

# Schwall-Sunk in alpinen Gewässern



Foto: Adrian Michael

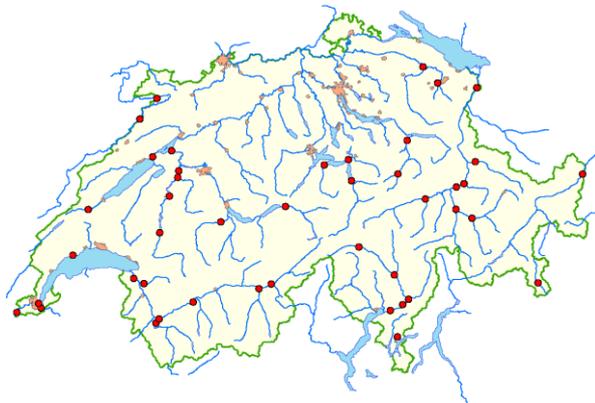
**ETH Zürich**  
**Departement Umweltsystemwissenschaften – D-USYS**  
**„Binnengewässer: Konzepte und Massnahmen für ein nachhaltiges Management 2013“**

Eingereicht bei:  
Dr. Armin Peter

Autorin: Anna Muntwyler  
Sulgenauweg 2  
3007 Bern  
+41 78 880 92 25  
annam@student.ethz.ch

## 1. Einführung

Abflussschwankungen in Fließgewässern werden natürlich sowie anthropogen verursacht. Zu den natürlichen Ursachen gehören Tageszyklen, die sich aus dem Schmelzwasser von vergletscherten und schneebedeckten Einzugsgebieten ergeben, Gezeiten im Mündungsbereich von Flüssen sowie Hochwasser. Zu den häufigsten Gründen für Abflussschwankungen, die auf menschlichen Einfluss zurückzuführen sind, gehören Speicherkraftwerke. Hier wird das im Speichersee zurückgehaltene Wasser hauptsächlich bei hohem Strombedarf (Spitzenstrom) über die Turbinen geleitet, was in den unterhalb liegenden Fließgewässern zu künstlich erzeugten hohen Pegelständen und Abflussspitzen führt. Zwischen zwei solchen Schwallereignissen sinkt der Abfluss vorübergehend auf ein tiefes Niveau, das auch unterhalb des natürlichen Niederwassers liegen kann. Diese Phase wird als Sunk bezeichnet. Ein Schwallbetrieb, wie er eben beschrieben wurde, ist eine Folge der Produktion von elektrischer Energie. Diese Art von Stromerzeugung ist in der Schweiz sehr verbreitet: 32 Prozent der in der Schweiz produzierten Energie stammt aus Wasserspeicherkraftwerken. Der Schwallbetrieb hat vor allem mit dem Bau der grossen Speicherwerke zwischen 1950 und 1970 stark zugenommen. In einer Bestandsaufnahme von Limnex (2001) sind 92 schwallbeeinflusste Kraftwerke erwähnt. Sie liegen hauptsächlich an den mittleren bis grossen Talflüssen der Alpen und Voralpen, wo die Alpenrandseen als Puffer für die Mittellandflüsse dienen. Abbildung 4 zeigt jene Stationen im hydrologischen Messnetz, welche im Winter an mindestens 6 Tagen schwallartige Pegelschwankungen um mindestens 10 cm aufgewiesen haben.



**Abbildung 1:** Hauptgewässernetz der Schweiz mit jenen Abflussmessstationen des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG), welche in der Zeit vom 29.1.2005–6.3.2005 deutliche Schwallerscheinungen zeigten. Die zahlreichen zusätzlichen Messstellen der Kantone wurden nicht ausgewertet. Abbildung erstellt durch die Abteilung Landeshydrologie des BWG. c 2005 swisstopo (JD052581).

Diese Arbeit analysiert die Auswirkungen von Schwall und Sunk auf die Fließgewässer der Schweiz auf der Grundlage des „Synthesebericht Schwall/Sunk – Publikation des Rhone-Thur Projektes“ (Meile et al. 2005). Alle weiteren Quellen werden explizit aufgeführt. Dabei sind die gesetzlichen Grundlagen, die ökologischen Auswirkungen, die Schwallindikatoren und mögliche Massnahmen zusammengefasst. Illustriert wird die Problematik am Beispiel der Rhone.

