

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement



Biotische und abiotische Begleitforschung zur Funktionskontrolle des Fischliftschleusensystems an zwei Standorten in Kärnten

Masterarbeit verfasst zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur
an der Universität für Bodenkultur Wien.

Eingereicht von:

Johannes Hofer B.Sc.

Betreuer:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Stefan Schmutz

Mitbetreuung:

Dipl.-Ing. Bernhard Zeiringer

Dipl.-Ing. Simon Führer

Wien, Oktober 2017

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen inländischen oder ausländischen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

DANKSAGUNG

Ein herzlicher Dank geht an das gesamte Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement und im speziellen an Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Stefan Schmutz zur Ermöglichung dieser Arbeit.

Ganz speziell bedanken möchte ich mich bei meinen Betreuern Dipl.-Ing. Bernhard Zeiringer und Dipl.-Ing. Simon Führer für die stets kompetente und freundschaftliche Betreuung im Zuge dieser Arbeit und dafür immer ein offenes Ohr gehabt zu haben.

Ein großer Dank geht auch an Maxim, Florian, Stefan und Gabriel für die großartige Unterstützung während der Feldarbeiten.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei allen Kollegen und Wegbegleitern während meiner Studienzzeit bedanken, im Speziellen bei Christian, Elias und Stefan.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Familie, besonders bei meinen Eltern, die es mir durch Geduld, Motivation, Verständnis und großartige Unterstützung ermöglicht haben dieses Studium abzuschließen. Auch ein großer Dank an meine liebe Schwester Theresa.

Der größte Dank geht an meine Freundin Jacqueline, für ihre motivierenden, aufmunternden und verständnisvollen Worte und für ihre Geduld die sie immer wieder für meine Leidenschaft (Fischen, Gewässerökologie) aufbringt.

DANKE!

Zusammenfassung

Durch die Errichtung von Querbauwerken ist das Fließgewässerkontinuum, vor allem longitudinal, für die Fischpassierbarkeit sehr stark eingeschränkt. Dies führt zum Rückgang der Fischbestände bis hin zum Aussterben von Arten. Um dem entgegenzuwirken müssen Fischaufstiegshilfen an Querbauwerken errichtet werden. In der vorliegenden Arbeit wird die neu entwickelte Fischaufstiegshilfe „Fischliftschleuse“, wovon Modellanlagen an zwei Kraftwerksstandorten am Löllingbach und an der Görtschitz errichtet wurden, hinsichtlich ihrer Funktionalität bezüglich Auffindbarkeit (Abiotik) und Fischpassierbarkeit (Biotik) untersucht.

Beide Standorte wurden unterwasserseitig, mit Fokus auf den Einstiegsbereich, hydrometrisch vermessen um Aussagen über die Leitströmung im Wanderkorridor (Auffindbarkeit) treffen zu können. Am Standort an der Görtschitz wurde eine Fischbestandserhebung zur Abschätzung des Migrationspotentials, inklusive Fischmarkierung, durchgeführt und anschließend mehrere Aufstiegsversuche (geschlossen/offen) mit im Oberwasser (OW) eingebauter Reuse durchgeführt.

Die hydrometrische Vermessung am Standort am Löllingbach ergibt eine sehr gute Auffindbarkeit bei Mittelwasserführung und eine eingeschränkte, aber immer noch gute, Auffindbarkeit der Anlage bei Überwassersituationen. Im Gegensatz dazu konnte am Standort an der Görtschitz im Zuge der hydrometrischen Vermessung eine unbefriedigende Leitströmung (Auffindbarkeit) festgestellt werden.

Im Zuge des ersten geschlossenen Aufstiegsversuch konnten ~30 % der besetzten Bachforellen die Fischliftschleuse an der Görtschitz überwinden, somit wird die Anlage als grundsätzlich passierbar eingestuft. Im anschließenden offenen Aufstiegsversuch (Nov.–Dez. 2017) und einem weiteren geschlossenen Aufstiegsversuch (März 2017) konnten sehr wenige Aufstiege verzeichnet werden, aber einige Probleme des Systems aufgezeigt werden. Nach Adaptierung des Systems wurde ein weiterer offener Aufstiegsversuch nachgeschaltet (März–Juni 2017), in welchem 49 Forellen die Fischliftschleuse überwinden konnten. Somit kann die Anlage für Forellen als passierbar eingestuft werden.

Die Untersuchungen im Zuge dieser Diplomarbeit haben gezeigt, dass das Fischliftschleusensystem im Rhithral funktionsfähig ist. Es sollte derzeit aber nur an Standorten mit begrenzten Platzverhältnissen Anwendung finden.

Abstract

Due to the construction of barriers the river continuum for fish migration is highly impaired, especially longitudinally. This leads to a decline in fish stocks and species richness. To counter this trend fish passes at barriers have to be installed. In this study the new developed fish pass fish lift lock has been investigated in terms of discovery and fish passability, at two hydro power stations, at the Löllingbach and at the Görtschitz, where model facilities have been built. At both sites hydrometric measurements in the tail water, especially in the entrance area, took place to predict the indicator flow due to the discovery of the fish pass entrance. At the Görtschitz a fish stock assessment was carried out to estimate the migration potential, including fish labelling. Following several fish migration experiments (open/closed), with built in fish trap in the headwater-shaft, were made.

The hydrometric measurement at the Löllingbach shows a very good discovery at mean flow and a limited, but still good, discovery at high water levels. In contrary at the Görtschitz the indicator flow for discovery, at the time of the hydrometric measurement, was limited.

In the course of the first closed migration experiment ~30 % of the stocked brown trout could pass the fish lift lock at the Görtschitz, which proofs the general passability. In the following open migration experiment (Nov.–Dec. 2016) and a further closed migration experiment (March 2017) only some individuals could ascend, but several problems of the system could be illustrated. After adapting the setup, another open migration experiment (March–June 2017) took place, in which 49 trout could ascend through the fish lift lock. Therefore the system at the Görtschitz could be classified as passable for trouts.

The research in the course of this master thesis has shown that the fish lift lock in the Rhithral is functional. Currently the system should only be built at sites where there is very limited space.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Grundlagen Fischliftschleuse	5
1.1.1	Fischschleuse	6
1.1.2	Fischlift	8
1.1.3	Fischliftschleuse	11
1.2	Standortbeschreibung	14
1.2.1	Versuchsstandort 1 KW Leser-Löllingbach	15
1.2.2	Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden-Görtschitz	17
1.3	Forschungsfragen	19
2	Methodik	20
2.1	Hydrologie	20
2.2	Abiotische Untersuchungen	20
2.2.1	Versuchsstandort 1 KW Leser-Löllingbach	21
2.2.2	Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden-Görtschitz	23
2.3	Fischbestandserhebung und Fischmarkierung-Görtschitz	26
2.3.1	Elektrobefischung-Görtschitz	26
2.3.2	Fischmarkierung	27
2.3.3	Fischbestandsbewertung-Görtschitz	28
2.4	Aufstiegsversuche-Görtschitz	30
2.4.1	Geschlossener Versuch 1 (VAo_1)	30
2.4.2	Hauptversuch (VAo_2)	30
2.4.3	Geschlossener Versuch 2 (VAo_3)	31
3	Ergebnisse	32
3.1	Hydrologie	32
3.2	Abiotische Strömungsuntersuchungen KW Leser-Löllingbach	34
3.3	Videodokumentation Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach	40
3.4	Abiotische Strömungsuntersuchungen KW Vier-Linden-Görtschitz	42
3.5	Fischbestandserhebung Görtschitz und Fischmarkierung (VIE)	46
3.6	Aufstiegsversuche KW Vier-Linden-Görtschitz	55
4	Diskussion	58
4.1	Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach	59

4.2	Fischliftschleuse KW Vier-Linden-Görschitz.....	64
4.3	Forschungsfragen	73
5	Literaturverzeichnis	76
6	Abbildungsverzeichnis.....	78
7	Tabellenverzeichnis.....	82
8	Anhang.....	83

1 Einleitung

Von allen bestehenden Ökosystemen wurden die Binnengewässer und speziell die Fließgewässer-Ökosysteme weltweit in den letzten 100 Jahren vom Menschen am stärksten verändert. Neben vielen anderen Organismengruppen und dem generellen Verlust der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer hatten vor allem die Fische unter unterschiedlichsten menschlichen Einflüssen zu leiden (Zitek et al., 2007)(Spindler, 1997). Fische führen Wanderungen in Gewässersystemen durch, um eine optimale Nutzung vorhandener Ressourcen in Bezug auf Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung, Schutz vor Feinden etc. zu erreichen. Unterbrechungen dieser Wanderungen, d.h. die Fragmentierung des Fischlebensraums und die Isolation von Habitaten, haben für die Bestände der meisten Fischarten deutlich negative Auswirkungen, die langfristig zu einem Rückgang bis hin zum Verlust ganzer Fischpopulationen und zur Auslöschung bestimmter Fischarten führen können. Die Durchgängigkeit der Gewässer für Fische mit dem Ziel der Vernetzung von Lebensräumen (Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitate) stellt somit eine Voraussetzung für den Erhalt stabiler Fischpopulationen dar und ist daher für die Erreichung bzw. den Erhalt des guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potentials in Österreichs Fließgewässern von höchster Bedeutung (BMLFUW, 2012).

Die Fragmentierung des Längskontinuums zählt daher europa- bzw. weltweit zu den größten Belastungen von Fließgewässern (Zitek et al., 2007)(Wiesner et al., 2006). Die Zunahme gefährdeter Fischarten bzw. das völlige Verschwinden von Arten sowie drastische Bestandseinbrüche bei ehemals häufigen Massenfischarten als Folge der menschlichen Eingriffe betreffen einen Großteil der heimischen Fischfauna (Spindler, 1997). In Österreich sind mittlerweile nur noch 29 % der heimischen Fische und Neunaugen (17 von 65) nicht in einer Gefährdungskategorie gelistet (Spindler, 1997). Der Erhalt und die Wiederherstellung der heimischen Fischfauna sind daher große Herausforderungen. Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wird nicht nur dem ökologischen Zustand von Gewässern eine stärkere Bedeutung zuerkannt, der an der Ausprägung der aquatischen Besiedlung zu beurteilen ist,

sondern auch der Durchgängigkeit als Voraussetzung für die Ausbildung gewässertypspezifischer Lebensgemeinschaften (EU, 2000).

Querbauwerke stellen als Wanderhindernis eine Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums dar. Sie werden aus unterschiedlichen Gründen errichtet: z.B. im Zuge der Wasserkraftnutzung (Wehranlagen), für Wasserentnahmen, als bauliche Maßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzes oder zur Sohlstabilisierung. Der Belastungstyp Querbauwerk wirkt sich insbesondere negativ auf das Wanderungsverhalten der Gewässerfauna und in Folge auch auf deren Zustand aus (BMLFUW, 2015). In Österreich gibt es im Moment 34.578 Querbauwerke (Wanderhindernisse) an Fließgewässern, wovon der Großteil (67 %) auf flussbauliche Maßnahmen im Zuge des Hochwasserschutzes und 11 % durch Wasserkraftnutzung bedingt ist, wovon wiederum >70 % der Wasserkraftanlagen nicht fischpassierbar sind (BMLFUW, 2015). Durch die Erstellung des „Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegsanlagen“ im Jahr 2012 wurde ein Instrumentarium (Regelwerk) für die Planung der Wiederherstellung des Gewässerkontinuums an Österreichs Fließgewässern geschaffen. In diesem Leitfaden sind folgende Fischaufstiegshilfe-Typen als bevorzugte/erprobte Typen bzw. als Stand der Technik, aufgelistet:

- 1) Das **gewässertypische Umgehungsgerinne** ist als naturnahes Gerinne ausgestaltet, das Gefälle ist dem Gewässertyp angepasst. Art und Ausformung von Umgehungsgerinnen orientieren sich immer an Typ und Größe des Gewässers bzw. dessen Zubringern. Eine wesentliche Zusatzfunktion von gewässertypischen Umgehungsgerinnen ist die zusätzliche Schaffung von Lebensraum, speziell von Laichplätzen und Jungfischlebensräumen strömungsliebender Fischarten (BMLFUW, 2012). Das gewässertypische Umgehungsgerinne ist aus ökologischer Sicht, aufgrund seiner Zusatzfunktion als Laichplatz und Zusatzlebensraum, immer zu bevorzugen, jedoch ist ein ausreichender Grundbedarf in Wasserkraftanlagennähe erforderlich.
- 2) Der **naturnahe Beckenpass** erlaubt die Überwindung des Höhenunterschieds mithilfe einer Riegel/Schwellen-Becken-Abfolge, die einer Schwellen-Kolk Abfolge eines kleinen Gewässers der Forellenregion

nachempfunden ist. Das Gefälle und die Dimensionen sind an den Gewässertyp anzupassen (BMLFUW, 2012).

- 3) Der **Schlitzpass** (Vertical Slot) ist ein Bauwerk aufeinanderfolgender Becken aus Ortbeton oder Fertigteilen etc. mit über die gesamte Höhe reichenden, vertikalen Schlitzfenstern der Zwischenwände. Die erforderlichen Beckenabmessungen ergeben sich aus dem Gewässertyp bzw. der vorherrschenden Fischzönose und der größenbestimmenden Fischarten (BMLFUW, 2012).
- 4) Die **Aufgelöste (Teil-)Sohlrampe** ist ein Bauwerk aus aufeinanderfolgenden Einzelschwellen (Riegelbau) mit dazwischen liegenden Kolken (beckenartige Strukturabfolge). Diese kann über die gesamte Gewässerbreite oder als Teilrampe (v.a. bei breiten Gewässern) ausgeführt werden. Aufgelöste Sohlrampen werden i.d.R. dort eingesetzt, wo eine möglichst geringe Sohlneigung erwünscht/erforderlich ist (z.B. naturnahe Sohlengleiten), keine Wasserkraftnutzung erfolgt und der dazu notwendige Platz im Gewässer vorhanden ist (DWA, 2014).

Im „Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegsanlagen“, sowie im Merkblatt „DWA-M 509“ sind die fischökologischen und -biologischen Grundlagen sowie Grundlagen für die Planung und Definitionen der Randbedingungen im Wanderkorridor festgehalten. Zu den ökologisch/biologischen Grundlagen gehören u.a. Grundlagen der Fischwanderung, Typen von Wanderungen (Laich-, Überwinterungs- und Nahrungswanderung und Wechsel zwischen Teillebensräumen), Wanderzeiträume, Schwimmleistungen. Zu den Randbedingungen sind die Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen (großräumig und kleinräumig) sowie die Ausmündung ins Unterwasser (UW), die hydraulischen Bedingungen des Leitstroms (Dotation und Fließgeschwindigkeiten), Mindestwassertiefen in der Fischaufstiegsanlage und speziell an Übergängen, sowie hydraulische Grenzwerte (Überfallhöhen, maximale und minimale Fließgeschwindigkeiten, Turbulenz und Sohlrauigkeit) zu zählen. Die einzelnen Kennwerte reichen dabei in Abhängigkeit der Literatur geringfügig ab.

Die Leitströmung dient dazu, einen unterbrechungsfreien Wanderkorridor zwischen dem Unterwasser einer Stauanlage und der Fischaufstiegsanlage

herzustellen (DWA, 2014). Folgend sind die wichtigsten Parameter für eine ausreichende Leitströmung beschrieben.

Die Leitstromdotationsrate sollte zumindest 1–5 % des konkurrierenden Abflusses (über das Wehr, Turbinen etc.) betragen, um von Fischen bei mittleren und großen Gewässern gefunden zu werden (Larinier, Travade & Porcher, 2002). In Gewässern mit einem Abfluss $<25 \text{ m}^3/\text{s}$ ist ein höherer Prozentsatz erforderlich, jedoch reicht die erforderliche Dotationsrate für die Passierbarkeit der Fischaufstiegshilfe aus (BMLFUW, 2012).

Um Individuen aller Altersklassen, das Auffinden und unter Einsatz ihrer Sprintgeschwindigkeit das Einschwimmen zu ermöglichen, sollte die mittlere Fließgeschwindigkeit des Leitstroms an ihrem Eintritt ins UW etwa $1,0 \text{ m/s}$ betragen. Bei gleichzeitigem Einbau von geeignetem Sohlsubstrat zur Schaffung einer rauen Sohle wird auch schwimmschwachen Fischarten (Koppe, Gründling, Schmerle) ein Einschwimmen ermöglicht. Die maximale Fließgeschwindigkeit im Wanderkorridor im Rhithral sollte zwischen $1,1$ und $2,2 \text{ m/s}$ liegen und die minimale Fließgeschwindigkeit (rheotaktive Geschwindigkeit von Salmoniden) sollte $0,3 \text{ m/s}$ nicht unterschreiten (DWA, 2014).

Die beste Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage ist dann gegeben, wenn die Leitströmung in einem Winkel von maximal 45° , besser $<30^\circ$ aus der Aufstiegsanlage austritt (DWA, 2014). Bei größeren Austrittswinkeln, z.B. im rechten Winkel, wird die Auffindbarkeit eingeschränkt, da Fische die Leitströmung nur im unmittelbaren Nahbereich wahrnehmen können (BMLFUW, 2012).

Dies sind auch wichtige Grundlagen für die Entwicklung von neuen Fischaufstiegshilfentypen. In den vergangenen Jahren wurden in Österreich einige neue Entwicklungen im Bereich der Fischaufstiegshilfen gemacht. Die oben beschriebenen bewährten Fischaufstiegsanlagentypen brauchen je nach Bauart einen großen Grundbedarf, welcher nicht immer, vor allem an Kraftwerksstandorten im Rhithral (Bachoberläufe), zur Verfügung steht.

Neu errichtete Fischmigrationshilfen, oder neu entwickelte Fischaufstiegsanlagentypen bedürfen einer Funktionskontrolle/-überprüfung, mittels Reusenuntersuchungen in Verbindung mit der Erhebung des Fischbestandes in angrenzenden Gewässerabschnitten, in Kombination mit der Beurteilung von indirekten Parametern (Auffindbarkeit des Einstieges,

Leitströmung, Gefälle, Dotationsmenge, Strömungsverhältnisse, Gerinnedimensionen und -strukturierung) (Woschitz, Eberstaller & Schmutz, 2003).

Es ist wissenschaftlich belegt, dass eine volle Funktionsfähigkeit nur dann gegeben ist, wenn unter Berücksichtigung der natürlichen, gewässertypischen Verhältnisse jederzeit geeignete Wanderungsmöglichkeiten für alle (potentiell) vorkommenden Arten (Leitbild) und Altersstadien sowohl qualitativ als auch quantitativ vorliegen (Woschitz *et al.*, 2003).

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Untersuchung/Evaluierung/Verbesserung der neu entwickelten Fischaufstiegsanlage der s.g. „Fischliftschleuse“ der Firma „Der Wasserwirt“. Für die Wiederherstellung der fischökologischen Durchgängigkeit wurden an den Kraftwerksstandorten (1) Kraftwerk (KW) Leser am Löllingbach und (2) KW Vier-Linden an der Görtschitz Fischliftschleusen errichtet. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden fischökologische Untersuchungen hinsichtlich der Passierbarkeit von Fischen vom UW ins OW durchgeführt. Neben Reusenuntersuchungen werden in dieser Diplomarbeit von den oben genannten Randbedingung auch die Auffindbarkeit des Einstiegsbereiches, welche auch bei Sonderkonstruktionen von Fischaufstiegsanlagen gemäß den Kriterien von herkömmlichen Fischaufstiegsanlagen zu gewährleisten ist, durch abiotische Strömungsmessungen untersucht.

1.1 Grundlagen Fischliftschleuse

Die neu entwickelte „Fischliftschleuse“ ist eine Kombination der beiden Fischaufstiegsanlagen Fischschleuse und Fischlift mit dem Ziel, die Vorteile der beiden Systeme—einfache Betriebsweise, geringer Platzbedarf des Systems vor allem an bestehenden Stauanlagen mit beengten Platzverhältnissen, Funktionsfähigkeit etc.—für die fischökologische Durchgängigkeit flussauf- und flussabwärts miteinander abzustimmen (Zeiringer & Führer, 2015). Folgend wird die Funktionsweise der beiden Systeme Fischschleuse und Fischlift erklärt, um die Vorteile der Kombination der beiden Systeme zu erläutern und die Funktionsweise des Fischliftschleusensystems erklärt.

1.1.1 Fischschleuse

Bei einer Fischschleuse schwimmen Fische auf UW-Niveau in eine Kammer ein, die nach einer gewissen Zeit und nach Schließung eines Verschlussorgans (Schieber/Schütz) bis auf OW-Niveau mit Wasser gefüllt wird. Nach abgeschlossenem Füllvorgang wird ein oberwasserseitiges Verschlussorgan geöffnet und die Fische können die Kammer ins OW verlassen.

Die erste moderne, von Borland entwickelte Fischschleuse wurde 1949 in Irland am Leixip Dam errichtet (Aitken, Dickerson & Menzies, 1966). Fischschleusen dieser speziellen Bauform, welche bis heute insbesondere in Schottland und Irland zur Gewährleistung des Lachsaufstieges an Dämmen mit einer Höhe von 30–60 m im Einsatz sind, werden als Borland-Schleusen bezeichnet. Borland-Schleusen werden z.B. in Portugal und Uruguay sowie am Oberrhein betrieben (Clay, 1995)(IKSR, 2007). Parallel hierzu wurden in unterschiedlichen Ländern Fischschleusen entwickelt und gebaut, die nicht nur Lachsen, sondern z.B. auch bodenorientierten Fischen den Aufstieg ermöglichen sollen. Diese sind entweder auf geringe Höhendifferenzen von wenigen Metern beschränkt oder sie benötigen zusätzliche Hebe- und Dotationsvorrichtungen, um die Passage von Fischen sicherzustellen (DWA, 2014).

Grundsätzlich bestehen Fischschleusen aus einer Schleusenkammer und einem unteren und einem oberen Verschlussorgan (Schieber/Schütz). Die Betriebsweise von Fischschleusen ist in Abbildung 1 dargestellt und lässt sich wie folgt beschreiben:

- 1) **Einschwimmphase:** Das unterwasserseitige Auslaufschütz der Schleuse ist geöffnet und der Wasserstand in der Kammer entspricht dem Niveau des UW. Zur Erzeugung einer Leitströmung ist wahlweise das obere Einlaufschütz leicht geöffnet und Wasser strömt ein, oder das benötigte Wasser wird mittels Bypass bereitgestellt, sodass Fische in die Schleusenkammer einschwimmen und sich dort sammeln können.
- 2) **Füllphase:** Nach einem bestimmten Zeitintervall wird das Auslaufschütz geschlossen. Aufgrund des Zustroms von Wasser–teils mittels Rohrleitungsbypass–steigt der Wasserstand an und die Schleusenkammer wird gefüllt.

- 3) Ausschwimmphase: Erreicht der Wasserstand in der Schleusenkammer das Niveau des OW-Spiegels, wird das Ausstiegsschütz vollständig geöffnet und die Fische können in das OW ausschwimmen. Gleichzeitig wird das Einstiegsschütz einen Spalt geöffnet, wodurch in der Schleusenkammer sowie im Ausstieg zum OW, aber auch vor dem Einstieg eine Leitströmung erzeugt wird.
- 4) Entleerungsphase: Nach der Ausschwimmphase wird das oberwasserseitige Einlaufschütz geschlossen und die Schleusenkammer entleert sich über das unterwasserseitige Auslaufschütz. Sobald der Wasserstand bis auf UW-Niveau abgesunken ist, kann die nächste Einschwimmphase beginnen.

Häufig werden zusätzlich zu den Ein- und Auslaufschützen der Fischschleuse zum Befüllen und Entleeren auch spezielle Bypässe eingesetzt, um diese Vorgänge zu beschleunigen (DWA, 2014). Die Steuerung der Betriebsphasen von Fischschleusen erfolgt in der Regel automatisch. Die Dauer eines Betriebszyklus beträgt gewöhnlich zwischen 30 Minuten und vier Stunden (Pavlov, 1989)(Larinier *et al.*, 1994)(Redeker & Stephen, 2006). Die Dauer der Füll- und Entleerungsphase ist primär technisch bedingt und beschränkt sich in der Regel auf wenige Minuten. Die Einschwimmphase ist stets der längste Betriebszustand. Der optimale Betriebszyklus ist im Zuge spezieller Aufstiegskontrollen zu ermitteln. Gegebenenfalls sind hierbei jahreszeitliche oder fischartspezifische Anpassungen erforderlich (DWA, 2014).

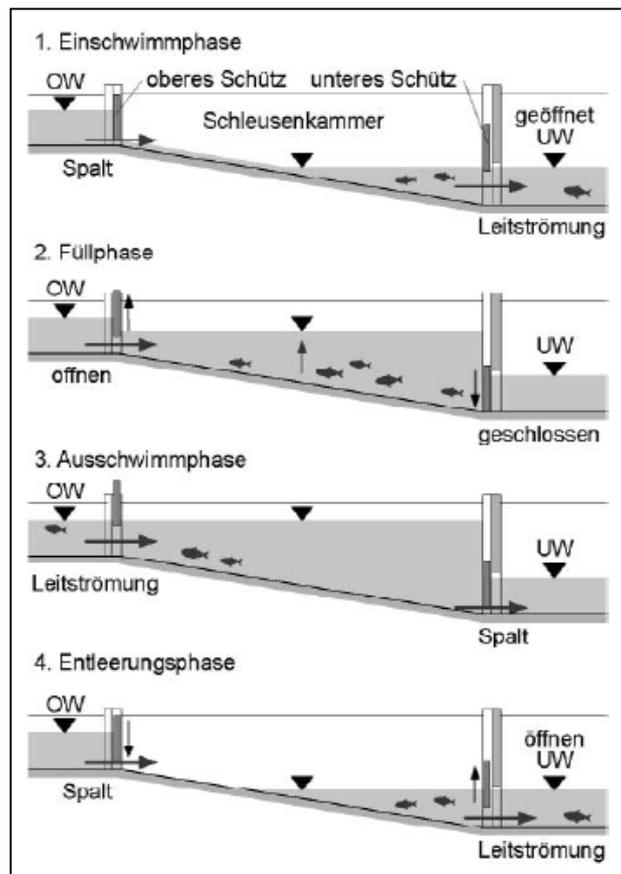


Abbildung 1 Funktionsprinzip einer Fischschleuse (schematischer Längsschnitt)
(DWA, 2014)

Die Effizienz von Fischschleusen hinsichtlich der flussaufgerichteten Passierbarkeit von Fischen ist grundsätzlich vom Verhalten der Fische abhängig (Travade & Larinier, 2002). Die Tiere müssen während der Einschwimmphase in der Schleusenkammer verweilen, dem aufsteigenden Wasserspiegel während der Füllphase folgen und aus der Schleusenkammer ausschwimmen, bevor sich die Schleusenkammer entleert. Dafür ist es notwendig (1) einen ausreichenden Leitstrom für die Auffindbarkeit zu gewährleisten und (2) die Turbulenz in der Schleusenkammer während dem Auffüllen in Grenzen zu halten. Um letztendlich optimale hydraulische Bedingungen und zeitliche Abfolgen der Betriebsphasen im Zuge der Funktionskontrolle ermitteln zu können ist es notwendig, bereits bei der Entwicklung und Planung von Fischschleusenanlagen ausreichend viele Freiheitsgrade in der Betriebsweise zu gewährleisten (Dauer der einzelnen Betriebsphasen, Dotationsmengen, etc.) (Zeiringer & Führer, 2015).

1.1.2 Fischlift

Mit Fischliften werden Fische nicht innerhalb eines wassergefüllten Schachtes/Kammer, sondern in einem separaten Transportbehälter aufwärts

befördert. Deshalb gibt es bei Fischaufzügen keine nennenswerten Druckunterschiede, sodass sie bis zu jeder beliebigen Höhendifferenz eingesetzt werden können und die Transportgeschwindigkeit keinen Beschränkungen unterliegt. Fischlifte mit Höhendifferenzen von >10 m sind in Nordamerika, Russland und Frankreich im Einsatz. Weitere Anlagen existieren z.B. in der Schweiz und Australien (DWA, 2014). Der Aufbau und die Betriebsweise mechanischer Fischaufzüge sind in Abbildung 2 ersichtlich und folgend erklärt:

Die Fische werden mit einer Leitströmung in eine Fangkammer geführt, deren Größe in Abhängigkeit der vorkommenden Fischarten, -dichten und -größen während der Hauptaufstiegsphase zu dimensionieren ist (Larinier et al., 1994). Die Leitströmung wird zumeist durch Fallrohre aus dem OW eingespeist und durchströmt die Fangkammer, in der sich während der Einschwimmphase Fische aufhalten. Die Erhöhung der Leitströmung erfolgt zumeist über zusätzliche Bypässe die direkt oder nahe dem Einstieg ausmünden. Um ein Entweichen der Fische aus der Fangkammer während der Einschwimmphase zu verhindern darf die Strömung (<0,6 m/s (Larinier et al., 1994)) nicht zu stark und zu turbulent sein. Zusätzlich kann der Einstiegsbereich mit einem Reusensystem versehen werden, dass ein wiederausschwimmen der Fische verhindert. Der Transportbehälter besteht aus einem Metallgitter und einer Bodenwanne. Beim Anheben entströmt bis zur Oberkante der Bodenwanne der größte Teil des Wassers durch das Metallgitter. Die Wannengröße muss ausreichend dimensioniert werden. Als Mindestfläche gilt 1,5 m x 1,0 m und eine Mindestwassertiefe in der Wanne darf für Forellen 0,2 m und für Lachse 0,3 m nicht unterschritten werden. Sind Schwarmfische vorhanden müssen deutlich größere Dimensionen gewählt werden (Larinier et al., 1994).

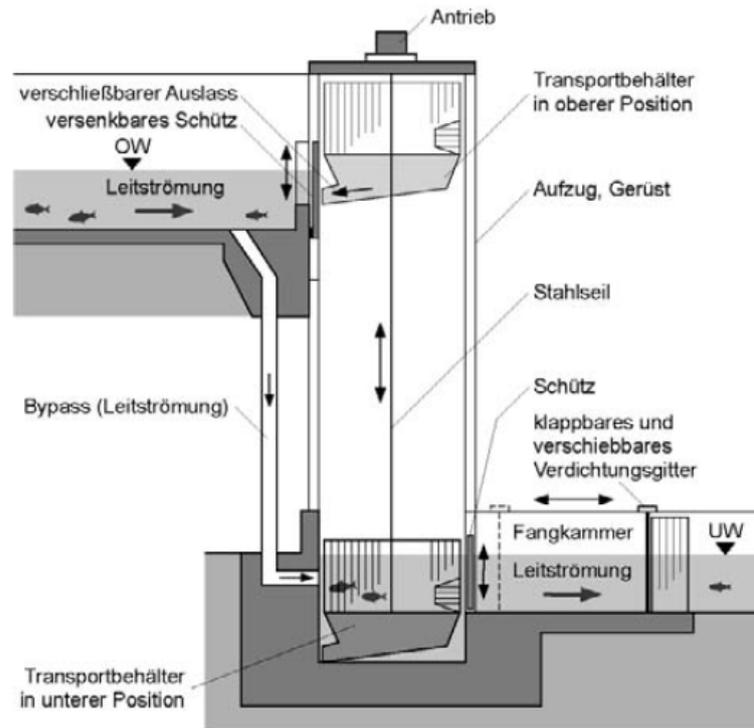


Abbildung 2 Schematische Darstellung des Aufbaus und Funktionsprinzips eines Fischeaufzuges (DWA, 2014)

Als Antrieb dient normalerweise eine Winde, die Tragkonstruktion bzw. der Aufzugschacht ist meist vertikal ausgerichtet, in wenigen Fällen auch schräg entlang der Staumauer (Taylor, 2006). Der Ausstieg der Fische im OW erfolgt entweder mit einem verschließbaren Auslassstutzen oder die Wannenhände sind kippbar ausgeführt. In der obersten Stellung wird der Fischlift über eine Rutsche oder eine Rohrleitung entleert und die Fische gelangen mit dem ausströmenden Wasservolumen direkt ins OW des KWs, in eine abschüssige Rinne oder in einen Kanal, in dem wiederum eine ausreichende Leitströmung herrschen muss, damit die Fische den Ausstieg ins Gewässer finden können. Fischlifte können sehr gut an schwankende OW-Stände angepasst werden. Starke UW-Spiegelschwankungen hingegen bereiten betriebliche Probleme, denen z.B. mit vorgeschalteten (konventionellen) Fischeaufstiegsanlagen entgegengewirkt werden muss (DWA, 2014).

Generell ist festzuhalten dass bezüglich der Auffindbarkeit keine Unterschiede zwischen den beiden beschriebenen Sonderkonstruktionen und herkömmlichen Fischeaufstiegsanlagen bestehen. Eine ausreichende permanente Leitströmung mittels Bypässen direkt oder nahe dem Einstiegsbereich muss bei korrekter Positionierung des Einstiegs sichergestellt sein.

