



Fachtagung vom 27. Oktober - 29. Oktober 2016, Interlaken

# Sanierung der Auswirkungen von Schwall und Sunk -

## Herausforderungen und Lösungen



Foto: Markus Zeh



## **Hintergrund**

Dank der Gewässerschutzgesetzgebung werden in den Schweizer Fliessgewässern in den kommenden Jahrzehnten zahlreiche Projekte zur Sanierung von Schwall und Sunk realisiert.

Die zweitägige Fachtagung präsentiert den Stand des Wissens zum Thema „Sanierung der Auswirkungen von Schwall und Sunk“. Nationale und internationale Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis beantworten drängende Fragestellungen aus gewässerökologischer und wasserbautechnischer Perspektive.

Am dritten Tag besteht die Möglichkeit das Beruhigungsbecken der KWO in Innertkirchen zu besichtigen.

## **Contexte**

Grâce à la législation sur la protection des eaux, de nombreux projets seront menés dans les prochaines décennies dans les cours d'eau suisses pour atténuer les effets du régime d'éclusées.

Ce séminaire de deux jours fait le point des connaissances sur «l'assainissement des éclusées». Des experts et expertes suisses et étrangers exposeront leurs visées scientifiques et techniques sur les principales questions qui se posent actuellement.

Le troisième jour, les participants et participantes auront la possibilité de visiter le bassin de compensation des KWO à Innertkirchen.

## PROGRAMM / PROGRAMME

**DONNERSTAG, 27. OKTOBER 2016 / JEUDI 27 OCTOBRE 2016**

Moderation / Président de séance: **Stefan Vollenweider**, Wasser-Agenda 21

- ab 9.00 **Registrierung und Begrüssungskaffee / Accueil et collation de bienvenue**  
9.30 **Begrüssung / Allocution de bienvenue (d)**  
*Stephan Müller, BAFU (CH)* *Seite 5*

### **Einführung in die Tagung / Séance introductive**

- 9.50 **Schall und Sunk – Überblick der Ursachen und Auswirkungen (d)**  
*Diego Tonolla, ZHAW & eQcharta (CH)* *Seite 7*
- 10.05 **Schwall und Sunk in der Schweiz (d/f)**  
*Franziska Schwarz, BAFU und Rémy Estoppey, BAFU (CH)* *Seite 13*
- 10.30 **Hydropeaking in regulated rivers –  
from process understanding to design of mitigation measure (e)**  
*Christoph Hauer, BOKU Wien (A)* *Seite 19*

11.00 **Kaffeepause / Pause café**

### **Von den Defiziten zu den Massnahmen – Vorgehen in der Schweiz / Du diagnostic aux mesures correctrices – démarche adoptée en Suisse**

- 11.30 **Éclusées – Mesures d’assainissement:  
Un module de l’aide à l’exécution renaturation des eaux (f)**  
*Lorenzo Gorla, OFEV (CH)* *Seite 23*
- 12.00 **Schwallsanierung der Hasliaare: Untersuchungen –  
Variantenstudium – technische Umsetzung - Monitoring (d)**  
*Steffen Schweizer, KWO (CH)* *Seite 29*

12.30 **Mittagessen / Déjeuner**

Moderation / Président de séance: **Diego Tonolla**, ZHAW & eQcharta

### **Von den Defiziten zu den Massnahmen – Internationaler Überblick / Du diagnostic aux mesures correctrices – situation à l’étranger**

- 13.45 **Hydropeaking in Italy: Research, assessment methods and mitigation measures (e)**  
*Martina Bussetini, ISPRA (I)* *Seite 37*
- 14.10 **Assessing ecological impacts of hydropeaking in Austrian rivers (d)**  
*Stefan Schmutz, BOKU Wien (A)* *Seite 43*
- 14.35 **Les éclusées en France: Indicateurs et mesures de mitigation (f)**  
*Anne Laure Garnier-Borderelle, ONEMA (F)* *Seite 49*

15.00 **Kaffeepause / Pause café**

- 15.30 **Towards environmental requirements related to hydropeaking in Europe (WFD)  
& An overview for Norway(e)**  
*Jo Halvard Halleraker, Norwegian Env. Agency & Atle Harby, SINTEF (N)* *Seite 53*

### **Abschluss erster Tag / Clôture du premier jour**

- 16.15 **Synthese erster Tag (d)**  
*Andreas Bruder, SUPSI (CH)* *Seite 63*
- 16.30 **Apéro**

Moderation / Présidente de séance: **Lorenzo Gorla**, BAFU

ab 9.00 **Registrierung und Begrüssungskaffee / Accueil et collation de bienvenue**

9.30 **Begrüssung (d)**

*Andreas Stettler, BKW AG (CH)*

*Seite 65*

### **Block: Fallbeispiele I / Bloc: Exemples de projets I**

9.45 **Le cas du Doubs (f)**

*Alexandre Oberholzer, OFEN (CH)*

*Seite 67*

10.10 **Ausleitkraftwerk Chlus: Schwall / Sunk Sanierung KW Küblis (d)**

*Peter Aliesch, Repower (CH)*

*Seite 73*

10.35 **Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten: Organisatorische und fachliche Aspekte (d)**

*Nadia Semadeni & Ursin Caduff, Axpo (CH)*

*Seite 79*

11.00 **Kaffeepause / Pause café**

### **Block: Fallbeispiele II / Bloc: Exemples de projets II**

11.30 **Fallbeispiel Beruhigungsbecken Ritom (d/f)**

*Sandro Peduzzi, Kanton Tessin & Alfred Wittwer, SBB (CH)*

*Seite 85*

11.55 **Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The exemple of the Valsura River (d)**

*Georg Premstaller, Alperia SpA (I)*

*Seite 89*

12.20 **Integrative hydropeaking management in Austria (e)**

*Franz Greimel, BOKU Wien (A)*

*Seite 97*

12.45 **Mittagessen / Déjeuner**

Moderation / Président de séance: **Stefan Vollenweider**, Wasser-Agenda 21

### **Erfahrungsaustausch / Echanges d'expérience**

14.15 **Ateliers: Themendiskussion in Gruppen (d/f/e)**

*Lucie Greuter Lorenzo Gorla BAFU: Vollzugshilfe Schweiz und Indikatoren (d,f)*

*Seminarraum „Belle Epoque“*

*Barbara Imhof & Lukas Boller, Aquaplus: Fallbeispiel EBS (d)*

*Raum „Jungfrau“, 6. Etage*

*Diego Tonolla, ZHAW / eQcharta: Forschungsfragen zur Sanierung Schwall und Sunk (d/e)*

*Raum „First“, 6. Etage*

*Frédéric Zuber, Kanton Wallis: Vorgehen im Kanton Wallis (d)*

*Raum „Leukerbad“ @Meeting*

*Markus Kost, KWO: Technische Herausforderungen bei der Sanierung Schwall und Sunk (d)*

*Raum „Interlaken“ @Meeting*

*Seite 103*

15.30 **Kaffeepause / Pause café**

### **Abschluss zweiter Tag / Clôture du second jour**

16.00 **Fazit (d/f)**

*Christophe Joerin, Kanton Fribourg (f)*

*Christopher Bonzi, WWF Schweiz (d)*

*Daniel Fischlin, KWO (d)*

*Seite 105*

16.45 **Schluss der Veranstaltung / Clôture du colloque**



**Stephan Müller,**

BAFU (CH)

---

*Begrüssung*



# **Diego Tonolla,**

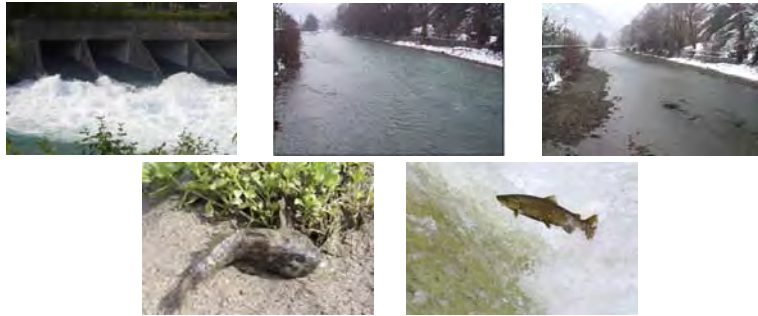
ZHAW & eQcharta (CH)

---

*Schwall und Sunk:  
Überblick der Ursachen und Auswirkungen*



## Schwall und Sunk Überblick der Ursachen und Auswirkungen



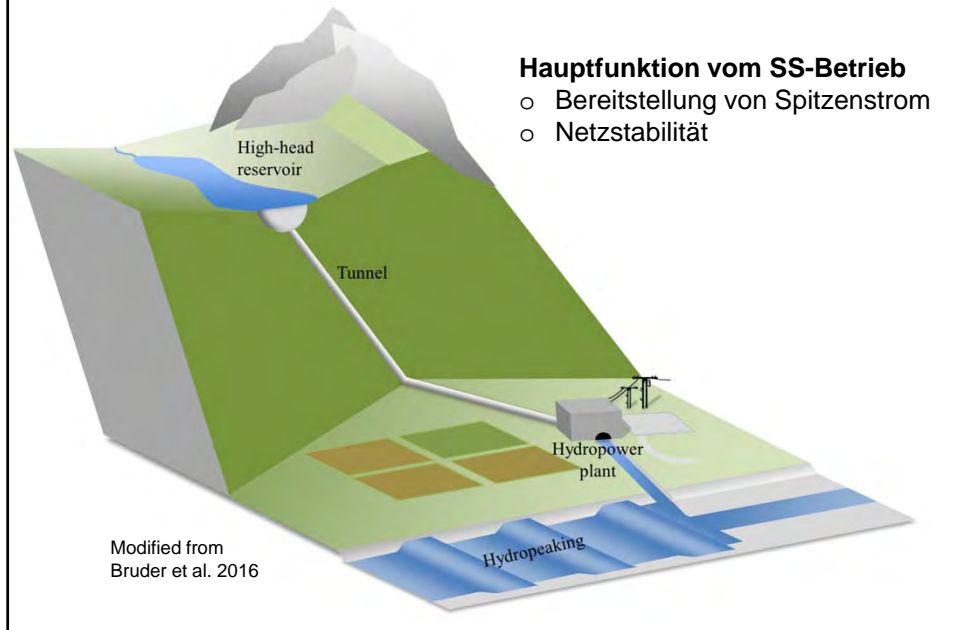
Diego Tonolla

Fachtagung Sanierung der Auswirkungen von Schwall und Sunk – Interlaken – 27. Oktober 2016

### Wie wichtig ist die Wasserkraft?

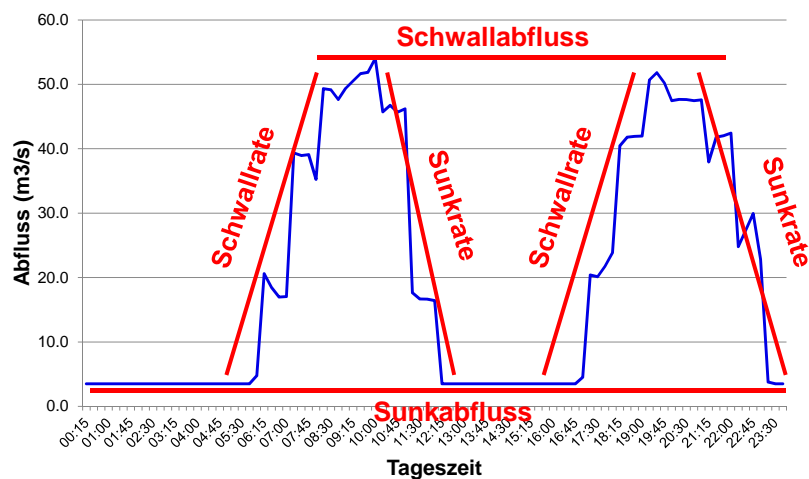
Land	Strom- produktion (TWh)	% total Strom- erzeugung	% Speicher- kraftwerke
China	1064 (IEA 2016)	19 (IEA 2016)	
Norwegen	137 (IEA 2016)	96 (IEA 2016)	
Frankreich	69 (IEA 2016)	12 (IEA 2016)	
Österreich	40 (E-Control 2016)	62 (E-Control 2016)	21.2 (E-Control 2016)
Schweiz	36 (BFE 2016)	56 (BFE 2016)	47.8 (BFE 2016)

## Ursachen von Schwall-Sunk



## Haupt hydrologische Auswirkungen von Schwall-Sunk

Unnatürliche, regelmässige & kurzfristige Abfluss- und Pegelschwankungen



Schwallbeeinflusste Abflussschwankungen am Bsp. der Saane, Kt. FR, Schweiz (Abflussdaten: Groupe-e)

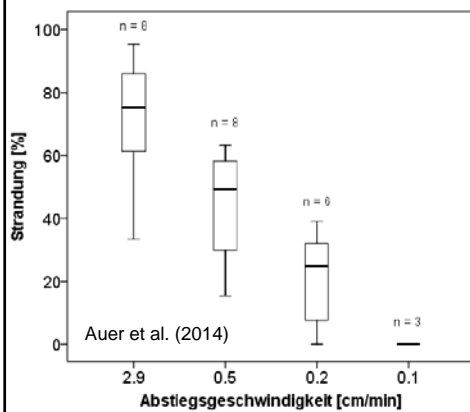
## Auswirkungen von Schwall-Sunk auf die Gewässerökologie

Übersicht möglicher negativen Auswirkungen von Schwall-Sunk auf die Gewässerökologie einer Schwallstrecke

Hydrologischer Effekt	Haupt-Hydromorphologische Effekte	Haupt negative Auswirkungen auf Ökologie
Hoher Schwallabfluss	Hohe Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe	Reduziertes/fehlendes Habitatsangebot
Tiefer Sunkabfluss	Geringe Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit	Reduziertes/fehlendes Habitatsangebot, trockenfallen von Laichgruben und Eiern

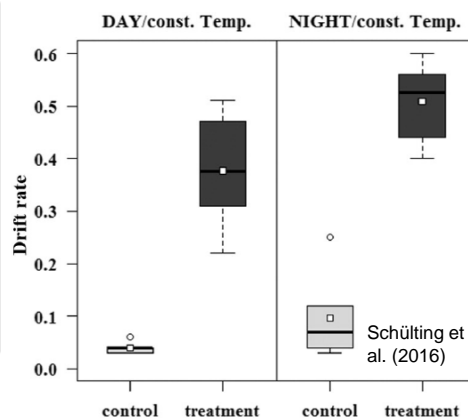
## Zwei Beispiele der Auswirkungen

### Strandung von Fische



Strandrungsrate der Bachforelle in Abhängigkeit der Abstiegsgeschwindigkeit

### Verdriftung von Makroinvertebraten



Tag-Nacht Unterschiede in den Driftraten der Makroinvertebraten



**Franziska Schwarz,**

BAFU (CH)

**Rémy Estoppey,**

BAFU (CH)

---

*Schwall und Sunk in der Schweiz*



# **Schwall und Sunk in der Schweiz**

*Franziska Schwarz & Rémy Estoppey, BAFU (CH)*



## **Grosse Defizite beim biologischen Zustand der Schweizer Fließgewässer**

Erste Resultate der Nationalen Beobachtung  
Oberflächengewässerqualität (NAWA) zeigen:

- > 30 % der Messstellen zeigen bezüglich  
Wasserpflanzen und –Wirbellosen eine erhebliche  
Beeinträchtigung auf.
- Zwei Drittel der Messstellen wurden in Bezug auf die  
Fischfauna als beeinträchtigt eingestuft.



## Ursachen dieser Defizite

- **Eintrag von Nährstoffen und Mikroverunreinigungen**
  - > schlechte Wasserqualität
- **Gewässerverbauungen**
  - > Habitat- und Strukturarmut
  - > Fragmentierung des Lebensraums
- **Wasserkraftnutzung**
  - > Restwasserdefizite
  - > Fragmentierung des Lebensraums
  - > Geschiebedefizite
  - > verändertes Abflussregime (Schwall-Sunk)

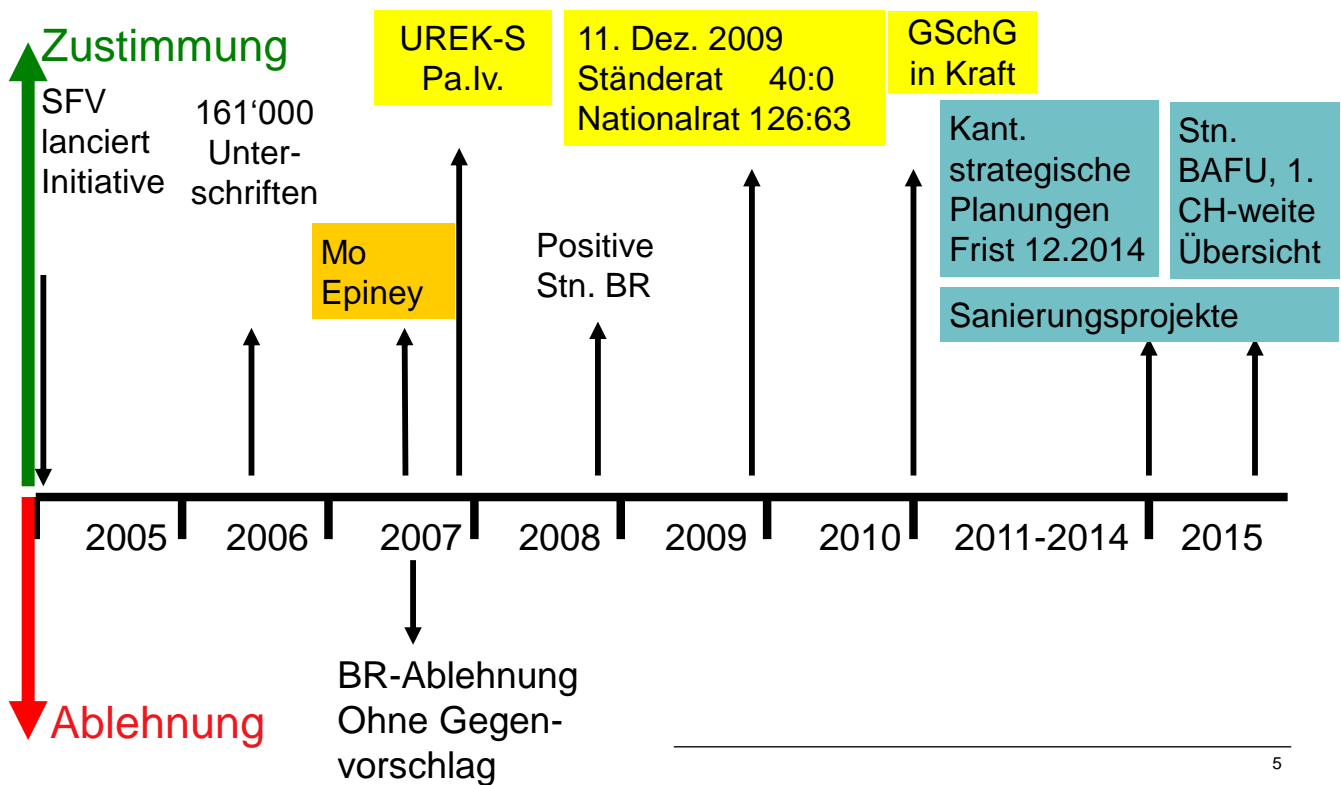


## Gewässerschutz in der Schweiz – einige Meilensteine

- 1888: Erstes Fischereigesetz: Erste gesetzliche Grundlage gegen Verschmutzungen
- 1957: Erstes Gewässerschutzgesetz (GSchG)
- 1962: Bundesbeiträge Abwasseranlagen
- 1986: Phosphatverbot Waschmittel
- 1991: Neue Fassung GSchG: Umfassender Schutz (inkl. Wasserkraftnutzung (**Restwasser**), Landwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft.)
- 2011: Revision GSchG: Renaturierung -> Revitalisierung und Sanierung Wasserkraft (**Fischgängigkeit, Geschiebe, Schwall-Sunk**)



## GSchG 2011 - Renaturierung: Von der Volksinitiative bis zur Änderung und Umsetzung



5

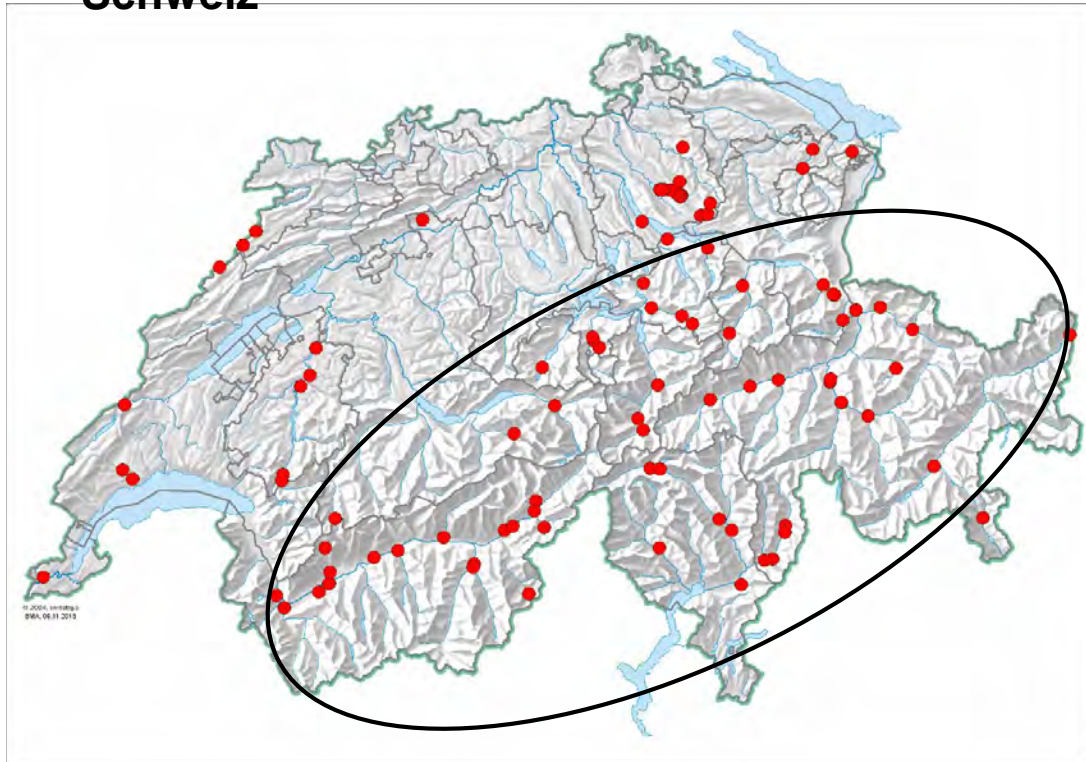


## Umsetzung des GSchG 2011: Strategische Planungen der Kantone

- Fischgängigkeit: ca. 1000 sanierungspflichtige WK-Anlagen
- **Schwall-Sunk: ca. 100 sanierungspflichtige WK-Anlagen**
- Geschiebehalt: ca. 500 sanierungspflichtige WK-/nicht WK Anlagen
- Revitalisierungspotenzial: 3500 km mit hohem Nutzen, 6000 km mit mittlerem Nutzen für Natur und Landschaft