## 2. Gesetzliche Situation

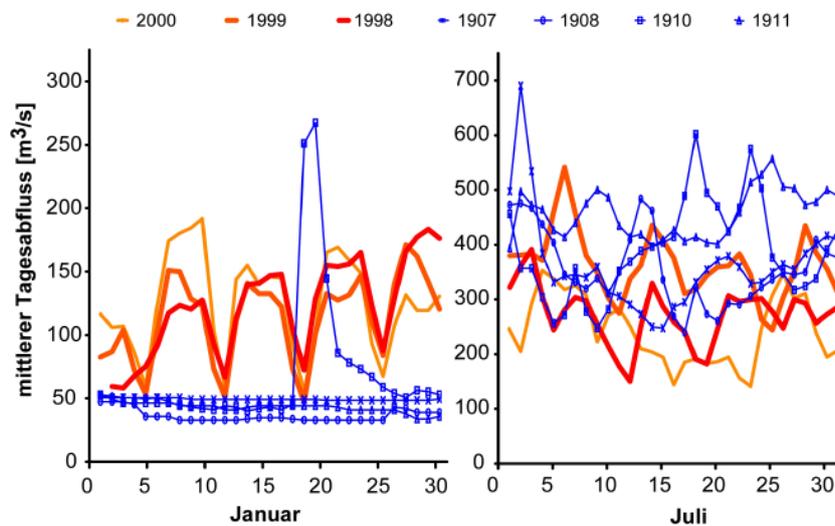
Die Schwall-Sunk Problematik wird seit Juni 2011 im Rahmen des Gewässerschutzgesetzes geregelt. Zur Verhinderung von Schwall und Sunk müssen vom Wasserkraftwerks-Eigentümer bauliche Massnahmen ergriffen werden. Kraftwerkinhaber können stattdessen auch betriebliche Massnahmen beantragen. Dies unter der Bedingung, dass das Schwall-Sunk Problem gemäss den gesetzlichen Vorschriften gelöst wird. Die Massnahmen werden in Hinsicht auf Verhältnismässigkeit des Aufwands sowie den energiepolitischen Zielen zur Förderung erneuerbare Energien getroffen. (GSchG, Art. 39a).

Zusätzlich wird die Menge des Mindestrestwassers festgelegt, was den Sunk indirekt beeinflusst. Diese errechnete Grösse muss erhöht werden, falls die vorgeschriebene Wasserqualität nicht eingehalten werden kann oder die erforderliche Wassertiefe für Fischwanderungen nicht gewährleistet ist usw. Die Kantone sind jedoch auch befugt die Mindestrestwassermenge tiefer anzusetzen, sofern es sich um Nichtfischgewässer handelt, in Gewässerabschnitten mit geringem ökologischen Potential sowie in Notsituationen (GSchG, Art. 32).

## 3. Ökologische Auswirkungen

Vergleicht man Abflussschwankungen natürlichen Ursprungs mit denjenigen, die durch Wasserspeicherkraftwerke verursacht werden, unterscheiden sie sich in mehreren Aspekten (Limnex, 2004): Künstlicher Schwallabfluss tritt regelmässig mit hoher Frequenz auf, während natürlicher Schwallabfluss vereinzelt und unregelmässig vorkommt. Kraftwerke leiten Wasser häufig zur Mittagszeit über die Turbinen, da dann der Strombedarf am höchsten ist. Die im Fließgewässer lebenden Organismen sind nicht oder bestenfalls ungenügend an diese wiederkehrenden Störungen angepasst. Künstliche Schwalle kommen für Organismen völlig unerwartet, im Gegensatz zu natürlichen, die durch eine Veränderung der Chemie sowie einem allmählichen Ansteigen des Grundwasserpegels erste Indizien für ein Hochwasser geben. Dazu kommt, dass das Anschwellen und das Absinken des Wasserpegels viel schneller vor sich gehen als bei einem natürlichen Hochwasser. Dies führt dazu, dass viele Tiere keine Zeit haben zu reagieren und sie weggeschwemmt werden (Drift) oder beim Absinken des Pegels am Rand des Fließgewässers stranden. Betroffen sind zum Beispiel Makroinvertebraten (Wirbellose) sowie Jungfische. Auch die Abflussmengen als solche weichen von einem natürlichen Ablauf ab und widersprechen dem natürlichen jahreszeitlichen Zyklus wie in Abbildung 2 ersichtlich ist: Das Wasser wird im Sommer in den hochgelegenen Speicherseen gestaut und im Winter zur Produktion von Spitzenenergie abgelassen, mit dem Effekt, dass der Schwallbetrieb im Winter am ausgeprägtesten ist. Dies steht im starken Kontrast zu den natürlicherweise grössten