Jedoch sind einige Besonderheiten bezüglich der Passierbarkeit zu berücksichtigen:

- 1) Der diskontinuierliche Betrieb von Fischlift und -schleuse Systemen verursacht nur dann keine Funktionseinbußen, wenn Fangkammern und Reusenvorrichtungen vorhanden sind, die das Wiederausschwimmen von auf den Aufstieg wartenden Individuen verhindern.
- 2) Bei Fischschleusen müssen die konstruktive Gestaltung und die hydraulischen Bedingungen innerhalb der Schleusenkammer die Passage sowie eine zielgerichtete Orientierung in Richtung OW ermöglichen.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte bei Planung, Bauausführung und Betrieb können Sonderkonstruktionen, wie Fischlift und -schleuse, für Fische dieselbe Effizienz erreichen wie herkömmliche Fischaufstiegsanlagen. Ein bedeutender Vorteil der beschriebenen Sonderkonstruktionen ist der deutlich geringere Platzbedarf gegenüber herkömmlichen Fischaufstiegsanlagen (DWA, 2014).

1.1.3 Fischliftschleuse

Die Sonderkonstruktion Fischliftschleuse vereint die Vorteile der vorgestellten Fischlift und -schleuse Systeme. Abbildung 3 zeigt den schematischen Aufbau des Fischliftschleusensystems. Die Funktionsweise wird folgend erklärt:

Die Fischliftschleuse besteht generell aus einem Schachtbauwerk, welches Öffnungen mit Verschlussorganen im UW und OW besitzt. Dies entspricht der vertikalen Schleusenkammer einer Fischschleuse und wird auch so betrieben. Der Unterschied ist der in den Schacht eingesetzte Transportbehälter zum Transport der Fische, wie bei einem Fischlift. Jedoch verfügt dieser Behälter über einen Schwimmkörper, an dem über Gewindestangen in der unteren Position ein Lochblech montiert ist. So kann der Transportbehälter dem steigenden/sinkenden Wasserspiegel im Schachtbauwerk folgen und somit Individuen vom UW ins OW, und umgekehrt, transportieren. Grundsätzlich verfügt das System über zwei Bypass Systeme, einerseits zur Dotation der Schleusenkammer (Heben des Wasserspiegels) und gleichzeitig zur Erzeugung einer Leitströmung aus der Schleusenkammer ins UW während der Einstiegsphase, und andererseits einen

Bypass zur Erzeugung einer ausreichenden, permanenten Leitströmung direkt oder nahe der Einstiegsöffnung. Grundsätzlich werden für die Steuerung des Fischliftschleusensystems vier automatisch arbeitende Schieber/Schütze benötigt.

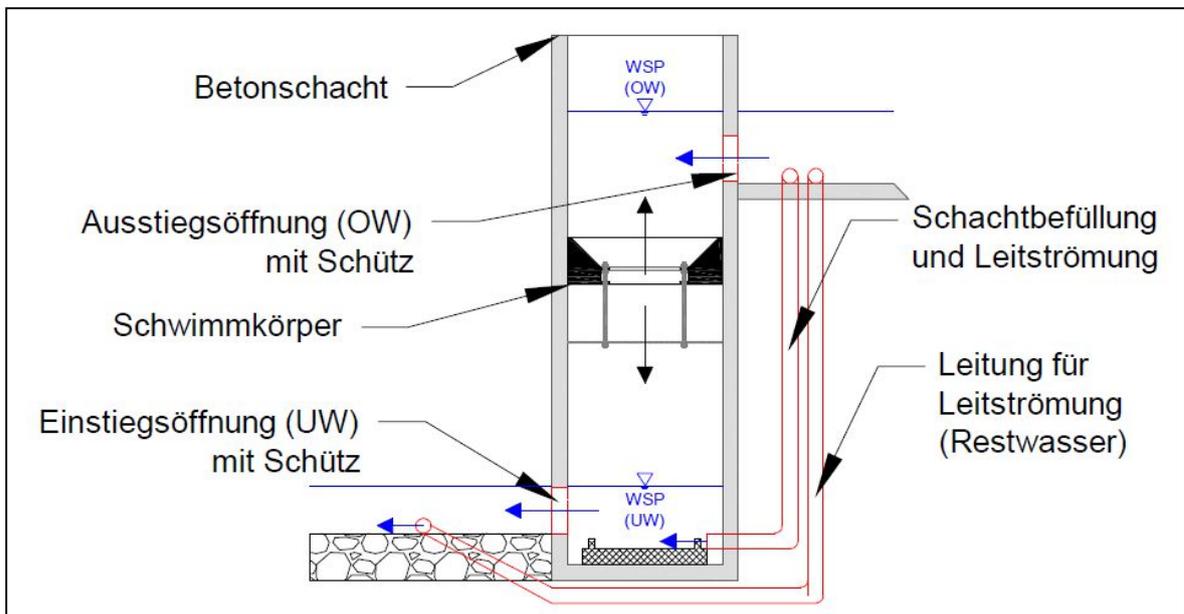


Abbildung 3 Schematische Darstellung des Aufbaus und Funktionsprinzips einer Fischliftschleuse

Die Steuerung der Fischliftschleuse gliedert sich in 4 Betriebsphasen, welche folgend erklärt werden:

- 1) **Einschwimmphase:** Der Transportbehälter befindet in der unterwasserseitigen Endposition, das Lochblech ist sohlgleich mit der Einstiegsöffnung und der Gewässersohle. Das Verschlussorgan (Schütz) im UW ist geöffnet und über den Bypass zur Schachtbefüllung wird ein Lockstrom aus der Schleusenkammer erzeugt.
- 2) **Füllphase:** Nach einem eingestellten Zeitintervall schließt der unterwasserseitige Schütz. Nach Beendigung des Schließvorgangs wird der Schacht über den Bypass bis auf OW-Niveau gefüllt. Durch den Schwimmkörper folgt der Transportbehälter dem steigenden Wasserspiegel.
- 3) **Ausschwimmphase:** Bei Erreichen der oberwasserseitigen Endposition (Lochblech sohlgleich mit Ausstiegsöffnung) öffnet das Schütz zum OW und gleichzeitig öffnet das Schütz im UW einige Prozent, um einerseits eine Leitströmung für den Ausstieg im OW zu erzeugen und andererseits eine Leitströmung vor dem Einstieg im UW sicherzustellen.

- 4) Entleerungsphase: Nach einem eingestellten Zeitintervall schließt das oberwasserseitige Schütz und der Wasserspiegel im Schacht beginnt sich durch das um einige Prozent geöffneten Schütz im UW zu entleeren. Der Bypass zur Schachtbefüllung ist in dieser Einstellung geschlossen. Nach Erreichen der unterwasserseitigen Endposition öffnet das Schütz im UW und der Zyklus beginnt von neuem.

Durch die Kombination der beiden Systeme Fischlift und -schleuse konnten die Vorteile beider Systeme—einfache Betriebsweise, geringer Platzbedarf des Systems vor allem an bestehenden Stauanlagen mit beengten Platzverhältnissen, Funktionsfähigkeit und Transportbehälter (Fische müssen nicht der steigenden/fallenden Wassersäule folgen)—für die fischökologische Durchgängigkeit flussauf und flussab mit einander abgestimmt werden.

1.2 Standortbeschreibung

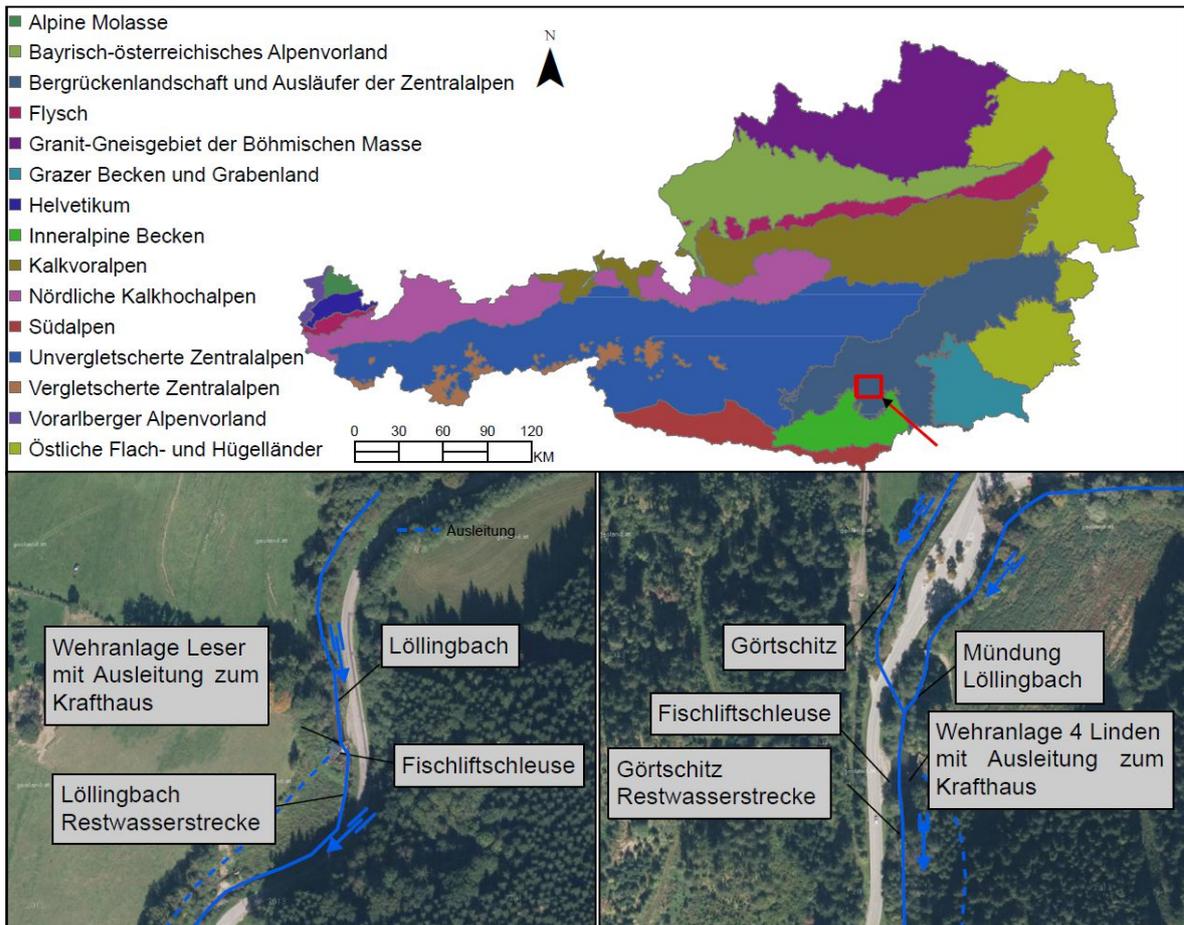


Abbildung 4 Standortbeschreibung: oben: **Übersichtskarte Bioregionen Österreich mit Standortmarkierung (BMLFUW)**; links unten: **Orthophoto Versuchsstandort 1 KW Leser**; rechts unten: **Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden**

Abbildung 4 zeigt beide Versuchsstandorte, die geographisch im Bundesland Kärnten liegen und zur Ökoregion der Alpen, Sub-Ökoregion der Zentralalpen gehören. Der Löllingbach und die Görtschitz gehören weiter zur Fließgewässer-Bioregion der „Bergrückenlandschaft und Ausläufer der Zentralalpen“ (Moog *et al.*, 2001). Aus fischökologischer Sicht befinden sich beide Versuchsstandorte in der Fischbioregion „unvergletscherte Zentralalpen und deren Ausläufer und Grauwacken“ (Haunschmid *et al.*, 2006). Im unteren Bereich von Abbildung 4 sind Orthophotos mit Beschreibungen der beiden Versuchsstandorte ersichtlich.

1.2.1 Versuchsstandort 1 KW Leser-Löllingbach

Versuchsstandort 1 am Löllingbach ist der biozönotischen Region („Fischregion“) des Epirhithrals mit der Leitart (I) Bachforelle (*Salmo trutta*) und der typischen Begleitart (b) Koppe (*Cottus gobio*) zuzuordnen (BAW, 2014).

Abbildung 5 zeigt zwei Aufnahmen der Wehranlage KW Leser am Löllingbach mit Fischliftschleusenschacht und den Einstiegsbereich in die Fischliftschleuse.

In Abbildung 6 ist eine Grundriss Skizze des Fischliftschleusensystems am KW Leser dargestellt. An diesem Standort besteht das Fischliftschleusensystem nur aus einem Schachtbauwerk, welches direkt über zwei Durchlässe (mit Verschlussorganen) mit dem UW bzw. OW verbunden ist. Der Einstiegsbereich im UW ist direkt an die Restwasserstrecke angebunden. Der Ausstieg im OW mündet direkt in den Triebwasserkanal der Wehranlage. Die Anlage verfügt weiter über zwei Bypassleitungen, einerseits zur Dotation der Fischliftschleuse und Erzeugung einer Leitströmung während der Ein- sowie Ausstiegsphase, andererseits zur permanenten Abgabe eines Teils der vorgeschriebenen Restwassermenge zur Erhöhung der Leitströmung (großräumig).



Abbildung 5 Unterwasserseitige Aufnahme der Wehranlage KW Leser mit Fischliftschleuse; rechts ist der Einstiegsbereich in die Fischliftschleuse, mit der Bypassleitung für die Restwasserdotation abgebildet

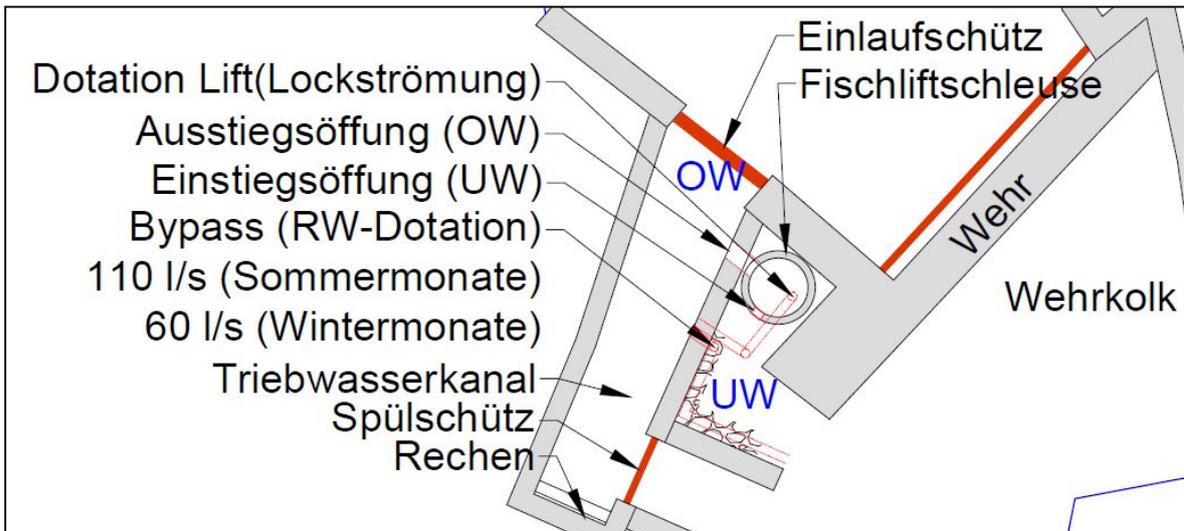


Abbildung 6 Planskizze System Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach

Am Versuchsstandort 1 KW Leser am Löllingbach wurde bereits im Jahr 2015 die ökologische Funktionsfähigkeit des Systems mittels Elektrofischung und eingebauter Reuse im OW untersucht. In Abbildung 7 ist das Längenfrequenzdiagramm der Aufstiege vom 09. Mai 2015 bis 09. Juni 2015 dargestellt.

Im Zuge dieser Untersuchung konnte grundsätzlich belegt werden, dass die Fischliftschleuse am Standort KW Leser v.a. für Bachforellen passierbar ist. Es konnten Aufstiege aller Altersstadien dokumentiert werden (Zeiringer & Führer, 2015).

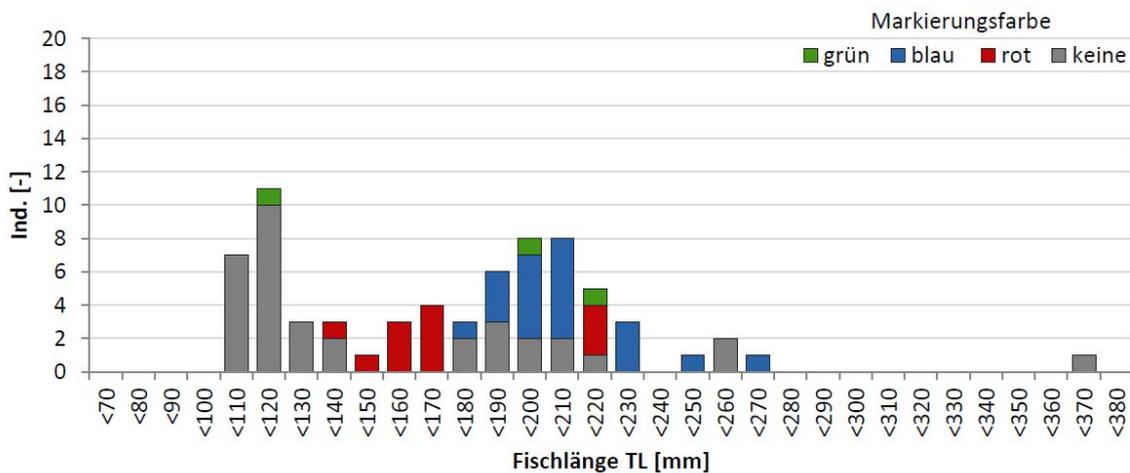


Abbildung 7 Längenfrequenz-Diagramm der Aufstiege in die Reuse im Zeitraum vom 09.Mai 2015 bis zum 09.Juni 2015 getrennt nach Markierungsfarbe (64 Bachforellen und 2 Regenbogenforellen mit <260 mm und <370 mm) (Zeiringer & Führer, 2015)

1.2.2 Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden-Görtschitz

Versuchsstandort 2 an der Görtschitz ist der biozönotischen Region des Metarhithrals mit der Leitart (l) Bachforelle (*Salmo trutta*), den typischen Begleitarten (b) Äsche (*Thymallus thymallus*), Koppe (*Cottus gobio*) und Bachneunauge (*Lampetra planeri*) und den seltenen Begleitarten (s) Aitel (*Leuciscus cephalus*) und Elritze (*Phoxinus phoxinus*) zuzuordnen (BAW, 2014).

Abbildung 8 zeigt zwei Aufnahmen der Wehranlage KW Vier-Linden an der Görtschitz–(links) Tosbecken von flussab fotografiert mit Tosbeckenschwellendurchbruch und Absperrung vor Einstieg in den Vorschacht–(rechts) Schachtabdeckungen des Vorschachts, Fischliftschleusenschacht und OW-Schacht.

In Abbildung 9 ist eine Grundriss Skizze des Fischliftschleusensystems am KW Vier-Linden dargestellt. An diesem Standort ist das Fischliftschleusensystem aus drei miteinander verbundenen Schächten aufgebaut. Das System besteht aus (1) einem unterwasserseitigen Vorkammerschacht, der mit dem Tosbecken und dem Fischliftschleusenschacht verbunden ist, (2) dem eigentlichen Fischliftschleusenschacht mit eingesetztem Transportbehälter und (3) einem OW-Schacht, welcher mit dem Staubereich der Wehranlage verbunden ist. Auch dieser Standort verfügt über zwei Bypassleitungen: a) zur Dotation der Fischliftschleuse bzw. der Erzeugung einer Leitströmung und b) einem Bypass der in den Vorschacht mündet und so zur Erhöhung der Leitströmung dient. Im OW-Schacht ist ein Spül-(Revisions-) schütz situiert, welcher flussauf der Einstiegsöffnung in das Tosbecken mündet.



Abbildung 8 Aufnahme Wehranlage und Fischliftschleuse KW Vier-Linden; rechts Tosbecken mit Holzabsperung Einstieg in Vorschacht; links von oben nach unten: unterwasserseitiger Vorschacht, Fischliftschleusenschacht und OW-Schacht

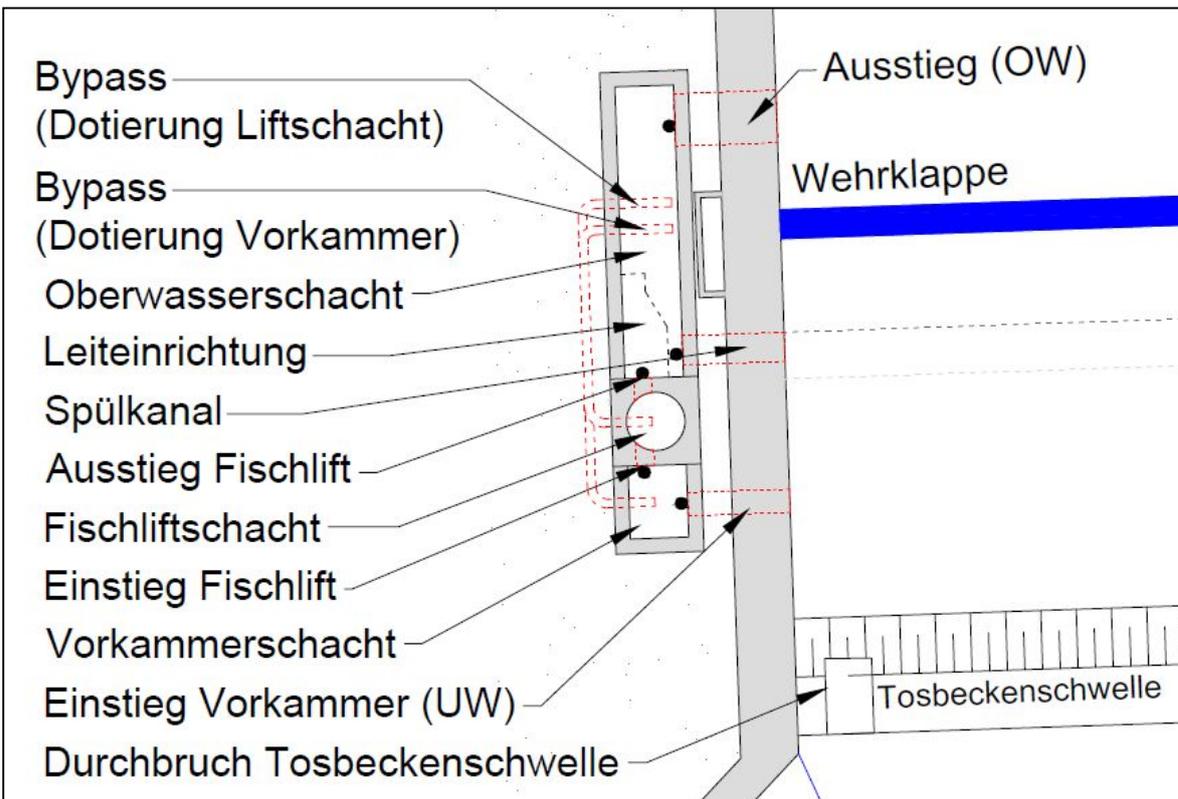


Abbildung 9 Planskizze System Fischliftschleuse KW Vier-Linden-Görtschitz

1.3 Forschungsfragen

- 1) Ist die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges an beiden Standorten für Fische hinsichtlich der Leitströmung gegeben?**
- 2) Ist die Fischpassierbarkeit des Fischliftschleusensystems am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz gegeben?**
- 3) Kann das Fischliftschleusensystem unabhängig der baulichen Ausführung pauschal für die Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit von Wasserkraftwerken empfohlen werden?**

2 Methodik

2.1 Hydrologie

Anhand der Daten des Pegels Hüttenberg (Pegelnummer 212928) an der Görtschitz (ca. 5 fkm flussauf Versuchsstandort KW Vier-Linden) wurden die hydrologischen Randbedingungen im Einzugsgebiet analysiert. Die Abflussdaten, Tagesmittelwerte der langjährigen Reihe (1966–2013), wurden von www.ehyd.gv.at bezogen. Die Abflussdaten für das Jahr 2016 stammen vom hydrografischen Dienst des Landes Kärnten. Die Abflusscharakteristik der langjährigen Reihe wurde jener des Untersuchungsjahres (berechnete Tagesmittelwerte) gegenübergestellt.

2.2 Abiotische Untersuchungen

Zur Überprüfung der Auffindbarkeit des Einstiegs der Fischliftschleuse wurde die vorherrschende Strömungssituation sowie Wassertiefe im UW erhoben. Die Fließgeschwindigkeiten (1-D) wurde mit einem magnetisch induktiven Strömungsmessgerät (Flow Mate MF pro des Unternehmens OTT Hydromet) aufgenommen. Dies passierte am Standort KW Leser am Löllingbach einerseits punktwiese im Nahbereich des Einstiegs und Profilweise für eine großräumige Betrachtung weiter flussab. Am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz, wurde im Nahbereich des Einstiegs (Tosbecken) ein Raster für die Strömungsmessung erstellt und großräumig flussab des KW eine Profilweise Strömungsmessung durchgeführt.

Zusätzlich wurden die Strömungen im OW-Schacht der Fischliftschleuse aufgenommen, um die Strömungssituation im Ausstiegsbereich und in der Fischliftschleuse selbst zu untersuchen.

2.2.1 Versuchsstandort 1 KW Leser-Löllingbach

Am Versuchsstandort 1 KW Leser am Löllingbach wurden die Strömungen im UW sowie im Fischliftschleusenschacht vor dem Ausstieg/Wassereinlauf aufgenommen. Begleitet wurden die Strömungsmessung von einer Videodokumentation der Strömungen unter Zugabe von Farbmitteln (Tracern), um die Strömungsausbildung grafisch erkennen zu können. Die Videodokumentation erfolgte mit wasserdichten Kameras. Das Versuchsssetup für die Videodokumentation ist in Abbildung 10 dargestellt. Mithilfe der Kameras wurde zusätzlich der Automatikmodus der Fischliftschleuse dokumentiert um einerseits festzustellen ob der UW-Schieber bei Absenken des „Schwimmers“ maximal 0,5 cm geöffnet ist und sich erst zu öffnen beginnt, wenn der „Schwimmer“ seine unterwasserseitige Endposition erreicht hat und andererseits um festzustellen, ob nach Beendigung des Füllvorgangs in der Ausschwimmphase das Lochblech des Schwimmersystems sohlgleich mit der Unterkante Ausstiegsöffnung (Durchlass OW) ist und keinen Versatz (Stufe) aufweist. Zur weiteren Untersuchung eines möglichen Versatzes des Lochblech zur Ein- und Ausstiegsöffnung, wurden Abstiche (ab Oberkante Liftschacht) zur Oberkante Schwimmer und Oberkante Lochblech, in den Betriebsphasen „Einschwimmen“ und „Ausschwimmen“, aufgenommen.



Abbildung 10 Setup Videodokumentation: Links: 2 Go Pros im „Schwimmkörper“ montiert für Strömungsvideo und Video Automatikmodus; Mitte: Netzwerkkamera Strömungsvideo Fischliftschleusenschacht OW; Rechts: UW-Go Pro und Netzwerkkamera

Am 28. Und 29. Juli 2016 wurde ein Vorversuch zur Strömungsmessung durchgeführt. Im Zuge des Vorversuchs wurde ein Messprogramm für die Strömungsmessungen mittels Flow Mate erarbeitet und die Zugabe der Farbmittel (Tracer) für die Videodokumentation optimiert.

Vom 22. bis 24. August 2016 wurden die Strömungen im Fischliftschacht (OW) und im Nahbereich des Fischliftschleuseneinstieges, bei verschiedenen Betriebszuständen, gemessen. Tracerströmungsversuche mit Videodokumentation wurden durchgeführt und der Automatikmodus der Fischliftschleuse wurde mit Videos festgehalten. Der Abfluss des Löllingbachs entsprach zu dieser Zeit, einer Überwassersituation (Abfluss/Wasserstand deutlich über Mittelwasserführung), welche im Kapitel 3.1 belegt ist. Am 22. August 2016 kam es zu einer Turbinenabschaltung, aufgrund nicht planmäßiger Wartung, wodurch es zur Aufnahme einer „Hochwassersituation“ kam. Durch die Turbinenabschaltung stieg der Wasserspiegel im OW so stark an, dass die Liftsteuerung Hochwasseralarm auslöste und es zu einem freien Wehrüberfall kam. Die Restwasserstrecke im UW der Fischliftschleuse wurde zu diesem Zeitpunkt mit dem gesamten Abfluss des Löllingbachs dotiert. In diesen 3 Tagen konnten 2 Betriebszustände aufgenommen werden, eine Hochwassersituation und eine Abflusssituation mit erhöhter Mittelwasserführung, die im Sommer 2016 als Normalsituation angesehen werden kann (siehe Kap. 3.1).

Am 29. September 2016 wurde das gleiche Messprogramm wie im August, bei einer Abflusssituation etwas unter Mittelwasserführung, durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Zusätzlich wurden an diesem Tag 4 Messprofile in der Restwasserstrecke unterhalb des Wehrs/Fischlift aufgenommen, um eine großräumige Betrachtung des Wanderkorridors zum Fischliftschleuseneinstieg zu ermöglichen.

Mit den Messwerten aus Profil III (siehe Abbildung 21) wurde eine Abflussberechnung zur Kontrolle der vorgeschriebenen Restwassermenge durchgeführt. Die Berechnung wurde einerseits mit der Gleichung $Q=v \cdot A$ (Q =Durchfluss; v =Durchschnittsgeschwindigkeit; A =Durchflussquerschnitt), zur überschlägigen Abflussberechnung, durchgeführt. Andererseits, da die Geschwindigkeitsverteilung im Messquerschnitt sehr unregelmäßig ist, mit Einteilung des Messquerschnitts in einzelne Lamellen unterschiedlicher Breite (Messlotrechte in Lamellenmitte angeordnet), welche die Fließgeschwindigkeiten möglichst gut widerspiegelt (Dyck & Peschke, 1995).

Die Strömungen wurden im Fischliftschacht oberwasserseitig mit Schwimmer in zwei verschiedenen Tiefen gemessen. Die Wassertiefe im Schwimmer über dem Lochblech betrug 45,5 cm.

Im UW wurden die Strömungen in drei Tiefen aufgenommen: V 100 (direkt über Grund), V 60 (in 60 % der Wassertiefe) und V 20 (in 20 % der Wassertiefe).

Die Strömungsmessung wurde jeweils für 30 Sekunden durchgeführt und die Schwankungsbreite der Strömungsgeschwindigkeit protokolliert (von bis). In der Auswertung wurde der Mittelwert der Schwankungsbreite berechnet und zusätzlich der betragsmäßige Maximalwert ausgewiesen um eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen.

2.2.2 Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden-Görtschitz

Am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz wurden die Strömungen im UW aufgenommen, um den Leitstrom im Bereich des Einstieges und den Leitstrom aus dem Tosbecken durch den Tosbeckenschwellendurchbruch in die Restwasserstrecke zu untersuchen. Dazu wurde ein Messraster im Tosbecken angelegt und flussab der Tosbeckenschwelle einige Messprofile vermarktet. In Kapitel 3.4 in Abbildung 27 ist eine Grundrisskizze des KW Vier-Linden mit Fischliftschleuse (und allen Anlagenkomponenten) und Messraster dargestellt. Die Messungen wurden mit unterschiedlichen Dotationen der Fischliftschleuse und einer zusätzlichen Dotationen, unter zu Hilfenahme des Spülschütz, durchgeführt. Insgesamt wurden Messungen mit drei unterschiedlichen Dotationen durchgeführt. Zu Beginn wurden die Strömungen im UW, mit den zu Versuchsbeginn herrschenden Einstellungen des Fischliftschleusensystems (Ist-Zustand), vorgenommen. Eine zweite Messung der Strömungen im UW wurde mit einer Zusatzdotation über die Bypassleitung in den Vorschacht des Fischliftschleusensystems durchgeführt um zu erkennen, ob sich durch diese Zusatzdotation die Strömungen im Einstiegsbereich wesentlich ändern/erhöhen. Zur Untersuchung einer weiteren Erhöhung des Leitstroms wurde eine weitere Messung mit einer zusätzlichen Dotation über den Spülschütz (OW-Schacht Fischliftschleuse in das Tosbecken), vorgenommen. Die Messungen zu Beginn der abiotischen Untersuchungen wurden pro Messpunkt in 10, 30, 50 cm und ggf. 70 cm unter der Wasseroberfläche und am Gewässergrund durchgeführt.

Nach der messtechnischen Aufnahme des Ist-Zustands wurde erkannt, dass ein zu enges Messraster gewählt wurde, da die Strömungen im Raster nicht sehr stark variierten. Das Messraster wurde danach zu einem breiter gefächerten Raster adaptiert und in besonders interessanten Bereichen (Einstieg in die Vorkammer; Tosbeckenschwellendurchbruch) verdichtet, um möglichst genaue Aussagen treffen zu können und den Arbeitsaufwand zu optimieren. Anhand der Messwerte wurden die mittlere Strömungsgeschwindigkeit sowie der betragsmäßige Maximalwert je Messlotrechte berechnet. Zur besseren Interpretation wurden die Daten aufbereitet, und graphisch als Isotachen dargestellt. Zur Verdichtung wurde zwischen den einzelnen Messpunkten interpoliert (Kriging, Nearest Neighbour). Dies wurde mit der Software „Surfer“ (Interpolation und Isotachendarstellung) und „AutoCAD“ (Integration Isotachen in Grundrissplan) durchgeführt und die maximale Fließgeschwindigkeit innerhalb einer Lotrechten (v_{\max}) je Dotierzustand dargestellt.

Zusätzlich zu diesen Messungen wurde im Vorschacht (Einstieg Fischlifschleuse) und im OW-Schacht (Ausstieg Fischlifschleuse) eine punktweise Messung der Strömungen, bei unterschiedlichen Dotationen, durchgeführt.