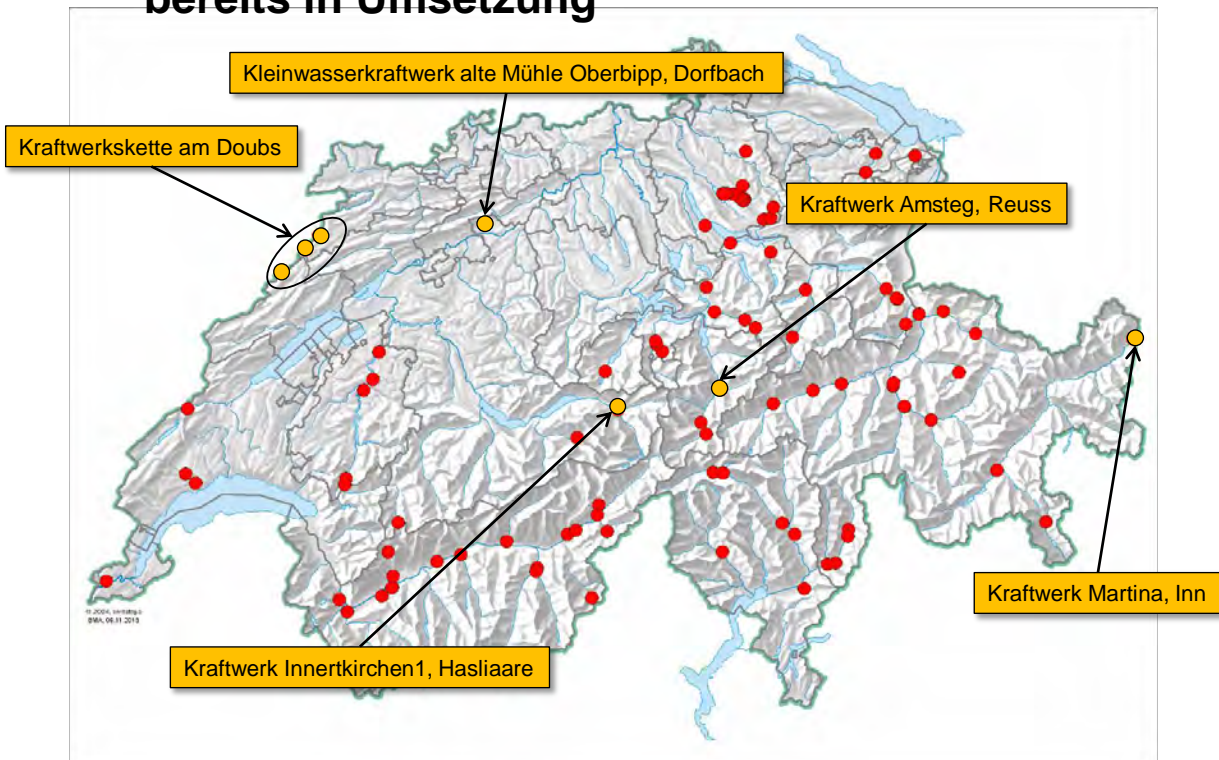
## Schwall-Sunk: Sanierungspflichtige Anlagen in der Schweiz



Schwall und Sunk in der Schweiz  
Franziska Schwarz & Rémy Estoppey (BAFU)



## Erste Schwall-Sunk Sanierungsprojekte sind bereits in Umsetzung



Schwall und Sunk in der Schweiz  
Franziska Schwarz & Rémy Estoppey (BAFU)

**Christoph Hauer,**

BOKU (A)

---

*Hydropeaking in regulated rivers – from process understanding to design of mitigation measure*



# Hydropeaking in regulated rivers - from process understanding to design of mitigation measure

Hauer, C.

*Institute for Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering, Department for Water – Atmosphere – Environment, BOKU - University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Muthgasse 107, 1190 Vienna, Austria*

Hydropeaking – the artificial increase and decrease of discharge and corresponding water levels in rivers – is characterized by steep rising and falling limbs of hydrographs based on the operation of storage hydropower plants to generate electricity on the energy demand. The most studied adverse ecological effects of those fluctuating flows are related to stranding and drifting of fish and macroinvertebrates downstream of the hydropower facilities. However, besides the direct impacts of the fluctuating discharges on the biota (stranding and drift), other effects on the array of complex processes within the river corridor have to be discussed in a broader perspective, encompassing yet unclear biophysical dynamics related to those artificial flow pulses. Hydropeaking may affect river thermal dynamics, sediment composition and transport (e.g. increase in turbidity), habitat distribution and quality, riparian vegetation. Moreover, in various national environmental regulations of European countries, threshold ratios between base ( $Q_{\text{base}}$ ) and peak flow ( $Q_{\text{peak}}$ ) have been established (e.g.,  $Q_{\text{base}} = 33 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/Q_{\text{peak}} = 99 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ;  $Q_{\text{base}}/Q_{\text{peak}} = 1:3$ ) with the assumption that the higher such discharge ratio is, the greater the negative impacts on aquatic ecology are. Those assumptions, however, have not been systematically validated from a biophysical, process-based perspective. Moreover, biophysical process understanding is still limited especially when considering the broad range of affected time scales, from the highly unsteady event-scale to yearly or longer scales affected by hydropeaking repetitiveness.

In Europe, requirements posed by several EU Directives (as the Water Framework, Habitats, Renewables Directives) can often be addressed by seeking unconventional tradeoff solutions that require careful investigations of novel river management and restoration measures, able to optimize river ecosystem services and biodiversity protection. Hydropeaking research is recently witnessing an increased effort from several groups in Europe and worldwide to improve basic knowledge in terms of process understanding, to increase management capacity in terms of the design and testing of suitable mitigation measures, and to strengthen the linkages between basic knowledge and practical applications. Exemplarily, at the last International Symposium on Ecohydraulics (Trondheim 2014) a special session was given with oral and poster presentation for an entire day presenting the ‘state of the art research’ on hydropeaking.

The aim of the presented special issue on “Hydropeaking” (SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT) was to synthesize present basic and applied research efforts related to hydropeaking, by inviting research groups that are presently working on all aspects of the topic. Contributions were welcome in terms of field-based, experimental, modeling and integrated approaches, as well as in terms of meta-analysis, global or regional-scale synthesis, lessons

learned from testing of innovative mitigation measures. All topics clearly related with hydropeaking have been considered, as those referring to unsteady physical processes (e.g. peak flow retention), sediment transport and morphological interactions, habitat modelling and impact assessment for various target species (fish, invertebrates), riparian vegetation dynamics and the opportunities and/or possible restrictions for mitigation measure design from a hydrological (e.g. retention basins) and morphological perspective (e.g. various forms of river restoration).

**Lorenzo Gorla,**

OFEV (CH)

---

*Éclusées – Mesures d’assainissement:  
Un module de l’aide à l’exécution Renaturation des eaux*



# Éclusées – Mesures d'assainissement

Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux

Lorenzo Gorla  
(OFEV)

Colloque Eclusées – Jeudi/vendredi, 27/28 octobre 2016: Interlaken



## Démarche

Étapes à suivre pour déterminer les mesures d'assainissement et procéder au contrôle de l'efficacité :

- 1) Définition des objectifs
- 2) Étude de variantes et choix des mesures d'assainissement
- 3) Mise en œuvre et contrôle de l'efficacité

La démarche présente peut s'appliquer aussi bien aux installations existantes qu'aux nouvelles installations (nouvelles concessions).

Étape 1 : Définition des objectifs		Point	Annexe
Analyse des déficits		3.2	
Analyse des causes		3.3	B à E
Formulation des objectifs		3.4	
Présélection des mesures d'assainissement		3.5	E
Concertation entre le détenteur de la centrale et les autorités cantonales		3.6	D



Étape 2 : Etude de variantes et choix des mesures d'assainissement		Point	Annexe
Étude de variantes		4.2	B, C, E, F
Choix des mesures d'assainissement		4.3	-
Coordination avec d'autres mesures de protection des eaux		4.4	D
Cas particuliers		4.5	-



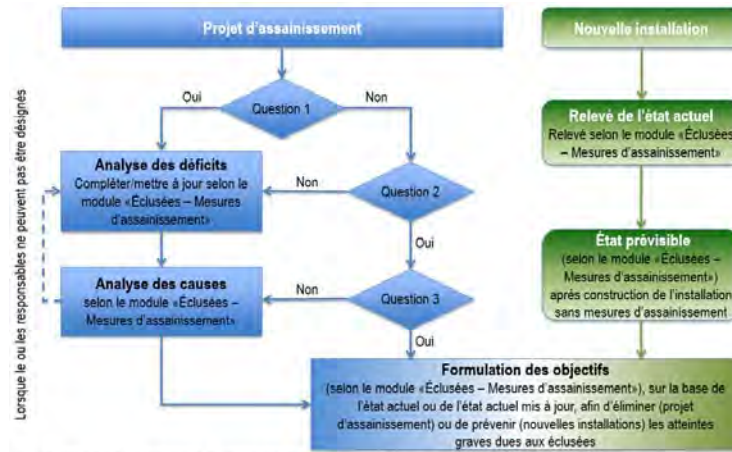
Élaboration du projet	Étapes non traitées dans le présent module
Approbation du projet d'assainissement/de construction	
Demande de remboursement	
Mise en œuvre des mesures d'assainissement	



Étape 3 : Contrôle de l'efficacité		Point	Annexe
Exigences relatives aux rapports des cantons		5.2	-
Vérification de la mise en œuvre		5.3	-
Évaluation des effets		5.4	B, C



## Analyse des déficits, analyse des causes et formulation des objectifs



Question 1 : La morphologie, le régime de charriage, le régime d'écoulement ou la qualité de l'eau du tronçon analysé ont-ils subi des modifications notables depuis l'élaboration du plan stratégique cantonal ?

Question 2 : L'évaluation des indicateurs du module «Planification stratégique» (Baumann et al. 2012) est-elle exhaustive (autrement dit, ont-ils tous fait l'objet d'une évaluation approfondie) ?

Question 3 : Les atteintes dues aux éclusées ont-elles été clairement identifiées ?



## Indicateurs

**Indicateurs principaux :**  
ceux qui sont sensibles aux éclusées et qui fournissent des prévisions probantes (ou pouvant faire l'objet d'estimations semi-quantitatives)

**Indicateurs sensibles aux éclusées et globaux :**  
il est recommandé de mesurer les indicateurs sensibles dans tous les cas. Il convient de mesurer indicateurs globaux lorsque les facteurs d'influence abiotiques présentent un état suffisant ou s'il existe un tronçon de référence.

**Indicateurs supplémentaires :**  
Leur mesure est recommandée dans des cas particuliers.

Abréviation	Indicateurs du module «Planification stratégique»	Principaux changements apportés au module «Planification stratégique» ou buts des nouveaux indicateurs
<b>D2</b>	Paramètres hydrologiques	Définition de la valeur cible des paramètres hydrologiques pour le tronçon considéré compte tenu des interactions avec d'autres indicateurs
<b>P2*</b>	Échouage de poissons	Fonctions de valeurs, espèces piscicoles et stades de développement
<b>P3*</b>	Frayères	Fonction de valeurs, carte des frayères, tests portant sur les frayères et tests à l'aide de boîtes d'éclouage
<b>P6</b>	Habitabilité pour les poissons	Modifications de l'attribution de l'habitat pour les poissons
<b>B5</b>	Habitabilité pour les macrozoobenthos	Modifications de l'attribution de l'habitat pour le macrozoobenthos
<b>Q1*</b>	Température de l'eau	Emplacement des mesures, prévisions
<b>P1*</b>	Présence de prélevés	Espèces piscicoles, abandon de la fonction de valeurs, ancrage dans le référentiel
<b>B1*</b>	Biomasse et diversité du macrozoobenthos	Reproduction des poissons
<b>B3</b>	Zonation longitudinale du macrozoobenthos	Estimation de la biomasse et de la diversité, usagement des basses EPT
<b>B4</b>	Familles EPT du macrozoobenthos	
<b>F1</b>	Débit	Définition de valeurs seuils spécifiques au cours d'eau sur la base d'états d'éclouage
<b>P1*</b>	Module Poissons du SMG	Méthode de pêche, interstratification
<b>B2*</b>	Module Macrozoobenthos du SMG	Méthode de relevé, interstratification
<b>H1*</b>	Colmatage externe	Méthode de relevé
<b>H2</b>	Colmatage externe	Quantification de l'habitabilité

Légende	
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Indicateurs principaux	<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Indicateurs globaux
<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Indicateurs sensibles aux éclusées	<span style="background-color: #D3D3D3; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Indicateurs supplémentaires
	X* Indicateur modifié
	X Indicateur modifié



## Étude de variantes

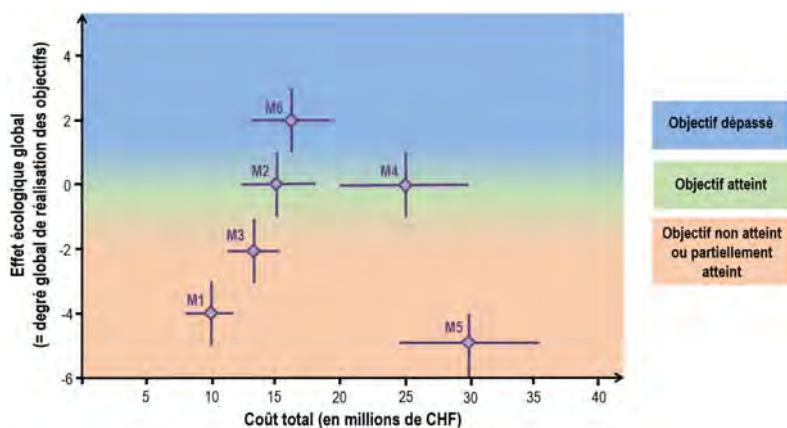
Set d'indicateurs pertinents (exemple)	État cible		État prévisible			Degré de réalisation								
	État actuel	État cible	État prévisible après assainissement			Degré de réalisation des objectifs (à état prévisible - état cible)								
	Tronçon de cours d'eau a   b   c	Tronçon de cours d'eau a   b   c	M1	M2	M3	M1	M2	M3						
P2* Échouage de poissons Truite fario, stade larvaire (mars, avril)	1   1   2	3   4   4	3   4   3	4   4   4	3   3   3	0   0   -1	1   0   0	0   -1   -1						
P2* Échouage de poissons Truite fario, juvéniles (d'avril à sept.)	1   1   2	3   4   4	3   4   4	3   4   4	3   4   4	0   0   0	0   0   0	0   0   0						
P6 Habitabilité pour les poissons Truite fario, juvéniles (d'avril à sept.)	2   2   2	4   3   3	3   4   3	4   4   3	4   3   3	-1   1   0	0   1   0	0   0   0						
D2 Paramètres hydrologiques	1   2   3	4   4   4	3   4   3	3   4   4	4   4   4	-1   0   -1	-1   0   0	0   0   0						
B5 Habitabilité pour le macrozoobenthos	3   4   5	4   4   5	3   4   5	3   4   5	4   4   5	-1   0   0	-1   0   0	0   0   0						
Éventuels autres indicateurs pertinents														
<b>Degré de réalisation des objectifs par tronçon (somme des indicateurs ci-dessus)</b>						-3	1	-2	-1	1	0	0	-1	-1
<b>Effet global = degré global de réalisation (somme des indicateurs pour tous les tronçons)</b>						-4	0	0	-2					
<b>Coût total en CHF</b>						10 000 000	15 000 000	13 000 000						

On agrège tout d'abord les degrés de réalisation des indicateurs pour chaque tronçon, avant d'agréger les résultats des divers tronçons.  
Outre cette démarche, il est par ailleurs recommandé de demander à des spécialistes de valider l'effet global prévu.

État	Classe d'état	Réalisation de l'objectif
excellent	5	Objectif dépassé 1
bon	4	Objectif atteint 0
moyen	3	Objectif non atteint -1
médiocre	2	
mauvais	1	



## Analyse coûts-utilité



Recherche de la meilleure mesure d'assainissement. Les meilleures mesures se trouvent en haut à gauche (M2 et M6), les moins bonnes en bas à droite (M5).



## Choix de la mesure la plus appropriée

	Mesures atteignant les objectifs		
	M2	M4	M6
Effet écologique global (0 = objectif atteint; > 0 = objectif dépassé)	0	0	2
Coût total (CHF)	15 000 000	25 000 000	16 000 000
<b>Autres critères à prendre en compte</b> en vertu l'art. 39a, al. 2, LEaux:			
a) gravité des atteintes (moyenne, élevée, très élevée)	très élevée	très élevée	très élevée
b) potentiel écologique (faible, moyen, élevé)	élevé	élevé	élevé
c) proportionnalité des coûts (proportionnés, disproportionnés)	proportionné	disproportionné	proportionné
d) protection contre les crues (influence positive, neutre, négative)	neutre	neutre	neutre
e) [...] promotion des énergies renouvelables			
e.1) influence sur la production (hausse de la production, sans influence, diminution de la production)	diminution de la production	diminution de la production	neutre
e.2) influence sur le stockage saisonnier (positive, neutre, négative)	neutre	positive	négative
e.3) influence sur l'adaptabilité de la production (positive, neutre, négative)	neutre	positive	négative
<b>Evaluation globale pour le choix de la mesure la plus appropriée (meilleure variante)</b>	2 <sup>e</sup> choix	3 <sup>e</sup> choix	<b>Meilleure variante</b>



## Contrôle de l'efficacité

Le contrôle de l'efficacité est un instrument essentiel pour garantir l'exécution de la législation sur la protection des eaux dans le domaine des éclusées. Il sert également de base pour informer le public sur les mesures appliquées et sur leur efficacité.

Dans la pratique, l'évaluation des effets passe par des investigations complètes que le détenteur de la centrale mène sur une période relativement longue.

L'évaluation des effets doit prendre en compte trois états du cours d'eau :

1. état avant la planification des mesures (état actuel ou initial),
2. état prévisible (état que les mesures devraient permettre d'atteindre),
3. état effectif après mise en œuvre des mesures.

**Steffen Schweizer,**

KWO (CH)

---

*Schwallsanierung der Hasliaare: Untersuchungen –  
Variantenstudium – technische Umsetzung - Monitoring*



# Schwallsanierung der Hasliaare

## Untersuchungen – Variantenstudium – technische Umsetzung - Monitoring



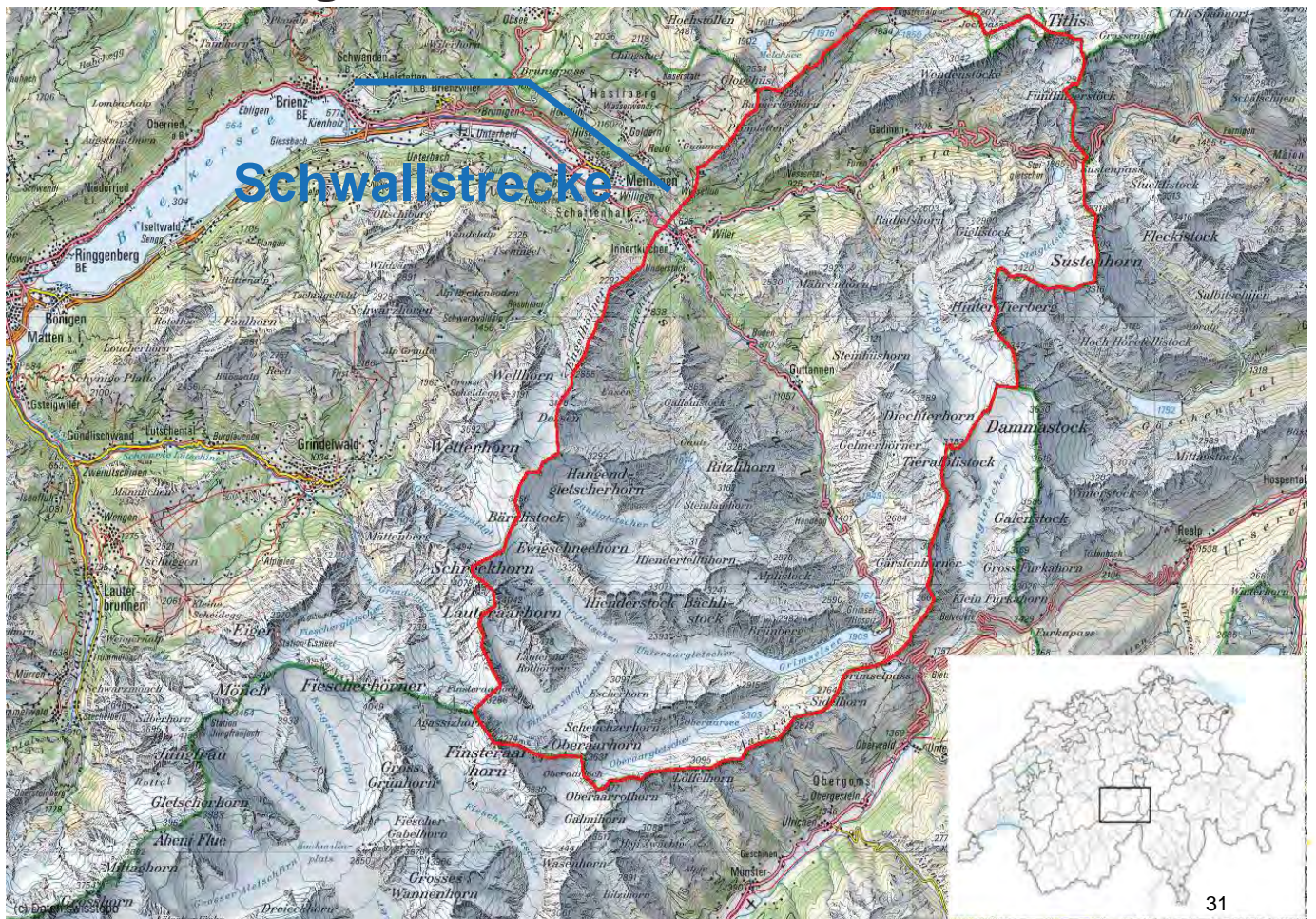
Foto: Dr. Markus Zeh

Internationale Fachtagung Schwall/Sunk  
Interlaken, 27. Oktober 2016  
S. Schweizer, Leiter Fachstelle Ökologie, KWO