Abflussmengen im Sommer und den Niedrigwasserperioden im Winter. So herrschen im Winter die grössten Pegelschwankungen, also genau dann, wenn in der Natur die Wasserorganismen in der Ruhephase sind.



**Abbildung 2:**

Links: Wintermonat mit Wochenzyklus. Die Tage 5, 12, 19, 26 sind Sonntage. Die Abflussspitze im Januar 1908 stellt ein natürliches Hochwasser dar. Rechts: Sommermonat ohne Wochenzyklus. (Meile et al. 2005).

Gletscherwasser enthält im Sommer oft suspendiertes Feinmaterial aus Gletscherabrieb, das in den Speicherseen zurückgehalten wird, das Wasser trüb erscheinen lässt und während dem Schwall, v.a. im Winter, in die tiefer liegenden Gewässer gelangt. Der vermehrte Eintrag von Schwebstoffen verstärkt die Kolmation der Gewässersohle. Darunter wird eine Verdichtung des Gewässerbettes verstanden, die die Durchlässigkeit der Sohle verringert. So wird die Austauschrate von Oberflächenwasser und Grundwasser, und somit auch die Grundwasserneubildung, verringert. Die Verschliessung der Gewässersohle hat auch zur Folge, dass Kieslaicher keine geeigneten Laichplätze mehr finden.

Durch die Speicherseen wird nicht nur das Abflussverhalten eines Flusses verändert, sondern auch der Temperaturverlauf eines Fließgewässers. Vor allem im Sommer herrscht eine grosse Differenz zwischen den Temperaturen des wärmeren Basisabflusses und dem kälteren Schwall. Sensitive Arten weisen nur eine begrenzte Temperaturtoleranz auf, und es kann gefolgert werden, dass die häufigen und kurzfristigen Temperaturschwankungen einen Einfluss auf die Wasserorganismen haben (Schweizer et al. 2009).

## 4. Schwallindikatoren

Schwallindikatoren sind Kenn- und Richtwerte, die zur Beschreibung und Beurteilung des Schwallbetriebes dienen. Limnex (2001) benutzt zwei hydrologische Indikatoren, um an 30 schwallbeeinflussten Abflussmessstationen während einer Winterwoche das Ausmass der Beeinflussung zu untersuchen: die maximale Pegeldifferenz ( $\Delta P$ ) und das maximale Abflussverhältnis zwischen Schwall und Sunk ( $Q_{\max}/Q_{\min}$ ). Es hat sich gezeigt, dass die Spannbreite der gemessenen Daten sehr gross ist. Das Schwall- Sunk-Verhältnis variierte zwischen 1.3:1 bis zu 30:1 und die Pegeldifferenz zwischen 10 cm bis 209 cm. Ein 30facher Anstieg des Abflusses sowie ein Pegelanstieg um bis zu 2 m sind enorme Schwankungen, die auf die Gewässersysteme einen Einfluss haben.

