, danach die

kleineren Grössenklassen, nach 2 Tagen  $> 27^{\circ}\text{C}$  auch die einjährigen Tiere (WASEM, GRÜNDLER, mündl. Mitt.). Für die Bachforellen streut der  $\text{CL}_{\text{max}}$  sehr weit, von  $25^{\circ}\text{C}$  (nach Angaben der LUBW) bis zu  $30^{\circ}\text{C}$  (div. Autoren) – je nach Akklimatisationsphase und Forellenstamm.

### Die Flucht ins Kühle

Auch wenn die Fische genügend Zeit haben, sich an einen Temperaturanstieg anzupassen, müssen sie sich aus Temperaturbereichen, die über der untersten Toleranzgrenze liegen, spätestens innerhalb eines bis weniger Tage in kühleres Wasser ( $< 20^{\circ}\text{C}$ ) zurückziehen können, um Stress zu vermeiden und wieder mit dem Fressen zu beginnen. Erfolgt ein Temperaturanstieg sehr rasch, bleiben ihnen oft nur wenige Stunden dafür. Für das Überleben einer Population spielt dann die Kombination von Wassertemperatur und der Grösse/Tiefe/Entfernung potentieller Rückzugsräume die entscheidende Rolle.

Schliesslich ist bei der Temperaturproblematik auch der Effekt von Störungen und die Prädation durch Fressfeinde zu berücksichtigen. Hier sind die individuellen Fluchtwege von Bachforellen/Seeforellen in fast jedem aquatischen Umfeld vielfältiger als für Äschen mit ihrem ausgeprägten Schwarmverhalten. Auf den Einflug von Kormoranen reagieren Äschen mit starkem Stressverhalten bis hin zum Herzversagen. Konnten sich die Fische in begrenzte kühlere Bereiche zurückziehen und finden dort keine ausreichende Deckung, dann bestand immer die Gefahr, dass sie dort von verschiedenen Prädatoren angegriffen wurden (WASEM, mündl. Mitt.).

Die Flucht in kühlere Bereiche des Bodensee-Untersees (östlich der Eschenzer Schwelle) war den Äschen aus dem Raum Stein a. Rhein 2003 und 2018 aber teilweise versperrt. Einerseits reagierten die im Bereich des oberhalb von Stein liegenden Wasser- und Zugvogelreservat jagenden Kormorane auf diese «Fluchtversuche» mit hoher Jagdaktivität, zum anderen wurde ein Teil der am rechten deutschen Seeufer aufsteigenden Äschen von einem Berufsfischer abgefangen (WASEM, mündl. Mitt.).

### Zunahme der Wassertemperaturen im Bodensee

Auch am und im Bodensee werden Auswirkungen des globalen Klimawandels beobachtet und es sind in Zukunft noch deutlichere Veränderungen zu erwarten. Milde Winter, heisse Sommer, extreme Starkniederschläge und andere Wettersituationen sowie starke Schwankungen des Wasserspiegels bleiben nicht ohne Folgen auf die hydrodynamischen Verhältnisse im See und Seerhein. Insbesondere Änderungen im Schichtung- und Mischungsverhalten des Sees können sich in Zukunft auf seine Wasserqualität und seine Lebensräume auswirken. Betrachtet man die Jahresmittelwerte der Wassertemperaturen in Seemitte und ca. 0,5 m Wassertiefe (Abb. 5.1), so war deren Durchschnitt zwischen 1990 und 2014 bereits knapp  $1,3^{\circ}\text{C}$  höher als noch in der Periode 1962 bis 1989.

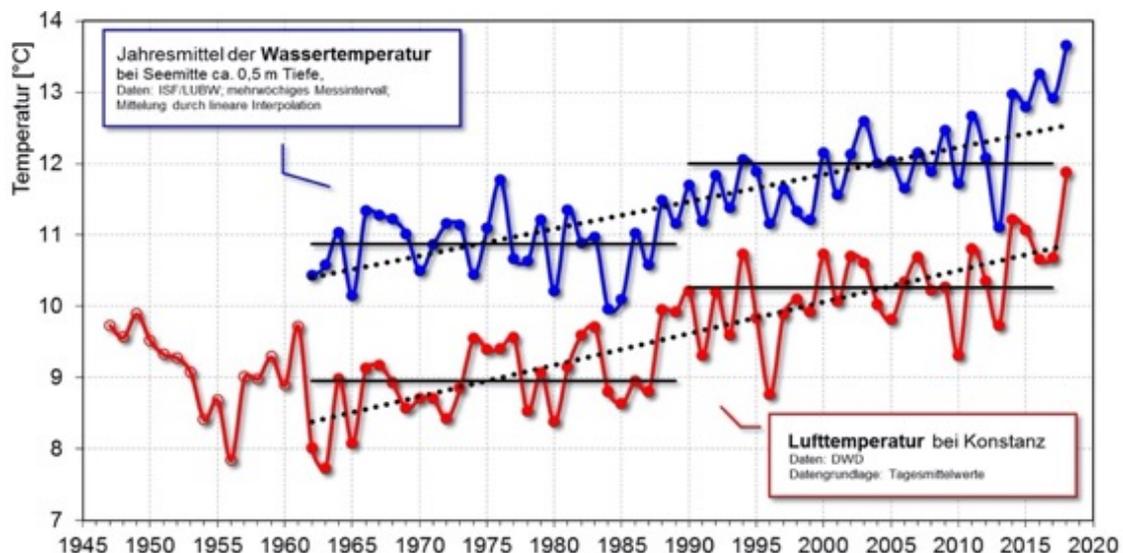


Abb. 5.1: Langjährige Entwicklung der Temperaturen von Luft und des Oberflächenwassers im Obersee. Wassertemperatur bei Fischbach-Uttwil in etwa 0,5 m Tiefe (blau) sowie Lufttemperatur in Konstanz (rot). Quelle: LUBW 2020, in Vorbereitung.

Nimmt man die Mittelwerte von 2014 bis 2019 dazu, müsste man diese Tendenz bereits weiter nach oben korrigieren. Die Zunahme der Jahresmittelwerte in der Lufttemperatur liegt nur unerheblich höher (LUBW 2020, in Vorbereitung).

Das Land Vorarlberg (<https://vowis.vorarlberg.at/stationswrapper/bodensee>) liefert die Originalmessdaten der Wassertemperaturen (Tagesmittelwerte) vom Pegel Bregenz analog und online. Diese Werten zeigen schon recht gut den Verlauf der sommerlichen Maximaltemperaturen, die *de facto* aber in der Regel noch mehr als 1°C darüber liegen, da sich an besonders heissen Tagen die Globalstrahlung bis in mehrere Meter Wassertiefe bemerkbar macht. Überdies gibt es zwischen den in Bregenz gemessenen Temperaturen und denen in der Konstanzer Bucht (Pegel Konstanz) und am Seerhein (Messstation Gottlieben) wahrscheinlich noch weitere geringfügige Unterschiede in beide Richtungen.

Wie wir oben gesehen haben, sind es vor allem die sommerlichen Maximaltemperaturen, die den Äschen im Seerhein und im zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen zu schaffen machen. In den Jahren 2007 bis 2019 bewegen sich diese Maximaltemperaturen mit einer Ausnahme (2014) bereits im Tagesmittel oberhalb der Toleranzgrenze (Oberer kritischer Temperaturbereich  $CT_{max}$ ) für Äschen (Abb. 5.2), in sieben Jahren (2010, 2015 und 2018) und in 2003 (ohne Abb.) sogar über dem  $CL_{max}$  (chronisch letaler Temperaturbereich) von 25°C.

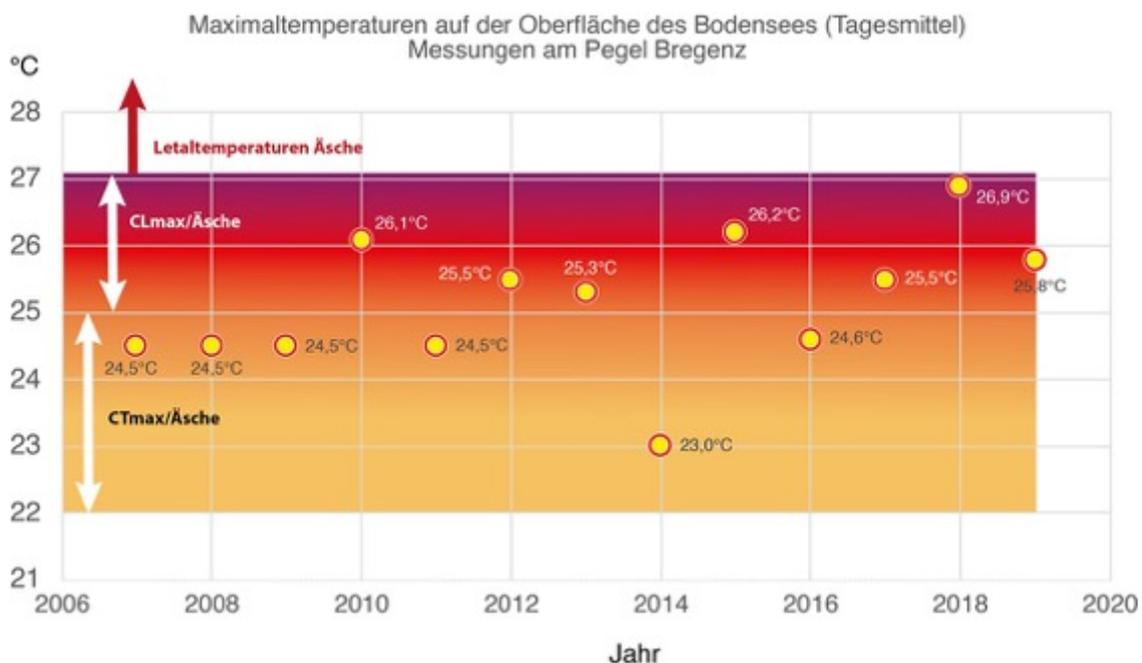


Abb. 5.2: Vergleich der maximalen Tagesmittelwerte (24 h gemittelt) in den Sommermonaten 2007 bis 2019. Messdaten vom Pegel Bregenz. Angabe der unterschiedlichen Grenztemperaturen für die Äsche (nach Küttel et al. u.a. Autoren)

Tagesmittelwerte über 25,5° C werden in der Regel erst im Juli und August, ausnahmsweise (2014, 2017) bereits im Juni erreicht (Abb. 5.3). In Zeiten mit höheren sommerlichen Wasserständen wurden Wassertemperaturen über 26° C bisher noch nicht erreicht. Somit korrelieren am Bodensee, im Seerhein und im Hochrhein die maximalen Wassertemperaturen mit den Pegelständen.

### Vergleich der Jahre 2018 und 2019

Im Hitzesommer 2003 wurden zwar die meisten Langzeitrekorde am Bodensee gebrochen, das Jahr 2018 gilt aber als das trockenste und heisseste Jahr seit Beginn der Klimaaufzeichnungen. Ab Anfang Juli regnete es kaum mehr, die Wassertemperaturen folgten denen der Luft. Eine Abkühlung durch

Regenabflüsse und höhere Wasserstände gab es nicht mehr. Mit einer kurzen Unterbrechung am 28. und 29. Juni sowie am 3. September lagen die Wassertemperaturen des Bodensees vom 30. Mai bis 24. September – also nahezu 4 Monate lang – über 20°C. Von Mitte Juni bis Ende August lagen die Temperaturen sogar über dem unteren Grenzwert des kritischen Temperaturbereichs ( $CT_{max}$ ) für die Äschen. Rückblickend war es also nicht verwunderlich, dass es im Hochrhein zwischen Stein und Rheinau mit seinem noch immer individuenreichen Äschenbestand nach 2003 erneut zu einem Äschensterben kam. Diese Entwicklung wurde denn auch von Fischereifachstellen und der Angelsportvereinen/-verbänden vorausgesehen und es wurden alle technisch möglichen Rettungsmassnahmen unternommen (MOSBERGER & STOLL 2018, WASEM, GRÜNDLER, mündl. Mitt).

2019 war wieder ein wasserreicheres Jahr mit grösseren Schwankungen in der Wassertemperatur nach jedem grösseren Regenereignis und Temperatursturz. Ende Juni und Ende Juli wurden zwar ebenfalls Temperaturspitzen von über 25° C erreicht (in Flachwasserbuchten sogar teilweise über 28° C), nach einer Hitzeperiode kam aber immer wieder eine Abkühlung mit Wassertemperaturen unter 22° C, also unter den  $CT_{max}$  für die Äschen. Die Wassertemperatur folgte in ihrem Verlauf dennoch den Lufttemperaturen (Abb. 5.6).



Abb. 5.3a: Verlauf der Wassertemperaturen 2018 (Tagesmittelwerte am Pegel Bregenz).



Abb. 5.3b: Verlauf der Wassertemperaturen 2019 (Tagesmittelwerte am Pegel Bregenz).

Ein Vergleich der Verläufe in der Wassertemperatur zwischen Seerhein (Abb. 5.4) und dem Hochrhein bei Stein (SH) (Abb. 5.5) zeigt, dass die Maximaltemperatur 2019 im Seerhein rund 1°C über derjenigen im Hochrhein lag. Interessanterweise scheint der Temperaturverlauf nach der Unterseepassage aber etwas mehr gepuffert zu sein als im Oberseeabfluss. Das  $CT_{max}$  für die Äschen wurde bei Stein a. Rhein zwischen Mitte Juni und Anfang September länger unterschritten als überschritten. Im Seerhein dagegen lagen Ende Juli (Messtag für die Tiefenprofile) die Wassertemperaturen auch über dem  $CL_{max}$ .

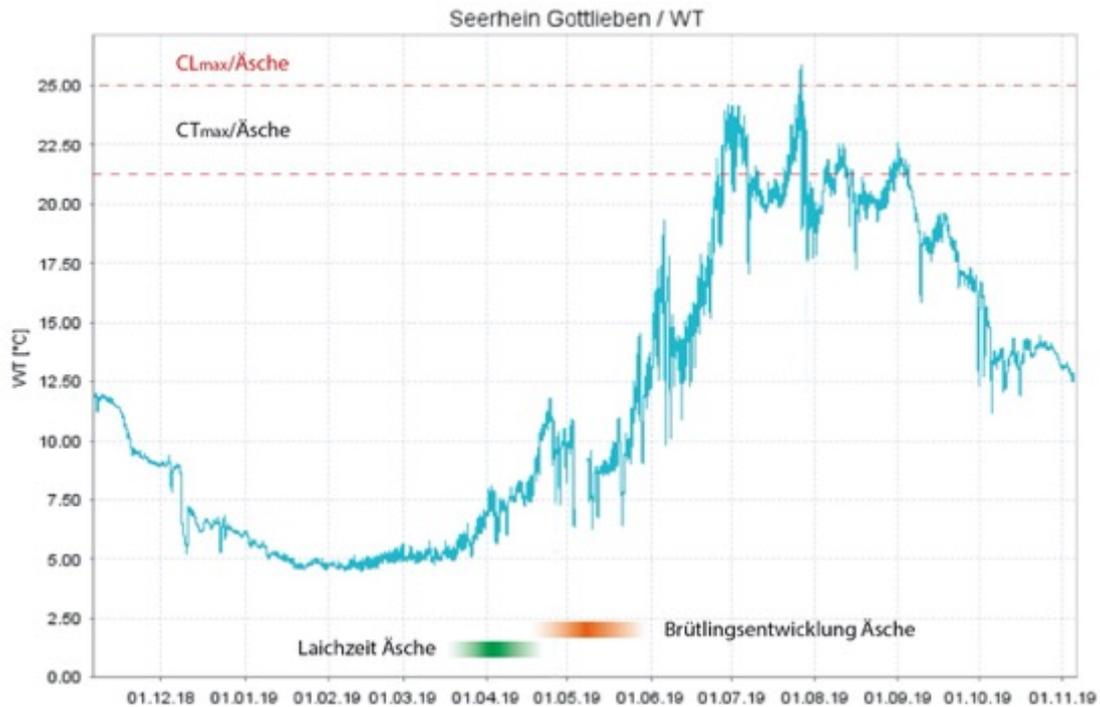


Abb. 5.4: Verlauf der Wassertemperaturen 2019 (ungeprüfte Rohdaten) im Seerhein Quelle: KTTG, Kisters, Messtelle Gottlieben. Grenztemperaturen für die Äsche (nach Küttel et al.), Laichzeit und Brütlingsentwicklung (nach Brumm et al.).

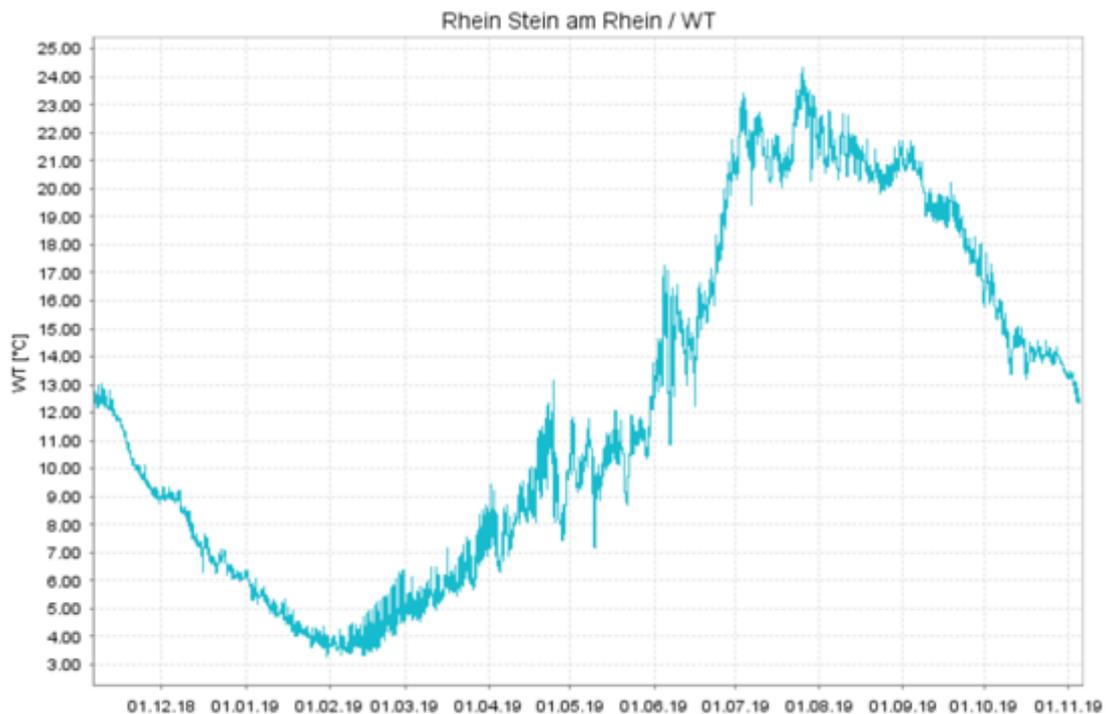


Abb. 5.5: Verlauf der Wassertemperaturen 2019 (ungeprüfte Rohdaten) im Hochrhein Quelle: KTSH, Kisters, Messtelle Stein a. Rhein.

Dies lässt die Hypothese zu, dass im Seerhein unter gleichen Rahmenbedingungen (Wasserstände, Globalstrahlung) höhere Spitzentemperaturen erreicht werden können, dass es aber auch zu häufigeren und längeren Abkühlungsphasen kommen kann. Bezogen auf das aktuelle Jahr 2019 wären somit auch temperatursensible Fischarten im Seerhein einer stärkeren Kurzzeitbelastung ausgesetzt als im Hochrhein. Um eine solche Hypothese zu prüfen und damit eine Aussage treffen zu können, ob sich der Seerhein allein schon aufgrund seines Temperaturregimes als Lebensraum für die Äsche disqualifiziert, sollten in den nächsten Jahren genauere Messreihen der Wassertemperaturen im Seerhein und im Hochrhein, aber auch in den dem Seerhein zufließenden Bächen und Gräben (als zu entwickelnde Rückzugsbereiche) durchgeführt werden. Mit seinem rezenten Äschenbestand wäre der Hochrhein sodann auch ein Indikator für die Reaktion der Äschen im Seerhein.

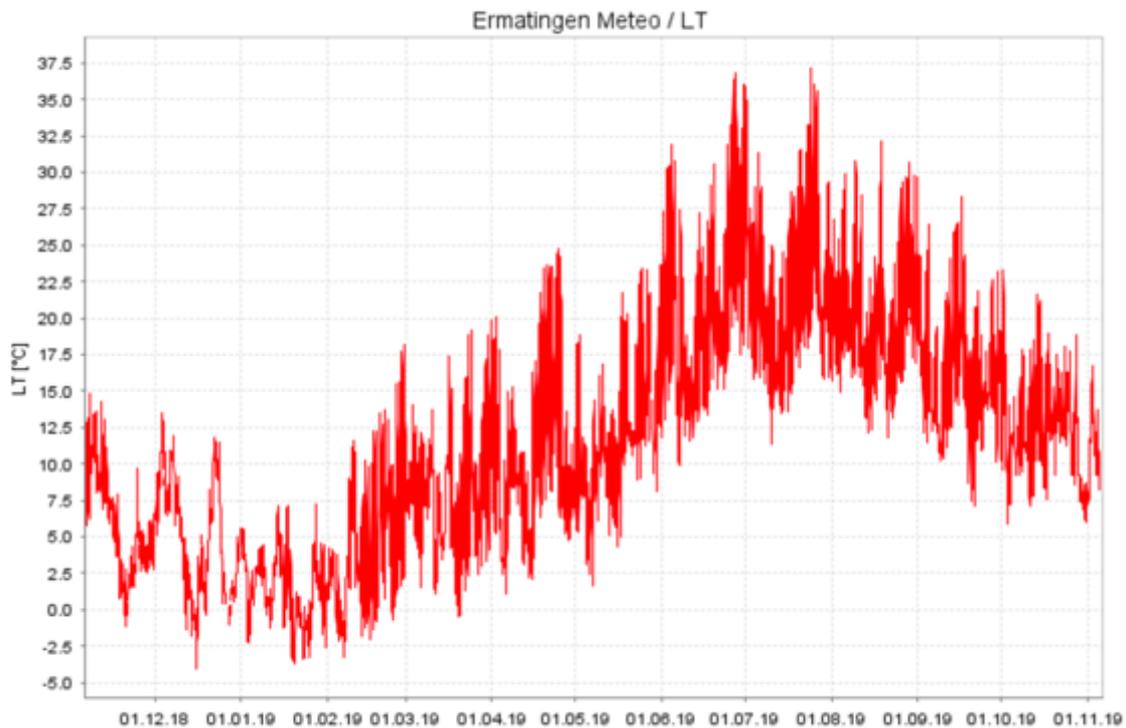


Abb. 5.6: Verlauf der Lufttemperaturen 2019 in der Ermatinger Bucht. Quelle: KTTG, Ermatingen Meteo, Messstelle Ermatingen.

### **Wassertemperaturmessungen 2019**

Im Rahmen unserer Untersuchungen zur vorliegenden Studie haben wir uns verschiedenen Antworten zum Thema Wassertemperaturen im Seerhein weiter angenähert. Im Mai wurden zwischen dem Konstanzer Trichter und Gottlieben acht Temperaturlogger - wo möglich auf Grund - an Seezeichen exponiert. Um einen gesamten Jahresgang der Temperatur aufzuzeichnen, werden die Logger voraussichtlich erst im Juni 2020 wieder geborgen. Für die folgenden Betrachtungen sind vorerst die Messungen der Tiefenprofile von Bedeutung. Beantwortet werden muss auch noch die Frage, ob es im Seerhein noch nicht entdeckte Grundwasserexfiltrationen gibt, die zu einer lokalen Absenkung der Wassertemperaturen über Grund führen und im Rahmen technischer Lösungen zum Äschenschutz eine Rolle spielen könnten (MOSBERGER & STOLL 2018).

Wassertemperaturmessungen in verschiedenen Tiefenprofilen (Genauigkeit: 0,1° C, Gerät: YSI ProPlus, Messungen in 1m-Schritten und direkt über Grund) fanden an 12 Stellen zwischen Eichhorn und Rheinsee am heissesten Tag des Jahres, dem 25. Juli 2019, statt (Abb. 5.7). An diesem Tag wurde an der Messstelle Konstanz eine Lufttemperatur von 36,9° C erreicht. Die Messstellen wurden so ausgewählt, dass eine allfällige Tiefenschichtung gemessen als auch Bereiche mit relevantem Grundwasserzustrom gefunden werden konnten.

### Ergebnisse der Wassertemperaturmessungen in Tiefenprofilen:

Die als Referenz gemessenen Temperaturdaten an der Stelle H (Eichhorn) (Abb. 5.8) zeigen am oberen Ende der Konstanzer Bucht eine noch deutliche Temperaturschichtung auf den obersten 30 m der Wassersäule. Direkt an der Oberfläche (-20 cm) hatte der See eine WT von genau 27° C, in 10 m Tiefe von 15,3° C und in 30 m Tiefe von 8,2° C. Bis in ca. 6 m Tiefe lagen die Temperaturen über 20° C. Eine echte Temperatur-Sprungschicht war an dieser Stelle auch am heissesten Tag des Jahres nicht erkennbar. Eine ähnliche Schichtung erwarten wir bis in die noch rund 40 m tiefen Rinne nahe des Konstanzer Hafens.

Danach fließen die obersten 4-8 m Wassersäule (je nach Wasserstand) über die Trichterschwelle ab. Das kühlere Wasser wird zum grossen Teil in der Tiefe zurückgehalten. An den Stellen T (Trichter) und I (vor Inselhotel, Klosterinsel) im bereits sehr flachen Bereich der Trichterschwelle war der abfliessende Wasserkörper aus dem See bereits gänzlich durchmischt und wies Temperaturen zwischen 25,4° C (Stelle I) und 25,7° C (Stelle T) auf. Wohl durch den an diesem Tag starken Ostwind kam es zu einer geringfügigen Abkühlung der WT um jeweils 0,1° C auf den obersten 15 cm Wassertiefe.

Im gesamten Seerhein wurden keine Bereiche gefunden, an denen es durch Grundwasserexfiltration zu einer Absenkung der Temperaturen im durchmischten Wasserkörper kam. Messstelle 1 Seerhein (oberhalb der neuen Rheinbrücke, neben dem Anleger Bodenseeforum) lag in einem schnellströmenden und sehr gut durchmischten Bereich. Es war eine leichte Schichtung zwischen 25,4° C (OfI) und 24,9° C über Grund erkennbar. An der Messstelle 2 Seerhein (in Stromeyersdorfer Loch) konnte ein Profil bis auf 25 m Tiefe gemessen werden. Bis in über 11 m Tiefe blieb die Temperatur stabil bei 25° C, danach fiel sie bis zum Grund um lediglich noch einmal 0,1° C ab. Die Oberfläche war 0,2° C kühler (Windeffekt) als der Rest der Wassersäule.

An den maximal 2,7 m tiefen Messstellen 3, 4, und 6 (Seerhein) im Schwanenhals lagen die Wassertemperaturen in allen Tiefen zwischen 25° C und 25,2° C. Wahrscheinlich wegen des starken Windes wurden auch im Flachwasser (<1 m Wassertiefe) keine höheren Temperaturen gemessen.

Im Abschnitt Kuhhorn bis zur Rheinseeschwelle lagen die Wassertemperaturen um bis zu einem halben Grad tiefer als oberhalb. Im schnellströmenden Bereich vor dem Kuhhorn (Stelle 5 Seerhein) lagen die Temperaturen rund 0,2-0,3° C niedriger als im Schwanenhals. Die höheren Temperaturen wurden hier zwischen 7 m Tiefe und Grund gemessen (!). Im Gottlieber Loch (Stelle 7 Seerhein) konnte wieder bis auf 20 m Wassertiefe gemessen werden. In der Wassersäule lagen alle Werte zwischen 24,7° C und 24,8° C. An den Messstellen ober- und unterhalb des Zuleitungskanals der Kläranlage Konstanz (Stelle 8 und 9 Seerhein) gab es in den Tiefenprofilen keine unterschiedlichen Werte, Stelle 9 war um 0,1° C wärmer als Stelle 10.

Noch einmal um 0,2° C tiefer lagen die Werte unterhalb Gottlieben vor der Chohütte (Stelle 10 Seerhein) und auf der Rheinseeschwelle (Stelle 11 Seerhein). An der Oberfläche von Stelle 10 wurde wiederholt eine Temperatur von 24,2° C gemessen und damit 0,4° C weniger als über Grund. Die Ursache für dieses Phänomen (Zufluss, Grundwasser, sonstiges) konnte noch nicht gefunden werden.

### Fazit:

- An Tagen mit Temperaturmaxima (sowohl Luft- als auch Wassertemperatur) repräsentieren die Wassertemperaturen im Seerhein und im Konstanzer Trichter die Verhältnisse in der obersten Temperaturschicht (0-6 m Tiefe) des Bodensee-Obersees.
- An der Trichterschwelle fließen die obersten 4-8 m Wassersäule in den Seerhein ab. Das kühlere Wasser bleibt zu einem grossen Teil in der Tiefe des Sees und der Konstanzer Bucht zurück.
- Im Seerhein selbst wird auch in tiefen Wasserschichten und über Grund keine Temperaturschichtung mehr ausgebaut.
- Das Wasser im Seerheinabschnitt zwischen der Alten Rheinbrücke in Konstanz und dem Kuhhorn ist um 0,3° C bis 0,5° C wärmer als zwischen Kuhhorn und Rheinsee.
- Wie es zu dieser relativen Abnahme der Temperaturen im Seerheinverlauf kommt, ist nicht bekannt.

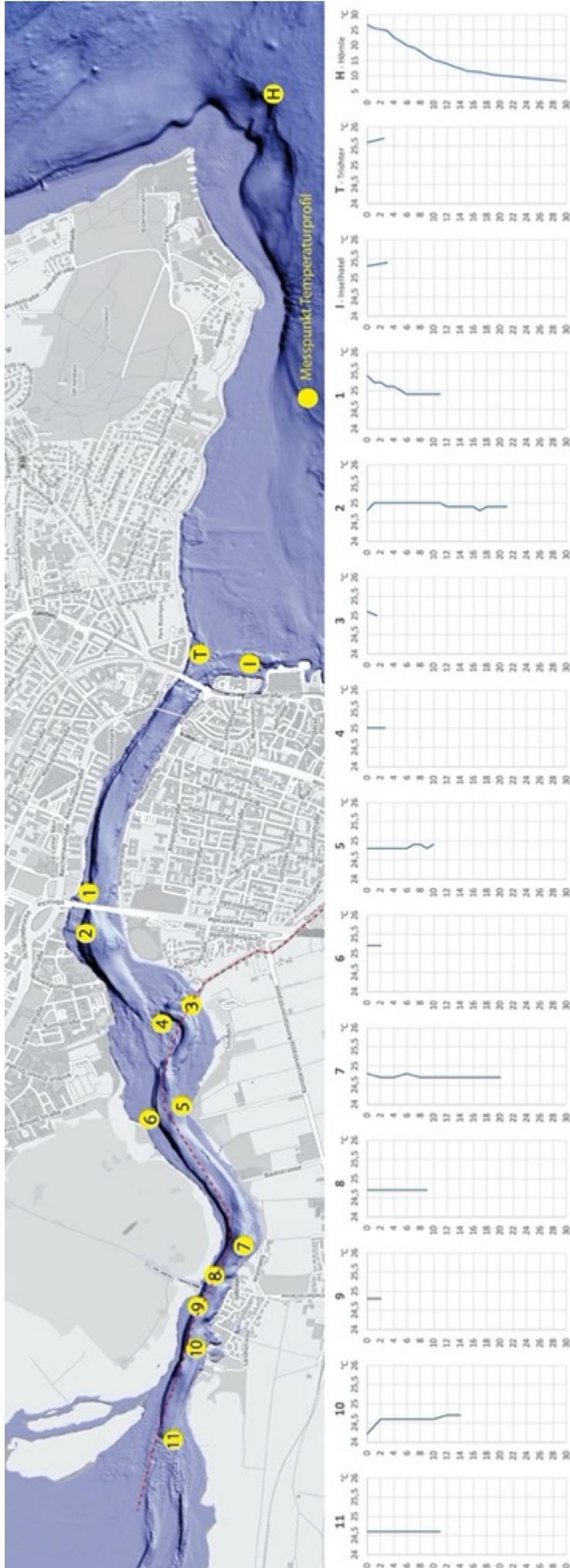


Abb. 5.8: Ergebnisse der Wassertemperaturmessungen in Tiefenprofilen am 25. Juli 2019, dem heissesten Tag des Jahres 2019. Die Messstelle H am Konstanzer Eichorn («Hörnle») mit Wassertiefen > 30 m diente als Referenz für die Temperatururschichtung im Bodensee-Obersee. Achtung: die Temperaturskalierung der Grafik von Stelle Hweicht von den anderen Skalen ab (Grösserer Temperatur-Range).