1

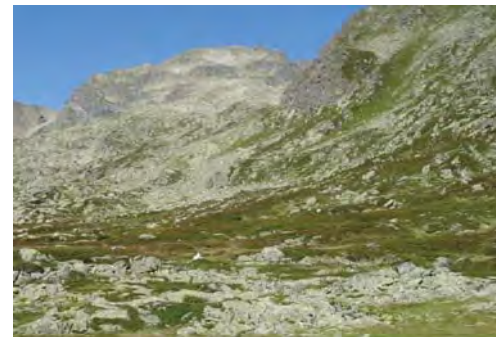
## 1. Einleitung



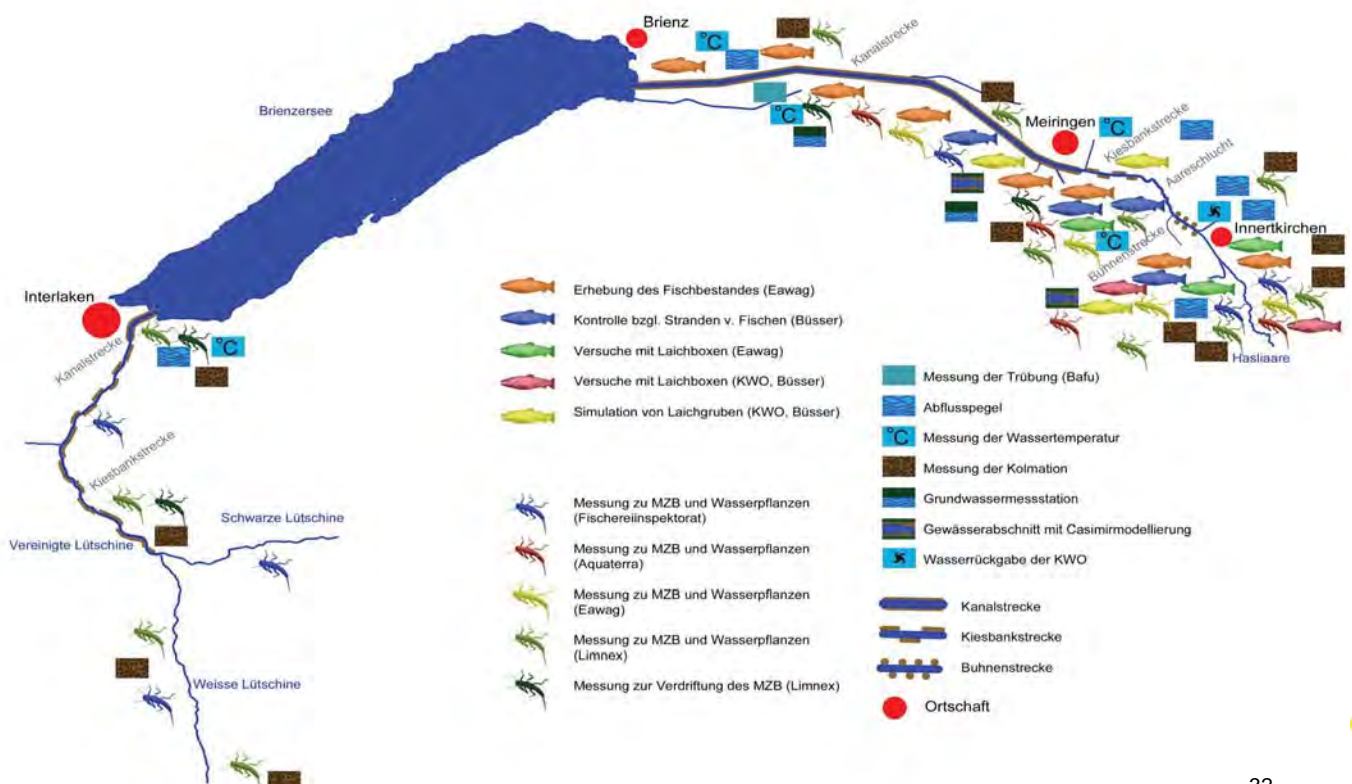
31

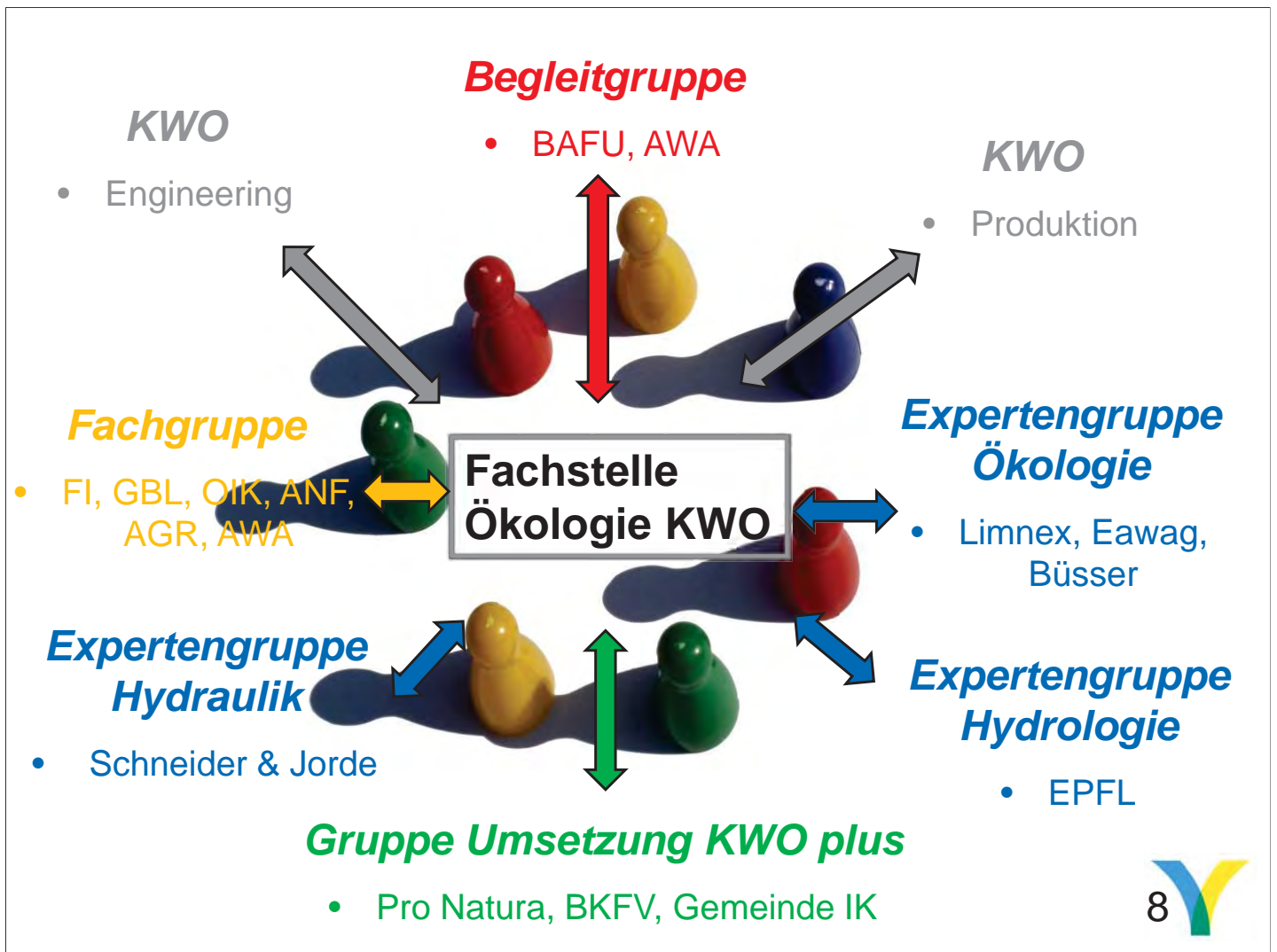
# Kurzbeschreibung Einzugsgebiet KWO

- Fläche Einzugsgebiet 450 km<sup>2</sup> mit Aare- (Grimselgebiet) und Gadmental (Sustengebiet)
- 21% Vergletscherung, Jahresniederschlag ± 2000mm
- Glaziales Abflussregime
- MQ unterhalb der Wasserrückgabe 35 m<sup>3</sup>/s
- Jahresproduktion der KWO 2400 GWh/a (davon 800 GWh/a Pumpspeicherbetrieb)



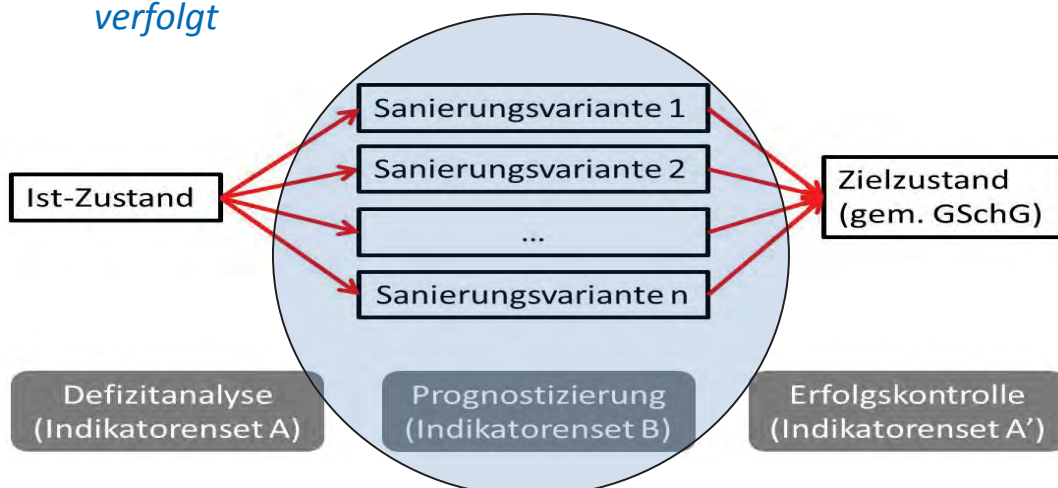
## Gewässerökologische Untersuchungen hinsichtlich Schwall/Sunk





## Ökologische Bewertung für verschiedenen Zustände

- Ist-Zustand (I)
- Fiktiver Zustand (II): INN1E (Tandem) ohne S/S-Dämpfung
- Fiktiver Zustand (IIIa-d): INN1E (Tandem) mit S/S-Dämpfung (verschiedene Varianten)
  - IIIa:  $V = 50'000 \text{ m}^3$
  - IIIb:  $V = 60'000 \text{ m}^3$
  - IIIc:  $V = 80'000 \text{ m}^3$
  - IIId:  $V = 100'000 \text{ m}^3$
- *Direktableitung in Brienersee wegen zu hoher Kosten nicht weiter verfolgt*



# Gesamtbewertung

	I	II	IIIa	IIIb	IIIc	IIId	Bemerkungen
Kolmation	■	■	■	■	■	■	Schwache Kolmation
Wassertemperatur	■	■	■	■	■	■	Geringe Beeinträchtigung
Mindestabfluss	■	■	■	■	■	■	Höher als $Q_{347}$ festgelegt
Biomasse MZB	■	■	■	■	■	■	Zust. III: Geringere Verdriftung
MSK MZB	■	■	■	■	■	■	
Zonation MZB	■	■	■	■	■	■	Zust. III: Geringere Verdriftung
EPT MZB	■	■	■	■	■	■	
MSK Fische	■	■	■	■	■	■	Morphologie bedingt Fehlen von Jungfischhabitaten, auch bei natürlichem Abfluss
Stranden Fische	■	■	■	■	■	■	Vorgaben mit Reduktion der Sunkrate erfüllt
Laichentwicklung	■	■	■	■	■	■	Laichgruben sind stabil und fallen nicht trocken
Jungfische	■	■	■	■	■	■	Siehe MSK Fische
Produktivität Fische	■	■	■	■	■	■	Siehe MSK Fische

## Gesamtbeurteilung mit allen Experten

- Aggregation der 12 Indikatoren zu einem Gesamtwert nicht möglich
- Szenarien IIIc / IIId schneiden am besten ab



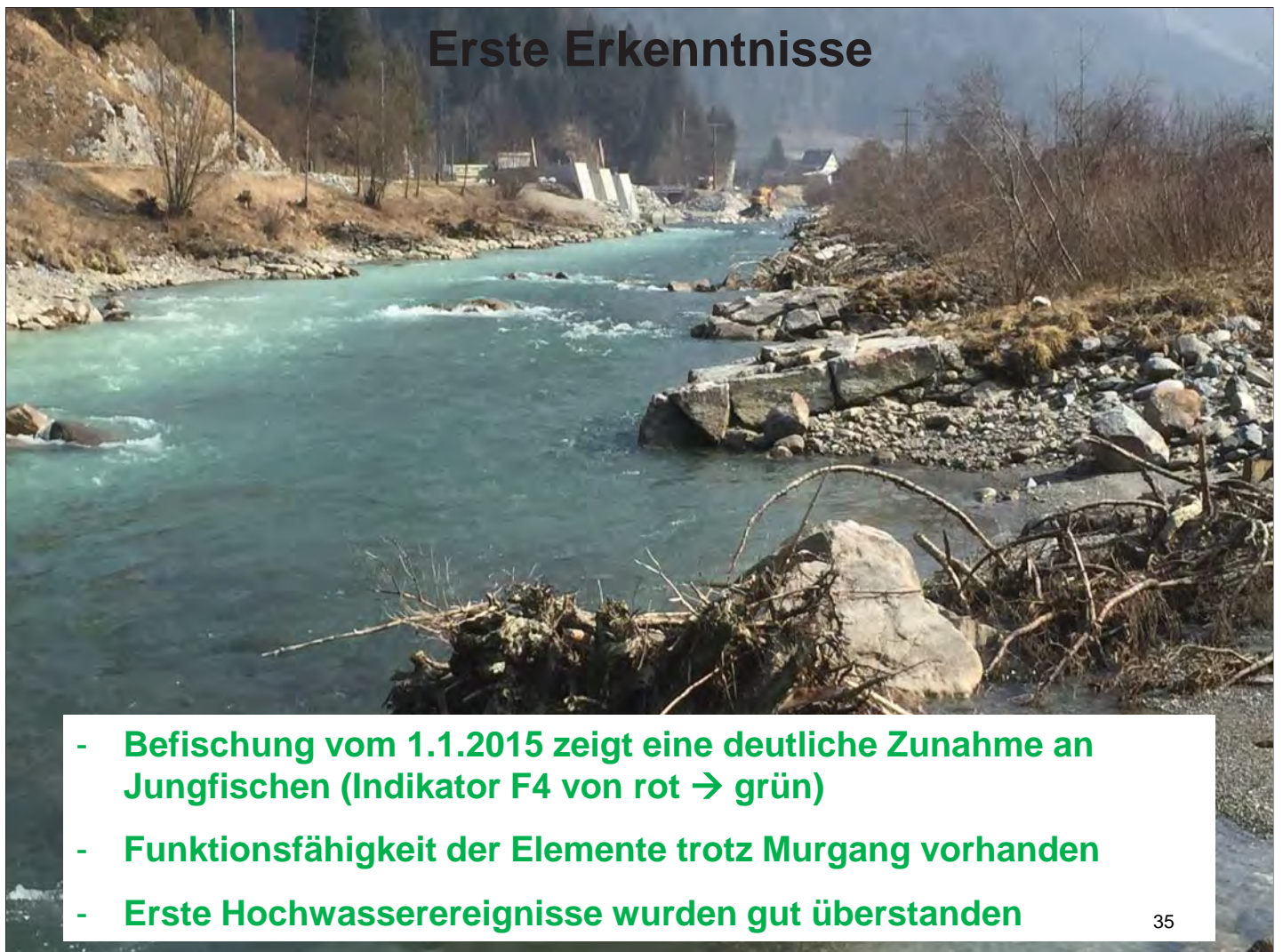
→ Wegen Verhältnismässigkeit wird IIIc, mit  $V = 80'000 \text{ m}^3$  ausgewählt



Foto Dr. Markus Zeh



## Erste Erkenntnisse



- Befischung vom 1.1.2015 zeigt eine deutliche Zunahme an Jungfischen (Indikator F4 von rot → grün)
- Funktionsfähigkeit der Elemente trotz Murgang vorhanden
- Erste Hochwasserereignisse wurden gut überstanden

# Technische Herausforderungen

- Physikalische Modellversuche für Dimensionierung von Tosbecken und Auslassorganen
- Felsbrocken im kiesigen Untergrund / Rammpbarkeit von Spundwänden
- Bauen im Grundwasser
- Verwendung von Unterwasserbeton
- Linienführung des Unterwasserstollens
- Steuerungstechnik von zwei Speichergefässen und zeitlicher Verzögerung beim Durchfluss durch den Stollen
- Verwirbelungen / Wellenbildung im Becken je nach Zuflusssituation aus den Kraftwerken INN1 und INN2 («Jet-Stream»)

→ Atelier «Technische Aspekte bei der Umsetzung» von Markus Kost

→ Exkursion zum Beruhigungsbecken Innertkirchen

29 

## 5. Fazit für Planung von Sanierungsmassnahmen

- Sehr viele Schnittstellen sind zu beachten, z.B.:
  - Betriebsregime (heute – künftig)
  - Steuerung von Zwischenspeicher
  - Hydraulik / Habitate in der Schwallstrecke
  - Biologische Ansprüche / Reaktionen – State of the Art
  - Veränderungen der Morphologie in der Schwallstrecke
  - Sicht von Ämtern und Verbänden

→ **Koordination ist sehr wichtig  
im besten Fall ... alles aus einer Hand**



***Das Wissen und die Erfahrung des  
Ökologenteams der KWO kann genutzt werden  
Anfragen an [steffen.schweizer@kwo.ch](mailto:steffen.schweizer@kwo.ch)***

30 

**Martina Busettini,**

ISPRA (I)

---

*Hydropeaking in Italy: Research, assessment methods  
and mitigation measures*



## HYDROPEAKING IN ITALY: RESEARCH, ASSESSMENT METHODS AND MITIGATION MEASURES

Zolezzi G<sup>1</sup>., Vanzo D<sup>1</sup>., Carolli M<sup>1</sup>., Bruno M.C<sup>2</sup>, Bussetini M<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>*Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, University of Trento*

<sup>2</sup>*Fondazione E. Mach – Research and Innovation Centre, S. Michele all'Adige, Trento*

<sup>3</sup>*ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rome*

As a response to the requirements set by the WFD - especially in relation to the assessment and improvement of the hydromorphological quality of river systems, during the last decade Italy has been developing and adopting a comprehensive methodological framework (IDRAIM, Rinaldi et al., 2011; 2014; 2016) which presently represents the regulatory framework under which hydropeaking is considered and its related ecological alterations are assessed at the national and regional level.

Assessing the hydrological alteration of hydropeaking and designing river management strategies able to cope with the resulting adverse ecological effects is a rather recent process in Italy, which has been following an earlier phase, during which most of the efforts focusing on hydropeaking were associated with research activities, mostly initiated in 2006 in the Adige/Etsch river catchment. Some of the outcomes of this research efforts, together with best practices emerging at an international level, have been more recently integrated into assessment methods for the quantification of hydropeaking alteration at the reach scale, and have also set the knowledge baseline against which the first hydropeaking mitigation measures have been designed in the country.

This contribution reviews the three main types of hydropeaking – related activities in Italy (research, assessment methods, mitigation measures), highlights their main innovative and methodological traits, and suggests promising directions to be pursued in the future, also in relation to the evolving international context.

### *1. Hydropeaking research*

A push for the development of scientific research on hydropeaking in Italy has started in 2006 (Bruno et al., 2006) thanks to a local River Basin Authority (Adige/Etsch River) that supported the creation of a dedicated interdisciplinary team of river ecologists and hydraulic engineers. The early stages of such research activities focused primarily to investigate in detail the thermal dynamics associated with hydropeaking in rivers (Toffolon et al., 2010, Siviglia and Toro, 2009, Zolezzi et al., 2011) and the response of benthic and hyporeic invertebrates to the delayed hydraulic and thermal peaking waves downstream of hydropower releases (Bruno et al., 2009, 2010, 2013, 2016, Carolli et al., 2012) investigated with seminatural flume simulations. In recent years, Italian hydropeaking research has been opening to new directions, such as the development of assessment methods (Carolli et al., 2015, Vanzo et al., 2016a, cf. Section 2); the study of the interplay between hydropeaking and river morphology (Vanzo et al., 2016b) and of the linkages between peaking flows and fish habitat at the mesoscale (Veza et al., in prep.); the analysis of hydraulic modelling in hydropeaking studies (Pisaturo et al., 2016); and the effect of hydropeaking on ecosystem services provided by rivers (Carolli et al., 2016), including recreational navigation (rafting), support to biodiversity and hydroelectricity generation through run-of-the-river power plants.

### *2. Hydropeaking assessment methods*

Several methods have been recently proposed to assess the degree of hydrological alteration at the sub-daily time scale associated with hydropeaking (e.g. Carolli et al., 2015, Alonso et al., 2016, AUSTRIA). The method of Carolli et al. (2015) was adopted within the IDRAIM hydro-morphological assessment framework as the suitable tool to assess the level of hydropeaking alteration in river reaches subject to intermittent flow releases from hydropower plants. The method serves the scope of hydromorphological assessment

because it is easy to apply, requires stream flow data at a readily available resolution, and allows for the comparison of hydropeaking flow alteration amongst river reaches in different catchments within the same climatic region. Hydropeaking alteration is statistically quantified using two indicators related to flow magnitude and rate of change, for which two quasi-universal thresholds are computed, referring to a rather broad set of non-hydropeaked hydrometric stations. The method requires hourly river water discharge data.

While not yet officially adopted into a national regulatory framework, the method proposed by Vanzo et al. (2016a) to assess at-a-station thermal alterations at the sub-daily time scale is rather promising to compare the level of thermopeaking (i.e., the abrupt temperature variations associated with turbine operations in alpine high-head storage hydropower plants) among different gauging stations and to be incorporated into river ecological quality assessments. The method is based on two statistical indicators that quantify: (i) sub-daily thermal rate of change and (ii) oscillation frequencies contained in the thermal signal; and require the availability of hourly river water temperature data.