Gewässerökologische Folgen werden soweit möglich auch an hydrologischen Schwallindikatoren gemessen. Grenzwerte für Schwallindikatoren sind bis anhin nur eingeschränkt denkbar. Rückgangsraten für den Pegelstand P sowie den Abfluss Q werden gemessen, wobei die unterschiedlichen Grössen und Morphologie der Gewässer einen Vergleich erschweren. In einigen Studien wird ein Pegelrückgang um bis zu 0.2 cm/min. empfohlen (Baumann und Klaus, 2003; Limnex, 2004) um das Risiko des Trockenfallens von Organismen zu vermindern. In der Hälfte der untersuchten Messstationen würde dies bei über 70 cm Pegeldifferenz  $\Delta P$  einen Schwallrückgang während mindestens 6 Stunden bedeuten. Ebenfalls gewässerökologisch begründet ist das Verhältnis zwischen Maximalschwall und Minimalsunk. Der Richtwert von 2:1 bis ca. 5:1 gilt als ökologisch vertretbar.

## 5. Massnahmen

Massnahmen zur Verbesserung der Schwallproblematik können in vier Richtungen gehen: Erstens kann das über die Turbinen geleitete Wasser statt in den Fluss in ein dazwischengeschaltetes Reservoir geführt werden. Zweitens kann das Wasser dosiert in den Fluss geleitet oder drittens die betroffene Gewässerzone minimiert werden. Die radikalste Massnahme, nämlich die Wasserkraftanlage vollständig abzubauen, wird in den USA praktiziert (Dam removal). Detailliert sind die Massnahmen in der Tabelle 1 beschrieben. Zusätzlich lassen sich bauliche und betriebliche Massnahmen unterscheiden. Die Wirtschaftlichkeit der Anlage wird bei gewissen betrieblichen Massnahmen jedoch in Frage gestellt. Ein Beispiel für eine solche betriebliche Massnahme ist die Erhöhung des Minimalabflusses sowie die Beschränkung des Maximalabflusses. Dabei entstehen hohe Einbussen für die Wasserkraftwerksinhaber, welche zu einem Nutzungskonflikt führen.

Die Realisierbarkeit der Massnahme hängt im Endeffekt von zwei Punkten ab: einerseits, ob die Verhältnismässigkeit des ökologischen Nutzens zum wirtschaftlichen Verlust gegeben ist,

andererseits sind die Wassernutzungsrechte an laufende Konzessionen gebunden, die oft noch für Jahrzehnte gültig sind. Für die Gemeinden und Kantone bildet die Verleihung von Wasserrechten eine wichtige Einnahmequelle.

Grundsätzlich kann keine allgemeingültige Lösung gefunden werden, da Platzverhältnisse, vertragliche Gegebenheiten, Gewässermorphologie, wirtschaftliches Umfeld etc. für jedes Fließgewässer unterschiedlich sind. Somit muss individuell untersucht werden, welche Massnahme den grössten Nutzen bringt und wie die Parameter  $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$ ,  $dQ/dt$  anzusetzen sind.

Jedoch gibt es Grundsätze, die bei der Massnahmenwahl beachtet werden sollten: Um die natürlichen Abflussverhältnisse zu berücksichtigen, kann man historische Daten mit den aktuellen vergleichen. Falls keine historischen Daten vorhanden sind, ist, wenn möglich, ein hydrologisch unbeeinflusstes Referenzgewässer heranzuziehen. Da natürliche Gewässer jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen, sind betriebliche Massnahmen dementsprechend auch saisonal zu gestalten. Zudem muss der Geschiebetransport in die Überlegungen miteinbezogen werden. Es ist zu vermeiden, dass sich die Gewässersohle, Kiesbänke und aufliegendes Geschiebe bei jedem Schwalldurchgang mitbewegen, vor allem im Winter bei Niederwasser. Besonders bei Revitalisierungsmassnahmen sollte die Schwall und Sunk-Problematik in die Planung miteinfließen, da Verbesserungen durch bauliche Massnahmen, die dabei getroffen werden, durch Schwallereignisse wieder zunichte gemacht werden könnten. Ein Beispiel hierfür ist die Fläche der Wasserwechselzone. Sie sollte nicht zu gross sein, da Wasserwechselzonen besonders stark von Schwall und Sunk betroffen ist.