Das abiotische Messprogramm an der Fischlifschleuse an der Görtschitz wurde vom 14. bis 18. November 2016, 21. bis 25. November 2016 und vom 05. bis 07. Dezember 2016 durchgeführt.

Um zu untersuchen, ob Fische in den Vorschacht einschwimmen, dann aber nicht den Einstieg in die Fischlifschleuse vollziehen, sondern wieder ausschwimmen, wurden im Dezember 2016 begleitend zu den Reusenuntersuchungen Videodokumentationen im unterwasserseitigen Vorschacht der Fischlifschleuse durchgeführt. Es wurden, wie für die Videodokumentation am Löllingbach, eine Netzwerkkamera und GoPro Kameras verwendet. Der Aufbau für die Videodokumentation ist in Abbildung 11 ersichtlich. Eine weitere Videodokumentation wurde im Zuge der Versuchsanordnung 3 (VAo_3) im März 2017 durchgeführt. Hier wurde die Netzwerkkamera im Wehrkolk des KWs vor der Einstiegsöffnung in den Vorschacht montiert. Die GoPro Kameras wurden mit externer Stromversorgung, in Plexiglaszylindern eingebaut, um längere Filmzeiten

zu erhalten, im Vorschacht und im Tosbecken eingerichtet. Der Versuchsaufbau für diese Videodokumentation ist in Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11 Versuchsaufbau März 2017: Linkes Bild: Plexiglaszylinder mit 2 eingebauten GoPro Kameras und Scheinwerfer. Rechtes Bild: Netzwerkkamera, Plexigalszylinder mit eingebauter GoPro und Scheinwerfer (links neben Videosetup ist der Einstieg in den Vorkammerschacht zu sehen)

2.3 Fischbestandserhebung und Fischmarkierung-Görtschitz

Um die Funktionsfähigkeit einer Fischaufstiegsanlage zu beurteilen, muss der Fischbestand in den angrenzenden Gewässerabschnitten bekannt sein. Die Elektrofischerei ist eine der wichtigsten Methoden zur Erhebung der Fischdichten und Fischbiomassen und die am häufigsten eingesetzte. Sie erlaubt, vor allem in durchwatbaren, kleinen und mittelgroßen Fließgewässern, exakte Angaben (Peter & Erb, 1996).

2.3.1 Elektrobefischung-Görtschitz

Das Prinzip der Elektrofischerei beruht auf dem sich zwischen positiver Anode (Fangpol) und negativer Kathode (Scheuchpol) aufbauenden Gleichstromfeldes. Fische im Gleichstromfeld werden von der positiv geladenen Anode angezogen und beim Annähern an diese betäubt und werden dann eingesammelt. Die gefangenen Individuen werden auf Artniveau bestimmt, gemessen und gewogen.

(1) Qualitative Elektrobefischung wird angewendet um unterschiedliche Strukturen oder einzelne Gewässerbereiche zu Beprobieren um Aufschluss über die Artzusammensetzung zu erhalten.

(2) Quantitative Elektrobefischung wird angewendet um Aussagen über die Fischdichte und -biomasse sowie den Populationsaufbau machen zu können. Es erfolgt eine Watbefischung flussauf einer charakteristischen Gewässerstrecke, wobei versucht wird, möglichst alle vorkommenden Individuen zu fangen, was durch mindestens zwei Befischungsdurchgänge ermöglicht wird.

Zur Erhebung des Fischbestandes am Untersuchungsstandort KW Vier-Linden an der Görtschitz wurde (1) im OW qualitativ und (2) die Restwasserstrecke (Potentialstrecke) im UW quantitativ elektrisch, mittels Rückenaggregat (EFKO; Typ FEG 1500; 1,5 KW), befischt.

Eine quantitative Befischung mit jeweils zwei Durchgängen wurde am 25. Oktober 2016 mit drei Personen (1 Polführer, 1 Kescherträger, 1 Bottichträger) für zwei Gewässerabschnitte, unterschiedlicher morphologischer Charakteristik, der Potentialstrecke im UW des KW Vier-Linden an der Görtschitz durchgeführt. Zusätzlich wurden im Zuge der quantitativen Befischung am 25. Oktober 2016

Sonderhabitate (Tosbecken, Sandfangauslauf und Spülleitungsauslauf) befishet um eine höhere Anzahl von Individuen zu erhalten. Der Staubereich des KW Vier-Linden wurde am 25. Oktober 2016 qualitativ befishet, um eine höhere Anzahl von Individuen für den Aufstiegsversuch zu erhalten. Am 01. Dezember 2016 wurde eine weitere qualitative Befischung einiger Gumpen in dem flussauf des KW Vier-Linden gelegenen Ort „Hüttenberg“ durchgeführt, um eine höhere Anzahl von Individuen aus dem OW für den Aufstiegsversuch zu erhalten.

Am 15. März 2017 wurde eine neuerliche Befischung (semi-quantitativ) der Restwasserstrecke im UW des KW Vier-Linden durchgeführt um eine möglichst große Anzahl an Fischen für einen weiteren Aufstiegsversuch zu erhalten.

2.3.2 Fischmarkierung

Bei dieser Methode werden die im Gewässer gefangenen Tiere je nach Herkunft markiert. Die Fische werden ins UW versetzt und beim Wiederfang bzw. bei der Reusenkontrolle im OW registriert (DWA, 2014).

Als Markierungsmittel wurden Visible Implant Elastomer Tags (VIE) des Herstellers Northwest Marine Technology in unterschiedlichen Farben eingesetzt (siehe Abbildung 12). Dabei handelt es sich um ein flüssiges Kunststoffgemisch (2-Komponenten), welches unter die oberste Hautschicht injiziert wird und anschließend zu einem biegsamen, biologisch verträglichen Kunststoff aushärtet (Zeiringer & Führer, 2015). Die Markierung der Fische mit VIE erfolgte im Anschluss an die jeweilige Befischung in unterschiedlichen Farben (siehe Abbildung 12), damit im Zuge des Aufstiegsversuches zwischen Tieren unterschiedlicher Herkunft differenziert werden konnte.



Abbildung 12 Bachforellen (*Salmo trutta*) mit Markierung hinter dem Auge; von links nach rechts: rot, blau und grün

2.3.3 Fischbestandsbewertung-Görtschitz

Der fischökologische Zustand wurde anhand der Fish-Index-Austria (FIA) Berechnungsmethode nach Haunschmid *et al.* (2006) bewertet. Die Berechnung wurde für die beiden befischten Strecken an der Görtschitz (UW KW Vier-Linden) gesondert und als Gesamtbewertung zusammen mit den befischten Sonderhabitaten im UW des KW Vier-Linden durchgeführt. Das biozönotische Artenspektrum des Standorts ist in Kapitel 1.3 ersichtlich. Artenspektrum, Abundanz und Biomasse sowie die Beurteilung der Altersstruktur der einzelnen Arten, werden in das Excel-Dokument „FISH_INDEX_AUSTRIA“ eingetragen und somit die standardisierte Bewertung (Zustandsklassen 1–5) des FIA durchgeführt (Haunschmid *et al.*, 2010).

Die Altersstruktur der Population von Leitarten und Begleitarten ist anhand der Längenfrequenzdiagramme (Ordinalskalierung 1–5) zu treffen (Haunschmid *et al.*, 2006).

Die Berechnung von Abundanz (Häufigkeit) und Biomasse erfolgt bei einer quantitativen Befischung mit zwei Durchgängen nach der Methode von Seber & Le Cren (1967) und andererseits, falls nur ein Befischungsdurchgang vorhanden ist, mit der Abschätzung des Fangerfolgs in Prozent, um auf die im Gewässer verbliebenen Individuen schließen zu können. Für die befischten Sonderhabitats wurde aufgrund einer sehr guten Sichtigkeit und eines erfahrenen Befischungsteams ein Fangerfolg von 100 % angenommen. Die Bestandserhebung wurde gesondert mit und ohne Einbeziehung der Sonderhabitats durchgeführt und ausgewiesen.

Für die Biomasseberechnung ist es erforderlich die Länge der gewählten Befischungsstrecken, sowie deren mittlere Gewässerbreite bei Mittelwasserführung zu kennen, um auf die Biomasse pro Hektar Gewässerfläche schließen zu können (Haunschmid *et al.*, 2006). In Abbildung 13 sind die Befischungsstrecken an der Görtschitz, sowie die gesamte Potentialstrecke für die Bewertung der Fischliftschleuse KW Vier-Linden dargestellt. Abbildung 14 zeigt das natürliche Wanderhindernis am Ende der Potentialstrecke.

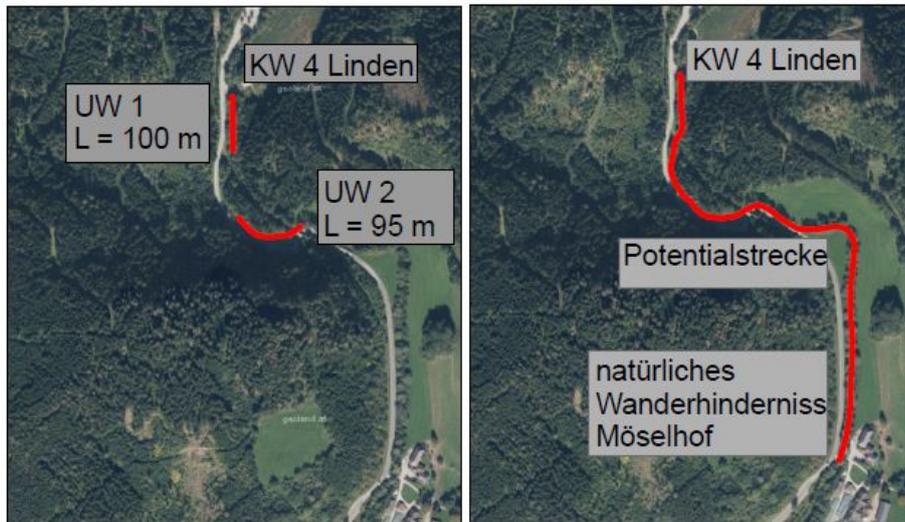


Abbildung 13 Bild links: Quantitativ befischte Strecken im UW des KW Vier-Linden; Bild rechts: Gesamte Potentialstrecke von KW Vier-Linden flussab bis zu Brücke Möselhof



Abbildung 14 Natürliches Wanderhindernis unterhalb Brücke Möselhof

2.4 Aufstiegsversuche-Görtschitz

Das Untersuchungsdesign beinhaltet grundsätzlich (1) eine quantitative Befischung im UW zur Erhebung des Fischbestands sowie den Fang aufstiegswilliger Fische im OW, (2) die Biometrie und Markierung der Individuen in unterschiedlichen Farben je Befischungsabschnitt, (3) den Versatz der Tiere aus dem OW ins UW und (4) den eigentlichen Aufstiegsversuch (Zeiringer & Führer, 2015). Im OW wurde lediglich der Staubereich des KW Vier-Linden sowie weiter flussaufgelegene Gumpen im Ort Hüttenberg befischt.

2.4.1 Geschlossener Versuch 1 (VAo_1)

Die Fische wurden am 25. Oktober 2016 in den Vorschacht der Fischliftschleuse besetzt und mittels einer Absperrung (Holzkonstruktion mit PVC ummantelten Drahtgitter) zum Tosbecken am Abwandern gehindert (siehe Abbildung 15). Alle aufgestiegenen und in der Reuse gefangenen Individuen wurden vermessen und protokolliert. Anschließend wurden Sie in die Restwasserstrecke im UW versetzt um alle aufstiegswilligen Individuen für den Hauptversuch zur Verfügung zu haben. Der geschlossene Versuch 1 wurde am 28. Oktober 2016 abgeschlossen.



Abbildung 15 Absperrung des Einstieges in den Vorschacht der Fischliftschleuse für VAo1

2.4.2 Hauptversuch (VAo_2)

Am 28. Oktober 2016 wurde die Absperrung (siehe Abbildung 15) aus dem geschlossenen Versuch 1 entfernt und somit der offen gestaltete (ohne Absperrung) Hauptversuch gestartet. Alle aufgestiegenen und in der Reuse gefangenen Individuen wurden nach deren Vermessung und Protokollierung ins OW des KW Vier-Linden versetzt um Wiederaufstiege zu vermeiden. Während des Hauptversuches wurde mit unterschiedlichen Dotationen des Bypass für die Erzeugung der Leitströmung und mit zusätzlicher Dotation über das Spülschütz zur Erzeugung einer besseren Leitströmung im Tosbecken experimentiert. In

dieser Diplomarbeit sind die Ergebnisse bis zum Ende des offenen Hauptversuchs am 08. Juni 2017 dargestellt.

2.4.3 Geschlossener Versuch 2 (VAo_3)

Am 15. März 2017 wurde das Tosbecken des KW Vier-Linden mittels Netz abgesperrt (siehe Abbildung 16) und die mittels qualitativer Elektrofischung gefangenen Fische in das Tosbecken besetzt. Die aufgestiegenen Individuen wurden wie in VA0_2 gemessen und protokolliert und anschließend ins OW versetzt. Der Versuch wurde am 30. März 2017 beendet.



Abbildung 16 Absperrung Tosbecken für VAo3

3 Ergebnisse

3.1 Hydrologie

In Abbildung 17 sind die Abflussganglinien der mittleren täglichen Abflüsse des Untersuchungsjahres (2016), sowie die Abflussganglinie der mittleren täglichen Abflüsse der Reihe der Jahre 1966 bis 2013 dargestellt. Tabelle 1 zeigt den Vergleich des Mittelwasserabflusses (1966–2013) zum Abfluss an den jeweiligen Untersuchungstagen (abiotisches Messprogramm; Befischung).

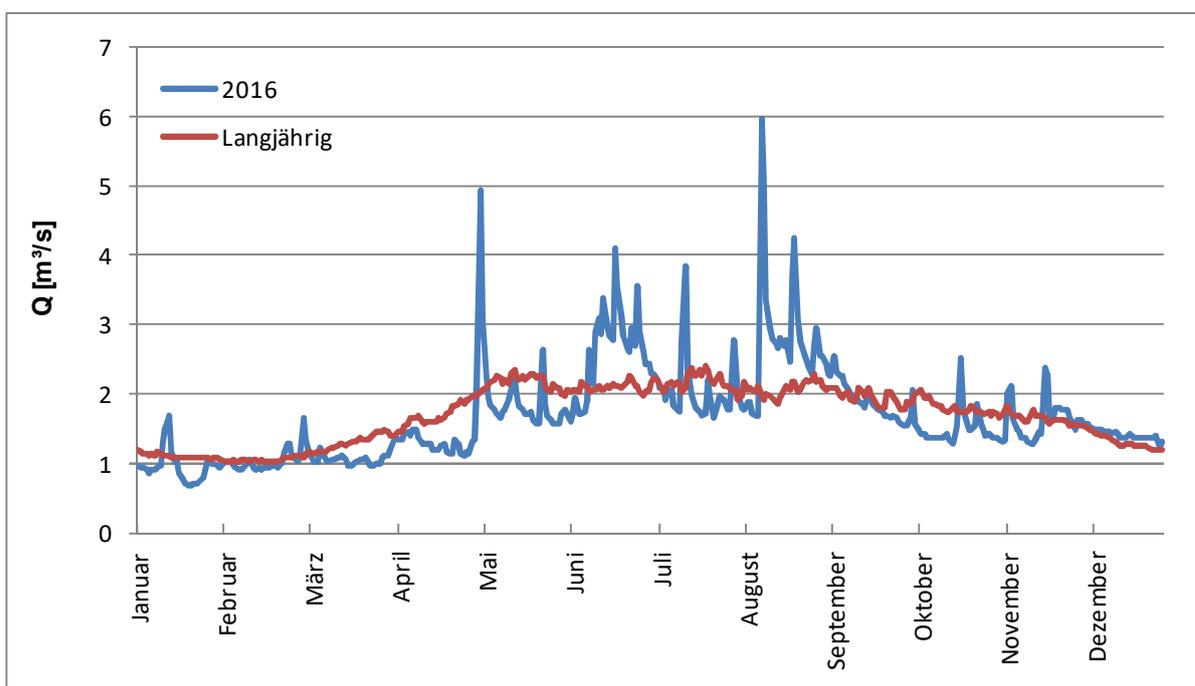


Abbildung 17: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse (1966–2013) und der mittleren täglichen Abflüsse des Untersuchungsjahres (2016)

Tabelle 1: Vergleich MQ mit mittleren täglichen Abfluss (oder arithmetischem Mittel über mehrere Tage) an Tagen mit Strömungsmessung und Befischung

MQ (1966–2013)	1,71 m³/s
28.07.2016 + 29.07.2016 Vorversuch Löllingbach	1,85 m ³ /s
22.08.2016–24.08.2016 Strömungsmessung Löllingbach	3,36 m ³ /s
29.09.2016 Strömungsmessung Löllingbach	1,56 m ³ /s
25.10.2016 Befischung Görtschitz	1,55 m ³ /s
14.11.2016–18.11.2016 Strömungsmessung Görtschitz	1,36 m ³ /s
21.11.2016–25.11.2016 Strömungsmessung Görtschitz	1,75 m ³ /s
05.12.2016–07.12.2016 Strömungsmessung Görtschitz	1,50 m ³ /s

3.2 Abiotische Strömungsuntersuchungen KW Leser- Löllingbach

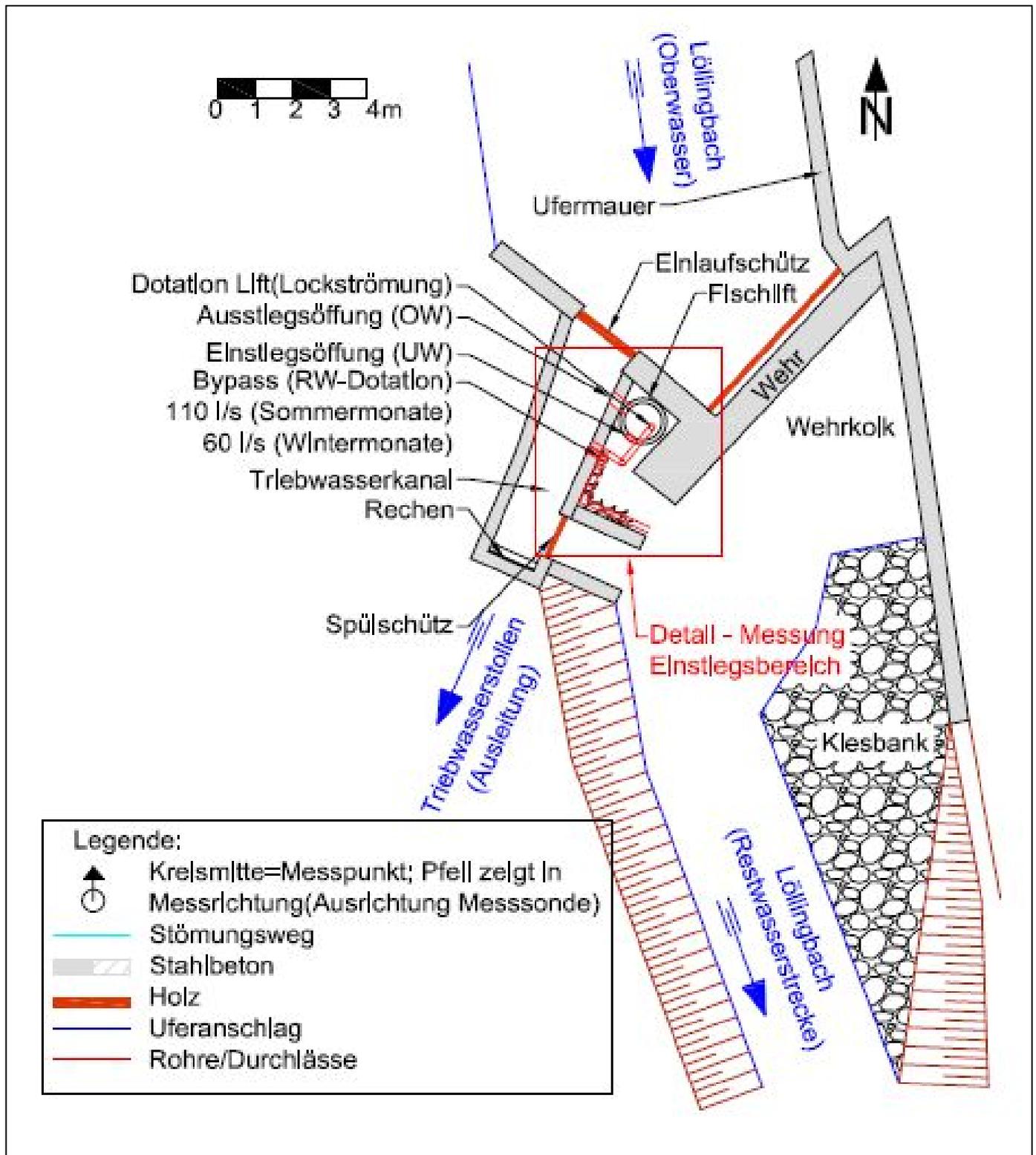


Abbildung 18 Übersichtsplan Wehranlage KW Leser - Löllingbach

In Abbildung 18 ist die Wehranlage des KW Leser am Löllingbach mit allen Analgenteilen, wie Wehr, Einlaufschütz, Triebwasserkanal, usw., in einer Planskizze erfasst. Die Fischliftschleuse ist zwischen Wehrmauer und Spülschütz situiert und ist unterwasserseitig an die Restwasserstrecke des Löllingbach angebunden. Die Legende im Übersichtsplan besitzt für alle folgenden Abbildungen, welche die Strömungssituation im UW sowie im Schacht der Fischliftschleuse beschreiben, Gültigkeit.

In den Abbildungen 19 und 20 sind die Strömungsmessungen im Einstiegsbereich vom 27. Juli 2016, 23. August 2016, 24. August 2016 und 29. September 2016, jeweils in der Betriebsphase: „Einschwimmen der Fische“, dargestellt und die Messpunkte (Pfeil zeigt die Ausrichtung der Messsonde) mit den über die Tiefe berechneten Mittelwerten (3-Punkt Methode (ÖNORM EN ISO 748, 2008)) vermerkt. Die aufgenommenen Messwerte und die Mittelwertberechnung für die einzelnen Messungen sind im Anhang tabellarisch dargestellt. Im Anhang sind auch die Messungen für die Betriebsphase: „Ausschwimmen der Fische“ ersichtlich.

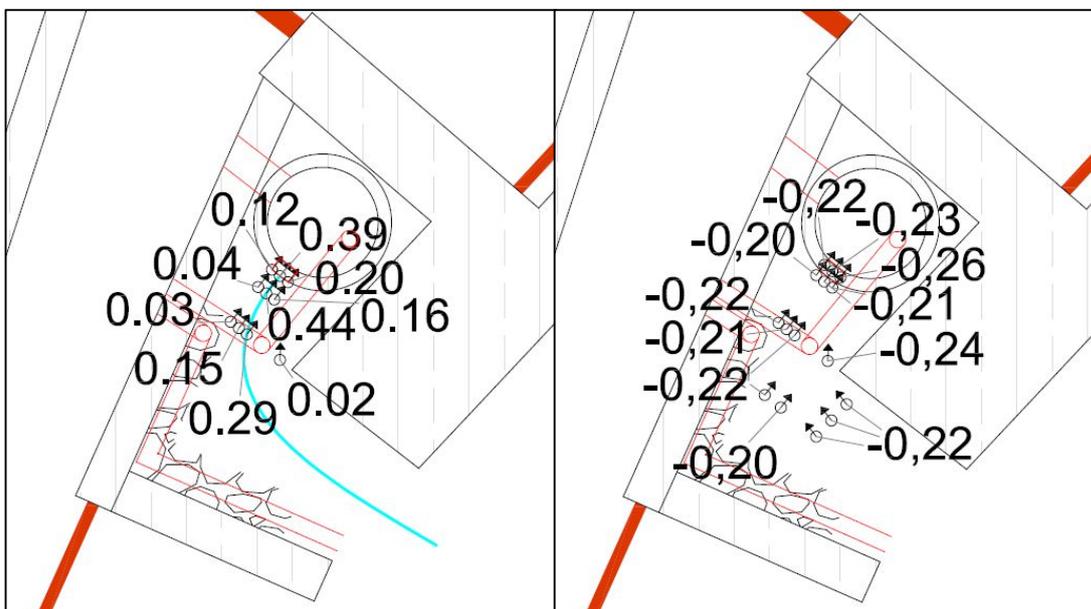


Abbildung 19: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen) KW Leser-Löllingbach: Links: am 28. Juli 2016 im Zuge des Vorversuchs-Abflusssituation Mittelwasser; Rechts: am 23. August 2016-Turbinenausfall (Hochwassersituation)

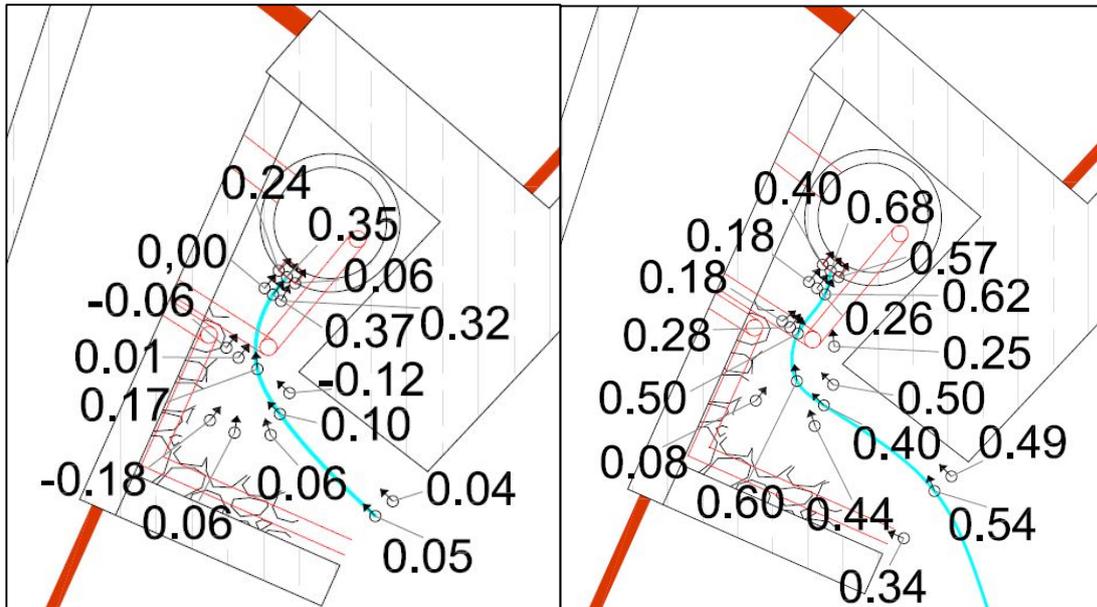


Abbildung 20: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen KW Leser-Löllingbach: Links: am 24. August 2016-Abflusssituation Überwasser; Rechts: am 29. September 2016-Abflusssituation leichtes Niederwasser

Abbildung 21 zeigt die Strömungsmessung in den Profilen I bis IV, aufgenommen und vermarktet in der Restwasserstrecke unterhalb der Wehranlage. Weiters ist die Messung im Nahbereich des Einstieges vom 29. September 2016 abgebildet. Dargestellt sind die Messpunkte (Pfeil zeigt die Ausrichtung der Messsonde) und die dazugehörigen Mittelwerte, über die Tiefe berechnet (3-Punkt Methode (ÖNORM EN ISO 748, 2008)). Im UW der Wehranlage konnten 3 unterschiedliche Strömungspfade festgestellt werden, eine Strömung aus dem Tosbecken, eine Strömung (Leitströmung) von der Fischliftschleuse kommend und eine Strömung aus dem Sandfang, welche sich aufgrund der nicht vorhandenen Dichtheit des Sandfangs ergibt. Diese drei Strömungen treffen im Nahbereich der Wehranlage aufeinander und haben sich ca. 10 m (Profil III) unterhalb der Wehrmauer zu einer Strömungstechnisch erfassbaren Hauptströmung vereint. Die genauen Ergebnisse dieser Messung sind im Anhang ersichtlich.

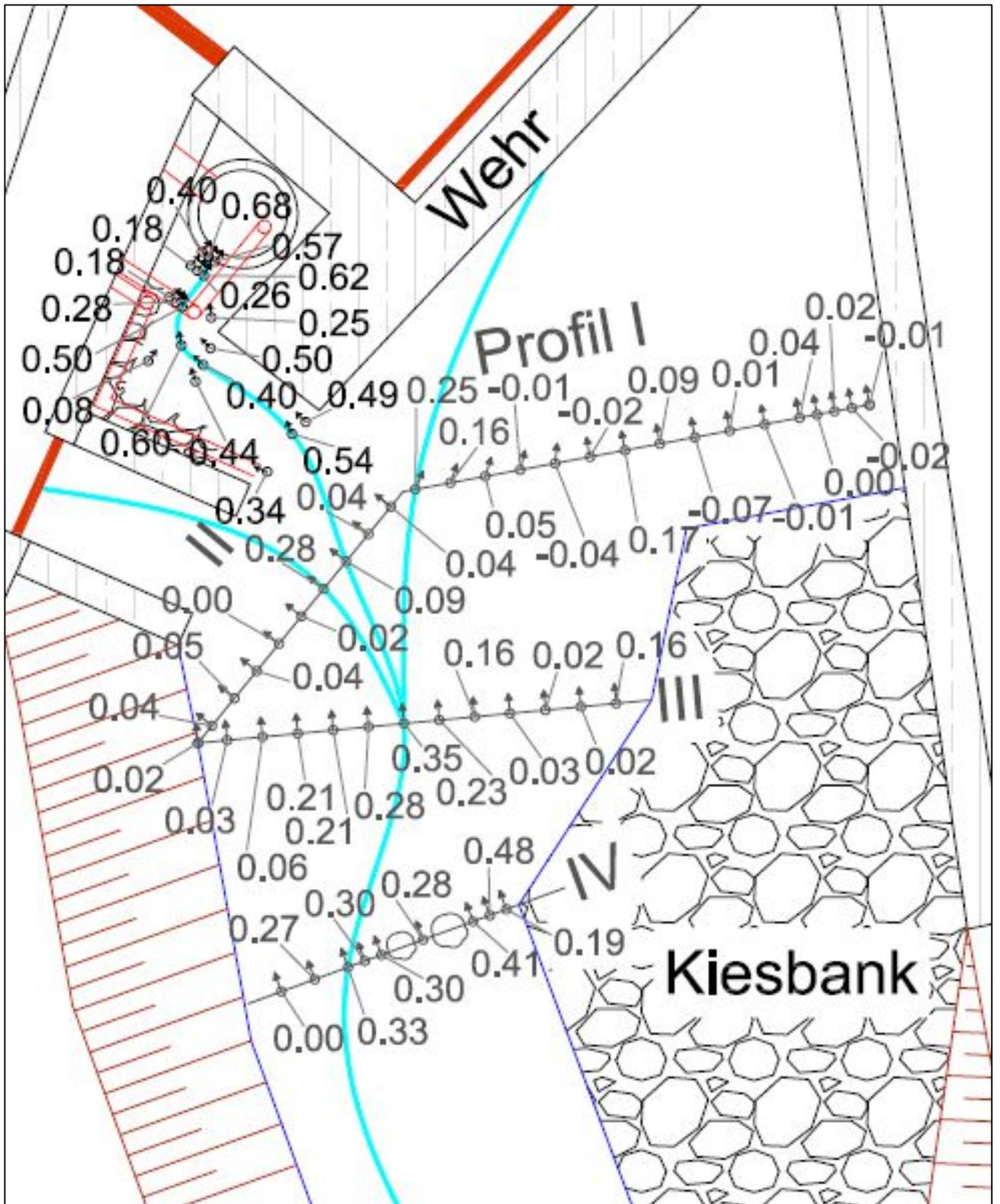


Abbildung 21: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen) KW Leser - Löllingbach am 29. September 2016 und Strömungsmessung der Profile I bis IV

In Abbildung 22 sind die Ergebnisse der Strömungsmessung im Schacht (Ausstiegsbereich) dargestellt. Die dargestellten Messergebnisse sind in den Messpunkten (Pfeil zeigt die Ausrichtung der Messsonde) mit den Werten der Messung 18 cm unterhalb der Wasseroberfläche (ca. Mitte Verbindungsschacht zwischen Liftschacht und Triebwasserkanal) ersichtlic. Die Ergebnisse aller Messungen im Fischliftschacht (OW) sind im Anhang ersichtlic.

