



## Abflussversuch zur Ermittlung der erforderlichen ökologischen Mindestwasserdotation nach Strukturverbesserungen in der Ausleitungsstrecke

### Datenerhebung und Auswertung



Abbildung 1: Ausleitungsstrecke bei 200 l/s

Ingenieurbüro Pfeffer  
Büro für Umwelt- und Energietechnik  
Stadtplatz 9 - 94209 Regen

Naturversuch vom 08.08.2017



## 1 Beteiligte

Frau Sabine Bergbauer; Landratsamt Cham

Herr Oliver Paul, Landratsamt Cham

Herr Dr. Klaus Amberger; WWA Regensburg

Herr Dr. Thomas Ring, Fachberatung für Fischerei Bezirk Oberpfalz

Herr Dipl. Ing. (FH) Christoph Pfeffer, IB Pfeffer

Herr Josef Weber, IB Pfeffer

Herr Franz Xaver Aschenbrenner, Betreiber der Wasserkraftanlage Graßlsäge

## 2 Sachverhalt

Für das Wasserrecht an der WKA Graßlsäge soll eine Wiederbewilligung beantragt werden. In diesem Zuge soll auch die Durchgängigkeit am Weißen Regen hergestellt und die abzugebende Mindestwassermenge angepasst werden. Der Weiße Regen weist im Bereich der Graßlsäge ein für Triftzwecke ausgebautes, monotones Querprofil mit einem zum Teil sehr breiten Gewässerbett ohne jegliche Strukturen auf. Die Sohle besteht unterhalb der Wehrstelle aus Grobkies, der aber auf Grund der fehlenden Strukturen im Gewässer keine Umlagerung erfährt und daher bereits sehr verfestigt erscheint. Weiter unterhalb, im mittleren Teil der Ausleitstrecke, ist das Querprofil künstlich eingeschnürt und die Ufer mit Flussbausteinen befestigt. Es wechseln hier Staubereiche mit Rauschen ab. In den Stauzonen finden sich wenig Schlamm- und Sedimente, da bei größeren Abflüssen hier hohe Geschwindigkeiten auftreten und die Sohle reinigen. Die Rauschen weisen eine raue Sohle aus Mittelkies auf. Umlagerung ist aber auch hier durch fehlende Strukturen und das stabilisierte Gewässerbett kaum möglich. Die Sohle verfestigt sich.

Bevor über die konkrete Dotationswassermenge entschieden werden kann, sollte daher versucht werden, die Defizite in der Gewässerstruktur zu beheben und gezielt eine eigendynamische Gewässerentwicklung angestoßen werden.

Mit den Fachstellen wurde vereinbart, dass zunächst in einem Feldversuch verschiedene, für den Gewässerabschnitt geeignete Strukturverbesserungen angelegt werden und danach ein Abflussversuch mit unterschiedlichen Wassermengen durchgeführt wird.

Als Strukturen wurden für den Versuch in erster Linie große Felsfindlinge verbaut. Die Korndurchmesser betragen zwischen 0,8 m und 1,2 m. Dadurch kann von einer ausreichenden Stabilität der Strukturen ausgegangen werden. Die Steine wurden bis max. zur Hälfte in der Gewässersohle eingebaut. Es wurden sowohl einzelne Störsteine, als auch gruppierte Zonen erstellt. Besonders geeignet sind buhnenartige Lenksysteme aus lückig angeordneten Steinriegeln. Die Buhnen wurden versuchsweise sowohl inklinant, als auch deklinant erstellt. Zusätzlich wurden Gumpen und Buchten und kleinere Totholzstrukturen angelegt. Durch die eingebrachten Fließstörungen wurden nun neue eigendynamische Umlagerungsprozesse initiiert. Bereits kurz nach dem Einbringen der Strukturen wurden schon erste Umlagerungen anhand von unterschiedlichen Kiessortierungen beobachtet.

Nach der Strukturierung und der Begehung der Gewässerstrecke mit den Fachstellen am 08.08.2017 wurden die Randbedingungen für den Dotationsversuch festgelegt.



## Unterlage U1.2: Abflussversuch mit Strukturmaßnahmen

Folgende Wassermengen sollen für die Versuche einstellbar sein:

- 150 l/s
- 200 l/s
- 250 l/s
- 300 l/s
- 400 l/s

Die kleinste Wassermenge von 150 l/s liegt dabei im Bereich der aktuellen Restwasserauflage für die WKA Graßsäge von 120 l/s.