| Massnahmen:  | Probleme, Konfliktpunkte  |
|--|---|
| <b>Turbiniertes Wasser nicht in den Fluss einleiten, sondern</b><br>1) direkt in einen See (k)<br>2) separates Fließgewässer für das turbinierte Wasser (k)  | Distanz, Kosten<br>Landnutzung, Kosten  |
| <b>Turbiniertes Wasser gezielter in den Fluss einleiten</b><br>3) Bau von Rückhaltebecken, Kavernen (k)<br>4) Erhöhung Minimalabfluss ab Stausee / Dotierturbine (b)<br>5) Beschränkung der Leistung; Maximalabfluss (b)<br>6) Antizyklisches turbinieren verschiedener Zentralen  (b)<br>7) Verringerung der Abflusswechselraten durch langsames, stufenweises An-, Zurückfahren der Turbinen<br>8) Turbinieren in den Stauraum eines Laufwasserkraftwerk | Landnutzung, Kosten<br>Nutzungsrechte, Wirtschaftlichkeit<br>Nutzungsrechte, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität<br>Nutzungsrechte, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität<br>Nutzungsrechte, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität<br>ev. Nutzungsrechte, ev. Wirtschaftlichkeit |
| <b>Minimierung der betroffenen Gewässerzonen</b><br>9) Morphologische Optimierung des Gewässers, Gewässerneugestaltung (k)<br>10) Einbau von Hilfswehren (k)   | Landnutzung, Kosten, Wirksamkeit<br>Kosten, Wirksamkeit   |

**Tabelle 1:** Funktionelle Einteilung der Massnahmen zur Reduktion von Schwall und Sunk und mögliche Konfliktpunkte. (k) bauliche Massnahmen, (b) betriebliche Massnahmen (Meile et. al. 2005).

## 6. Nutzungskonflikte

Ebenfalls in Tabelle 1 sind die Interessenskonflikte dargestellt, die mit der Umsetzung von Massnahmen einhergehen. Zu den Interessensgruppen gehören die Kraftwerksbetreiber, welche vor allem wirtschaftliche Überlegungen (Zusatzinvestitionen für bauliche Massnahmen und verminderte Leistung) mit berücksichtigen. Auch dazu gehören Experten (Gewässerökologen und Hydrologen) und die Vertreter der kantonalen Behörden, welche die Sanierungsplanungen innerhalb des Kantons und mit dem BAFU koordinieren müssen. Die Umweltverbände vertreten die Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes. Durch den möglichst frühen Einbezug dieser Interessengruppen können einerseits bereits vorhandenes Wissen in die Planung miteinbezogen werden, andererseits die Zeitverzögerungen durch Einsprachen der beteiligten Interessensgruppen bei einem allfälligen Bewilligungsverfahren verkürzt werden (Bruder, 2012). Schwall und Sunk durch Wasserkraftwerke mit Speicherbecken haben enorme ökologische Auswirkungen auf die betroffenen Fliessgewässer. Um die schädlichen Auswirkungen auf die Gewässerorganismen möglichst zu minimieren, gilt es, Indikatoren für die Umweltbeeinflussung von Schwall und Sunk festzulegen und daraus möglichst klare Grenzwerte zu entwickeln. In diese Bemühungen müssen alle Interessengruppen einbezogen werden, um eine hohe Akzeptanz zu erreichen.

## 7. Schwallbetrieb der Rhone

Die Rhone entspringt am Rhonegletscher im Kanton Wallis und erstreckt sich bis an den Genfersee. Es gibt drei Abfluss-Messstationen des Bundesamts für Wasser und Geologie (BAFU), die in Sion, Branson und Porte du Scex stationiert sind und zu denen es historische wie aktuelle Abflussdaten gibt. Durch die erste und zweite Rhonekorrektur sowie dem Bau der grossen Speicherkraftwerke wurden die Morphologie und das Abflussregime der Rhone stark beeinflusst. Das momentane Nutzvolumen von 120 Mio. m<sup>3</sup> entstand vorwiegend in der Periode zwischen 1951 bis 1975. Die Speicherkraftwerke orientieren sich am Bedarf an Spitzenenergie, was insbesondere in den Wintermonaten zu raschen Abflussänderungen führt. Somit ist die Rhone ein typisches Beispiel von Alpenflüssen mit einem Schwall- Sunkregime.