### *3. Design and implementation of mitigation measures*

Mitigation measures for hydropeaking reaches of Italian rivers have been initiated only in very recent years, and are so far limited to a few examples. Two of the most notable ones have been implemented in the Noce River and on the Valsura/Valschauer River in NE Italy. In 2015, hydropeaking has almost been canceled from a formerly hydropeaked 13-km reach of the Noce Bianco river (Trentino Province), which had been subject to intermittent flow releases for more than 50 years. This has been achieved through a series of run-of-the-river hydropower plants that abstract water directly from the intermittent release of an upstream storage hydropower plant and releases it back to the river downstream of a major confluence.

Furthermore, an innovative mitigation project has been designed on the Valsura/Valschauer River in NE Italy (Premstaller et al., 2016) located in the Province of Bolzano/Bozen, which is based on a win-win approach that integrates hydropeaking mitigation in a morphologically diverse river reach, water use efficiency for irrigation and enhanced hydroelectricity production.

### *4. Hydropeaking in Italy: from mitigation to management*

A national scale assessment of hydropeaking alterations in rivers is not yet concluded. When available, it will be the basis to guide the design of future hydropeaking management strategies at the country level. Nearly all existing local studies focus so far on Alpine rivers, but notable examples exist of hydropeaking river reaches in the Appennines, where approaches to hydropeaking and to the hydromorphology in general should account for local differences. Last but not least, a comprehensive approach to future hydropeaking management in Italy should acknowledge all the challenges and opportunities associated with this phenomenon, in view of its complex effects on river ecosystem services.

## References

- Alonso C., Román A., Bejarano M.D., de Jalon D.G., Carolli, M. 2016. Accepted for publication in Science of the Total Environment. A graphical approach to characterize sub-daily flow regimes and evaluate its alterations due to hydropeaking
- Bruno MC, B Maiolini, A Bellin, G Zolezzi, A Siviglia, N Dell'Acqua. 2006. Il progetto di ricerca "REPORT"(Regolazione delle Portate Fluviali): linee guida per una gestione eco-compatibile delle dinamiche fluviali. XVII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, 1-6
- Bruno MC, Maiolini B, Carolli M, Silveri L. 2009. Hydropeaking impact on hyporheic invertebrates of an Alpine stream (Trentino, Italy). *International Journal of Limnology* 45: 1-14. DOI: 10.1051/limn/2009018.
- Bruno MC, Maiolini B, Carolli M, Silveri L. 2010. Short time-scale impacts of hydropeaking on benthic invertebrates in an Alpine stream (Trentino, Italy). *Limnologica* 40: 281–290. DOI:10.1016/j.limno.2009.11.012.

- Bruno MC, Cashman MJ, Maiolini B, Biffi S, Zolezzi G. 2016. Responses of benthic invertebrates to repeated hydropeaking in semi-natural flume simulations: *Ecohydrology*, 9, 68–82. DOI: 10.1002/eco.1611.
- Bruno M. C., Siviglia A., Carolli M., and Maiolini B, 2013. Multiple drift responses of benthic invertebrates to interacting hydropeaking and thermopeaking waves: *Ecohydrology*, 6, 511–522. DOI: 10.1002/eco.1275
- Carolli M., Bruno M. C., Siviglia A., and Maiolini B. 2012. Responses of benthic invertebrates to abrupt changes of temperature in flume simulations. *River Research and Application*, 28(6): 678-691. DOI: 10.1002/rra.1520
- Carolli, M., Vanzo, D., Siviglia, A., Zolezzi, G., Bruno, M.C., Alfredsen, K., 2015. A simple procedure for the assessment of hydropeaking flow alterations applied to several European streams. *Aquat. Sci.* 77, 639–653. doi:10.1007/s00027-015-0408-5
- Carolli M., Geneletti D., Zolezzi G. 2016. Under review for publication by Environmental Impact Assessment Review. An ecosystem-service approach to support decision-making on flow management in hydropower-regulated rivers.
- Premstaller G., Cavedon V., Pisaturo G. R., Schweizer S., Adami V., Righetti M. 2016. Accepted for publication in *Science of the Total Environment*. Hydropeaking mitigation project on a multi-purpose hydro-scheme on Valsura River in South Tyrol (Italy).
- Pisaturo G.R., Righetti M., Noack M., Schneider M., Dumbser M., Cavedon V. 2016. Accepted for publication in *Science of the Total Environment*. The role of 3D-hydraulics in habitat modelling of hydropeaking events.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2016) idraim - sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. ISPRA, manuali e linee guida 131/2016, gennaio 2016, p 262. ISBN: 978-88-448-0756 - 6. <http://www.isprambiente.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida>
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2015) – a methodological framework for hydromorphological assessment, analysis and monitoring (IDRAIM) aimed at promoting integrated river management geomorphology 05/2015; doi:10.1016/j.geomorph.2015.05.010
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2014) IDRAIM - sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. ISPRA, manuali e linee guida 113/2014, giugno 2014, p 262. ISBN: 978-88-448-0661-3. <http://www.isprambiente.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida>
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2011) – Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua. versione 1. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Roma, 232 pp, ISBN: 978-88-448-0438-1.
- Siviglia, A., and E. F. Toro (2009), The WAF method and splitting procedure for simulating hydro and thermal peaking waves in open channel flows. *J. Hydraul. Eng.*, 135(8), 651–662, doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000054.
- Toffolon M, Siviglia A, Zolezzi G. 2010. Thermal wave dynamics in rivers affected by hydropeaking. *Water Resources Research*, 46, W08536, DOI: 10.1029/2009WR008234.
- Vanzo, D., Siviglia, A., Carolli, M., Zolezzi, G., 2016a. Characterization of sub-daily thermal regime in alpine rivers: quantification of alterations induced by hydropeaking. *Hydrol. Process.* 30, 1052–1070. doi:10.1002/hyp.10682
- Vanzo, D., Zolezzi, G., Siviglia, A., 2016b. Eco-hydraulic modelling of the interactions between hydropeaking and river morphology. *Ecohydrology* 9, 421–437. doi:10.1002/eco.1647
- Veza P., Zolezzi G., Majone B., Bruno M.C. In Prep. Assessing hydropeaking effects on temporal habitat availability for juvenile marble trout.
- Zolezzi G, Siviglia A, Toffolon M, Maiolini B. 2011. Thermopeaking in alpine streams: event characterization and time scales. *Ecohydrology* 4: 564-576. DOI: 10.1002/eco.132.



**Stefan Schmutz,**

BOKU Wien (A)

---

*Assessing ecological impacts of hydropeaking  
in Austrian rivers*





www.boku.ac.at/ihg

BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences  
Department of Water, Atmosphere and Environment

## Assessing ecological impacts of hydropeaking in Austrian rivers

Stefan Schmutz, Stefan Auer, Elisabeth Bondar-Kunze, Christian Feld, Wolfram Graf, Franz Greimel, Thomas Hein, Lisa Schülting, Günther Unfer, Bernhard Zeiringer

Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management  
Department of Water, Atmosphere and Environment  
BOKU - University of Natural Resources and Applied Life Sciences,  
Vienna, AUSTRIA

HyTEC

Hydromorphological and Temperature Experimental Channel



www.boku.ac.at/ihg

In Cooperation with

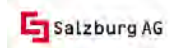


lebensministerium.at



Bundesamt für Wasserwirtschaft  
Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung

Bafu-CH



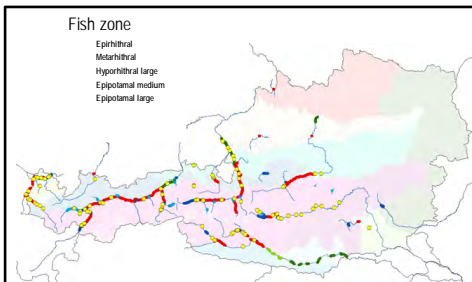
## Methodology



www.boku.ac.at/lhg

Field studies  
Austrian wide

Experimental channel  
HyTEC



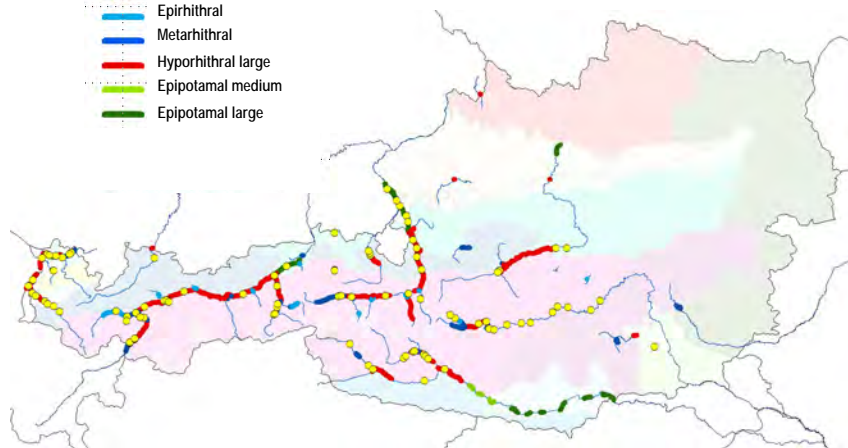
## Fish sampling sites in hydropowering impacted river sections in Austria



www.boku.ac.at/lhg

### Fishzone

- Epirhithral
- Metarhithral
- Hyporhithral large
- Epiptamal medium
- Epiptamal large



## Summary fish



www.boku.ac.at/lhg

### Larvae

- High drift and stranding risk already with low downramping rates (>0.1-0.2 cm/min)
- Attractive habitat structures without continuous connection to main channel (potholes) create traps for fish (grayling)
- Permanent connected habitats represent refuge habitats and reduce stranding risk.
- Higher risk during night

### Juvenile

- In general, lower drift- und stranding risk
- However,
  - during night still stranding risk
  - Potholes represent traps at high downramping rate
  - Lower bank gradient increases stranding risk (brown trout)
- Thermopeaking (decrease of temperature) increases drift and stranding risk (grayling)

## SUMMARY



www.boku.ac.at/lhg

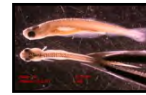
### S...stranding, D...drift, P...production

	Hydropeaking		Interaction with					
	Up-ramping	Down-ramping	Photoperiod	River morphology	Sediment	Water temperature	Nutrients	Long term effects
Benthic algae		↓ P	-	?	?	?	↓ P	↓ P
Macro-invertebrates	↑ D	↑ S	Night ↑ D	?	?	(↓ T ⇒ ↓ D)	?	?
Fish (trout, grayling)	↑ D	↑ S	Night ↑ S	↑ S, ↓ S	?	(↓ T ⇒ ↑ S, ↑ D)	?	?

## Open questions fish

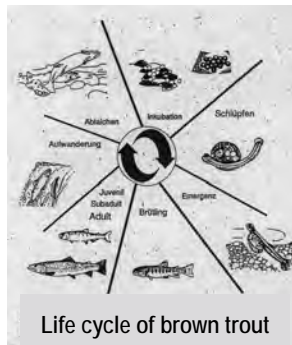
### Fish species

- ✓ Brown trout
- ✓ Grayling
- ? Bullhead
- ? Cyprinids



### Life stages

- ? Spawning
- ? Eggs
- ✓ Larvae
- ✓ Juvenile (0+ life stage)
- ? Subadult
- ? Adult



## Open questions benthos

- Upramping
  - Ramping rates
  - Larval stages
  - Substrate
- Peak flow
  - Taxa specific sheer stress limits
- Stranding

**Anne Laure Garnier-Borderelle,**  
ONEMA (F)

---

*Les éclusées en France:  
Indicateurs et mesures de mitigation*



## Les éclusées en France : indicateurs et mesures de mitigation



En France, plus de 150 aménagements hydrauliques exploités par éclusées pour la production d'énergie de pointe sont dénombrés. Ce type de gestion engendre de brusques variations de débit sur les cours d'eau et est susceptible d'altérer la composition, l'abondance et la structure des populations de poissons et d'invertébrés sur de longues distances.

Afin de pouvoir progresser dans la compréhension des impacts des éclusées, dans la définition de mesures de mitigation efficaces, mais aussi afin de répondre à la DCE, il s'avère nécessaire de caractériser les régimes d'éclusées et d'en apprécier le niveau de perturbation. Pour se faire, depuis une dizaine d'années, des travaux ont été conduits pour définir des indicateurs synthétiques et opérationnels pour la caractérisation des éclusées pouvant être mis en œuvre « en routine » au niveau des stations hydrométriques.

Une méthodologie de repérage des éclusées au sein des hydrogrammes, ne nécessitant que la valeur du module du cours d'eau et des informations sur les débits d'équipements des centrales en amont, a été mise au point en se basant sur 3 critères : une amplitude minimale ( $\geq 10$  du module ou  $\geq 20$  du débit de base) ; une condition de gradient minimal ( $>$  au gradient naturel maximal) et une limite haute sur le débit maximum (pour éliminer les événements de crue).

Un indicateur synthétique du niveau de perturbation hydrologique induit par les régimes d'éclusées a également été construit. Ce dernier permet de différencier 5 classes distinguant des niveaux de perturbations sensible (classe 1), marquée (2), très marquée (3), sévère (4) et très sévère (5). Son calcul tout comme l'application de la méthodologie de repérage des éclusées sont entièrement automatisés dans un fichier excel au travers d'une macro. Cet indicateur constitue un outil pour les gestionnaires de « pré-diagnostic » des impacts biologiques et de suivi des évolutions spatiales et temporelles des régimes d'éclusées. Il peut également être mis en œuvre pour suivre l'effet de mesures de mitigation.

Sur la base de données bibliographiques mais aussi de plusieurs études de cas français, il ressort que pour la mitigation des éclusées hydroélectriques sur les populations de poissons, le principal levier consiste à modifier les caractéristiques des éclusées en définissant des règles sur la gestion des débits. Ce type de mesure présente l'avantage de profiter à l'ensemble du linéaire. De manière globale, les études combinant analyse hydrologique, modélisation hydraulique et suivis biologiques amènent à préconiser des mesures déclinées selon un calendrier biologique :

- Le maintien de débits de base hivernaux variant entre 25% et 45% du module pour limiter l'exondation des frayères de truites et de saumons ;
- Le maintien de débits de base printaniers entre 30% et 60%, voire 75% du module
- La limitation au printemps et en été des gradients de baisse à des valeurs de l'ordre de 10% à 30% du module pour heure pour limiter les échouages-piégeages de l'ensemble des espèces en limitant les surfaces exondées ainsi que les déconnexions de bras secondaires et de dépression rivulaires ;

- La limitation éventuelle du débit maximal au printemps et en été pour limiter la mise en eau de sites piégeux et la dégradation des habitats de juvéniles.

Par ailleurs, des opérations de travaux sur la morphologie du cours d'eau peuvent s'avérer un complément utile dans certains contextes morphologiques particulièrement problématiques. Leur efficacité reste toutefois ponctuelle et ces opérations ne peuvent, à elles seules, suffire à limiter de façon satisfaisante l'impact des éclusées à l'échelle d'un tronçon de cours d'eau.

En France, des mesures structurelles sur les aménagements hydroélectriques (ouvrages de démodulation, bassin « tampon ») ont peu été mises en œuvre et mériteraient d'être davantage explorées.

**Jo Halvard Halleraker,**

Norwegian Environment Agency (N)

**Atle Harby,**

SINTEF (N)

---

*Hydropeaking in Norway: an overview*



## Towards environmental requirements related to hydropeaking in Europe (WFD) & An overview for Norway

Jo Halvard Halleraker (*with valuable input from many others*)



## Mitigating effects from hydropeaking

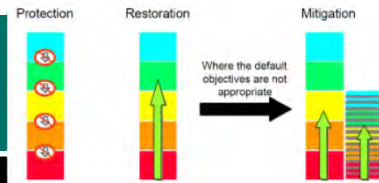
EU-report (CIS - WFD) on mitigation measures in water bodies impacted by water storage with recommendations on

- Common terminology
- Key impacts to be mitigated
- Emerging good practise
- Some countries more in line than others

Overview in Norway

- Rapid dewatering a major issue
  - >50 % of storage capacity in Europe
- New hydropower schemes
  - Gentle ramping
  - By-pass valves
- Older hydropower
  - Focus on mitigation when revising terms
- Management relevant results from CEDREN/ENVIPEAK in 2016

## CIS - ECOSTAT approach to assessing comparability (2013-2016)



Hydro-morphological alterations

Pollution pressures

Mitigation measures expected in HMWBs for GEP

Existing intercalibrated methods - where not significantly affected by the hydro-morphological alterations

Comparison of biology standards ruled out so far...

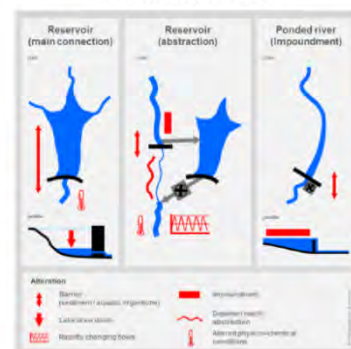


## Key measures to mitigate impacts from water storage in Europe

- HMWB and WFD theory and previous CIS activities
- Key mitigation measures and options
  - Interrupted continuity for fish
  - Flow alteration (**incl hydropeaking**)
  - Sediment alteration
  - Pondered rivers (impoundments)
  - Lake level alteration
  - Physico-chemical alteration (e.g. temperature)
- Sustainable vs non-sustainable mitigation solutions
- Scale of impacts typically mitigated
- Significant adverse effect on water use and wider environment
- Reasons for “outruling” measures
- Minimum requirements for GEP and objective setting
- Key findings and recommendations (e.g. emerging good practice)

2016-10-06  
WG ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies

Part 1: Impacted by water storage



Drafted by ad hoc GEP/Water storage group for CIS WG ECOSTAT

## Degree of similarity between countries on impacts and mitigation measures

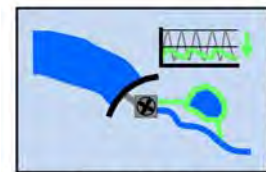
The key findings related to the similarity between countries on impacts and measures were that:

- The most frequently identified impacts due to water storage were mitigation of
  - fish migration,
  - a viable minimum environmental flow
  - insufficient flow variability.
- The measures most commonly identified were fish migration aid
- The highest level of heterogeneity for measures aimed at mitigating
  - physico-chemical alteration
  - rapidly changing flows (hydropeaking)
  - sediment alteration and ponded rivers.

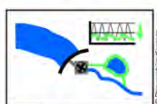
Mitigation measure	Impact identified	Impacts and mitigation		No of countries identifying the need for this mitigation
		Use of measure	Type of highest ranked measure	
Upstream continuity for fish			Provide additional flow	21
Downstream continuity for fish			Dykes channel	20
Low flow			Provide additional flow	18
Fish flow			Flow for up and downstream migration	14
Variable flow			Actively delivered flow	18
Physico-chemical alteration			Multiple reservoir intakes	13
Rapidly changing flows			Reduce rate of flow change	15
Sediment alteration			Introduce meandering flows	15
Lake level alteration			Reduce abstraction during sensitive period	16
Ponded rivers (impoundments)			Lateral reconstruction	13

## Measure options – hydropeaking mitigation

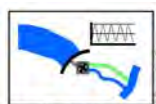
Hydromorphological alteration	Main ecological impact*	Mitigation measures options
<u>Rapidly changing flows</u> (including hydro peaking)	Reduction in animal & plant species abundance due to stranding & wash out	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Balancing reservoir(s) (internal)</li> <li>2. Relocate tailrace</li> <li>3. Reduce rate</li> <li>4. Modify river morphology</li> <li>5. Balancing reservoir(s) (external)</li> <li>6. (Fish stocking - <i>some countries</i>)</li> </ol>



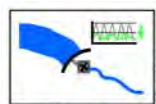
Mitigation for rapidly changing flows



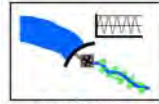
Constructing external balancing reservoir



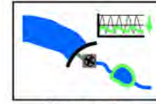
Relocating tail race



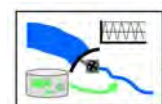
Reducing hydropeaking rate



Improving river morphology



Constructing balancing reservoir(s)



Compensating with fish stocking

## Key conclusions and recommendations

- *Recommendation 3: Further clarification needed on the reasons for heterogeneity across countries on identified impacts and measures used for mitigating especially: physico-chemical alterations, rapidly changing flows (hydropeaking), sediment alterations and impacts from ponded rivers (impoundments).*
- *Recommendation 5: Countries that are still developing their methods are strongly recommended to take account of the emerging good practice identified in this report (on e.g. hydropeaking).*
- *Recommendation 6: An optimal combination of good practice measures might even lead to GES, and avoiding designating water bodies as HMWBs, as they can be considered as restoration measures.*
- *Recommendation 13: HMWB case study exercise on national methods and incorporating into a good practice guide. Supplement CIS Guidance no. 4 on HMWB, to ensure common environmental requirements in HMWBs.*



## Management of hydropeaking in Norway

### Hydropeaking in Norway

- Large reservoirs using mainly natural lakes ( ca 50% of European reservoir capacity)
- Water storage for short term system balance, as well as for seasonal and several years security of supply
- No pumping for short term supply of capacity

### Mitigation efforts and experience:

- Main focus on gentle ramping in salmon rivers
  - hydropower tailrace with outlet in rivers
  - Environmental challenges mainly in rivers not reservoirs or coastal water
- Public attention on stranding of fish in many rivers → gentle ramping on a voluntary basis from several companies
- Normally requirements in modern licenses
  - Gentle down-ramping
  - By-pass valves (also in small scale hydro)
- No experiences with balancing reservoirs
- Further mitigation highlighted topic in revision of terms in the years to come
- Useful R&D and management relevant results/advice from CEDREN/ENVIPEAK in 2016 to be applied by managers in Norway



# **A METHOD TO ASSESS IMPACTS FROM HYDROPEAKING**

**ATLE HARBY**

*Centre for Environmental Design of Renewable Energy, SINTEF Energy Research,  
P.O. Box 7465 Sluppen, 7465 Trondheim, Norway*

**TORBJØRN FORSETH**

*Centre for Environmental Design of Renewable Energy, Norwegian Institute for Nature Research,  
P.O. Box 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway*

**OLA UGEDAL**

*Centre for Environmental Design of Renewable Energy, Norwegian Institute for Nature Research,  
P.O. Box 5685 Sluppen, 7485 Trondheim, Norway*

**TOR HAAKON BAKKEN**

*Centre for Environmental Design of Renewable Energy, SINTEF Energy Research,  
P.O. Box 7465 Sluppen, 7465 Trondheim, Norway*

**JULIAN SAUTERLEUTE**

*Centre for Environmental Design of Renewable Energy, SINTEF Energy Research,  
P.O. Box 7465 Sluppen, 7465 Trondheim, Norway*

Hydropeaking refers to hydropower operations that are characterized by more rapid and frequent changes in power production than typical base-load hydropower production. If the water is released into a river, rapid fluctuations in discharge, water level and temperature may cause negative impacts to the riverine ecosystem. We have developed a systematic approach to assess the impact by characterizing important parameters describing the flow ratio, the rate of change in water level, dewatered area and the duration, timing and the frequency of peaking operations. We have developed a method to assess the impacts of hydropeaking on salmonid fish. The vulnerability of the salmonid population must then be taken into account, as a more vulnerable population will suffer more from hydropeaking than a very sustained population. Parameters such as number of female adult salmonids, size and distribution of spawning grounds, low flow periods, habitat degradation, low temperature impacts, pollution and other external factors are used to characterise the vulnerability. By combining parameters for peaking operations and vulnerability, an overall assessment can be made. Criteria from literature or developed by the authors are used to categorise and score hydropeaking impacts. The system can be used to assess existing or planned hydropeaking, and will also give the user a possibility to see which parameters have a low score, helping to identify where mitigation should be concentrated. The system is under development and some examples from the use will be presented at the symposium.