Die 200 l/s ist die im Bereich Lam-Arrach übliche Restwasserdotationsmenge bei anderen Ausleitungskraftwerken.

Größere Abflüsse sollten ebenfalls geprüft werden, damit mit den geringeren Dotationen verglichen werden kann und um abschließend bewerten zu können, ob eine weitere Erhöhung des Mindestabflusses noch erkennbare Vorteile für die Ausleitungsstrecke bringt.

Als Zielmindestwassertiefe im Fischwanderkorridor der Ausleitungsstrecke wurden 25 cm von den Fachstellen als notwendig erachtet. Die Hauptfischarten im Weißen Regen sind die Bachforelle und die Mühlkoppe. Während der Versuchsdauer konnte die Mühlkoppe in der Ausleitstrecke allerdings nicht nachgewiesen werden.

Die Ausleitungsstrecke sollte dann bei den verschiedenen Abflüssen begutachtet und der mögliche Fischwanderkorridor vermessen werden.

Die Ergebnisse sollten anhand von Fotos dokumentiert werden.

### 3 Einstellen des Mindestwasserabflusses

Die verschiedenen Restwassermengen wurden am vorhandenen Wehr durch verschieden große Öffnungen eingestellt. Die Öffnungen wurden gemäß der Gleichung nach Poleni für den freien Überfall dimensioniert.



Abbildung 2: Wehranlage zur Einstellung der Restwassermenge

Es ergeben sich bei einer Überfallhöhe von 15 cm und einem angenommenen Überfallbeiwert von  $\mu=0,6$  folgende Breiten:

50 l/s → 0,5 m

100 l/s → 1 m

200 l/s → 2 m

Durch Kombination dieser Öffnungen können die gewünschten Abflüsse eingestellt werden.

### 4 Versuchsaufbau

Die Ausleitungsstrecke des Weißen Regen (vgl. Abb. 3) wurde in 14 Bereiche aufgeteilt. Die einzelnen Bereiche weisen die folgenden charakteristischen Merkmale auf:

**Bereiche 1 – 7 (ohne 5):** Breites Gewässerbett, ca. 10 m, keine Strukturen, leichter Uferverbau mit Steinen -> Bereiche wurden für den Abflussversuch strukturiert



**Bereich 5:** Breites Gewässerbett ohne Strukturen -> wurde als Referenzbereich nicht strukturiert

**Bereiche 8 -13:** Schmales Gewässerbett, ca. 5 m -> starker Uferverbau mit Flussbausteinen, abwechselnd Rauschen und Staubereiche, strukturarm

**Bereich 14:** Zusammenfluss von Unterwasserkanal und Ausleitungsstrecke -> Ausleitungsstrecke mit Leitsporn ausgestattet