### Schwall-/Sunkraten

In den Sommermonaten weisen die aktuellen Abflüsse keinen Wochenzyklus auf, wohingegen in den Wintermonaten ein Wochenzyklus erkennbar ist. Die Kraftwerke produzieren Strom vorwiegend unter der Woche. Entlang der Rhone nimmt der Schwalleinfluss zu.

### Wasserqualität

Die saisonale Temperaturveränderung ist relativ gering. Im Winter liegen die Temperaturen um bis zu 2°C höher als natürlich aufgrund des zusätzlichen Abflusses der Stauseen, der im Sommer gespeichert wurde. Im Frühling/Sommer hingegen ist das Wasser ca. 1°C unter dem natürlichen Wert, da die Stromproduktion dem Gewässer Energie entzieht. Die kurzfristigen Temperatursprünge allerdings besitzen eine grössere Auswirkung auf die Gewässerökologie. Bei Fully wurden Temperatursprünge von 2,4°C innerhalb einer Stunde gemessen. Die Schwebstoffkonzentrationen, die vor allem im Winter Trübung verursachen, liegen zwischen 10 und 100 mg/l. Der Konzentrationsverlauf korreliert mit den Schwallzeiten. Es entsteht ein Wochenrhythmus mit erhöhten Werten während Schwallereignissen. In den historischen Daten zeigen sich ebenfalls Schwankungen, allerdings auf viel tieferem Niveau und unregelmässiger. Die Sohle ist durch die Schwebstoffe zusätzlich belastet, und die zusätzliche Trübung des Wassers führt zu einem geringeren Algenwachstum.

### Struktur der Lebensgemeinschaft

Die Struktur der Lebensgemeinschaften kann anhand von Parametern wie Häufigkeit, Biomasse, Zusammensetzung oder Artenvielfalt beschrieben werden. Viele Fischarten, Makrophyten und Makroinvertebraten sind heutigen Untersuchungen nach in der Rhone nicht mehr vertreten oder auf die Zuflüsse beschränkt. Darunter finden sich Fliesswasserarten (wie die Äsche oder der Schneider) ebenso wie typische Bewohner von Stillgewässern (wie die Rotfeder oder die Schleie) und etliche weitere Arten, die in unterschiedlichen Gewässertypen vorkommen können (wie die Laube oder der Egli). Der Rückgang ist nicht auf ein einziges Problem zurückzuführen. Eine Rolle gespielt hat sicher neben dem Schwallbetrieb auch die Kanalisation, Durchgängigkeit und Wasserqualität. Ende des 19. Jahrhunderts konnten in der Rhone noch 18 verschiedene Fischarten gezählt werden, heute sind es nur mehr 5 (siehe Tabelle 2).

