

# **MASTERARBEIT**

## **Technische und fischökologische Funktionsprüfung des enature® Fischpasses am Wehr Hart / Ager OÖ**

### **VERFASSER**

Bakk. techn. Martin Schober

### **BETREUER**

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



## **Martin Schober**

Wien, Mai 2013

### **Danksagung:**

An erster Stelle möchte ich einem besonderen Menschen danken, ohne den diese Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Lieber Jürgen (Kern), vielen herzlichen Dank für dein Engagement, deine liebenswerte Art und Weise der Zusammenarbeit, die vielen gemeinsamen Momente voller Freude, Muße und Anstrengung sowie für deine Geduld. Es freut mich sehr einen so guten Freund an meiner Seite zu haben, danke!

Der nächste Dank geht an meine Betreuer Helmut Mader und Stefan Schmutz. Vielen herzlichen Dank für die netten und stets freundlichen Begegnungen. Die Art und Weise der Kommunikation und der fachlichen Unterstützung mit vielen inspirierenden Aspekten, machten diese Arbeit sehr abwechslungsreich und spannend. Speziell Helmut Mader möchte ich für seine Offenheit und sein Vertrauen in unsere Arbeit danken. Vielen Dank!

Meinen Eltern Armella und Martin Schober kann ich nicht genug danken, für all ihre Fürsorge und Liebe, die mir von klein auf bis zum jetzigen Moment gegeben wurde. Vielen herzlichen Dank! Ich bin sehr glücklich und dankbar euch als Eltern zu haben.

Meinem Bruder David möchte ich für seine professionelle Unterstützung und liebe Art der Titelblattgestaltung danken.

All meinen lieben Freunden bei denen ich in den Monitoringszeiten wohnen durfte gilt mein nächster Dank. Liebe Gertrud, lieber Rudi und liebe Susanne Prohaska, liebe Maria Furlinger, liebe Heidi Lankmaier – vielen herzlichen Danke für die herzliche Aufnahme bei euch zuhause! Der Familie Kern möchte ich auch sehr herzlich danken für die vielen Abende mit wunderbarem Essen und ihre herzliche Art. Bei euch allen fühlte ich mich sehr wohl, danke. Besonders möchte ich Hans Kern für die ausgezeichnete Zusammenarbeit und vielen gemeinsamen Stunden an der Anlage danken.

Unseren Werkzeugnahversorgern sowie wichtigen Helfern der Firma KWG sei an dieser Stelle ein besonderer Dank ausgesprochen. Stets freundliche Begegnungen mit dem einen oder anderen Spaß rundeten die Arbeiten an der Anlage ab. Vielen Dank! Wenn einmal etwas fehlte oder irgendetwas zu organisieren war, war Herr Kiener immer zur Stelle und hat geholfen wo er konnte. Für diese Bereitschaft und Gutmütigkeit sei ihm ein besonderer Dank gewidmet!

Den Kollegen des Instituts Hydrobiologie und Gewässermanagement, Günther Unfer, Bernhard Zeiringer und Kurt Pinter möchte für ihre Hilfsbereitschaft bei Fragen der Fischbestimmung sowie Gewässerökologie. Vielen Dank!

Unserem Werkstättenleiter Heinz sowie seinen Mitarbeitern Sepp, Roman und Thomas sei ein besonderer Dank für deren Hilfe rund um den Reusenbau und –installation sowie freundlichen Begegnungen gedankt.

Bei den lieben Menschen des IWHW – Instituts, Hans, Doris, Beate, Anila sowie Julia und Harry möchte ich mich für deren freundliche Mithilfe rund um diese Arbeit herzlich bedanken.

Die gemeinsamen Stunden der Elektrofischung sowie die anschließende, schier nicht enden wollende Fischzählung war nicht nur herausfordernd sondern auch mit Spaß verbunden. Vielen Dank liebe Mitarbeiter der Firma Petz-Glechner. Ein spezieller Dank gilt Regina Petz-Glechner und Stefan Achleitner, die stets um unsere Fragen zur Bestimmung der Fische bemüht waren. Herzlichen Dank!