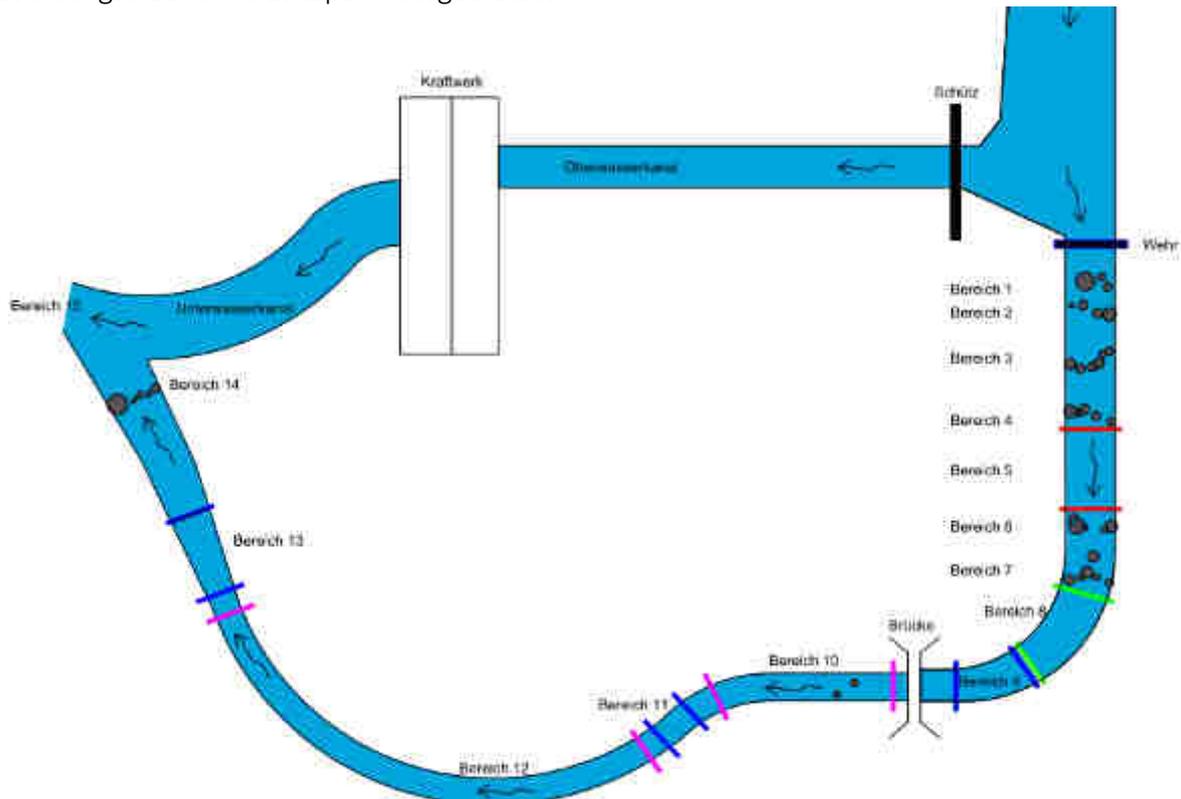


Abbildung 3: Versuchsaufbau schematisch mit Messbereichen

Anschließend wurden die vier verschiedenen Mindestwassermengen eingestellt und die jeweils größten Wassertiefen (Talweg bzw. Wanderkorridor) in den einzelnen Bereichen vermessen. Die Fotos der Vermessung werden in einer separaten Fotodokumentation bereitgestellt.

## 5 Vermessung der Wassertiefen

### 5.1 Fehlergrenzen

Die Fehlergrenze wird durch Ablesefehler und der Sohlrauigkeit der Gewässersohle bestimmt. Bei diesem Abflussversuch wird von einer Fehlergrenze von +/- 5 cm ausgegangen.

### 5.2 Bereiche 1 – 7

Diese Bereiche sind gekennzeichnet durch ein breites Gewässerbett mit keinen nennenswerten Strukturen im Gewässer. In diesem Bereich wurden die verschiedenen Strukturen angelegt und diese mit unterschiedlichen Dotationswassermengen beaufschlagt. Die Wassertiefen in den Bereiche 1 – 7 werden in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:



<b>Restwassermenge</b>	<b>150 l/s</b>	<b>200 l/s</b>	<b>250 l/s</b>	<b>300 l/s</b>	<b>400 l/s</b>
<b>Wassertiefe</b>	<b>h [cm]</b>				
<b>Bereich 1</b>	25	30	30	30	35
<b>Bereich 2</b>	15 - 20	25	25	25	25
<b>Bereich 3</b>	15 - 25	25 - 30	25 - 30	30 - 35	30 - 35
<b>Bereich 4</b>	15 - 25	25 - 30	25 - 30	25 - 30	25 - 30
<b>Bereich 5</b>	10 - 15	15	15	18	20
<b>Bereich 6</b>	15 - 20	15 - 20	23	25	25
<b>Bereich 7</b>	25	30	30	30	30

Tabelle 1: Wassertiefen in den Bereichen 1 - 7

In der Tabelle ist ersichtlich, dass bereits ab einer Restwasserabgabe von 200 l/s an den meisten Bereichen eine Wasserdeckung von min. 25 cm erreicht wird. Bereich 5 diente als Referenzbereich ohne strukturverbessernde Maßnahmen, in diesem Profil kann auch bei sehr hohen Dotationsmengen die gewünschte Wassertiefe von 25 cm nicht erreicht werden.

### 5.3 Bereiche 8 -13

Diese Bereiche sind gekennzeichnet durch ein schmales Gewässerbett mit Staubereichen und Rauschen im Wechsel. In den Staubereichen werden die Wassertiefen von 25 cm bei jedem Restwasserabfluss eingehalten. Beim Abflussversuch wurden Wasserstiefen zwischen 30 und 60 cm gemessen. An den Rauschen sind die vorhandenen Wassertiefen mit ca. 15 – 25 cm relativ gering. Eine Nachstrukturierung ist empfehlenswert.