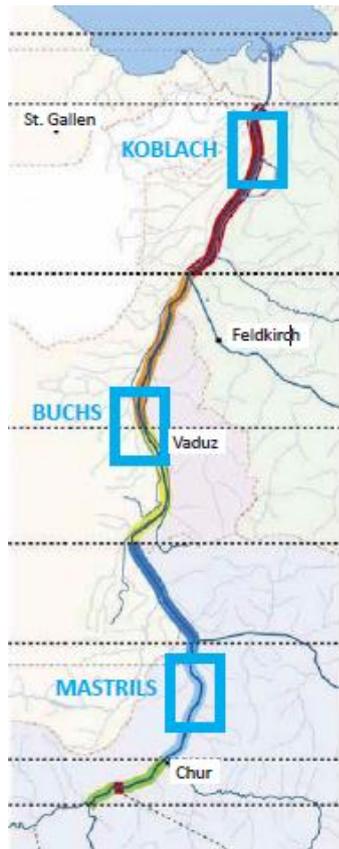
| Datenherkunft                                    | Münster<br>1500/50 | Fatio<br>1880/90 | Marrer<br>Zuflüsse<br>1983/84 | ETEC,<br>ECOTEC<br>Rhône<br>1996/00 | Rhône-Thur Projekt |                     |
|--|--------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|
|  |                    |                  |                               |                                     | Rhône<br>2001/03   | Zuflüsse<br>2001/02 |
| <b>TAXALISTE PISCES (Fische)</b>                 |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <b>ANGUILLIDAE</b>                               |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Anguilla anguilla</i> L. 1758 Aal             |                    | (X)              |                               |                                     |                    |                     |
| <b>SALMONIDAE</b>                                |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Salmo trutta fario</i> L. 1758 Bachforelle    | X                  | X                | X                             | X                                   | X                  | X                   |
| <i>Salmo trutta lacustris</i> L. 1758 Seeforelle | ?                  | X                | X                             | [X]                                 |                    |                     |
| <i>Salvelinus alpinus</i> L. 1758 Seesaibling    |                    |                  | (X)                           |                                     |                    |                     |
| <b>THYMALLIDAE</b>                               |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Thymallus thymallus</i> L. 1758 Äsche         | X                  | X                | X                             | [X]                                 |                    | (X)                 |
| <b>ESOCIDAE</b>                                  |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Esox lucius</i> L. 1758 Hecht                 | X                  | X                |                               | [X]                                 |                    | (X)                 |
| <b>CYPRINIDAE</b>                                |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Cyprinus carpio</i> L. 1758 Karpfen           | X                  | X                |                               |                                     |                    | (X)                 |
| <i>Alburnoides bip.</i> BLOCH 1728 Schneider     |                    | X                |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Alburnus alburnus</i> L. 1758 Laube           |                    | X                |                               | [X]                                 |                    |                     |
| <i>Gobio gobio</i> L. 1758 Gründling             | (X)                | X                | X                             |                                     | X                  |                     |
| <i>Leuciscus cephalus</i> L. 1758 Alet           | X                  | X                |                               | (X)                                 |                    | X                   |
| <i>Phoxinus phoxinus</i> L. 1758 Elritze         |                    | X                |                               | (X) [X]                             | X                  | X                   |
| <i>Rutilus rutilus</i> L. 1758 Rotaugen          |                    | X                | X                             | [X]                                 |                    |                     |
| <i>Scardinius etythr.</i> L. 1758 Rottfeder      |                    | X                |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Tinca tinca</i> L. 1758 Schleie               | X                  | X                | (X)                           | [X]                                 |                    | (X)                 |
| <b>BALITORIDAE</b>                               |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Barbatula barbatula</i> L. 1758 Schmerle      | (X)                | X                |                               |                                     |                    | (X)                 |
| <b>GADIDAE</b>                                   |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Lota lota</i> L. 1758 Trüsche                 |                    | X                | X                             |                                     |                    |                     |
| <b>GASTEROSTEIDAE</b>                            |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Gasterosteus acul.</i> L. 1758 Stichling      |                    |                  | X                             | [X]                                 | X                  | X                   |
| <b>PERCIDAE</b>                                  |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Perca fluviatilis</i> L. 1758 Egli            |                    | X                | X                             |                                     |                    |                     |
| <b>COTTIDAE</b>                                  |                    |                  |                               |                                     |                    |                     |
| <i>Cottus gobio</i> L. 1758 Groppe               | X                  | X                | X                             | X                                   | X                  | X                   |

**Tabelle 2:** Artenliste der Fische in der Rhone. (X) = Einzelfunde und Angaben ohne Nachweis. [X] = Nachweise nur in speziellen Abschnitten der Rhone. Rot= Arten, die in den letzten ca. 20 Jahren nicht mehr oder nur noch in speziellen Abschnitten bzw. Neben-/Seitengewässern der Rhone nachgewiesen werden konnten. (Meile et. al. 2005).

### Funktion der Lebensgemeinschaften und des Lebensraumes

Stranden ist in der Rhone kein grösseres Problem, da bei einem Schwall-Rückgang kaum grössere Flächen trockenfallen, wodurch eine geringe Anzahl an Organismen strandet. Jedoch wird während des Schwallanstiegs eine grosse Anzahl an Invertebraten abgeschwemmt. Die Anzahl der Individuen, die wegdriften, steigt innert kurzer Zeit von einem Basiswert ( $< 30 \text{ Ind./m}^3$ ) bis  $650 \text{ Ind./m}^3$ . Die Folge von Kolmation der Flusssohle wird am Beispiel der Steinfliegenlarven ersichtlich: In natürlichen Gewässern gelangt die junge Larve über die Flusssohle ins Grundwasser und wieder zurück, falls der Austausch zwischen den zwei Gewässertypen vorhanden ist. In morphologisch intakten Restwasserstrecken lässt sich die Larve noch finden, in den kanalisierten, schwallbeeinflussten Abschnitten allerdings nicht mehr. Die vielen unterschiedlichen Einflüsse machen es schwierig, den Effekt des Schwallbetriebs zu identifizieren.