### Sauerstoffverhältnisse

An denselben Messtellen wie für die Wassertemperaturen wurden am 25.07.2019 auch Sauerstoffmessungen durchgeführt. Wahrscheinlich in Abhängigkeit vom starken Pflanzenwachstum wurden unter Tag erwartungsgemäss auch sehr hohe  $O_2$ -Gehalte und  $O_2$ -Sättigungswerte gemessen. Eine Schichtung der Sauerstoffverhältnisse fand sich entsprechend der Temperaturschichtung und wahrscheinlich auch des Phytoplanktonvorkommens in ausgeprägter Form nur an der Referenzstelle H im Bodensee (Abb. 5.9 obere Grafik). Hier stiegen die Werte zwischen 4 und 6 m Wassertiefe noch einmal auf höhere Sättigungen und  $O_2$ -Gehalt an, bevor sie auf zwischen 6 und 14 m Tiefe schnell absanken. Ab 20 m Wassertiefe blieben die Werte gleich.

Auch die  $O_2$ -Sättigungswerte und die  $O_2$ -Gehalte im Seerhein spiegeln eine Vermischung der Verhältnisse auf den oberen 6 m Wassersäule im Bodensee wider. Auch in grösseren Tiefen – an den Messtellen 2 (Stromeyersdorfer Loch) und 7 (Gottlieber Loch) kam es zu keinen weiteren Veränderungen der Sauerstoffverhältnisse (Abb. 5.9, untere Grafiken).

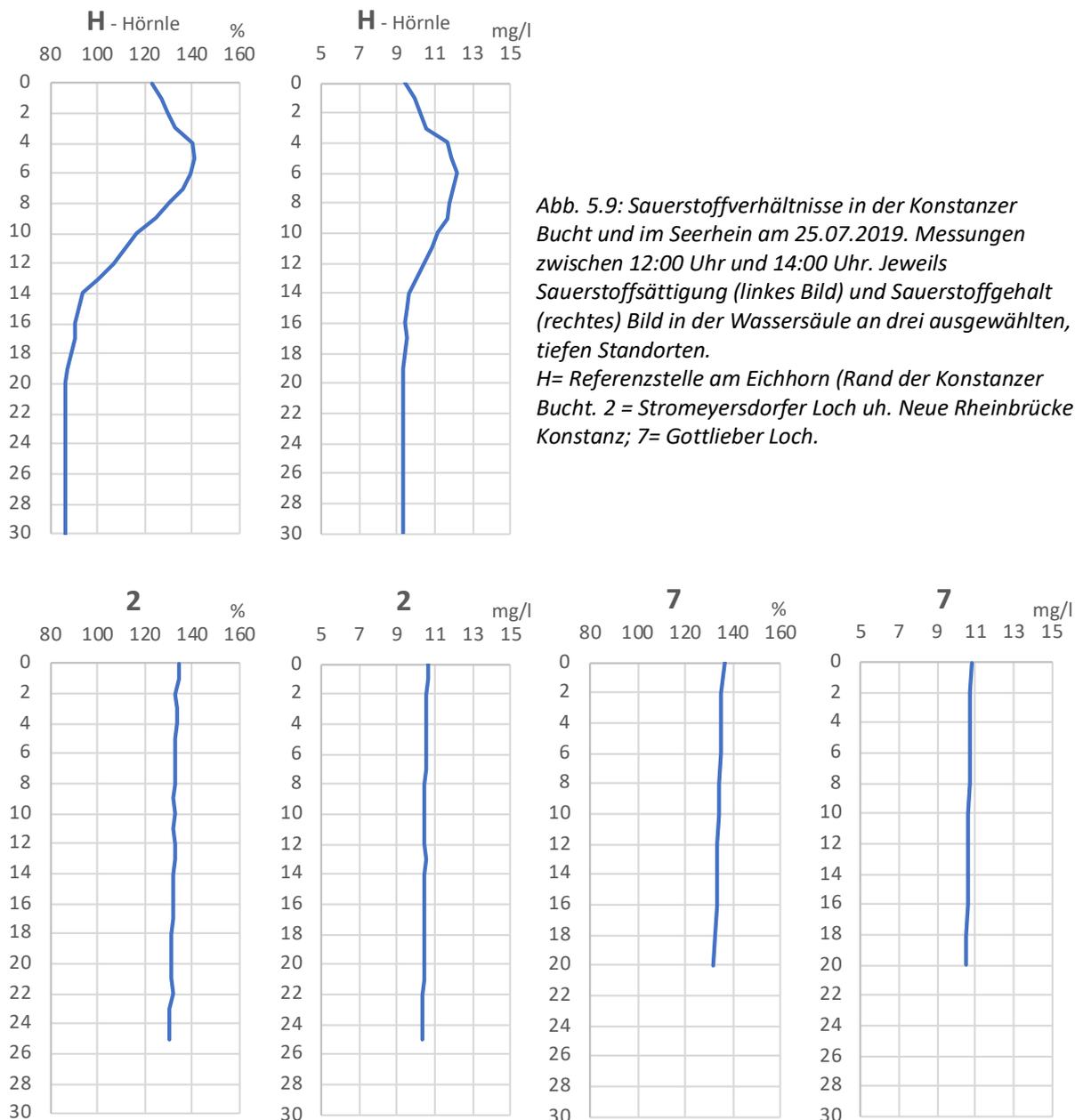


Abb. 5.9: Sauerstoffverhältnisse in der Konstanzer Bucht und im Seerhein am 25.07.2019. Messungen zwischen 12:00 Uhr und 14:00 Uhr. Jeweils Sauerstoffsättigung (linkes Bild) und Sauerstoffgehalt (rechtes) Bild in der Wassersäule an drei ausgewählten, tiefen Standorten. H= Referenzstelle am Eichhorn (Rand der Konstanzer Bucht. 2 = Stromeyersdorfer Loch uh. Neue Rheinbrücke Konstanz; 7= Gottlieber Loch.

Besonders hohe Werte wurden an flachen Stellen (repräsentiert durch Stelle 6 Seerhein) gemessen. Mit 170,5 % Sättigung und 13,2 mg/l O<sub>2</sub> lagen die Werte schon an der Wasseroberfläche deutlich über denen aller anderen Messstellen. Direkt in dem dort dichten Characeenrasen stiegen sie noch einmal deutlich an (229,6 %, 17,43 mg/l). Die Übersättigung war auch an der Bläschenbildung an den Characeen deutlich zu erkennen.

**Fazit:**

- Die im Sommer sehr dichte Entwicklung von Makrophyten – vor allem an den Flachufeln im Bereich des Schwanenhalses – sowie auch das Phytoplankton führt tagsüber zu hohen O<sub>2</sub>-Übersättigungen.
- Aller Wahrscheinlichkeit nach werden hohen Übersättigungen am Tag entsprechend starke Zehrungsprozesse über Nacht folgen (Hierzu gibt es noch keine Messungen).
- Das Ausmass und der Ort dieser Zehrungsprozesse (Lokalisierung, Zeitraum, Dauer, Dimension) sollte spätestens dann genauer untersucht werden, wenn über den Ort und die Art von Aufwertungsmassnahmen entschieden wird. Laichplätze und Brüttingshabitat der Äschen sollten von starken Zehrungsprozessen unbeeinflusst bleiben.

**Exkurs: Können die Äschen bei steigenden Temperaturen im Seerhein überleben?**

Die Grafiken in den Abb. 5.1 und 5.2 sind entscheidend für die Perspektive einer Äschenpopulation im Seerhein. Sie zeigen in Kombinationen mit den gemessenen Maximaltemperaturen im Sommer und den physiologischen Grenzen der Äschen auf, dass die künftige Temperaturentwicklung weiter nach oben zeigt und vielleicht schon im nächsten Jahrzehnt der limitierende Faktor für das Überleben der Äsche sein kann. Wir werden weiter unten auf diesen Punkt eingehen und beleuchten, ob es für diese kaltstenotherme Fischart Möglichkeiten gibt, den hohen Wassertemperaturen auszuweichen oder sich gar genetisch (auf Populationsniveau) an sie anzupassen, oder ob gegenwärtige Fördermassnahmen zugunsten der Äschen zwangsweise ins Leere laufen.

Entsprechend zentral ist unsere an mehreren Stellen getroffene Aussage zu werten, dass von allen Fördermassnahmen zugunsten der Äsche, wie sie in den Kapiteln 7 und 8 vorgestellt werden, auch immer die restliche und temperaturlibere Fischfauna profitieren kann.

### 5.3 Sinkende Wasserstände

Die Entwicklung der Wasserstände im Seerhein sind für die Äschen in zweierlei Hinsicht von Bedeutung:

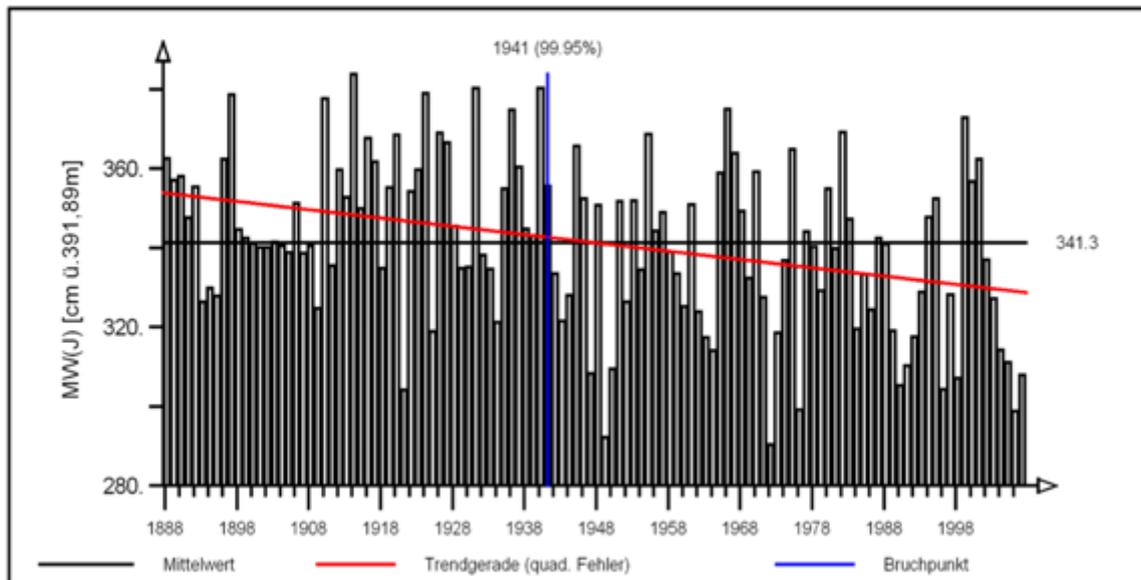
- Bei niedrigen Wasserständen während der Ei- und Brüttingsentwicklung können potenzielle Laichareale trockenfallen oder unzureichend durchströmt sein oder es stehen vergleichsweise weniger flachgründige Brüttingshabitate zur Verfügung.
- Über niedrige Wasserstände im Hochsommer kann es indirekt (weniger Regenfälle → weniger Zufluss von kühlem Wasser) oder direkt (Globalstrahlung trifft auf einen weniger tiefen Wasserkörper) zu einer stärkeren Wassererwärmung kommen.

In einer Studie der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUFT & IHRINGER 2011) wurde u.a. aus den mittleren jährlichen Wasserständen am Pegel Konstanz ein signifikanter rückschreitender Trend ermittelt (Abb. 5.10), nachdem der Bodenseepiegel jährlich um 0,209 cm absinkt.

## Pegel Konstanz/Bodensee(Obersee)

(Pegel-Nr. 906)

mittlere jährliche Wasserstände MW(J)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend:  $-0.209 \text{ cm/a}$   
(Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall: 99.98%)

Abb. 5.10: Berechnung des Wasserstandtrends am Bodensee, Pegel Konstanz; Zeitraum 1888 bis 2008. Quelle: Jung & Ihringer 2011.

Nach einigen stark schwankenden Perioden nahmen die mittleren jährlichen Wasserstände zwischen 1988 und 2008 an allen Pegeln um ca. 13-14 cm (!) ab. Dieser Trend blieb auch danach bestehen, so dass wir zwischenzeitlich von einem Wasserandrückgang von möglicherweise über einem halben Zentimeter pro Jahr ausgehen müssen. Allerdings sollte dieser Trend noch einmal verifiziert werden.

Eine in seiner Wirkung noch wenig bekannte Ursache sinkender Bodenseepiegel ist der Rückhalt von Wasser aus dem Einzugsgebiet des Alpenrheins und der Bregenzerach in Speicherseen. Dieser kann nach Meinung verschiedener Autoren den Pegelverlauf zu verschiedenen Jahreszeiten im Dezimeterbereich beeinflussen. Auf diese Weise führt der Kraftwerkbetrieb zu einer Verschiebung der Pegelverläufe und zu Veränderungen der Benetzung in der Wasserwechselzone des Sees. Ob dies auch Auswirkungen auf den Seerhein haben kann, wurde bisher nicht thematisiert.

Auf die Lebensgemeinschaften des Bodensees und des Seerheins wirken sich Veränderungen in den Wasserständen vor allem dann aus, wenn sich die Entwicklungen der Wasserstände in zwei aufeinanderfolgenden Jahren stark unterscheiden. So können beispielsweise Laichplätze in einem Jahr genutzt werden, im anderen trocken liegen, oder die Strömungsbedingungen können sich radikal ändern, so dass es zu Ablagerungen von Feinmaterial und Sohlenverdichtungen auf zuvor für Äschen geeignetem Laichsubstrat kommt.



Abb. 5.11: Oben links: 2003 war der Seerhein auf Höhe des Kuhhorns auf eine schmale Rinne zusammengeschrumpft. Im Vordergrund sind ausgedehnte Flächen mit Schnegglisanden erkennbar. Oben rechts: in vielen Jahren erscheinen beim winterlichen Niedrigwasser grössere Kiesbankinseln im Konstanzer Trichter. Bei Niedrigwasser ist auch die Wasserzufuhr zum sogenannten Schwanengraben, der Fliesstrecke hinter dem Inselhotel in Konstanz, vom Zufluss abgetrennt. Links: Situation im Winter 2007, rechts im Nov. 2019. Fotos: Rey.

Wie stark Klimawandel zu Veränderungen der Pegelverläufe beiträgt, zeigt ein Vergleich der Jahresgänge in den Pegeldaten von 2018 und 2019 (Abb. 5.12, Pegel Bregenz). Während es sich 2019 um ein relativ abflussreiches Jahr mit leicht überdurchschnittlichen Pegelständen handelt, war das Vorjahr 2018 durch Verschiebungen im nivo-pluvialen Abflussregime des Einzugsgebiets und in dessen Folge durch einen völlig untypischen Pegelverlauf des Bodensees charakterisiert:

- einen niederschlagsreichen Winter 2017/2018 mit Rekord-Pegelständen im Februar, wie sie sonst erst während der Schneeschmelze auftreten;
- einem weitgehend normalem Abflussregime von Mitte März bis Ende Mai;
- dem weitgehenden Ausbleiben von Niederschlägen von Ende Mai bis Ende November, ebenfalls mit Rekord-Niedrigstpegelständen an manchen Pegelstationen.

Diese besonders niedrigen Pegelstände im zweiten Halbjahr haben zu ungewöhnlich hohen Wassertemperaturen über längere Zeiträume und letztlich zum Äschensterben im Hoahrhein und möglicherweise auch indirekt zu einem weniger bekannten Aalsterben im Konstanzer Trichter geführt (BOPP, REY, mündl. Mitt.)

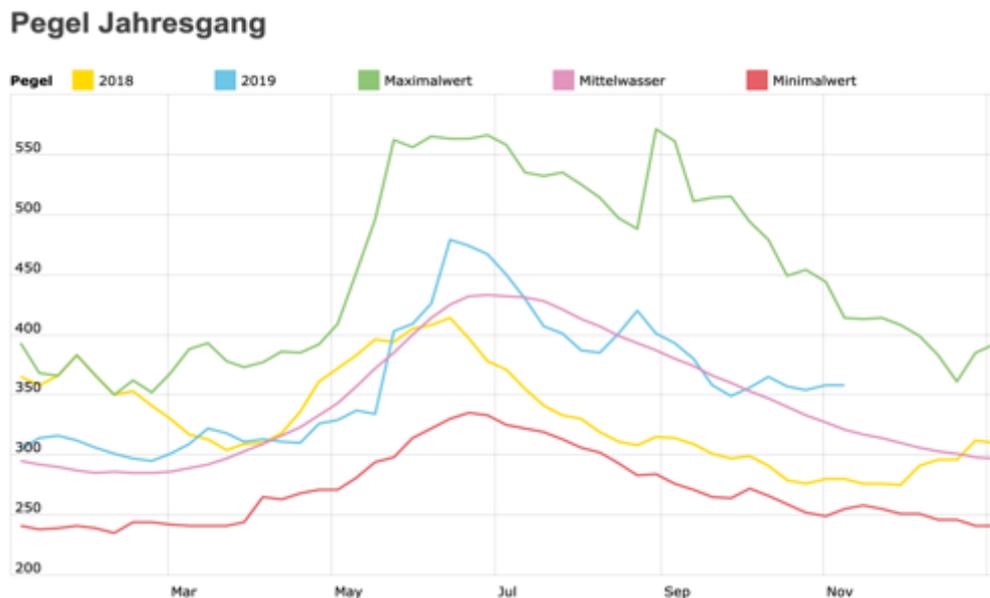


Abb. 5.12: Vergleich der Wasserstände 2018 und 2019 (Pegel Bregenz). Neben den völlig unterschiedlichen Niveaus ist auch eine zeitliche Verschiebung der Verläufe angedeutet sowie die unterschiedlichen Ausgangssituationen aus dem vorangehenden Winter.

### Aufstau durch Wasserpflanzen

Seit etwa dem Jahr 2007 nahmen die Wasserstandsunterschiede zwischen den beiden Seeteilen Obersee und Untersee, sowie zum Pegel bei Stein am Rhein kontinuierlich zu. Im Jahr 2017 betrug die mittlere Zunahme bezogen auf den Pegel bei Stein am Rhein für den Obersee 27 cm und für den Untersee 9 cm. In Kooperation mit dem schweizerischen Bundesamt für Umwelt BAFU und dem Amt für Umwelt des Kantons Thurgau führte das Institut für Seenforschung der LUBW (Wahl 2017 in LUBW 2019) Untersuchungen durch, um diese Veränderungen erklären zu können. Eine Analyse der gemessenen Wasserstände und Abflussmengen zeigte, dass die anwachsenden Wasserstandsunterschiede die Folge eines verstärkten Rückstaus sind, der von einer Zunahme der Bewuchsdichten der Wasserpflanzen, überwiegend des Schweizer Laichkrauts (*Potamogeton helveticus*) verursacht wurde (Abb. 5.13).

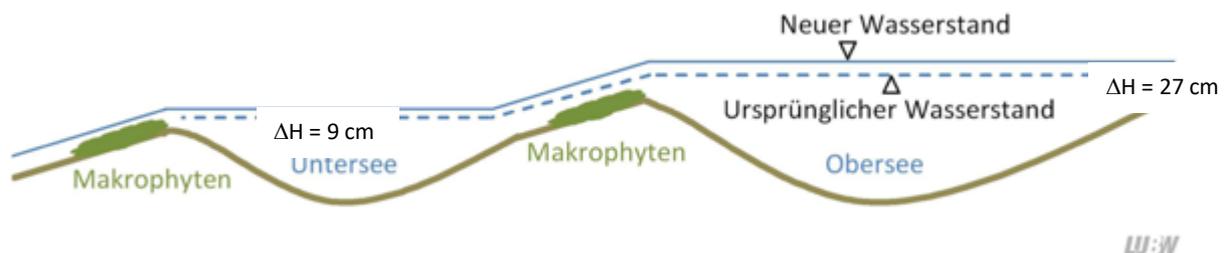


Abb. 5.13: Schema zum Aufstau des Untersees und des Obersees durch vermehrten Makrophytenbewuchs in den Ausstrombereichen. Grafik: LUBW – Institut für Seenforschung 2019, ergänzt.

Mittels Drohnenaufnahmen und einer umfassende Makrophytenkartierung konnten detaillierte Daten zur Artenzusammensetzung und Verteilung der Wasserpflanzen in den Ausstrombereichen des Bodensees aufgenommen werden (Abb. 5.14). Das Schweizer Laichkraut ist wintergrün und trägt somit – im Einklang mit den Beobachtungen – ganzjährig zu einem Aufstau der Wasserstände bei (ISF 2019).

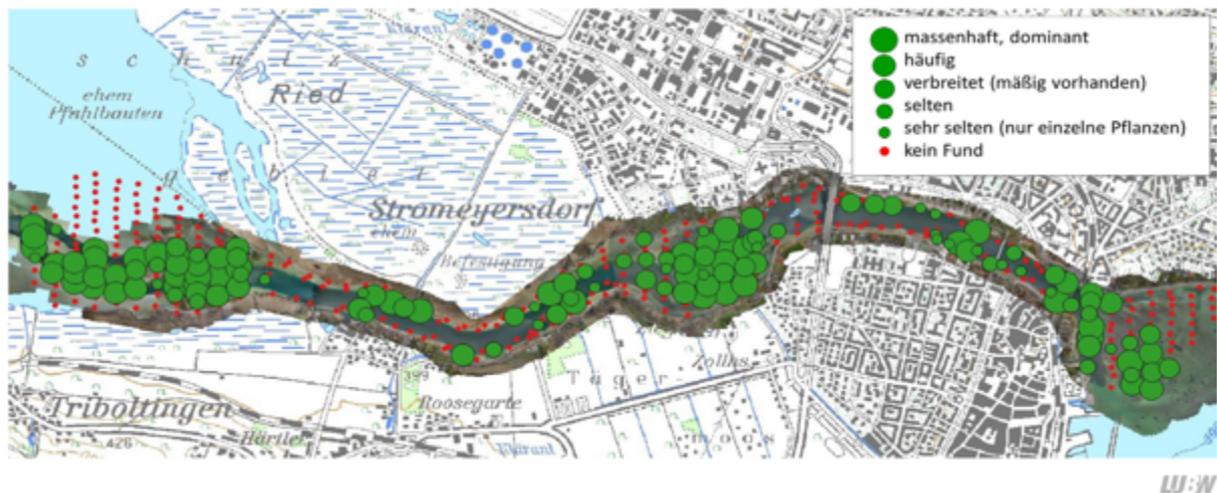


Abb. 5.14: Seerhein mit Konstanzer Trichter (rechts) und Ermatingerbecken (links). Der Karte überlagert sind Orthophotoaufnahmen und Kartierungsergebnisse für das Schweizer Laichkraut (*Potamogeton helveticus*) aus dem Jahr 2017. Kartierungspunkte mit Funden des Schweizer Laichkrauts sind als grüne Kreisflächen eingezeichnet (vgl. Legende) (Karte: LGL Baden- Württemberg, Orthophotos: LUBW, Kartierungsdaten: BAFU und Amt für Umwelt Kanton Thurgau). Quelle: ISF 2019.

#### Fazit zum Rückgang der Wasserstände:

Die Pegelstände an Bodensee und Rhein sinken seit etwa 1988 kontinuierlich um bis zu 0,5 cm/a ab. Dies könnte auf lange Sicht grosse Konsequenzen für die Fauna und Flora im Flachwasserbereich des Sees und des Seerheins haben:

- Durch sinkende Pegelstände des Bodensees wird die Abflussdynamik des Seerheins und der Wasseraustausch zwischen den Seeteilen reduziert. Folgen sind verringerte Strömungsgradienten, an manchen Stellen möglicherweise eine schlechtere Durchströmung und damit Sauerstoffversorgung der Kieslaichflächen.
- Durch eine verlängerte Aufenthaltsdauer des Wasserkörpers im Konstanzer Trichter, im Seerhein und im Rheinsee sowie durch relativ geringere Wassertiefen könnte sich das Wasser in den Ausstrombereichen in heissen Sommern schneller und damit auch stärker erwärmen als bisher.
- Die Morphologie des Seerheins wird sich weniger schnell ändern als die Pegelstände; dadurch werden wahrscheinlich grössere Flächen der heute sehr seichten Uferbereiche (Brütlingshabitate) wegfallen und von nachwachsender Ufervegetation übernommen werden.
- Bisherige Laichplätze könnten künftig in zu flachem Wasser zu liegen kommen oder sogar trockenfallen. Möglicherweise können sie aber durch Areale ersetzt werden, die heute in etwas grösserer Wassertiefe liegen.
- Die Entwicklung des Wasserpflanzenwachstums wirkt dem Trend sinkender Pegel entgegen.

## 5.4 Morphologie, Struktur- und Vernetzungsdefizite

### *Der Konstanzer Trichter und der obere Seerheinabschnitt*

Vom Obersee her betrachtet ist der gesamte Bereich um den Konstanzer Trichter und den oberen Teil des Seerheins von Siedlung, Verkehrsinfrastruktur und hartem Uferverbau gesäumt (Abb. 5.15). Die Gewässersohle selbst ist natürlich geblieben. Die Sohle des Trichters ist seit einigen Jahren dicht mit wintergrünen Wasserpflanzen der Art *Potamogeton helveticus* bewachsen, die als dunklere Flecken auf dem Grund erkennbar sind. Nahe der Uferpromenade an der Seestrasse (rechts oberhalb der Alten Rheinbrücke in Bildmitte) zeigen Strömungstreifen und die Wasserpflanzen an, dass sich hier die Strömung stark beschleunigt. Die Schifffahrtsrinne (Bildmitte unten) orientiert sich am natürlichen Tiefen-Verlauf der Gewässersohle und ist durch Seezeichen kenntlich gemacht. Über den oberen Seerheinabschnitt führen noch zwei weitere Brücken, eine Fahrradbrücke und die Neue Rheinbrücke mit dem Abschluss zur Autobahn A1 (Bildhintergrund links).



*Abb. 5.15: Urbane Schönheit aber ohne natürliche Ufer. Der Blick über den Konstanzer Trichter in den oberen Teil des Seerheins zeigt den dichten und harten Uferverbau. Auf dem Grund des Trichters sind der Wasserpflanzenbewuchs und einige Strömungslinien zu erkennen. Foto: Rey.*

### *Morphologien des mittleren Seerheins*

Ab der Neuen Rheinbrücke ändert sich das Bild des Rheins. Blickt man von hier aus gegen Westen, bietet sich das idyllische Bild eines naturbelassenen Tieflandflusses mit breiten Schilfrändern fast ohne jeglichen menschlichen Einfluss (Abb. 5.16, 5.17).



*Abb. 5.16: Der Seerhein im Winter bei Niederwasserstand; Blick über den Schwanenhals nach Westen. An der Bleiche beginnt das Naturschutzgebiet Wollmatinger Ried. Der Bereich ist bis zum Ende des Seerheins nur noch an einer Stelle zugänglich. Foto: Rey.*



*Abb. 5.17: Unterer Abschnitt des Seerheins mit dem Wollmatinger Ried (links) und der Gemeinde Gottlieben (rechts) in Blickrichtung Osten. Von links kommend mündet der Kanal der KA Konstanz in den Seerhein. Im Hintergrund Konstanz und Kreuzlingen, der Konstanzer Trichter und ein Teil des Überlingersees. Foto: Rey.*

Dass aber auch hier starke Strukturveränderungen stattgefunden haben zeigt ein historischer Vergleich. Noch im Jahr 1887 weist die erste topografische Karte des Seerheins 29 offene Bach- und Grabenmündungen und 19 Stillwasserbuchten zwischen Konstanz und Triboltingen auf. Nach und nach sind diese durch Vorschüttung zum Gewinn von Siedlungsraum und Landwirtschaftsfläche sowie Zusammenlegungen und Verdohlungen zum Opfer gefallen (Abb. 5.18). Heute münden nur noch 11 Kleingewässer in den Seerhein und den oberen Rheinsee. Ihre Mündungsbuchten aber auch die ursprünglichen Buchten im Bereich des Wollmatinger Rieds sind auf eine Zahl von sechs geschrumpft. In dieser morphologischen Veränderung manifestieren sich heute deutliche Vernetzungsdefizite zu den Zuflüssen, während in früheren Zeiten z. B. in heissen Sommermonaten und bei Hochwasser noch ein Ausweichen der Fische in tiefe Mündungsbuchten möglich war.

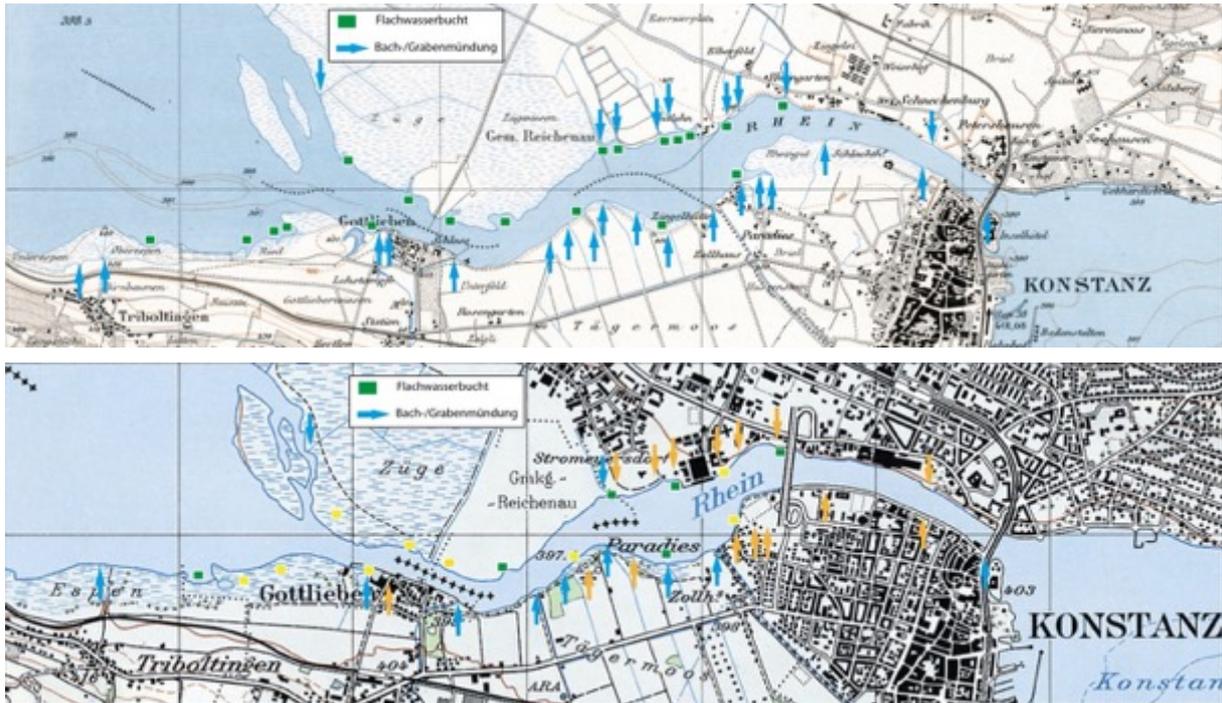


Abb. 5.18: Vergleich der Seerheinmorphologie zwischen den Jahren 1887 und 1991 (ab 1991 kamen nur noch Uferanlagen hinzu). Von den ursprünglich 27 Bach- und Grabenmündungen sind 100 Jahre später noch 11 funktionsfähig, aber in ihrer Struktur degradiert. Von den ursprünglich 19 ausgeprägten Flachwasserbuchten (inkl. Bachdeltas) sind 1991 noch 6 erhalten geblieben. Quelle: Swisstopo.