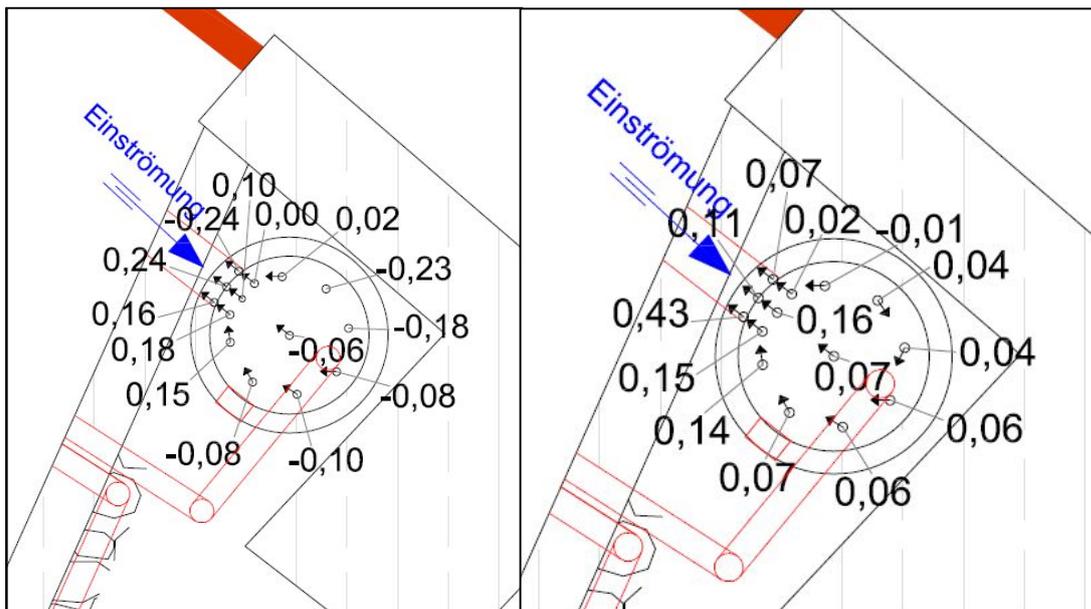


Abbildung 22: Strömungsmessung im Schacht (Ausstiegsbereich) Fischliftschleuse (Betriebsphase: Ausschwimmen) KW Leser-Löllingbach: Links: am 24. August 2016- Abflusssituation Überwasser; Rechts: am 29. September 2016- Abflusssituation leichtes Niederwasser

In Abbildung 23 und Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Abflussberechnung für Profil III nach der Lamellenmethode (ÖNORM EN ISO 748, 2008) dargestellt. In Tabelle 3 ist die Berechnung der überschlägigen Abflussberechnung $Q=A \cdot v$ (A =Fließquerschnitt; v =mittlere Strömungsgeschwindigkeit über das Profil gemittelt) ersichtlic. Mit der überschlägigen Berechnungsmethode ergibt sich ein Restwasserabfluss von 122,70 l/s, bei Berechnung mit der Lamellenmethode von 109,86 l/s.

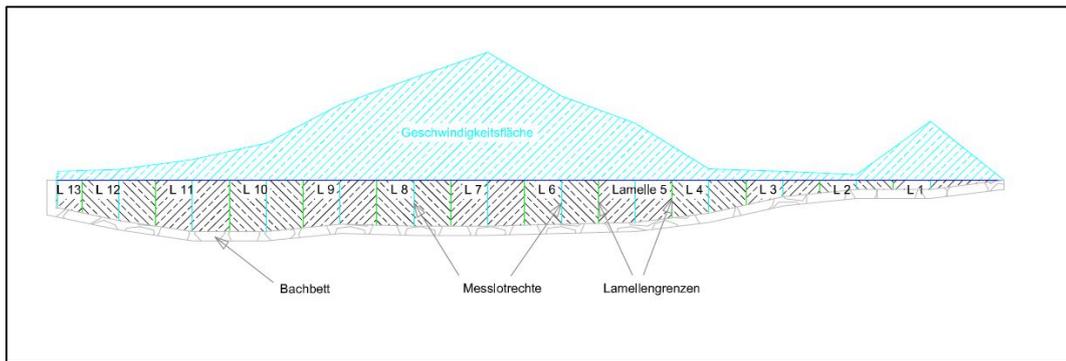


Abbildung 23 Profil III Löllingbach-in 13 Lamellen für Abflussbestimmung unterteilt; Geschwindigkeitsfläche überhöht dargestellt

Tabelle 2 Abflussbestimmung Löllingbach Profil III: Bi= Lamellenbreite; Hi=mittlere Lamellentiefe; Ai= Lamellenfläche; Vi= mittlere Geschwindigkeit über Tiefe; Qi= Lamellenabfluss; Qges= Gesamtabfluss im Fließquerschnitt

Lamelle	Bi [m]	Hi [m]	Ai=Bi*Hi [m ²]	Vi [m/s]	Qi=Ai*Vi [m ³ /s]	Qges [m ³ /s]	Qges [l/s]
1	0.60	0.03	0.02	0.16	0.0024	0.1099	109.86
2	0.40	0.04	0.02	0.02	0.0003		
3	0.40	0.08	0.03	0.02	0.0007		
4	0.40	0.13	0.05	0.03	0.0016		
5	0.40	0.17	0.07	0.16	0.0105		
6	0.40	0.18	0.07	0.23	0.0167		
7	0.40	0.19	0.08	0.35	0.0261		
8	0.40	0.19	0.08	0.28	0.0209		
9	0.40	0.19	0.08	0.21	0.0155		
10	0.40	0.21	0.08	0.10	0.0083		
11	0.40	0.20	0.08	0.06	0.0045		
12	0.40	0.16	0.07	0.03	0.0019		
13	0.14	0.12	0.02	0.02	0.0004		

Tabelle 3: Überschlägige Abflussbestimmung Profil III Löllingbach: A= Gesamtfläche Fließquerschnitt; V= mittlere Fließgeschwindigkeit über Fließquerschnitt; Qges= Gesamtabfluss im Fließquerschnitt

A=	0.9626	[m ²]
V=	0.1275	[m/s]
Qges=	0.1227	[m ³ /s]
Qges=	122.70	[l/s]

3.3 Videodokumentation Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach

Die dokumentierten Videosequenzen wurden zu einem Kurzfilm (18:51 Minuten) geschnitten, der folgend kurz zusammengefasst ist.

Ab Minute 00:05 bis 00:50, wird der Fischliftschleusenschacht ohne Schwimmbehälter auf OW-Niveau gezeigt. Durch die Zugabe von Farbtacern ist hier die Ausbreitung der Strömung ersichtlich. Eine nach rechts gerichtete Strömung aus dem Ausstieg ist ersichtlich, die dem runden Schachtquerschnitt folgt und sich dann turbulent über den ganzen Querschnitt vermischt (siehe Abbildung 24).

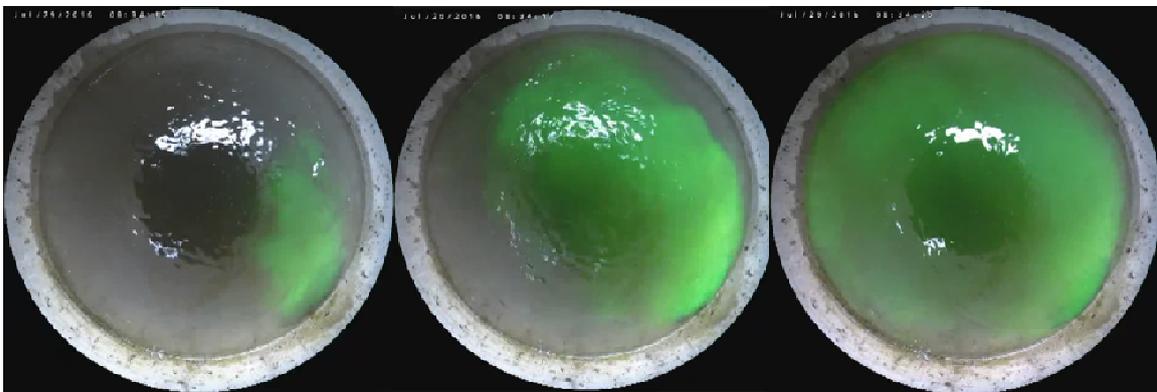
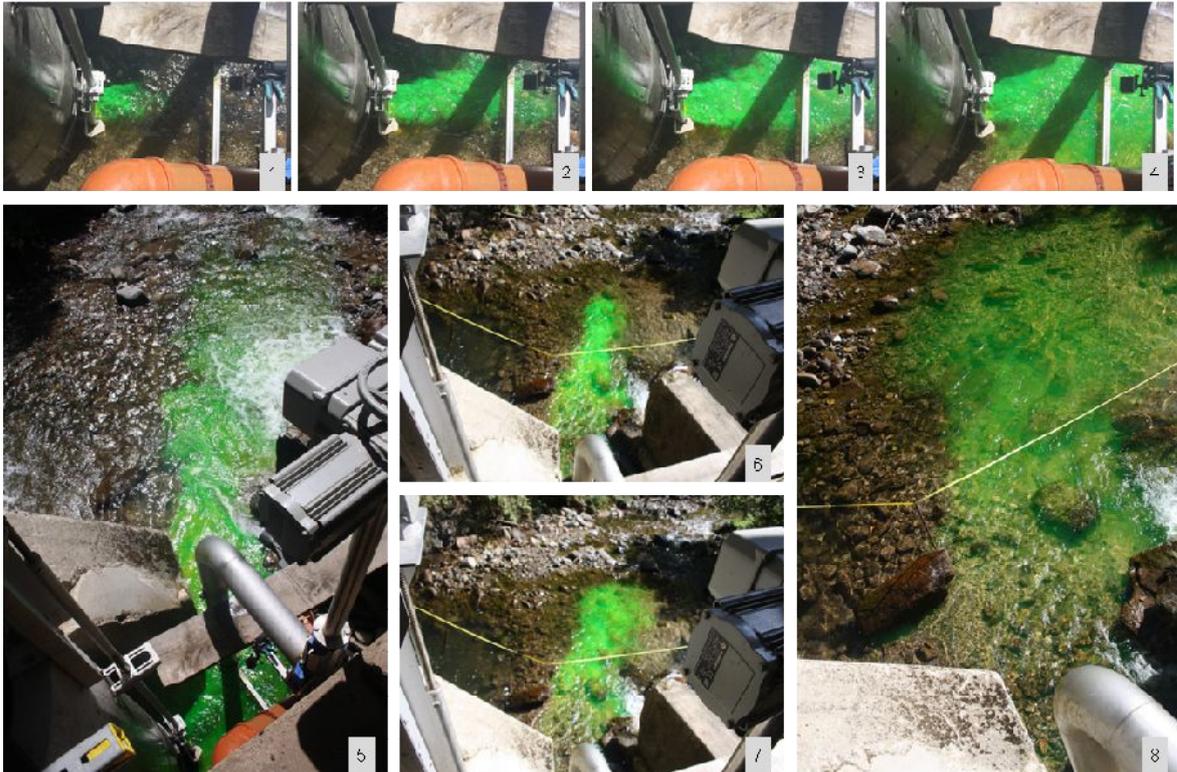


Abbildung 24 Strömungsmuster Fischliftschleusenschacht OW-Niveau

Ab Minute 00:50 ist die Strömungsausbreitung unter Zugabe von Farbtacern im Einstiegsbereich der Fischliftschleuse ersichtlich. Eine gut erkennbare Leitströmung aus dem Fischliftschleuseneinstieg ist erkennbar, die bei Erreichen des Zusammenflusses mit der Restwasserstrecke (Strömung vom Wehr kommend und Restwasserabgabe) einen kurzen Strömungsabriss erfährt und sich dann weiter flussab fortpflanzt (siehe Abbildung 25).

Ab Minute 02:02 ist das Ende der automatische Entleerungsphase der Fischliftschleuse (GoPro in Schwimmbehälter eingebaut) zu sehen. Es ist ersichtlich, dass die Öffnung des UW-Schiebers zur Entleerung des Schachts den geforderten Vorgaben entspricht und der Öffnungsvorgang erst bei Erreichen der unterwasserseitigen Endposition des Schwimmbehälters startet. Folgend wird der Fischliftschacht mit eingebautem Schwimmbehälter in der Füllphase gezeigt (bis Minute 05:40). Hier kommt es zu einem zu frühen Öffnen des Ausstiegsschiebers im OW und damit zu einem freien Überfall in den Fischliftschacht und somit in den Schwimmbehälter (siehe Abbildung 26).



**Abbildung 25 Strömungsausbreitung unter Zugabe von Farbtacern im Einstiegsbereich
(Bild 1–5 bei Überwassersituation am 29. Juli 2016; Bild 6–8 am 29. September 2016
Q~120 l/s)**



**Abbildung 26 Frühzeitiges Öffnen des OW-Schiebers und überfallsartige Dotierung ;
Ansicht im Schwimmbehälter (rechtes Bild)**

Von Minute 05:45 bis Minute 08:00 schwimmt eine Forelle in der Einschwimmphase der Fischliftschleuse ein und wieder aus.

Bis zum Ende des Kurzfilms ist die Sequenz einer Forelle die in einer Einschwimmphase einige Male in die Fischliftschleuse schwimmt und wieder ausschwimmt zu sehen. Bei Minute 14:30 beginnt sich der Einstiegsschieber zu schließen, wobei die Forelle bei schließendem Schieber nochmals ausschwimmt und durch den noch weniger als 50 % geöffneten Einstiegsschieber nochmals schwimmt (Minute 15:18) und dann aufsteigt.

In der darauffolgenden Füllphase ist wieder der zu früh öffnende Ausstiegsschieber, im Schwimmbehälter zu sehen (Minute 16:38). Hierbei ist eine sehr hohe Turbulenz im Schwimmbehälter ersichtlich.

3.4 Abiotische Strömungsuntersuchungen KW Vier-Linden-Görtschitz

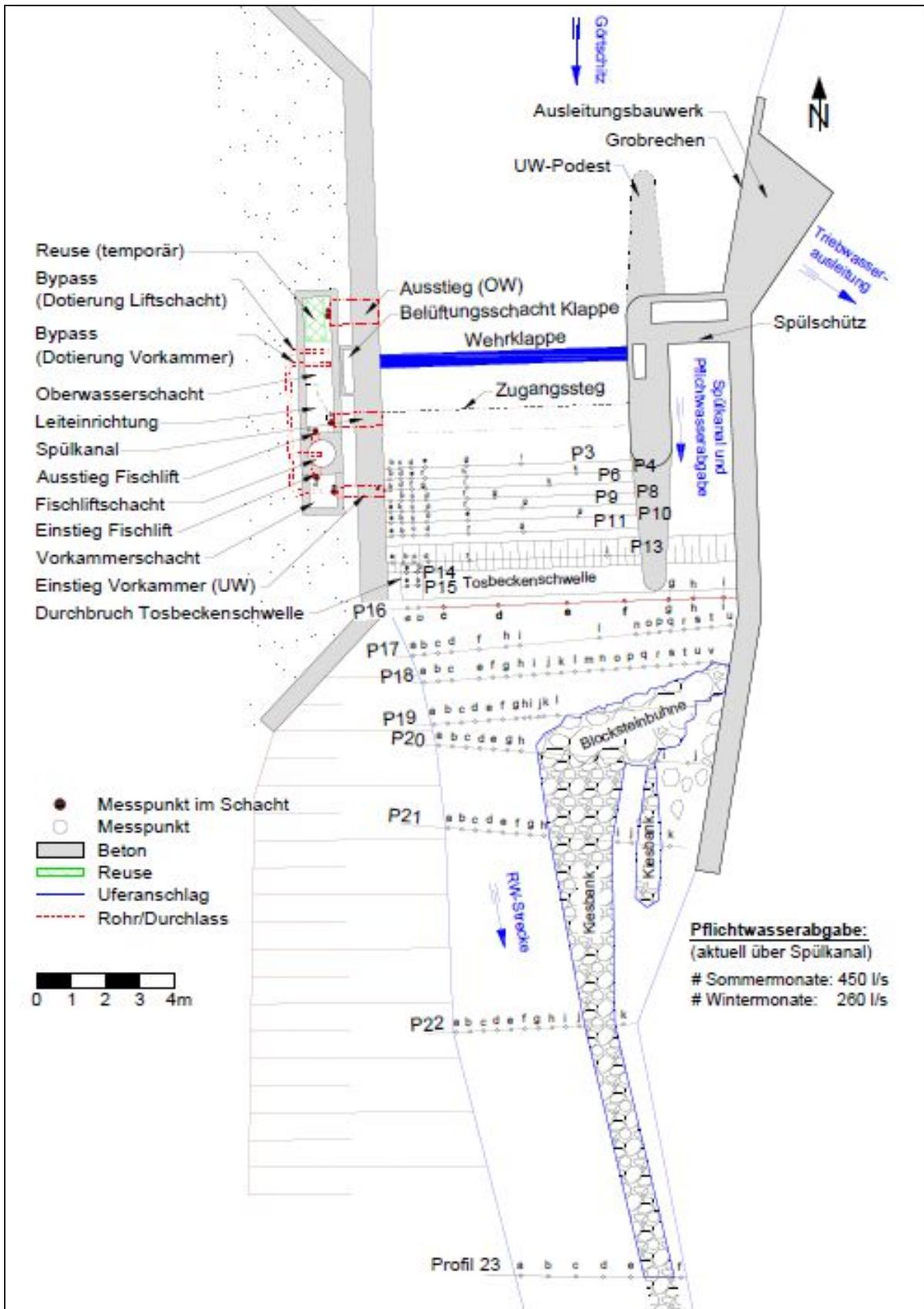


Abbildung 27 Übersichtsplan KW Vier-Linden-Görtschitz, mit eingezeichneten Messraster

In Abbildung 27 ist die Wehranlage des KW Vier-Linden an der Görtschitz mit allen Anlagenteilen, wie Wehr, Einlaufschütz, Triebwasserkanal, usw. in einer Planskizze erfasst. Die Fischliftschleuse befindet sich auf der Westseite des Tosbeckens, wobei der Wanderweg hier vom Wehrkolk in einen Vorschacht führt. Von dort gelangen aufstiegswillige Fische in die eigentliche Fischliftschleuse. Im OW folgt ein 5 m langer Schacht der mit dem Staubereich des KW verbunden ist (Ausstieg). In der Planskizze ist auch das verwendete Messraster zur abiotischen Strömungsmessung dargestellt.

Die Ergebnisse der Strömungsmessung sind als Flächen gleicher Geschwindigkeiten für unterschiedliche Dotationen—(1) Ist-Zustand, (2) mit Bypass Dotation und (3) mit Spülschütz Dotation—in Abbildung 28 dargestellt. Zur besseren Veranschaulichung sind die Abbildungen einzeln im Anhang dargestellt und zusätzlich die Wassertiefenverteilung im UW des KW Vier-Linden dargestellt. Die tabellarischen dargestellten Ergebnisse der Strömungsmessungen sind ebenfalls im Anhang ersichtlich.

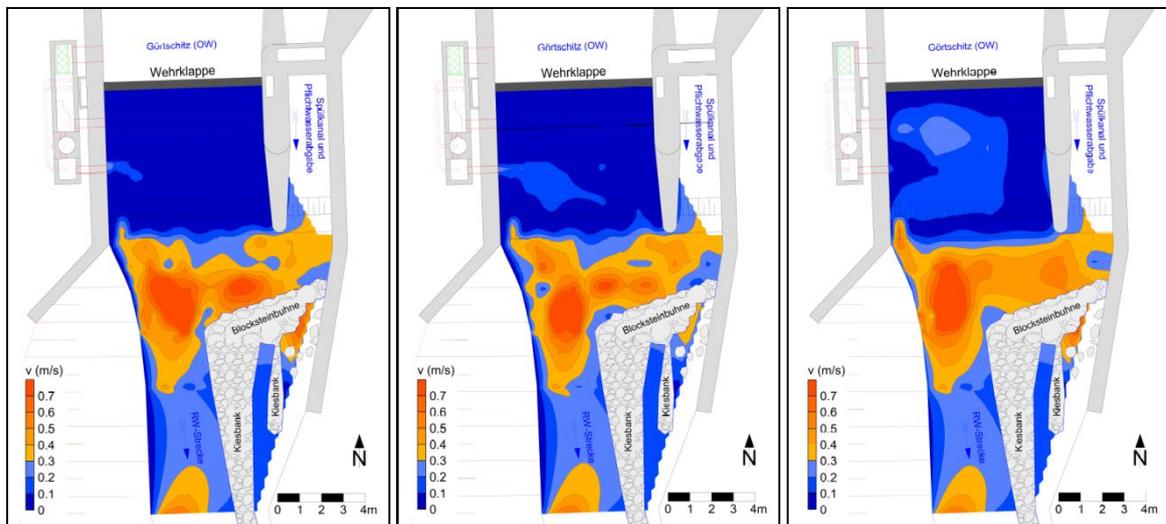


Abbildung 28 Darstellung der gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten als Flächen gleicher Geschwindigkeit. Von links nach rechts: (1) Ist-Zustand (2) Bypass Dotation (3) Spülschütz Dotation

Die aufgenommen Punkte zur Strömungsmessung im unterwasserseitigen Vorschacht und im OW-Schacht sind in Abbildung 29 dargestellt.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Strömungsmessungen im UW-Schacht (Vorkammer) und OW-Schacht ersichtlich. Die Messungen wurden für

unterschiedliche Dotationen–(1) Ist-Zustand, (2) mit Bypass Dotation und (3) mit Spülschütz Dotation–durchgeführt und in den beiden Betriebsphasen Einschwimmen bzw. Ausschwimmen durchgeführt.

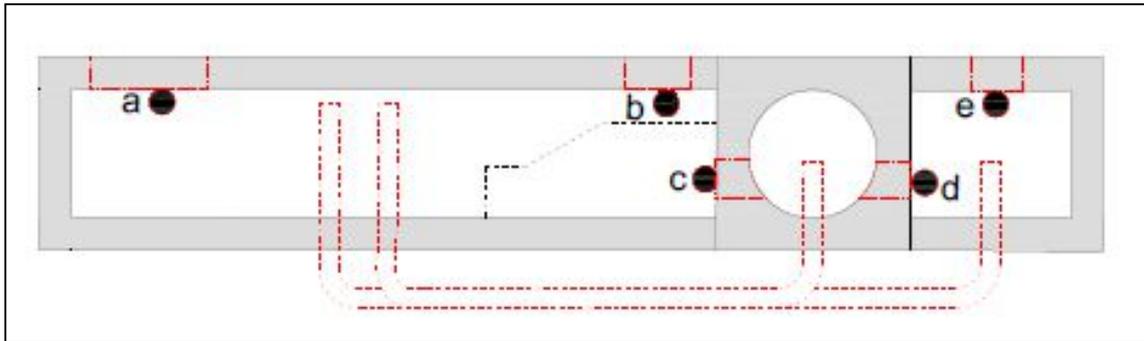


Abbildung 29 Punktübersicht der Strömungsmessungen im UW-Schacht (Vorkammer) und OW-Schacht

Tabelle 4 Strömungsmessungen im UW-Schacht (Vorkammer) und OW-Schacht aufgeteilt in Einschwimm- bzw. Ausschwimmphase und in IST Zustand, zusätzliche Bypass Dotation und zusätzliche Spülschütz Dotation

Einschwimmphase (Schwimmbehälter im UW)							
Mess- punkt	Wasser- tiefe [cm]	IST- Zustand		Bypass Dotation		Spülschütz Dotation	
		V _m [m/s]	V _{max} [m/s]	V _m [m/s]	V _{max} [m/s]	V _m [m/s]	V _{max} [m/s]
Ausgang Oberwasser - a	125	0,069	0,09	0,069	0,09	0,069	0,09
Vor Spülschütz - b	87	0,02	0,03	0,02	0,03	0,079	0,115
Ausgang Lift - c	79	0,019	0,03	0,019	0,03	0,063	0,085
Eingang Lift - d	79	0,152	0,32	0,145	0,295	0,145	0,295
Eingang Unterwasser - e	85	0,034	0,06	0,072	0,1	0,072	0,1
Ausschwimmphase (Schwimmbehälter im OW)							
Ausgang Oberwasser - a	125	0,069	0,09	0,069	0,09	0,069	0,09
Vor Spülschütz - b	87	0,02	0,03	0,062	0,085	0,047	0,1
Ausgang Lift - c	79	0,019	0,03	0,045	0,05	0,074	0,08
Eingang Lift - d	79	0,804	2,055	0,05	1,665	0,588	1,395
Eingang Unterwasser - e	85	0,029	0,11	0,047	0,08	0,071	0,115

Strömungsmessungen im Fischliftschleusenschacht selbst, wie am Standort KW Leser am Löllingbach, konnten am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz aufgrund der Lage des Ausstieges aus der Fischliftschleuse–ca. 2,80 m unter Geländeniveau–nicht durchgeführt werden.

Im Zuge von begleitenden Videoaufnahmen konnte beobachtet werden das Fische aus dem Tosbecken in den unterwasserseitigen Vorschacht einschwimmen, jedoch nicht aus diesem in den Fischliftschacht schwimmen, sondern wieder ins Tosbecken ausschwimmen.

Auch wurde erkannt, dass sich auf Grund der Gestaltung des Einstiegsschieber in den Fischliftschleusenschacht ein Versatz von einigen Zentimetern zwischen Schieberunterkante und Einstiegsöffnung ergibt (siehe Abbildung 30, links). Im

Zuge des offenen Versuchs 2016 wurde die Bypass Dotation zur Erhöhung der Leitströmung aus dem Vorkammerschacht in das Tosbecken erhöht und mittels der Videoaufnahmen die Bildung eines Luftblasenvorhanges, ab einer Öffnung des Bypasses von >25 % beobachtet (siehe Abbildung 30, rechts).



Abbildung 30 Links: Einstiegsschieber in die Fischliftschleuse mit Versatz (Blick Richtung Fischliftschleusenschacht); Rechts: Einstiegsöffnung in die Fischliftschleuse mit Blasenvorhang auf Grund des zu 50 % geöffneten Bypasses (Blick Richtung Fischliftschleusenschacht)

3.5 Fischbestandserhebung Görtschitz und Fischmarkierung (VIE)

Tabelle 5 zeigt einen Überblick über alle im UW bzw. OW des KW Vier-Linden gefangenen und markierten Fischen (Bachforelle). Im UW wurden eine Strecke flussab des Tosbeckens (UW_1), eine Strecke weiter flussab (UW_2), sowie Sonderhabitate (SST) (Tosbecken, Sandfangauslauf und Gumpen Spülleitung) befischt. Im OW werden der Staubereich des KW Vier-Linden (OW_STB) sowie weiter flussauf gelegene Gumpen im Ort Hüttenberg (OW_GH) befischt. Die im OW gefangenen Individuen wurden markiert und ins UW versetzt. Weiter sind die Abschnittslängen und Gewässerbreiten für die Abschnitte UW_1 und UW_2 gelistet.

Tabelle 5: Überblick der gefangenen Individuen mit und ohne Markierung

Gewässer		Görtschitz (Unterwasser)			Görtschitz (Oberwasser)	
		UW_1	UW_2	SST	OW_STB	OW_GH
Abschnitt		UW_1	UW_2	SST	OW_STB	OW_GH
Abschnittslänge [m]		100	95	-	-	-
Gewässerbreite [m]		6	6.5	-	-	-
Fischart (Farbe)	- markiert	Ind. (n) - rot	Ind. (n) - blau	Ind. (n) - rot	Ind. (n) - blaurotblau	Ind. (n) - grün
Bachforelle		39	65	25	1	23
Fischart	- nicht markiert	Ind. (n)	Ind. (n)	Ind. (n)	Ind. (n)	Ind. (n)
Bachforelle		28	19	2	6	-
Gesamtsumme		67	84	27	7	23

Die Abbildungen 31 bis Abbildung 36 zeigen die Längenfrequenz-Diagramme der in Tabelle 5 gelisteten Individuen in Abhängigkeit des Befischungsabschnitts (UW_1, UW_2, SST, OW_STB, OW_GH). Die in rot, blau oder grün dargestellten Balken zeigen die in der entsprechenden Farbe, mit VIE, markierten Bachforellen. Die nicht markierten Individuen sind in grauen Balken abgebildet. Insgesamt konnten in allen Befischungsabschnitten der Görtschitz nur Bachforellen (*Salmo trutta*) nachgewiesen werden.

Abbildung 31 zeigt die in der UW Strecke 1 des KW Vier-Linden erhobenen Individuen. In diesem Abschnitt wurden ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=67$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 64–215 mm. Individuen >100 mm wurden mit rotem VIE markiert ($n_{\text{rot}}=39$). Das Histogramm zeigt einen guten Aufbau der Altersstruktur juveniler und jüngerer Stadien. Nur 3 Bachforellen ≥ 200 mm konnten in diesem Abschnitt nachgewiesen werden.

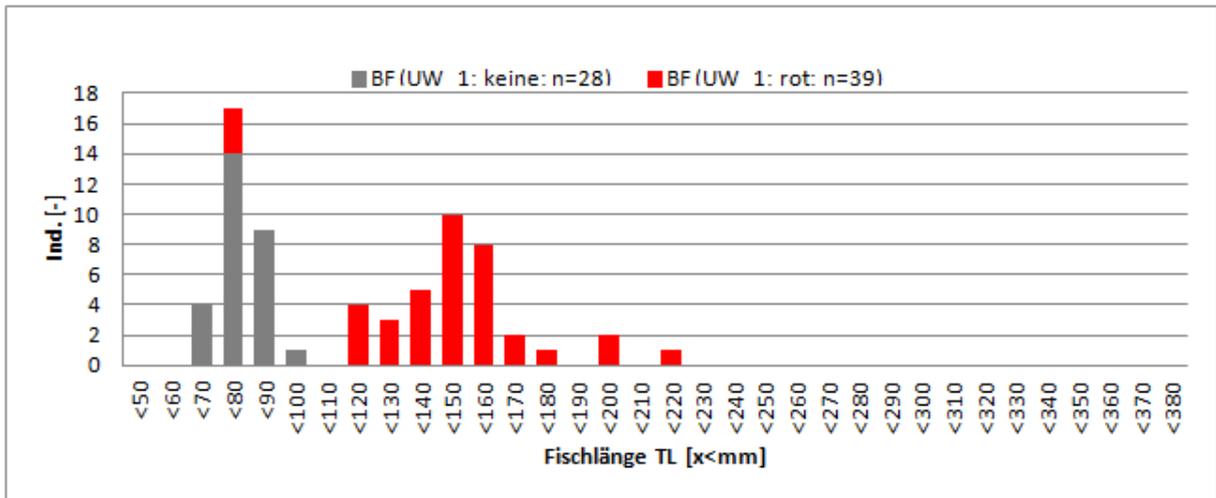


Abbildung 31: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 1) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=67$ Ind.). Markierungsfarbe=rot; $n_{\text{rot}}=39$ Ind.

Abbildung 32 zeigt die in der UW Strecke 2 des KW Vier-Linden erhobenen Individuen. In diesem Abschnitt wurden ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=84$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 57–284 mm. Individuen >100 mm wurden mit blauem VIE markiert ($n_{\text{blau}}=65$). Das Histogramm zeigt ebenfalls einen guten Aufbau der Altersstruktur jüngerer Stadien. Einige Bachforellen ≥ 200 mm konnten in diesem Abschnitt nachgewiesen werden.

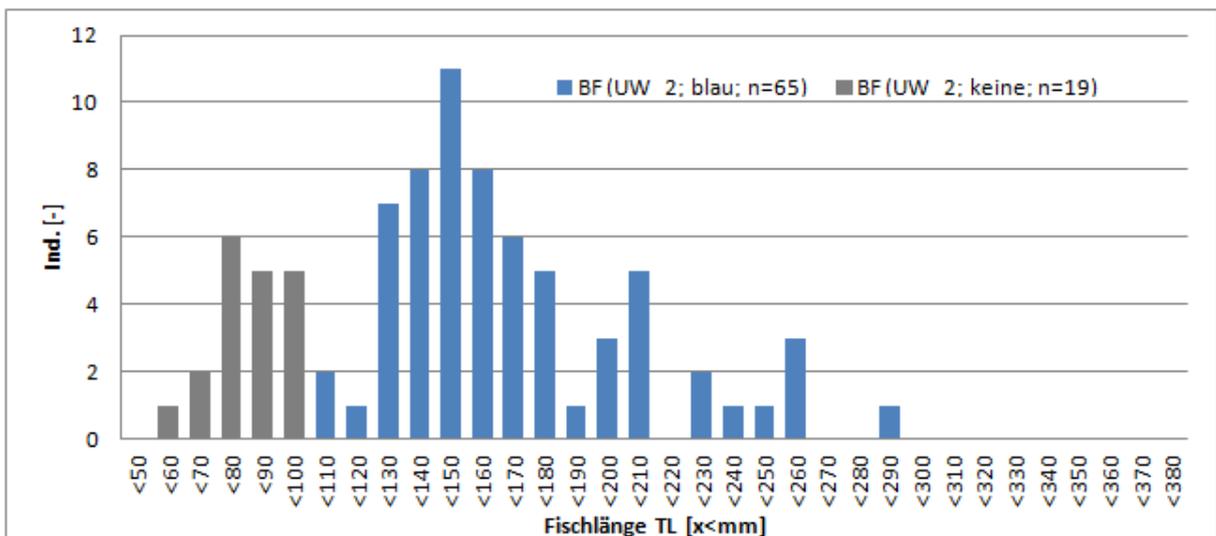


Abbildung 32: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 2) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=84$ Ind.). Markierungsfarbe=blau; $n_{\text{blau}}=65$ Ind.

Abbildung 33 zeigt die im UW des KW Vier-Linden erhobenen Individuen in ausgewählten Sonderhabitaten (Tosbecken, Sandfangauslauf, Spülleitungsauslauf). Diese Standorte wurden befischt um eine höhere Anzahl an größeren Individuen für die Aufstiegsversuche zu erhalten. In diesem Abschnitt

wurden ebenfalls ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=27$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 75–370 mm. Individuen >100 mm wurden mit rotem VIE markiert ($n_{\text{rot}}=25$).