### 5.4 Bereich 14

In diesem Bereich weitet sich das Gewässerbett wieder auf und der Unterwasserkanal mündet in den Weißen Regen ein. Hier wurden bereits in einer früheren Maßnahme hydromorphologische Verbesserungen zur Auffindbarkeit der Ausleitungstrecke umgesetzt. Die vorhandenen Wassertiefen vor dem Zusammenfluss sind ausreichend. Beim direkten Zusammenfluss der Ausleitungstrecke mit dem Unterwasserkanal werden die erforderlichen Wassertiefen nicht erreicht.

## 6 Auswertung, Ergebnis und Maßnahmen

### 6.1 Auswertung Bereiche 1 – 7

In diesem Bereich wurden verschiedene Strukturmaßnahmen (verschiedene Bühnen, Gumpen, Kiesbänke, Störsteine...) errichtet. Der Bereich 5 wurde in seinem natürlichen Zustand als Referenzbereich belassen. In diesem Bereich stellte sich beim Abflussversuch heraus, dass die geforderte Wassertiefe von 25 cm auch bei der größten Wasserabgabe von 400 l/s nicht erreicht wurde. Daraus wird gefolgert, dass in diesem Bereich, unabhängig von der Höhe der Dotation essentiell Strukturverbesserungen durchgeführt werden müssen.

Wie in Tabelle 1 ersichtlich ist, kann gerade durch geeignete Strukturverbesserungen bereits bei einer Restwassermenge von 200 l/s die benötigte Wassertiefe von 25 cm im Wanderkorridor erreicht werden. Auch Umlagerungsprozesse wurden schon bei dieser Dotation ausgelöst. Eine Erhöhung der Restwassermenge auf 300 l/s bzw. 400 l/s brachte



dagegen keine weitere nennenswerte Erhöhung der Wassertiefen im Wanderkorridor (vgl. Tabelle 1).

## 6.2 Ergebnis Bereiche 1 -7

Als Ergebnis in diesem Bereich kann festgehalten werden, das unabhängig von der Höhe der Restwassermenge, Strukturmaßnahmen durchgeführt werden müssen und eine Restwassermenge von 200 l/s ausreichend ist, soweit eine Strukturierung analog der Profile 1-4 realisiert wird. Als besonders empfehlenswert zeigte sich die deklinante Anordnung (Profil 4) der Buhnen, da dadurch eine Konzentration der Dotation in die Bachmitte erreicht werden und einer weiteren, an dieser Stelle unnötigen Profilverbreiterung entgegengewirkt werden kann.

## 6.3 Maßnahmen Bereiche 1 – 7

Dieser Bereich wird durch zusätzliche Strukturen in Anlehnung an die bereits eingebrachten Strukturen ergänzt, damit eine Wasserdeckung im gesamten Bereich von min. 25 cm im Wanderkorridor bei 200 l/s erreicht wird. Speziell auch zwischen den strukturierten Bereichen kann durch Setzen von Störsteinen sowohl die Wasserdeckung erhöht, als auch eine eigendynamische Veränderung der Sohle bewirkt werden. Die Störsteine bewirken zusätzliche Turbulenzen, die wiederum eine Kiesumlagerung oder zumindest einen Sedimenttransport verstärken.

Soweit sich die Strukturen bei Hochwasser nicht lösen wären auch größere Totholzeinbauten (Stichwort Raubaum) als Fischunterstände denkbar.

## 6.4 Auswertung Bereiche 8 – 13

Wie bereits beschrieben, ist dieser Bereich gekennzeichnet von Staubereichen und Rauschen im Wechsel. Das Profil ist stark eingengt. Die Ufer sind durch Steine befestigt und der Gewässerabschnitt weist sehr wenige Strukturen auf. Die Wasserstiefen in den Staubereichen sind bei jeder Restwassermenge ausreichend. An den Rauschen sind die Wasserdeckungen bei jeder Restwassermenge zu gering. Es wurden in diesem Bereich bislang keine Strukturverbesserungen durchgeführt.

## 6.5 Ergebnis Bereiche 8 – 13

Es stellte sich heraus, dass auch hier eine Restwassermenge von 200 l/s grundsätzlich ausreichend ist, da an den Rauschen auch bei höheren Restwasserabgaben die benötigten Wassertiefen ohne zusätzliche Strukturmaßnahmen nicht erreicht werden.