### Strukturgütekarte

Solchen Veränderungen wird auch in der IKGB-Uferbewertung aus dem Jahr 2006 Rechnung getragen (<https://www.igkb.org/aktuelles/bodensee-wasser-informationssystem-bowis/uferbewertung-und-renaturierung/>). Diese weist heute eine deutliche Zweiteilung in der Ufer- und Flachwasserqualität auf (Abb. 5.20 oben). Im oberen Teil des Seerheins sind die Ufer naturfremd und naturfern. Es existiert zwar eine Uferbank, aber kein funktionsfähiger Flachwasserbereich mit Kiesbankrändern. Danach bleibt die Uferlinie selbst zwar verbaut, weist aber zumindest einen kiesigen Übergang zur Ufermauer auf. Auf der rechten Rheinseite kam es im Rahmen der Erschliessung als Wohngebiet und Uferpromenade zwischenzeitlich zu solchen lokalen Kiesvorschüttungen, die in der vorliegenden Bewertung noch nicht berücksichtigt werden konnten, aber funktionell keine grösseren Aufwertungen erbrachten (Abb. 5.19).



Abb. 5.19: links: Uferverbau unterhalb der alten Konstanzer Rheinbrücke. Rechts: Kiesvorschüttungen vor der neuen Seerheinpromenade. Fotos: Rey.

Auch noch unterhalb der neuen Rheinbrücke bis zur Schweizer Grenze bleiben die Uferstrukturen beeinträchtigt, die Uferbank gewinnt aber mehr und mehr an Bedeutung. Vor allem auf der linken Rheinseite erreicht sie eine Breite von 185 m bis zur Schiffahrtsrinne. Bis hierher trifft man in Ufernähe bis auf die z.T. grosse Wassertiefe und die Wasserpflanzenbestände auf keine natürliche Deckungs-

strukturen für Fische. Die Fische nutzen hier deshalb v.a. die Boote an den mehreren Hundert Wasserliegeplätzen und die bis über 10 m langen Büschel des Schweizer Laichkrauts und anderer Wasserpflanzen als Deckung.

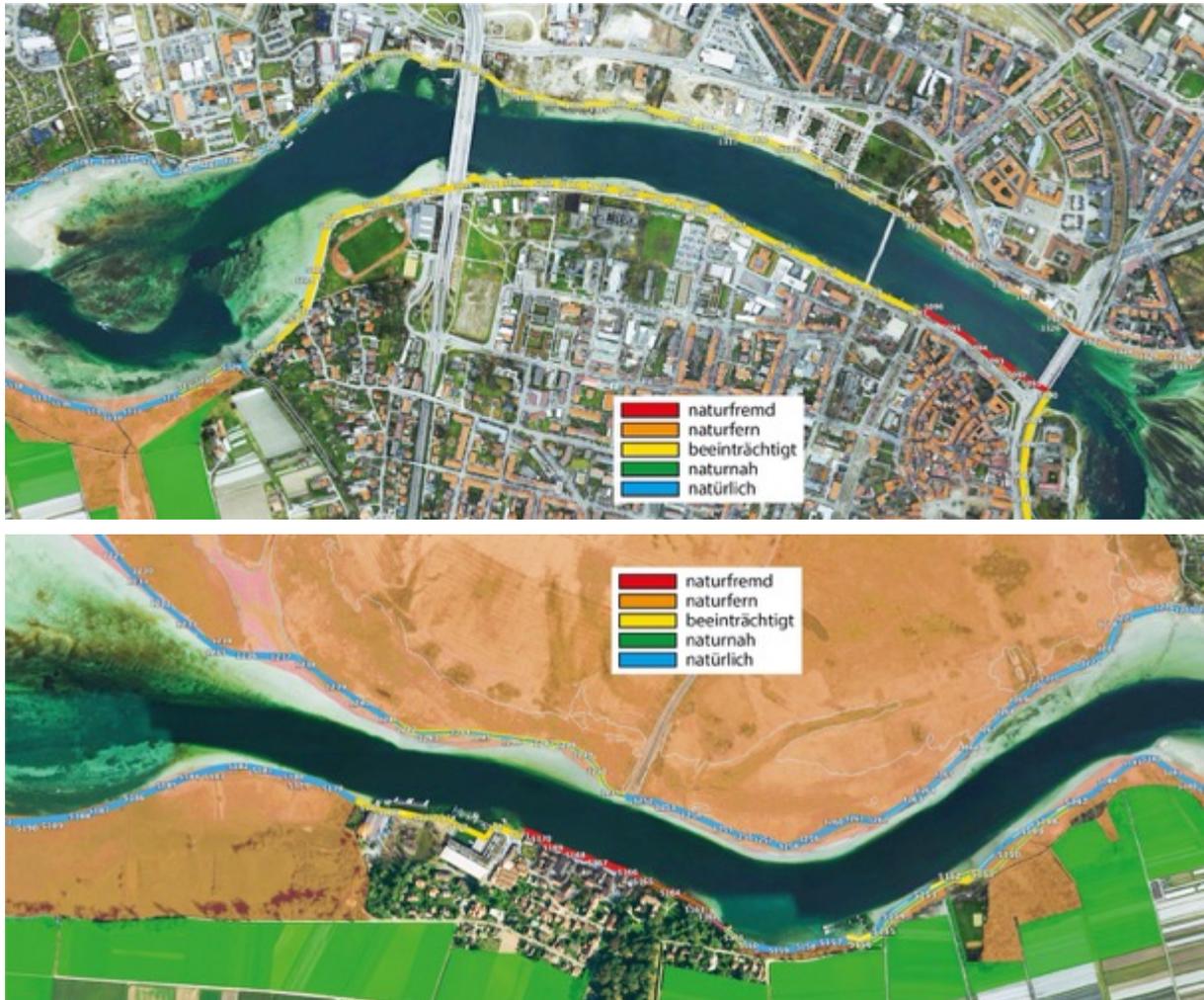


Abb. 5.20: Uferbewertung des Seerheins nach der Methode IGKB. Die in der Abbildung angegebenen Zahlen sind die Nummern der 50m-Abschnitte, der Intervalle, in denen die Uferqualität ermittelt wurde. Quelle: IGKB 2006.

### Vom Schwanenhals bis zum Rheinsee

Auf der rechten Rheinseite beginnt unterhalb der sog. «Bleiche», dem alten Industriegebäude der Fa. Stromeyer, ein Naturufer, zunächst schmal und dann am «Griessköpfe» in das Wollmatinger Ried übergehend. Auf der linken Rheinseite beginnt unterhalb der Grenze ebenfalls Naturufer. Dieses reicht mit wenigen Unterbrechungen bis nach Gottlieben und setzt sich dahinter fort, übergehend in das Schutzgebiet der Ermatinger Bucht. Im Schwanenhals trifft man auf beiderseits breite Uferbänke die sich auf Höhe Kuhhorn wieder stark verschmälern (Abb. 5.19, 5.20). Auf den Uferbänken liegt ein Mosaik verschiedener Substrate, von Sand über Schnegglisande bis zu unterschiedlich kolmatierten Kiesflächen ist alles vorhanden. Kies ist aber nur dort freigespült, wo eine permanent stärkere Strömung herrscht – vor der Bleiche, im Sommerweg der Schifffahrt und nahe der Uferbankkante vor dem Kuhhorn. Im Luftbild sind solche Flächen wieder an den Strömungstreifen und der Oberflächentextur erkennbar (Abb. 5.21, 5.22).



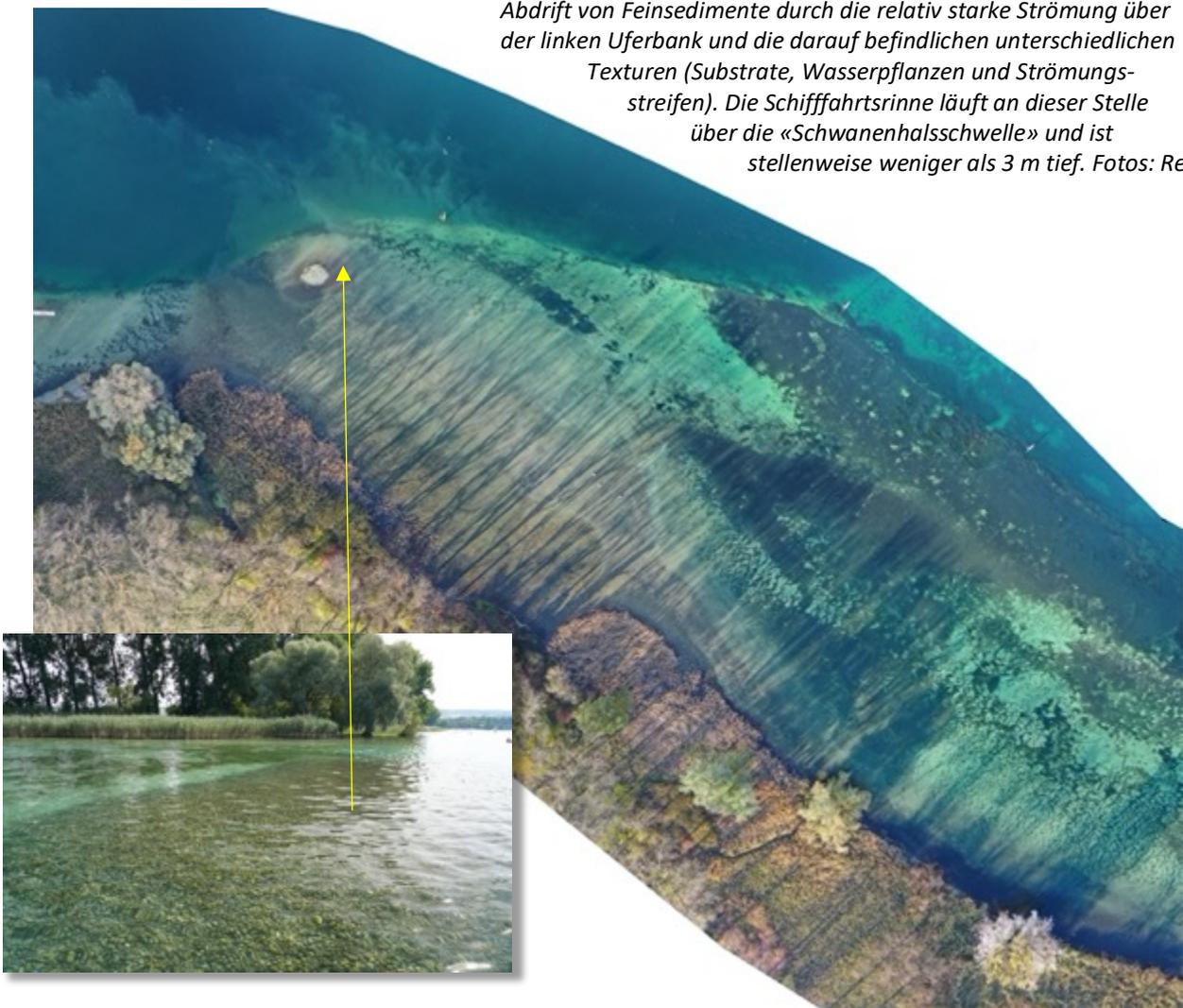
Abb. 5.21: Die Ufer um den oberen Teil des Schwanenhalses sind noch bis zur Ende der sog. Bleiche (langes Gebäude links) und der Schweizer Grenze (Pappel am rechten Bildrand) hart verbaut. Die Uferbank tritt aber auf beiden Seiten hervor und der Rhein fließt über eine Untiefe, die Schwanenhalschwelle. An der tiefsten Stelle (Bildmitte unten) verläuft die noch ca. 4 m tiefe «Winterrinne» der Rheinschifffahrt, die auch im Winter von grösseren Schiffen befahren werden kann. Nach links verläuft die seichte «Sommerrinne».



Abb. 5.22: Am «Griessköpfe» unterhalb der Bleiche sind breite Bänke von Schnegglisanden abgelagert. Im Winter und in trockenen Sommern fallen diese Bereiche regelmässig trocken (vgl. auch Abb. 5.10, oben links). Rechts daneben, zwischen den Seezeichen, verläuft die «Sommerrinne» der Rheinschifffahrt.

Eine Besonderheit weist die Uferbank am Kuhhorn auf. Hier wurden Ende der 1990er-Jahre grössere Mengen Kies eingebracht, die bereits auf Luftbilder gut zu erkennen ist (Abb. 5.23). Bei Niederwasserstand im Winter oder in trockenen Sommern fallen leider bis zu 80 % dieser Fläche trocken. Während die Kiesfläche für Winter- und Frühjahrslaicher nur sehr eingeschränkt nutzbar ist, hatte sie sich schon schnell zu einem bevorzugten Laichareal von Döbeln entwickelt. Auch Schmerlen haben diesen Kies als Lebensraum angenommen (BRUMM et al. 1998). Aktuell zeigt sich die Fläche in den Sommermonaten noch immer locker und frei von feinem Substrat und zeigt damit, dass es auf der Uferbank des Seerheins ein gutes Potenzial für den Massnahmentyp des Kieseintrags bzw. der Kieslockerung gibt.

*Abb. 5.23: Im Bereich des Kuhhorns sind im Luftbild mehrere interessante morphologische Strukturen erkennbar: eine alte Kiesschüttung, bei Niederwasser von Wasservögeln besucht; die Abdrift von Feinsedimente durch die relativ starke Strömung über der linken Uferbank und die darauf befindlichen unterschiedlichen Texturen (Substrate, Wasserpflanzen und Strömungsstreifen). Die Schifffahrtsrinne läuft an dieser Stelle über die «Schwanenhalschwelle» und ist stellenweise weniger als 3 m tief. Fotos: Rey*



Zwischen Kuhhorn und Rheinseeschwelle sind auf der Uferbank nur noch wenige kiesige Flächen vorhanden (diese nehmen linksrheinisch vor der Ortslage Gottlieben noch einmal zu). Die Uferkante (Scharkante) an der sich immer wieder viele Fische konzentrieren, ist ab dem Schwanenhals und im Ermatingerbecken meist mit einem sandig-schlammigen Substrat überdeckt (Abb. 5.24, 5.25), nur selten trifft man auf eine stabilere Sohle. Ab dem Kuhhorn trifft man beidseits immer wieder auf natürliche Deckungsstrukturen (überhängende Bäume, Totholz, Abb. 5.26).



Abb. 5.24: Barsche (links) und Schuppenkarpfen an der sandbedeckten Halde zwischen Uferbank und tiefer Rinne des Seerheins auf Höhe Gottlieben (rechte Rheinseite) Fotos: Werner, Hydra.



Abb. 5.25: Kante zwischen Uferbank und tiefer Rinne (Scharkante), ein oft mit Wasserpflanzen bewachsener, beliebter Aufenthaltsort von Schwarmfischen. Foto: Rey.



Abb. 5.26: Auf der rechten Rheinseite gegenüber dem Kuhhorn existiert auf einem kurzen Abschnitt noch intakter Uferwald mit guter Beschattung des Flachwasserbereichs und Totholzbürgen. Das Bild belegt auch die durch Totholz induzierte Strikturierung (Bildmitte) der Flusssohle. Foto: Rey.

An mehreren Stellen auf Schweizer Seite wurde an der oberen Uferbankkante Kies eingetragen, um den direkten Uferbereich als Erholungsort oder als Badi zu nutzen (Abb. 5.27). Dieser Kieseintrag ist

für kieslaichende Fische aufgrund seiner Exposition, teilweise auch wegen seiner zu groben Korngrösse nicht nutzbar.



Abb. 5.27: Kiesvorschütten vor der Badi Gottlieben (links) und am Rastplatz Kuhhorn (rechts) reichen nur bis in die oberste Wasserwechselzone und sind für kieslaichende Fische nicht nutzbar. Foto: Rey

Auf harten Uferverbau und Überbauung der Uferbank mit Hafenanlagen trifft man wieder im Bereich Gottlieben. Der hier vermehrt kiesige Grund fällt daher leider weitestgehend als Laichhabitat aus – allerdings mit einem verbleibenden Aufwertungspotenzial. Von hier aus bis zum «Chöpfli» gibt es noch zwei weitere Kiesvorschüttungen. Beide reichen nur wenig in den Flachwasserbereich (Abb. 5.28).



Abb. 5.28: Oben: Uferverbau und Hafenanlagen im Westen Gottliebens; unten: Kiesschüttungen vor dem Chöpfli. Fotos: Rey.

### **Das untere Ende des Seerheins**

Unterhalb des Chöpfli weitet sich der Seerhein zum Rheinsee und fliesst über die Rheinseeschwelle in zwei Armen Richtung Ermatingen. Ab hier sind anthropogene Veränderungen eine Seltenheit. Lediglich die Schleifspuren von Ankern und die Seezeichen, die die Fließrinne begrenzen zeugen von der hier im Sommer intensiven Kurs- und Freizeitschiffahrt (Abb 5.29). Zwischen dem Chöpfli und der Insel Langenrain öffnet sich der Seerhein zum Rheinsee, die Flussrinne bleibt bis Ermatingen erhalten und teilt sich über ca. 300 m Länge noch einmal in zwei Rinnen auf.



*Abb. 5.29: Ab der Rheinseeschwelle unterhalb von Gottlieben verläuft der morphologisch nun natürliche Rhein als Rheinsee Richtung Ermatingen. Dabei zweigt er sich in zwei Fließrinnen auf, die sich nach ca. 300 Metern wieder treffen. Foto: Rey.*

## 5.5 Geschiebedefizite, Kolmationen

### **Laichsubstratqualität**

Geschiebedefizite beschränken Zahl und Grösse möglicher Laichplätze, die ansonsten gute bis sehr gute Eigenschaft aufweisen (z. B. hinsichtlich Korngrösse, Wassertiefe, Strömung u.a.). Im Vergleich zu grösseren Flüssen ist die Geschiebdynamik und damit auch die Erneuerungsrate der Kieskörper in den meisten Seeabflüssen eher gering. Sie wird dann zum Problem für die Reproduktion von Kieslaichern, wenn die obersten Interstitialräume des Laichsubstrats kolmatiert (s.u.) und deshalb kein sauerstoffreiches Wasser mehr an das Gelege kommt.

Aus dem Seerhein (BRUMM et al.) und aus verschiedenen Studien, bei denen das Laichplatzangebot für die Seeforelle thematisiert, ist bekannt, wo und in welcher Form Geschiebemangel zur Einschränkung des Reproduktionspotenzials für Kieslaicher führt. Dieselben Grundlagen können auch wieder für das Förderprogramm zugunsten der Äsche verwendet werden, wenn es z. B. später um eine optimale Lokalisierung allfälliger Kiesschüttungen und Kieslockerung geht.

### **Kolmation – die Versiegelung der Gewässersohle**

Bei einer Kolmation wird die Gewässersohle verdichtet und verfestigt. Dies führt dazu, dass der Wasseraustausch zwischen dem Fluss und dem Kieskörper (Interstitial) nach und nach abnimmt und auch gänzlich unterbrochen werden kann. Kolmationen können im Seerhein durch folgende Prozesse gefördert werden:

- durch den Eintrag von Feinsedimenten in die kiesige Sohle (durch den Abfluss klaren Wassers aus dem Bodensee im Seerhein eher unwahrscheinlich);
- durch Aufwirbelung von Feinsedimenten aus den Uferbereichen und Wiedereintrag in die Sohle;
- durch Aufwirbelungen von Feinsedimenten durch den Schiffsbetrieb;
- durch zeitweilige Austrocknung der Wasserwechselzonen in den Flachwasserbereichen und Verfestigung;
- natürliche geogene (Calzitfällung) und biogene (durch Algen) Kalkbildung am Kies und «Verkleben»;
- durch das Überwachsen der Sohle mit koloniebildenden sessilen Muscheln (*Dreissena polymorpha* und *D. rostriformis*) (Abb. 5.30 links).



Abb. 5.30: links: Die dicht mit Zebra- und Quaggamuscheln besiedelte Sohle im Konstanzer Trichter unterbricht den Wasseraustausch zwischen dem Flusswasserkörper und dem Kieskörper (Interstitial). Rechts: An einer Klarwassereinleitung an der Seestrasse (Konstanzer Trichter) wird die Sohle tiefgründig erodiert, so dass die Sohlschichtung gut erkennbar ist. Der Kieskörper ist unter der Oberfläche locker; in der obersten Sohlschicht kam es zu Feinsedimenteintragen und damit zu mässigen Kolmationsprozessen. Fotos: Rey.

Vor allem die letztgenannte Form der Sohlenkolmation hat in den letzten drei Jahren stark zugenommen, da die bisher im Seerhein siedelnde Zebrauschel (*Dreissena polymorpha*) von der in deutlich höheren Dichten siedelnden Quaggamuschel (*D. rostriformis*) nach und nach abgelöst wurde.

## 5.6. Schiffsverkehr

Auf dem Seerhein verkehren zwischen dem 5. April und dem 20. Oktober jeden Jahres mehrere Kursschiffe und «Wasserbusse». Hinzu kommen v.a. im Sommerhalbjahr täglich mehrere Hundert motorisierte Freizeitboote.

### Wellenschlag & Wellenreflexionen

Jedes dieser Schiffe erzeugt (vor allem bei der sog. «Aufwärtsfahrt») Bugwellen, die am Ufer auflaufen. An flachen Ufern führt dies zu einem Wellenauf- und Rücklauf, bei dem Uferflächen kurzzeitig benetzt werden und danach wieder trockenfallen. Zudem wird Ufersediment aufgewirbelt. Eine von uns am Hochrhein bei Hemishofen 2012 durchgeführte Untersuchung (WERNER et al. 2013) hat gezeigt, dass bei diesem Wasserwechsel vor allem Äschenlarven stranden können da sie bei Beginn der Kursschiffahrt noch schwimmschwach sind und passiv ans Land gespült werden (Abb. 5.31).

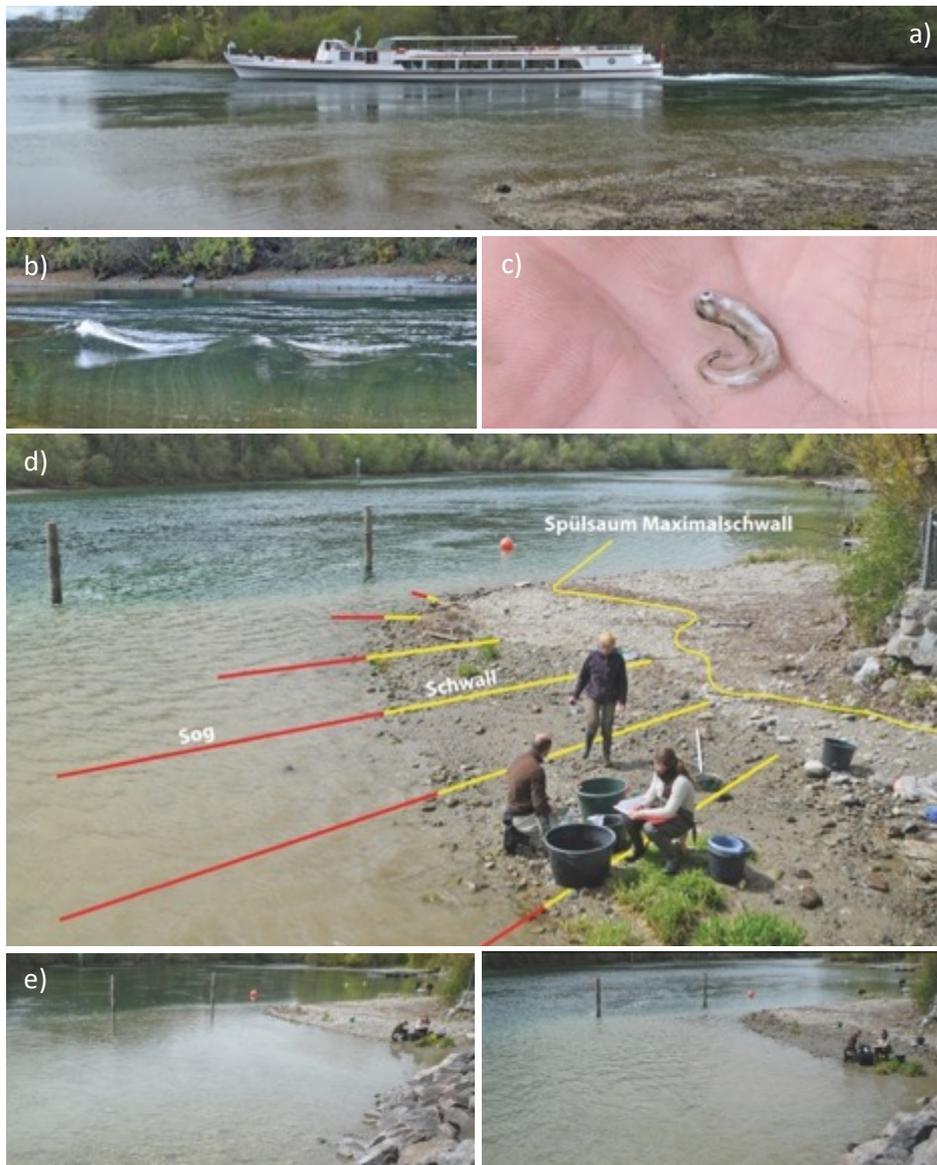


Abb. 5.31: Effekte des Wellenschlags an der Untersuchungsstelle Hemishofen:

a): Das Personenschiff der Route Konstanz-Schaffhausen fährt zwischen 11:45 Uhr und 17:30 Uhr täglich acht mal an Hemishofen vorbei;

b) Bugwellen von > 0,5 m Höhe sind keine Seltenheit;

c) durch Wellenschlag gestrandete Äschenlarve aus dem Spülsaum;

d) Dimensionen des Wellenschlags an einer flachen Uferstelle in Hemishofen; deutlich zu erkennen ist auch die durch die Wellen verursachte starke Trübung des Schwall- und Sogbereichs;

e) Blocksteinufer direkt vor, f) rund 10 Minuten nach dem Wellenschlag durch ein Passagierschiff; die Eintrübung ist noch deutlich erkennbar.

Bei starkem Bootsverkehr im Konstanzer Trichter und im Seerhein überlagern sich die Bugwellen vieler Schiffe und die dadurch entstehenden Wellen bauen sich auf. Dazu kommt eine starke Wellenreflexion auf den Abschnitten, auf denen das Ufer durch Ufermauern und Uferanlagen hart verbaut ist (Abb. 5.32). An den Ufern wird dadurch eine Aufwirbelung der Sohle bis auf ca. 1 m Wassertiefe verursacht. Erst auf Höhe des Schwanenhalses mit Beginn der ein- oder beidseitigen Flachuferbereiche kommt es wieder zu einem Auslaufen der Wellen (s.o.) und in dessen Folge zu einer Wellenflächung.



Abb. 5.32: Oben links: Die durch Motorschiffe erzeugten Bugwellen reflektieren an der Ufermauer. Oben rechts: die sich nach und nach aufbauenden «spitzen» Wellen führen zu einer Aufwirbelung von Feinsedimenten auf der Sohle bis in ca. 1 m Wassertiefe. Unten: Alte Rheinbrücke bei Konstanz, Blick nach Osten: Während der See im breiteren Teil der Konstanzer Bucht (Bildhintergrund) eine glatte Oberfläche aufweist, bauen sich im Konstanzer Trichter und vor allem im oberen Seerheinabschnitt im Verlauf des Tages Wellenberge auf, die durch überschneidende Bugwellen und Wellenreflexionen am Uferverbau entstehen. Fotos: Rey.

### **Sohlenaufwirbelungen**

Einzigste Anlegestation im Seerhein war bis anhin der Anleger an der Ufermauer in Gottlieben. Seit 2018 wird ein neu gebauter Anleger am ehemaligen Great-Lakes-Areal oberhalb der neuen Rheinbrücke angefahren. Im Gegensatz zum Gottlieber Anleger müssen die Schiffe hier eine starke Kuve fahren. Beim Anlegemanöver kommt es regelmässig zu starken Aufwirbelungen der Rheinsohle. Solche Aufwirbelungen und die daraus resultierenden Trübungen können zur Störung der Jungfischbiozönose und – da es hierdurch zu Strömungswechsel am Uferstrand kommt – auch wieder zum Stranden schwimmschwacher Fischlarven führen. Ähnliche Sohlenaufwirbelungen konnten auch im Bereich des Schifffahrtsamtes (Manöver von Schulschiffen und Feuerwehrbooten) und des Polywerftanlegers (grosse Motoryachten) dokumentiert werden.

### **Zerstörung von Laichplätzen**

VON DEM BORNE weist bereits 1881 darauf hin, dass sich die Äsche im Seerhein durch die Dampfschiffahrt sehr vermindert hat, weil dadurch «viel Eier verdorben werden». Damit weist er auf den Sachverhalt hin, dass die grösseren Schiffe im Konstanzer Trichter und den Seerhein auch seichtere Stellen befahren, wodurch die Sohle direkt (mechanische Erosion durch Aufkratzen, Ausgraben) oder indirekt (Strömungserosion durch starke Verwirbelungen) geschädigt wird. Da die Äschenlaichplätze stets an seichteren Stellen angelegt wurden, war die Schädigung der Gelege damals wahrscheinlich wirklich eine bedeutende Ursache für den Äschenrückgang und könnte trotz anderer Antriebsarten auch heute noch eine Rolle spielen. Die aktuelle Schifffahrtsrinne trägt der unterschiedlich guten Befahrbarkeit in Abhängigkeit der Pegelstände Rechnung. Im Schwanenhals gibt es eine Winter- und eine Sommerrinne. Letztere darf erst ab höheren Pegelständen von Booten mit geringerem Tiefgang befahren werden. Auf diesen Flächen befanden sich historisch aber auch Äschenlaichplätze. Gelingt es, diese Flächen wieder als Laichplätze zu reaktivieren, dann stellt auch die Freizeitschifffahrt durch die Sommerrinne künftig ein grösseres Problem dar als in den vergangenen Jahrzehnten.

## **5.7 Fischfressende Vögel und andere Prädatoren**

Über den Prädationsdruck von Gänsesäger und Graureiher auf die Fische im Bodenseegebiet ist noch wenig bekannt. Nachweislich sehr gross ist der Einfluss der Kormorane am Bodensee selbst und in seinem Hinterland. Bereits 1992 berichten STAUB et al. über die ersten Ergebnisse von Magen- und Speiballenuntersuchungen von Kormoranen im Rhein zwischen Stein und Diessenhofen. Demnach lag damals der Anteil der Äschen an der Kormorananahrung bei 68% (STAUB et al. 1992).