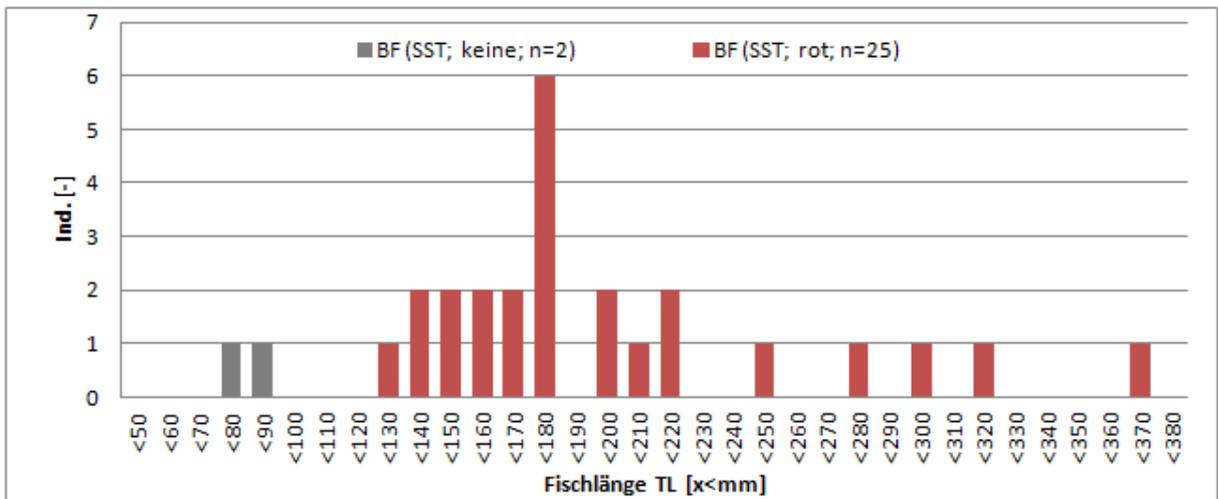


Abbildung 33: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 25. Oktober 2016 im UW (Tosbecken, Sandfangauslauf und Spülleitungsauslauf) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=27$ Ind.). Markierungsfarbe=rot; $n_{\text{rot}}=25$ Ind.

Abbildung 34 zeigt alle im UW des KW Vier-Linden erhobenen Individuen. Im gesamten UW-Abschnitt wurden ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=178$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 57–370 mm. Das Histogramm zeigt einen guten Aufbau der Altersstruktur aller Entwicklungsstadien, wobei nur wenige Bachforellen ≥ 300 mm nachgewiesen werden konnten. Dieses Längenfrequenz-Diagramm aller befischten UW Abschnitte wurde für die Bewertung der Altersstruktur bei der Erhebung des FIA herangezogen.

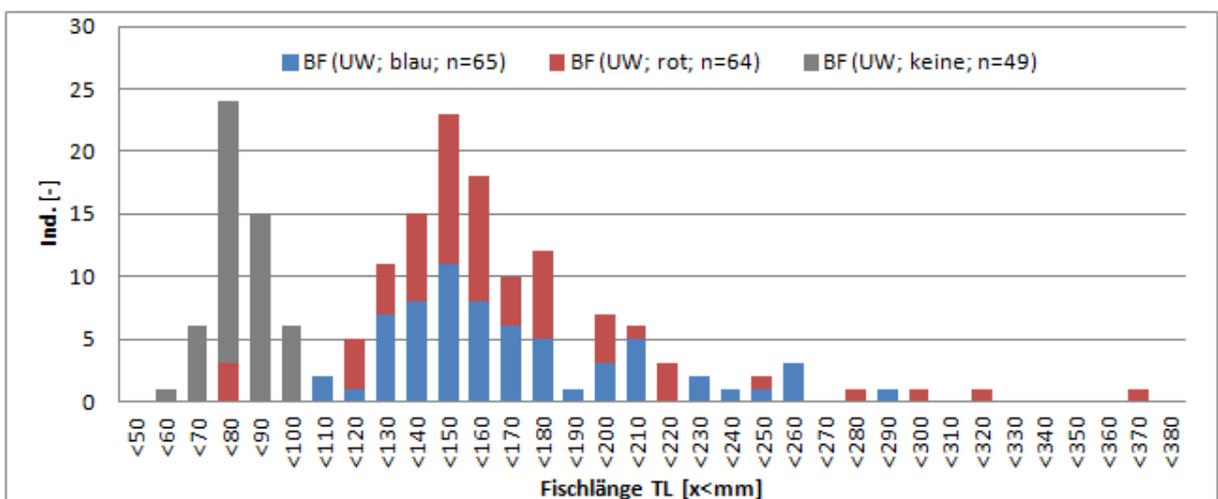


Abbildung 34: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 1 und 2 + Tosbecken, Sandfangauslauf und Spülleitungsauslauf) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=178$ Ind.). Markierungsfarbe=rot; $n_{\text{rot}}=64$ Ind.; Markierungsfarbe=blau; $n_{\text{blau}}=65$ Ind.

Abbildung 35 zeigt die im OW (Staubereich) des KW Vier-Linden erhobenen Individuen. Dieser Abschnitt wurde qualitativ befischt um Individuen aus dem OW für den Aufstiegsversuch zu erhalten. Aufgrund der steilen Böschung und großen Wassertiefen konnte dies nur eingeschränkt erfolgen. In diesem Abschnitt wurden ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=7$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 64–165 mm. Individuen >100 mm wurden mit blau-rot-blauem VIE markiert ($n_{\text{rot}}=1$). Weiter flussauf konnte zu diesem Zeitpunkt aufgrund nicht erteilter Befischungsbewilligung keine Erhebung durchgeführt werden.

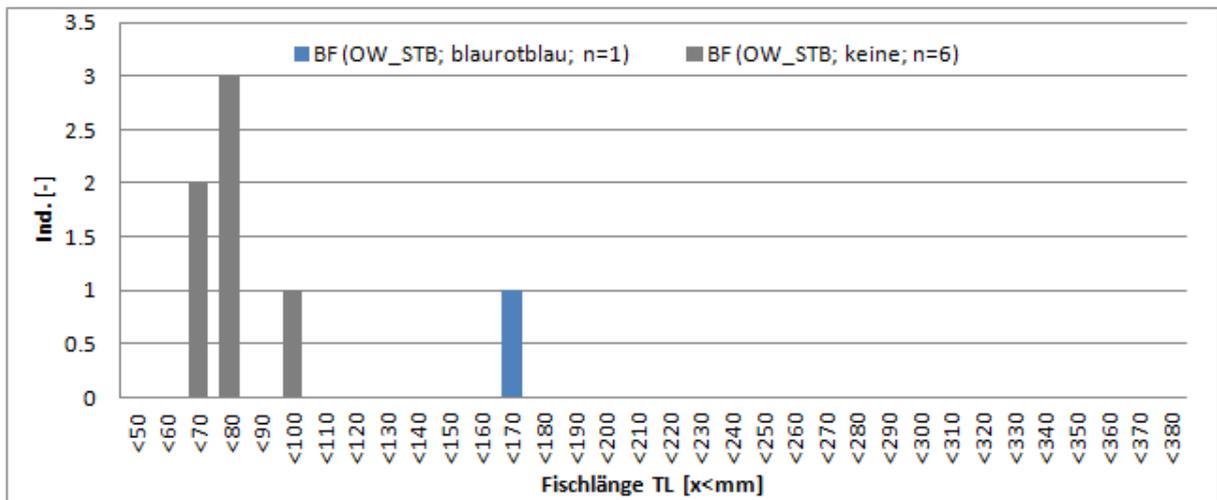


Abbildung 35: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 25. Oktober 2016 im OW (Staubereich) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=7$ Ind.). Markierungsfarbe=blaurotblau; $n_{\text{blaurotblau}}=1$ Ind.

Abbildung 36 zeigt die im OW des KW Vier-Linden in weiter flussauf gelegenen Gumpen (Bereich Ort Hüttenberg) erhobenen Individuen. In diesem Abschnitt wurden ausschließlich Bachforellen ($n_{\text{ges}}=23$) gefangen. Die Fischlänge lag zwischen 110–245 mm. Alle gefangenen Individuen wurden mit grünem VIE markiert ($n_{\text{grün}}=23$). Dieser Abschnitt wurde am 01. Dezember 2016 zusätzlich qualitativ befischt um eine größere Zahl an Individuen aus dem OW der KW Vier-Linden für den Aufstiegsversuch zu erhalten.

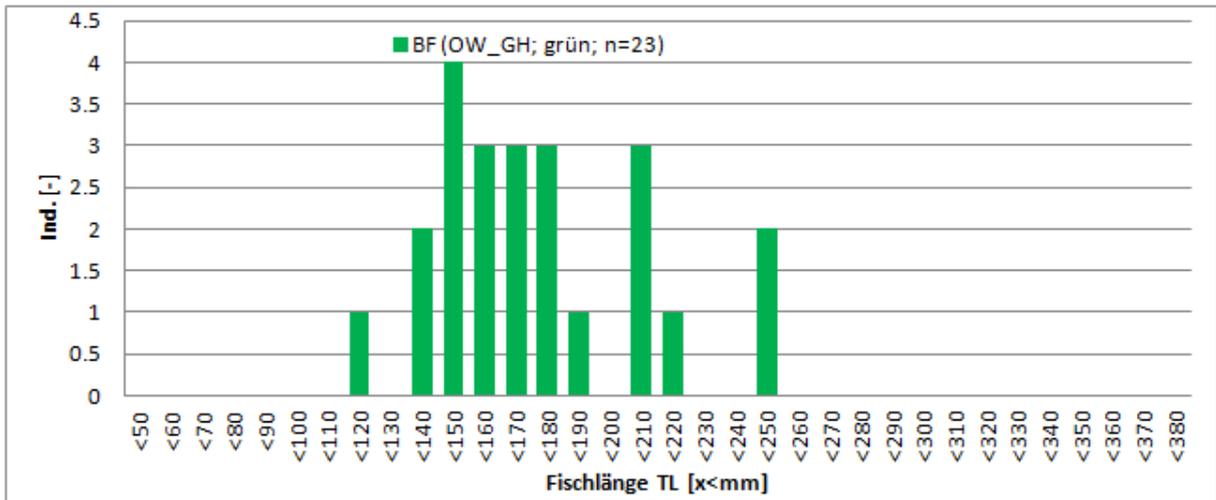


Abbildung 36: Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 01. Dezember 2016 im OW des KW Vier-Linden weiter flussauf in Gumpen gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=23$ Ind.). Markierungsfarbe=grün; $n_{\text{grün}}=23$ Ind.

Abbildung 37 zeigt die Längen-Gewichts-Regression der im Löllingbach, bei einer Befischung im Jahr 2015, gefangenen Bachforellen. Die ermittelte Regressionskurve wird folgend auch für die Fischbestandserhebung in der Görtschitz herangezogen.

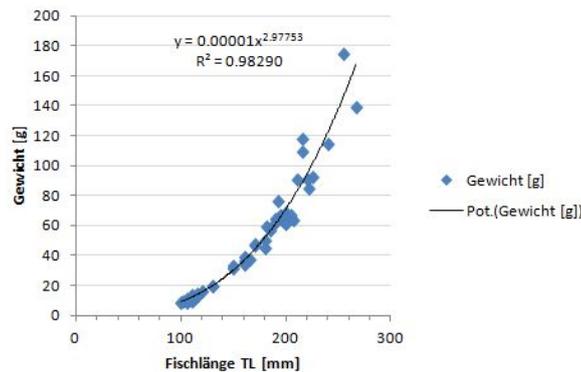


Abbildung 37: Längen-Gewichts-Regression Bachforelle (*Salmo trutta*) Görtschitz

Die Bestandserhebung wurde am 25. Oktober 2016 mit drei Personen (1 Polführer, 1 Kescherträger, 1 Bottichträger) durchgeführt. Auf Grund einer Gewässerbreite von 6 bis 6,5 m und einer sehr guten Sichtigkeit konnte eine effektive Befischung durchgeführt werden. In Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die errechneten Abundanzen und Biomassen für die beiden befischten UW-Abschnitte gesondert ersichtlich. In Tabelle 8 sind die Abundanzen und Biomassen für beide befischten UW-Abschnitte zusammen betrachtet dargestellt. Zusätzlich wurden die beiden UW-Abschnitte und die qualitativ befischten Sonderhabitate (Tosbecken, Sandfangauslauf, Spülleitungsauslauf) im gesamten betrachtet und die Abundanz und Biomasse für die Görtschitz im UW des KW Vier-Linden errechnet (Fangerfolg

100 % für Sonderhabitate). Dies ist in Tabelle 9 ersichtlich. Hierbei wurden die beiden quantitativ befischten Strecken und die erhobenen Sonderhabitate nach deren prozentuellen Flächenanteil an der Potentialstrecke gewichtet und so die Abundanz und Biomasse berechnet (UW Strecke 1–59,5 %; UW Strecke 2–39,5 %; Sonderhabitate–1 %). Ebenfalls wurde mit den Daten aller UW Abschnitte die Abundanz und Biomasse, nicht wie normalerweise auf Hektar bezogen, sondern auf die Fläche der Potentialstrecke (KW Vier-Linden flussab bis zu einem natürlichen Migrationshindernis, gelegen unterhalb Brücke „Möselhof“) errechnet und in Tabelle 10 dargestellt. Dies stellt die potentiellen aufstiegsbereiten Individuen im UW des KW Vier-Linden dar.

Tabelle 6: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 1

Abschnitt	UW Strecke1
Abschnittslänge [m]	100
Abschnittsbreite [m]	6,0
Abschnittsfläche [m ²]	600
Fischart [-]	Bachforelle
Fangzahl [Ind.]	67
Fangerfolg [%]	100
Berechneter Bestand [Ind.]	74
Verbliebene Fische [Ind.]	7
Realfang [kg]	1,23
Verbliebene Fische [kg]	0,10
Abundanz [Ind./ha]	1239
Biomasse [kg/ha]	22,06

Tabelle 7: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 2

Abschnitt	UW Strecke2
Abschnittslänge [m]	95
Abschnittsbreite [m]	6,43
Abschnittsfläche [m ²]	617,50
Fischart [-]	Bachforelle
Fangzahl [Ind.]	84
Fangerfolg [%]	100
Berechneter Bestand [Ind.]	100
Verbliebene Fische [Ind.]	16
Realfang [kg]	3,16
Verbliebene Fische [kg]	0,58
Abundanz [Ind./ha]	1619
Biomasse [kg/ha]	60,53

Tabelle 8 Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 1 und UW Strecke 2

Abschnitt	UW KW Vier-Linden
Abschnittslänge [m]	-
Abschnittsbreite [m]	-
Abschnittsfläche [m ²]	1337,50
Fischart [-]	Bachforelle
Fangzahl [Ind.]	178
Fangerfolg [%]	100
Berechneter Bestand [Ind.]	201
Verbliebene Fische [Ind.]	23
Realfang [kg]	4,39
Verbliebene Fische [kg]	0,68
Abundanz [Ind./ha]	1391
Biomasse [kg/ha]	37,45

**Tabelle 9: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-alle erhobenen Standorte
UW KW Vier-Linden**

Abschnitt	UW KW Vier-Linden
Abschnittslänge [m]	-
Abschnittsbreite [m]	-
Abschnittsfläche [m ²]	1217,50
Fischart [-]	Bachforelle
Fangzahl [Ind.]	151
Fangerfolg [%]	100
Berechneter Bestand [Ind.]	201
Verbliebene Fische [Ind.]	23
Realfang [kg]	6,57
Verbliebene Fische [kg]	0,68
Abundanz [Ind./ha]	1399
Biomasse [kg/ha]	38,85

**Tabelle 10: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-Potentialstrecke mit allen
erhobenen Standorten UW KW Vier-Linden**

Abschnitt	Potentialstrecke
Abschnittslänge [m]	871,90
Abschnittsbreite [m]	6,25
Abschnittsfläche [m ²]	5449
Abundanz [Ind.]	758
Biomasse [kg]	20,69

In Tabelle 11 ist das Ergebnis der fischökologischen Zustandsbewertung anhand des FIA aufgelistet.

Tabelle 11: Fischökologischer Zustand Görtschitz-Berechnung FIA

Abschnitt	UW1	UW2	UW
Abundanz [Ind./ha]	1239	1619	1399
Biomasse [kg/ha]	22,67	60,53	38,85
Bewertung der Altersstruktur	3	3	2
Fischökologischer Zustand	5,00	3,06	4,00
FIA ohne KO-Kriterium	3,06	3,06	2,72

Am 15. März 2017 wurde eine weitere qualitative Befischung an der Görtschitz durchgeführt um für VAo_3, Aufstiegsversuch mit Absperrung Tosbecken, genügend Individuen zur Verfügung zu haben.

In Abbildung 38 und Abbildung 39 sind die Längenfrequenzdiagramme der im UW und OW des KW Vier-Linden gefangenen Individuen dargestellt.

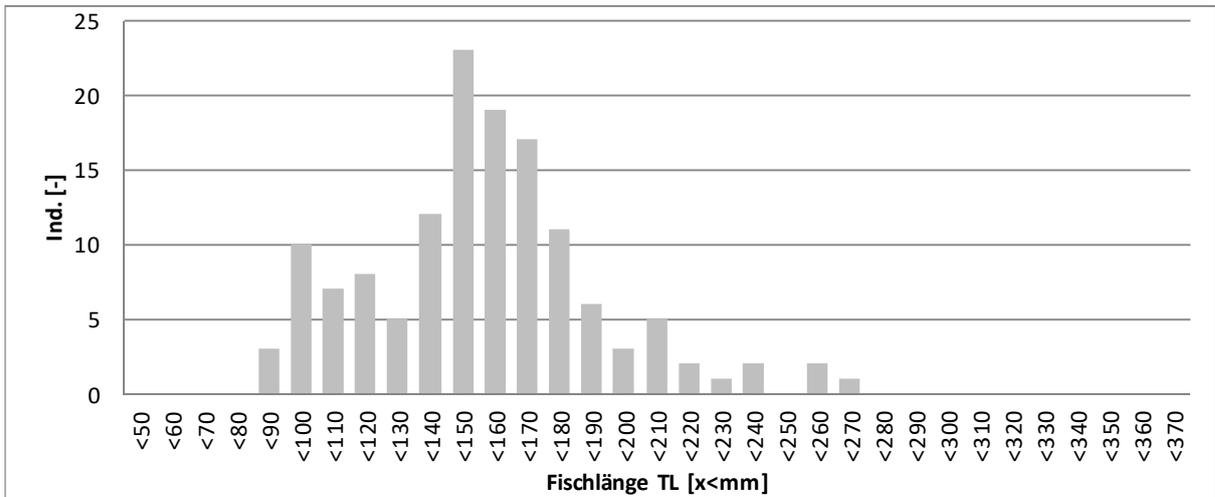


Abbildung 38 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 15. März 2017 im UW (Wehr bis Möselhof) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=137$ Ind.).

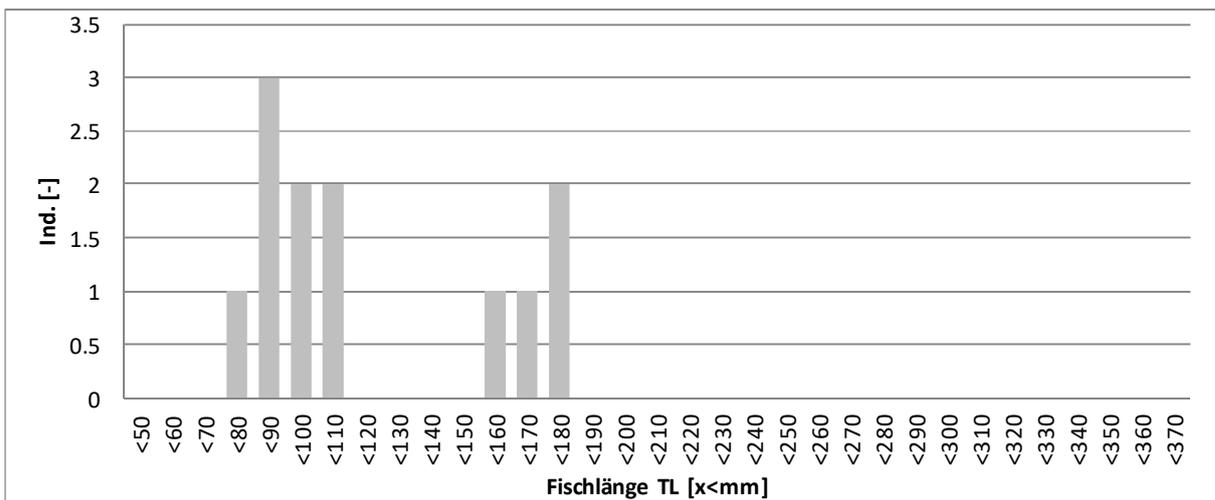


Abbildung 39 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die am 15. März 2017 im OW (Staubereich/Stauwurzel) des KW Vier-Linden gefangen wurden ($n_{\text{ges}}=12$ Ind.).

3.6 Aufstiegsversuche KW Vier-Linden-Görtschitz

In Tabelle 12 ist ein Überblick über die Individuen die während der Versuchsanordnung 1 (VAo_1), Versuch mit Absperrung vor dem Einstiegsschacht, aufgestiegen sind dargestellt. Insgesamt konnten von 25. bis 28. Oktober 2016 50 Aufstiege registriert werden, wovon 24 Individuen eine rote Markierung, 23 eine blaue Markierung, ein Individuum eine blaurotblaue Markierung und zwei keine Markierung hatten. In Abbildung 40 ist das zugehörige Längenfrequenzdiagramm der aufgestiegenen Individuen dargestellt.

Tabelle 12 Überblick der vom 25.–28. Oktober 2016 in VAo_1 aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe

VAo_1 (Versuch mit Absperrung Vorschacht Lift) 25.–28. Oktober 2016				
Besatz Vorkammerschacht 185 Bachforellen (130 markiert)				
Markierungs-Farbe	Rot	Blau	Blaurotblau	Keine
Ind.	24	23	1	2
Summe	50			

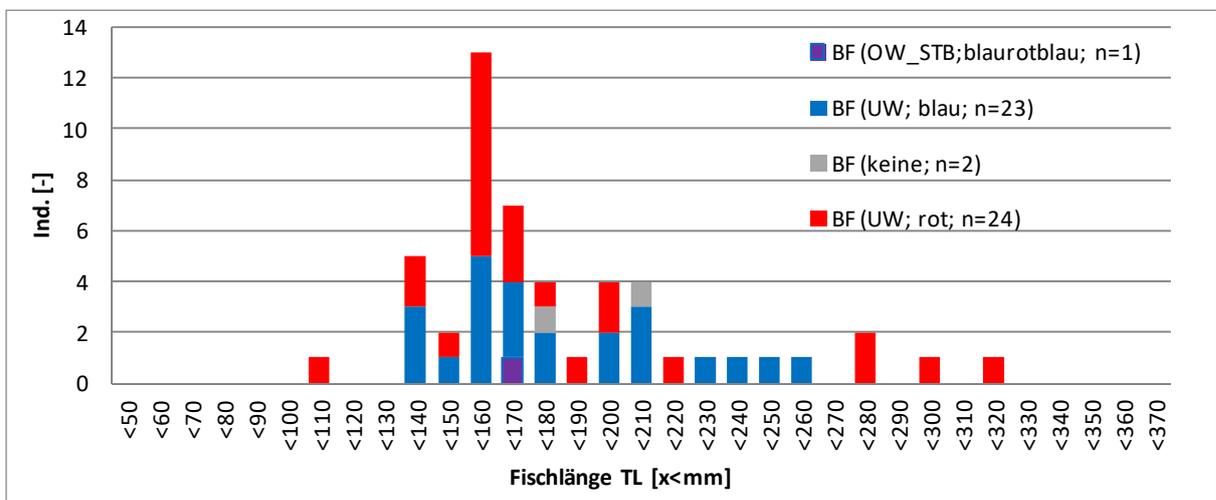


Abbildung 40 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (Salmo trutta), die in VAo_1 aufgestiegen sind (n_{ges}=50 Ind.). Markierungsfarbe=rot; n_{rot}=24 Ind.; Markierungsfarbe=blau; n_{blau}=23 Ind.; Markierungsfarbe= blaurotblau; n_{blaurotblau}=1 Ind.; keine Markierung; n=2 Ind.

In Tabelle 13 ist ein Überblick über die Individuen, die während der Versuchsanordnung 2 (VAo_2), offener Hauptversuch ohne Absperrung, aufgestiegen sind dargestellt. Insgesamt konnten vom 28. Oktober 2016 bis 08. Juni 2017 54 Aufstiege registriert werden, wovon zwei Individuen eine rote Markierung, drei eine blaue Markierung und 50 keine Markierung hatten. Es ist ersichtlich, dass im Jahr 2016 nur 5 Individuen die Passage über die Fischliftschleuse erfolgreich vollzogen haben. In den Monaten Januar und Februar 2017 war die Fischliftschleuse aufgrund von Eisbildung außer Betrieb. 49 Individuen vollzogen den Aufstieg im Jahr 2017. In Abbildung 41 und 42 sind die zugehörigen Längenfrequenzdiagramme der aufgestiegenen Individuen dargestellt. Im offenen Hauptversuch konnten nahezu alle Altersklassen den Aufstieg über die Fischliftschleuse bewältigen, wobei das Fehlen von Individuen >290 mm anzumerken ist.

Tabelle 13 Überblick der vom 28. Oktober 2016–08. Juni 2017 im Hauptversuch aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe

VAo_2 (Versuch ohne Absperrung): 28. Oktober 2016–08. Juni 2017						
Bachforellen aus VAo_1 + zusätzlich 23 Bachforellen aus OW						
Markierungs-Farbe	Rot	Blau	Blaurotblau	Grün	keine	Summe
Ind.–2016	1	3	-	-	2	5
Ind.–2017	1	-	-	-	48	49

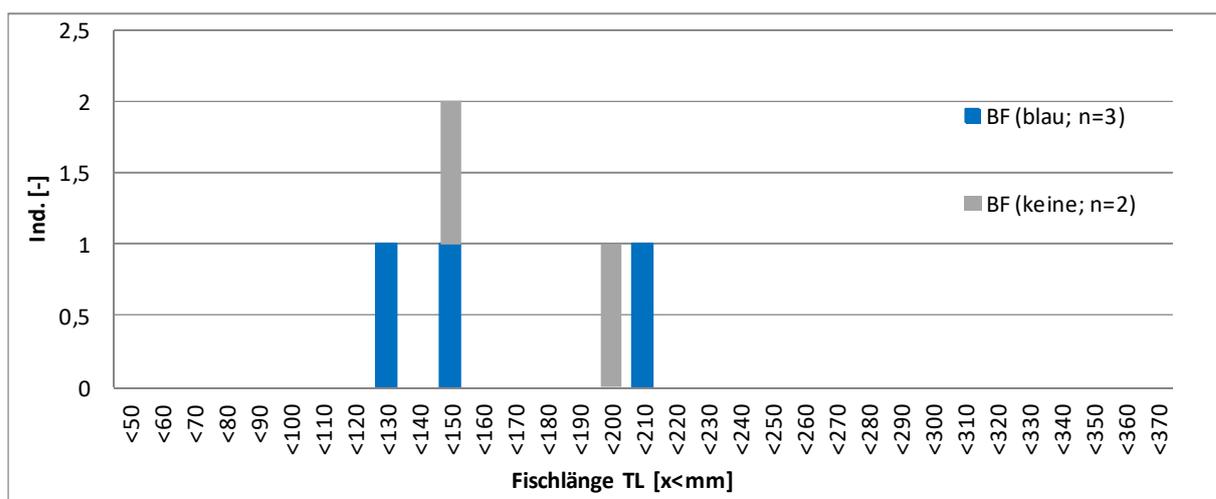


Abbildung 41 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (*Salmo trutta*), die in VAo_2 im Jahr 2016 aufgestiegen sind ($n_{\text{ges}}=5$ Ind.). Markierungsfarbe=blau; $n_{\text{blau}}=3$ Ind.; keine Markierung $n=2$ Ind.

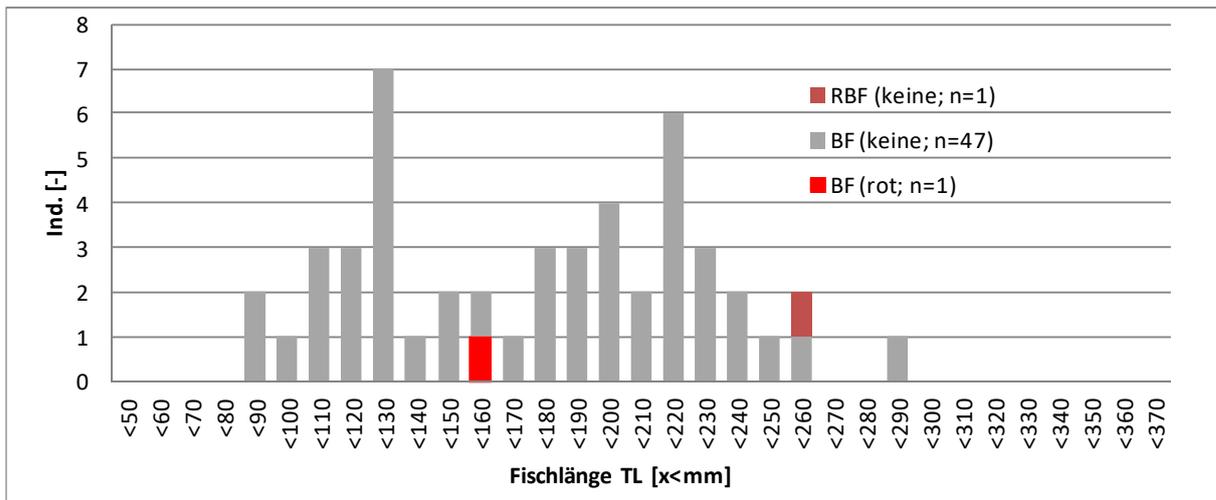


Abbildung 42 Längenfrequenz-Diagramm der Individuen die in VAO_2 im Jahr 2017 aufgestiegen sind ($n_{\text{ges}}=49$ Ind.). Bachforelle: Markierungsfarbe=rot; $n_{\text{rot}}=1$ Ind.; keine Markierung $n=47$ Ind.; Regenbogenforelle: keine Markierung $n=1$

In Tabelle 14 ist ein Überblick über die Individuen die während der Versuchsanordnung 3 (VAo_3), Versuch mit Absperrung Tosbecken, aufgestiegen sind dargestellt. Insgesamt konnten vom 16. bis 30. März 2017 5 Aufstiege registriert werden, wovon alle Individuen keine Markierung hatten.

Tabelle 14 Überblick der vom 16.–30. März 2017 in VAO_3 aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe

VAo_3 (Versuch mit Absperrung Tosbecken): 16.–30. März 2017					
Besatz Tosbecken 149 Bachforellen					
Markierungs-Farbe	Rot	Blau	Blaurotblau	Grün	keine
Ind.	-	-	-	-	5
Summe	5				

4 Diskussion

An zwei Versuchsstandorten, KW Leser am Löllingbach und KW Vier-Linden an der Görtschitz, wurden zur Wiederherstellung der fischökologischen Durchgängigkeit Modellanlagen einer neu entwickelten Fischaufstiegshilfe, der „Fischliftschleuse“, errichtet. Dies ist eine Kombination von Fischlift und Fischechleuse. Vor allem an KW-Standorten mit beengten Platzverhältnissen soll mit dieser Entwicklung die Wiederherstellung der fischökologischen Durchgängigkeit flussauf ermöglicht werden. Die Funktionsweise der Fischliftschleuse wurde dahingehend ausgelegt, dass im unmittelbaren Einstiegsbereich ein ständig ausreichender Leitstrom ins UW abgegeben wird (Zeiringer & Führer, 2015). Die genaue Betriebs- und Funktionsweise der Fischliftschleuse ist in Kap. 1.1.3 ausführlich beschrieben. Jedoch schließt der unterwasserseitige Schütz in der Füllphase komplett wodurch in dieser Zeit keine Leitströmung direkt vor der Einstiegsöffnung vorhanden ist und es fraglich ist ob wartende Tiere ohne Leitstrom im Nahbereich des Einstieges verbleiben und auf die nächste Einstiegsphase warten oder wieder abwandern. Dieses Problem könnte durch den Einbau von zwei Fischliftschleusen die gegengleich arbeiten, um eine ständige Möglichkeit des Einstieges zu bieten, behoben werden.

Theoretisch ist auch der Abstieg über das System Fischliftschleuse möglich, wurde in dieser Arbeit aber nicht untersucht. Vor allem die sohlgleiche Anbindung des Ausstieges ins OW ist wichtig um Fischen das Finden der Abstiegs (Ausstiegs) -öffnung zu ermöglichen. Dies sollte, mit Blick auf eine mögliche, zukünftige Forderung nach funktionsfähigen Abstiegsanlagen, bereits untersucht werden um das System Fischliftschleuse dahingehend optimieren zu können.

Im Jahr 2016 wurde an beiden Standorten die Fischliftschleuse hinsichtlich der Auffindbarkeit des Einstiegsbereiches mittels Strömungsmessungen untersucht. Am Versuchsstandort KW Vier-Linden wurde zusätzlich eine Fischbestandserhebung und Aufstiegsversuche mit drei unterschiedlichen Versuchsanordnungen durchgeführt.