## 8. Quantitative Analyse von Schwall/Sunk-Ganglinien für unterschiedliche Anforderungsprofile



**Abbildung 3:** Übersichtskarte Alpenrhein mit den drei Untersuchungsabschnitten.

Die Studie der Projektgruppe Gewässer und Fischökologie der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein erarbeitete 2012 Indikatoren hinsichtlich der Fischpopulation des Alpenrheintals. Ziel war, die Auswirkungen von Schwall und Sunk zu quantifizieren und Verbesserungsmöglichkeiten für die ökologische Funktionsfähigkeit des oberen Rheintals zu finden. Dabei wurden 4 Szenarien simuliert und auf drei morphologisch unterschiedliche Flussabschnitte angewendet. Jede der 4 Szenarien reduziert die Schwallspitze, den Schwallanstieg und den Schwallrückgang. Die drei Standorte besitzen sehr unterschiedliche Morphologien. In Mastrils zeigt sich ein sehr naturnahes Flussbett. Buchs hat einen geraden Wasserverlauf mit grossen Kiesbänken. Koblach im österreichischen Vorarlberg fliesst der Rhein stark begradigt in einem trapezförmigen Bachbett.

Im Frühjahr und Frühsommer wird für die vorhandenen Jungfische insbesondere die durch Schwall und Sunk entstehende Drift gefährlich. Ebenfalls erhöht sich das Strandrungsrisiko. Als Gegenmassnahme müssen die Schwallamplitude verringert und der Verlauf von Schwall und Sunk verlangsamt werden. Je nach Flussmorphologie sind aber Schwallanstieg und Schwallrückgang selbst nicht so massgebend. Im Sommer und Herbst müssen keine Massnahmen bei Schwall und Sunk getroffen werden, da die Fische sich nicht mehr in einem sensiblen Stadium befinden und sich der Wasserstand auch bei Schwall und Sunk nicht so stark von den natürlichen Wasserschwankungen unterscheidet. Die Studie ist deshalb von besonderem Interesse, als die notwendigen Änderungen in der Flussmorphologie detailliert beschrieben werden. Als notwendige Massnahmen müssen nicht nur Schwall und Sunk dem jahreszeitlichen Zyklus der Fischpopulation angepasst werden, sondern es muss auch eine der Flussfauna angepasste Morphologie geschaffen werden (IRKA 2012).

## Literatur/Referenzen

BAUMANN, P. Klaus, I. 2003. Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

BAUMANN, P. MEILE, T. FETTE, M. 2005. Synthesebericht Schwall/Sunk – Publikation des Rhone-Thur Projektes.

BRUDER, A.: EAWAG 2012. Bewertung von Massnahmen zur Beseitigung wesentlicher Beeinträchtigungen durch Schwall und Sunk. Grundlagen für den Vollzug

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer. Gewässerschutzgesetz, GSchG. vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. August 2013)

IRKA, 2012. „Quantitative Analyse von schwall/Sunk-Ganglinien für unterschiedliche Anforderungsprofile. Kurzbericht“, Vaduz, Internationale Regierungskommission Alpenrhein.

LIMNEX. 2001. Schwall und Sunk in schweizerischen Fließgewässern. Grundlagenstudie im Auftrag des BUWAL, Abteilung Gewässerschutz und Fischerei, Bern.

LIMNEX. 2004. Auswirkungen des Schwallbetriebes auf das Ökosystem der Fließgewässer: Grundlagen zur Beurteilung, WWF, Zürich.

SCHWEIZER, S. NEUNER, J. HEUBERGER, N. 2009. Bewertung von Schwall/Sunk-Herleitung eines ökologisch abgestützten Bewertungskonzepts. Wasser Energie Luft 101. Jg., Nr.3, S. 194-202.