Zwischenzeitlich hat sich der Kormoranbestand am Bodensee, insbesondere auch im Bereich von Seerhein und im Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen vervielfacht. Aus diesem Grund wird dieser Vogelart als Prädatör derzeit die grösste Aufmerksamkeit geschenkt. Eine im Auftrag der IBKF (Arbeitsgruppe Kormoran) angefertigte Studie [REY & BECKER 2017] fasst die Gefährdungssituation der Bodensee- und Rheinfische zum Stand 2017 zusammen und kommt zum Schluss, dass ein Management der Kormoranbestände am See allein schon aus Artenschutzgründen unumgänglich ist.

### **Kormoran-Prädationsdrucks am Bodensee**

Kormorane sind reine Fischfresser, in ihrer Beutewahl sind sie Nahrungsopportunisten, d.h., sie fressen die Fische, die in ihrem Jagdgebiet vorkommen und die sie mit dem geringsten Energieaufwand erbeuten können. Zunächst werden dabei Fische zwischen 15 cm und 35 cm Länge bevorzugt (HELLMAIR & SCHOTZKO 2016, SCHELLING & NIEDERER 2018).

Der Prädationsdruck durch Kormorane wirkt vor allem auf Fischarten, die sich zu bestimmten Zeiten an gut einsehbaren Orten sammeln (z. B. zur Laichzeit). Deshalb gelten v.a. Äschen und Nasen als die in Fließgewässern am meisten durch Kormorane gefährdeten Fischarten [SCHNEIDER et al. 2015, REY & BECKER 2017]. Vor einem Start eines Massnahmenprogramms zur Förderung der Äsche muss die Frage diskutiert werden, ob der Prädationsdruck durch Kormorane die natürlichen Äschen-Reproduktion im Bodenseegebiet und speziell im Seerhein und Umgebung so stark beeinflussen kann, dass auch mögliche Erfolge eines Förderprogramms davon abhängen.

Seit den späten 1990er-Jahren wurden grössere Gruppen Kormorane aus den Kolonien am Bodensee sowie durchziehende Vögel beim Jagen im Seerhein und im Hochrhein, in den Flüssen im Einzugsgebiet, vor allem aber auch in den St. Gallischen, vorarlbergischen und liechtensteinischen Binnenkanälen beobachtet und mit Kormoranwachen wenig erfolgreich, da nur selten koordiniert, vergrämt (u.a. LUNARDON 2000, KISTLER, EGLOFF, WASEM, WALTER, RUHLÉ, FEHR, KINDLE, ZOTTELE u.a., pers. Mitt.). Im Rahmen der zu dieser Zeit laufenden Besatz- und Massnahmenprogramme konnten hohe Verletzungsraten bei allen grösserwüchsigen Fischarten festgestellt werden [z. B. LUNARDON 2000]. Dabei waren vor allem auch Verletzungen an Äschen häufig. Im Seerhein war dies nicht der Fall, da die Äschen im Fang nur sehr selten vorkamen.

Von 1995 rund 200'000 Kormorantagen am gesamten Bodensee stieg der Prädationsdruck auf über 630'000 Kormorantage im Jahr 2018 an; allein im Bodensee stieg die Fischentnahme durch Kormorane in derselben Zeit von 70 Tonnen/a auf über 250 Tonnen/a an [REY & BECKER 2017]. Zwischenzeitlich (Stand Januar 2019) kann von einer Fischentnahme durch Kormorane von knapp 350 t/a ausgegangen werden (Kormorandaten der OAB, Daten der Fischereiforschungsstelle BW) und liegt dabei in einer ähnlichen Grössenordnung wie der Fangertag der Berufsfischer am See (Abb. 5. 33).



Abb. 5.33: Fischentnahme durch Kormorane im gesamten Bodensee und Seerhein, Stand: Dezember 2018 sowie die für die Fischentnahme relevanten Bemessungskriterien. Quellen: Vogelzählungen der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee (OAB), Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg (FFS), IBKF).

Obwohl Kormorane als besonders effiziente Fisch-Prädatoren bekannt sind, entkommen ihnen immer wieder einzelne Individuen und werden später im Rahmen von Elektrofischungen, in Trappnetzen oder anderen Fanggeräten wiedergefunden. Die dem Kormoran entkommenen Individuen weisen oft typische Biss- und Schnittverletzungen auf, die eine Zuordnung leicht machen: V-förmiger, beidseitiger Biss (max. Winkel ca. 20°) mit sog. Nagelstich (durch Haken an der Schnabelspitze).

Für den Bodensee und sein Hinterland wurden die Verletzungsraten an verschiedenen Fischarten untersucht. Äschen wiesen dabei Verletzungsraten von > 50% der gefangenen/ untersuchten Individuen auf (Maxima im Hochrhein). Ähnlich hohe Verletzungsraten wurden nur noch bei Hechten (5-50%), Schleien (16,9 – 49%), Welsen (bis max. 60%) und Karpfen (bis max. 38%) nachgewiesen [in REY & BECKER 2017]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Chance für den Fisch, dem Kormoran zu entkommen, mit seiner Grösse steigt und dass deswegen bei Fischen über 40 cm Länge die Verletzungen relativ häufiger sind als bei kleineren Individuen.

Dies, die Magenuntersuchungen an geschossenen Kormoranen und auch verschiedentlich durchgeführte Speiballenanalysen deuten daraufhin, dass Äschen zu der bevorzugten Nahrung der Kormorane im Fouragierradius des Bodensees zählen.

### **Spezielle Situation am Seerhein**

Der beschleunigte Rückgang der Äschen im Seerhein, der irgendwann um 1990 begann (BRUMM et al. 1998), fiel zeitlich mit dem vermehrten Aufkommen von Kormoranen im Einzugsgebiet zusammen.

Mit seiner Lage innerhalb der Fouragierradien von mindestens drei grossen Kormorankolonien sind der Seerhein, das Ermatingerbecken und die Konstanzer Bucht einem besonderen Prädationsdruck unterworfen (Abb. 34).

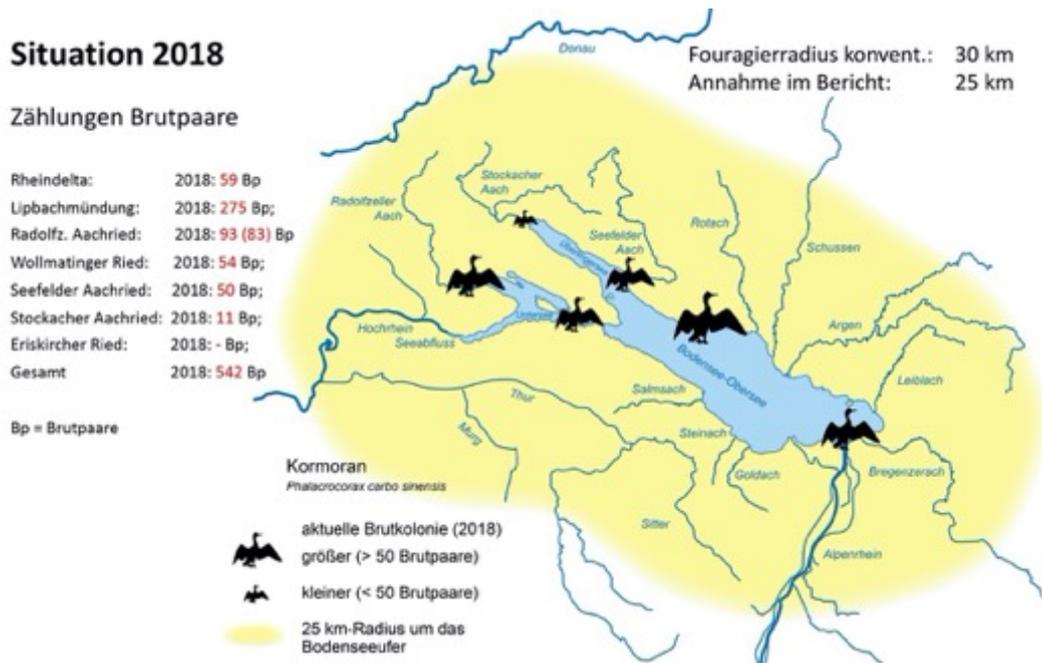


Abb. 5.34: Kormorankolonien am Bodensee und aktuelle Brutpaarzahlen, Stand 2018 (aus Rey & Becker, 2017, aktualisiert). Quellen: Vogelzählungen der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee (OAB), Fischereiforschungsstelle des Landes Baden-Württemberg (FFS), IBKF).

Betrachtet man den Einflussbereich jagender Kormorane hinsichtlich der aktuellen Brutkolonien und nimmt hierfür einen konventionellen Fouragierradius (Radius von Schlafbaum/Kolonie bis zum entferntesten Jagdrevier) von 30 km an, dann überschneiden sich die Jagdgründe der Vögel aus 5 von 6 Brutkolonien zwischen Rheinsee und Konstanzer Bucht (Abb. 5.35). Dieser ganzjährige Prädationsdruck liegt theoretisch über demjenigen im Hochrhein bei Stein a. Rhein, wo seit Jahren eine erhebliche Beeinflussung der Äschenbestände durch Kormorane nachgewiesen ist.



Abb. 5.35: Lage der aktuellen Brutkolonien von Kormoranen am Bodensee und Überschneidung der Fouragieradien dieser Kolonien. Zwischen Rheinsee und Konstanzer Bucht überschneiden sich die Radien von 5 der 6 am Bodensee brütenden Kolonien.

### Kormorankolonie im Wollmatinger Ried

Seit 2015 gründete sich eine Kormoran-Brutkolonie im Wollmatinger Ried auf der Unterseeinsel Langenrain mit nur einem Brutpaar. 2016 wurden 5 Brutpaare gezählt, der Bruterfolg blieb aber aus. Erst 2018 wuchs die Kolonie mit 54 Brutpaaren stark an (Daten OAB).

Offizielle Zählungen von 2019 liegen noch nicht vor. Bei einer Seerheinbefahrung am 25.07.2019 konnten wir 74 Nester und 8 Nestreste (?) dokumentieren, 123 Kormorane sasssen unter Tags auf vier Brut- und zwei Schlafbäumen (alles grosse Silberweiden), 8 Vögel jagten im Bereich der Brutbäume und fünf Vögel im Seerhein vor dem Chöpfli. Die Vögel liessen sich durch den an diesem Tag intensiven Boots- und Badebetrieb nicht stören (Abb. 5.36). Im November 2019 durchgeführte Zählungen lagen bei Grössenordnung von 272 Kormoranen zwischen dem Griessköpfle (unterhalb Bleiche) und der Insel Langenrain (LANG, mündl. Mitt). Diese Zahlen werden durch eigene Beobachtungen gestützt.

Nach den neuesten bereits verfügbaren Zählungen der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee (OAB) aus dem Winter 2018/19 lagen die maximal beobachteten Kormoranzahlen in der Ermatinger Bucht und im Seerhein zwischen 373 (29.11.18) und 500 Individuen (24.10.18 und 3.11.18). Diese Zahlen wurden zu einem Zeitpunkt erhoben, als die Kormoranzahlen über den gesamten See mit 3'332 Individuen ihr bisherigen Höchstwert erreicht hatten (vgl. Tab. 5.1).

### **Beobachtungen jagender Kormorane**

Hauptjagdgebiet der Kormorane im Betrachtungsgebiet sind der Konstanzer Trichter und der Schwanenhals unterhalb der neuen Rheinbrücke. Im Trichter konnten mehrfach bis zu 300 jagende Kormorane beobachtet und auch dokumentiert werden (Abb. 5.36).



*Abb. 5.36: Kormorane jagen im Konstanzer Trichter in einem Bereich, in dem im Frühjahr die Äschenlaichgruben angelegt werden. Oben: Blickrichtung Alte Rheinbrücke; unten: Blickrichtung Seepromenade Foto: Lang, 2011.*

Nach sehr konservativer Abschätzung decken zwischen Rheinsee und der Konstanzer Bucht (ca. 150 ha) im Jahresmittel mindestens 50 Kormorane ihren Tagesbedarf an Fisch (inkl. Durchzügler und Jungvögel). Bei 400 g Nahrungsaufnahme pro Tag entspricht dies einer Fischentnahme von 20 kg Fisch/d und 7,3 t Fisch pro Jahr. Das sind rund 48 kg/ha/a Fischentnahme (über die gesamte Bodenseeefläche wurde eine Entnahme von 5,69 kg/ha/a abgeschätzt).



Abb. 5.37: Kormoran-Brutkolonie im Wollmatinger Ried. Oben: Lage der Brut- und Schlafbäume am Seerhein und vor Langenrain. Mitte links: Brutbaum 1; Mitte rechts: Schlafbaum 1. Unten: Brutbäume 2-4.

## 5.8 Weitere und «unabsichtliche» Prädatoren

### **Gänsersäger, Graureiher & Co.**

Während der grosse Einfluss des Kormorans auf die Fischzönose des Bodensees und des Seerheins – insbesondere auch der Äschen im Seeabfluss bei Stein am Rhein – zwischenzeitlich unumstritten ist, gibt es weitere potenzielle Prädatoren auf die unterschiedlichen Jahrgangsklassen der Äschen im Seerhein. Auch hier sollen zunächst die fischfressenden Vögel betrachtet werden. Tabelle 5.1 zeigt den letzten Stand der Wasservogelzählungen im Winter 2018/2019 über den gesamten Bodensee. Neben den massiv gestiegenen Zahlen der bereits thematisierten Kormorane lassen sich kaum ungewöhnlich hohe Zahlen von Fischprädatoren ausmachen, die bevorzugt im Seerhein jagen und sich potenziell auf einen sich wiedererstarkenden Äschenbestand auswirken könnten. Ein Fragezeichen bleibt vielleicht noch hinter den rasch anwachsenden Zahlen expansiver Grossmöwenarten wie der Mittelmeermöwe. Deren weitere Bestandsentwicklung ist sicherlich in den nächsten Jahren noch zu beobachten. Die hohen Zahlen an Haubentauchern und zunehmend auch Schwarzhalstauchern ernähren sich bevorzugt von 0+-Barschen und greifen dabei an der Kompensationsmortalität der häufigen Fischarten ein.

Tab. 5.1: Auszug aus den Ergebnissen der Wasservogelzählung der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee im Winterhalbjahr 2018/2019. Quelle: Bauer, Werner, Jakobi in OR 232.

Arten	2018				2019			
	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.
Haubentaucher	6'883	8'041	7'771	10'060	4'734	11'509	9'362	7'731
Schwarzhalstaucher	299	530	819	828	708	1'354	1'754	2'120
Kormoran	1'988	3'332	1'845	1'703	1'331	1'630	1'529	2'489
Rostgans	1'473	945	659	603	775	782	214	59
Stockente	10'621	12'047	12'964	13'329	11'334	9'467	3'461	2'165
Reiherente	2'322	10'088	35'095	49'775	51'148	45'960	11'931	632
Gänsesäger	613	127	983	1'085	1'221	1'144	285	211
Graureiher	422	437	481	484	357	256	130	126
Mittelmeermöwe	579	846	449	536	270	270	237	278

### **„Raubfische“**

Als relevante Prädatoren mittelgrosser Fischarten des Seerheins, zu denen auch die Äsche zählt, kommen auch Raubfische, vor allem Hechte und Welse in Frage. Als Folge warmer Jahre und höherer Wasserstände im Frühjahr sind die Bestände des Hechts im Bodensee und Rhein stark angestiegen. Die von Angelfischern bereits früh bemerkte Entwicklung spiegelt sich nun auch im Berufsfischerfang wider ([www.ibkf.org](http://www.ibkf.org)).

Der Welsbestand hat nach dem Hitzesommer 2003 massiv zugenommen und sich danach auf einem hohen Niveau stabilisiert. Die damals geschlüpften Jungwelse tauchen seit einigen Jahren als bis zu 2 m lange Riesenfische vor allem im Anglerfang auf. Seither ist auch von einer entsprechend umfangreichen Reproduktion der Art auszugehen, die sich auch an der Zahl der Jungwelse im Rheinfischerfang manifestiert. Insofern stellt dieser «Spitzenräuber» des Bodensees auch eine latente Gefahr für seltenere Fischarten dar.

### **Tauchenten, Schwäne und Gründelenten**

Daneben wird vielerorts aber auch diskutiert, ob gründelnde Wasservögel, allen voran der Höcker-schwan und die Stockente, bei einem Massenaufreten zur Laichzeit der Kieslaicher einen Einfluss auf das Laichsubstrat haben. Zur Reiherente schreibt SCHÄFFER 2013 (<https://www.dda-web.de/>): «Die überwiegend tierische Nahrung besteht hauptsächlich aus Muscheln und Schnecken, je nach Jahreszeit ergänzt durch andere im Wasser lebende Kleintiere, zum Beispiel Insekten, kleine Fische und Amphibien...» Da es sich bei der hohen Zahl an Tauchenten überwiegend um Wintergäste handelt, die

die neozoischen Zebra- und Quaggamuschel abweiden, sind sie ab April kaum mehr eine potenzielle Gefahr für Äschen-Jungfische.

Dies gilt nicht für die hohe Zahl an Stockenten und v.a. Höckerschwänen. Ihr Einfluss auf Wasserpflanzenbestände wurde schon umfassend in der Literatur behandelt. Ihr Einfluss auf das Laichsubstrat von kieslaichenden Fischarten und auf deren Gelege wird noch heftig diskutiert. Damit gemeint ist die Hypothese, dass Schwäne und Gründelenten, die bei der Nahrungsaufnahme das Substrat aufgraben, dabei mehr oder weniger unabsichtlich auch Laichgruben zerstören und Fischlaich fressen. Entsprechende Beobachtungen wurden z. B. in der Aare unterhalb des Thunersees gemacht, wo Höckerschwäne von Äschen angelegte Laichgruben durchwühlten, weshalb spätere Kiesschüttungen zur Förderung der Äschenreproduktion über einer grösseren Wassertiefe erfolgten (GUTHRUF & GUTHRUF 2005). Wenn dies auch im Seerhein und Konstanzer Trichter der Fall sein sollte, dann hätte es erhebliche Auswirkungen auf das Reproduktionspotenzial der Kieslaicher. Nach Angaben der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee (OAB, Ornithologischer Rundbrief Nr. 230, Oktober 2018) hielten sich 2018 während der Mauser im Bereich Seerhein-Ermatigerbecken nördlich bis Reichenaudamm maximal 2067 Höckerschwäne auf (vgl. aktuelles Bild in Abb. 5.38). Im Schnitt lag der lokale Bestand hier bei 1800 bis 2000 Individuen. Im Konstanzer Trichter konnten nach eigenen Beobachtungen an mehreren Tagen im Sommer 2019 über 200 Schwäne gezählt werden.



Abb. 5.38: Bereits auf diesem Ausschnitt der Ermatiger Bucht bis zum Inseldamm der Insel Reichenau sind fast dreihundert kleine weisse Punkte erkennbar. Dabei handelt es sich zum überwiegenden Teil um Höckerschwäne (*Cygnus olor*). In der gesamten Bucht hielten sich nach Zählungen der OAB während der Mauser 2018 über 2000 Individuen auf. Unten links: Gründelnde Höckerschwäne unter der Neuen Rheinbrücke im Seerhein; unten rechts: sog. «Schwanenloch» auf der Flusssohle an derselben Stelle. Foto: Rey (12.11.2019).

## 6 Lebensraumpotenziale für die Äsche im Seerhein

Die folgenden Potenzialabschätzungen wurden anhand vorhandener Informationen und den bekannten Lebensraumsprüchen der Äsche aufgestellt. Eine Überprüfung dieser Abschätzungen fand bisher nur stichprobenartig statt. Vor Beginn eines allfälligen Förderprogramms sollten diese Angaben weiter präzisiert werden.

### 6.1 Lebensraumsprüche der Äsche

Für die künftigen baden-württembergischen Gewässerentwicklungsprogramme wurden anhand der Lebensraumsprüche verschiedene Fokus-Fischarten fischökologisch funktionsfähiger Strukturen und Teil-Lebensräume in Fließgewässern ermittelt [BECKER & ORTLEPP 2019] und zu sogenannten **Ökotoxen** kombiniert. Diese entsprechen den minimalen Ausdehnungen von Lebensräumen, die für einen vollständigen Lebenszyklus der Äschen zur Verfügung stehen müssen. Im Folgenden sind die wichtigsten hydromorphologischen Ansprüche und Anforderungen für solche Äschen-Ökotope zusammengestellt. Dabei wurden sowohl Angaben aus der Fachliteratur, vor allem aber Experteneinschätzungen der begleitenden Arbeitsgruppe (UAG Fische) für die baden-württembergischen Gewässer zugrunde gelegt. Wir schlagen vor, die Planungskriterien aus der Landesstudie Baden-Württemberg für das Förderprogramm Äsche zu übernehmen und diese ggf. und in konkreten Fällen zu modifizieren oder weiter zu spezifizieren.

Die folgende Tabelle 6.1 stellt Richtwerte (Dimensionen) für die entscheidenden Strukturen (Mindestausstattung) eines Äschen-Ökotox in einem kleineren bis mittelgrossen Fluss zusammen und kann auch als Grundlage für die Herleitung fischökologisch funktionsfähiger Massnahmen herangezogen werden. Inwieweit diese Dimensionen auf einen Fluss von der Grösse des Seerheins übertragen werden können, wurde bisher noch nicht getestet.

Tab. 6.1: Richtwerte für die Dimensionen und anteiligen Flächen eines Äschen-Ökotox (nach BECKER & ORTLEPP, 2019).

Dimensionen eines Fischökotox (Schätzungen für 1 Paar Äschen-Laichfische)			Lauflänge $\geq 2$ km	
Strukturen	Teilhabitate für	Mindestfläche (Einzelstruktur)	Relative Lage	Flächenanteil
1. überströmte Kiesflächen	Laichplatz	20 m <sup>2</sup>	oberhalb 2.	10 %
2. flache, strömungsarme Uferbereiche	Brütlinge	12 m <sup>2</sup>	unterhalb 1.	10 %
3. flach abfallende, angeströmte Bereiche	Juvenile	20 m <sup>2</sup>	verteilt im PB	10 %
4. Fliessrinnen	Adulte	40 m <sup>2</sup>	verteilt im PB	20 %
5. Unterstände	Adulte	6 m <sup>2</sup>	verteilt im PB	5 %
6. Wintereinstand	Adulte, Juvenile	6 m <sup>2</sup>		2 %
7. Unterstände beim Laichplatz	Adulte	2 m <sup>2</sup>	< 50 m zu 1.	1 %

In der Abb. 6.1. und der darauffolgenden Tabelle 6.2 werden die Lebensraumsprüche grafisch und mittels der drei Parameter Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substrat beschrieben. Die Autoren BECKER & ORTLEPP (2019) gehen dabei exemplarisch von einem kleineren bis mittgrossen Äschenfluss aus. Bisher wurde noch nicht getestet, ob die dafür angegebenen Werte auch 1:1 auf einen grossen Fluss wie den Seerhein übertragen werden können. Zum Beispiel lassen frühere Beobachtungen den Schluss zu, dass den Äschen auch gröbere Schnegglisande als Laichsubstrat gedient haben, wenn keine Mittel- und Grobkiesfraktionen von  $> 6,3 - 63$  mm auf dem Laichplatz anzutreffen waren.

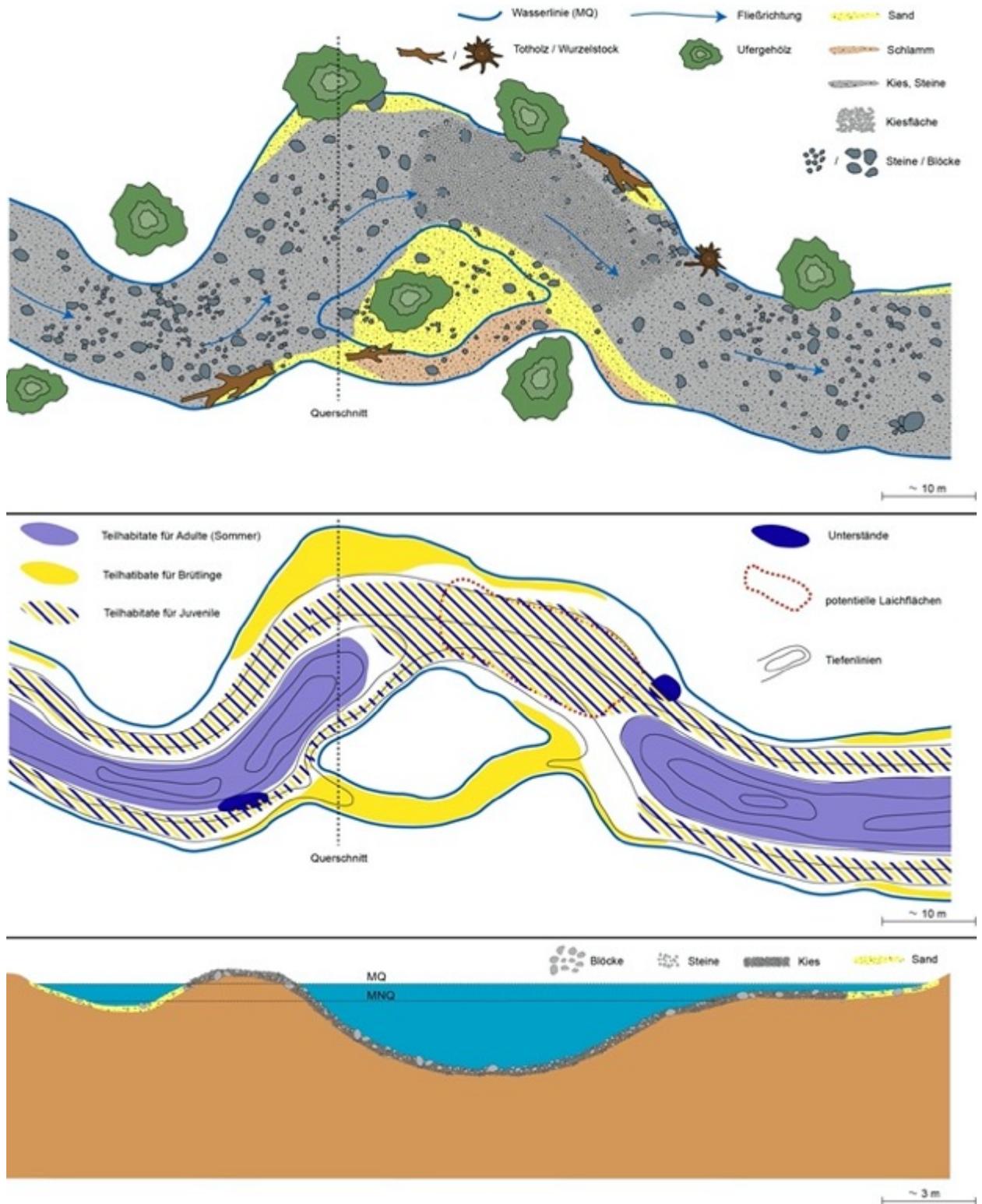


Abb. 6.1: Ausschnitt aus einem idealisierten Äschenökotop. Oben: Aufsicht mit Gewässerstrukturen; Mitte: Aufsicht mit eingezeichneten Teilhabitaten und Tiefenlinien; Unten: Querschnitt (mit Wasserstandsmarkierung für MQ (Mittelwasser) und MNQ mittleres Niedrigwasser).

Tab. 6.2: Anforderungen der Äschen an ihren Lebensraum und dessen Teilhabitate. Aus Becker &amp; Ortlepp 2019.

Teilhabitate Äsche - Fortpflanzung			
1. überströmte Kiesflächen	Laichplatz	<b>Wassertiefe</b> meist 20 - 200 cm bevorzugt 40 - 70 cm	<b>Beschreibung</b> Äschen suchen zur Fortpflanzung – meist im Zeitraum März-Mai – <b>überströmte Kiesbereiche</b> auf. Geeignetes Laichsubstrat besteht aus lockerem Mittel- bis Grobkies, der moderat überströmt ist. Die Laichplätze befinden sich meist in mittleren Wassertiefen. Wichtig ist ein nur geringer Anteil von Feinsedimenten, damit die Eier und Brütlinge im Kieskörper mit ausreichend Sauerstoff versorgt werden. Laichende Äschen graben kleine Laichgruben und exponieren die Eier bis zu ca. 7 cm tief in das Substrat. Dieser Bereich sollte danach stets durchströmt und mit Sauerstoff versorgt sein. Nachdem der Dottersack nach ca. 2-3 Wochen aufgebraucht ist, verlassen die Äschenbrütlinge das Kiessubstrat und suchen stromabwärts gelegene Stillwasserbereiche auf
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> 50 - 100 cm/s bevorzugt 50 - 75 cm/s	
		<b>Substrat</b> > 6,3 - 63 mm geringer Feinsedimentanteil	
2. flache, strömungsarme Uferbereiche	Brütlinge	<b>Wassertiefe</b> ≤ 20 cm	<b>Beschreibung</b> Zunächst halten sich die Brütlinge in Schwärmen in häufig deckungsreichen, <b>flachen Uferbereichen mit deutlich reduzierter Strömung</b> auf. Diese Uferbereiche sollten eine Breite von mindestens 30 cm aufweisen. Da die Brütlinge passiv verdriftet werden, müssen geeignete Brütlingshabitate unterhalb der Laichplätze liegen. Nach Möglichkeit sollte zumindest ein schmaler Uferstreifen im gesamten Projektbereich entsprechende Bedingungen aufweisen.  Mit zunehmender Grösse und Schwimmleistungsfähigkeit wechseln die Brütlinge dann in die Teilhabitate der Juvenilen.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> ≤ 15 cm/s	
		<b>Substrat</b> meist Feinsubstrat (Sand – Feinkies), kein Schlamm	
6. Unterstände beim Laichplatz	Adulte	<b>Wassertiefe</b> bevorzugt > 80 cm	<b>Beschreibung</b> Insbesondere die wartenden Weibchen benötigen in Laichplatznähe <b>ruhige, tiefe Unterstände</b> (Kolke, Totholz, unterspülte Ufer). Für Äschen können auch tiefe, strömungsreduzierte Bereiche ohne Deckung wie bspw. hinter Blöcken als Ruheplätze eine Rolle spielen.  Diese Teilhabitate sollten sich weniger als 50 m entfernt von den Laichplätzen befinden.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> bevorzugt 20 - 40 cm/s meist max. 50 cm/s	
		<b>Substrat</b> untergeordnete Bedeutung	

Tab. 6.2: Anforderungen der Äschen an ihren Lebensraum und dessen Teilhabitate; Fortsetzung. Aus Becker &amp; Ortlepp 2019.