Zur Analyse der Hydrologie im Einzugsgebiet wurde die Abflussganglinie der mittleren täglichen Abflüsse des Untersuchungsjahres (2016) erstellt und der Abflussganglinie einer langjährigen Reihe (1966–2013) gegenübergestellt (vgl. Abbildung 17). Es ist ersichtlich, dass das Abflussgeschehen im Jahr 2016, vor allem in den Sommermonaten, sehr großen Schwankungen, mit mehreren kleinen Hochwasserereignissen, unterworfen war. In Tabelle 1 ist der Mittelwasserabfluss von $1,71 \text{ m}^3/\text{s}$ den Abflüssen an den jeweiligen Untersuchungstagen gegenübergestellt. Aufgrund des anhaltend hohen Pegels im Sommer 2016 wurden im August einige Strömungsmessungen bei einer Überwassersituation durchgeführt, da diese im Sommer 2016 als Normalsituation angesehen werden konnte. Es ist festzuhalten, dass das langjährige Abflussverhalten in den Sommermonaten auch über Mittelwasserführung liegt (jedoch nicht so deutlich). Im September 2016 normalisierten sich die Abflussbedingungen vorübergehend wieder um dann in eine Niedrigwassersituation, mit einigen Abflussspitzen im Oktober und November, überzugehen. Am 29. September 2016 konnte eine Strömungsmessung am Löllingbach bei knapper Mittelwasserführung ($1,56 \text{ m}^3/\text{s}$) durchgeführt werden.

Die durchgeführten abiotischen und biotischen Untersuchungen am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz im November und Dezember 2016 waren von einem Abflussverhalten etwas unter Mittelwasserführung geprägt, wodurch die hydrologischen Abflussbedingungen hier kein Problem darstellten.

4.1 Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach

Am Standort KW Leser am Löllingbach besteht das Fischliftschleusensystem nur aus einem Schachtbauwerk, welches zwischen Wehr und Triebwasserkanal situiert ist. An diesem Standort sind zwei Bypassleitungen vorhanden, eine zur Dotation der Fischliftschleuse und zur Erzeugung eines Leitstroms im Einstiegsbereich, bei geöffnetem UW-Schütz, sohnah im Schacht situiert, und ein weiteres zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Dotation der Restwasserstrecke, welche gleichzeitig zur Erhöhung des Leitstroms (großräumig) dient. Die Einstiegsöffnung in den Liftschacht ist sohnleich direkt ans UW angeschlossen. Die Ausstiegsöffnung mündet direkt in den Triebwasserkanal in unmittelbarer Nähe zum Triebwassereinlauf bzw. Tauchwand.

Bei geöffnetem unterwasserseitigen Einlaufschützes wird ein Leitstrom erzeugt. In der Einschwimmphase ist dieser Schütz zur Gänze geöffnet und in der Ausschwimmphase und Entleerungsphase wenige Prozent geöffnet. Jedoch ist der unterwasserseitige Einlaufschütz in der Füllphase geschlossen, weshalb es in dieser Phase zur Unterbrechung der Leitströmung im Nahbereich des Fischliftschleuseneinstiegs kommt. Es ist anzunehmen, dass wartende Tiere aufgrund des Fehlens einer Leitströmung in dieser Phase wieder abwandern und in der nächsten Einschwimmphase wieder den Einstieg finden müssen. Eine ständige Leitströmung (zusätzliche Bypassleitung) im Einstiegsbereich um wartende Fische vor dem Einstieg halten zu können ist zu empfehlen. Die beste Möglichkeit zur Sicherstellung einer kontinuierlichen Aufstiegsmöglichkeit und damit einer ständigen Leitströmung, im unmittelbaren Nahbereich des Einstiegs, ist der Bau einer zweiten Fischliftschleuse, welche gegengleich zur ersten arbeitet. In diesem Fall ist ein ständiges Einschwimmen für Fische im UW möglich und die Problematik des Haltens der Fische vor dem Einstieg während der Füll-, Ausschwimm- und Entleerungsphase nicht gegeben.

Im Zuge der im Jahr 2015 durchgeführten fischökologischen Aufstiegsversuche konnten in einem neun tägigen Vorversuch, mit abgesperrten Einstiegsbereich der Fischliftschleuse, 42 Bachforellen, zwei Koppn und eine Regenbogenforelle die Fischliftschleuse passieren. Im darauf folgenden drei Wochen dauernden offenen Aufstiegsversuch konnten 22 Bachforellen, zwei Koppn und eine Regenbogenforelle aufsteigen. Grundsätzlich konnte im Zuge der Aufstiegsversuche belegt werden, dass die Fischliftschleuse am KW Leser am Löllingbach für Bachforellen aller Altersstadien passierbar ist (Zeiringer & Führer, 2015).

In dieser Diplomarbeit wurde am Standort KW Leser am Löllingbach die Leitströmung im UW, klein- bzw. großräumig, und die Strömungen im Fischliftschleusenschacht in der Ausstiegsphase untersucht. Die Untersuchung erfolgte mittels Fließgeschwindigkeitsmessung und unter Zugabe von Farbtracern zur Visualisierung der Strömungen.

Am 27. Juli 2016 kam es zu einem Vorversuch zur Strömungsmessung, wobei hier kleinräumig vor dem Einstieg in die Fischliftschleuse eine Messung durchgeführt wurde um ein Messraster erstellen und ableiten zu können. Drei weitere Strömungsmessungen wurden bei unterschiedlichen Abflüssen im UW durchgeführt. Dies waren eine Hochwassersituation (23. August 2016), eine Überwassersituation (24. August 2016) und eine Mittelwassersituation (29. September 2016).

In Abbildung 20 ist ersichtlich, dass eine ausreichende Leitströmung im Nahbereich des Einstieges in die Fischliftschleuse bei Mittelwasserführung gegeben ist. Fließgeschwindigkeiten von 0,40 bis 0,68 m/s auf dem Wanderpfad zum Einstieg gewährleisten einen ausreichenden Leitstrom, auch gegenüber der Konkurrenzströmung vom Wehr kommend mit Fließgeschwindigkeiten von maximal 0,25 m/s. Bei einer Überwassersituation ist die kleinräumige Auffindbarkeit des Einstieges noch gegeben, ist aber aufgrund deutlich geringerer Fließgeschwindigkeiten ($v < 0,37$ m/s) als bei Mittelwasserführung, eingeschränkt.

In Abbildung 21 sind die Strömungen im UW des KW Leser dargestellt, kommend von–(1) Wehr (2) Fischliftschleuse und (3) undichten Spülschütz–wobei das letzte gemessene Profil IV ca. 10m flussab der Wehranlage liegt. Die Aufnahme der Fließgeschwindigkeiten der Profile I bis IV erfolgte am 29. September 2016, zeitgleich mit der Strömungsmessung im Einstiegsbereich bei Mittelwasserführung. Es ist ersichtlich, dass sich drei Strömungen im Nahbereich der Anlage vereinen und die Strömung vom Fischliftschleuseneinstieg kommend die größten Fließgeschwindigkeiten aufweist. Dadurch kann eine großräumige Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges bei Mittelwasserführung gewährleistet werden. Die Messung bei Überwasserführung zeigte, dass sich in dem Bereich, wo sich die Strömung von der Fischliftschleuse kommend und die Konkurrenzströmung vom Wehr kommend, vereinen, ein Strömungsabriss des Leitstroms zur Fischliftschleuse zu beobachten ist. In dieser Abflusssituation ist die großräumige Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges nur eingeschränkt gegeben, wobei im Zuge der Videodokumentation Forellen beim Einschwimmen in die Fischliftschleuse, bei dieser Abflusssituation, dokumentiert werden konnten. Auch sind die Fließgeschwindigkeiten von der Fischliftschleuse kommend noch

groß genug ($>0,3$ m/s) um von aufstiegswilligen Individuen wahrgenommen zu werden. Somit kann die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges auch bei einer Überwassersituation als gegeben angesehen werden.

Dieselben Strömungsmessungen wie beschrieben sind in der Betriebsphase Ausschwimmen im Anhang ersichtlich. Hier zeigt sich ein ähnliches Bild.

Die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstiegs ist bei Mittelwasserführung sehr gut und auch bei Überwasserführung gegeben. Individuen, die aufstiegswillig sind und den Einstiegsbereich aufsuchen, finden in beiden Fällen einen ausreichenden Leitstrom vor.

Am 23. August 2016 konnte eine fiktive Hochwassersituation (Turbinenabschaltung wegen Wartung) messtechnisch aufgenommen werden. Normalerweise kommt es zur Abschaltung des Fischliftschleusensystems in einer Hochwassersituation. Die Steuerung wurde manuell auf die Betriebsphase Ein- bzw. Ausschwimmen gestellt und Messungen im Nahbereich des Einstieges durchgeführt. Hier ist durch den vollkommenen Wehrüberfall sogar eine Strömung in Richtung Fischliftschleuse feststellbar und kein Leitstrom feststellbar.

Die Strömungen im Fischliftschleusenschacht im Ausstiegsbereich sind durchwegs als sehr turbulent zu bezeichnen. Es ist zwar ein deutlicher Leitstrom kurz vor der Ausstiegsöffnung, in allen gemessenen Betriebszuständen außer bei einer Hochwassersituation, festzustellen, aufgrund des kreisrunden Schachtes kommt es aber sehr schnell zu einer turbulenten Vermischung des gesamten Wasserkörpers im Schacht.

Die durchgeführten Tracerversuche mit Videobegleitung bestätigen dieses Bild, sowohl der turbulenten Strömungsausbreitung im Fischliftschleusenschacht, als auch ein gerichtetes und deutlich erkennbares Strömungsbild im UW, wobei hier der Strömungsabriss bei Vereinigung der Strömung vom Fischliftschleuseneinstieg kommend mit der Konkurrenzströmung vom Wehr kommend, deutlicher wahrgenommen werden konnte, als durch die Strömungsmessungen festgestellt wurde.

Im Zuge der Videodokumentation konnte, aufgrund von schwankenden OW-Spiegeln, ein Versatz des Lochblechs des Transportbehälters zur Unterkante der Ausstiegsöffnung beobachtet werden. Entweder eine Stufe nach oben, aufgrund eines niedrigeren OW-Spiegel, oder einer Stufe nach unten, aufgrund eines höheren OW-Spiegels, was auch ein durch den entstandenen Spalt zwischen Lochblech und Unterkante Ausstiegsöffnung, ein Zurückschwimmen der Fische in den Schacht unterhalb des Transportbehälters ermöglicht. Dem sollte durch die Entwicklung eines geeigneten Stopper entgegen gewirkt werden.

Auch konnte mit Videos belegt werden, dass in der Füllphase des Systems der oberwasserseitige Ausstiegschütz zu früh öffnet, wodurch es zu einem freien Überfall in den Fischliftschleusenschacht und in den Transportbehälter kommt. Dies führt zum Auftreten von Turbulenzen und dem Eintrag von Luft. Dieses Problem kann jedoch regeltechnisch sehr leicht behoben werden.

Bei den Videoaufnahmen konnte durch Zufall auch zwei einschwimmende Forellen gefilmt werden, wobei eine Forelle einschwimmt und wieder ausschwimmt (23. August 2016) und eine zweite Forelle am 29. September 2016 nach mehrmaligen ein- und ausschwimmen die Fischliftschleuse zum Aufstieg nutzt. Hier kann man mutmaßen ob der leichte Luftblasenvorhang durch den Ausströmseihler im Einstiegsbereich für das Wiederausschwimmen verantwortlich ist oder man einfach das Warteintervall im UW verkürzen sollte um dem entgegenzuwirken.

Als Kritik am Fischliftschleusensystem am Standort KW Leser am Löllingbach ist die Ausmündung des Ausstieges in den Triebwasserkanal zu sehen. Durch die Nähe zum Triebwassereinlauf bzw. Tauchwand ist ein erhöhtes Verletzungsrisiko der aufgestiegenen Individuen möglich. Die Passage von Fischliftschleusenausstieg aus dem Triebwasserkanal in die OW-Strecke des Löllingbachs sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.

Mit den Ergebnissen der Strömungsmessung aus Profil III, vom 29. September 2016, wurde eine Abflussberechnung nach der Lammellenmethode (ÖNORM EN

ISO 748, 2008) und eine überschlägige Abflussberechnung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 23 und Tabelle 2 dargestellt.

Laut Wasserbuchauszug ist für das KW Leser am Löllingbach eine Restwassermenge von 60 l/s, im Zeitraum von 01. November bis 31. März und von 110 l/s, von 01. April bis 31. Oktober vorgeschrieben.

Die Abflussberechnung ergab 122,7 l/s (überschlägige Berechnung) und 109,86 l/s (Lamellenmethode).

Somit kann bestätigt werden, dass die vorgeschriebene Restwasserabgabe am KW Leser eingehalten wird.

4.2 Fischliftschleuse KW Vier-Linden-Görtschitz

Am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz besteht das Fischliftschleusensystem aus einem Bauwerk, bestehend aus 3 Schächten–(1) UW-Schacht (Vorkammer), (2) Fischliftschleusenschacht und (3) OW-Schacht–situiert in unmittelbarer Nähe zum Tosbecken. Die Vorkammer ist über einen Durchlass mit dem Tosbecken verbunden und einem Durchlass mit dem Fischliftschleusenschacht (Einstieg) verbunden. Der OW-Schacht ist über Durchlässe mit dem Staubereich des KW (Ausstieg) und dem Fischliftschleusenschacht verbunden und verfügt zusätzlich über einen Durchlass in das Tosbecken zu wartungsbedingten Spülungen des OW-Schachts. Wie am Standort KW Leser am Löllingbach sind auch hier zwei Bypassleitungen vorhanden, einerseits zur Dotation der Fischliftschleuse und zur Erzeugung eines Leitstroms in die Vorkammer, und andererseits zur Erzeugung eines Leitstroms aus der Vorkammer in das Tosbecken. Beide Bypass Systeme sind sohnah in den beiden Schächten situiert. Auch hier wird die Aufrechterhaltung des Leitstroms aus der Fischliftschleuse in die Vorkammer in der Ausschwimmphase durch eine Öffnung des Einlaufschützes von wenigen Prozent sichergestellt. Zur Sicherstellung eines Wanderkorridors wurde die vorhandene Tosbeckenschwelle auf 0,8 m Breite durchbrochen.

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz die Leitströmung im UW, klein- bzw. großräumig (siehe Abbildung 27), und die Strömungen im UW- bzw. OW-Schacht untersucht. Die Messungen im UW

erfolgten wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben mit 3 unterschiedlichen Dotationen des Fischliftschleusensystems.

Im UW des KW Vier-Linden wurde eine Fischbestandserhebung mittels Elektrofischung und Fischmarkierung mittels VIE durchgeführt und anschließend mit den gefangenen Individuen Aufstiegsversuche durchgeführt.

Abiotische Strömungsuntersuchungen:

Im November und Dezember 2016 wurden Strömungsmessungen im UW der Fischliftschleuse am KW Vier-Linden, mit drei unterschiedlichen Dotationen, durchgeführt. Die Ergebnisse der Strömungsmessungen sind in Abbildung 28 und im Anhang dargestellt.

Im aufgenommen IST-Zustand sind die Strömungsgeschwindigkeiten im Tosbecken sehr gering. Direkt vor der Einstiegsöffnung in die Vorkammer ist die maximal gemessene Fließgeschwindigkeit 0,15 m/s. Im Tosbeckenschwellendurchbruch sind deutlich höhere Fließgeschwindigkeiten, von bis zu 0,37 m/s, feststellbar. Im Wanderkorridor zwischen Tosbeckenschwellendurchbruch und Einstieg in die Vorkammer sind nur sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten $<0,1$ m/s feststellbar. Flussab der Tosbeckenschwelle vereinen sich die Strömungen vom Tosbecken kommend mit der Strömung vom Sandfang kommend. Hier sind durchwegs höhere Fließgeschwindigkeiten feststellbar, wobei die Fließgeschwindigkeiten vom Sandfang kommend, mit bis zu 1,23 m/s, deutlich höher sind als die Fließgeschwindigkeiten vom Tosbecken kommend, mit bis zu 0,45 m/s.

Durch die Betrachtung der gemessenen Fließgeschwindigkeiten im Bereich flussab des Tosbeckens kann festgestellt werden, dass die höheren Geschwindigkeiten ein Wanderverhalten der Fische Richtung Sandfang begünstigen, jedoch die Geschwindigkeiten Richtung Tosbecken ausreichend sind um eine positive Rheotaxis auszulösen. Anhand der Fließgeschwindigkeitsmessung kann die Auffindbarkeit des Tosbeckens bestätigt werden, jedoch ist die Auffindbarkeit des Einstieges in die Vorkammer der Fischliftschleuse durch die Einmündung im rechten Winkel zum Wanderkorridor

und einer maximalen Fließgeschwindigkeit von 0,15 m/s, im vorgefundenen IST-Zustand, nur eingeschränkt gegeben.

Mit einer zusätzlichen Dotation, über den in die Vorkammer mündenden Bypass, ist eine deutlich größere Strömungsfahne aus dem Einstieg ins Tosbecken zu erkennen. In dieser Einstellung konnten Fließgeschwindigkeiten vor dem Einstieg von bis zu 0,27 m/s festgestellt werden. Im Tosbeckenschwellendurchbruch sind in dieser Einstellung Geschwindigkeit bis zu 0,35 m/s feststellbar. Die Strömungssituation flussab zeigte keine Änderungen zum bereits beschriebenen IST-Zustand.

Die Strömungssituation im Wanderkorridor im Tosbecken und direkt vor dem Einstieg konnte gegenüber dem IST-Zustand verbessert werden, jedoch ist die Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten durch die Zusatzdotation noch zu gering um von einer Verbesserung der Auffindbarkeit des Einstieges in die Vorkammer zu sprechen. Eine weitere Erhöhung der Bypass Dotation in die Vorkammer war nicht möglich, da dies zur Bildung eines Luftblasenvorhangs in der Vorkammer führt und auch die Turbulenz in diesem deutlich erhöht wird.

Ein deutlich anderes Strömungsbild im Tosbecken zeigt sich bei einer zusätzlichen Dotation, zur Einstellung Bypass Dotation, über den Spülschütz, aus dem OW-Schacht der Fischlifschleuse ins Tosbecken. Im gesamten Tosbecken sind höhere Fließgeschwindigkeiten als in den beiden anderen Einstellungen erkennbar, jedoch nicht vor dem Einstieg in die Vorkammer wo nur Fließgeschwindigkeiten bis zu 0,135 m/s gemessen werden konnten. Im Tosbeckenschwellendurchbruch konnten Fließgeschwindigkeiten von bis zu 0,53 m/s gemessen werden. Auch hier zeigte die Strömungssituation flussab keine Änderungen zum bereits beschriebenen IST-Zustand.

Die Situation im Wanderkorridor im Tosbecken ist auch in dieser Einstellung unbefriedigend, aber es konnte gezeigt werden, dass durch eine insgesamt höhere Dotation die Situation am Tosbeckenschwellendurchbruch deutlich verbessert werden konnte. Durch die höheren Geschwindigkeiten in diesem

Bereich und flussab beim Zusammenfluss mit der Konkurrenzströmung vom Sandfang kommend, ist die Auffindbarkeit des Tosbeckens deutlich verbessert.

Insgesamt erscheint die Strömungssituation im UW der Fischliftschleuse am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz unbefriedigend.

Die Fließgeschwindigkeiten im Wanderkorridor im Tosbecken sind zu klein um ein Auffinden des Einstieges strömungstechnisch sicherstellen zu können. Dies könnte durch die Restwasserabgabe zur Gänze oder Anteilsmäßig über die Fischliftschleuse begünstigt werden. Jedoch gibt es hier das Problem der Bypass Mündung in die Vorkammer zu betrachten. Hier könnte die Ausmündung, derzeit durch ein Ausströmrrohr von der Sohle kommend, zu einem Richtung Einstieg gerichteten und aufgefächertem Rohr erfolgen bzw. Rohr aus dem Schacht ins Tosbecken verlegen (ggf. mit Kernlochbohrung wegen Schieber), was gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit am Einstieg erhöht und auch das ausströmende Wasservolumen vergrößert.

Eine weitere Möglichkeit zur Anpassung des Systems ist der Umbau/Neubau der Einstiegsöffnung in die Vorkammer. Statt einer Ausmündung im rechten Winkel in das Tosbecken, kann der Einstieg an den Beginn der Restwasserstrecke unterhalb der Tosbeckenschwelle verlegt werden, was einerseits einen besseren Mündungswinkel zum Wanderkorridor ergibt und andererseits das strömungsberuhigte Tosbecken nicht mehr berücksichtigt werden muss.

Im OW-Schacht und im UW-Schacht (Vorkammer) wurden punktuelle Fließgeschwindigkeitsmessungen, in den drei Einstellungen (IST-Zustand; Bypass Dotation; Spülschützdotation), vorgenommen (siehe Abbildung 29 und Tabelle 4). In der Vorkammer vor dem Einstieg in die Fischliftschleuse konnten in der Einschwimmphase in allen drei Einstellungen ähnliche Fließgeschwindigkeiten von rund 0,3 m/s gemessen werden. Am Einstieg in die Vorkammer konnten Fließgeschwindigkeiten im IST-Zustand bis zu 0,06 m/s und mit zusätzlicher Bypass Dotation (gleiches Ergebnis Spülschütz Dotation) von bis zu 0,1 m/s gemessen werden.

Im OW-Schacht vor dem Ausstieg aus der Fischliftschleuse konnten in der Ausschwimmphase in allen drei Einstellungen nur Fließgeschwindigkeiten von bis zu 0,08 m/s gemessen werden. Am Ausstieg ins OW konnten Fließgeschwindigkeit von 0,09 m/s registriert werden. Hier ist anzumerken, dass die Strömungen im OW-Schacht durch den Einbau der Reuse beeinflusst sind und deshalb nach Ausbau dieser nochmals gemessen werden sollten.

Nur am Einstieg in die Fischliftschleuse konnten Fließgeschwindigkeiten von 0,3 m/s gemessen werden die laut DWA (2014) (siehe Kapitel 1) notwendig sind um eine rheotaktische Reaktion von Fischen auszulösen. Im OW kann strömungstechnisch, aufgrund der niedrigen Fließgeschwindigkeiten im Leitstrom ins OW, nicht sichergestellt werden, dass aufgestiegene Individuen den Ausstieg ins OW finden. Mit einer teilweisen oder gänzlichen Abgabe der Restwassermenge über die Fischliftschleuse kann die Strömungssituation auch hier verbessert werden, oder durch eine Verkleinerung des Schachtquerschnitts im OW.

Im Zuge der begleitenden Videodokumentation wurde erkannt dass der Einstiegsschieber in den Fischliftschleusenschacht einen Versatz von einigen Zentimetern zwischen Schieberunterkante und Einstiegsöffnung aufweist. Dies ist für den Einstieg, vor allem von bodenorientierten Fischarten (Koppe, Gründlinge, Bachneunauge), problematisch und sollte, z.B. mit einer Anrampung, behoben werden.

Auch konnte, vor allem während des geschlossenen Tosbeckenversuchs, beobachtet werden das Forellen immer wieder in den Vorschacht einschwimmen, den Weg in die Fischliftschleuse aber nicht finden und wieder ins Tosbecken ausschwimmen. Dies könnte an der hohen Dotierung mittels Bypass zu dieser Zeit zusammenhängen und der dadurch entstehenden hohen Turbulenz und Luftblasenvorhangs im Vorschacht. Dies wurde nach Beendigung des Tosbeckenversuchs durch eine direkte Leitung der Strömung vom Fischliftschleuseneinstieg zum Durchbruch Vorschacht ins Tosbecken adaptiert, was auch eine deutlich bessere Strömungsfahne ins Tosbecken ergab (vgl. Aufstiege 2017).

Fischbestandserhebung:

Für die Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Fischliftschleuse wurden die in der Görtschitz hauptsächlich vorkommenden Fischarten herangezogen. Zur Beurteilung des Fischbestands und zur Abschätzung des Migrationspotentials wurde am 25. Oktober 2016 eine quantitative (UW) und qualitative (OW) Elektrobefischung durchgeführt (siehe Kapitel 3.5).

Die gefangenen Individuen >100 mm wurden nach jeweiliger Herkunft markiert und konnten in den Aufstiegsversuchen nach Passage der Fischliftschleuse in der Reuse im OW-Schacht gehältert und eindeutig zugeordnet werden. Für die Aufstiegsversuche wurde am 01. Dezember 2016 eine weitere qualitative Befischung von Gumpen im Ort Hüttenberg durchgeführt. In allen Befischungen der Görtschitz konnten nur Bachforellen (*Salmo trutta*) nachgewiesen werden, andere leitbildtypische Fischarten fehlen.

Tabelle 5 zeigt alle gefangenen Individuen, aufgeteilt nach Markierungsfarbe und Befischungsabschnitt. Abbildung 31 bis Abbildung 36 sind die Längenfrequenzdiagramme in Abhängigkeit des Befischungsabschnitts dargestellt. Eine Bestandskalkulation (siehe Tabelle 6–9) und eine Bewertung nach FIA (siehe Tabelle 11) wurde gesondert für die beiden elektrisch befischten UW-Abschnitte und für beide gemeinsam, wobei hier die gefangenen Individuen aus den befischten Sonderhabitaten im UW, aufgrund der guten Sichtigkeit und eines erfahrenen Befischungsteams (Fangerfolg=100 %), mitberücksichtigt werden, durchgeführt. Eine Bestandserhebung für die Potentialstrecke wurde gesondert erstellt.

In der befischten UW Strecke 1, sowie im gesamt betrachteten UW-Abschnitt wird das KO-Kriterium von 50 kg/ha unterschritten, wodurch sich hier ein schlechter Zustand von 5 in UW Strecke 1, sowie ein unbefriedigender Zustand von 4 im gesamten UW-Abschnitt ergeben. Das Ko-Kriterium von 50 kg/ha wird in der befischten UW Strecke 2 nicht unterschritten, wodurch sich ein mäßiger Zustand von 3,06 ergibt. Der Aufbau der Altersstruktur wird im UW Strecke 1 auf Grund des Fehlens von größeren Individuen mit befriedigend bewertet. UW Strecke 2 erhält dieselbe Bewertung der Altersstruktur mit befriedigend, obwohl hier größere Individuen vorhanden sind, aber juvenile Stadien nicht in ausreichender Abundanz

vorkommen. Für den gesamten betrachteten UW-Abschnitt kann der Aufbau der Altersstruktur mit gut bewertet werden, da alle Altersstadien vorhanden sind. Von einer Bewertung mit sehr gut wird aufgrund der geringen Zahl größerer Individuen abgesehen und aufgrund der Tatsache das eine Bewertung mit sehr gut dem Referenzzustand entspricht. Die schlechte Beurteilung nach FIA ist auch der Tatsache geschuldet, dass bis auf die Bachforelle alle anderen leitbildkonformen Fischarten fehlen. Bestandserhebungen an der Görtschitz wurden im Jahr 1990 flussab des Ortes Hüttenberg und im Jahr 1997 flussauf des KW Vier-Linden (bei Abzweigung nach Knappenberg) durchgeführt. Eine Fischbiomasse von 256 kg/ha im Jahr 1990 und von 150 kg/ha im Jahr 1997 wurde festgestellt, wobei in erster Linie Bachforellen und vereinzelt Regenbogenforellen und Äschen nachgewiesen werden konnten (Honsig-Erlenburg & Wieser, 1997). Vergleichend zur durchgeführten Befischung mit einer Fischbiomasse von 39 kg/ha kann ein dramatischer Rückgang der Fischpopulation der Görtschitz in diesem Bereich festgestellt werden. Das Fehlen der typischen Begleitarten konnte auch bei guten Fischbiomassen beobachtet werden und diese Umstände wurden bei der endgültigen Bewertung der Funktionsfähigkeit berücksichtigt.

Aufstiegsversuche:

Am 25. Oktober 2016 wurden 185 Bachforellen in die Vorkammer im UW der Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz besetzt und mittels Absperrung vor dem Einstiegsschacht in die Vorkammer am Abwandern gehindert. In Versuchsanordnung 1, mit Absperrung vor dem Einstiegsschacht, konnten vom 25. bis 28. Oktober 2016 50 Individuen die Fischliftschleuse passieren. Das zugehörige Längenfrequenzdiagramm ist in Abbildung 40 dargestellt. Vor allem Individuen der Altersklassen 1+ und 2+ konnten die Passage vollziehen. Von den 58 besetzten Individuen $\leq 100\text{mm}$ vollzog nur ein Individuum die Passage über die Fischliftschleuse. Insgesamt konnten in dieser Versuchsanordnung 27 % der besetzten Individuen die Passage vollziehen. Somit kann grundsätzlich die Funktionsfähigkeit der Fischliftschleuse bestätigt werden.

Am 28. Oktober 2016 wurde die Absperrung vor dem Einstiegsschacht in die Vorkammer entfernt und die Bachforellen konnten in die Restwasserstrecke ausschwimmen. OW-, UW- und Liftschacht sowie die Reuse auf verbliebene Fische untersucht. Alle aufgestiegenen Individuen aus VAo_1 wurden in die

Restwasserstrecke (Befischungsstrecke 1) flussab des KW Vier-Linden rückversetzt.

Der ohne Absperrung gestaltete offene Hauptversuch wurde somit am 28. Oktober 2010 gestartet. Die Daten der Reusenkontrolle sind in dieser Diplomarbeit bis zum 08. Juni 2017 dargestellt. Vom 01. Jänner 2017 bis zum 01. März 2017 war die Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz aufgrund von starker Eisbildung außer Betrieb. Am 08. Juni 2017 wurde die Reuse im OW-Schacht des Fischliftschleusensystems am KW Vier-Linden ausgebaut und der Aufstiegsversuch beendet.

Vom 28. Oktober bis 31. Dezember 2016 konnten 5 Individuen über die Fischliftschleuse ins OW aufsteigen (siehe Tabelle 13 und Abbildung 41). Dies ist ein schlechtes Ergebnis zur Hauptlaichzeit (Hauptwanderbewegung) der einzigen vorkommenden Fischart im Gewässer. Das durch die abiotischen Strömungsuntersuchungen beschriebene Bild einer zu geringen Dotation und Leitströmung der Fischliftschleuse konnte mit diesem Aufstiegsversuch zur Zeit der Hauptwanderbewegung der Bachforelle bestätigt werden. Aufstiegsversuche mit anderen Leitbildkonformen Fischarten wurden nicht durchgeführt. Daher stehen für die Bewertung der Anlage nur die Aufstiegszahlen der Bachforelle zur Verfügung. Nach diesem Aufstiegsversuch, anhand von 5 aufgestiegenen Individuen zur Laichzeit der Bachforelle kann die Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz nur mit IV-wenig funktionsfähig-einzelnen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich (Woschitz et al., 2003)–bewertet werden.

Vom 16. bis 30. März 2017 wurde ein Aufstiegsversuch mit Absperrung des Tosbeckens (VAo3) durchgeführt um die schlechte Bewertung der Leitströmung im Tosbecken biologisch zu untersuchen. Es wurde eine semi-quantitative Elektrobefischung der Potentialstrecke und eine qualitative Befischung des Staubereichs des KW Vier-Linden durchgeführt, wobei 149 Bachforellen gefangen werden konnten. Diese wurden in das abgesperrte Tosbecken besetzt und der Aufstiegsversuch am 16. März 2017 gestartet. Es konnten in diesem Zeitraum 5 Individuen die Passage über die Fischliftschleuse ins OW vollziehen. Somit konnte

die schlechte strömungstechnische Auffindbarkeit des Einstiegs im Tosbecken bestätigt werden.

Im Frühjahr 2017 wurden Umbauten am UW-Schacht (Vorkammer) der Fischliftschleuse durchgeführt um die Auffindbarkeit der Fischliftschleuse zu verbessern. In der Vorkammer wurden, mittels Schalungsplatten der Einstieg in die Fischliftschleuse und der Durchlass in das Tosbecken verbunden um einen strömungstechnisch besseren Wanderkorridor zu erhalten und gleichzeitig wurde das Ausströmrohr des Bypass in die Vorkammer umgebaut um die Leitströmung richten zu können.

Vom 01. März bis 08. Juni 2017, unterbrochen durch eine dritte Versuchsanordnung vom 16. bis 30. März, konnten im fortgesetzten Hauptversuch 49 Individuen die Passage über die Fischliftschleuse ins OW vollziehen (siehe Tabelle 13 und Abbildung 42). Die Aufstiegsrate konnte durch geringere Änderungen am System, zur Erhöhung der Leitströmung, gegenüber der Aufstiegsrate im Jahr 2016 verbessert werden. Im Jahr 2017 vollzogen 49 Individuen den Aufstieg über die Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz, was 6,5 % der Individuen der Potentialstrecke (siehe Tabelle 9) entspricht. Nahezu alle Altersklassen konnten den Aufstieg vollziehen, juvenile Individuen <100 mm vollzogen nur zwei Individuen den Aufstieg. Mit diesem Ergebnis kann die Bewertung der Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz auf III (eingeschränkt funktionsfähig)–die meisten häufigen Arten und die meisten Entwicklungsstadien können aufsteigen (Woschitz et al., 2003)–hochgestuft werden. Für die in der Görtschitz vorkommende Fischart Bachforelle kann die Aufstiegsanlage als funktionsfähig, Bewertung mit II, eingestuft werden, da vielen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten der Aufstieg möglich ist (Woschitz et al., 2003). Zur Abklärung der Funktionsfähigkeit für die im Leitbild enthaltenen Arten (Äsche, Koppe, Neunauge) könnte ein weiterer Aufstiegsversuch zur Laichzeit der Bachforelle (*Salmo trutta*) durchgeführt werden und zumindest geschlossene Aufstiegsversuche mit den typischen Begleitarten Äsche (*Thymallus thymallus*), Koppe (*Cottus gobio*) und Bachneunauge (*Lampetra planeri*) durchgeführt werden.