## **1 BACKGROUND**

Future energy scenarios include large amounts of non-regulated renewables, especially wind and solar power. In such systems, there will be an increasing need for hydropower which has excellent capabilities for fast regulation with changing demand and changing wind conditions. In Norway, most hydropower stations were planned and built for the purpose of supplying firm power to industry or public consumption. In a changed regime with higher demand for peaking power (hydropeaking), many existing plants need to be redesigned. At the same time the environmental consequences need careful evaluation.

Hydropeaking has received increased attention over the last several years, and therefore we need methods and tools to assess impacts of hydropeaking and to guide how mitigation and operational changes.. The method presented here aims to characterize impacts on the ecosystem from 'small' to 'very large' as a basis for wider cost-benefit analysis and management applications.

## 2 CHARACTERISATION

The method for characterisation divides the impact from hydropeaking into two axis; (direct) effects and vulnerability. The effect axis characterise the possible ecological impacts of peaking from how physical conditions such as flow, water level and water covered area changes, given the hydropower system and river morphology. The vulnerability axis characterise how vulnerable the system is to *further* influence from peaking. Both axis may be evaluated separately, but we also provide a system to combine them. Please notice that we consider the starting point for the evaluation the current situation in a regulated river without peaking operations.

### 2.1 The effect axis

Table 1 summarizes factors used to evaluate the direct effects from peaking on important parameters. Winter is defined as the period of the year where water temperature is below 6 degrees C. Summer is defined as the rest of the year. The criteria for distinguishing different classes are chosen from the literature, research in CEDREN or by expert opinion among the authors.

Table 1. Effect factors, indicators and criteria for characterisation

Effect factors	Indicator	Criteria for characterisation			
		Very large (value 4)	Large (value 3)	Moderate (value 2)	Small (value 1)
E1: Rate of change	Water level change ratio [cm/h]	> 20	13-20	5-13	< 5
E2: Dewatered area	Change in water-covered area when flow is reduced from $Q_{max}$ to $Q_{min}$ [%]	> 20	10-20	5-10	< 5
E3: Magnitude of flow changes	Flow ratio $Q_{max} / Q_{min}$	> 5	3-5	1.5-3	< 1.5
E4: Frequency	Annual frequency (proportion / number of days pr year with peaking)	>40 % (>146 d)	25-40 % (92-146 d)	10-25 % (37-91 d)	<10 % (< 37 d)
E5: Distribution		Irregular throughout the year	Irregular in certain periods	Daily regulation in several periods	Daily regulation in maximum two periods
E6: Timing	Flow reductions in critical periods	I daylight in winter	In darkness in winter	Summer and fall	Spring and early summer

According to the criteria, a value from 1 to 4 is assigned for each factor. If restrictions are applied to make the first rate of change slow after a period without hydropeaking, the total score may be reduced with the value of 1. Effect factors are combined by multiplying the values of the two most important factors E1 Rate of change and E2 Dewatered area, and then adding the values from the others (E3-E6). The lowest possible total score is 4 ( $[1 \times 1] + 4 \times 1$ ) and the maximal score is 32 ( $[4 \times 4] + 16$ ). We have divided the total score of effect factors into four classes according to table 2.

Table 2. Combined effect and score of different effect classes

Combined effect	Score
Very large	21-32
Large	15-20
Moderate	10-14
Small	4-9

### 2.2 The vulnerability axis

The vulnerability (Table 3) are based on evaluation of fish population conditions (V1 and V2), and general evaluation of impacts from river regulation without hydropeaking (V3-V5), as well as other factors than river regulation (V6).

Table 3. Vulnerability factors, indicators and criteria for characterisation

Vulnerability factor	Indicator	Criteria for characterisation		
		High vulnerability (value 3)	Moderate vulnerability (value 2)	Low vulnerability (value 1)
V1 Effective population size	Average number of females last 5 years	< 25 females	25-250	>250
V2 Degree of limitations in recruitment	Amount and distribution of spawning grounds	Low	Moderate	Much
V3 Low flow periods as bottleneck for fish stock size	Change in lowest annual weekly flow in winter and summer combined	Strong bottleneck	Moderate bottleneck	No or weak bottleneck
V4 Habitat degradation	Change in magnitude and frequency of flood events, probability of degradation	High probability or documented	Moderate probability	Low probability
V5 Reduced water temperature that lead to population effects	Reduction in summer water temperature and probability of population effects	Large (>3°C), including probable or documented population effect	Moderate (1-3 °C), including probable population effect	Small (<1 °C), small population effect
V6 Other factors	Acidification, water quality, habitat degradation due to other factors than regulation, diseases, parasites, etc.	Strongly reduced fish stock or carrying capacity	Moderately reduced fish stock or carrying capacity	No or small reduction in fish stock or carrying capacity
V7 Percentage of impacted river length compared to total length	Proportion of river reach with peaking operations compared to total length [%]	>40 %	10-40 %	<10 %

Guidelines for evaluating the factors according to criteria are given in Forseth & Harby [1]. In some cases, professional judgement must be used. According to the criteria, a value from 1 to 3 is assigned for each factor. The total score is obtained by adding the score for each factor. River regulation has sometimes a positive effect on fish population size, especially when regulation leads to increased low flow reducing the natural critical low-flow events. The total score may then be reducing following table 4.

Table 4. Positive river regulation effects and their score reduction for vulnerability effects

Low flow events change	Total score reduction
50 % increase in annual weekly low flow both summer and winter	3
50 % increase in annual weekly low flow only in winter	2
50 % increase in annual weekly low flow only in summer	1

The total score for vulnerability effects are 21 (7 x 3) and the lowest score is 4 ([7x1] – 3). We have divided the total score of vulnerability factors into three classes according to table 5.

Table 5. Combined vulnerability and score of different vulnerability classes

Combined effect	Score
High vulnerability	21-32
Moderate vulnerability	15-20
Low vulnerability	4-9

### 3 OVERALL ASSESSMENT OF HYDROPEAKING EFFECTS AND VULNERABILITY

In the overall assessment of the effects of hydropeaking and the system's vulnerability to further negative impact, the two axes of a characterisation are combined. The principle of this combined assessment is that the distinction between red, orange, yellow and green (very large, large, moderate and small) depends on the vulnerability. A vulnerable system only tolerates small peaking effects while a system with low vulnerability may tolerate more pronounced effects. At very high impact (red), it is likely that hydropeaking will be a significant additional burden for the ecosystem and the fish stocks will quickly or over time be reduced (due to increased mortality or decreased production capacity). Combinations of small peaking effect and low or moderate vulnerability, or moderate peaking effects and low vulnerability will both give a green colour (small impact). For these combinations, it is unlikely that the ecosystem and the fish stocks will be considerably impacted. Figure 1 gives the assessment of the total impacts.

Figure 1. Combinations of hydropeaking effects and vulnerability for total impact assessment

		Hydropeaking effects			
		Very large 21-32	Large 15-20	Moderate 10-14	Small 4-9
Vulnerability	High 16-21				
	Moderate 10-15				
	Low 4-9				

### 4 DISCUSSION

No references for choosing factors, parameters or the characterising criteria are given in this document although the method builds on a large number of literature advices and research in CEDREN [2]. However, we have chosen to combine the published results and advice with professional judgement. This means that the system need to be tested, evaluated and improved as new research and assessments moves the frontier of knowledge. The system can be used to assess existing or planned hydropeaking, and will also give the user a possibility to see which parameters that has a low score, helping to identify where mitigation should be concentrated. Some examples from the use of the system are shown. Some examples from the use will be presented at the symposium, and the authors would encourage the use and application of the system in regulated rivers across the globe.

### REFERENCES

- [1] Forseth, T and Harby, A. Handbook for environmental design in regulated salmon rivers. NINA Special Report 53 (2014), Trondheim, Norway
- [2] [www.cedren.no](http://www.cedren.no) .

**Andreas Bruder,**  
SUPSI (CH)

---

*Synthese*



**Andreas Stettler,**

BKW AG (CH)

---

*Begrüssung*



**Alexandre Oberholzer,**  
OFEN (CH)

---

*Le cas du Doubs*





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

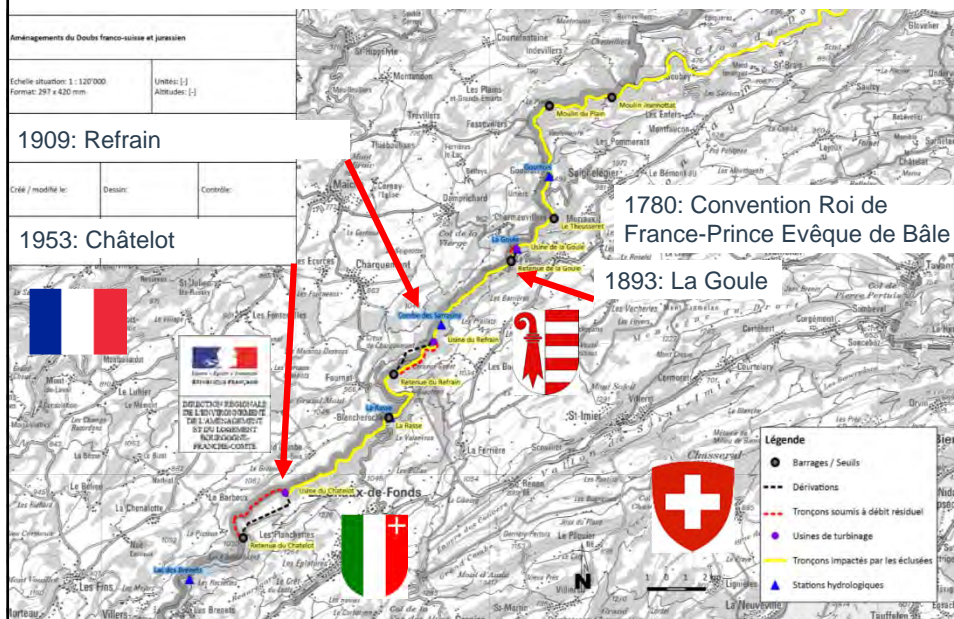


## LE CAS DU DOUBS

ALEXANDRE OBERHOLZER / OFEN - FORCE HYDRAULIQUE

WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016

### 1. HISTORIQUE 2. DEVELOPPEMENT HYDROELECTRICITE





## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

	Châtelot	Refrain	Goule
Droits	50% CH / 50% F	2.5% CH / 97.5 % F	100% CH
V mio m <sup>3</sup>	12	1.2	0.3
Q m <sup>3</sup> /s	44	23	22
MW	30	11	5
GWh	100	60	25
Concession	2028	2032	2024

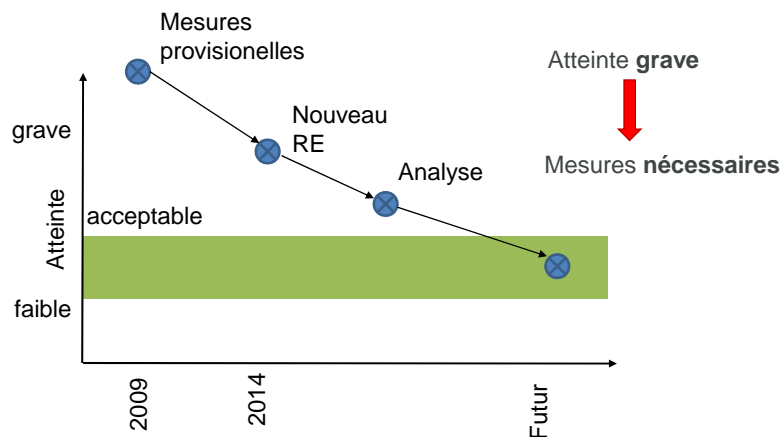
WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

## PROBLÉMATIQUE À RÉSOUDRE



WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016



### 3. CONSTAT ET AMELIORATION DE LA SITUATION

2011: Gouvernance environnementale F-CH, institutionnalisée et coordonnée

**Buts:**

- Démarche globale, intégrée et transfrontalière de gestion de l'eau ✓
- Solutions gagnant-gagnant ✓
- Hydroélectricité VS Environnement ✓

**Actions:**

- Règlement d'eau
- Assainissement de la force hydraulique, éclusées

Gestion: DREAL



OFEN



WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

#### Aménagement du Châtelot

##### Atténuation des effets des éclusées du tronçon T2



Projetant:  
Direction Cantonale Energie  
Châtelot Interco  
Chef de projet  
T +41 26 300 2017  
F +41 26 300 21 88  
Pascal.Schmid@cantone.vs.ch

Groupe E SA  
Place du Bazar 120  
CH-1201 Geneva-France  
T +41 26 300 21 30  
F +41 26 300 21 88  
groupe@e.ch

Cahier des charges de l'étude d'avant-projet\_REV01

OFEN, OFMC, EEP, Groupe E SA

Groupe E SA

Pascal Chabrier

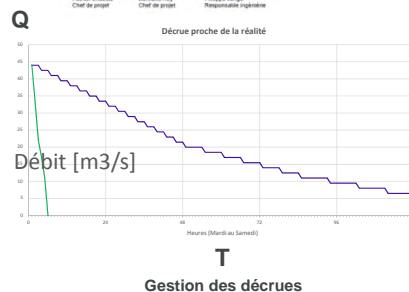
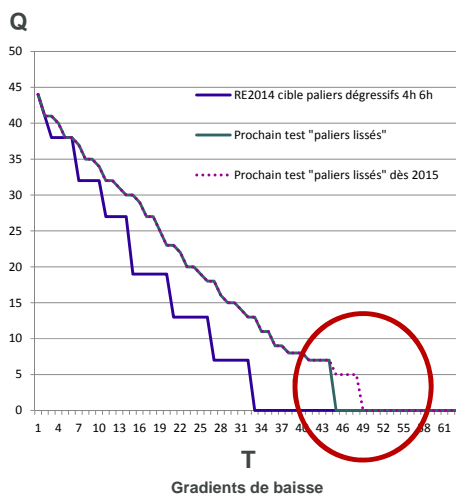
Chief de projet

Bernard Rey

Chief de projet

Philippe Amig

Responsabilité technique



WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

## 4. ETAT DES ACTIONS MENÉES ET FUTURES

### Coordination F – CH

#### Mise en place / suivi Règlement d'eau

- Monitoring (2015)
- Pêches électriques (sept. 2016)
- Comité de pilotage et suivi environnemental

#### Analyse autres mesures LEaux > décisions ultérieures

- 3 aménagements
- Coordination

#### Plan d'action échéance concessions

- 2024 / 2028 / 2032



---

WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN  
Ufficio federale dell'energia UFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

## 5. CONCLUSION

### Objectifs :

Solution(s) viable(s) pour 2 Etats + 2 cantons + 3 concessionnaires  
+ ... associations / tiers / ...

### Requis:

- Coordination en continu ✓
- Dialogue autorités et concessionnaires ✓
- Vision globale – actions locales ✓
- Partage d'expérience ✓
- Volonté et pragmatisme ✓

---

WA-21 – INTERLAKEN – ASSAINISSEMENT DES ÉCLUSÉES - 28.10.2016

**Peter Aliesch,**

Repower (CH)

---

*Ausleitkraftwerk Chlus:  
Schwall / Sunk Sanierung KW Küblis*



## Abstract

### **Ausleitkraftwerk Chlus: Schwall / Sunk Sanierung KW Küblis**

Datum: 6. Oktober 2016; Peter Aliesch

### **Ausgangslage Projekt Chlus**

Der Talfluss Landquart weist unterhalb des KW Küblis eine wesentliche Beeinträchtigung durch Schwall und Sunk auf. Diese Beeinträchtigung wird durch die im KW Küblis genutzten Wassermengen verursacht, welche zum überwiegenden Teil aus dem Einzugsgebiet der Landquart oberhalb Klosters und dem nutzbaaren Speichervolumen des Davoser Sees stammen. Aufgrund ihrer Grösse und der ökologischen Bedeutung als historisch wichtiges Seeforellengewässer wird der Landquart bei der Umsetzung vom Schwall/Sunk-Sanierungsmassnahmen eine hohe Priorität eingeräumt.

Aufgrund der heutigen Restwassersituation auf dem untersten Abschnitt der Landquart mit Ausleitungen zur Speisung des Malanser Mülbachs und des Igiser Mülbachs mit einem ehehaften Recht für die beiden dort betriebenen Kraftwerke ist die Wiederansiedlung der Seeforelle nicht möglich. Die Schwelle Chlus, welche der Fassung für die Speisung der Mülbäche dient, stellt für alle Fischarten ein unüberwindbares Auf- und Abstiegshindernis dar. Der Wiederherstellung der Fischwanderung in der Landquart wird aufgrund der Bedeutung des Gewässers eine hohe Priorität eingeräumt.

Das Kraftwerksprojekt Chlus ist als Ausleitkraftwerk ausgelegt. Das Unterwasser des KW Küblis wird direkt in einen 16 km langen Druckstollen geleitet, in Trimmis turbinert und in den Rhein zurückgegeben. Zusätzlich wird Wasser aus der Landquart und von drei Seitenbächen gefasst. Mit einer geplanten Produktion von 237 GWh handelt es sich bezüglich neue Stromproduktion um das grösste Projekt der Schweiz. Die Baukosten betragen ca. 380 MCHF, was zu Gestehungskosten von gut 11 Rp./kWh führt. Mit dem Projekt Chlus wird die Landquart vollständig von Schwall und Sunk entlastet. Ausserdem ist die Repower im Falle der Realisierung des Projektes Chlus bereit, ihr „ehehaftes Wasserrecht“ für die Produktion am Igiser Mülbach aufzugeben. Ohne Aufgabe dieses ehehaften Rechtes wird eine nachhaltige Sanierung des untersten Abschnitts der Landquart und damit die Wiederansiedlung der Seeforelle auf lange Zeit blockiert bleiben.

Die 12 Konzessionsgemeinden haben die Konzession für das Projekt Chlus im Jahre 2014 mit über 85% Zustimmung erteilt. Das Konzessionsgenehmigungsgesuch zusammen mit dem Umweltverträglichkeitsbericht wurde dem Kanton am 24. April 2015 eingereicht und wird derzeit bearbeitet.

Dem Projekt Chlus wird hohe Bedeutung für die Erreichung der Ziele der Energiestrategie 2050 des Bundes im Bereich der Wasserkraft beigemessen. So wurde das Projekt vom Bundesamt für Energie (BfE) am 19. März 2014 als Projekt von nationaler Bedeutung eingestuft.

Aufgrund der aktuellen und absehbaren Marktsituation kann das Projekt Chlus nicht wirtschaftlich betrieben werden. Es ist davon auszugehen, dass das Projekt Chlus ohne Finanzierungshilfe nicht weiter verfolgt werden kann.

### **Lösungsfindung Schwall / Sunk Sanierung**

Am 23. Juni 2015 hat die Regierung des Kantons Graubünden die Sanierung des KW Küblis bezüglich Schwall und Sunk im Sinne von Art. 83a i.V. m. Art. 39a GSchG verfügt.

Daraufhin wurde eine umfassende Defizitanalyse der Landquart erstellt. Teil dieser Analyse war ein Variantenstudium möglicher Sanierungslösungen. Angeschaut und bewertet wurden folgende Varianten:

## Abstract

- Variante M1: Rückhaltebecken in Küblis
- Variante M2: Rückhaltekaverne in Küblis rechtsufrig
- Variante M3: Rückhaltekaverne in Küblis linksufrig
- Variante M4: Ausgleichsstollen Küblis - Fideris Station
- Variante M5: Betriebliche Massnahmen
- Variante M6: Ausleitkraftwerk Chlus

Zusammen mit den kantonalen Ämtern wurden die Sanierungsziele gemäss Wegleitung des BAFU besprochen und gemeinsam definiert.

Mit dem vorhandenen Kraftwerkssystem mit dessen Zuflüssen und Speichermöglichkeiten, den übers Jahr vorhandenen hydrologischen Gegebenheiten und dem daraus möglichen Kraftwerksbetrieb, sowie den vereinbarten Sanierungszielen wurden die Lösungsvarianten modelliert und die entsprechend notwendigen Speichervolumen zum Ausgleich von Schwall und Sunk berechnet.

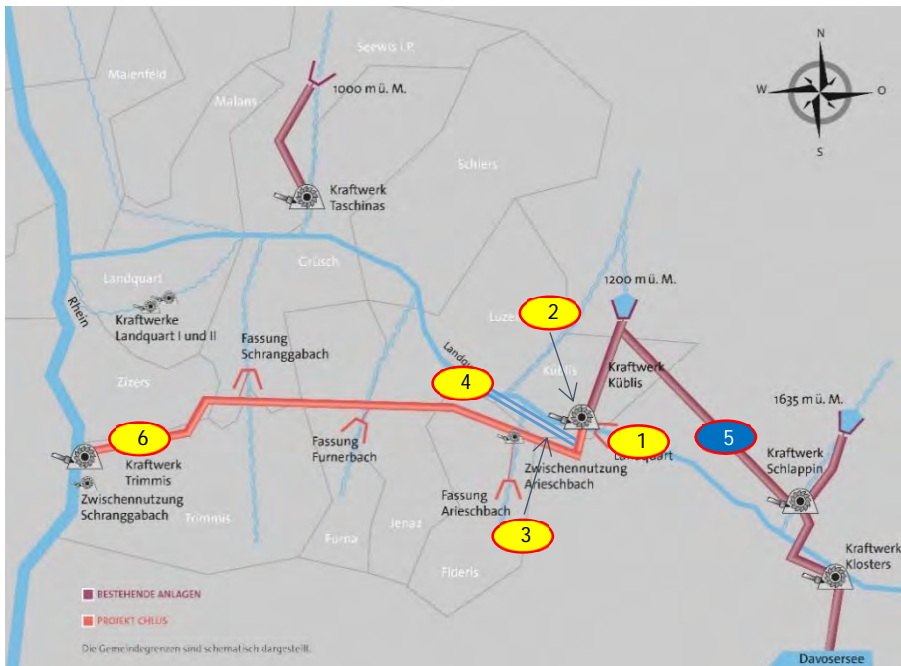
Beim Vergleich der Zielerreichungsgrade schnitt die Variante M6 Ausleitkraftwerk Chlus ganz klar am besten ab. Die Wirkung - Kosten - Analyse zeigt jedoch, dass die Variante M3 Rückhaltekaverne mit einem Speichervolumen von 300'000 m<sup>3</sup> etwas besser dasteht. Wenn man jedoch bei der Variante M6 die Kosten der Kraftwerkskomponenten abzieht, schneidet die Variante M6 erneut besser ab. Entsprechend stellt die Variante M6 Ausleitkraftwerk eindeutig die Bestvariante dar.