Teilhabitate Äsche – Juvenile & Adulte			
3. flach abfallende, angeströmte Bereiche	Juvenile	<b>Wassertiefe</b> meist 10 - 60 cm bevorzugt 40 - 60 cm	<b>Beschreibung</b> Juvenile Äschen verlassen den flachen Uferbereiche und suchen zunehmend tiefere, bodennahe Bereiche auf. Dabei wechseln sie mit zunehmender Grösse in Zonen mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten. Vor allem <b>flach abfallende Kiesbänke</b> sind für dieses Lebensstadium die wichtigste Gewässerstruktur.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> 20 - 60 cm/s	
		<b>Substrat</b> > 2,0 - 63 mm	
4. Fliessrinnen	Adulte	<b>Wassertiefe</b> > 100 cm	<b>Beschreibung</b> Adulte Äschen leben meist in kleinen Gruppen, wobei die Abstände zwischen den Individuen durch territoriales Verhalten eingehalten werden. Sie halten sich vor allem in tieferen, zumeist stark durchströmten <b>Fliessrinnen</b> auf.  Diese Teilhabitate sollten verteilt im PB vorkommen.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> 20 - 100 cm/s bevorzugt 50 - 80 cm/s	
		<b>Substrat</b> meist kiesig-steinig	
5. Unterstände	Adulte	<b>Wassertiefe</b> bevorzugt > 75 cm	<b>Beschreibung</b> Auch Bereiche mit Unterstandscharakter wie überhängende und ins Wasser hängende Äste, unter-spülte Ufer, flutende Wasservegetation, Wurzelstöcke und Totholz spielen eine Rolle als Teilhabitate. Insgesamt sind adulte Äschen allerdings wenig an bestimmte Unterstandsstrukturen gebunden.  Diese Bereiche sollten verteilt im PB vorhanden sein.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> bevorzugt 20 - 40 cm/s meist max. 50 cm/s	
		<b>Substrat</b> untergeordnete Bedeutung	
6. Wintereinstände	Adulte & Juvenile	<b>Wassertiefe</b> > 200 cm	<b>Beschreibung</b> Im Winterhalbjahr werden generell tiefere, weniger stark strömende Bereiche aufgesucht als im Sommer. Dies sind vor allem <b>tiefere Kolke mit geringerer Strömung</b> . Im Optimalfall wird in den Wintereinständen auch Deckung geboten, wie durch Totholz oder turbulente Wasseroberfläche.  Auch die Wintereinstände sollten möglichst im PB verteilt vorliegen, wobei Äschen diese Bereiche auch über längere Strecken gezielt aufsuchen.
		<b>Fliessgeschwindigkeit</b> 20 - 60 cm/s bevorzugt < 40 cm/s	
		<b>Substrat</b> untergeordnete Bedeutung	

**Umsetzung der Anforderungen in die Praxis der Habitatbeurteilung**

Aus den Ausführungen in Kap. 3 und den o.g. Lebensraumanforderungen lassen sich in den Karten bereits grob die Bereiche umgrenzen, in denen Äschenreproduktion stattfinden kann. Da im Rahmen der vorliegenden Studie noch keine Fliessgeschwindigkeits-Messungen zur Äschenlaichzeit und keine

Korngrössenzusammensetzung auf potenziellen Laichflächen durchgeführt werden konnten, greifen wir auf die im Luftbild und die in Filmaufnahmen aus der Luft erkennbaren Strömungs-Indikatoren zurück, wie in der Strömung wiegende Wasserpflanzen, Strömungstreifen, gegen die Strömung ausgerichtete Fische und Wasservögel u.a.. Zusammen mit den präzisen Tiefenangaben, die das Projekt «Tiefenschärfe» der IGKB geliefert hat ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)) lassen sich bereits wichtige Zusatzinformationen gewinnen, die als Qualitätskriterien für Äschenlaichplätze und Jungfischhabitats eine Rolle spielen. Vor der Durchführung allfälliger Aufwertungsmassnahmen müssen die hier theoretisch abgeleiteten Eignungen aber noch vor Ort verifiziert werden. Wahrscheinlich ergeben sich dabei auch noch weitere Potenziale oder von den hier angegebenen fallen wieder welche weg oder müssen räumlich korrigiert werden.

## 6.2 Lokalisierung und Ausdehnung potenzieller Äschenlaichplätze

Zu Ermittlung potenzieller Reproduktionsflächen konnten zur Plausibilisierung auch historische Angaben (KLUNZINGER, VON DEM BORNE 1881, sowie LAUTERBORN 1916) herangezogen werden. Aus den Richtwerten für die Dimensionen und anteiligen Flächen eines Äschen-Ökotopt (vgl. Tab. 6.1) lassen sich die Mindestgrössen einzelner Laichflächen mit 20m<sup>2</sup> ablesen. Solche für ein Gewässer von der Dimension des Seerheins relativ kleine Flächen findet man stellenweise zwar schon zwischen Wasserpflanzenpolstern, aufgrund der Bewuchsdynamik können sie aber nicht präzise lokalisiert werden. Daher wurden in die Überlegungen zur Eignung als Reproduktionsraum ganze Bereiche angegeben, innerhalb derer

- sich immer wieder Substratmosaik mit lockeren Kiesflächen entwickeln,
- ein stabiler Kieskörper aufliegt,
- einer mehr oder weniger kolmatierten Deckschicht ein tiefgründiger Kieskörper liegt (nicht im Luftbild erkennbar).

### **Konstanzer Trichter und Schwanengraben**

Die als Laichareale für Äschen als «geeignet» beurteilten Flächen sind in Abb. 6.2 dargestellt. Es handelt sich dabei zunächst um alle Flächen zwischen ca. 0,5 und 2 m Wassertiefe (bezogen auf Referenzpegel 394,89 m.ü.M.). Davon herausgefiltert wurden die zur Laichzeit in Stillwasserbereichen liegenden Flächen sowie Flächen mit ungeeignetem und auch kaum aufwertbarem Sohls substrat (graue Flächen in Abb. 6.2). Hierin wurden Bereiche verortet, die den meisten der in Tab. 6.2 aufgeführten Eignungskriterien folgen und theoretisch auch durch Massnahmen des Kiesmanagements aufwertbar sind (rosa Flächen). Diese Bereiche gilt es in einem Nachfolgeprogramm noch genauer zu lokalisieren, da keine aktuellen Grunddaten dazu aufgenommen wurden.

Es zeigt sich, dass die historisch bekannten Laichplätze im Konstanzer Trichter der Jahre 1998 (BRUMM et al.) und 2011 (LANG & KRAMER, unveröff.) mit den theoretisch ermittelten Arealen in Deckung gebracht werden können. Hinzu kommen ufernahe Bereiche vor der Seestrassenpromenade, die 2011 ebenfalls als von einzelnen Äschen genutztes Laichsubstrat dokumentiert wurden. Eine theoretisch sehr gute Eignung weist auch der sog. Schwanengraben, ein Kanal, der hinter dem Konstanzer Inselhotel verläuft, sowie sein Einlauftrichter auf. Die im Schnitt 5 m breite Fließrinne zeigt aber Defizite, die sie aktuell als Reproduktionsraum für Äschen disqualifiziert:

- bei niedrigen Wasserständen fällt die Einlaufschwelle trocken (vgl. Abb. 5.10) und der Kanal wird nicht mehr durchflossen;
- der Kanal besitzt keine Deckungsstrukturen, die Böschungsfüsse sind mit Platten abgepflästert;

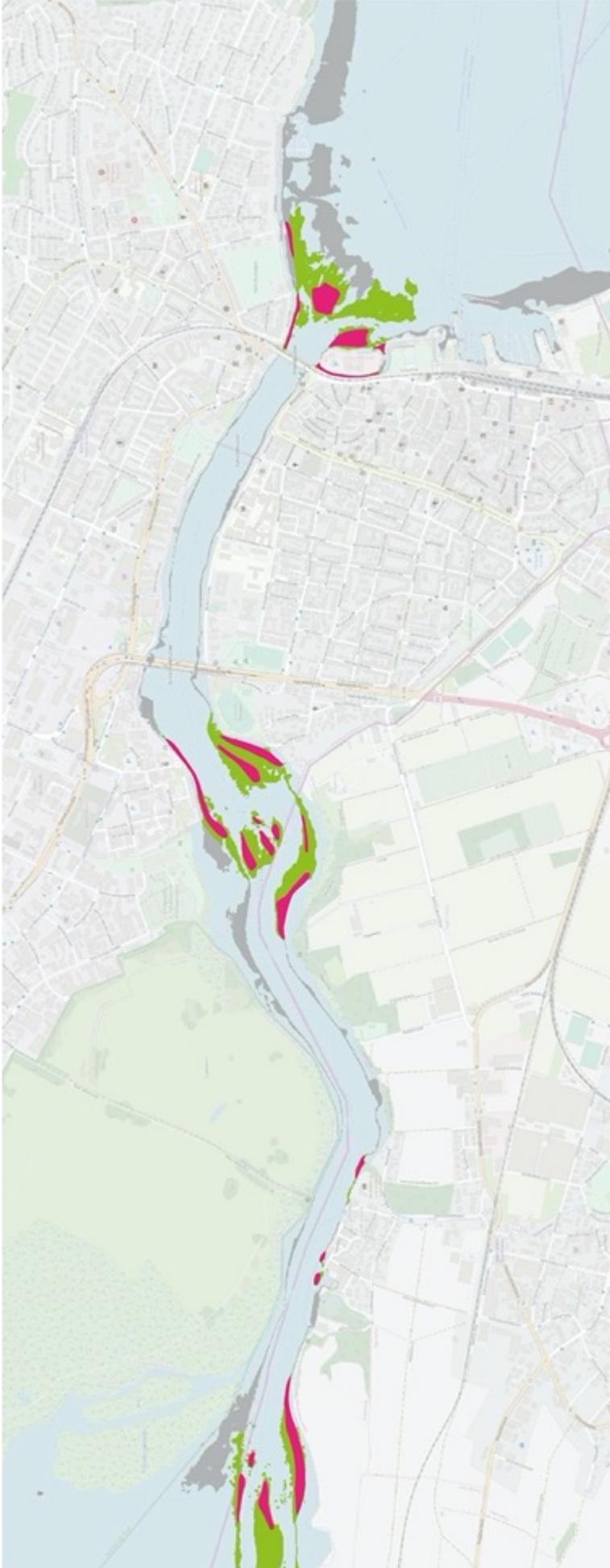


Abb. 6.2: Potenzielle Äschenlaichplätze im Konstanzer Trichter, Seerhein und oberen Rheinsee; Lokalisierung der bisher bekannten Äschenlaichplätze mit Jahreszahl der Erhebung/Beobachtung. In der Abbildung wurden nur Bereiche umrahmt, die zur Laichzeit der Äschen sicher auch eine ausreichende Überströmung zeigen. Grüne Flächen = aufgrund der Wassertiefe und Strömung theoretisch geeignete Reproduktionsflächen; rote Flächen: Bereiche, die identische oder ähnlich gute Eigenschaften besitzen wie die bereits genutzten Laichflächen; graue Flächen = Bereiche, innerhalb derer die Wassertiefe, aber keine weiteren Kriterien geeignet sind. Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Tiefenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org))

### **Oberer Seerheinabschnitt**

Auf der rechten Rheinseite zwischen Alter und Neuer Rheinbrücke wurde im Verlauf der letzten 10 Jahre eine zweite Uferpromenade ausgebaut. Davor befindet sich im Rhein eine bis zu 8 m breite Kiesschüttung. Wegen fehlender Deckungsstrukturen (auch kein/kaum Makrophytenbewuchs), dem zur Laichzeit der Äschen nicht stark genug überströmten Kieskörper muss aber davon ausgegangen werden, dass die Flächen (noch) nicht als Laichplatz genutzt werden.

Die linke Rheinseite im oberen Teil der Seerheins bis zur Neuen Rheinbrücke wird fast lückenlos für Wasserliegeplätze genutzt (Boote bis ca. 7 m Länge). Die Boote beschatten z. T. ganzjährig (Fischer-gondeln) eine überwiegend kiesige (mit Feinsediment- und Detritusauflage) Uferbank von maximal ca. 6 m Breite. Unter den Booten halten sich in der Regel Jungfischschwärme verschiedener Arten, oft aber auch adulte Fische auf (v.a. Alet, Karpfen) auf. Hier könnten sich nach einer Aufwertung der Sohle zwar potenzielle Laichflächen mit besserer Deckung entwickeln, aber auch hier ist die Strömung zur Laichzeit wahrscheinlich zu gering.

### **Schwanenhals, rechte Rheinseite**

Unterhalb der Neuen Rheinbrücke bildet sich vom Ufer bis zur Strömungsrinne ein breiter Strömungsgradient auf sehr breiten Uferbänken aus. Eine genaue Lokalisierung der historischen Äschenlaichplätze in diesem Abschnitt ist schwierig. Anhand der aktuell erkennbaren Strömungstreifen und der Positionen der ehemaligen Fachen (vgl. Abb. 2.1 und 2.2) lassen sich gut durchströmte Bereiche ausmachen, die auch bei niedrigerem Wasserstand überströmt sind und entweder schon geeignetes Substrat aufweisen oder diesbezüglich aufwertbar sind (durch Kiesschüttungs- bzw. Kieslockerungsmassnahmen).

Auf der rechten Rheinseite hinter dem Hafen der Polywerft trifft ein Strömungsarm wieder auf das Ufer. Ab hier – vorbei an der «Bleiche» liegt weitgehend lockeres Kiessubstrat auf der Uferbank. Der Bereich wird alljährlich als Laichplatz von Alet genutzt und eignet sich in seiner Zusammensetzung und Grösse theoretisch auch für die Äschen. Der Bereich mit potenziellen Laichplätzen reicht bis in die sog. «Sommerrinne» der Schifffahrt hinein. Dabei wird der Kieskörper aber immer feinkörniger und geht in flacheren Abschnitten in eine mächtige Auflage aus Schnegglisanden über. Hier limitiert die Substratqualität das Reproduktionspotenzial. Wo die Schnegglisande wieder stärker überströmt werden und grober sind, erhöht sich erneut das Reproduktionspotenzial. Wenn die Sommerrinne zur Laichzeit der Äschen störungsfrei gehalten werden könnte, könnte sich auch hier ein zwar tiefer liegender, aber sicher geeigneter Äschenlaichplatz entwickeln (nicht in Karte eingezeichnet).

### **Schwanenhals, linke Rheinseite**

Die bis über 100 m breite Uferbank auf der linken Rheinseite (vor der Sportanlage Schänzle) eignet sich in ihrer aktuellen Substratqualität generell weniger für Äschen, weist aber auch immer wieder Linsen mit Grob- und Mittelkies auf. Die hier erkennbaren Strömungstreifen (vgl. Abb. 5.23) zeigen, dass eine gute Überströmung vorhanden ist und sich der Bereich daher auch – nach entsprechender Substrataufwertung – als potenzieller Äschen-Reproduktionsraum eignet. Hinter dem Schänzle verläuft ein Strömungsarm an der Ufermauer entlang nach links unter den Bootsanlegern hindurch. Das hier bereits vorliegende Substrat erlaubt verschiedene Möglichkeiten der Aufwertung (Kieslockerung, Strömunglenkung).

Erst etwa auf Mitte des Schwanenhalses verläuft die Staatsgrenze D-CH. Damit beginnen erst hier die Möglichkeiten für Massnahmen von Schweizer Seite. Potenzielle Laichflächen, auf denen kiesiges Substrat anzutreffen ist oder aufgetragen werden kann, befinden sich auf einem breiteren Streifen und im grossen Bogen zwischen dem Rand der Uferbank und den äussersten sichtbaren Strömungstreifen. Dahinter liegt eine weitgehend seichte Flachwasserbucht mit Feinsubstrat.

Kurz oberhalb des Kuhhorns (im Bereich der alten Kiesschüttung) verschmälert sich der Rhein wieder und die Strömung konzentriert sich auf der linken Uferbank. Auch bei geringeren Wasserständen herrschen hier Schleppkräfte, die ausreichen, permanent Feinsedimente auszutragen und teilweise kiesiges Substrat erscheinen lassen. Dabei entsteht auch eine permanente Feinsedimentfahne (auch

auf anderen Luftbildern erkennbar (z. B. GoogleEarth und map.geo.admin.ch), welche den Strömungsverlauf zurück zur Hauptströmung dokumentiert. Auf diese Weise gerät der linke Uferabschnitt hinter dem Kuhhorn in den Strömungsschatten (Abb. 6.3).

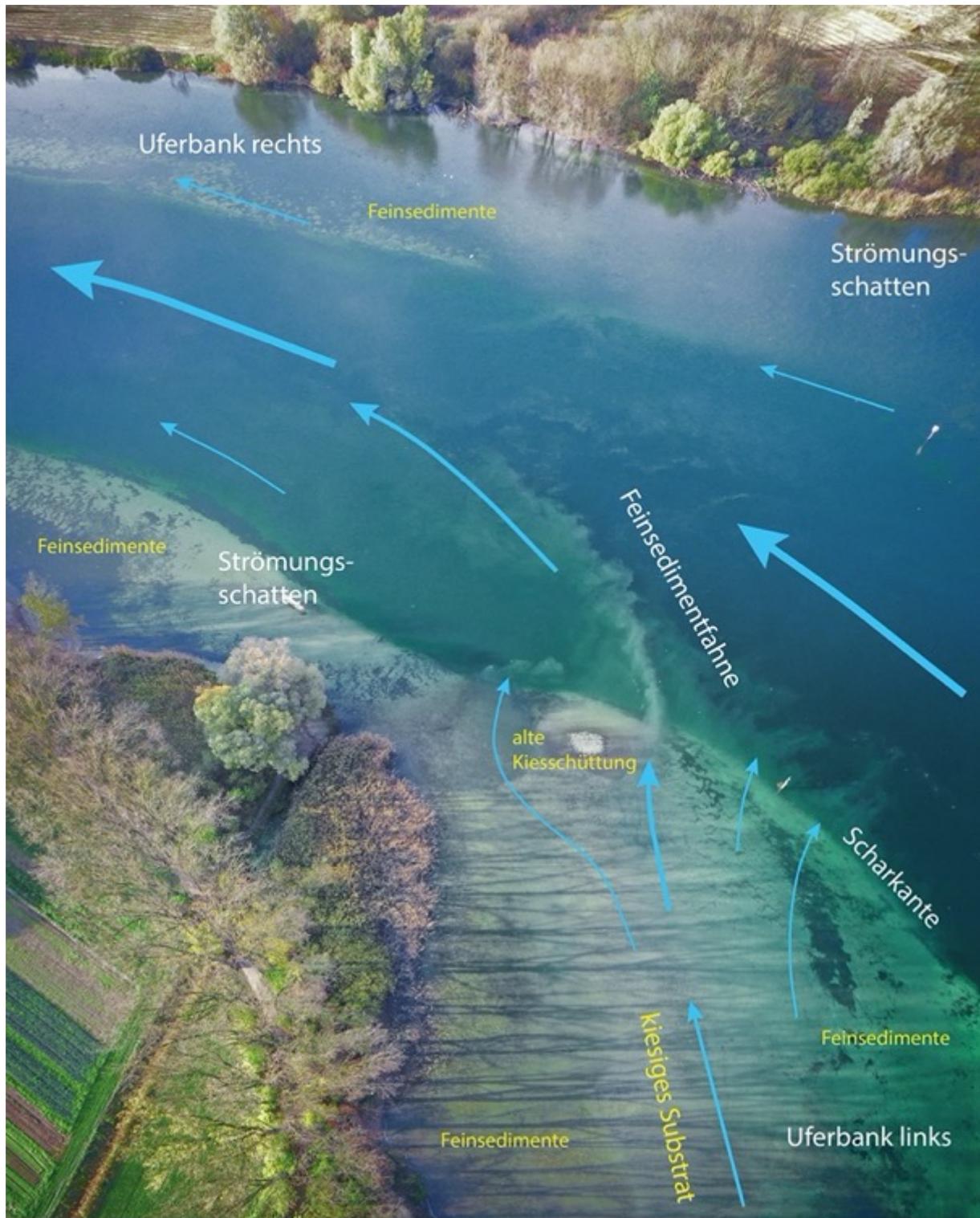


Abb. 6.3: Die Strömungs- und Substratverhältnisse im Bereich des Kuhhorns. Am unteren Ende des Schwanenhalses konzentriert sich die laterale Strömung auf der linken Uferbank, bevor sie sich wieder mit der Hauptströmung verbindet. Dabei wird Feinmaterial aus der Uferbank durch Wirbelströmungen abgetragen und in einer deutlich erkennbaren Fahne abtransportiert. Foto: Rey.

Die gesamte Schwanenhals-Schwelle und die inneren Uferbänke im Schwanenhals sind somit hinsichtlich ihrer Substratqualität aktuell zwar nur bedingt als Laichfläche geeignet, lassen sich auf grösseren Flächen aber sicher durch Kieslockerungen und Kiesschüttungen gut aufwerten. Bei solchen Massnahmen sollte man sich auf die besser durchströmten Bereiche konzentrieren, an denen eingebrachter Kies weitestgehend frei von Feinsedimenten bleibt. Dies passiert sicher auch zwischen dichteren Pflanzenpolstern.

### ***Der Seerhein unterhalb des Schwanenhalses***

Auf der rechten (deutschen) Rheinseite ist die Uferbank vom Kuhhorn aus rheinabwärts von tiefgründigen Feinsedimenten überdeckt. Ausnahme bildet ein kleiner kiesiger Abschnitt im Bereich der Einmündung des Konstanzer Kläranlagenkanals. Auf der Schweizer Rheinseite bietet die streckenweise vor einem Schilfsaum liegende Uferbank zwar Aufwertungsmöglichkeiten auf festerem Untergrund, allerdings ist der Bereich nicht ausreichend überströmt. Eine bessere Überströmung der Uferbank findet man wahrscheinlich erst wieder oberhalb von Gottlieben. Ob zwischen hier und dem Chöpfl Teile der Uferbank gut überströmt sind, konnte noch nicht untersucht werden. Vor der Ortslage Gottlieben ist die Uferbank stellenweise steinig-kiesig, liegt aber überwiegend in grösseren Wassertiefen. Gewisse Aufwertungspotenziale sind vorhanden.

Als grossflächiges Potenzial für Äschenlaichplätze bewerten wir den gesamten Raum um die Rheinseeschwelle. Hier trifft man bereits aktuell auf kiesigen, mit Laichkräutern bewachsenen und gut und flach überströmten Grund, der durch Kieslockerungen und Kiesschüttungen stark aufgewertet werden könnte.

## **6.2 Geeignete Habitate für Äschenbrütlinge und -jungfische**

Zu Ermittlung geeigneter Brütlings- und Jungfischhabitate fanden Befahrungen statt, bei denen Brütlings- und Jungfischauftreten anderer Arten beobachtet wurden und im Kontext mit den Ansprüchen junger Äschen gesetzt wurden. Historische Angaben gibt es nicht, ältere Hinweise konnten aber aus der letzten grossen Untersuchung aus dem Jahre 1998 (BRUMM et al.) entnommen werden. Zwischenzeitlich kam es auch zu Beobachtungen von Äschenjungfischen im Bereich des Stegs des ASV Konstanz (LANG, mündl. Mitt.). Aktuelle Beobachtungen über die Nutzung der Flachwasserbereiche durch Cyprinidenbrütlinge und -jungfische ergänzen das Bild (Abb. 6.4). Für die Lokalisierung der potenziellen Brütlingshabitate wurden wieder geeignete Tiefenbereiche, in diesem Fall von 0 m bis ca. 1m Tiefe (bezogen auf Referenzpegel 394,89 m.ü.M.) aus der Tiefenschärfenkarte ([www.igkb.de](http://www.igkb.de)) ausgefiltert und in eine Potenzialkarte übertragen (Abb. 6.5).



Abb. 6.4: Cyprinidenjungfische im Laichkraut auf der linken (Schweizerischen) Uferbank im Schwanenhals. Foto: Rey.



Abb. 6.5: Potenzielle Brüttings- und Jungfischhabitats (Alter 0 - ca. 3 Monate) für Äschen im Konstanzer Trichter, Seerhein und oberen Rheinsee (orangefarbene Flächen). Grau sind dabei Flächen, die über geeigneter Wassertiefe liegen, aber als Brüttingshabitat zu stark überströmt sind Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Teifenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org))

### **Konstanzer Trichter und oberer Seerheinabschnitt**

Erste ausgedehnte Flächen, innerhalb derer sich auch frisch geschlüpfte Äschen-Brütlinge aufhalten und entwickeln könnten, finden sich im Einlauf des Schwanengrabens hinter der Konstanzer Klosterinsel, im Bereich der Klosterinsel und an den Anlagen des Konstanzer Hafens und des Stadtgartens vor dem Konzil. Auf uferparallele, langgezogene strömungsarme Flächen trifft man wieder an den Uferändern auf beiden Rheinseiten unterhalb der Fahrradbrücke. Die kleineren Buchten und strömungsberuhigten Zonen liegen – hinsichtlich eines funktionierenden Äschenökotops – noch im tolerierbaren Entfernungsbereich von den Laichplätzen im Trichter.

Ab der neuen Rheinbrücke und bis zum Kuhhorn trifft man auf viele, teilweise fast strömungsfreie, breite Uferbuchten und Flachwasserzonen, in denen junge Äschen heranwachsen können. Im wieder schmalen Rheinabschnitt vom Kuhhorn aus nach Westen sind die Strömungsgradienten zum Ufer für funktionierende Brütlingshabitate meist ausreichend breit. Bei Hochwasser fehlen hier allerdings die historisch zahlreichen Uferbuchten als Rückzugsraum grösstenteils. Wie für die Äschenlaichplätze, so erachten wir auch für die Äschen-Brütlinge und -Jungfische den Bereich um die Rheinseeschwelle und dessen Uferbänke mit breiten Strömungsgradienten als besonders geeignetes Habitat.

### **Habitate für grössere Jungfische**

Sowohl der Konstanzer Trichter als auch der Seerhein besitzen noch Vertikalstrukturen mit ausgeprägten Rinnen. Hierdurch kommt es auch etwas vom Ufer entfernt zu Strömungsräumen mittlerer Wassertiefen, die sich als Jungfischhabitate für etwas grössere und schwimmstärkere Jungäschen eignen (Abb. 6.6). Zwischen den Tiefenrinnen und den Uferbänken befindet sich darüber hinaus eine steil aufsteigende Schräge, die sog. Halden- oder Scharkante. Sie wurde auf Abb. 6.6 in den Tiefenbereichen von 2-4 m Wassertiefe sichtbar gemacht, begrenzt die Hauptschiffahrtstrassen und wird von den Seezeichen begleitet, die in der Regel an 2,5 m Wassertiefe stehen. Scharkante haben besondere Bedeutung als Nahrungshabitat von Fischschwärmen, die sich wie die Äschen von herandriftenden Organismen (v.a. Plankton) ernähren. Ab einem Alter von rund 3 Monaten, also im Hochsommer, wagen sich die immer aktiver werdenden Jungäschen auch in diese stärker strömenden Bereiche und treffen dort auf viele andere Schwarmfische wie Barsche, Alet (Döbel), Haseln, Lauben und junge Barben.



Abb. 6.6: Potenzielle Habitate für im Schwarm stehende Jungäschen (Alter 3 Monate bis 1+) und andere rheophile Schwarmfische im Konstanzer Trichter, Seerhein und oberem Rheinsee (schwarze Flächen). Eingebildet sind überwiegend gut durchströmte Bereiche zwischen 2 und 4 m Wassertiefe. Dabei ist der Verlauf der Kanten (Scharkanten) zwischen Uferbank und der tiefen Rinne gut erkennbar. Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Tiefenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)).

## **6.3 Lebensräume für adulte Äschen**

### **Adulthabitate**

Als Adulthabitate für Äschen wurden alle gut durchströmten Rinnen im Betrachtungsraum ab einer Wassertiefe von rund 2 m (bezogen auf mittleren Pegel) aus der Tiefenschärfenkarte ausgefiltert (Abb. 6.7). Diese Bereiche decken sich mit den früheren Beobachtungen und Äschenfängen.



Abb. 6.7: Potenzielle Adulthabitate für Äschen zwischen Bodensee-Obersee und Untersee (blaue Flächen); Berücksichtigung bisher bekannter bevorzugter Adulthabitate aus Bereiche der nächstliegenden Thermoklinen (kühles Tiefenwasser im Hochsommer eingezeichnet bzw. die Distanz zu einem solchen Bereich (z. B. Rheinsee hinter Ermatingen). Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Tiefenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)).

### Wintereinstände

Im Grundsatz lassen sich alle tieferen und zugleich strömungsarmen Bereiche im Seerhein auch als Wintereinstände und Deckungsstrukturen für die Äschen beurteilen (Abb. 6.8). Da noch keine Strömungsmessungen am Grund der tiefen Rinne durchgeführt wurden, werden die dort herrschenden Strömungen möglicherweise auch eher so gering sein, dass die Fische sich ohne grossen Energieverlust hier aufhalten können. In diesem Fall kämen noch erheblich mehr potenzielle Wintereinstände hinzu.

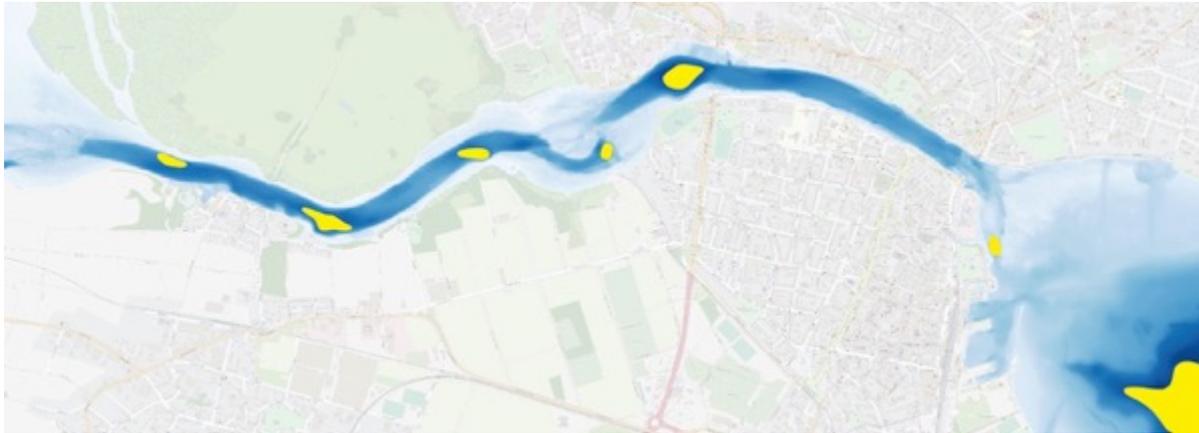


Abb. 6.8: Grössere potenzielle Wintereinstände für Äschen im Seerhein und Konstanzer Trichter. Gelb eingezeichnet sind Flächen tiefer als 4-6 m mit strömungsärmeren Zonen auf dem Grund. Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Tiefenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)).

### Ausweichhabitate bei hohen Wassertemperaturen

Ein Hauptkriterium für das Überleben der Äschen sind die sommerlichen Wassertemperaturen und die räumliche Nähe kühlerer Bereiche, die auch noch von temperaturgestressten Äschen erreicht werden können. Solche Bereiche sollten möglichst nicht wärmer als 20° C sein, weil die Äschen erst dann wieder mit der Nahrungsaufnahme beginnen. Von allen Bereichen des Seerheins, aber auch noch von der Rheinseeschwelle aus ist der zentrale Teil der Konstanzer Bucht der nächstgelegene Ort mit einer ausgeprägten Thermokline (Temperaturschichtung) im Wasserkörper. Er ist je nach Standort zwischen < 1km (aus dem Trichter kommend) bis maximal 6,1 km (von der Rheinseeschwelle kommend) entfernt (Abb. 6.9). Erreichen die aus dem Seerhein kommenden Äschen diesen Bereich, dann erwarten sie ab einer Wassertiefe von spätestens 20 m kühlere Wasserschichten, die ein  $\Delta$ WT von 2° C bis 5° C gegenüber der Oberflächentemperatur aufweisen. In noch tieferen Schichten beträgt die Temperaturdifferenz bis zu 20° C (Extrapolation aus den Messdaten vor dem Eichhorn am 25.07.2019).

Im Untersee-Rheinsee trifft man auf kühlere Tiefenbereiche wahrscheinlich erst westlich einer Linie Mannenbach-Reichenau (Zollhaus) und dort auch ab ca. 20 m Wassertiefe. Hier ist die Thermokline in manchen Jahren aber leider nur sehr schwach oder fast gar nicht ausgeprägt, wie bereits ein früher Vergleich der Jahre 1961 und 1962 zeigt (AMBÜHL 1967, Abb. 6.9 oben). Im Jahr 1961 betrug die Unterschiede in den Wassertemperatur im August auf der hier rund 20 m tiefen Wassersäule etwas mehr als 2° C (> 19° C bis 17° C), im im gleichen Monat ein Jahr später waren es trotz höherer Oberflächentemperatur 9° C (22° C bis 13° C).