Abschließend möchte ich mich bei allen hier namentlich nicht erwähnten Menschen bedanken, die mit mir in meiner Studienzeit wunderbare, gemeinsame Momente teilten. Speziell Reingard Prohaska und Mathias Brucha danke ich mit großer Verbundenheit.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ENGLISH .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. DEUTSCH .....</b>	<b>2</b>
<b>2. EINLEITUNG / ZIELSETZUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>3. GRUNDLAGEN .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. ÖKOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER FISCHWANDERUNG .....</b>	<b>4</b>
3.1.1. Schwimmleistung .....	5
3.1.2. Orientierung und Schwimmverhalten heimischer Fische .....	6
3.1.3. Typen von Wanderungen .....	7
3.1.4. Einflussfaktoren der Fischwanderung .....	9
3.1.4.1. Temperatur .....	9
3.1.4.2. Abfluss .....	10
3.1.4.3. Licht .....	10
3.1.5. Huchen (Hucho hucho) .....	11
<b>3.2. FISCHWANDERHILFEN .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Allgemeines .....	12
3.2.2. Kontinuumsunterbrechung .....	13
3.2.3. Definitionen .....	14
3.2.4. Anforderungen an Fischwanderhilfen .....	15
<b>3.3. GEWÄSSERÖKOLOGISCHER ZUSTAND .....</b>	<b>20</b>
3.3.1. Allgemein .....	20
3.3.2. Gesamtbild Ager und Traun .....	25
3.3.2.1. Überwachung und Sanierung .....	25
3.3.2.2. Querbauwerke / Kontinuumsunterbrechungen .....	30
3.3.2.3. Restwasser .....	33
<b>3.4. ANLAGE UND ENATURE® FISHPASS AM WEHR HART .....</b>	<b>35</b>
3.4.1. Lage .....	35
3.4.1.1. Situation flussab der Anlage (Feldmüller et al., 2012) .....	36
3.4.1.2. Situation flussauf der Anlage (Feldmüller et al., 2012) .....	37
3.4.2. Kraftwerk und Wehranlage .....	38
3.4.3. Fischwanderhilfe - enature® Fishpass .....	41
3.4.3.1. Allgemein .....	41
3.4.3.2. enature® Fishpass am Wehr Hart .....	44
<b>3.5. HYDROLOGISCHE ABFLUSSVERHÄLTNISSE UND ABFLUSSREGIME .....</b>	<b>50</b>
<b>3.6. WASSERTEMPERATUR .....</b>	<b>51</b>
<b>3.7. FISCHREGION / BIOREGION / LEITBILD .....</b>	<b>52</b>
<b>4. METHODIK .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1. ABIOTISCHE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>55</b>
4.1.1. Wasserstand FMH .....	55
4.1.1.1. Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) .....	55
4.1.1.2. Wasserstände bei erhöhter Wasserführung .....	56
4.1.2. Durchfluss- und Fließgeschwindigkeitsermittlung .....	56
4.1.2.1. Salzverdünnungsmethode für Abfluss FMH .....	56
4.1.2.2. ADCP .....	58
4.1.2.3. Fließgeschwindigkeitsmessung mit P-EMS (elektromagnetisch) an Slots .....	62
4.1.2.4. Indirekt über Pegelwerte .....	64
4.1.3. Temperaturermittlung .....	68
4.1.3.1. Wassertemperatur .....	68
4.1.3.2. Außenlufttemperatur .....	68
4.1.4. Raue Sohle / Sohlhöhenaufnahme .....	68
4.1.5. Färbeversuch (Visualisierung der Anbindung an den Migrationskorridor) .....	70
4.1.6. Methodische Probleme bei den abiotischen Untersuchungen .....	71
<b>4.2. FISCHÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>71</b>
4.2.1. Fischbestandsaufnahme .....	71