## Fazit

Die Realisierung des Projektes Chlus erweist sich in einer Gesamtbetrachtung gegenüber einer reinen Schwall Sunk Sanierung mit Rückhaltekaverne als in jeder Hinsicht überzeugende Lösung. Das Projekt Chlus:

- ist mit 237 GWh Jahresproduktion das grösste Projekt der Schweiz zum Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion, dies entspricht dem Verbrauch von ca. 60'000 Haushaltungen
- leistet einen bedeutenden Beitrag zur Energiestrategie 2050. Es erbringt ca. 12% des Ausbauziels der Wasserkraft
- ist durch das BfE als Projekt von nationaler Bedeutung klassifiziert worden
- wird durch die Bevölkerung in den Konzessionsgemeinden grossmehrheitlich unterstützt (rund 85% Ja-Stimmen-Anteil)
- ist der Schlüssel zur Gewässersanierung der Landquart:
  - 33 km Fliessgewässer (Landquart und Seitengewässer) werden für Bach- und Seeforellen wieder durchgängig
  - 21.5 km Fliessgewässer (Landquart) werden vom Schwall/ Sunk befreit
- ermöglicht die Wiederansiedlung der Seeforelle in der Landquart
- liefert eine ganzheitliche Lösung für die gesetzlich vorgeschriebene gewässerökologische Sanierung der Landquart (ökologische Bestvariante)
- ist im Gegensatz zu einer unwirtschaftlichen, Mehrkosten verursachenden Schwall - Sunk- Kaverne eine zukunftsgerichtete, volkswirtschaftlich sinnvolle Investition
- ermöglicht die Auflösung eines „ehehaften“ Wassernutzungsrecht
- generiert Arbeitsplätze und Aufträge, erbringt Steuern und Abgaben
- vermeidet 120'000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr

## Abstract



- M1: Rückhaltebecken in Küblis
- M2: Rückhaltekaferne in Küblis rechtsufrig
- M3: Rückhaltekaferne in Küblis linksufrig
- M4: Ausgleichsstollen Küblis Fideris Station
- M5: Betriebliche Massnahmen
- M6: Ausleitkraftwerk Chlus

Schematische Übersicht der Sanierungsmassnahmen



**Nadia Semadeni,**

Axpo Power AG (CH)

**Ursin Caduff,**

Axpo Power AG (CH)

---

*Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten:  
Organisatorische und fachliche Aspekte*



# Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

## Organisatorische und fachliche Aspekte

Nadia Semadeni und Ursin Caduff, Axpo Power AG

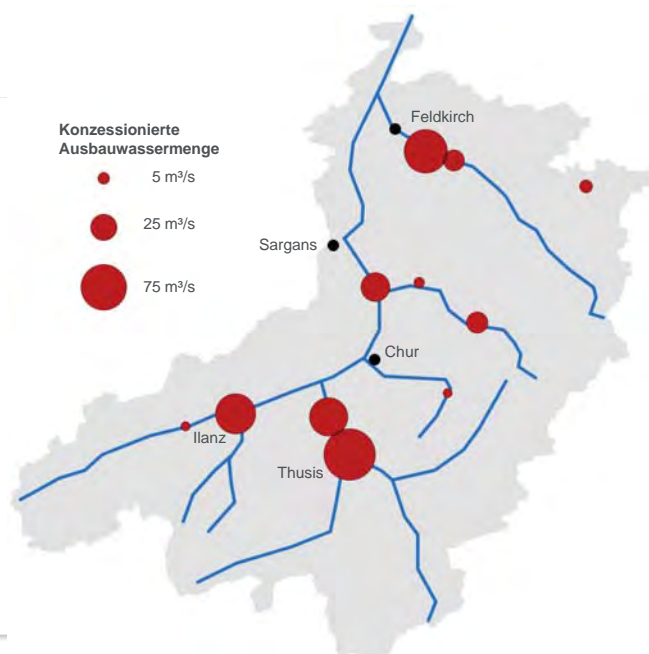
## Agenda

- Was sind komplexe Einzugsgebiete und wo liegen die Herausforderungen:
  - Anzahl Schwallverursacher
  - Distanzen bzw. zeitliche Komponente
  - Morphologie
  - Politische Komponente
  
- Organisatorische und fachliche Aspekte:
  - Räumliche Etappierung
  - Koordination
  - Zeitliche Etappierung
  - Hydraulische 2d-Modellierungen

## Komplexe Einzugsgebiete

### Kraftwerksnutzung – Schwallverursacher

- Im Einzugsgebiet des Alpenrheins gibt es eine Vielzahl an Schwall/Sunk Verursachern
- Die Schwallamplituden der einzelnen KWs sind sehr unterschiedlich
- Wie werden die vorgefundenen Defizite den einzelnen Kraftwerksgesellschaften zugeordnet?
- Wo muss schlussendlich wie stark saniert werden?



Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

Seite 3

## Komplexe Einzugsgebiete

### Abflussganglinie und zukünftige Kraftwerksnutzung

- Welche Abflussganglinie ist für die Schwall/Sunk Sanierung am Vorder-, Hinter- und Alpenrhein ausschlaggebend?
  - Grosse Revisionen (z.B. Gesamterneuerung KHR)
  - Neue Betriebsweisen (z.B. Systemdienstleistungen) etc.
- Wie sieht eine Schwall/Sunk – Ganglinie am Vorder-, Hinter- und Alpenrhein in Zukunft aus?
  - Strommarkt ist im Umbruch → Wie produzieren die heutigen KWs im Jahr 2030?
  - Ausbauprojekte z.B. «Klus»
  - Allfällige Neukonzessionierungen → Restwasser → Einfluss auf Sunk?
- *Eine Koordination zwischen den einzelnen KWs ist bereits früh unerlässlich*

Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

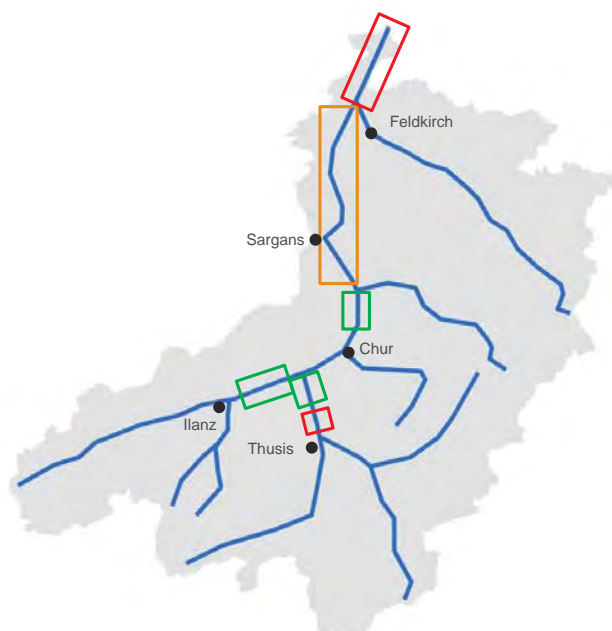
Seite 4

## Komplexe Einzugsgebiete

### Morphologische Komponente

- Kanal
  - Internationale Strecke Alpenrhein
  - Hinterrhein
- Alternierende Bänke
  - Landquart bis Illmündung
- Auengebiete
  - Mastrils
  - Vorderrhein
  - Hinterrhein

→ Unterschiedliche Wirkung einer Schwallwelle je nach Morphologie (*Videos Ilanz und Castrisch*)



Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

## Komplexe Einzugsgebiete

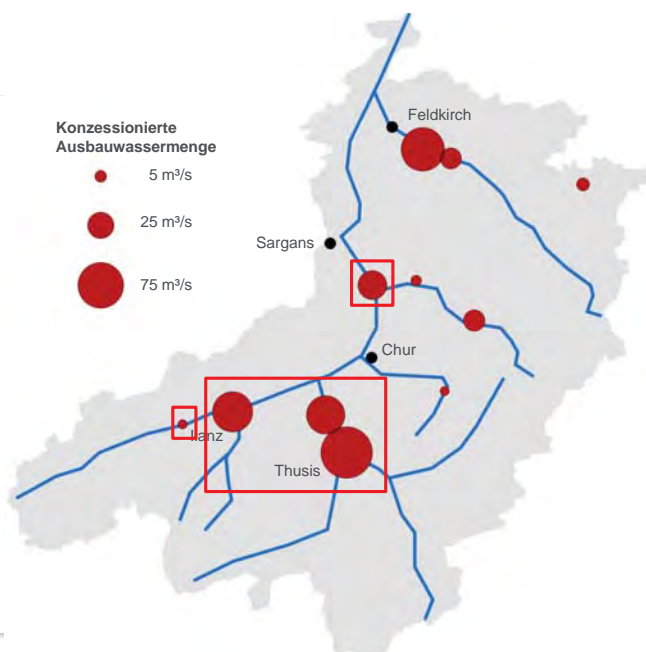
### Zukunft – Morphologie/Renaturierungen

- Welche Abschnitte sind für die Sanierung entscheidend?
- Nebst den verschiedenen heute vorhandenen Morphologien muss davon ausgegangen werden, dass verschiedene Renaturierungsprojekte durchgeführt werden
  - Projekt Rhesi , Alpenrhein Maienfeld, Hinterrhein etc.
- Sind solche Projekte entscheidend für eine Schwall/Sunk Sanierung? Welchen Einfluss haben solche Projekte auf die ökologischen Sanierungsziele und die Sanierungsmassnahmen?
- *Hier ist es sehr wichtig geeignete Tools zur Verfügung zu haben, um die Auswirkungen auf verschiedene Standorte/Morphologien beurteilen und prognostizieren zu können*

Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

## Organisatorische und fachliche Aspekte Zeitliche Etappierung

- Annahme für sehr kleine KW:
  - Sanierung kann als Einzelfall betrachtet werden  
→ zeitlich nicht prioritär
- KW weit unten im Einzugsgebiet:
  - S/S Sanierung stark abhängig von Oberlieger  
→ Sanierung erst im Nachgang zu Oberlieger
- 80% des Anteils der Ausbauwassermengen im CH Teil des Alpenrheins liegen am Vorder-/Hinterrhein  
→ *prioritär angehen*



Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

## Organisatorische und fachliche Aspekte Räumliche Etappierung

- Schwall/Sunk beeinträchtigte Strecke der KW am Vorder-/Hinterrhein sehr lang und heterogen
- Nebst zeitliche auch räumliche Etappierung
  - Konzentration auf unmittelbar beeinträchtigte Strecken
- Vorderrhein → Betrachtung Ilanz bis Reichenau
- Hinterrhein → Betrachtung Sils i. D. bis Reichenau
- *Abstimmung Vorder-, Hinter- und Alpenrhein erst in einem zweiten Schritt*



Vorgehen in komplexen Einzugsgebieten

**Sandro Peduzzi,**

Kanton Tessin (CH)

**Alfred Wittwer,**

SBB (CH)

---

*Fallbeispiel Beruhigungsbecken Ritom*



## Fachtagung 2016 | Wasser-Agenda 21

### Sanierung der Auswirkungen von Schwall und Sunk

27. – 29. Okt. 2016 Interlaken

---

#### Fallbeispiel Beruhigungsbecken Ritom

*Alfred Wittwer, Fachverantwortlicher Ökologie Kraftwerksprojekte, Infrastruktur, SBB AG*

Das Kraftwerk Ritom nutzt das im Ritomsee (Kanton Tessin) gespeicherte Wasser anteilig auf Basis von Konzessionen aus den Kantonen Tessin (49%), Uri (34%) und einer Vereinbarung mit Graubünden (17%) und liefert heute ganzjährig Energie, um das Tessin und die Gotthardlinie mit Bahnstrom 16.7Hz zu versorgen.

Die SBB und der Kanton TI haben sich geeinigt, das bestehende Kraftwerk für die Nutzung der Ritomgewässer über die nächsten 80 Jahre zu erneuern, die Leistung von 44 MW auf 120 MW auszubauen und eine gemeinsame Kraftwerksgesellschaft Ritom SA mit Beteiligung der SBB (75%) und dem Kanton TI (25%), vertreten durch Azienda Elettrica Ticinese (AET), zu gründen. Im Zuge der Umweltverträglichkeitsprüfung wurde zur Einhaltung der Bestimmungen des GSchG eine Schutz- und Nutzungsplanung erstellt, welche durch den Bundesrat im Herbst 2014 genehmigt wurde. Die neue Konzession konnte im 2015 erteilt werden. Das Bau-, Auflagenprojekt und die Umweltverträglichkeitsprüfung Phase 2 werden bis Mai 2017 erarbeitet. Die effektive Ausführung des Baus unter Berücksichtigung der Umweltbegleitung soll Anfang 2018 beginnen, so dass das neue Kraftwerk schrittweise ab Ende 2021 bis Mitte 2022 in Betrieb gehen kann.

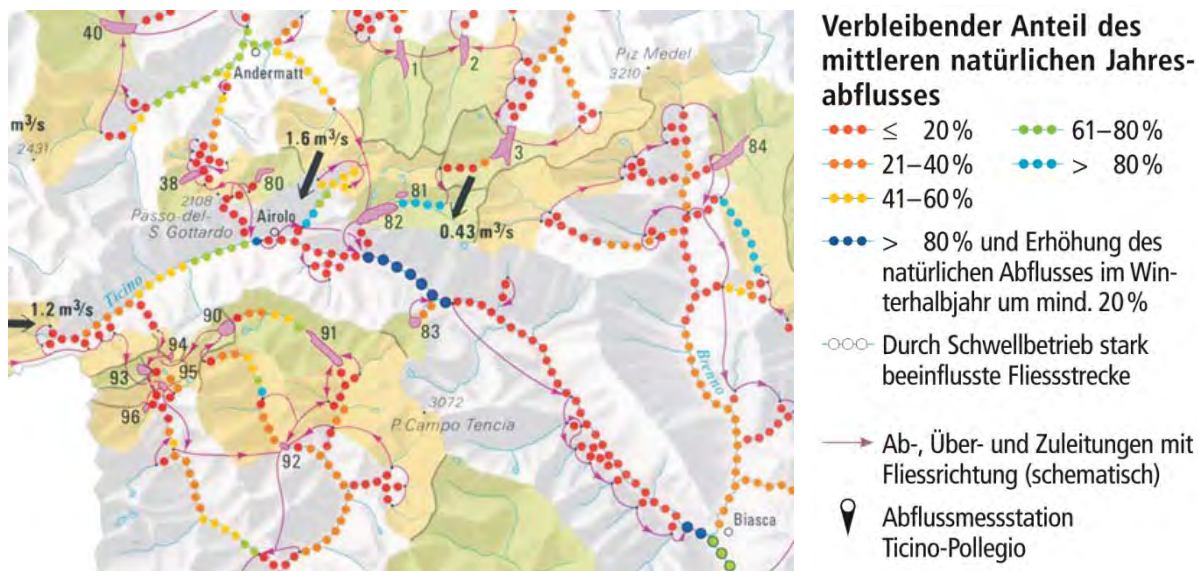
Die Konzession schreibt ein maximales Schwall/Sunk-Verhältnis von 1:8 vor, bei einem Minimalabfluss von  $3\text{m}^3/\text{s}$  der im Ticino zu garantieren ist. Der maximale Abfluss im Ticino beträgt somit  $24\text{m}^3/\text{s}$ . Die maximale Steigungsrate wurde auf  $5.7\text{ cm}/\text{min}$  und die maximale Sinkrate bei  $0.4\text{ cm}/\text{min}$  festgelegt. Um diese Rahmenbedingungen einzuhalten wird ein Ausgleichsbecken von  $100'000\text{ m}^3$  erstellt, welches den zur Verfügung stehenden Platz maximal ausnützt. Ob die wesentlichen Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaften im Ticino damit behoben werden können, wurde mit den vom BAFU (2016) empfohlenen Indikatoren geprüft. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Situation für die Fischfauna im Ticino heute auch ohne Wasserkraftnutzung wesentlich beeinträchtigt wäre. Der Fluss ist begradigt und kanalisiert. Eine Revitalisierung ist im engen Tal mit den bestehenden Infrastrukturanlagen nicht möglich. Mit dem vorgesehenen Ausgleichsbecken können die Auswirkungen von Schwall und Sunk auf ein erträgliches Mass gedämpft werden, die gewässerökologische Situation im Ticino bleibt aber unabhängig von der Wasserkraftnutzung unbefriedigend. Nur mit zusätzlichen Massnahmen zur morphologischen Aufwertung des Flussbettes lässt sich die beeinträchtigte Situation für die Fischfauna (Forelle) auf das gewünschte Mass verbessern. Daher sind sie integraler Bestandteil der Schwall/Sunk-Sanierung. Die Kosten für diese Massnahmen sind um einen Faktor von ca. 20 geringer als der Bau des Beckens.

La nouvelle concession pour l'exploitation des eaux du Ritom a été d'être relâchée le 24 mars 2015 dans le cadre des nouvelles dispositions fédérales sur la protection des eaux concernant la Renaturation (Loi sur la protection des eaux du 1.1. 2011 et Ordonnance du 1.6.2011). Depuis, la Ritom SA et ses consultants élaborent le projet de nouvelle centrale hydro-électrique avec les exigences de pouvoir coordonner entre eux les quatre piliers du nouveau cadre légal : Revitalisation cours d'eau, Migration piscicole, Eclusées et Régime de charriage. Auxquels s'ajoute l'assainissement des débits résiduels.

Il n'est pas questions dans cet exposé de pouvoir traiter en détail l'ensemble des mesures d'assainissement des eaux prévues par le projet du Ritom. Le but de cette contribution est plutôt de partager les approches des services cantonaux confrontés à la demande d'une importante concession hydroélectrique dans le nouveau cadre légal qui prévoit d'assainir les éclusées. En effet la coordination entre les différents domaines, sans oublier les débits résiduels, apparaît d'ores et déjà comme centrale pour garantir une vision intégrée de la Renaturation des eaux.

La presque totalité des cours d'eau dans la région alpine est affectée en simultanée par divers phénomènes (voir Figure 1). Il apparaît donc évident, surtout si on considère les problèmes de disponibilité d'espace qui affectent le fond des vallées alpines, que tout assainissement ne pourra pas être disjoint des programmes de Revitalisation et vice-versa.

Il sera nécessaire donc de la part des Services cantonaux et fédéraux de garder une vision d'ensemble et de dédier tout le temps nécessaire au suivi et à la coordination, temps et énergies qui risquent d'être sous-estimées.



**Fig. 1:** Nord du Tessin et région du Gothard, avec au centre Airolo et le lac du Ritom (82): la presque totalité des cours d'eau dans la région alpine est affectée en simultanée par divers phénomènes : Eclusées, Régime de charriage, Débits résiduels et Migration piscicole. tiré de : Peduzzi S., *Wasserkraft Val Piora – Piotta. 5.1 HADES Wege durch die Wasserwelt Hydrologische Exkursionen in der Schweiz Region Tessin. Geographisches Institut der Universität Bern und Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES, Bern, 2011*

# **Georg Premstaller,**

Alperia AG (I)

---

*Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation  
in South Tyrol / Italy – The exemple of the Valsura River*



**Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River**

Wasser Agenda 21 – Fachtagung 2016:  
Sanierung der Auswirkungen von Schwall und Sunk -  
Herausforderungen und Lösungen

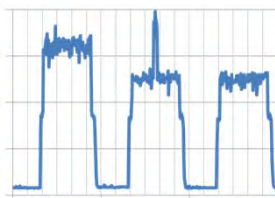
28. October 2016

Dr. **Georg Premstaller**  
IPMA-C © Certified Project Manager

*wir sind  
südtiroler  
energie  
siamo  
l'energia  
dell'alto adige*

**Project's Background**

- **South Tyrol/ Italy:** has an overall HPP production of 5,0 TWh;
- 2005 - 2010 **renewal of concessions** for 11 large HPPs in a competition



- The **assignment of the concessions** was based on submitted potentiation plans and **environmental plans** presented by the competitors and prescribed by concession agreements
- Concrete environmental mitigation are on the realized and on the way for morphological improvements, fish passes and **hydropeaking mitigation projects**

## Objectives

### General Objectives:

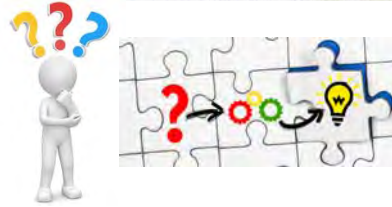
Improvement of **ecological state**

Improvement of **human safety**



### Specific objectives:

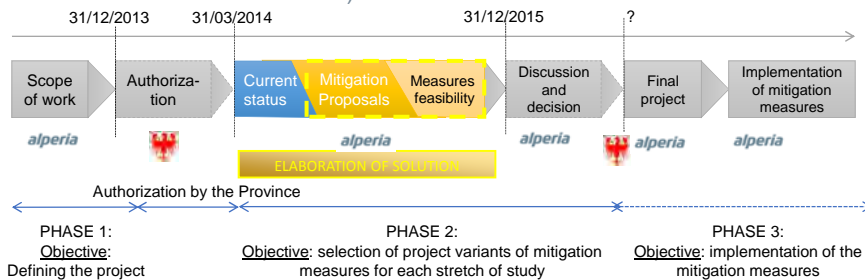
- What does this exactly mean ???
  - How much improvement is necessary?
  - How much can it cost?



Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 4

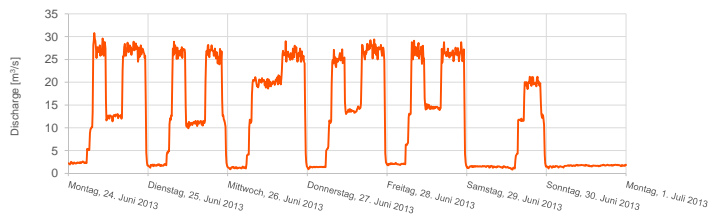
## Project Setup

- Since no concrete reference projects or guidelines for hydropeaking mitigation in Italy are available a **scoping phase** was performed to harmonize expectations and contents of the project
- The resulting **methodology** was applied for projects on three rivers (Falschauer, Eisack und Mühlwalderbach)



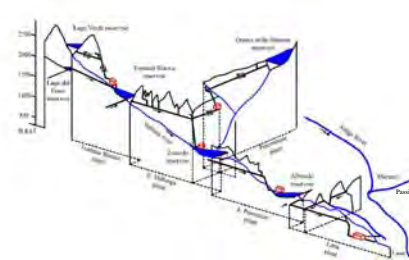
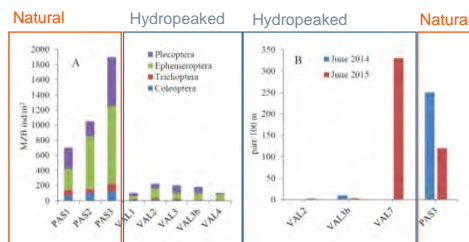
Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 5

## Valsura system and hydropeaking



Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 7

## Ecological target



Actual state



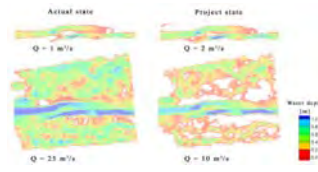
Definition of a target:  
“[...] good ecological functionality of the river [...]”



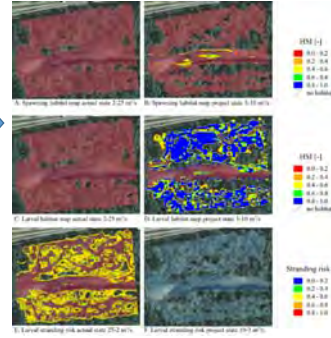
Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 8

## Hydrological translation of ecological targets

### Hydraulic Simulations



### Habitat modelling (PhD Pisaturo)



Limnological experts (Adami, Schweizer)

Hydrological Target State

Table 4. Ecological and hydrological targets to improve habitat status.

Month	Q <sub>min</sub> [m³/s]	Q <sub>max</sub> [m³/s]	Operational draw-downing rate [m³/s] = Q <sub>max</sub> - Q <sub>min</sub>	Operational mitigation measures	Fish ecology target factors
January	2	10	8.4		Water depth for juvenile and adult: mild stability
February	2	10	8.4		Water depth for juvenile and adult: mild stability low flow alert emergency
March	3	5	2.2	Flow dry with 1 m³/s - Q = 3 m³/s	Water depth for juvenile and adult: mild stability low flow alert emergency; grazing spawning
April	3	10	7.2		Water depth for juvenile and adult: mild stability grazing spawning; grazing alert emergency
May	3	10	7.2	Flood of riparian forest Q = 10 m³/s	Water depth for juvenile and adult: grazing alert emergency
June	3	10	7.2	Flood of riparian forest Q = 10 m³/s	Water depth for juvenile and adult: juvenile brown trout
July	3	10	7.2		Water depth for juvenile and adult: juvenile brown trout
August	3	10	7.2		Water depth for juvenile and adult: juvenile brown trout
September	3	10	7.2		Water depth for juvenile and adult: juvenile brown trout
October	3	10	7.2	Declogging Q = 15 m³/s	Water depth for juvenile and adult: juvenile brown trout
November	2	10	8.4	Flow dry with 1 m³/s - Q = 3 m³/s	Water depth for juvenile and adult: brown trout spawning; mild stability
December	2	10	8.4		Water depth for juvenile and adult: brown trout spawning; mild stability

Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 9

## Aspects considered

### Further aspects:

- Human Safety
- Irrigation
- Biotope
- Groundwater
- Climate change
- Social change

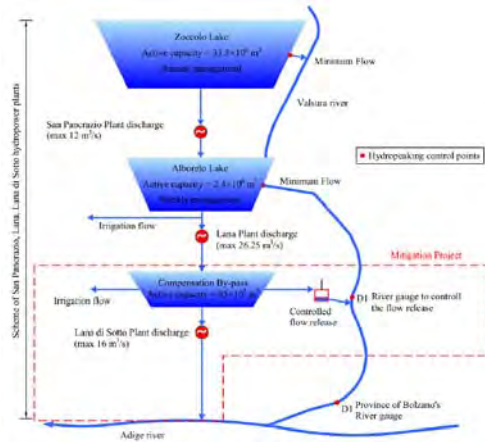


### Even more further aspects:

- Energy production
- Economics
- Concession aspects
- Local politics
- Funding and incentives
- Rights and property
- ...

Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
28.10.2016 Pagina 10

## Proposed technical solution



**ACHTUNG! ATTENZIONE! ATTENTION!**

PLÖTZLICHE SCHWANKUNGEN DER WASSERFÜHRUNG. DAS BACHBETT NICHT BETRETEN.  
 PORTATA SOGGETTA AD IMPROVVISI VARIAZIONI. NON ACCEDERE ALFONDO.  
 WATER FLOW IS SUBJECT TO SUDDEN CHANGES. DO NOT ACCESS THE RIVERBED.



Schneid der Wasserkraftwerks Lana  
 Stazione centrale idroelettrica Lana (prima  
 Lana hydropower plant at a standstill)

Wasserkraftwerks Lana in Betrieb  
 Stazione centrale idroelettrica Lana in produzione  
 Lana hydropower plant in operation

MARKTGEMEINDE LANA  
 COMUNE DI LANA



Aspects, targets and solutions in hydropeaking mitigation in South Tyrol / Italy – The example of Valsura River  
 28.10.2016 Pagina 11

## References

Cavedon V., Premstaller G., Theiner D. 2014. A Comprehensive Study on Hydropeaking Optimization and Mitigation. Proceedings 18th International Seminar on Hydropower Plants, 26-28 November 2014, Vienna University of Technology, Institute for Energy Systems and Thermodynamics, Vienna 2014.

Noack, M., Schneider, M., Wieprecht, S., 2013. The Habitat Modelling System CASiMir: A multivariate Fuzzy-Approach and its Applications, in: Maddock, I., Harby, A., Kemp, P., Wood, P. (Eds.), Ecohydraulics: An Integrated Approach. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp. 75–91.

Pisaturo G.R., Righetti M., Dumbser M., Noack M., Schneider M. & Cavedon V. The role of 3D-hydraulics in habitat modelling of hydropeaking events  
 Sci Total Environ, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.0460048-9697>© 2016 Published by Elsevier Ltd.

Pisaturo G.R., Righetti M., Dumbser M., Noack M., Schneider M., Kopecki I. & Cavedon V. The role of 3D-hydraulics in habitat modelling of hydropeaking events. River Flow 2016 - Constantinescu, Garcia & Hanes (Eds). 2016 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02913-2

Premstaller G., Cavedon V., Pisaturo G.R., Adami, V., Schweizer, S., Righetti, M. Hydropeaking mitigation project on a multi-purpose hydro-scheme on Valsura River in South Tyrol/Italy. Article in Science of The Total Environment 574:642-653 · September 2016 with 12 Reads DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.088

Premstaller, G., Cavedon, V., Theiner, D. 2014. Assessment of hydropeaking effects and proposal of mitigation measures: A case study at five hydro plants. Proceedings Hydro 2014 - Building on recent developments progress. 13-15 Oktober 2014, Cernobbio, Italy.

Schneider, M., Noack, M., Gebler, T., Kopecki, L., 2010. CASIMIR - Handbook for the module habitat simulation.



**Franz Greimel,**

BOKU Wien (A)

---

*Integrative hydropeaking management in Austria*

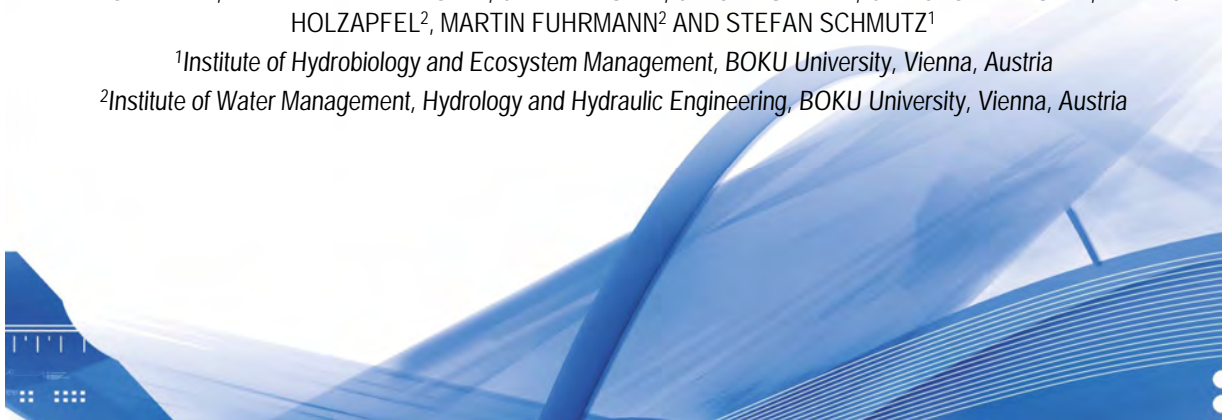


# INTEGRATIVE HYDROPEAKING MANAGEMENT IN AUSTRIA

FRANZ GREIMEL<sup>1</sup>, BERNHARD ZEIRINGER<sup>1</sup>, STEFAN AUER<sup>1</sup>, SIMON FÜHRER<sup>1</sup>, CHRISTOPH HAUER<sup>2</sup>, PATRICK HOLZAPFEL<sup>2</sup>, MARTIN FUHRMANN<sup>2</sup> AND STEFAN SCHMUTZ<sup>1</sup>

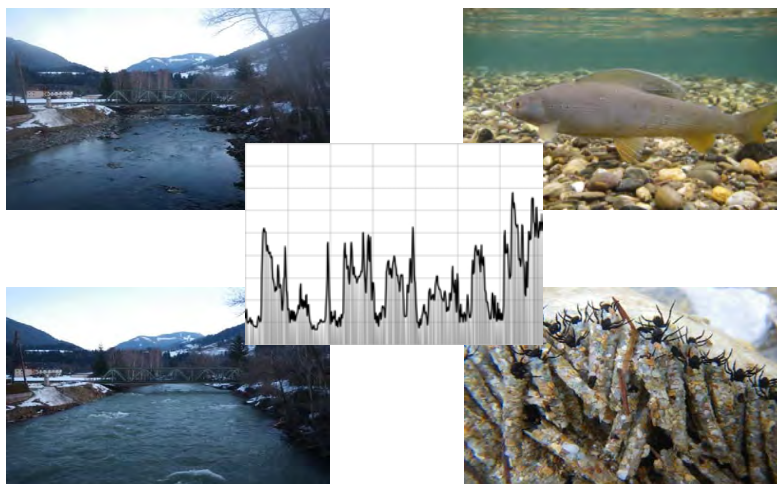
<sup>1</sup>Institute of Hydrobiology and Ecosystem Management, BOKU University, Vienna, Austria

<sup>2</sup>Institute of Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering, BOKU University, Vienna, Austria

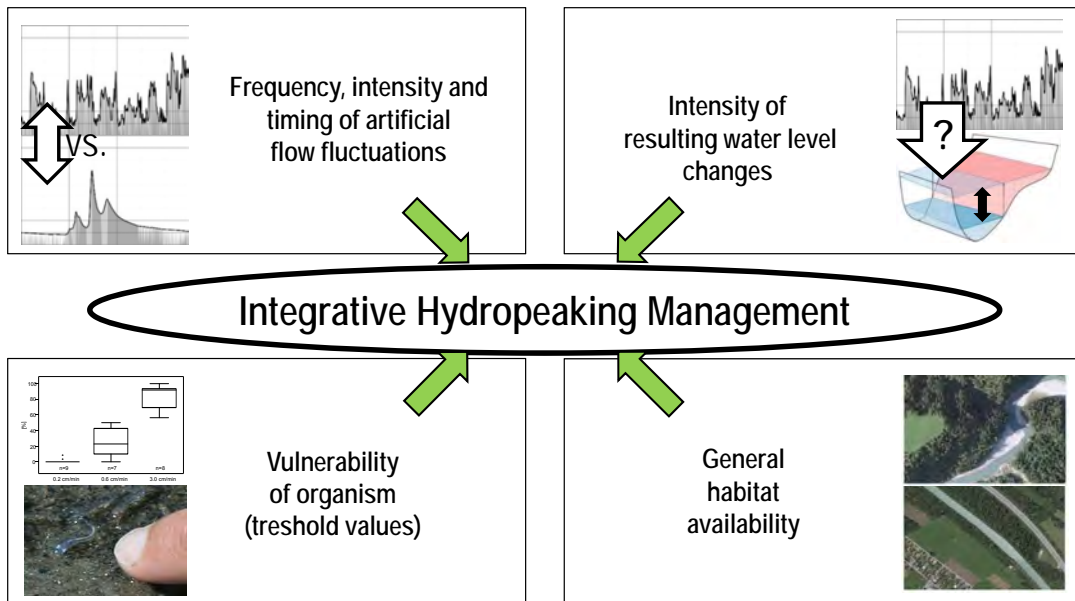


## Introduction

Hydro peaking causes one of the most important environmental impacts on running water ecosystems in Austria.

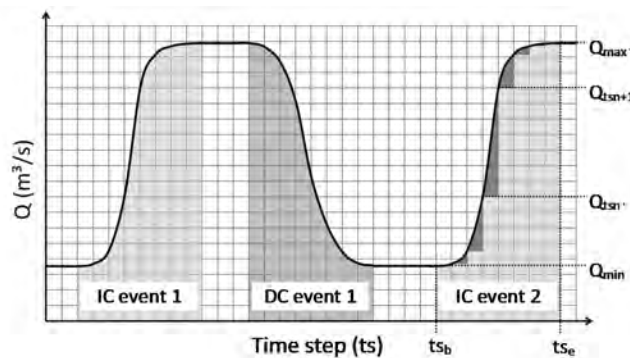


# Overview



3

## A method to detect and characterize sub daily flow fluctuations (Greimel et al 2015)



Event-based intensity parameters: definitions and units.

Nr.	Parameter	Acronym	Definition	Unit
1	Maximum flow fluctuation rate	MAFR	$\max(\text{abs}((Q_{tsn+1}) - (Q_{tsn})))$	$\text{m}^3/\text{s}^2$
2	Mean flow fluctuation rate	MEFR	Amplitude/Duration	$\text{m}^3/\text{s}^2$
3	Amplitude	AMP	$Q_{\max} - Q_{\min}$	$\text{m}^3/\text{s}$
4	Flow ratio	FR	$Q_{\max}/Q_{\min}$	
5	Duration	DUR	$ts_e - ts_b$	s

$ts_b$  - time step event beginning,  $ts_e$  - time step event ending,  $Q_{\max}$  - maximum event flow,  $Q_{\min}$  - minimum event flow,  $Q_{tsn}$  - flow of a specific time step,  $Q_{tsn+1}$  - flow of subsequent time step, max - maximum, abs - absolute, s - second (1 ts  $\approx$  900 seconds or 15 minutes).

4

## A general framework for a standardized selection of specific sub daily flow fluctuations (Greimel et al 2015)



Intensity levels in relation to the mean maximum annual parameter value (%) (01.01.2004 - 31.12.2008) and corresponding natural exceedings per year (days  $\pm$  95 % Confidence Region) for parameter maximum and mean flow fluctuation rate at unaffected hydrographs in Austria (N=221).

Threshold level	Maximum flow fluctuation rate		Mean flow fluctuation rate	
	IC	DC	IC	DC
100	1 - 1	1 - 1	1 - 1	1 - 1
90	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2
80	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2
70	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3
60	2 - 4	2 - 5	2 - 5	2 - 5
50	2 - 6	2 - 8	2 - 7	2 - 9
40	3 - 11	3 - 14	3 - 11	3 - 15
30	4 - 19	4 - 26	4 - 21	4 - 28
20	6 - 39	6 - 51	7 - 43	7 - 57
10	11 - 86	11 - 114	13 - 99	14 - 124

IC – increase events, DC – decrease events.

The reference to the intensity of natural flow fluctuations enables a standardized selection of recorded ecological relevant flow fluctuations.

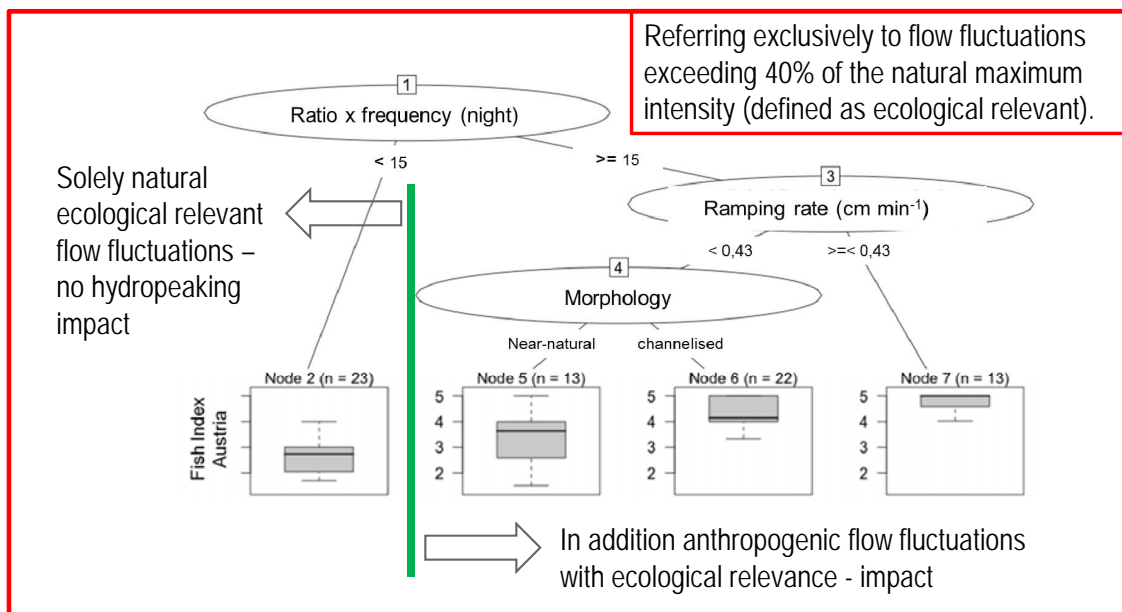
A threshold level of 40% captures only natural events with very high intensities as potentially ecological relevant events (3-15 events/year). (The threshold value can be varied in relation to several research questions.)

Monthly frequencies of selected decrease events 2008 at one exemplary hydrograph per sub-daily fluctuation regime (similar catchment area) (threshold level: 40%; parameter: mean flow fluctuation rate).

Sub-daily flow regime	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hydro peaking	113	189	142	84	165	269	327	262	124	115	107	75
Hydro fibrillation		1		1			7					
Unaffected - glacier influence					1	1	4	2	1			
Unaffected - no glacier influence						3	6	1				

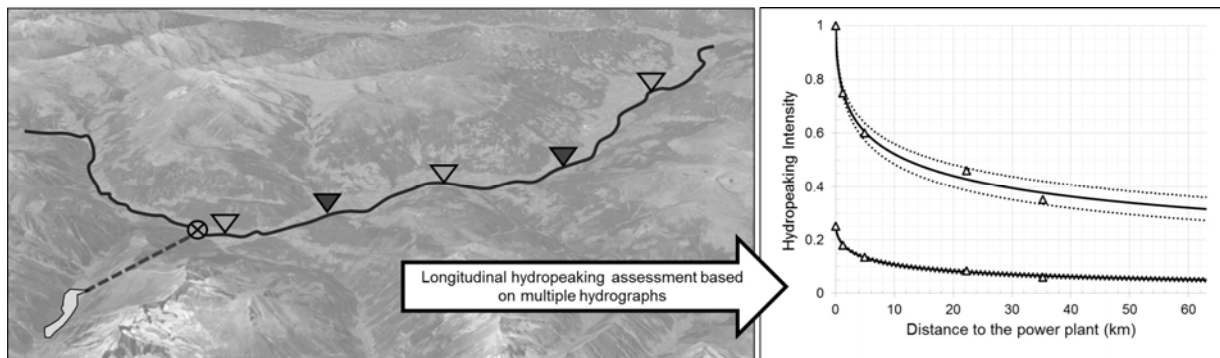
5

## Empirical model: FIA vs. Hydromorphological variables (see speech: Stefan Schmutz)



6

## Longitudinal hydropeaking assessment using multiple hydrographs (Greimel et al, in prep.)

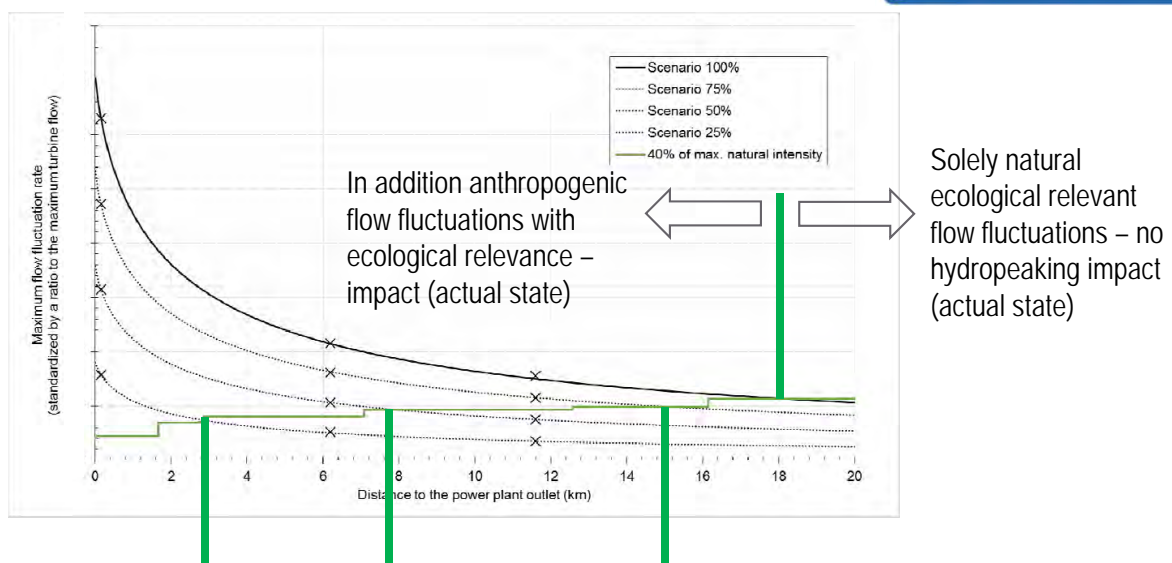


Due to retention effects, the hydrological impact decreases with increasing distance to the power plant outlet.