Da seither keine entsprechenden Messungen mehr aus diesem Bereich vorliegen, bleibt es vorerst ungewiss, ob der Untersee/Rheinsee für Äschen ein ebenso gutes Temperaturrefugium sein kann wie die Konstanzer Bucht. Vielleicht müssen geschwächte Fische noch einmal einige Kilometer nach Westen wandern, um Wassertiefen von über 30 m und dort auch einen kühleren Grund zu erreichen. Obwohl es von der Rheinseeschwelle aus bis in die Konstanzer Bucht näher ist (Abb. 6.9) sind stromabwärts liegende Gebiete des Rheinsees mit weniger Energieaufwand und wahrscheinlich auch innerhalb eines Tages zu erreichen. Ob die Äschen ein Ausweichhabitat aufsuchen, das im und nicht gegen dem Strömungsverlauf liegt, ist allerdings nicht bekannt.

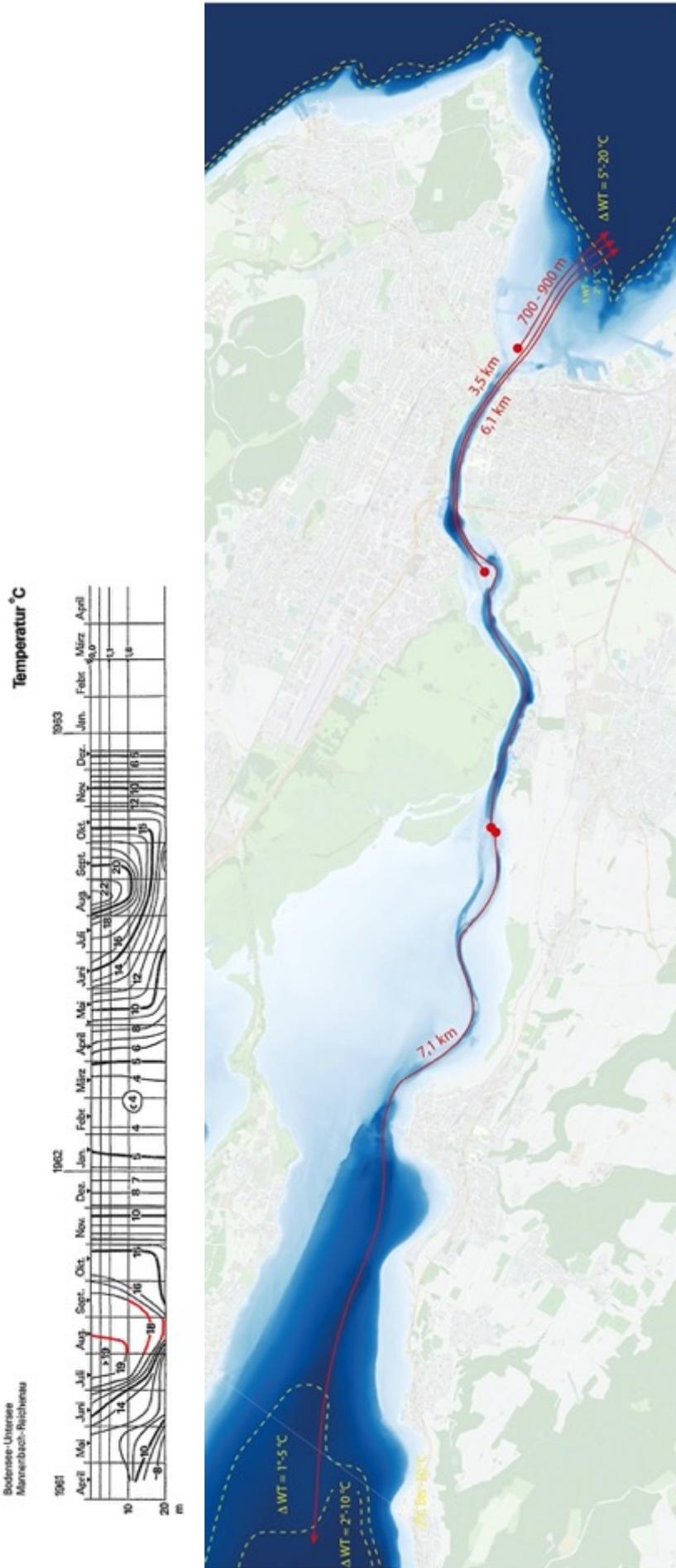


Abb. 6.9: Mögliche Ausweichhabitate für Seerhein-Äschen. Gestrichelt umrandet sind die Bereiche im Bodensee-Obersee und -Untersee, in denen sich aufgrund eines mehr oder weniger lagestabilen tiefen und kalten Wasserkörpers Thermoklinen ausbilden (=Temperaturschichtungen in der Wassersäule von kontinuierlich oder sprunghaft absinkenden Wassertemperaturen). Auf entsprechende Schichtungen trifft man im Obersee bereits in der bis über 40 m tiefen Konstanzer Bucht. Hier können die Wassertemperaturen in 20 m Tiefe bereits mehr als 10° C tiefer sein als an der Oberfläche. Anders im Rheinsee-Untersee: Wassertiefen von 20m und mehr werden erst ab einer Linie von Mannenbach bis zur Reichenau erreicht. Dort ist die Thermokline aber oft noch instabil, was bereits ein Vergleich der Temperaturentwicklung zwischen 1961 und 1962 zeigt (Ambühl 1967), einer Zeit, in der die durchschnittlichen Wassertemperaturen im See noch fast 4°C unter den heutigen lagen (kleine Abbildung oben). Hintergrund und Quelle: Open Street Map und «Tiefenschärfe» ([www.igkb.org](http://www.igkb.org)). Grafik: Ambühl 1967.

## 7 Massnahmenempfehlungen für den Seerhein

---

### 7.1 Vorüberlegung

Durch zwei Hitzesommer (2003 und 2018) wurde die bislang bedeutendste Äschenpopulation Mitteleuropas im Hochrhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen so stark geschädigt, dass sie sich wahrscheinlich nicht mehr in ursprünglicher Bestandsgrösse regenerieren kann. Die Zwischenjahre, bei denen die Wassertemperaturen auch oft kritische Werte erreichten und der Prädationsdruck durch Kormorane eher zunahm, zeigten aber zumindest, dass die Population auf einem niedrigeren Niveau durch Naturverlaichung weiter existieren kann. Da es sehr viele Analogien zwischen dem Seerhein und dem Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen gibt, erscheint es also durchaus plausibel zu sein, dass eine Äschenförderung im Seerhein und den daran anschliessenden Seebereichen Erfolg zeigt. Dazu müssten aber Rahmenbedingungen geschaffen werden, die das Überleben einer wiedererstarkten Äschenpopulation vor dem Hintergrund alter und neuer Gefahren schützt.

Wie bereits mehrfach angemerkt stehen der Hoffnung auf erfolgreicher Äschenförderung vor allem die Prognosen weiter ansteigender Wassertemperaturen entgegen. Es kann also ohne weiteres sein, dass die Äschenpopulation im Seerhein ausstirbt, weil sich künftig sommerliche Wassertemperaturen oberhalb der für diese Art letalen Grenze von 27° bis 27,5° C einstellen und die Fische nicht in ausreichend grosser Zahl auf kühlere Seebereiche ausweichen können. Waren dann auch alle bis dahin durchgeführten Fördermassnahmen nutzlos? Ein solch fatalistischer Ansatz wäre dann angebracht, wenn Aufwertungsmassnahmen immer nur auf den Schutz einer einzigen Art abzielen würden. Im modernen Gewässerschutz steht neben dem Artenschutz aber vor allem der System- und Lebensraumschutz im Mittelpunkt von Verbesserungsmassnahmen. Wenn diese dann zur Erhaltung einer gefährdeten Art beitragen, dann ist dies umso mehr zu begrüessen. Gelingt dies nicht, werden die Massnahmen dadurch noch lange nicht überflüssig. Fördermassnahmen zugunsten der Äschen verbessern immer auch die Reproduktions- und Lebensbedingungen für die anderen heimischen kieslaichenden Fischarten. Zu den Profiteuren im Seerhein gehören u.a. Alet, Haseln, Barben, die vom Aussterben bedrohten Nasen und verschiedene Kleinfischarten, die alle eine deutlich höhere Temperaturtoleranz zeigen als die Äschen.

Fazit: die in diesem Bericht empfohlenen Fördermassnahmen wurden bereits vor dem Hintergrund einer sich weiter wandelnden Fischartengesellschaft im Bodensee und im Seerhein betrachtet. Eine Durchführung dieser Massnahmen wird somit zugunsten aller Fischarten mit ähnlichen Lebensraumsprüchen auch für den Fall empfohlen, dass den Äschen durch weiter steigende Wassertemperaturen die Lebensgrundlage im Seerhein entzogen wird.

Dennoch leiten wir die im Folgenden vorgestellten Massnahmen aus den Ansprüchen der Äschen ab, zumal es für diese Fischart viele nützliche Erfahrungen hinsichtlich Aufwertungen von Reproduktionsflächen und Verbesserung von Deckungsstrukturen an grossen Flüssen gibt.

### 7.2 Rahmenbedingungen

#### *Handlungsbedarf*

Aus den in Kap. 5 vorgestellten Einflüssen und Defiziten, die negativ auf den Äschenbestand wirken, leitet sich genereller Handlungsbedarf für Schutz- und Fördermassnahmen der Äschen im Seerhein und den angrenzenden Bodenseebereichen ab. Hinsichtlich der Schaffung bzw. Aufwertung geeigneter Äschenhabitate ergeben sich spezifische Handlungserfordernisse.

### **Rechtlicher Rahmen**

In den letzten beiden Jahrzehnten wurden über die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie und die Neufassung der Schweizer Gewässerschutzgesetzgebung wichtige Instrumente geschaffen und Impulse gesetzt, die eine Sanierung von Gewässerdefiziten nahelegen, auf der anderen Seite aber auch die Schaffung neuer Defizite weitestgehend verhindern. Um diese Möglichkeiten zu nutzen, müssen die bestehenden Defizite bekannt sein, damit geeignete Orte vorgeschlagen werden können, an denen Sanierungs- bzw. Aufwertungsmassnahmen stattfinden sollten. Entsprechende detaillierte Abklärungen, die über die Ausführungen in dieser Studie hinausgehen, sind für den Seerhein noch zu leisten.

### **Schweizer Gesetzgebung**

Handlungsbedarf für die Schweizer Gesetzgebung besteht dann, wenn ein Defizit im Gewässerzustand oder im biologischen Zustand der Gewässer erfasst wurde. Untersuchungen, die ein solches Defizit feststellen, werden allerdings nicht automatisch durchgeführt, sondern stützen sich auf festgestellte Auffälligkeiten. Die Überwachung des Gewässerzustands liegt in den Händen der Kantone. Revitalisierungen und Sicherung eines ausreichend grossen Gewässerraums sind zentrale Bestandteile des revidierten Gewässerschutzgesetzes von 2011. Ziel ist die etappenweise Wiederherstellung von naturnahen Bächen, Flüssen und Seen mit ihren charakteristischen Tier- und Pflanzenarten.

### **EU-Wasserrahmenrichtlinie**

Den deutschen nationalen Gewässergesetzen ist die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) vorgeschaltet. Sie gibt vor, dass Massnahmen in Gewässern in keinem Fall zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands führen dürfen (Verschlechterungsverbot). Auf der anderen Seite verlangt sie die Verbesserung defizitärer Gewässerzustände innerhalb festgelegter Fristen. Ein Handlungsbedarf leitet sich aus den Ergebnissen turnusmässig durchgeführter Gewässerzustandserhebungen ab. Hierfür, auch zur Erhebung des Fischbestandes, wurden geeignete Methoden entwickelt. Der deutsche Teil des Seerheins fällt hinsichtlich des Indikators Fische leider durch die Maschen dieser Überwachung. Seit 1998 wurde keine umfassendere Fischbestandserhebung im Seerhein mehr durchgeführt.

### **Interessenskonflikte**

Im Konstanzer Trichter, im Seerhein und im Rheinsee bestehen seit Jahren starke Interessenskonflikte zwischen Fischerei- und Vogelschutzinteressen. Grund ist der Prädationsdruck von Kormoranen, deren Zahl den letzten Jahrzehnten ungebremst zugenommen hat (REY & BECKER 2017). Auch zwischen den Naturschutzinteressen und der Schifffahrt auf Bodensee und Rhein kommt es immer wieder zu Konflikten. Beide Aspekte sollten bei allfälligen Fördermassnahmen in besonderem Masse berücksichtigt werden.

## **7.3 Beispielhafte Massnahmen an anderen grossen Flüssen**

### **Äschenförderung in der Aare bei Thun**

Von den verschiedenen in der Schweiz bereits durchgeführten Massnahmen zur Förderung der Äschen soll eine Arbeit exemplarisch vorgestellt werden, die alle Aspekte berücksichtigt hat und die auch für allfällige Fördermassnahmen der Seerheinäschen von Bedeutung sein können. GUTHRUF & GUTHRUF (2005) haben die Wirkung verschiedener Strukturmassnahmen im Seeabfluss der Aare aus dem Thunersee untersucht. Der betrachtete Abschnitt besitzt eine Äschenpopulation «von nationaler Bedeutung». Laichende Äschen sind dort auf relativ wenige Standorte mit lockerem Kies angewiesen, über welchen die Fliessgeschwindigkeit genügend hoch ist. Die Wassertiefe war insofern von Bedeutung, dass die Eier an zu seichten Stellen von den Schwänen gefressen werden konnten. Diese Faktoren waren bei der Schaffung von Ersatzlaichplätzen zu berücksichtigen. Anhand der natürlich angelegten Laichgruben konnten die für verschiedene Massnahmen geeigneten potenziellen Laichflächen, Jungfisch- und Adulthabitate gut lokalisiert und charakterisiert werden.

Als Fördermassnahmen wurden Ersatzlaichplätze durch Kiesschüttungen, Kieslockerungen sowie Totholzeintrag in verschiedener Form geschaffen (Abb. 7.1).

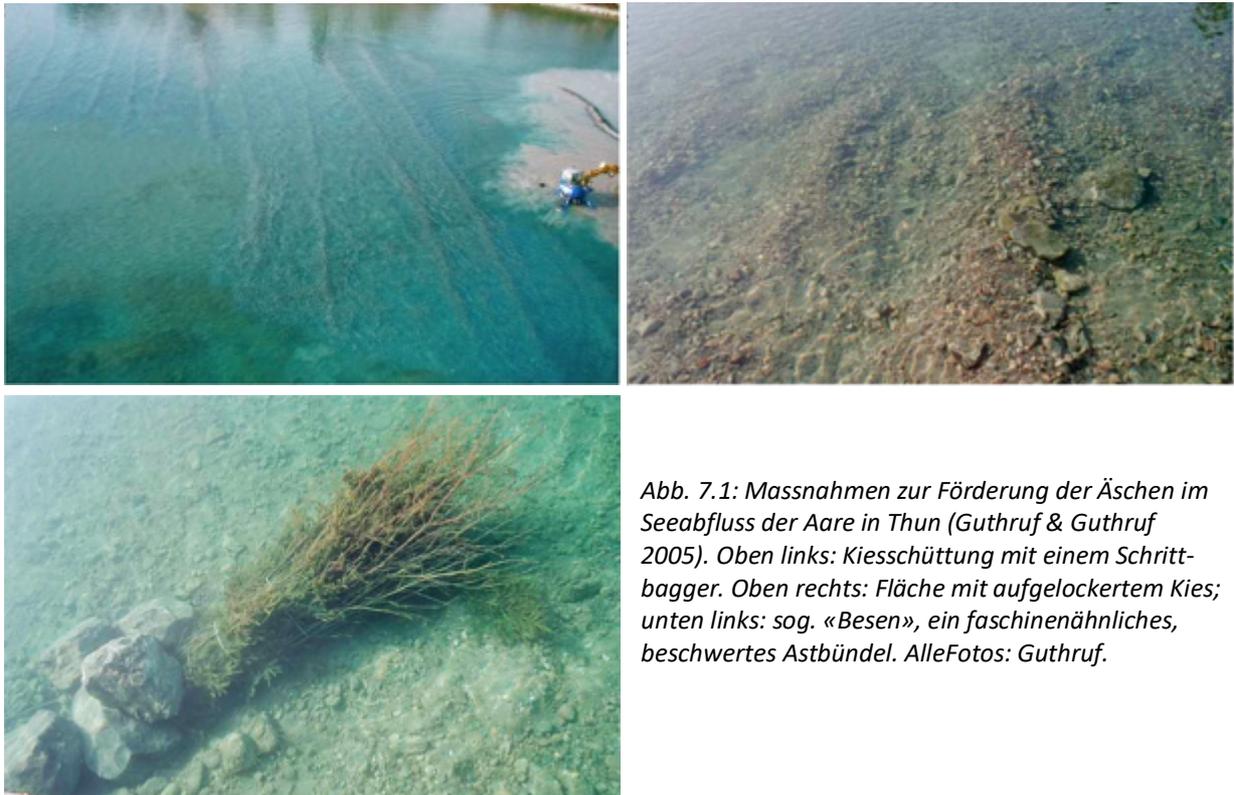


Abb. 7.1: Massnahmen zur Förderung der Äschen im Seeabfluss der Aare in Thun (Guthruf & Guthruf 2005). Oben links: Kiesschüttung mit einem Schrittbagger. Oben rechts: Fläche mit aufgelockertem Kies; unten links: sog. «Besen», ein faschinenähnliches, beschwertes Astbündel. AlleFotos: Guthruf.

Nach einem mehrjährigen Untersuchungs- und Massnahmenprogramm kamen die Autoren zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Durch die Vergrösserung der potenziellen Laichflächen (mittels Kiesschüttung und Kieslockerung) konnte die Intensität und Dimension der Laichaktivitäten deutlich gesteigert werden, was letztlich eine Zunahme des Äschenbestands zur Folge hatte.
- In Phasen mit geringem Abfluss laichten die Äschen nur in den am stärksten durchströmten Zonen. Mit zunehmendem Abfluss wurden auch Areale genutzt, in denen das Wasser bei geringer Wasserführung noch stehend war (!).
- Je nach Abflussbedingungen nahmen die laichenden Äschen zwischen knapp der Hälfte und zwei Drittel der zur Verfügung gestellten Ersatzlaichplätze an.
- Sowohl auf den Kiesschüttungen, als auch auf den Flächen, welche mit dem Bagger aufgelockert worden sind, waren Laichaktivitäten nachweisbar. Der Flächenanteil, welcher von den Äschen benutzt worden ist, bewegte sich bei beiden Massnahmen in einem ähnlichen Bereich.
- Deutlich unterschieden sich die beiden Massnahmen bezüglich Feinstoffanteil: Im Jahr nach der Realisierung waren die Schüttungen durch ein freies Kieslückensystem charakterisiert, während die aufgelockerten Flächen bereits zwei Monate nach der Realisierung relativ hohe Feinsedimentanteile aufwiesen. Offenbar war es durch die Baggerarbeiten nicht möglich, den Feinstoffanteil wesentlich zu reduzieren. Dies manifestierte sich in beiden Jahren durch tendenziell geringere Gelegegrössen.
- Wo es von der Morphologie her möglich ist, sollten Kiesschüttungen als eine geeignetere Massnahme beurteilt werden als Kieslockerungen. Betreffend Überlebensrate der Eier schneiden beide Massnahmen sehr gut ab.
- Totholzstrukturen spielen eine wichtige Rolle als Ruhezone und Deckung für die Äschen. Das Einbringen von Totholz («Ast-Besen» und ganze Bäume mit Krone und Wurzelstock) hat sich

positiv ausgewirkt. Zudem wurden vor allem in unmittelbarer Nähe der Besen (faschinenähnliche Astbündel) vermehrt Laichgruben angelegt.

- Sowohl Auflösungen des harten Uferverbau, Buchtenbildung und das Einbringen von Totholz führten lokal zu einer Erhöhung der Dichte von Äschenlarven.
- Das Einbringen der «Besen» bewirkte, dass entlang eines mit Betonplatten verbauten Ufers neuer Lebensraum für mehrere Tausend Larven entstand. Selbst entlang eines strukturierten Ufers mit anschliessender harter Verbauung, wo bereits sehr hohe Larvendichten registriert worden waren, führten die Besen zu einer nochmaligen Zunahme.

Weiter konnte gezeigt werden, dass der Abfluss einen ganz entscheidenden Einfluss auf die Larvendichte hatte. In Jahren, in denen vermehrt Kiesbankränder und nicht Ufermauern die Uferlinie bildeten, war das Larvenaufkommen deutlich grösser. Ganz deutlich zeigte sich auch der Einfluss der Wasserführung bei den Strecken, auf denen Totholz eingebracht wurde: In Jahren, in denen die Totholzstrukturen überspült waren, war an diesen Stellen die Larvendichte deutlich geringer als in Jahren, in denen diese Strukturen aus dem Wasser ragten.

### **Kiesumlagerungen im Hochrhein am Tössegg**

2009 fand im Hochrhein am Tössegg seitens des AWEL Zürich eine Kiesmanagement-Massnahme statt (HYDRA 2010). Es sollte Kies aus dem Mündungstrichter der Töss abgegraben (Zufahrt zu Bootsanleger war verschüttet) und auf der Uferbank in einem Hinterwasserbereich auf dem linken Rheinufer wieder aufgeschüttet werden. Wir empfehlen, die ursprüngliche Planung zu modifizieren und den Bereich der Kiesschüttung mehr in Richtung Stromrinne zu verschieben, um eine Aufwertung als Laichplatz für angestammte kieslaichende Fischarten (Nase, Barbe, Äsche, Forelle) zu erreichen. Da das einzubringende Material bereits vor Ort lag, wurde eine Kombination der Massnahmentypen Kieslockerung und Kiesschüttung durchgeführt. Es wurde mit einem Raupenbagger und zwei Arbeitsschiffen mit grossen Kippmulden gearbeitet (Abb. 7.2). Der Kies wurde in Terrassen zwischen 0,5 und 2 m Tiefe ausgebracht bei einer Tiefgründigkeit von 30 cm bis 1,5 m, um die Funktionsfähigkeit als Kieslaichplatz bei verschiedenen Wasserständen zu sichern.



*Abb. 7.2: Technische Durchführung der Kiesschüttung 2009 am Tösseg (AWEL, Hydra AG 2010). Oben links: Kiesbaggerung mit Raupenbagger. Zwischenlagerung des Kieses. Links: Kieseintrag mit Kippmulden vom Arbeitsschiff aus. Der Kieseintrag erfolgte in 0,5 bis 2 m Wassertiefe. Fotos: Rey*

Nach weniger als einem Jahr waren auf der Schüttung völlig unterschiedliche, mosaikartig verteilte Flächen anzutreffen. Dabei kam es auch zu einem regelmässigen Feinsedimenteintrag bei Hochwasser (aus der Töss und der nahegelegenen Thurmündung). Neben nahezu aufwuchsfreiem Kies wurden

geringfügig bewachsene und Flächen mit dazwischen liegendem Sand angetroffen (Abb. 7.3). Die Benthosbesiedlung entwickelte sich entsprechend vielfältig. In den späteren Jahren wurden im Schüttungsbereich regelmässig Schwärme von adulten Barben und Karpfen, vereinzelt auch Äschen und Nasen angetroffen. An den Kiesbankrändern und im Bereich der Totholzburgen hielten sich grosse Jungfischschwärme, in ausgekolkten Bereichen adulte Fische mehrerer Arten auf (WERNER et al. 2013).



Abb. 7.3: Entwicklung der Kiesschüttung am Tössegg innerhalb eines Jahres nach der Massnahme. a: Kies-Sand-Mosaik mit Aufwuchs; b: Schüttung an der Scharante zwischen Uferbank und tiefer Rinne; die Böschung selbst bleibt bedeckt mit Sand und Schlamm Kiesflächen befinden sich ober- und unterhalb davon; c: durchströmte Totholzburg mit Kolk und Kiesrücken; d: Kiesbankrand mit lockerem Mittel- und Grobkies, Aufenthaltsort von Brütlingen und Jungfischen verschiedener Fischarten; e: Totholz im Hinterwasserbereich – Brütlingshabitat mit Sandflächen für Bach- und Flussneunaugen; f: angelandetes und im Rhein belassenes Sturzholz aus der Töss. Fotos: Werner & Rey.

## 7.4 Handlungserfordernisse für den Seerhein

### ***Bisherige Förder- und Schutzmassnahmen am Seerhein***

Bisherige Schutz- und Fördermassnahmen zugunsten der Äschen auf der deutschen Seite beschränken sich bislang auf den Schutz der Art durch entsprechende Fangregularien und den regelmässigen Äschenbesatz im Seerhein durch den ASV Konstanz.

Oberhalb des Kuhorns fand bereits in den 1990er-Jahren ein Kieseintrag auf der überströmten Uferbank statt (vgl. Abb. 6.2). Der Kies fällt allerdings zur Laichzeit der Äschen regelmässig trocken und zeigt auch keine geeignete Zusammensetzung als Laichsubstrat für diese Fischart (vgl. Abb. 7.7).

Bis zur Aufhebung der Genehmigung durch das Thurgauer Verwaltungsgericht fanden seit 1992 (mit Unterbrechungen) Kormoranvergrämungen/Abschüsse im Seerhein und im Ermatingerbecken statt. Die Erlaubnis dafür wurde mit einem Entscheid des Verwaltungsgerichts 2016 zurückgenommen.

### **Handlungserfordernisse**

Für die nachhaltige Verbesserung des Erhaltungszustandes der Äsche sind bei den derzeit schlechten Zukunftsaussichten substantielle Verbesserungen nötig. Eine Beseitigung aller Gefährdungsursachen ist auch langfristig unwahrscheinlich, daher sollten bei allen möglichen Massnahmen übergeordnete Handlungserfordernisse (H1 bis H10) zur Verbesserung der Lebensraumbedingungen berücksichtigt werden, die auch den anderen typischen Fischarten des Seerheins zugute kommen (nach [www.bfn.de](http://www.bfn.de), für den Seerhein modifiziert):

- H1 Reduzierung von Nährstoff-, Schadstoff- und Feinsedimenteinträgen;
- H2 Erhaltung bestehender Habitats und Verzicht auf einen weiteren Verbau der Ufer und ufernahen Flächen;
- H3 Extensivierung des Gewässerunterhalts; Zulassen natürlicher Flusssdynamik und -alterung (z. B. Totholz belassen);
- H4 Vernetzung mit Zuflüssen und Entwässerungsgräben; Schaffung von Rückzugsräumen bei Hochwasser und hohen Wassertemperaturen; Zugang zu Grundwasserexfiltrationen;
- H5 Minimierung eines bestandsgefährdeten Prädationsdrucks;
- H6 Minimierung der negativen Folgen der Gewässernutzung (v.a. Schiffsverkehr);
- H7 Förderung der Beschattung von ufernahen Bereichen der Uferbank;
- H8 Revitalisierungen und Renaturierungen, strukturelle Aufwertungen und Anlage neuer geeigneter Habitats und Deckungsstrukturen zur Förderung der Ausbreitung der Art;
- H9 Kiesmanagement (Kiesschüttungen, Kieslockerungen);
- H10 ggf. massnahmenflankierende Besätze (zuvor mögliche Auswirkung plausibilisieren).

Aus diesem Spektrum von Handlungserfordernissen und Entwicklungszielen wurden die in der Folge aufgeführten Massnahmentypen herausgearbeitet. Die Empfehlungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Erst durch zusätzliche Abklärungen kann eine genauere Lokalisierung und Dimensionierung der Massnahmen erfolgen.

## **7.5 Strukturelle Aufwertungsmassnahmen**

Die beiden Beispiele von integrierten Aufwertungsmassnahmen an der Aare und am Hochrhein liefern beinahe schon das gesamte Spektrum von Massnahmen, die auch im Seerhein umsetzbar und sinnvoll wären. Allerdings ist darauf zu achten, dass dabei so wenig wie möglich in die natürlich verbliebene Struktur des Seerheins eingegriffen werden darf. Massnahmen, die bereits bestehende Funktionen und Strukturen in ihrer Dimension und Wirksamkeit unterstützen können, sind dagegen zielführend.

Massnahmen im Gewässer selbst müssen darüber hinaus in Zeiträumen durchgeführt werden, in denen keine Gefährdung von Fischen, Fischbrut und anderen schützenswerten Gewässerorganismen oder Störungen von Vögeln in der Brutzeit zu befürchten ist. Entsprechende Massnahmenzeiträume für den Seerhein sind daher von den Fachstellen zu bestimmen und grenzüberschreitend zu koordinieren.

### **Passive Massnahmen - Extensivierung der Gewässerunterhaltung**

Zur Erhaltung der für die Reproduktion notwendigen Kieslaichhabitats sollte jede Art von Gewässerunterhaltung in von der Äsche besiedelten Gewässern unterlassen bzw. möglichst schonend durch-

zuführt werden. Der Unterhalt sollte dabei auf ein Mindestmass reduziert werden und sich auf die Beseitigung von Abflusshindernissen zur Sicherung eines ordnungsgemässen Schiffsverkehrs beschränken. Auf Sohlräumungen ist zu verzichten und Totholz sollte unbedingt im Gewässer belassen werden (Abb. 7.4, vgl. [www.totholz.de](http://www.totholz.de)). Dies gilt auch für Sturzbäume, die gegebenenfalls gesichert (Schiffsverkehr!) und so positioniert werden müssen, dass sie selbst wieder strukturierend wirken (Auskolkung, Strömunglenkung).



Abb. 7.4: Natürlich entstandene Totholzansammlungen befinden sich auf einem Uferwaldstreifen gegenüber dem Kuhhorn auf Seite des Wollmatinger Rieds. Foto: Rey.

### **Totholzeintrag**

Eingetieft, kräftig durchströmte Rinnen und Kolke als Deckungsstrukturen und Winterestände für adulte Äschen können in Gewässern mit geringen Sommerabflüssen durch strömunglenkende Massnahmen wie Verengung des Querschnittes, Störstrukturen, Buhnen, Uferanriss u.a. gefördert werden. Strömunglenkungen im Seerhein sollten nur mit ingenieurbioologischen Methoden, also unter Benutzung von Lebendmaterialien umgesetzt werden. Zusätzlicher Totholzeintrag könnte im Seerhein zunächst überall dort erfolgen, wo natürlicherweise Totholz anfällt, also vor dem bestehenden Uferwaldstreifen unterhalb der Bleiche (rechtes Ufer) und auf der Schweizer Seite von der Grenze bis hinter Gottlieben. Wie für das passiv eingetragene und belassene Totholz gilt auch hier, dass es vor der Abdrift bei hohen Wasserständen und Schleppkräften gesichert werden sollte. Mit fixierten Rau- und Sturzbäumen – sofern der Wurzelstock am Stamm belassen wird, lässt sich bereits eine Sohlstrukturierung (Strömunglenkung, Auskolkung) provozieren, durch die auch Kiesflächen freigelegt werden könnten. Je grösser und stabiler die Totholzstruktur, desto weiter können sie in die Strömung exponiert werden, desto stärker werden diese Effekte und desto eher wirken solche Strukturen auch als Deckung und Lebensraum für verschiedene Fischarten und -grössen. Selbst auf den sandig-schlammigen Uferbänken unterhalb des Kuhhorns bietet sich Totholzeintrag in Form von Stammholz und Raubäumen an. Als besonders gute, kolkbildende Deckungsstrukturen haben sich umgekehrt in den Grund getriebene kurze Stämme mit nach oben ragenden Wurzelstöcken erwiesen.