4.2.2.	Fischökologische Bewertung ( <i>Feldmüller et al., 2012</i> )	72
4.2.2.1.	Bestandsdaten	72
4.2.2.2.	Arten	72
4.2.2.3.	Dominanz	73
4.2.2.4.	Populationsstruktur	73
4.2.3.	Reusenmonitoring	73
4.2.3.1.	Anthropogene Beeinflussungen des Monitorings	75
4.2.3.2.	Methodische Probleme bei den fischökologischen Untersuchungen	76
4.2.4.	Bestandserhebung in der FMH – Lebensraumeignung	76
4.2.5.	Bewertung nach Woschitz et al.(2003)	77
<b>4.3.</b>	<b>HUCHEN-MONITORING</b>	<b>79</b>
4.3.1.	Geräteeinsatz	79
4.3.2.	Versuchsindividuen	80
4.3.3.	Versuchsablauf	81
<b>5.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>83</b>
<b>5.1.</b>	<b>ERGEBNISSE DER ABIOTISCHEN UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>83</b>
5.1.1.	Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) FMH	83
5.1.1.1.	Überströmngrenze FMH	85
5.1.2.	Durchfluss- und Fließgeschwindigkeit	86
5.1.2.1.	Pegelschlüssel FMH	86
5.1.2.2.	Abfluss-FMH in den Untersuchungszeiträumen	87
5.1.2.3.	Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im unmittelbaren Einstiegsbereich	89
5.1.2.4.	Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im Unterwasserbereich	92
5.1.2.5.	Abfluss Restwasserstrecke	96
5.1.2.6.	Abflussverhältnisse am Stauziel - Turbine / Restwasserstrecke / Kanal / FMH	98
5.1.2.7.	Fließgeschwindigkeiten an den Slots	100
5.1.3.	Raue Sohle / Sohlhöhenaufnahme	102
5.1.4.	Färbeversuch (Visualisierung der Anbindung an Migrationskorridor)	104
5.1.5.	Betriebssicherheit / Störanfälligkeit	106
5.1.5.1.	Betriebsweise und Abflussverhältnisse (hydraulischer Normalbetrieb FMH)	107
5.1.5.2.	Verklausung	107
5.1.5.3.	Geschiebe	107
5.1.5.4.	Wasserstände und Störanfälligkeit bei stark erhöhter Wasserführung	109
<b>5.2.</b>	<b>ERGEBNISSE DER FISCHÖKOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>111</b>
5.2.1.	Fischarten ( <i>Feldmüller et al., 2012</i> )	111
5.2.2.	Fischbestand ( <i>Feldmüller et al., 2012</i> )	112
5.2.2.1.	Entnahmestrecke KW Hart	112
5.2.2.2.	Stauraum KW Hart	115
5.2.3.	Dominanzverhältnisse und häufige Arten	118
5.2.4.	Fischökologischer Zustand ( <i>Feldmüller et al., 2012</i> )	119
5.2.4.1.	Restwasserstrecke KW Hart	119
5.2.4.2.	Strauraum KW Hart	121
5.2.5.	Qualitativer Fischaufstieg	123
5.2.5.1.	Artenspektrum	123
5.2.5.2.	Entwicklungsstadien	124
5.2.6.	Quantitativer Fischaufstieg	132
5.2.6.1.	Gesamtanzahl der aufgestiegenen Fische	132
5.2.6.2.	Tägliche Fangzahlen	133
5.2.6.3.	Mittelstreckenwanderer	138
5.2.6.4.	Kurzstreckenwanderer	139
5.2.7.	Befischung der FMH ( <i>Feldmüller et al., 2012</i> )	144
<b>5.3.</b>	<b>VIDEOUNTERSUCHUNGEN</b>	<b>148</b>
5.3.1.	Huchen-Monitoring	148
5.3.1.1.	Abiotische Parameter	148
5.3.1.2.	Auf- und Abstieg	149
5.3.2.	Zusätzliche Videountersuchungen	153
5.3.2.1.	Videountersuchung an Multistrukturschlitten	153
5.3.2.2.	Videobeobachtung des Reusentrichters	154
<b>6.</b>	<b>DISKUSSION / INTERPRETATION</b>	<b>155</b>
<b>6.1.</b>	<b>TECHNISCHE FUNKTIONALITÄT</b>	<b>155</b>
6.1.1.	Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) FMH	155