A power plant specific longitudinal assessment of hydropeaking intensity is enabled by detecting power plant specific fluctuation intensities using multiple hydrographs along the affected river reach.

7

## Hydropeaking impact assessment and evaluation of mitigation measures



Effects of different mitigation scenarios to decrease the hydrological impact (retention basin, adapted operation mode...)

8

# Ateliers:

## Themendiskussion in Gruppen

---

**Lucie Greuter & Lorenzo Gorla, BAFU**  
Vollzugshilfe Schweiz und Indikatoren (d/f)  
(Seminarraum „Belle Epoque“)

**Barbara Imhof & Lukas Boller, Aquaplus**  
Fallbeispiel EBS (d)  
(Raum „Jungfrau“, 6. Etage)

**Diego Tonolla, ZHAW & eQcharta**  
Forschungsfragen zur Sanierung Schwall und Sunk (e)  
(Raum „First“, 6. Etage)

**Frédéric Zuber, Kanton Wallis**  
Vorgehen im Kanton Wallis (d/f)  
(Raum „Leukerbad“ @Meeting)

**Markus Kost, KWO**  
Technische Herausforderungen bei der Sanierung (d)  
(Raum „Interlaken“ @Meeting)



## Fazit:

---

*Christopher Bonzi, WWF Schweiz*

*Christophe Joerin, Kanton Fribourg*

*Daniel Fischlin, KWO*





## LISTE DER TEILNEHMENDEN

130 Teilnehmende (Stand: 14. Oktober 2016)

### REFERENTEN UND MODERATION

**Peter Aliesch**, Repower AG, Kraftwerk, Küblis  
peter.aliesch@repower.com

**Lukas Boller**, AquaPlus, Gotthardstrasse 30, Zug  
lukas.boller@aquaplus.ch

**Christopher Bonzi**, WWF, Hohlstrasse 110, Zürich  
christopher.bonzi@wwf.ch

**Anne Laure Borderelle**, ONEMA, 5, square Félix Nadar, 94300 Vincennes, France  
anne-laure.borderelle@onema.fr

**Andreas Bruder**, SUPSI, Institute of Earth Sciences, Campus Trevano, Canobbio  
andreas.bruder@supsi.ch

**Martina Bussettini**, ISPRA, Via Vitaliano Brancati 48, Rome, Italy  
martina.bussettini@isprambiente.it

**Ursin Caduff**, Axpo Power AG, Hydroenergie, Parkstrasse 23, Baden  
ursin.caduff@axpo.com

**Rémy Estoppey**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestr. 172, Ittigen  
remy.estoppey@bafu.admin.ch

**Daniel Fischlin**, Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen  
daniel.fischlin@kwo.ch

**Franz Greimel**, Universität für Bodenkultur Wien, Max-Emanuel-Straße 17, Wien, Österreich  
franz.greimel@boku.ac.at

**Lucie Greuter**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestr. 172, Ittigen  
lucie.greuter@bafu.admin.ch

**Jo Hallvard Halleraker**, Norwegian Environment Agency, Brattørkaia 15, Trondheim, Norway  
jo.halvard.halleraker@miljodir.no

**Atle Harby**, SINTEF Energy Research, Sem Sælands vei 11, Trondheim, Norway  
atle.harby@sintef.no

**Christoph Hauer**, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 11, Wien, Österreich  
christoph.hauer@boku.ac.at

**Barbara Imhof**, AquaPlus, Gotthardstrasse 30, Zug  
barbara.imhof@aquaplus.ch

**Christoph Joerin**, Service de l'environnement, Impasse de la colline 4, Givisiez, Fribourg  
christophe.joerin@fr.ch

**Markus Kost**, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse 19, Innertkirchen  
markus.kost@kwo.ch

**Stephan Müller**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestrasse 172, Ittigen  
stephan.mueller@bafu.admin.ch

**Alexandre Oberholzer**, Bundesamt für Energie BFE, Mühlestrasse 4, Ittigen  
alexandre.oberholzer@bfe.admin.ch

**Sandro Peduzzi**, Cantone Ticino, Ufficio dei corsi d'acqua, Viale Stefano Franscini 17, Bellinzona  
sandro.peduzzi@ti.ch

**Georg Premstaller**, Alperia SpA, Via Ressel 2, Bozen, Italy  
georg.premstaller@alperia.eu

**Stefan Schmutz**, BOKU Universität für Bodenkultur Wien, Max-Emanuel-Strasse 17, Wien, Österreich  
stefan.schmutz@boku.ac.at

**Franziska Schwarz**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestrasse 172, Ittigen  
franziska.schwarz@bafu.admin.ch

**Steffen Schweizer**, Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen  
steffen.schweizer@kwo.ch

**Nadia Semadeni**, Axpo Power AG, Hydroenergie, Parkstrasse 23, Baden  
nadia.semadeni@axpo.com

**Andreas Stettler**, BKW AG, Viktoriaplatz 2, Bern  
andreas.stettler@bkw.ch

**Diego Tonolla**, ZHAW & eQcharta, Grüental, Wädenswil  
diego.tonolla@zhaw.ch

**Alfred Wittwer**, SBB AG, Industriestrasse 1, Zollikofen  
alfred.wittwer@sbb.ch

**Stefan Vollenweider**, Wasser-Agenda 21, Überlandstrasse 133, Dübendorf  
stefan.vollenweider@wa21.ch

**Frederic Zuber**, Dienststelle für Energie + Wasserkraft, Kt. VS, Avenue du Midi 7, Sitten  
frederic.zuber@admin.vs.ch

## TEILNEHMENDE

**Jordi Ambrosini**, Umweltingenieur (Mitarbeiter EcoControl SA), EcoControl SA, Via Rovedo 16, Locarno  
jordi.ambrosini@ecocontrol.ch

**Urs Arnold**, AFU St.Gallen, Lämmlisbrunnenstrasse 54, St.Gallen  
urs.arnold@sg.ch

**Eva Baier**, Fischwanderung.ch GmbH, Obere Berneggstrasse 75, St. Gallen  
mail@evabaier.ch

**Marc Ballmer**, Office de l'environnement, République et Canton du Jura, Chemin du Bel'Oiseau 12, St-Ursanne,  
marc.ballmer@jura.ch

**Agnès Barillier**, EDF - CIH, Savoie Technolac, Le Bourget du Lac, France  
agnes.barillier@edf.fr

**Andrea Baumer**, Responsable Section génie civil, Officine Idroelettriche della Maggia SA, Via in Selva 11, Locarno  
abaumer@ofima.ch

**Jan Baumgartner**, Kraftwerke Oberhasli AG, Grimselstrasse 19, Innertkirchen  
jan.baumgartner@kwo.ch

**Régine Bernard**, Hydrobiologiste, biol conseils sa, Rue de Lausanne 15, Sion  
r.bernard@biolconseils.ch

**Marc Bernard**, Chef de section Eaux, Service Environnement Valais, Rue des Creusets 5, Sion  
marc.bernard@admin.vs.ch

**Christoph Birrer**, Abteilungsleiter, Amt für Natur, Jgd und Fischerei, Davidstrasse, St.Gallen  
christoph.birrer@sg.ch

**Pascal Blanc**, Geschäftsleiter, Schweizerische Hydrologische Kommission CHy, Laupenstrasse 7, Bern  
pascal.blanc@scnat.ch

**Felix Boller**, hydro-power (engineering&consulting), Rötelstrasse 43, Zürich  
felix.boller@hydro-power.ch

**Julia Brändle**, WWF Schweiz, Hohlstrasse 110, Zürich  
julia.braendle@wwf.ch

**Martina Breitenstein**, WFN - Wasser Fisch Natur AG, Brunnmattstrasse 15, Bern  
martina.breitenstein@wfn.ch

**Adrian Bretscher**, Bereichsleiter Wasserkraft, energiebüro ag, Haferstrasse 60, Zürich  
adrian.bretscher@energieburo.ch

**Christian Brütsch**, Repower AG, Büdemji 1, Küblis  
christian.bruetsch@repower.com

**Andres Bucher**, Student, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Benzibühlstrasse 5, Udligenswil  
bucheand@students.zhaw.ch

**Jonas Bürgler**, EBS Elektrizitätswerk des Bezirks Schwyz AG, Riedstrasse 17, Schwyz  
j.buergler@ebs-strom.ch

**John Caldelari**, Ufficio protezione delle acque e approvvigionamento idrico, Via Zorzi 13, Bellinzona  
john.caldelari@ti.ch

**Valentina Cavedon**, ALPERIA AG, Zwölfmalgreienerstrasse 8, Bozen, Italien  
elisabeth.fink@alperia.eu

**Gabriele Consoli**, Supsi-IST, Campus Trevano, Canobbio  
gabrieleconsoli.pn@gmail.com

**Marco Cortesi**, Alpiq Suisse SA, Chemin de Mornex 10, Lausanne  
marco.cortesi@hotmail.com

**Seydina Diouf**, Services Industriels de Genève, 2, ch. de Château-Bloch, Le Lignon  
seydina.diouf@sig-ge.ch

**Christina Dübendorfer**, Leiterin Wasserwirtschaft und Gewässerschutz, Ernst Basler + Partner, Zollikerstr. 65, Zollikon  
christina.duebendorfer@ebp.ch

**Isabelle Dunand**, Collaboratrice scientifique, OFEV, 3003 Berne  
isabelle.dunand@bafu.admin.ch

**Xavier Eggel**, FMV SA, Rue de la Dixence 9, Sion  
xavier.eggel@fmv.ch

**Laurent Filippini**, Capoufficio, Ufficio dei corsi d'acqua, DT, Ticino, Via Zorzi 13, Bellinzona  
laurent.filippini@ti.ch

**Danilo Foresti**, Collaboratore scientifico, Ufficio caccia e pesca TI, Via F. Zorzi 13, Bellinzona  
danilo.foresti@ti.ch

**Karin Gafner**, Bereichsleiterin, Fischereiinspektorat Kanton Bern, Schwand 17, Münsingen  
karin.gafner@vol.be.ch

**Thierry Glassey**, Kbm Engineers SA, Rue de Lausanne 39, Sion  
ing.civils@kbm-sa.ch

**Andreas Gstöhl**, Abteilungsleiter Umweltschutz, Amt für Umwelt Liechtenstein, Dr. Grass Strasse 12, Vaduz, Liechtenstein  
andreas.gstoehl@lv.li

**Hanspeter Güntensperger**, Mitglied GL SFV, Schweizerischer Fischerei Verband, Grassiweg 40, Frutigen  
hpgfrutigen@bluewin.ch

**Markus Haberthür**, Ambio GmbH, Wildbachstrasse 46, Zürich  
ambio@bluewin.ch

**Raphael Haupt**, B+S AG, Weltpoststrasse 5, Bern 15  
r.haupt@bs-ing.ch

**René Hediger**, Leiter Bauwesen, EBS Elektrizitätswerk des Bezirks Schwyz AG, Riedstrasse 17, Schwyz  
r.hediger@ebs-strom.ch

**Philippe Heller**, Directeur, e-dric.ch, Rionzi 54, Mont-sur-Lausanne  
philippe.heller@e-dric.ch

**Guido Hirzel**, Axpo Power AG, Parkstrasse 23, Baden  
guido.hirzel@axpo.com

**Melanie Hodel**, Sachbearbeiterin Gewässerschutz, Kanton Obwalden, St. Antonistrasse 4, Sarnen  
melanie.hodel@ow.ch

**Markus Hofer**, TBF + Partner AG, Beckenhofstrasse 35 / Postfach, Zürich  
hof@tbf.ch

**Luca Hoppler**, WFN - Wasser Fisch Natur AG, Brunnmattstrasse 15, Bern  
luca.hoppler@wfn.ch

**Markus Hostmann**, Dr. sc. ETH Zürich, Bundesamt für Umwelt, Postfach, Bern  
markus.hostmann@bafu.admin.ch

**Lorenz Hunziker**, ewz, Tramstrasse 35, Zürich  
lorenz.hunziker@ewz.ch

**Christian Imesch**, Projektleiter Gewässerbiologie, UNA AG, Schwarzenburgstr. 11, Bern  
imesch@unabern.ch

**Remo Infanger**, KW Göschenen AG, Postfach, Luzern  
remo.infanger@ckw.ch

**Ion Iorgulescu**, Etat de Genève, Direction Générale de l'Eau, des Gazomètres, 7, Genève-8  
ion.iorgulescu@etat.ge.ch

**Berenice Iten**, wiss. Mitarbeiterin Rechtsdienst 3, Abt. Recht, Bundesamt für Umwelt, Bern  
berenice.iten@bafu.admin.ch

**Lorenz Jaun**, Abteilungsleiter Gewässerschutz/ Fischereiverwalter, Amt für Umweltschutz UR, Klausenstrasse 4, Altdorf  
lorenz.jaun@ur.ch

**Roland Jehle**, Amt für Umwelt Liechtenstein, Dr. Grass-Str. 12, Vaduz, Liechtenstein  
roland.jehle@lv.li

**Klaus Jorde**, Programmleiter BFE Wasserkrafftorschung, Bundesamt für Energie, Mühlestrasse 4, Ittigen  
klaus.jorde@kjconsult.net

**Arthur Kirchhofer**, WFN - Wasser Fisch Natur AG, Brunnmattstr. 15, Bern  
arthur.kirchhofer@wfn.ch

**Jean-Claude Kolly**, Responsable Barrages, Groupe E SA, Rte de Morat 135, Granges-Paccot  
jean-claude.kolly@groupe-e.ch

**Gundula Konrad**, VERBUND Hydro Power GmbH, Europaplatz 2, Wien, Österreich  
gundula.konrad@verbund.com

**Manfred Kummer**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestr. 172, Ittigen, Schweiz  
manfred.kummer@bafu.admin.ch

**Gernot Ladinig**, Engineering, Anton-Ammann-Str. 12, Vandans, Österreich  
gernot.ladinig@illwerke.at

**Guido Lauber**, Bereichsleiter Wasserbau und Naturgefahren, Emch+Berger AG Bern, Seestrasse 7, Spiez  
Guido.Lauber@emchberger.ch

**Benjamin Leimgruber**, Aqua Viva, Weinsteig 192, Postfach 1157, Schaffhausen  
benjamin.leimgruber@aquaviva.ch

**Daniel Marbacher**, Asset Manager, BKW Energie AG, Viktoriaplatz 2, Bern  
daniel.marbacher@bkw.ch

**Philipp Meier**, Eawag, Seestrasse 79, Kastanienbaum  
philipp.meier@eawag.ch

**Tobias Meile**, Projektleiter, BG Ingénieurs Conseils SA, Rue des Tonneliers 11, Sion  
tobias.meile@bg-21.com

**Beat Müller**, Fachspezialist Wasserkraft, AFU SG, Lämmlisbrunnenstrasse 54, St.Gallen  
beat.mueller@sg.ch

**Lucia Oetjen**, B + S AG, Eggbühlstrasse 36, Zürich  
l.oetjen@bs-ing.ch

**Armin Peter**, Fischökologe, Peter FishConsulting, Hagmattstrasse 7, Olten  
apeter@fishconsulting.ch

**Diego Pfammatter**, Bereichsleiter Betrieb und Technik, EnAlpin AG, Bahnhofplatz 1b, Visp  
diego.pfammatter@enalpin.com

**Roger Pfammatter**, Geschäftsführer, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV), Rütistrasse 3a, Baden  
roger.pfammatter@swv.ch

**Martin Pfaundler**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestr. 172, Ittigen  
martin.pfaundler@bafu.admin.ch

**Markus Pfleger**, VERBUND Hydro Power GmbH, Am Hof 6a, Wien, Österreich  
Markus.Pfleger@verbund.com

**Alberto Pinter**, Hydro Dolomiti Energia srl, viale Trieste 43, Trento, Italien  
alberto.pinter@hde.tn.it

**Axel Primoschitz**, Projektleiter Wasserkraft / Erneuerbare Energien, Elektrizitätswerk Obwalden, Stanserstrasse 8, Kerns  
axel.primoschitz@ewo.ch

**Jean-Claude Raemy**, Sektorchef, Amt für Umwelt, Sektion Gewässer, Impasse de la Coline 4, Givisiez  
jean-claude.raemy@fr.ch

**Kristof Reuther**, Student, Kraftwerke Oberhasli Ag, Bottigenstrasse 29, Innertkirchen  
kristof.reuther@t-online.de

**Aline Roth**, Repower AG, Büdemji 1, Küblis  
aline.roth@repower.com

**Johann Ruffieux**, Resp. projets stratégiques, Groupe E SA, Route de Morat 135, Granges-Paccot  
johann.ruffieux@pfruffieux.ch

**Michel Salzgeber**, EnAlpin AG, Bahnhofplatz 1b, Visp  
michel.salzgeber@enalpin.com

**Cyril Sansonnens**, Responsable de domaine, CSD Ingénieurs, Case postale 384, Fribourg  
c.sansonnens@csd.ch

**Fritz Schär**, B+S AG, Weltpoststrasse 5, Bern 15  
f.schaer@bs-ing.ch

**Karin Scheurer**, Im Fluss, Meisenweg 17, Bern  
karinscheurer@bluewin.ch

**Sandro Schläppi**, KWO AG, Grimselstrasse 19, Innertkirchen  
scsa@kwo.ch

**Martin Schmid**, Eawag, Seestrasse 79, Kastanienbaum  
martin.schmid@eawag.ch

**Irene Schmidli**, Grossprojekte Energie, Industriestrasse 1, Zollikofen  
irene.schmidli@sbb.ch

**Matthias Schneider**, Geschäftsführer, SJE Ecohydraulic Engineering GmbH, Viereichenweg 12, Stuttgart, Deutschland  
schneider@sjeweb.de

**Nikolaus Schotzko**, Fachbereichsleiter, Amt der Vorarlberger Landesregierung, Auhafendamm 1, Hard, Österreich  
nikolaus.schotzko@vorarlberg.at

**Rolf Schröter**, Kraftwerke Mattmark AG, Mattmarkstrasse 1, Stalden  
rolf.schroeter@kwm.ch

**John Sieber**, Leiter Geschäftsfeld Produktion, Mitglied der GL, Elektrizitätswerk Obwalden, Stanserstrasse 8, Kerns  
john.sieber@ewo.ch

**Annunziato Siviglia**, Dr, ETH, Höggerbergring 26, Zürich  
siviglia@vaw.baug.ethz.ch

**Olivier Stauffer**, DGE-EAU VD, Valentin 10, Lausanne  
olivier.stauffer@vd.ch

**Irene Steimen**, Axpo Power AG, Parkstrasse 23, Baden  
irene.steimen@axpo.com

**Lucien Stern**, Amt für Energie und Verkehr GR, Rohanstr. 5, Chur  
lucien.stern@aev.gr.ch

**David Tanno**, Wissenschaftl. Mitarbeiter, Limnex AG, Neumarktplatz 18, Brugg  
david.tanno@limnex.ch

**Peter Volkart**, HYDRO.VOLKART, Rifertstrasse 23, Adliswil  
hydro@volkart.org

**Pascal Vonlanthen**, Geschäftsführer, Aquabios GmbH, Brugastrasse 6, Düringen  
p.vonlanthen@aquabios.ch

**Kurt Wächter**, Geschäftsleiter, Limnex, Neumarkt 18, Brugg  
kurt.waechter@limnex.ch

**Christine Weber**, Eawag, Seestrasse 79, Kastanienbaum  
christine.weber@eawag.ch

**Volker Weitbrecht**, Abteilungsleiter Flussbau, ETH Zürich, VAW, Höggerbergring 26, Zürich  
auer@vaw.baug.ethz.ch

**Remo Wenger**, buweg büro für umwelt und energie, Balfrinstrasse 16, Visp  
remo.wenger@gmx.ch

**Jean-Daniel Wicky**, Fischereiverwalter FR, Amt für Wald, Wild und Fischerei, Postfach 155, Givisiez  
jean-daniel.wicky@fr.ch

**Florian Widmer**, Head of General Administration & Environment, ALPIQ Suisse SA, Ch. de Mornex 10, Lausanne  
florian.widmer@alpiq.com

**Alfred Wüest**, Eawag, Seestrasse 79, Kastanienbaum  
alfred.wueest@eawag.ch

**Priska Zenklusen**, Kissling + Zbinden AG, Oberlandstrasse 15, Spiez  
priska.zenklusen@kzag.ch

**Thomas Ziegler**, ewz, Albulastrasse 110, Sils i.D.  
thomas.ziegler@ewz.ch

**Guido Zolezzi**, Associate Professor, University of Trento, via Mesiano 77, Trento, Italien  
guido.zolezzi@unitn.it

## **KONZEPTION, PROGRAMMGESTALTUNG UND ORGANISATION**

**Lorenzo Gorla**, Bundesamt für Umwelt BAFU, Papiermühlestrasse 172, Ittigen  
lorenzo.gorla@bafu.admin.ch

**Steffen Schweizer**, Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen  
steffen.schweizer@kwo.ch

**Diego Tonolla**, ZHAW & eQcharta, Grüental, Wädenswil  
diego.tonolla@zhaw.ch

**Stefan Vollenweider**, Wasser-Agenda 21, Überlandstrasse 133, Dübendorf  
stefan.vollenweider@wa21.ch

**Yvonne Zollinger**, Wasser-Agenda 21, Überlandstrasse 133, Dübendorf  
yvonne.zollinger@wa21.ch

**Veranstalter / Organisateur:**

Wasser-Agenda 21  
Forum Chriesbach  
Überlandstrasse 133  
CH-8600 Dübendorf

**Redaktion / Rédaction:**

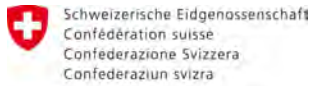
Yvonne Zollinger  
Stefan Vollenweider

Druck: ADAG Copy AG, Zürich

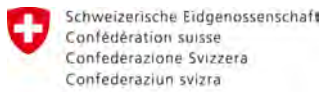
**Impressum:**

Herausgeber / Editeur: Wasser-Agenda 21,  
Forum Chriesbach, Überlandstrasse 133,  
CH-8600 Dübendorf

© Wasser-Agenda 21, Oktober 2016

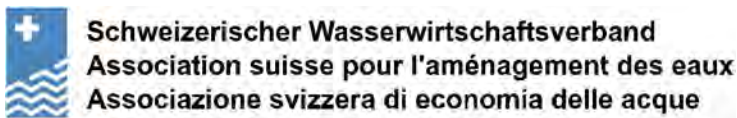


Bundesamt für Umwelt BAFU



Bundesamt für Energie BFE

**eawag**  
aquatic research **ooo**



praktischer umweltschutz schweiz p  s c h