### **Engineered Log Jams (ELJs)**

In Nordamerika setzen sich im Rahmen des Schutzes und der Förderung von Salmonidenpopulationen mehr und mehr die sog. *Engineered Log Jams* (ELJs) durch, das sind künstlich eingebaute Totholzburgen aus Stammholz (inkl. der Wurzelstöcke). Im Gegensatz zu natürlichen Totholzanschwemmungen und -verkläunungen wird ein ELJ durch ein Fachwerk langer Holzpfähle stabilisiert und im Grund und/oder der Uferbankböschung verankert, so dass das Konstrukt zugleich als Ufersicherung, Erosionsschutz, Wellenbrecher und Fischunterstand wirken kann. ELJs können in jeder erdenklichen Form und Ausrichtung eingebracht werden. Je nachdem, wo sie exponiert werden und wie weit sie aus dem Wasser ragen, werden sie sekundär bewachsen oder wirken als Falle für Detritus, Kies (*Gravel Trap*) und angeschwemmtes Totholz. ELJs altern zwar wie jede organische Struktur, sind gegenüber natürlichen Totholzanschwemmungen aber deutlich langlebiger und können sich um das innere Gerüst

herum auch selbst erneuern und entwickeln, wenn in das Gerüst Lebendfaschinen mit eingebaut werden. Auf diese Weise wird die Oberfläche dicht mit standorttypischen Gehölzen bewachsen.

In die Schweiz wurde die Methode des Einbaus von ELJs von der Fa. *Emch & Berger*, Bern eingeführt ([www.emchberger.ch](http://www.emchberger.ch)). Bei Massnahmen an der Aare wurden bereits Log Jams in verschiedenen Grössen, Expositionen und mit verschiedenen Zielsetzungen eingebaut (Abb. 7.5). Vorteile und Nachteile der gewählten ELJ-Bauweise, Aufbau und Konstruktion, Bauablauf und Baufortschritt sowie die zu erwartende langfristige Entwicklung dieser biogenen Konstruktion werden in der Arbeit von WIDMER & KISLIG (2018) sowie in WIDMER et al. (2019) detailliert beschrieben, weshalb an dieser Stelle auf weitere Erläuterungen verzichtet wird.

Neben den grossen Strukturen wie ELJs nehmen sich Massnahmen wie der von GUTHRUF & GUTHRUF empfohlene Eintrag von «Ast-Besen» eher bescheiden aus. Wir gehen davon aus, dass eine entsprechende Deckung für Brütlinge und Jungfische, die durch solche dichten Strukturen geschaffen wird, auch durch die natürlichen Wasserpflanzenpolster entsteht. Von diesen wachsen zur Laichzeit der Äschen im Seerhein aber nur die auch ganzjährig vegetativ vorhandenen Arten, zu denen auch *Potamogeton helveticus* zählt. Der Eintrag von Ast-Besen im Bereich neuer Äschenlaichplätze sollte deshalb weiterverfolgt und auf einer Musterstrecke getestet werden (siehe Kap. 8.2).

Die Lokalisierung für den Eintrag/Einbau zusätzlicher Strukturen hängt in jedem Fall auch von der Lage der potenziellen Reproduktionshabitate und der Bereiche ab, in denen Kiesmanagement stattfindet.



Abb. 7.5: Prinzipieller Aufbau einer Engineered Log Jam (ELJ) zur naturnahen Ufersicherung und Lebensraumanreicherung nach Widmer et al. (2019). Der Hauptbestandteil eines ELJs sind baumstammdicke Verankerungspfosten, dazwischen werden Baumstämme mit Wurzelstöcken und Astbündel eingebaut. Der Aufbau kann auch unregelmässig erfolgen. Durch diesen Aufbau entsteht eine stabile, grobe Struktur, die reich an Oberflächen und Zwischenräumen, sich durch Gehölzbewuchs selbst erneuern kann und weiteres Totholz abfängt. ELJs können als Längsverbau, Bühnen oder Inseln / Strömungsteiler eingesetzt werden. Grafik: Denis Rochat ([www.emchberger.ch](http://www.emchberger.ch)).

## 7.6 Kiesmanagement

Natürliche Strömungshindernisse wie Totholz und Wasserpflanzenpolster fördern über die Konzentration von Schleppkräften die Bildung von Substratmosaiken und damit auch von lockeren Kiesflächen. Beispiele dafür sind die zwischen den Laichkrautbeständen vorhandenen potenziellen Äschenlaichplätze im Konstanzer Trichter.

### **Geeignete Kieszusammensetzung**

Im Seerhein selbst sind solche freien Kiesflächen eher selten oder sie liegen z.T. in einer Wassertiefe, die von Äschen nicht zur Eiablage aufgesucht werden. Hinzu kommt, dass im Bereich des Schwanenhalses die Beckentone bis dicht unter die Substratoberfläche reichen (SCHMIDLE 1914). Gräbt man z. B. vor der Bleiche im kiesigen, gut durchströmten Bereich, dann stösst man bereits in 10 cm Tiefe auf Ton (Abb. 7.6). Ähnliche Bedingungen dürften auch auf der linken Rheinseite herrschen.

Bei Mangel an geeigneten Laichflächen und zu dünnen Kiesauflagen empfehlen wir daher Kiesschüttungen mit einem Wandkiesgemisch (s.u.). Die Annahme dieser Kiesflächen durch Äschen und ihre fast unsichtbare Eingliederung in die natürlichen Prozesse und Morphologie des Flusses sind an den Beispielen von der Aare bei Thun und vom Hochrhein am Tössegg (Kap. 7.2) abzulesen.



Abb. 7.6: Auf Höhe der «Bleiche» (rechtes Rheinufer am oberen Ende des Schwanenhalses) liegt der Kies (hier alle drei Kiesfraktionen Fein-, Mittel- und Grobkies) nur in einer dünnen Lage über den meterdicken Tonschichten. Foto: Rey

Entsprechend der Vorgaben für die Entwicklung eines Äschenökotops (vgl. Kap. 6.1) sollte die Korngrössenzusammensetzung für Äschenlaichplätze eine Mischung von Mittel- und Grobkies in einem Korngrössenbereich zwischen  $> 6,3$  mm - 63 mm aufweisen. Diese Angaben decken sich auch mit den Empfehlungen im Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer der IGKB (REY et al. 2009) für das Oberbaumaterial an Ufern mit geringem bis mittlerem Wellenangriff. Im Fluss dürfte dies einer Überströmung von ca. 30-45 cm/s entsprechen, womit dieser Kies auf den meisten Uferbänken des Seerheins lagestabil bleiben sollte.

Am besten eignet sich sog. Wandkies, der in vielen Bereichen des ehemaligen Bodenseebeckens gewonnen werden kann. Wandkies/Rohkies ist direkt von der Wand des Kieswerks abgebautes Material, das alle feinen und groben Bestandteile in ursprünglicher Zusammensetzung beinhaltet. Eine Grösstkorngrenze gibt es für dieses Material nicht. Somit können auch Lehmklumpen und Rundwacken (grosse runde Bodensteine) sowie andere Bestandteile enthalten sein. Rohkies ist in jedem Fall vorsortierten Kies vorzuziehen (Abb. 7.8), auch weil er sich unauffällig in die bestehenden

Substratmosaiken des Seerheinbodens integrieren lässt. Der Wandkies «0/63» weist z. B. bereits zu einem hohen Anteil die geforderten Korngrößen für Äschenlaichplätze auf und könnte wahrscheinlich direkt eingebracht werden. Die Mächtigkeit der Kiesschüttung kann variieren, sollte aber 30 cm nicht unterschreiten.

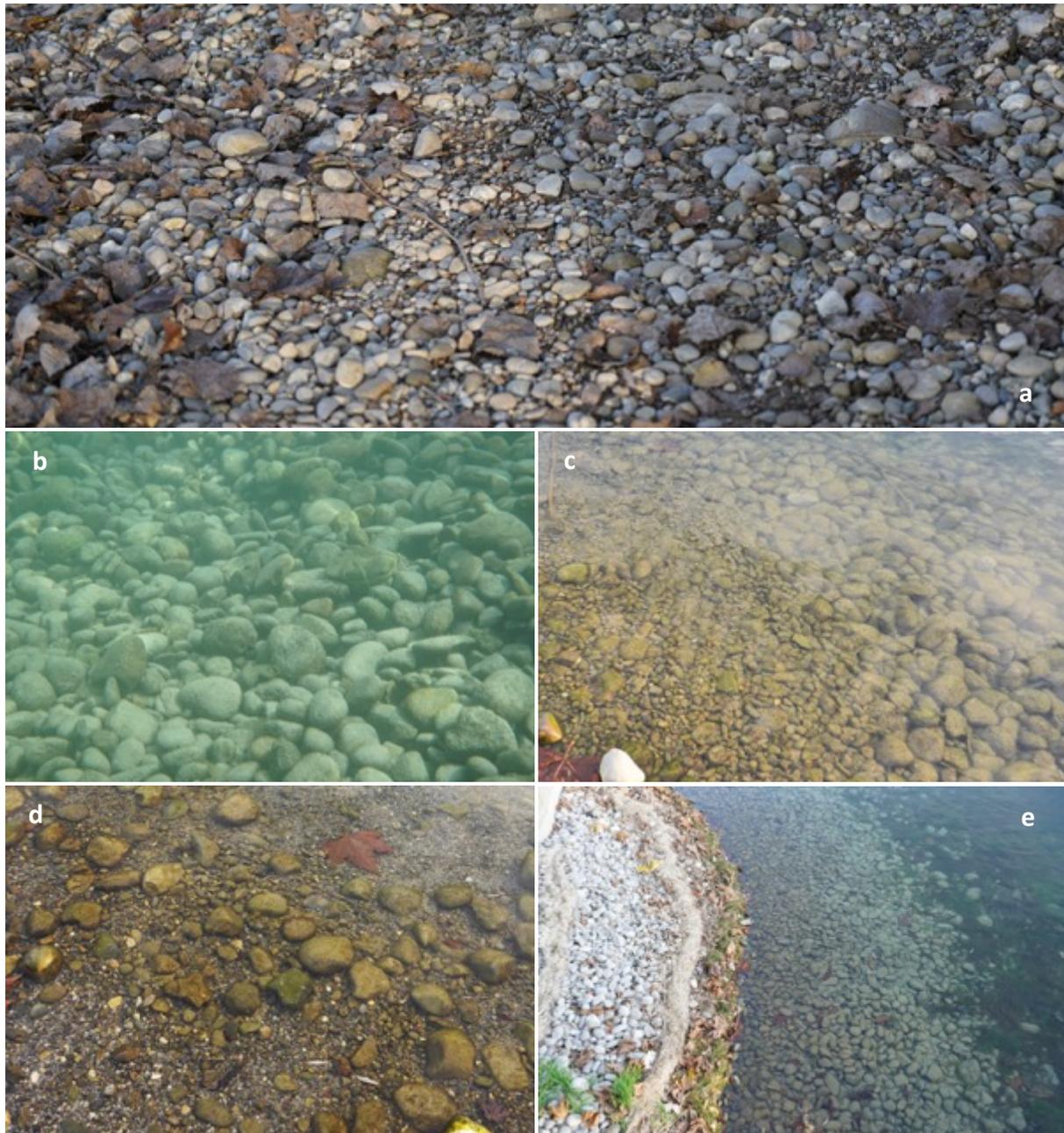


Abb. 7.7: a) Unsortierter Wandkies (0/63) einer Renaturierungsmassnahme am Bodenseeufer → als Substrat für Äschenlaichplätze geeignet; b) zu grober, sortierter Kies (wahrscheinlich 54/63 oder grober) aus der alten Kiesschüttung am Kuhhorn → **ungeeignet**; c): Aufbau unterschiedlicher sortierter Kornfraktionen an der neuen Rheinpromenade in Konstanz (Kies ca. 16/63) und Rundwachen (80/120) als stabilisierender Unterbau/Böschungsfuss → **bedingt geeignet**; d) in den sortierten Korngrößen zu stark divergierende Kies-Steinsubstrat 16/32 und 80/120 (und grösser) an der neuen Rheinpromenade → **ungeeignet**; e) ausschliesslich aus Rundwachen bestehendes grobes (80/120) Steinmaterial als Böschungssicherung vor dem Schiffsanleger Great-Lakes. Fotos: Rey.

### **Kieslockerungen, Kiesumlagerungen**

Kieslockerungen sollten in erster Linie dort stattfinden, wo ein mindesten 50 cm dicker Kieskörper (egal welcher Korngrößen und Mischungen) unter der Substratoberfläche angetroffen wird. Um solche

Bereiche lokalisieren zu können, müssen zuvor Sondierungsgrabungen an Stellen durchgeführt werden, wo ein solcher Kieskörper vermutet wird, aber von kieslaichenden Fischen wegen zu starker Kolmation der Oberfläche oder einer zu dicken Feinsedimentauflage nicht genutzt werden kann. Danach erfolgt die Kieslockerung entweder mit Handrechen (auf seichte Uferbänken bei Niedrigwasser) oder mithilfe eines Schreitbaggers und einer Baggerschaufel mit Zähnen. Alternativ kann auch das Material zuerst ausgehoben und dann wieder geschüttet werden (vgl. Massnahme am Tössegg, Kap. 7.2). Bei weniger tiefgründigen Kieskörpern können die Massnahmentypen Kieslockerung und Kiesschüttung kombiniert werden. Andere Methoden (z. B. Einsatz von Sediment-Saugern, Hinterherziehen von Eggen von einem Arbeitsboot aus u.a.) können zwar diskutiert werden, kommen unserer Ansicht nach aber für den Seerhein nicht in Frage.

### **Massnahmenstrategie Kiesschüttungen/Kieslockerungen**

#### Kiesschüttungen:

- Kiesschüttungen sollten erst einmal nur in Bereichen erfolgen, die natürlicherweise eine steinige/kiesige Substratoberfläche mit wenig Feinsedimentanteil aufweisen
- Für den Kiesauftrag können sich aber auch Flächen eignen
  - an denen das Kiesmaterial nur dünn aufliegt und/oder wegerodiert wurde
  - die einen tiefgründigen Kieskörper aufweisen, der nur durch eine dünne Feinsedimentauflage bedeckt ist

in beiden Fällen müssten zuvor entsprechende Abklärungen durchgeführt werden

- Kiesschüttungen sind Kieslockerungen (s.u.) immer dann vorzuziehen,
  - wenn nicht genügend geeignetes, oder nicht genügend tiefgründiges Kiessubstrat vorhanden ist
  - wenn das Laichsubstrat auch bei Niedrigwasser in einer Wassertiefe von über einem Meter liegt
- Eine Kiesschüttung sollte stets eine Fläche von mindestens 200 m<sup>2</sup> bedecken.
- Eine Kiesschüttung sollte immer so platziert werden,
  - dass ihre Oberfläche bei Niedrigwasser in einer Wassertiefe von mindestens 30 cm und höchstens 1 m liegt
  - dass ihr Kieskörper gut durchströmt wird
  - dass sie in der Nähe potenzieller Brüttingshabitate liegen
- Eine Kiesschüttung kann auch in mehreren Tiefenterrassen ausgeführt werden.
- Es ist zu prüfen, inwieweit eine Kiesschüttung über Flächen, die von *Dreissena*-Muscheln überwachsen sind, sinnvoll ist. Bei einer Überdeckung mit neuem Kies stellt sich die Frage, ob es zu Fäulnisprozessen im Kieskörper kommt. Möglicherweise kann vor einer Kiesschüttung die alte bewachsene Substratoberfläche abgetragen werden.

#### Kieslockerungen, Kieswaschungen:

- Kieslockerungen sind überall dort zu empfehlen bzw. einer Kiesschüttung vorzuziehen
  - wo bereits geeignetes Laichsubstrat vorliegt, aber deutliche Kolmationen (durch Feinsedimenteintrag, durch biogene Prozesse und Muschelaufwuchs) zeigt
  - wo unter der Substratoberfläche ein tiefgründiger Kieskörper vorhanden ist
  - wo sich die potenziellen Laichareale in weniger als 30-40 cm Wassertiefe bei Niedrigwasser befinden
  - wo stärkere Strömungen herrschen, so dass während der Massnahme ein Grossteil der Feinsedimente und des organischen Materials (Algen, Muscheln) abdriften kann.



Abb. 7.8: Möglicher Orte für Kiesschüttungen im Schweizerischen Seerhein. Die Lokalisierung erfolgte über die Auswertung von Luftbildern und eine Filterung von Wassertiefendaten aus dem Projekt Tiefenschärfe (igkb.org). Hintergrundbild: [www.map.geo.admin.ch](http://www.map.geo.admin.ch)

In allen Fällen müssten zuvor entsprechende Abklärungen oder Sondierungen durchgeführt werden. Es ist auch zu prüfen, ob eine Kieslockerung von Flächen, die bereits dicht mit *Dreissena*-Muscheln überwachsen sind, sinnvoll ist (Fäulnisprozesse im Kieskörper?).

## 7.7 Reaktivierung von Brütlings- und Jungfischhabitaten

Zur Laichzeit der Äschen im Seerhein herrschen in der Regel niedere Frühjahrsabflüsse und die Uferländer weisen breite Strömungsgradienten auf, die sich als Brütlings- und Jungfischhabitats eignen. Vor rund 100 Jahren (vgl. Abb. 5.18) besass der Seerhein noch viel mehr Buchten und Mündungsbereiche, kleine Zuflüsse und Gräben. Dennoch ist das Lebensraumangebot für Äschenbrütlinge und junge Äschen noch ausreichend, zumal sich die Situation auch durch die empfohlenen Strukturmassnahmen noch weiter verbessern könnte. Eine Reaktivierung früherer Brütlingshabitats in Form von ufergestaltenden Massnahmen oder morphologischen Verbesserungen der Mündungsbereiche sind zumindest für die Seerheinäschen derzeit noch nicht von vorrangiger Bedeutung. Sie werden an dieser Stelle deshalb auch nicht weiter thematisiert.

## 7.8 Schutzmassnahmen

### *Massnahme gegen den Frassdruck von Kormoranen*

Im gesamten Bodenseegebiet kommt es vor allem seit 2010 verstärkt zu Kormoranvergrämungen. Dabei werden am See selbst und in seinem Hinterland (entsprechend Einzugsgebiet im Radius von ca. 30-50 km vom See) Vergrämungsabschüsse getätigt. Jährlich werden so bereits zwischen 550 und 750 Kormorane erlegt (REY & BECKER 2017). Wirkungskontrollen in den Flüssen und Bächen des Hinterlandes wurden unseres Wissens nach noch nicht durchgeführt. Während zumindest im Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen der Prädationsdruck über die jahrelange «Kormoranwacht» auf mittlerem Niveau gehalten werden konnte, mussten die bisherigen Kormoranvergrämungen und -abschüsse im Bereich des Seerheins und des Ermatingerbeckens aufgrund des Verwaltungsgerichtsurteils 2016 beendet werden.

2017 wurde seitens der IBKF ein Pilotprojekt für ein seeweites Kormoranmanagement lanciert. Der Projektantrag scheiterte vorerst an geeigneten Projektpartnern. Seither besteht ein Moratorium hinsichtlich dieses Vorhabens. Wir haben gesehen, dass eine nachhaltige Lösung dieses Themas vor allem für die Population der Äschen im Seerhein und im Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen aber spielentscheidend ist.

Ein Förderprogramm für die Seerheinäschen hängt in entscheidendem Masse davon ab, dass sich eine wieder anwachsende Äschenpopulation erst einmal weitgehend ungestört von Prädation entwickeln kann. Deshalb ist auch eine Wiederaufnahme der Kormoranvergrämungen im Seerhein unserer Einschätzung nach unumgänglich.

Massnahmenempfehlungen zur Minderung des Einflusses weiterer Prädatoren werden in dieser Studie nicht gemacht. Allerdings empfehlen wir, den Einfluss der Höckerschwäne, Gründelenten und Tauchenten auf die rezenten und potenziellen Äschenlaichplätze (Konstanzer Trichter, Schwanenhals, Rheinseeschwelle) im Rahmen einer separaten Untersuchung abzuschätzen.

### *Massnahmen gegen den Einfluss der Motorschiffahrt*

Massnahmen gegen die negativen Auswirkungen der Rheinschiffahrt sind vor allem hinsichtlich der direkten und indirekten Gefährdung von Äschenbrütlingen (Gefahr des Strandens bei Wellenschlag/-Wellenrücklauf) und der Zerstörung rezenter und potenzieller Äschenlaichplätze zu thematisieren. Eine weitere Reduktion der Fahrgeschwindigkeiten von Motorschiffen bei der Bergfahrt erscheint dabei nicht zielführend. Denkbar – möglicherweise auch umsetzbar – wären Befahrensverbote der flacheren Bereiche zur Äschenlaichzeit und Brütlingsentwicklung

- Ausserhalb der Hauptschiffahrtsrinne im Konstanzer Trichter (aktuelle Laichplätze),
- in der Sommerrinne des Schwanenhalses,
- und abseits der Schiffahrtsrinne auf der Rheinseeschwelle.

### **Akute Schutzmassnahmen bei steigenden Wassertemperaturen**

Wenn die Äschen bei gefährlich hohen Wassertemperaturen die nächstgelegenen Ausweichhabitate nicht erreichen (Thermoklinen in Abb. 6.9), dann können Massnahmen innerhalb des Seerheins das Überleben der Äschen bestenfalls vorübergehend retten.

Prophylaktisch wirkt wahrscheinlich auch eine verbesserte Beschattung von ufernahen, strömungsarmen und etwas tieferen Bereichen oder von Bachmündungen durch grosse Bäume, und/oder grosse und tief ausgekolkte Totholzstrukturen (dies brächte zudem eine Anreicherung an besonders wertvollen Deckungsstrukturen für Fische). An solchen Stellen wird die Wassertemperatur im mehr oder weniger stagnierenden Wasserkörper auch von der Temperatur der Flussole und des Grundwassers bestimmt. Möglicherweise erwärmt sich das Wasser hier weniger auf als dasjenige im Hauptstrom, dem jeden Tag wieder das aufgewärmte Oberflächenwasser aus dem Obersee zuströmt und sich bis auf den Grund durchmischt. Diese Hypothese müsste aber vor Ort verifiziert werden. Hierzu sollten in Bachmündungen und beschatteten Uferbereichen während kommender Hitzeperioden Temperaturmessungen stattfinden.

Dringend wäre auch zu prüfen ob, und wenn ja, an welchen Stellen im Betrachtungsperimeter es zu Grundwasseraustritten aus der Rheinsohle oder im nahegelegenen Flussraum kommt. Durch den grossflächig durch Beckentone abgedichteten Untergrund der Flussole (vgl. Kap. 1) dürften solche Stellen rar und deshalb auch schwer zu lokalisieren sein. Werden sie aber gefunden, dann wäre es vielleicht auch möglich – wie am Beispiel des Hochrheins gesehen – solche Bereiche mit technischen Mitteln besser an den Hauptstrom anzubinden.

Generell erscheint es auch zielführend, die Strategien aus dem Konzept zur Äschenrettung aus dem Hochrhein (MOSBERGER & STOLL 2018) in all den Teilen zu übernehmen, die sich auch am Seerhein umsetzen lassen. Hierzu zählen

- die Lokalisierung von Bereichen, an denen die Wassertemperatur durch künstliche Beschattung/Abdeckung niedriger gehalten werden kann, z. B. bei Bootshäfen und Zuflüssen im Ortsbereich;
- die Installation und den Betrieb von Grundwasserpumpen an geeigneten Stellen, die für die Fische erreichbar sind, deren Wasser sich aber nicht mit dem der Hauptströmung mischt;
- intensive Schutzmassnahmen gegen Kormoraneinflug bei kritischen Wassertemperaturen und bei Ausweichwanderungen fliehender oder sogar vorgeschädigter Äschen.

Wie die Grundwasseraustritte, so müssen auch solche Bereiche, an denen technische Massnahmen praktisch umsetzbar sind, baldmöglichst evaluiert werden. Dabei sind z. B. die Möglichkeiten in der Ortslage von Gottlieben (auch am Zufluss des Dorfbachs), auf deutscher Seite im Bereich der Klosterinsel/Schwanengraben und an den Anlagen zwischen Schiffahrtsamt und Bleiche zu untersuchen.

## **7.9 Äschen-Bewirtschaftung**

Überlegungen zur Äschenbewirtschaftung im Seerhein wurden im Rahmen dieser Studie nicht weiterverfolgt. Wir gehen aber davon aus, dass die bisherigen Besatzmassnahmen durch den ASV Konstanz zumindest kompensierend auf den noch verbleibenden Äschenbestand gewirkt haben und wirken. Dass ein solcher noch vorhanden ist, zeigen die aktuellen Beobachtungen und die Anglerfänge im Konstanzer Trichter. Einer Weiterführung dieser oder Ausweitung der Besatzmassnahmen auf Schweizer Seite (im Zusammenhang mit künftigen Aufwertungsmassnahmen) steht somit sicher nichts im Wege. Über eine Wirkungskontrolle sollte allerdings nachgedacht werden. Die Fische werden immerhin in einer Grösse entlassen, die eine Markierung zulässt.

Über eine autochthone Äschenbewirtschaftung ist erst dann wieder sinnvoll nachzudenken, wenn sich der Bestand soweit erholt hat, dass auch wieder ein Laichfischfang in dafür nötigem Umfang möglich ist. Langfristig könnte eine Überlegung auch dahin gehen, dass die autochthone Äschenpopulation (Seerhein und Hochrhein), die auch – zumindest genetisch – die vergangenen Hitzesommer überlebt hat, an die hohen Wassertemperaturen besser angepasst ist als die Äschenstämme aus eindeutig sommerkühlen Gewässern. Man kann auch davon ausgehen, dass wenn, dann der Äschenstamm im Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen eine solche genetische Prädisposition in sich trägt.

## 8 Vorgehenskonzept

---

### 8.1 Weiterführende Abklärungen und erste Weichenstellungen

#### ***Ausweitung des Programms auf den gesamten Seerhein und den Konstanzer Trichter***

Für eine Überführung dieser Studie in ein konkretes Massnahmenprogramm zur Förderung der Seerhein-Äschen müssen zunächst die begonnenen Recherchen vervollständigt und verschiedene Informationslücken geschlossen werden. Hierzu sind bestehende, aber noch nicht abgerufene Kenntnisse über rezente Äschenvorkommen zu sammeln, Temperatur- und Strömungsmessungen vorzunehmen sowie die Eignung der vorliegenden Substratabdeckungen für Kieslockerungen und Kiesschüttungen zu evaluieren.

Ein mögliches Massnahmenprogramm muss danach mit den Regierungspräsidien Freiburg und Tübingen auf der deutschen Rheinseite koordiniert werden. Beide Behörden wurden von uns bereits über die laufende Studie informiert und sind prinzipiell zu einer Zusammenarbeit bereit. Die deutschen Behörden sind allerdings bereits in mehreren laufenden Aufwertungsprogrammen involviert, in denen der Seerhein (noch) nicht berücksichtigt wird.

Auf Schweizer Seite können unabhängig davon schon einzelne Massnahmen an einer oder wenigen Musterstrecken (vgl. Kap 8.2) in Angriff genommen werden.

#### ***Einbezug anderer Fischarten in die Massnahmenprogramme***

Da nicht absehbar ist, inwieweit der Seerhein und die angrenzenden Seebereich auch langfristig ein Lebensraum für Äschen sein können, sollten schon jetzt alle geplanten Massnahmen auch hinsichtlich ihres Nutzens für andere, weniger temperaturempfindliche Fischarten getestet werden. Vor diesem Hintergrund stehen auch die hier vorgestellten Massnahmenempfehlungen, die sowohl für Äschen als auch für andere kieslaichende Fischarten des Seerheins förderlich sind.

#### ***Suche nach Grundwasseraustritten oder verfügbaren Grundwasserquellen***

Alle Grundwasseraustritte im Seerhein, seinen Zubringern und im nicht zu weiten Umfeld des Flussraums sollten gesucht und hinsichtlich einer technischen und von den Seerheinäschen erreichbaren Anbindung des Rheins an kühlere Wasserkörper geprüft werden. Für den Seerhein umsetzbare Schutzmassnahmen aus der Äschenschutzstrategie Hochrhein oder anderer Ansätze sollten in das Förderprogramm übernommen werden.

#### ***Kormoranproblematik***

Das Problem der Kormoranprädation am Bodensee wird derzeit noch in verschiedenen Arbeitsgruppen behandelt. Für ein Kormoranmanagement, das weniger auf Abschüsse baut, sondern vermehrt am Reproduktionserfolg in den Kormorankolonien ansetzt, besteht derzeit noch kein Konsens. Da hierzu ein Eingriff in Naturschutzgebieten erfolgen müsste (sämtlich rezenten Kormorankolonien befinden sich in Schutzgebieten) überschneiden sich die möglichen Massnahmen mit Naturschutz- und insbesondere mit Vogelschutzinteressen.

Es ist aber weiter darauf hinzuwirken, dass die gefährdete Fischart Äsche in entscheidendem Masse in die Entscheidungsfindung für Vergrämungsmassnahmen von Kormoranen mit einbezogen wird. Dies gilt in besonderem Masse natürlich für die Bereiche, in denen noch Äschenvorkommen nachgewiesen sind, Laichplätze existieren oder in denen sich Äschenökotope befinden oder leicht herstellen lassen.

Dabei ist die Gefährdung der Äschen durch Kormoranprädation keineswegs daran zu messen, wieviele Äschenreste in den Mägen geschossener Kormorane zu finden (bisher geforderte deduktive Beweisführung). Bei der derzeitigen Bestandsgrösse der Äschen im Seerhein und den für eine Vergrämung nötigen bisherigen Abschusszahlen (15-35/a) ginge die Wahrscheinlichkeit gegen Null,

einen solchen Nachweis erbringen zu können. Falls in den kommenden Jahren ein Managementprogramm für die Bodenseekormorane umgesetzt werden kann, sollen neben den Äschen jedenfalls auch die Nasen, Barben und Seeforellen als Fokusfischarten geführt werden.

## 8.2 Musterstrecken

Wir empfehlen, jeder der vorgeschlagenen strukturellen Fördermassnahmen (Kiesschüttung/-lockerung, ELJs, Einbringen von Besen, Abschattung tiefer, stagnierender Bereiche) zuerst an einer oder zwei Musterstrecken zu testen, bevor sie in einem grösser angelegten Massnahmenprogramm umgesetzt werden. Dadurch gewinnt man auch Informationen darüber, ob und wie solche Massnahmen noch modifiziert und optimiert werden können.

Geeignete Orte für eine Musterstrecke auf Schweizer Seite liegen oberhalb des Kuhorns, wo die bereits vorhandene Kiesschüttung ersetzt werden sollte, evtl. auf kleineren Flächen vor der Ortslage Gottlieben (linke Rheinseite) sowie im Bereich der Rheinseeschwelle. Die Massnahmentests sollen von einem Monitoringprogramm begleitet werden. Dabei ist die Entwicklung der eingebrachten Struktur/Kiesfläche/Bucht, ihre Nutzung durch Fische und ihre Funktion als Deckungsstruktur zu untersuchen.

Beim Kieseintrag auf Musterstrecken (bevorzugt oh. Kuhhorn) sollten auch unterschiedliche Materialmischungen in unterschiedlichen Wassertiefen getestet werden.

## 8.3 Zusammenfassende Massnahmenziele

In der Tab. 8.1 sind noch einmal die für ein Förderprogramm der Äschen im Seerhein evaluierten Massnahmenziele und die damit in Verbindung stehenden Restriktionen aufgelistet.