4.3 Forschungsfragen

1) Ist die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges an beiden Standorten für Fische hinsichtlich der Leitströmung gegeben?

Aufgrund der bereits am KW Leser am Löllingbach im Jahr 2015 durchgeführten Reusenuntersuchung (siehe Abbildung 7), mit Aufstiegen von 66 Individuen, war von einer guten strömungstechnischen Anbindung (guten Leitströmung) auszugehen. Diese Annahme konnte mit der hydrometrischen Vermessung im UW des KW Leser am Löllingbach bestätigt werden. Bei Mittelwasserführung könnte, durch die hydrometrischen Untersuchungen, die Leitströmung für die Auffindbarkeit des Einstiegs in die Fischliftschleuse mit sehr gut bewertet werden. Bei Überwasserführung ist die Leitströmung für die Auffindbarkeit des Einstiegs, durch Konkurrenzströmungen, eingeschränkt gegeben. Somit kann die strömungstechnische Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstieges am KW Leser am Löllingbach, außer bei Hochwasserführung, als gegeben betrachtet werden.

Am KW Vier-Linden wurden der Nahbereich des Fischliftschleuseneinstiegs (Tosbecken) und der Beginn der Restwasserstrecke flussab hydrometrisch vermessen. Hydrometrische Aufnahmen wurden in drei Betriebszuständen, IST-Zustand, mit Bypass Dotation und mit Spülschütz Dotation durchgeführt.

Wie in Kapitel 4.2 erklärt, war zum Zeitpunkt der Untersuchungen die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstiegs im IST-Zustand nur eingeschränkt gegeben. Mit zusätzlicher Bypass Dotation konnte die Strömungssituation im Wanderkorridor zwar verbessert werden, jedoch ist die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstiegs auch in diesem Betriebszustand nur eingeschränkt gegeben. Großräumig zeigt sich eine deutlich verbesserte Auffindbarkeit mit zusätzlicher Dotation über den Spülschütz, aber auch in diesem Betriebszustand ist die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstiegs nur eingeschränkt gegeben.

Nach den durchgeführten hydrometrischen Untersuchungen im Herbst 2016 war die Auffindbarkeit des Fischliftschleuseneinstiegs am KW Vier-Linden an der Görtschitz nicht gegeben, was auch die fischökologischen Reusenuntersuchungen zeigten.

Jedoch wurden im Frühjahr 2017 mehrere Adaptierungen am System zur Verbesserung der Leitströmung im Einstiegsbereich in den Vorschacht und in den Fischliftschleusenschacht durchgeführt. Danach konnten bis zum 08. Juni 2017 49 Individuen im fortgesetzten offenen Aufstiegsversuch die Fischliftschleuse passieren. Durch dieses positive Ergebnis könnte man auf eine Verbesserung der Strömungssituation, insbesondere die Leitströmung im Fischliftschleuseneinstiegsbereich, schließen.

Dies sollte mit einer neuerlichen hydrometrischen Vermessung, gleiche Anordnung wie im Herbst 2016, belegt werden.

2) Ist die Fischpassierbarkeit des Fischliftschleusensystems am Standort KW Vier-Linden an der Görtschitz gegeben?

Wie in Kapitel 4.2–Aufstiegsversuche beschrieben ist das Fischliftschleusensystem an der Görtschitz durch den geschlossenen Vorkammerversuch grundsätzlich als fischpassierbar einzustufen. Die Problematik der zu geringen Leitströmung im Einstiegsbereich und der Turbulenz im Vorkammerschacht, wodurch es zu sehr wenigen Aufstiegen zur Laichzeit der Bachforelle kam, wurde durch den Tosbeckenversuch, wo trotz hoher Besatzdichte nur 5 Individuen den Aufstieg vollzogen, im März 2017 bestätigt. Infolge dessen wurden Adaptierungen zur Erhöhung der Leitströmung durchgeführt und ein weiterer offener Hauptversuch durchgeführt. In diesem konnten 49 Individuen den Aufstieg vollziehen. Somit kann die Fischpassierbarkeit der Fischliftschleuse am KW Vier-Linden an der Görtschitz, jedenfalls für Bachforellen, als gegeben angesehen werden. Wobei wie bereits angemerkt weitere Untersuchungen mit weiteren leitbildkonformen Arten, vor allem bodenorientierten Arten (Koppe, Bachneunauge), durchgeführt werden sollten.

3) Kann das Fischliftschleusensystem unabhängig der baulichen Ausführung pauschal für die Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit von Wasserkraftwerken empfohlen werden?

Da es sich um lediglich zwei Anlagen in der Forellenregion handelt, kann diese Frage derzeit nicht eindeutig beantwortet werden. Zwar zeigen die beiden

untersuchten Standorte positive Ergebnisse in Hinblick auf die Aufstiegszahlen von Bachforellen an, eine Übertragung auf andere, potamale Fischarten (z.B. Aitel, Nase, Barbe usw.) ist allerdings nicht möglich. Hierbei ist auch das massenhafte Aufsuchen der Laichhabitats von z.B. Nase und Barbe u.a., in großen Schwärmen, in Hinblick auf die Größe der Fischliftschleuse bzw. die Frage ob in den Betriebsphasen Füllphase, Ausschwimmphase und Entleerungsphase Individuen vor dem Einstiegsbereich durch eine Lockströmung gehalten werden könne um in der nächsten Einschwimmphase einzuschwimmen, sicherlich ein Kriterium. Die Problematik das Individuen bei geschlossenem Einstiegsschieber vor diesem warten müssen und durch eine Lockströmung im Einstiegsbereich gehalten werden müssen um nicht abzuwandern besitzt jedenfalls Verbesserungspotential, wie auch die begleitenden Videoaufnahmen an beiden Standorten zeigten. Individuen konnten an beiden Standorten beim Einschwimmen und wieder Ausschwimmen beobachtet werden, wobei keine alleinige bzw. eindeutige Ursache für dieses Verhalten abgeleitet werden konnte. Ebenso ungeklärt ist die Aufstiegsfrage „schwimmschwacher“ bzw. „bodenorientierter“ Arten, wie Koppe, Gründlinge, Bachneunauge usw., wenngleich am Standort KW Leser am Löllingbach der Aufstieg von drei Koppen belegt werden konnte. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Gegebenheiten, aber auch in Hinblick auf den Fischabstieg (bis dato nicht untersucht), sollte das Fischliftschleusensystem aus derzeitiger Sicht nur an Sonderstandorten mit sehr begrenzten Platzverhältnissen zum Einsatz kommen.

5 Literaturverzeichnis

- Aitken P.L., Dickerson L.H. & Menzies W.J.M. (1966) Fish passes and screens at water power works. *Proc. Inst. Civ. Eng.* 35, 29–57.
- BAW (2014) Leitbildkatalog.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft) (2015) *Entwurf Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015*.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft) (2012) Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. 93.
- Clay C. (1995) Design of fishways and other fish facilities. 2nd. Edition. *CRC Press Inc.*
- DWA (2014) *Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung*.
- Dyck S. & Peschke G. (1995) *Grundlagen der Hydrologie*. Verlag für Bauwesen, Berlin.
- EU (2000) Euroöaisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* L 327/1-32, 1–18.
- Haunschmid R., Schotzko N., Petz-Glechner R., Honsig-Erlenburg W., Schmutz S., Spindler T., et al. (2010) *Leitfaden zur Erhebung der Biologischen Qualitätselemente Teil A1 - Fische*.
- Haunschmid R., Wolfram G., Spindler T., Honsig-Erlenburg W., Wimmer R., Jagsch A., et al. (2006) *Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie*.
- Honsig-Erlenburg W. & Wieser G. (1997) *Die Gurk und Ihre Seitengewässer*. Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten.
- IKSR I.K. zum S. des R. (2007) Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit des Oberrheins für die Fischfauna- Kurzbericht über die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie. *Bericht Nr.158*, 14.
- Larinier M., Porcher J.P., Travade F. & Gosset C. (1994) Passes à poissons - expertise et conception des ouvrages de franchissement. *Paris(Conseil Supérieur de la Pêche, Collection mise au point)*, 336.
- Larinier M., Travade F. & Porcher J.P. (2002) Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture* 364.
- Moog O., Schmidt-Kloiber A., Ofenböck T. & Gerritsen J. (2001) *Aquatische Ökoregionen und Fließgewässer-Bioregionen Österreichs*.
- ÖNORM EN ISO 748 (2008) *Hydrometrie-Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels Fließgeschwindigkeitsmessgeräten*.
- Pavlov D.S. (1989) Structures assisting the migrations of non-salmonids fish: USSR. *FAO Fish. Rome, Tech. Pap.*, 97.
- Peter A. & Erb M. (1996) Leitfaden für fischbiologische Erhebungen in Fließgewässern unter Einsatz der Elektrofischerei. *Mitteilung zur Fischerei* 58, 1–19.
- Redeker M. & Stephen A. (2006) Fish locks in Scotland. *DWA Themen*

- “Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna,”* 61–69.
- Spindler T. (1997) *Fischfauna in Österreich.*
- Taylor M. (2006) Fishway system for the Burnett River Dam. *Australia - Hydropower & Dams*, 82–88.
- Travade F. & Larinier M. (2002) Fish locks and fish lifts. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 102–118.
- Wiesner C., Jungwirth M., Schmutz S., Unfer G. & Zitek A. (2006) Importance of connectivity in the Danube river catchment. International DWA Symposium on Water Resources Management: Free passage for Aquatic Fauna in Rivers and other Water Bodies. *DWA-Themen.*
- Woschitz G., Eberstaller J. & Schmutz S. (2003) *Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FHM) und Bewertung der Funktionsfähigkeit.*
- Zeiringer B. & Führer S. (2015) *Experimentelle Untersuchung der Fischlifschleuse.*
- Zitek A., Haidvogel G., Jungwirth M., Philipp P. & Schmutz S. (2007) *Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich.*

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Funktionsprinzip einer Fischschleuse (schematischer Längsschnitt) .	8
Abbildung 2 Schematische Darstellung des Aufbaus und Funktionsprinzips eines Fischaufzuges (DWA, 2014).....	10
Abbildung 3 Schematische Darstellung des Aufbaus und Funktionsprinzips einer Fischliftschleuse	12
Abbildung 4 Standortbeschreibung: oben: Übersichtskarte Bioregionen Österreich mit Standortmarkierung (BMLFUW); links unten: Orthophoto Versuchsstandort 1 KW Leser; rechts unten: Versuchsstandort 2 KW Vier-Linden	14
Abbildung 5 Unterwasserseitige Aufnahme der Wehranlage KW Leser mit Fischliftschleuse; rechts ist der Einstiegsbereich in die Fischliftschleuse, mit der Bypassleitung für die Restwasserdotations abgebildet	15
Abbildung 6 Planskizze System Fischliftschleuse KW Leser-Löllingbach	16
Abbildung 7 Längenfrequenz-Diagramm der Aufstiege in die Reuse im Zeitraum vom 09.Mai 2015 bis zum 09.Juni 2015 getrennt nach Markierungsfarbe (64 Bachforellen und 2 Regenbogenforellen mit <260 mm und <370 mm) (Zeiringer & Führer, 2015).....	16
Abbildung 8 Aufnahme Wehranlage und Fischliftschleuse KW Vier-Linden; rechts Tosbecken mit Holzabsperrung Einstieg in Vorschacht; links von oben nach unten: unterwasserseitiger Vorschacht, Fischliftschleusenschacht und OW-Schacht.....	18
Abbildung 9 Planskizze System Fischliftschleuse KW Vier-Linden-Görtschitz.....	18
Abbildung 10 Setup Videodokumentation: Links: 2 Go Pros im „Schwimmkörper“ montiert für Strömungsvideo und Video Automatikmodus; Mitte: Netzwerkkamera Strömungsvideo Fischliftschleusenschacht OW; Rechts: UW-Go Pro und Netzwerkkamera	21
Abbildung 11 Versuchsaufbau März 2017: Linkes Bild: Plexiglaszylinder mit 2 eingebauten GoPro Kameras und Scheinwerfer. Rechtes Bild: Netzwerkkamera, Plexigalszylinder mit eingebauter GoPro und Scheinwerfer (links neben Videosetup ist der Einstieg in den Vorkammerschacht zu sehen).....	25
Abbildung 12 Bachforellen (<i>Salmo trutta</i>) mit Markierung hinter dem Auge; von links nach rechts: rot, blau und grün.....	27

Abbildung 13 Bild links: Quantitativ befischte Strecken im UW des KW Vier-Linden; Bild rechts: Gesamte Potentialstrecke von KW Vier-Linden flussab bis zu Brücke Möselhof.....	29
Abbildung 14 Natürliches Wanderhindernis unterhalb Brücke Möselhof	29
Abbildung 15 Absperrung des Einstieges in den Vorschacht der Fischliftschleuse für VAo1	30
Abbildung 16 Absperrung Tosbecken für VAo3.....	31
Abbildung 17: Ganglinie der mittleren täglichen Abflüsse (1966–2013) und der mittleren täglichen Abflüsse des Untersuchungsjahres (2016).....	32
Abbildung 18 Übersichtsplan Wehranlage KW Leser - Löllingbach.....	34
Abbildung 19: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen) KW Leser-Löllingbach: Links: am 28. Juli 2016 im Zuge des Vorversuchs-Abflusssituation Mittelwasser; Rechts: am 23. August 2016-Turbinenausfall (Hochwassersituation)	35
Abbildung 20: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen KW Leser-Löllingbach: Links: am 24. August 2016-Abflusssituation Überwasser; Rechts: am 29. September 2016-Abflusssituation leichtes Niederwasser	36
Abbildung 21: Strömungsmessung Einstiegsbereich Fischliftschleuse (Betriebsphase: Einschwimmen) KW Leser - Löllingbach am 29. September 2016 und Strömungsmessung der Profile I bis IV	37
Abbildung 22: Strömungsmessung im Schacht (Ausstiegsbereich) Fischliftschleuse (Betriebsphase: Ausschwimmen) KW Leser-Löllingbach: Links: am 24. August 2016-Abflusssituation Überwasser; Rechts: am 29. September 2016-Abflusssituation leichtes Niederwasser	38
Abbildung 23 Profil III Löllingbach-in 13 Lamellen für Abflussbestimmung unterteilt; Geschwindigkeitsfläche überhöht dargestellt	39
Abbildung 24 Strömungsmuster Fischliftschleusenschacht OW-Niveau	40
Abbildung 25 Strömungsausbreitung unter Zugabe von Farbtracern im Einstiegsbereich (Bild 1–5 bei Überwassersituation am 29. Juli 2016; Bild 6–8 am 29. September 2016 Q~120 l/s)	41
Abbildung 26 Frühzeitiges Öffnen des OW-Schiebers und überfallsartige Dotierung ; Ansicht im Schwimmbehälter (rechtes Bild).....	41

Abbildung 27	Übersichtsplan KW Vier-Linden-Görtschitz, mit eingezeichneten Messraster.....	42
Abbildung 28	Darstellung der gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten als Flächen gleicher Geschwindigkeit. Von links nach rechts: (1) Ist-Zustand (2) Bypass Dotation (3) Spülschütz Dotation	43
Abbildung 29	Punktübersicht der Strömungsmessungen im UW-Schacht (Vorkammer) und OW-Schacht	44
Abbildung 30	Links: Einstiegsschieber in die Fischliftschleuse mit Versatz (Blick Richtung Fischliftschleusenschacht); Rechts: Einstiegsöffnung in die Fischliftschleuse mit Blasenvorhang auf Grund des zu 50 % geöffneten Bypasses (Blick Richtung Fischliftschleusenschacht).....	45
Abbildung 31:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 1) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=67 Ind.). Markierungsfarbe=rot; nrot=39 Ind.	47
Abbildung 32:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 2) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=84 Ind.). Markierungsfarbe=blau; nblau=65 Ind.	47
Abbildung 33:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 25. Oktober 2016 im UW (Tosbecken, Sandfangauslauf und Spüleleitungsauslauf) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=27 Ind.). Markierungsfarbe=rot; nrot=25 Ind.	48
Abbildung 34:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 25. Oktober 2016 im UW (Strecke 1 und 2 + Tosbecken, Sandfangauslauf und Spüleleitungsauslauf) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=178 Ind.). Markierungsfarbe=rot; nrot=64 Ind.; Markierungsfarbe=blau; nblau=65 Ind.	48
Abbildung 35:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 25. Oktober 2016 im OW (Staubereich) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=7 Ind.). Markierungsfarbe=blaurotblau; nblaurotblau=1 Ind.	49
Abbildung 36:	Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 01. Dezember 2016 im OW des KW Vier-Linden weiter flussauf in Gumpen gefangen wurden (nges=23 Ind.). Markierungsfarbe=grün; ngrün=23 Ind.	50
Abbildung 37:	Längen-Gewichts-Regression Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>) Görtschitz	50

Abbildung 38 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 15. März 2017 im UW (Wehr bis Möselhof) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=137 Ind.).	54
Abbildung 39 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die am 15. März 2017 im OW (Staubereich/Stauwurzel) des KW Vier-Linden gefangen wurden (nges=12 Ind.).	54
Abbildung 40 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die in VAo_1 aufgestiegen sind (nges=50 Ind.). Markierungsfarbe=rot; nrot=24 Ind.; Markierungsfarbe=blau; nblau=23 Ind.; Markierungsfarbe= blaurotblau; nblaurotblau=1 Ind.; keine Markierung; n=2 Ind.	55
Abbildung 41 Längenfrequenz-Diagramm von Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>), die in VAo_2 im Jahr 2016 aufgestiegen sind (nges=5 Ind.). Markierungsfarbe=blau; nblau=3 Ind.; keine Markierung n=2 Ind.	56
Abbildung 42 Längenfrequenz-Diagramm der Individuen die in VAo_2 im Jahr 2017 aufgestiegen sind (nges=49 Ind.). Bachforelle: Markierungsfarbe=rot; nrot=1 Ind.; keine Markierung n=47 Ind.; Regenbogenforelle: keine Markierung n=1	57

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich MQ mit mittleren täglichen Abfluss (oder arithmetischem Mittel über mehrere Tage) an Tagen mit Strömungsmessung und Befischung....	33
Tabelle 2 Abflussbestimmung Löllingbach Profil III: B_i = Lamellenbreite; H_i =mittlere Lamellentiefe; A_i = Lamellenfläche; V_i = mittlere Geschwindigkeit über Tiefe; Q_i = Lamellenabfluss; Q_{ges} = Gesamtabfluss im Fließquerschnitt.....	39
Tabelle 3: Überschlägige Abflussbestimmung Profil III Löllingbach: A = Gesamtfläche Fließquerschnitt; V = mittlere Fließgeschwindigkeit über Fließquerschnitt; Q_{ges} = Gesamtabfluss im Fließquerschnitt	39
Tabelle 4 Strömungsmessungen im UW-Schacht (Vorkammer) und OW-Schacht aufgeteilt in Einschwimm- bzw. Ausschwimmphase und in IST Zustand, zusätzliche Bypass Dotation und zusätzliche Spülschütz Dotation	44
Tabelle 5: Überblick der gefangenen Individuen mit und ohne Markierung	46
Tabelle 6: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 1..	51
Tabelle 7: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 2..	52
Tabelle 8 Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-UW Strecke 1 und UW Strecke 2	52
Tabelle 9: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-alle erhobenen Standorte UW KW Vier-Linden.....	53
Tabelle 10: Bestandserhebung Görtschitz vom 25. Oktober 2016-Potentialstrecke mit allen erhobenen Standorten UW KW Vier-Linden	53
Tabelle 11: Fischökologischer Zustand Görtschitz-Berechnung FIA.....	53
Tabelle 12 Überblick der vom 25.–28. Oktober 2016 in VAo_1 aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe	55
Tabelle 13 Überblick der vom 28. Oktober 2016–08. Juni 2017 im Hauptversuch aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe	56
Tabelle 14 Überblick der vom 16.–30. März 2017 in VAo_3 aufgestiegenen Individuen, getrennt nach Markierungsfarbe	57

8 Anhang

- 1) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.07.2016 – Vorversuch__85
- 2) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 23.08.2016 – Turbinenwartung –
HW Situation_____85
- 3) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 24.08.2016 – Ausstiegsphase –
Überwassersituation_____86
- 4) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 24.08.2016 – Einstiegsphase –
Überwassersituation_____87
- 5) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Ausstiegsphase –
Mittelwassersituation_____88
- 6) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Einstiegsphase –
Mittelwassersituation_____89
- 7) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Profile I – IV__90
- 8) Messergebnis KW Leser-Löllingbach Schacht OW vom 24.08.2016_____91
- 9) Messergebnis KW Leser-Löllingbach Schacht OW vom 29.09.2016_____91
- 10) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–Ist Zustand_____92
- 11) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–mit Bypass Dotation_
_____93
- 12) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–mit Spülschütz Dotation
_____94

13) Wassertiefenverteilung KW Vier-Linden-UW Görtschitz_____95

14) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Tosbecken Einschwimmphase
_____96

15) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Tosbecken Ausschwimmphase
_____97

16) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Restwasserstrecke Teil 1__98

17) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Restwasserstrecke Teil 2__99

1) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.07.2016 – Vorversuch

Messung Einstiegsbereich - Einstiegsphase 29.07.2016 Vorversuch						
Pktnr.	V80[cm/s]		V60[m/s]		Mittler V über Tiefe [m/s]	Wasser- tiefe[cm]
	Mittel	Max	Mittel	Max		
a	-0.06	0.15	0.29	0.38	0.12	17.50
b	0.40	0.45	0.38	0.45	0.39	19.00
c	0.34	0.60	0.06	0.36	0.20	18.00
d	0.27	0.34	-0.19	0.35	0.04	10.00
e	0.39	0.50	0.50	0.65	0.44	20.00
f	0.08	0.37	0.24	0.33	0.16	20.50
g	0.04	0.14	0.02	0.10	0.03	6.00
h	0.13	0.27	0.17	0.27	0.15	7.00
i	0.30	0.36	0.29	0.43	0.29	6.00
j	-0.12	0.17	0.15	0.50	0.02	14.00

Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde

Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite

2) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 23.08.2016 – Turbinenwartung –
HW Situation

Messung Einstiegsbereich - Einstiegsphase 23.08.2016 Turbine ausgeschaltet, Sandfang leicht geöffnet, freier Wehrüberfall								
Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit nach 3 Punkt Methode [m/s]
	Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max		
1	-0.22	0.26						
2	-0.23	0.30						
3	-0.26	0.39						
4	-0.25	0.28	-0.16	0.25	-0.18	0.27	37.00	-0.20
5	-0.24	0.28	-0.17	0.23	-0.23	0.35	38.00	-0.21
6	-0.20	0.28	-0.23	0.26	-0.18	0.24	37.00	-0.21
7	-0.23	0.26	-0.21	0.23	-0.20	0.23	19.00	-0.22
8	-0.22	0.24	-0.21	0.23	-0.23	0.27	18.00	-0.21
9	-0.24	0.28	-0.20	0.24	-0.22	0.24	23.50	-0.22
10	-0.26	0.31	-0.22	0.26	-0.24	0.30	18.50	-0.24
11	-0.21	0.21	-0.22	0.25	-0.23	0.25	17.00	-0.22
12	-0.21	0.24	-0.20	0.29	-0.21	0.32	17.00	-0.20
13	-0.21	0.23	-0.22	0.25	-0.26	0.30	13.50	-0.22
14	-0.21	0.24	-0.22	0.25	-0.23	0.26	18.00	-0.22
15	-0.23	0.24	-0.21	0.24	-0.24	0.28	19.00	-0.22

Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde

Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite

Messpunkt 1 bis 3 wurden im Schachteinstieg (Durchlass) gemessen -> nur V80

3) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 24.08.2016 – Ausstiegsphase –
Überwassersituation

24.08.2016 Messung Einstiegsbereich - Ausstiegsphase (Schwimmer oben) - Überwassersituation								
Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit nach 3 Punkt Methode [m/s]
	Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max		
1	0.07	0.19	-0.18	-0.10	-0.22	0.28	26	-0.09
2	2.25	2.44	-0.26	0.30	-0.24	0.30	27.5	0.75
3	-0.01	0.82	-0.19	0.28	-0.26	0.33	26	-0.13
4	-0.25	0.33	-0.35	0.45	-0.24	0.29	21	-0.29
5	1.98	2.07	-0.10	0.20	-0.18	0.25	30	0.72
6	0.31	0.39	-0.06	0.16	-0.24	0.29	24	0.05
8	-0.23	0.31	0.05	0.18	0.31	0.44	11	-0.01
9	-0.27	0.33	-0.07	0.27	0.30	0.44	13	-0.08
10	-0.09	0.33	-0.09	0.33	0.19	0.45	7	-0.04
11	-0.26	0.29	-0.15	0.23	0.02	0.19	15	-0.16
13	0.01	0.22	0.07	0.25	0.18	0.61	10	0.07
14	-0.27	0.30	-0.21	0.33	-0.06	0.21	13	-0.20
15	-0.18	0.22	-0.17	0.21	-0.19	0.33	13	-0.18
16	-0.18	0.25	0.05	0.12	0.08	0.21	22	-0.04
18	-0.22	0.26	-0.22	0.28	-0.11	0.17	12	-0.20
19	-0.05	0.08	-0.03	0.08	0.09	0.24	12	-0.01
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde								
Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite								

4) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 24.08.2016-Einstiegsphase-
Überwassersituation

24.08.2016 Messung Einstiegsbereich - Einstiegsphase (Schwimmer unten) - Überwassersituation								
Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit nach 3 Punkt Methode [m/s]
	Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max		
1	0.22	0.27	0.40	0.43	-0.04	0.12	28	0.24
2	0.33	0.36	0.35	0.39	0.37	0.41	28	0.35
3	0.09	0.12	0.10	0.19	-0.06	0.14	28	0.06
4	0.06	0.10	0.02	0.11	-0.13	0.19	18	0.00
5	0.36	0.39	0.41	0.45	0.31	0.38	18	0.37
6	0.30	0.34	0.39	0.44	0.21	0.25	20	0.32
8	-0.11	0.19	-0.04	0.07	0.01	0.06	13	-0.06
9	-0.13	0.16	0.03	0.07	0.25	0.33	12	0.01
10	0.05	0.13	0.23	0.39	0.29	0.39	11	0.17
11	-0.26	0.29	-0.14	0.18	-0.13	0.16	16	-0.18
13	-0.02	0.12	0.11	0.17	0.14	0.22	10	0.06
14	-0.15	0.21	-0.11	0.17	-0.10	0.16	13	-0.12
15	-0.01	0.06	0.14	0.23	0.22	0.33	12	0.10
16	-0.01	0.10	0.08	0.14	0.15	0.27	10	0.06
18	0.02	0.05	0.05	0.10	0.09	0.15	11	0.04
19	-0.05	0.11	0.04	0.10	0.26	0.42	14.5	0.05
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde								
Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite								

5) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Ausstiegsphase –
Mittelwassersituation

29.09.2016 Messung Einstiegsbereich - Ausstiegsphase (Schwimmer oben) - Mittelwassersituation								
Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit nach 3 Punkt Methode [m/s]
	Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max		
1	0.39	0.27	0.03	0.08	-0.04	0.11	19.5	0.16
2	1.35	1.23	0.05	0.09	-0.01	0.04	19	0.56
3	0.16	0.02	0.04	0.09	-0.02	0.18	19	0.07
4	0.10	0.02	0.05	0.13	-0.04	0.15	10.5	0.05
5	0.07	0.03	0.06	0.13	-0.02	0.15	12	0.05
6	0.03	0.02	-0.03	0.12	-0.14	0.21	12	-0.03
7	0.18	0.12	0.23	0.78	0.53	1.09	9	0.27
8	-0.01	0.10	-0.04	0.13	0.30	0.58	6	0.04
9	0.22	0.37	0.22	0.81	0.41	1.13	5	0.26
10	-0.03	0.16	-0.03	0.16	0.61	1.11	5.5	0.10
11	0.07	0.04	0.07	0.17	-0.11	0.45	2	0.03
12	0.36	0.37	0.36	1.08	0.36	1.08	5	0.36
13	0.24	0.10	0.24	0.38	0.42	0.73	6	0.28
14	0.18	0.02	0.18	0.38	0.30	0.71	6	0.20
15	0.11	0.00	0.11	0.21	0.21	0.40	5	0.13
16	0.20	0.11	0.20	0.28	0.22	0.33	7	0.20
17	0.21	0.18	0.21	0.23	0.27	0.33	12	0.22
18	0.30	0.25	0.33	0.40	0.45	0.86	9	0.34
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde								
Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite								
Messpunkt 18 vor Restwasserausleitung								

6) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Einstiegsphase –
Mittelwassersituation

29.09.2016 Messung Einstiegsbereich - Einstiegsphase (Schwimmer unten) - Mittelwassersituation								
Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit nach 3 Punkt Methode [m/s]
	Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max		
1	0.35	0.44	0.28	0.38	0.74	0.83	23	0.40
2	0.60	0.65	0.74	0.80	0.75	1.10	25	0.68
3	0.53	0.59	0.54	0.83	0.74	1.58	25	0.57
4	0.15	0.18	0.14	0.22	0.31	0.36	14	0.18
5	0.12	0.15	0.27	0.33	0.53	0.59	14	0.26
6	0.59	0.64	0.65	0.67	0.65	0.68	15	0.62
7	0.19	0.24	0.26	0.41	0.38	0.46	12	0.25
8	0.13	0.17	0.18	0.23	0.30	0.34	8	0.18
9	0.22	0.27	0.27	0.33	0.40	0.46	9	0.28
10	0.48	0.53	0.53	0.59	0.52	0.57	8	0.50
11	0.02	0.03	0.05	0.10	0.27	0.32	10	0.08
12	0.55	0.61	0.62	0.64	0.68	0.71	9.5	0.60
13	0.47	0.51	0.55	0.58	0.48	0.52	9.5	0.50
14	0.11	0.14	0.19	0.24	0.28	0.32	10	0.18
15	0.44	0.50	0.44	0.50	0.45	0.55	5	0.44
16	0.48	0.52	0.53	0.56	0.44	0.51	8	0.49
17	0.52	0.57	0.53	0.59	0.60	0.65	10	0.54
18	0.23	0.26	0.34	0.42	0.54	0.76	15	0.34
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde								
Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite								
Messpunkt 18 vor Restwasserausleitung								

7) Messergebnis KW Leser-Löllingbach UW vom 29.09.2016 – Profile I – IV

29.09.2016 Strömungsmessung Profile I - VI im Unterwasser										
Profilnr.	Punktnr.	V 80 [m/s]		V 60 [m/s]		V 20 [m/s]		Wasser- tiefe [cm]	Mittlere Fließgeschwindigkeit - nach 3 Punkt Methode [/s]	Anmerkung
		Mittel	Max	Mittel	Max	Mittel	Max			
I	a	0.01	0.02	-0.02	0.03	-0.03	0.09	38.00	-0.01	Gewässersohle steigt im Bereich von Transect I aus dem Wehrkolk an - deshalb turbulente Strömung am Grund
I	b	-0.01	0.01	-0.03	0.05	-0.04	0.12	34.00	-0.02	
I	c	-0.01	0.05	-0.01	0.06	0.11	0.20	39.00	0.02	
I	d	-0.03	0.08	-0.02	0.08	0.10	0.15	40.00	0.00	
I	e	0.05	0.11	-0.02	0.04	0.15	0.26	40.00	0.04	
I	f	-0.10	0.12	-0.03	0.09	0.19	0.35	35.00	-0.01	
I	g	-0.08	0.09	-0.05	0.09	0.32	0.37	57.00	0.01	
I	h	-0.11	0.13	-0.09	0.12	0.05	0.14	78.00	-0.07	
I	i	-0.01	0.04	0.03	0.08	0.39	0.54	73.00	0.09	
I	j	0.05	0.20	0.19	0.32	0.38	0.58	56.00	0.17	
I	k	-0.08	0.11	0.01	0.08	0.02	0.12	57.00	-0.02	
I	l	-0.03	0.08	-0.09	0.12	0.04	0.12	65.00	-0.04	
I	m	-0.12	0.14	-0.04	0.08	0.26	0.32	41.00	-0.01	
I	n	-0.03	0.06	0.05	0.09	0.24	0.32	30.00	0.05	
I	o	0.10	0.16	0.17	0.25	0.30	0.39	17.00	0.16	
I	p	0.23	0.30	0.25	0.32	0.29	0.36	15.00	0.25	
II	a	0.04	0.20	0.04	0.20	0.04	0.20	6.00	0.04	Blocksteine vor Sandfang
II	b	0.07	0.10	0.02	0.03	0.02	0.03	12.00	0.04	
II	c	0.10	0.12	0.07	0.08	0.09	0.13	15.00	0.09	
II	d	0.27	0.28	0.22	0.27	0.45	0.49	25.00	0.28	
II	e	0.02	0.04	0.00	0.04	0.04	0.07	17.00	0.02	
II	f	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	0.00	
II	g	0.05	0.06	0.03	0.05	0.03	0.05	25.00	0.04	
II	h	0.04	0.05	0.07	0.08	0.03	0.04	26.00	0.05	
II	i	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	19.00	0.04	
III	a	0.16	0.22	0.16	0.22	0.16	0.22	5.00	0.16	
III	b	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05	5.00	0.02	
III	c	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	0.06	9.00	0.02	
III	d	0.01	0.01	0.04	0.06	0.07	0.10	18.00	0.03	
III	e	0.08	0.10	0.22	0.25	0.18	0.23	23.00	0.16	
III	f	0.14	0.16	0.30	0.34	0.28	0.30	24.00	0.23	
III	g	0.36	0.40	0.35	0.38	0.33	0.35	25.00	0.35	
III	h	0.24	0.28	0.31	0.34	0.31	0.34	25.00	0.28	
III	i	0.19	0.22	0.22	0.24	0.22	0.25	24.00	0.21	
III	j	0.07	0.09	0.13	0.16	0.12	0.13	28.00	0.10	
III	k	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	28.00	0.06	
III	l	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	22.00	0.03	
III	m	0.01	0.06	0.05	0.08	0.01	0.10	15.00	0.02	
IV	a	0.19	0.20	0.19	0.20	0.19	0.20	5.00	0.19	zwischen c-d und d-e Wasseroberfläche durch große Blöcke unterbrochen
IV	b	0.46	0.50	0.46	0.50	0.57	0.59	6.00	0.48	
IV	c	0.41	0.43	0.41	0.43	0.41	0.43	4.00	0.41	
IV	d	0.28	0.40	0.28	0.40	0.28	0.40	4.00	0.28	
IV	e	0.27	0.28	0.30	0.31	0.39	0.40	11.00	0.30	
IV	f	0.13	0.13	0.41	0.43	0.42	0.46	13.00	0.30	
IV	g	0.15	0.18	0.39	0.44	0.58	0.60	11.00	0.33	
IV	h	0.17	0.18	0.33	0.34	0.35	0.37	9.00	0.27	
IV	i	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	4.00	0.00	
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde										
Max ist absoluter Maximalwert der gemessenen Spannweite										