## 6.6 Maßnahmen 8 – 13

In diesem Bereich sollen mehrere Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerabschnitts umgesetzt werden:

- Die vorhandenen Rauschen sollen partiell, lückenhaft geöffnet werden, um einen Wanderkorridor zu schaffen und die Wassertiefen zwischen den Rauschen nicht zu sehr absinken zu lassen. Alternativ können Störsteine nach den Rauschen eingebracht werden, um durch eine leichte Einschnürung an den Rauschen die Wassertiefen zu erhöhen.
- Zwischen den Rauschen sollten Störsteine eingebracht werden, um eine Umlagerung des Sohls substrats zu initiieren.



- Der Uferverbau durch Steine soll auf der Grundstücksseite des Kraftwerksbetreibers immer wieder teilweise aufgelöst werden, um dynamische Uferanbrüche zu initiieren und das Gewässerprofil an den eingeeengten Stellen wieder stellenweise aufzuweiten. Es entstehen dadurch strömungsberuhigte seitliche Unterstände und Gumpen. Durch die Uferanbrüche kommt es auch zu Überhängen, die hervorragende Fischunterstände bilden, die in diesem Gewässerabschnitt generell fehlen.

## 6.7 Auswertung Bereich 14

Dieser Bereich wurde im Vorfeld nicht strukturiert. Am Zusammenfluss des Unterwasserkanals mit der Restwasserstrecke sind die gemessenen Wassertiefen bei jeder eingestellten Restwassermenge zu gering. An dieser Stelle wurden bereits früher Maßnahmen zur Verbesserung der Auffindbarkeit in Form eines Leitsporns umgesetzt.

## 6.8 Ergebnis Bereich 14

Dieser Gewässerabschnitt ist mit einer Breite von ca. 7 m schmaler als die Bereiche 1 – 7. In diesen Bereichen wurde dargestellt, dass durch Strukturverbesserungen eine Restwassermenge von 200 l/s ausreichend ist. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass auch im Bereich 14 mit einer Restwassermenge von 200 l/s in Kombination mit Strukturmaßnahmen (Störsteine und Leitbuhnen), ausreichende Wassertiefen erreicht werden.

## 6.9 Maßnahmen Bereich 14

In diesem Bereich werden ebenfalls Strukturmaßnahmen, wie sie im Bereich 1 – 7 beispielhaft umgesetzt wurden, ins Gewässer eingebracht. Im Bereich 14 ist aber ein besonderes Augenmerk auf den Zusammenfluss von Restwasserstrecke und Unterwasserkanal zu legen. In einer früheren Maßnahme wurde hier ein Leitsporn errichtet, um die Leitströmung und die damit verbundene Auffindbarkeit in die Ausleitungsstrecke zu erhöhen. Dieser Leitsporn muss optimiert und an die zukünftige Mindestwassermenge angepasst werden.

## 7 Fazit

Der Weiße Regen stellt sich in der untersuchten Gewässerstrecke aktuell als sehr strukturarm dar. Der schwierigste Abschnitt ist der Fließabschnitt unterhalb der Wehrstelle, die teilweise sehr unnatürlich breit und anthropogen verändert ist. Es zeigte sich in den Versuchen, dass ohne Strukturierung des Gewässers auch eine Dotationswassermenge von sogar 400 l/s nicht ausreicht, um die Durchgängigkeit in der Ausleitungsstrecke vollständig herzustellen.

Durch beispielhaft angelegte Strukturen in der Ausleitungsstrecke, konnte im Abflussversuch gezeigt werden, dass bereits eine Mindestwassermenge von 200 l/s ausreichend ist, um die Durchgängigkeit und einen Wanderkorridor von min. 25 cm Wassertiefe herzustellen.

Durch weitere hydromorphologische Maßnahmen (Buhnen, Buchten, Gumpen, Totholzeinbau, Störsteine, etc.) wird die Ausleitungsstrecke zusätzlich zu einem erhöhten Restwasser im Vergleich zum Ist-Zustand auch strukturell erheblich aufgewertet und weitere eigendynamische Prozesse initiiert, die langfristig positive Effekte auf Artenvielfalt und Reproduktion der vorhandenen Fischfauna haben werden.



## Unterlage U1.2: Abflussversuch mit Strukturmaßnahmen

Wir empfehlen daher, eine Mindestwasserdotation von 200 l/s in der Ausleitungsstrecke bei gleichzeitiger weiterer Strukturverbesserung. Die Strukturen sollen in Anlehnung an den im Versuch getesteten Profilen ausgeführt und mit einer ökologischen Bauleitung und in enger Abstimmung mit den beteiligten Fachstellen ausgeführt werden.

Gez.

IB Pfeffer