Tab. 8.1: Auflistung des Massnahmenbedarfs zur Förderung der Äsche im Seerhein und den angrenzenden Seebereichen; Koordinationsaufgaben

A Übergeordnete Massnahmen, Koordinationen		Anmerkungen
1	Am Seerhein geplante und durchgeführte Aufwertungs- und Fördermassnahmen für die Äschen sollen so ausgerichtet sein, dass sie auch für andere kieslaichende Fischarten zur Verbesserung der Reproduktions- und Standortverhältnisse beitragen (können).	
2	Alle von thurgauer Seite aus geplanten Massnahmen am Seerhein und in dessen Umgebung sind mit den Fachstellen und Behörden auf baden-württembergischer Seite zu koordinieren.	
3	Die Qualität der Massnahmen soll durch Erfahrungsaustausch mit den Arbeitsgruppen am Hochrhein (Äschenmanagement, Kormoranmanagement u.a.) gesteigert werden.	
4	Die Naturschutzfachstellen und zuständigen Naturschutzverbände sollen in die Massnahmenplanung mit einbezogen werden.	
B Prädatoren		Anmerkungen
1	Der Prädationsdruck durch fischfressende Vögel soll durch geeignete Kontrollmassnahmen künftig auf ein Mass geregelt werden, das eine Bestandsgefährdung von Äschen und anderen seltenen Fischarten des Seerheins und der angrenzenden Gewässerbereiche ausschliesst. Dem Seerhein, dem Konstanzer Trichter und dem Rheinsee oberhalb Ermatingen ist als aktuellem und potenziellem Laichgebiet von Äschen, Seeforellen, Barben, Nasen, Alet und Haseln dahingehend besondere Aufmerksamkeit zu widmen.	Management-Massnahmen an Prädatoren, allen voran den Kormoranen, werden in erster Linie durch eine klar prognostizierbare Gefährdungssituation begründet. Es handelt sich somit um fischökologisch plausibilisierbare Massnahmen nach dem Vorsorgeprinzip. Eine deduktive Herleitung der Notwendigkeit des Handelns ist nicht möglich:
2	Zumindest im Rheinsee zwischen Gottlieben und Ermatingen, im Schwanenhals und im Konstanzer	Wintergäste und Kormorane aus allen Kormoran-Kolonien, in deren Fouragierradius

	Trichter sollten bereits kurzfristig wirksame Vergrämungsmassnahmen nach Vorbild der „Kormoranwacht“ am Hochrhein durchgeführt werden. Die Massnahme sollte zumindest während der Dauer der Laichzeiten kieslaichernder Arten andauern.	sich die gefährdeten Rhein- und Seeabschnitte befinden (vor allem die Kormorankolonie im Wollmatinger Ried), sind in diese Massnahme mit einzubeziehen.
3	Abschüsse von Kormoranen sollen langfristig vermehrt durch Massnahmen ersetzt werden, die am Reproduktionserfolg der Vögel in den Brutkolonien ansetzen.	
4	Zu den Reproduktionszeiten der kieslaichenden Fischarten sollen durch geeignete Massnahmen auch andere Prädatoren vergrämt werden können, die die Laichfische direkt oder deren Reproduktionserfolg negativ beeinflussen.	Im Fokus solcher Massnahmen stehen derzeit v.a. die grossen Ansammlungen von Höckerschwänen im Rheinsee und im Konstanzer Trichter. Die Auswirkung der Schwäne auf potenzielle Äschenlaichplätze muss noch untersucht werden.
<b>C Schiffahrt</b>		<b>Anmerkungen</b>
1	Die negativen Auswirkungen der Schiffahrt auf die flache Rheinsohle und die marginalen Flachwasserbereiche (Brütlinge) sind durch geeignete Massnahmen zu minimieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die rezenten und potenziellen Laichflächen im Seerhein, im Konstanzer Trichter und im Rheinsee zwischen Gottlieben und Ermatingen sollen während der Laichzeiten nicht mehr befahren werden.</li> <li>Das Manövrieren grosser Personenschiffe und anderer Motorschiffe im Flachwasserbereich des Seerheins ist auf das absolut nötigste Mass zu reduzieren.</li> <li>Zu Zeiten mit sehr niedrigem Wasserstand sollten Anlege- und Wendemanöver im Seerhein generell vermieden werden.</li> </ul>
2	Die negativen Auswirkungen des Wellenschlags und der Wellenreflexion durch Motorbootbetrieb sind durch geeignete, uferparallele Massnahmen zur Wellenbrechung zu minimieren.	Mögliche Massnahmen, z.B. der Einbau wellenbrechender Strukturen sind bisher noch nicht diskutiert worden
<b>D Wassertemperaturen</b>		<b>Anmerkungen</b>
1	Ufernahe Bereiche und Mündungen von Zuflüssen und Gräben sollten besser beschattet und ggf. tiefgründiger gestaltet werden (Ausbaggerung, Totholzeintrag u.a.) Die im Schilf endenden oder unbewachsenen Mündungsbereiche sollen mit Uferwaldbäumen (z. B. Silberweiden) bestockt werden.	Möglichen Massnahmen ist eine Verifizierung der Hypothese voranzugehen, dass sich in den beschatteten tieferen Bereichen ohne direkten Wasseraustausch mit der Hauptrinne tiefer Temperaturen einstellen könnten
2	Den Äschen aus dem Seerhein muss ein gefahrloses Ausweichen auf temperaturgeschichtete Seebereiche ermöglicht werden. Zu Zeiten mit Wassertemperaturen jenseits von 24°C im Seerhein und im Konstanzer Trichter muss z. B. verhindert werden, dass in den See aufsteigende Äschen oder andere Fischarten, die sich in kühlere Seebereiche zurückziehen wollen, durch Kormorane abgefangen werden.	
<b>E Strukturaufwertungen</b>		<b>Anmerkungen</b>

1	An den Ufern des Seerheins soll sich, wo immer möglich, eine standorttypische Ufervegetation entwickeln können. Vor Abschnitten mit Uferwald soll das einfallende Totholz im Rhein belassen werden. Eine Beseitigung ist erst dann nötig, wenn Totholzstämmen eine Beeinträchtigung der Personen- und Berufsschiffahrt darstellen.	
2	An geeigneten Standorten sollten natürliche Schutzstrukturen in Form tiefgründig verankerter Holzstämmen mit Wurzelkolken oder stabil gebaute Totholz-Stammburgen (Engineered Log-Jams) eingebaut werden. Diese Totholzstrukturen könnten so angeordnet sein, dass sie zugleich auch als Wellenbrecher für den Wellenschlag aus der Schifffahrt dienen.	Geeignete Standorte für den Einbau von Log Jams sind das nähere Umfeld von Laichplätzen kieslaichender Fischarten im allgemeinen. Spezielle Standorte wurden noch nicht evaluiert.
<b>F</b>	<b>Aufwertung von Äschenlaichplätzen</b>	<b>Anmerkungen</b>
1	An bekannten Äschenlaichplätzen und Bereichen, die potenziell dieselben Eignungseigenschaften besitzen, soll die Gewässersohle turnusmässig aufgelockert und von Feinsedimenten und biogener Kolmation (z. B. zusammenhängender Muschelaufwuchs) befreit werden. Die Massnahme soll einerseits die Suche der Äschen nach geeignetem Laichsubstrat vereinfachen, zum anderen den Reproduktionserfolg der Äschen und anderer kieslaichender Fischarten durch eine bessere Durchlüftung des Kieses verbessern.	
2	An geeigneten Stellen sollen Kiesschüttung mit geeigneten Kiesfraktionen durchgeführt werden	Geeignete Standorte für diese Massnahmen sind nach bisherigen Erkenntnissen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Bereiche im Umfeld bisheriger Laichplätze;</li> <li>• Ausgewählte, gut überströmte Uferbankbereiche im Schwanenhals und auf der Rheinseeschwelle</li> <li>• Kleinere Bereiche oberhalb, in und hinter der Ortslage Gottlieben</li> </ul>

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

---

Im Auftrag der Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Thurgau wurde 2019 eine Studie in Auftrag gegeben, die das Potenzial für eine nachhaltige Förderung der Äsche im Seerhein, der durchflossenen Verbindung zwischen dem Bodensee-Obersee und dem Bodensee-Untersee, abschätzen sollte. Der Seerhein ist ein internationales Gewässer und Grenzfluss zwischen der Schweiz (Kanton Thurgau) und Deutschland (Land Baden-Württemberg).

Zusammenfassend kommt die Studie zum Schluss, dass eine Förderung der Äschen im Seerhein und den angrenzenden Seebereichen prinzipiell möglich und auch zielführend ist. Sie wäre als Massnahme des Arten- und zugleich Lebensraumschutzes ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität und zum integralen Gewässerschutz in der Region. Werden Lebensbedingungen geschaffen, die der Äsche ein Überleben in gesunder Populationsstärke ermöglichen, dann profitieren davon auch andere Fischarten und Gewässerorganismen, die denselben Lebensraum bewohnen. Die in der vorliegenden Studie vorgestellten Massnahmen sind erprobt und könnten im Seerhein umgesetzt werden. Eine grenzüberschreitende Koordination der Massnahmen und eine Reduzierung negativer Einflüsse sind für ein erfolgreiches Massnahmenprogramm allerdings unverzichtbar.

### ***Ursachen für das Verschwinden der Äschen aus dem Seerhein***

In einem ersten Schritt wurden alle verfügbaren Daten zum Zustand des Seerheins und dessen Fischbestand sowie die Ursachen für den starken Bestandsrückgang der Äschen zwischen ca. 2000 und 2019 evaluiert. Als wichtigste negative Einflussfaktoren, die einzeln oder gemeinsam für den Äschenrückgang verantwortlich sein können wurden erkannt:

- die mit der Klimaveränderung kontinuierlich ansteigenden und schon in mehreren Jahren über der Toleranzgrenze der Äschen liegenden Wassertemperaturen,
- der schon seit fast 30 Jahren erhebliche und durch die zwischenzeitlich angesiedelten und wachsenden Brutkolonien stetig zunehmende Prädationsdruck durch Kormorane,
- eine Zahl von noch nicht näher benennbaren Faktoren, die auch für den Rückgang der Bestände anderer wärmeempfindlicher Fischarten mitverantwortlich sein können wie
  - die Nierenkrankheit PKD, die erst bei höheren Wassertemperaturen Opfer fordert und dann bestandslimitierend sein kann,
  - die Langzeitwirkung von Insektiziden über eine Anreicherung aus der Fischnahrung
  - die Wirkung von hormonaktiven Stoffen, Arzneimittelrückständen und anderen Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung.

Lokal und möglicherweise nicht direkt nachweisbar, aber aus vergleichbaren Studien übertragbar sind als schädigende Faktoren ebenfalls zu nennen:

- Kolmation und/oder Erosion der Laichareale (infolge des Uferverbau und der Schifffahrt),
- Verluste an Brütlingen durch Wellenschlag durch die Schifffahrt zusätzlich verstärkt wird.

### ***Lassen die Rahmenbedingungen eine Äschenförderung zu?***

Durch zwei Hitzesommer (2003 und 2018) wurde die bislang bedeutendste Äschenpopulation Mitteleuropas im Rhein zwischen Stein a. Rhein und Schaffhausen so stark in ihrem Bestand reduziert, dass sie sich wahrscheinlich auch langfristig nicht mehr in ursprünglicher Grösse regenerieren kann. Die Zwischenjahre, bei denen die Wassertemperaturen auch oft kritische Werte erreichten und der Prädationsdruck durch Kormorane eher zunahm, zeigten jedoch, dass die Population zumindest auf einem niedrigeren Niveau weiter existieren konnte, stellenweise auch deshalb, weil technische Massnahme zum Schutz der Äschen erfolgreich waren. Da es sehr viele Analogien zwischen dem Seerhein und dem Hochrhein gibt ist es durchaus plausibel, dass auch im Seerhein und den daran anschliessenden Seebereichen eine Förderung der Äsche erfolgreich sein kann, wenn dafür alle natürlichen Möglichkeiten reaktiviert und auch technische Möglichkeiten ausgeschöpft werden. Wie

die Erfahrungen in den letzten Hitzesommern im Hochrhein zeigen, kann es zum Schutz der Äschen auch zielführend sein, über technische Rettungsmassnahmen nachzudenken und dafür rechtzeitig Möglichkeiten zu schaffen.

Diese Aussage ist allerdings dahingehend zu relativieren, dass die Klimaprognosen für die kommenden Jahrzehnte einen weiteren Anstieg der Wassertemperatur erwarten lassen, der irgendwann von Äschen nicht mehr toleriert werden kann. Daher dürfen die vorgestellten Massnahmen nicht nur als Förderprogramm für die Äsche sondern auch für andere Fischarten gesehen werden, die ähnlichen Lebensraumansprüche haben und z. T. ebenso gefährdet sind.

Einige der möglichen Ursachen für den Fisch- und speziell den Äschenrückgang können nur seewert angegangen werden. Hierzu zählen vor allem die weiteren Massnahmen zur Reinhaltung des Bodensees (igkb.org). Hier sollten weitere Anstrengungen in Richtung einer Emmissionskontrolle, v.a. auch hinsichtlich der Eliminierung von Pflanzenschutzmitteln und Mikroverunreinigungen gehen, die auch ein möglicher Faktor für den Äschenrückgang sind.

### **Massnahmenspektrum**

Die historischen und teilweise noch aktuellen Laichflächen für Äschen liegen überwiegend im Konstanzer Trichter und im sogenannten Schwanenhals im Seerhein. Aber auch im oberen Bereich des Rheinsees trifft man auf Bereiche, die sich als Reproduktionsräume für kieslaichende Fischarten aufwerten lassen, zumal hier die strukturellen Rahmenbedingungen und Strömungsverhältnisse günstig sind.

Für die Förderung der Äschen und anderen kieslaichenden Fischarten des Seerheins werden folgende Massnahmentypen vorgeschlagen:

- Kiesschüttungen und Kieslockerungen zur Reaktivierung alter und Entwicklung neuer Laichplätze;
- Einbau von Engineered Log Jams (künstliche Totholz-Stammburgen) und Totholzeintrag auf der Uferbank
  - zur qualitativen Aufwertung und Vermehrung von sicheren Deckungsstrukturen und Wintereinständen
  - zum Schutz der noch wenig schwimmfähigen Brütlinge vor Wellenschlag
- Massnahmen zur besseren Beschattung von ufernahen und strömungsarmen Bereichen; Anbindung an Grundwasseraustritte und -quellen;
- Technische Rettungsmassnahmen in Hitzeperioden.

### **Problem Prädation durch Kormorane**

Für ein bereits seewert konzipiertes Kormoranmanagement besteht bis auf weiteres ein Moratorium. Auch die Vergrämungsmassnahmen im Seerhein und im Ermatingerbecken mussten nach einem Beschluss des Verwaltungsgerichts 2016 eingestellt werden. Es steht allerdings ausser Frage, dass auch die besten Strukturmassnahmen am Seerhein und den angrenzenden Seebereichen nicht ohne Reduzierung des derzeitigen Prädationsdrucks funktionieren können.

### **Problem durch die Motorschifffahrt**

Durch den Wellenschlag der Motorboote können Fischbrütlinge an Flachufern stranden, die Boote selbst können bei niedrigen Wasserständen bestehende und potenzielle Laichplätze zerstören. In diesem Zusammenhang empfehlen wir zumindest zur Laichzeit der Äschen entsprechend sensible Bereiche für die Schifffahrt zu sperren.

## 10 Quellen und Literatursammlung

---

- ACKERMANN, G., KUGLER, M., REY, P., RIEDERER, R. & THIEL, D. (2014): Aktionsplan Alpenrheintal. Abschlussbericht zum Aktionsplan Alpenrheintal 2004 – 2011. Verbesserung der Fischbestände und Fangmöglichkeiten in den Binnenkanälen des Rheintals.
- ALEXANDER TJ., VONLANTHEN P., PÉRIAT G., RAYMOND, JC., DEGIORGI, F., SEEHAUSEN O. (2016). Artenvielfalt und Zusammensetzung der Fischpopulation im Bodensee. Projet Lac, Eawag. Kastanienbaum.
- AMBÜHL, H. (1967: Die Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse des Bodensee-Untersees in den Jahren 1961 bis 1963. In: Die Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse des Bodensees (Ober- und Untersee) in den Jahren 1961 bis 1963. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee, Blauer Bericht Nr. 5.
- BAARS M., MATHES E., STEIN H., STEINHÖRSTER U. (2001): Die Äsche.- Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft Hoehenwarsleben, Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 640
- BECKER, A. & ORTLEPP, J. (2019): Fischökologisch funktionsfähige Strukturen in Fließgewässern. Methodik zur Herleitung des notwendigen Massnahmenbedarfs zur Schaffung von funktionsfähigen Lebensräumen für die Fischfauna in den Gewässern Baden-Württembergs. Im Rahmen der Landesstudie Gewässerökologie Baden-Württemberg. Handreichung im Auftrag der Geschäftsstelle Gewässerökologie des Regierungspräsidiums Tübingen. Erste Version. 116 S.
- BLASEL, K. (2004) Einfluss der Kormoran-Prädation auf den Fischbestand im Restrhein. Bericht im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg. 37 Seiten.
- BRUMM, W., MAIER, K.J., KRAMER, I. (1998): Fischbestände und deren Laichareale im Konstanzer Trichter und Seerhein. Ein Projekt des Angelsportvereins Konstanz e.V.; gefördert durch Mittel des Ministeriums für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Baden-Württemberg.
- CRISP D.T. (1996): Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323, 201–221
- DEHUS, P. (2006): B.2 Äsche, S. 33-35 in: Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken — C. Anforderungsprofile von Indikator-Fischarten. *Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie* 97, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- DEUFEL, J., LÖFFLER, H. UND WAGNER, B. (1986): Auswirkung der Eutrophierung und anderer anthropogener Einflüsse auf die Laichplätze einiger Bodensee-Fischarten. *Österreichs Fische* 39/1986, 325-336.
- DUJMIC A. (1997): Der vernachlässigte Edelfisch: Die Äsche – Status, Verbreitung, Biologie, Ökologie und Fang. *Facultas Universitätsverlag, Wien*, 111 pp
- DUSSLING, U. (2015): Erarbeitung und Pflege von GIS-Grundlagen für fischfaunistisch relevante Fließgewässer in Baden-Württemberg – Erstellung digitaler Fließgewässerkarten „Migrationsbedarf der Fischfauna“ und „Fischschönotische Grundausprägungen“. Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2005; letztmals aktualisiert 2015.
- DUSSLING, U. (2006): Fischfaunistische Referenzen für die Fließgewässerbewertung in Baden- Württemberg gemäss EG-Wasserrahmenrichtlinie (FischRef BW 1.1), Excel-Anwendung; letztmals aktualisiert 2019.
- DUSSLING, U., BAER, J., GAYE-SIESSEGGGER, J., SCHUMANN, M., BLANK, S. & BRINKER, A. (2018): Das grosse Buch der Fische Baden-Württembergs. Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS) beim Landwirtschaftlichen Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW).
- EBEL G. (2000): Habitatansprüche und Verhaltensmuster der Äsche *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) Ökologische Grundlagen einer gefährdeten Fischart. Halle (Saale)
- EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie). *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L 327, S. 1-72.
- FATIO V. (1882-1890): Histoire naturelle des poissons.- Faune des vertébrés de la Suisse Vol. 4-5 Genève.

- FINK, G., FLEIG, M., LANG, U., MIRBACH, S., SCHICK, R., WAHL, B., WÜEST, A. & K. ZINTZ (2015): KlimBo – Klimawandel am Bodensee; Ein Interreg IV-Forschungsprojekt der IGKB von 2011 – 2015. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), Blaue Reihe, Bericht Nr. 60
- FISCHER, PH. & WITTKUGEL, CH. (2002): Kartographische Erfassung von Fischlaichgebieten im Uferbereich des Bodensees. Abschlussbericht Projekt Nr. 57024.01. Limnologisches Institut der Universität Konstanz.
- GAYE-SIESSEGGGER, J., BILLMANN, H., BLANK, S. & BRINKER, A. (2017) Bericht zur Vergrämung von Kormoranen im Winter 2016/2017 (korr. Version November 2018). Fischereiforschungsstelle (FFS) Baden-Württemberg.
- GLAS, M., TRITTHART, M., ZENS, B., KECKEIS, H., LECHNER, A., KAMINSKAS, T., HABERSACK, H. (2017). Modelling the dispersal of riverine fish larvae: from a raster-based analysis of movement patterns within a racetrack flume to a rheoreaction-based correlated random walk (RCRW) model approach. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 74(9), 1474-1489.
- GÜDE, H., REY, P. & ORTLEPP, J. (2010): Die Schussen - Bilanz der Belastung eines Bodenseezuflusses. Entwicklung, gegenwärtiger Zustand und Zukunftsperspektiven für die Schussen aus wasserwirtschaftlicher Sicht. LUBW Institut für Seenforschung.
- GUTHRUF J. (1996): Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes. Diss. ETH Nr. 17720, 180 pp
- GUTHRUF, J. & GUTHRUF K. (2005): Äschenlaichplätze Aare Thun. Planung der Ersatzmassnahmen, Begleitung der baulichen Realisierung; Erfolgskontrolle der Ersatzmassnahmen. Schlussbericht, Auftrag: Oberingenieur Kreis I, Thun.
- HELLMAIR, M. & SCHOTZKO, N. (2016): Bericht über das Monitoring der durch Kormorane verursachten Schäden an den Fischbeständen der Fußacher Bucht (Bodensee) im Jahr 2016. Fachbereich Fischerei und Gewässerökologie (Va), Landesfischereizentrum Vorarlberg, 6971 Hard. im Auftrag der Bezirkshauptmannschaft Bregenz.
- HERRMANN, P. & GRÜNDLER, S. (2003): Das Äschensterben 2003 – Vorschläge zur Erhöhung der Überlebenschancen von Salmoniden namentlich der Äschen im Rhein bei hohen Wassertemperaturen zwischen Stein a. Rhein und EWS. Überarbeitete Version 2009; Stand vom 7.8.2018.
- HOFMANN, F. (1987) Geologie und Entstehungsgeschichte des Rheinfalls, in: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen Nr. 39/1987.
- HÜBNER, D. (2003) Die Ablach- und Interstitialphase der Äsche (*Thymallus thymallus* L.). Grundlagen und Auswirkungen anthropogener Belastungen. Dissertation an der Philipps-Universität Marburg.
- HYDRA AG (2010): Kiesbaggerung im Hochrhein am Tössegg (ZH). Ökologische Erfolgskontrolle. Bericht über die Untersuchungen der Jahre 2009 und 2010.
- ISF (2019): Ökologische und hydrologische Veränderungen in den Ausstrombereichen des Bodensees; in: ISF Arbeitsbericht 2017.
- KIEFER, F. (1972): Naturkunde des Bodensees. 2. Auflage. Jan Thorbecke Verlag Sigmaringen.
- KIRCHHOFER, A. (1996): Fish conservation in Switzerland - three case-studies.- in: KIRCHHOFER, A. & Hefti, D. (eds., 1996) Conservation of endangered freshwater fish in Europe.- Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, pp. 135-146
- KIRCHHOFER, A. & GUTHRUF, J. (2002): Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 70. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- KISTLER, R. (2009): Kormoran-Magenanalysen im Kanton Thurgau. Auswertung der Kormoran-Magenanalysen 2002/2003 bis 2008/2009. Veröffentlichung der Jagd- und Fischereiverwaltung Thurgau. 5 Seiten
- KLUNZINGER, K. B. (1881): Die Fische in Württemberg, faunistisch-biologisch betrachtet, und die Fischereiverhältnisse daselbst. - Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 37: 172-304.
- KLUNZINGER, C.-B. (1892): Bodenseefische, deren Pflege und Fang. Stuttgart: Enke, VII, 232 S.
- KOLLBRUNNER E. (1879): Erhebungen über die Fischfauna und die hierauf bezüglichen Verhältnisse der Gewässer des Kantons Thurgau. – Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 04: 3 – 104
- KRÄMER A., EGLOFF K., GRÜNENFELDER M., RIBI H., TRABER H. (1990). Verbreitungsatlas der Fische, Neunaugen und Krebse des Kantons Thurgau. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft: 50

- KÜTTEL, S., PETER, A., WÜEST, A. (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhône-Thur Publikation Nr 1. EAWAG, Kastanienbaum
- LANDESREGIERUNG BADEN-WÜRTTEMBERG (2010): Verordnung der Landesregierung zum Schutz der natürlich vorkommenden Tierwelt und zur Abwendung erheblicher fischereiwirtschaftlicher Schäden durch Kormorane (Kormoranverordnung - KorVO).
- LAUTERBORN, R. (1916): Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms, 1. Teil. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.
- LAVES(Hrsg.) (2011): Vollzugshinweise zum Schutz von Fischarten in Niedersachsen. – Fischarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und weitere Fischarten mit höchster Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmassnahmen – Äsche (*Thymallus thymallus*).– Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, 13 S., unveröff. <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/servlets/download?C=61914097&L=20>
- LUFT, G. & IHRINGER, J. (2011) LUBW (Hrsg. & Red.): Langzeitverhalten der Bodensee-Wasserstände 1888 bis 2007. Stand 2011. Studie im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. ISBN: 978-3-88251-361-5
- LUNARDON, A. (2000): Ichthyologische Untersuchung über die Auswirkung von fischfressenden Vögeln auf Fische im Hinterland. Untersuchung im Auftrag der Vorarlberger Naturschau und des Landesfischereizentrums Vorarlberg. 50 Seiten
- MAIER, K.-J., SCHRÖDER, P. & KÄNDLER, J. (1993): Bedeutung des Uferbereichs des Seerheins bei Stromeyersdorf als Laichgebiet des Alets (*Leuciscus cephalus* L.). Expertise zu Händen des Angelsportvereins Konstanz e.V..
- MALLET, J., LAMOUREUX, P., SAGNES, P. & PERSAT, H. (2000) Habitat preferences of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology* 56: 1312-1326
- MANGOLT, G. (1557): Ein Fischbuch von der Natur und Eigenschaft der Vischen, insonderheit deren, so gefangen werdend im Bodensee, und gemeinlich auch in anderen Seen und Wassern. Zürich.
- MANGOLT, G. (1560-1600?): Mehrere Handschriften.
- MANGOLT, G. (1612): Ein schön new Fischbüchlein von der Natur und Eygenschaft der Fischen. Item: Wie man die Fisch unnd Vögel Fahn soll. Basel: Johann Schröter.
- MÖRIKOFER, J.C. (1853): Der Fischfang im Bodensee – mit Abbildungen im «Illustrierten Kalender für die Schweiz». St. Gallen.
- MOSBERGER, B. & Stoll, M. (2018): Äschen Notfallkonzept: Erfahrungen im Hitzesommer 2018
- POHLMANN, K. (1995): Artenzusammensetzung und Abundanz von Jungfischen in den submersen Makrophytenbeständen vor dem Wollmatinger Ried (Bodensee-Untersee). Diplomarbeit der Fakultät Biologie, Universität Konstanz.
- REINARTZ, R. (2007): Auswirkungen der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns.- Literaturstudie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, Referat 57/ Gewässerökologie
- REISS, J., SPAICH, F. & REY, P. (2019): Ableitung ökologisch notwendiger Mindestabflüsse an vier Gewässern des Bodenseekreises. Vollzugshilfe im Auftrag des Landratsamts Bodenseekreis/ Amt für Wasser- und Bodenschutz.
- REY, P., TEIBER, P. UND HUBER, M. (2009): Renaturierungsleitfaden Bodenseeufer. IGKB (Hrsg.) Bregenz, 93 S., 23 S.
- REY, P. & BECKER, A. (2017): Der Kormoran am Bodensee. Evaluation des Handlungsbedarfs, Grundlagen und Möglichkeiten für ein koordiniertes Kormoranmanagement. Studie im Auftrag der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF).
- SCHÄFFER, A. (2013): Muscheltauchen und Adoptionen: Reihente. *Der Falke* 60; S.305-307
- SHELLING, U. & NIEDERER, W. (2018): Der Kormoran im Naturschutzgebiet Rheindelta. Jahresbericht 2018. Naturschutzverein Rheindelta, Hard (Vorarlberg)
- SCHMIDLE, W. (1914): Die diluviale Geologie der Bodenseegegend. In: *Die Rheinlande* - Band 7. Morziol Nr. 8
- SCHNEIDER, J., JÖRGENSEN, L., KRAU, F. & FETTHAUER, M. (2015): WRRL-Qualitätsindikator Fischfauna und Kormoranfraßdruck – wenn trophische Störung Strukturgüte schlägt. *Gewässer und Boden* 755. Fachbeiträge.

- SCHRÖDER, R. (1974): Strömungsverhältnisse im Bodensee-Untersee und der Wasseraustausch zwischen den einzelnen Seebecken. IGKB, Bericht Nr. 15.
- SCHWEIZER W. (1930): Die Fischerei im thurgauischen Ober- und Untersee. Thurgauer Jahrbuch Bd. 6
- SCHWEIZERISCHER FISCHEREI-VERBAND SFV (2018): Hintergrundinformationen zum Äschensterben am Hochrhein
- STAUB, E., KRÄMER, A., MÜLLER, R., RUHLÉ, C. & WALTER, J. (1992): Grundlagenberichte zum Thema Kormoran und Fischerei. BUWAL-Schriftenreihe Fischerei Nr. 50. 157 Seiten
- STEINMANN, I. & BLESS, R (2004): *Thymallus thymallus* (LINNEUS, 1758) – In: PETERSEN, B., ELLWANGER, G., BLESS, R., BOYE, P., SCHRÖDER, E. & SSMYANK, A. (2004): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69 (2), 320–322
- TAMBURRINO, A. & GULLIVER, J.S. (2007): Free-surface visualization of streamwise vortices in a channel flow. Water Resources Research, Vol. 43, W11410
- VON DEM BORNE, M. (1881): Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs.- Berlin: Moeser, 1881.
- VON RAPP W. (1853): Über einige Fische des Bodensees.- Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 9, 33-38
- VON RAPP W. (1854): Die Fische des Bodensees.- Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 10, 137-175. Mit 6 Tafeln color. Abbildungen, Stuttgart (Ebner und Seubert).
- WAHL, B. 2018: Hydrologische und biologische Veränderungen in den Ausstrombereichen des Bodensees. Institut für Seenforschung Langenargen, LUBW.
- WALTER, J. & KNAPP, E. (1996): Fische und Fischerei im Kanton Schaffhausen.- Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 48
- WERNER, S., BECKER, A., REY, P., ORTLEPP (2013): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/2012; Teil Jungfische, Kleinfische und Rundmäuler. Untersuchung im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern.
- WETZLAR, H.-J. (2008): Einflüsse des Kormorans auf die Fischbestände im südlichen Oberrhein. Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Baden-Württemberg e.V., Heft 3. Tagungsband Seminar «Kormoran und Fischartenschutz», 73-79.
- WIDMER, A. UND KISLIG, D. (2018): Ufersanierung Aare, Löchligut, Stadt Bern; Ausführliche Schlussdokumentation Ufer- und Objektschutz. Gefördert aus dem Renaturierungsfonds des Kantons Bern.
- WIDMER, A., HAUPT, S. UND WERDENBERG, N. (2019): Planungshilfe Engineered Log Jam (ELJ); Grundlagen – Dimensionierung – Planung – Bau. Gefördert aus dem Renaturierungsfonds des Kantons Bern.
- YAMAMURO, M., KOMURO, T., KAMIYA, H., KATO, T., HASEGAWA, H. & KAMEDA, Y. (2019): Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields. Science; 366 (6465), 620-623. DOI: 10.1126/science.aax3442