8) Messergebnis KW Leser-Löllingbach Schacht OW vom 24.08.2016

Messung Einströmung Schacht 24.08.2016 - Überwassersituation					
Punktnr.	V [m/s] 18,2cm unter Wasseroberfläche		V [m/s] 36.4cm unter Wasseroberfläche		
	Mittelwert	Max	Mittelwert	Max	
1	0.16	0.29			0.00
2	0.24	0.40	-0.25		0.33
3	-0.24	0.36			0.00
4	0.18	0.33	-0.01		0.11
5	0.10	0.23	0.11		0.42
6	0.00	0.16	-0.09		0.20
7	0.15	0.25	0.01		0.17
8	-0.08	0.18	0.02		0.15
9	-0.10	0.26	0.03		0.18
10	-0.08	0.23	-0.06		0.15
11	-0.18	0.25	-0.20		0.34
12	-0.23	0.30	-0.18		0.24
13	0.02	0.10	-0.04		0.17
14	-0.06	0.20	0.05		0.30

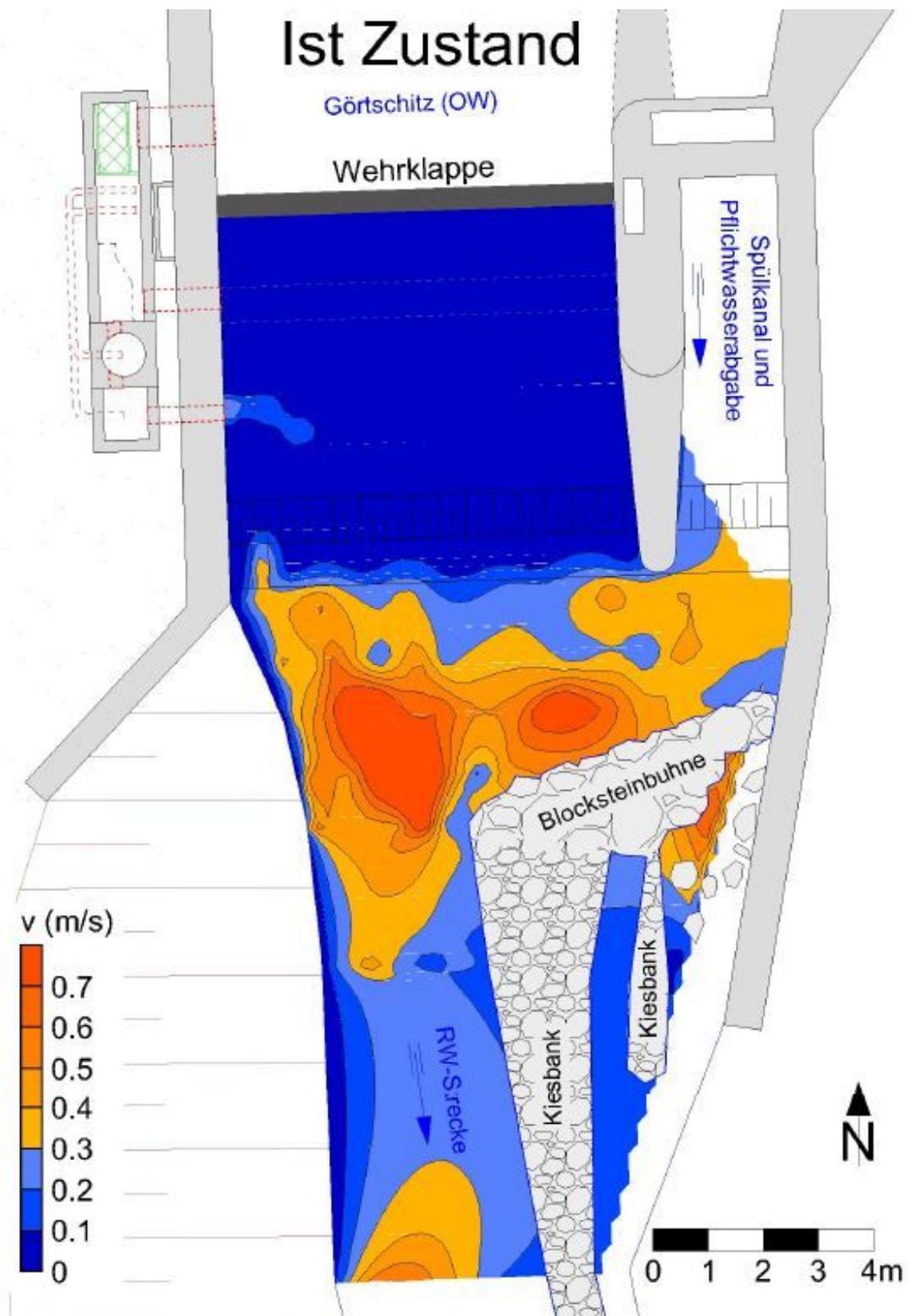
Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde

9) Messergebnis KW Leser-Löllingbach Schacht OW vom 29.09.2016

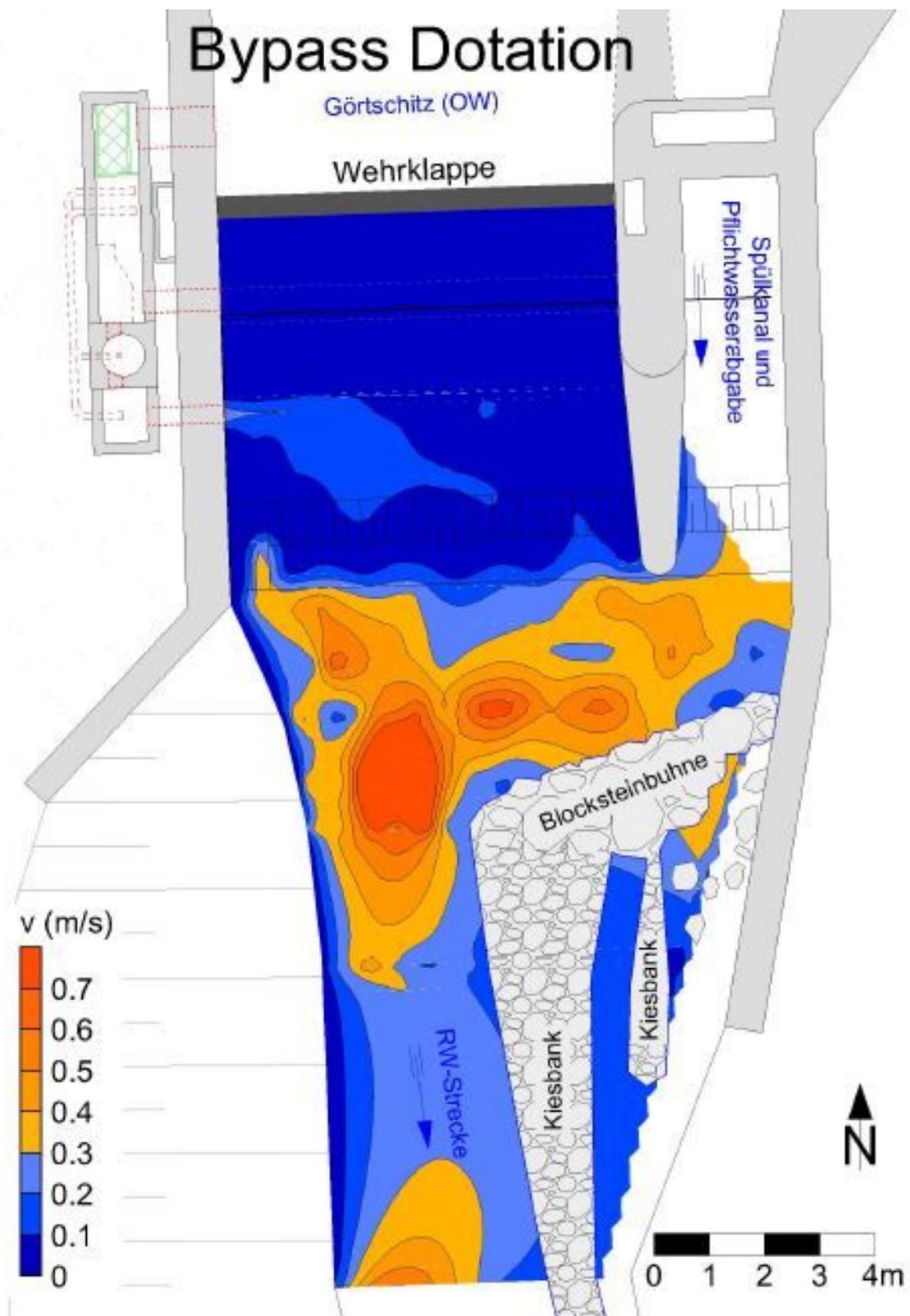
Messung Einströmung Schacht 29.09.2016 - Mittelwassersituation					
Punktnr.	V [m/s] 18,2cm unter Wasseroberfläche		V [m/s] 36.4cm unter Wasseroberfläche		
	Mittelwert	Max	Mittelwert	Max	
1	0.43	0.55			
2	0.11	0.24			
3	0.07	0.17			
4	0.15	0.22	0.23		0.30
5	0.16	0.22	0.16		0.23
6	0.02	0.03	0.07		0.10
7	0.14	0.21	0.12		0.14
8	0.07	0.12	0.16		0.25
9	0.06	0.11	0.14		0.23
10	0.06	0.09	0.16		0.19
11	0.04	0.06	0.02		0.06
12	0.04	0.05	0.09		0.21
13	-0.01	0.04	0.07		0.12
14	0.07	0.11	0.12		0.17

Mittel ist der Mittelwert über die gemessene Spannweite der Geschwindigkeit, die 30 Sekunden lang gemessen wurde

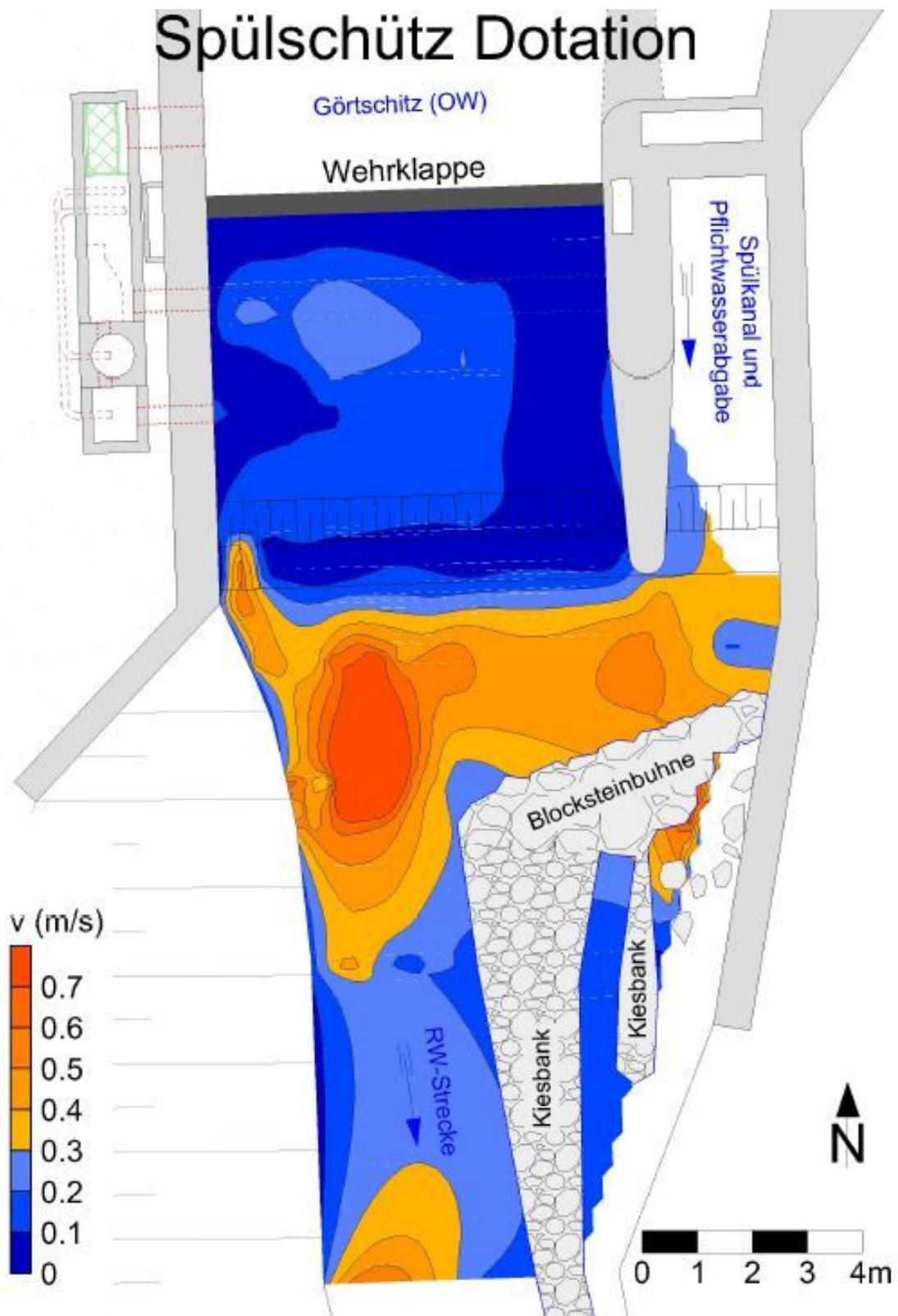
10) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–Ist Zustand



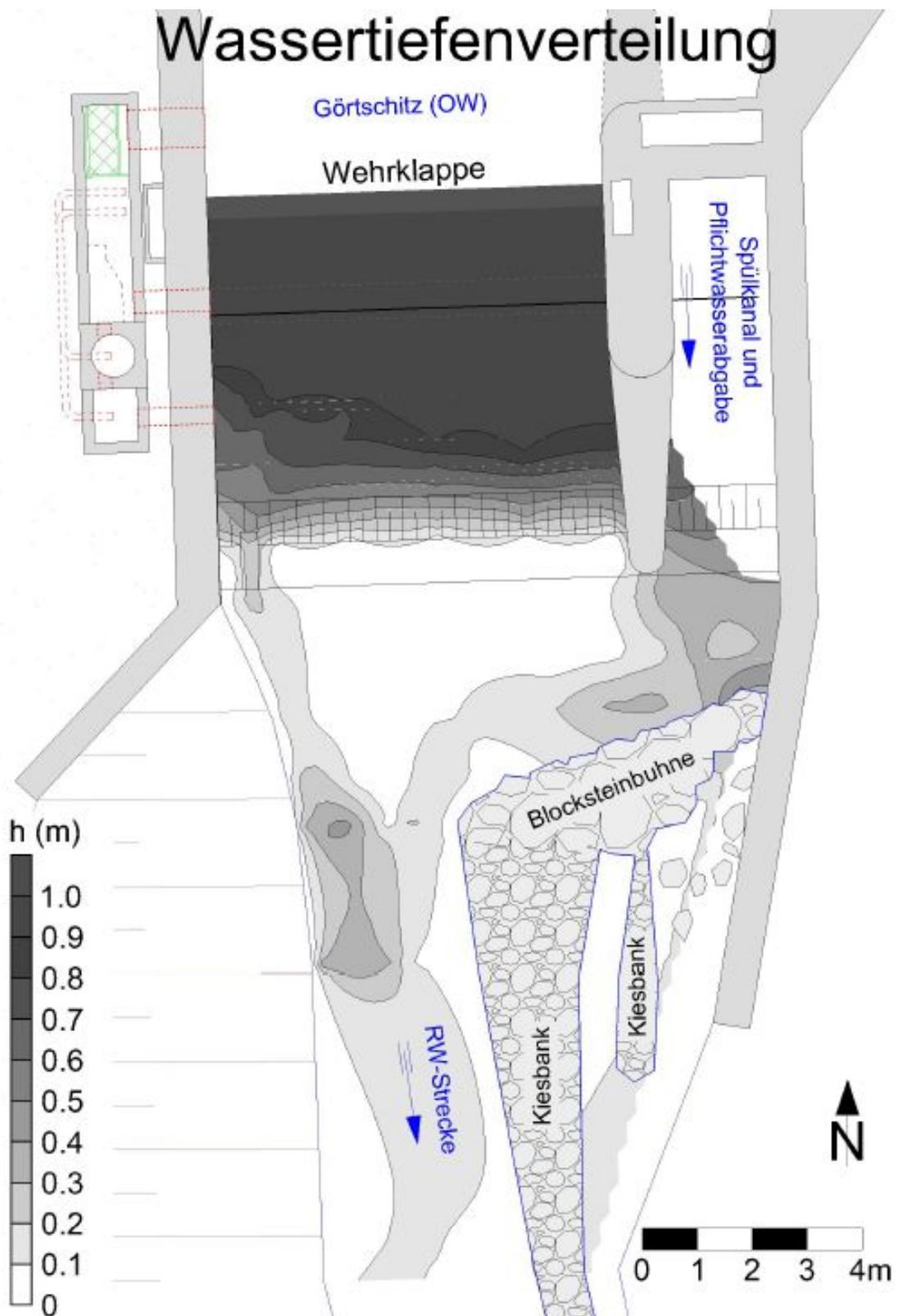
11) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–mit Bypass Dotation



12) Strömungsdarstellung KW Vier-Linden-UW Görtschitz–mit Spülschütz Dotation



13) Wassertiefenverteilung KW Vier-Linden-UW Görtschitz



14) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtzschitz Tosbecken Einschwimmphase

Einschwimmphase (Schwimmbehälter im UW)								
Mess- punkt	Wasser- tiefe [cm]	IST- Zustand		Bypass Dotation		Spülschütz Dotation		
		Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	
3b	76	0,015	0,015	0,024	0,035	0,011	0,04	
3c	97	0,013	0,025	0,007	0,015			
3d	97	0,022	0,03	0,013	0,025	-0,019	-0,015	
3e	97	0,019	0,025	0,02	0,03	-0,007	0	
3g	98	0,038	0,05	0,028	0,04	0,029	0,155	
3i	96	0,034	0,06	0,025	0,045	0,023	0,155	
4b	67	0,061	0,08	0,021	0,03	0,031	0,075	
4d	79	0,027	0,035	0,029	0,03			
4e	89	0,03	0,035	0,038	0,045	-0,003	0,02	
4f	84	0,028	0,04	0,023	0,045	-0,009	-0,005	
4h	98	0,032	0,04	0,042	0,08	-0,002	0,09	
4k	96	0,038	0,05	0,026	0,04	0,021	0,085	
6a	55	0,06	0,15	0,108	0,27	0,054	0,135	
6b	63	0,053	0,12	0,122	0,24	0,05	0,085	
6d	73	0,044	0,11	0,073	0,195			
6f	71	0,112	0,14	0,103	0,165	-0,003	0,025	
6g	74	0,062	0,13	0,099	0,175	0,045	0,065	
6i	98	0,027	0,055	0,046	0,08	0,031	0,065	
6k	96	0,044	0,055	0,054	0,09	0,073	0,08	
8a	74	0,026	0,03	0,025	0,035	0,01	0,025	
8b	69	0,036	0,07	0,04	0,09			
8c	78	0,075	0,085	0,061	0,085	0,003	0,045	
8d	85	0,062	0,12	0,1	0,13	0,044	0,07	
8f	86	0,044	0,08	0,05	0,08	0,031	0,065	
8g	97	0,046	0,08	0,048	0,08			
9a	62	0,031	0,045	0,019	0,02	-0,011	-0,005	
9b	67	0,027	0,035	0,027	0,055			
9c	67	0,033	0,045	0,025	0,035	0,043	0,075	
9d	79	0,048	0,06	0,065	0,1	0,037	0,075	
9f	82	0,045	0,065	0,061	0,115	0,052	0,075	
9g	84	0,04	0,06	0,052	0,07			
10a	63	0,019	0,025	0,02	0,025			
10b	62	0,025	0,045	0,027	0,065			
10c	61	0,028	0,04	0,026	0,03			
10d	70	0,036	0,05	0,052	0,085			
10e	79	0,043	0,085	0,055	0,095			
10g	85	0,035	0,045	0,041	0,05			
11a	54	0,009	0,015	0,013	0,025	0,016	0,06	
11b	58	0,013	0,025	0,023	0,035			
11c	59	0,016	0,03	0,022	0,03	0,053	0,105	
11d	61	0,016	0,04	0,045	0,055	0,046	0,12	
11f	57	0,024	0,07	0,028	0,07	0,08	0,13	
11g	62	0,033	0,055	0,049	0,085	0,084	0,11	
13a	33	0,028	0,05	0,02	0,04	0,044	0,09	
13b	38	0,034	0,07	0,03	0,06			
13c	34	0,031	0,065	0,034	0,07	0,06	0,12	
13d	33	0,023	0,065	0,02	0,05	0,05	0,14	
13f	23	0,031	0,055	0,026	0,08	0,056	0,15	
13j	41	0,016	0,07	0,023	0,105	0,06	0,12	
14a	26	0,157	0,295	0,137	0,265	0,191	0,395	
14b	26	0,168	0,29	0,153	0,295	0,224	0,42	
15a	26	0,204	0,36	0,195	0,355	0,263	0,525	
15b	27	0,186	0,37	0,184	0,35	0,239	0,535	
16a	23	0,151	0,285	0,176	0,35	0,282	0,54	
16b	23	0,153	0,305	0,166	0,37	0,254	0,6	
16c	3	0,062	0,155					
16d	3	0,056	0,14					
16e	2	0,076	0,19					
16f	4	0,152	0,38					
16g	30	0,083	0,375					
16h	28	0,194	0,38					
16i	29	0,134	0,37					

Strömung aus Spülkanal kommend nur im Ist- Zustand aufgenommen

15) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Tosbecken Ausschwimmphase

Ausschwimmphase (Schwimmbehälter im OW)								
Mess- punkt	Wasser- tiefe [cm]	IST- Zustand		Bypass Dotation		Spülschütz Dotation		
		Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	
3b	76	0,018	0,02	0,019	0,025	0,005	0,035	
3c	97	0,023	0,025	0,018	0,03			
3d	97	0,021	0,025	0,017	0,025	0,001	0,025	
3e	97	0,023	0,045	0,018	0,02	-0,014	-0,005	
3g	98	0,031	0,045	0,027	0,045	0,011	0,125	
3i	96	0,027	0,035	0,044	0,07	0,022	0,13	
4b	67	0,071	0,09	0,041	0,07	-0,004	0,02	
4d	79	0,021	0,035	0,018	0,035			
4e	89	0,028	0,03	0,028	0,04	-0,009	-0,005	
4f	84	0,033	0,055	0,035	0,055	0,004	0,07	
4h	98	0,027	0,045	0,026	0,05	-0,008	0,02	
4k	96	0,034	0,04	0,05	0,08	0,021	0,105	
6a	55	0,096	0,24	0,128	0,32	0,07	0,175	
6b	63	0,1	0,15	0,184	0,35	0,097	0,13	
6d	73	0,078	0,15	0,102	0,285			
6f	71	0,13	0,145	0,159	0,245	-0,003	0,035	
6g	74	0,086	0,16	0,058	0,14	0,031	0,05	
6i	98	0,05	0,09	0,038	0,08	0,074	0,085	
6k	96	0,031	0,045	0,041	0,065	0,09	0,1	
8a	74	0,044	0,09	0,029	0,06	0,002	0,02	
8b	69	0,037	0,085	0,039	0,115			
8c	78	0,042	0,07	0,069	0,095	0,007	0,035	
8d	85	0,084	0,115	0,108	0,13	0,043	0,06	
8f	86	0,048	0,08	0,065	0,105	0,051	0,075	
8g	97	0,045	0,065	0,047	0,075			
9a	62	0,026	0,04	0,024	0,04	0,088	0,105	
9b	67	0,023	0,03	0,027	0,065			
9c	67	0,04	0,05	0,032	0,06	0,016	0,04	
9d	79	0,043	0,065	0,068	0,1	0,009	0,045	
9f	82	0,036	0,08	0,053	0,115	0,056	0,075	
9g	84	0,043	0,065	0,051	0,075			
10a	63	0,018	0,025	0,015	0,015			
10b	62	0,027	0,035	0,027	0,065			
10c	61	0,014	0,03	0,022	0,025			
10d	70	0,062	0,08	0,048	0,06			
10e	79	0,06	0,09	0,057	0,105			
10g	85	0,03	0,035	0,031	0,035			
11a	54	0,013	0,025	0,01	0,02	0,055	0,075	
11b	58	0,01	0,025	0,021	0,025			
11c	59	0,013	0,025	0,011	0,025	0,009	0,055	
11d	61	0,022	0,055	0,042	0,07	0,053	0,085	
11f	57	0,032	0,08	0,04	0,13	0,046	0,09	
11g	62	0,049	0,075	0,062	0,09	0,078	0,1	
13a	33	0,019	0,035	0,022	0,04	0,104	0,12	
13b	38	0,035	0,075	0,029	0,06			
13c	34	0,027	0,065	0,036	0,07	0,019	0,115	
13d	33	0,027	0,065	0,017	0,055	0,056	0,18	
13f	23	0,023	0,065	0,02	0,05	0,057	0,115	
13j	41	0,021	0,085	0,028	0,1	0,046	0,1	
14a	26	0,154	0,29	0,175	0,295	0,203	0,415	
14b	26	0,155	0,285	0,153	0,285	0,202	0,38	
15a	26	0,166	0,31	0,215	0,375	0,286	0,53	
15b	27	0,167	0,355	0,187	0,395	0,232	0,55	
16a	23	0,183	0,325	0,21	0,38	0,269	0,485	
16b	23	0,166	0,34	0,181	0,405	0,231	0,545	
16c	3	0,028	0,07					
16d	3	0,058	0,145					
16e	2	0,082	0,205					
16f	4	0,19	0,475					
16g	30	0,088	0,36					
16h	28	0,116	0,39					
16i	29	0,096	0,3					

Strömung aus Spülkanal kommend nur im Ist- Zustand aufgenommen

16) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Restwasserstrecke Teil 1

Einschwimmphase (Schwimmbehälter im UW)							
Mess- punkt	Wasser- tiefe [cm]	IST- Zustand		Bypass Dotation		Spülschütz Dotation	
		Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]
17a	11	0,31	0,34	0,1	0,2	0,37	0,4
17b	21	0,34	0,46	0,18	0,22	0,3875	0,51
17c	14	0,19	0,21	0,13	0,18	0,38	0,41
17d	2	0,555	0,68	0,06	0,7	0,135	0,17
17f	2	0,145	0,19	0,03	0,47	0,605	0,64
17h	2	0,5	0,52	0,04	0,38	0,41	0,44
17i	2	0,24	0,25	0,03	0,24	0,555	0,61
17l	2	0,18	0,22	0,12	0,27	in dieser Einstellung nicht aufgenommen	
17n	6	0,26	0,28	0,19	0,34		
17o	15	0,11	0,14	0,22	0,32		
17p	11	0,39	0,41	0,24	0,6		
17q	24	0,255	0,42	0,19	0,41		
17r	34	0,223	0,4	0,34	0,42		
17s	26	0,195	0,31	0,24	0,36		
17t	24	0,2075	0,33	0,22	0,16		
17u	32	0,096	0,29	0,3	0,25		
18a	16	0,195	0,36	0,2	0,37		in dieser Einstellung nicht aufgenommen
18b	16	0,3925	0,45	0,18	0,43		
18c	4	0,63	0,68	0,08	0,13		
18e	4	1,21	1,23	0,06	0,57		
18f	7	0,715	0,74	0,05	0,57		
18g	7	0,61	0,64	0,05	0,75		
18h	9	0,695	0,72	0,12	0,34		
18i	9	0,51	0,54	0,14	0,59		
18j	12	0,49	0,52	0,24	0,81		
18k	15	0,3975	0,51	0,22	0,77		
18l	18	0,36	0,64	0,23	0,61		
18m	21	0,6675	0,96	0,26	0,48		
18n	20	0,8275	0,88	0,3	0,59		
18o	27	0,4825	0,72	0,35	0,66		
18p	33	0,404	0,61	0,31	0,61		
18q	31	0,221	0,44	0,37	0,35		
18r	34	0,215	0,42	0,45	0,35		
18s	30	0,136	0,36	0,34	0,27		
18t	26	0,19	0,26	0,29	0,19		
18u	38	0,122	0,27	0,36	0,14		
18v	58	0,124	0,22	0,58	0,22		
19a	23	0,3675	0,61	0,25	0,47	0,4775	0,74
19b	26	0,3475	0,59	0,29	0,34	0,415	0,53
19c	18	0,335	0,41	0,21	0,37	0,125	0,19
19d	4	0,675	0,75	0,04	1,2	1,21	1,38
19e	3	0,99	1,06	0,03	1,42	1,32	1,37
19f	3	1,005	1,03	0,03	1,34	1,055	1,12
19g	19	0,7525	0,99	0,1	0,71	0,505	0,54
19h	14	0,425	0,44	0,15	0,54		
19i	11	0,535	0,57	0,14	0,44	0,38	0,41
19j	16	0,28	0,29	0,12	0,2		
19k	10	0,035	0,04	0,07	0,29	0,2	0,23
19l	3	0,38	0,45	0,03	0,18		

17) Messergebnis KW Vier-Linden-UW Görtschitz Restwasserstrecke Teil 2

Einschwimmphase (Schwimmbehälter im UW)							
Mess- punkt	Wasser- tiefe [cm]	IST- Zustand		Bypass Dotation		Spülschütz Dotation	
		Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]	Vm [m/s]	Vmax [m/s]
20a	31	0,415	0,58	0,35	0,42	0,355	0,63
20b	39	0,243	0,44	0,4	0,31	0,2525	0,45
20c	47	0,2025	0,43	0,49	0,52	0,5625	0,63
20d	29	0,2575	0,44	0,36	0,78	0,465	0,54
20e	3	0,4	0,44	0,03	0,49	in dieser Einstellung nicht aufgenommen	
20g	25	0,425	0,97	0,17	0,98		
20h	11	0,205	0,24	0,1	0,27		
20i	9	0,34	0,36	0,09	0,28		
20j	5	0,705	0,75	0,06	0,42		
21a	41	0,121	0,17	in dieser Einstellung nicht aufgenommen		in dieser Einstellung nicht aufgenommen	
21b	39	0,179	0,27				
21c	33	0,431	0,52				
21d	40	0,208	0,28				
21e	16	0,145	0,2				
21f	3	0,06	0,08				
21g	3	0,31	0,33				
21h	3	0,135	0,15				
21i	4	0,075	0,11				
21j	4	0,11	0,12				
21k	10	0,07	0,08				
22a	4	0,37	0,39	in dieser Einstellung nicht aufgenommen		in dieser Einstellung nicht aufgenommen	
22b	9	0,57	0,59				
22c	16	0,67	0,71				
22d	10	0,53	0,58				
22e	12	0,525	0,56				
22f	10	0,6	0,62				
22g	5	0,07	0,09				
22h	6	0,36	0,38				
22i	13	0,07	0,08				
22j	7	0,11	0,13				
22k	17	0,185	0,21				
23a	8	0,18	0,19				
23b	13	0,285	0,3				
23c	8	0,45	0,47				
23d	17	0,085	0,09				
23e	6	0,245	0,26				
23f	7	0,035	0,05				