6.1.2.	Abfluss FMH .....	156
6.1.3.	Fließgeschwindigkeiten an den Slots .....	156
6.1.4.	Raue Sohle / Sohlhöhen .....	157
6.1.5.	Fließverhältnisse im Unterwasserbereich .....	158
6.1.6.	Betriebssicherheit / Störanfälligkeit .....	159
6.1.6.1.	Betriebsweise und Abflussverhältnisse .....	159
6.1.6.2.	Verklausung .....	160
6.1.6.3.	Geschiebe .....	160
6.1.6.4.	Erosion des Sohlsubstrates .....	161
<b>6.2.</b>	<b>ÖKOLOGISCHE FUNKTIONSFÄHIGKEIT NACH WOSCHITZ ET AL. (2003)</b> .....	<b>161</b>
6.2.1.	Qualitativer Fischaufstieg .....	161
6.2.1.1.	Artenspektrum .....	161
6.2.1.2.	Entwicklungsstadien .....	161
6.2.2.	Quantitativer Fischaufstieg .....	164
6.2.2.1.	Einstiegsreue .....	165
6.2.2.2.	Anzahl der aufgestiegenen Mittelstreckenwanderer .....	165
6.2.2.3.	Anzahl der aufgestiegenen Kurzstreckenwanderer .....	166
6.2.3.	Besiedelung und Lebensraumeignung des enature® Fishpass .....	167
6.2.4.	Gesamtergebnis nach Beurteilungskriterium .....	167
<b>6.3.</b>	<b>HUCHEN-MONITORING</b> .....	<b>169</b>
<b>6.4.</b>	<b>ÖKOTECHNISCHE ZUSAMMENSCHAU</b> .....	<b>170</b>
6.4.1.	Auffindbarkeit .....	170
6.4.2.	Passierbarkeit .....	171
6.4.3.	Betriebssicherheit .....	173
<b>7.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>174</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>176</b>
<b>9.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>186</b>
<b>10.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>193</b>
<b>11.</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>194</b>

### **Aufteilung des Inhalts:**

Sind Unterkapitel nicht explizit angeführt, so wurden diese vom Bearbeiter des übergeordneten Kapitels abgefasst.

Bakk. techn. Jürgen Kern: 0, 3.1, 3.5, 3.6, 3.7, 4.1.2, 4.1.2.3, 4.1.2.4, 4.1.3, 4.1.6, 4.2.2, 4.3.3, 5.1.2, 5.1.5, 5.2.1, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5.1, 5.2.6, 5.3.1, 5.3.1.1, 5.3.2, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.6, 6.2.2, 6.2.3, 6.3, 7

Bakk. techn. Martin Schober: 3.2, 3.3, 3.4, 4.1.1, 4.1.2.1, 4.1.2.2, 4.1.4, 4.1.5, 4.2.1, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.3, 4.3.1, 4.3.2, 5.1.1, 5.1.3, 5.1.4, 5.2.2, 5.2.5.2, 5.2.7, 5.3.1.2, 6.1.1, 6.1.4, 6.1.5, 6.2.1, 6.2.4, 6.4

## 1. Abstract

### 1.1. English

The functional capability of a pilot plant of the enature® Fishpass, at the weir Hart / Ager was assessed by the use of fish-ecological and technical analyses.

For the evaluation of operational reliability, the possibility for fish to find the entrance and to pass the fishway, abiotic parameters were collected. The measurements of flow velocity in the tailwater show a good orientation of the main flow. However, there was no separate flow observed, qualified to attract fish into the fishpass, even though the discharge of the fishpass was higher than recommended.

The maximum measured flow velocities at all checked multistructure slots were below the design value.

The smallest determined flow velocities exceeded the critical swimming capacity of small and juvenile fish. In contrast to this, the fish-ecological investigation gave a different picture.

To determine fish migration fish traps were installed in the fishpass. In 21 weeks of monitoring 1 226 ascending fish were caught. It became apparent that all species observed in the tailwater were able to find and swim through the pass. The most represented fish were small individuals and bad swimmers.

According to guideline of the Austrian Fishing Association (ÖFV 1/2003) the enature® Fishpass was assessed as „fully working, mark I“.

In the course of video monitoring the fishway was observed as passable for a Danube salmon (*Hucho hucho*) with a length of 105cm. The fish coped easily with movements both up and downstream.

In consideration of the partly contradictory biotic and abiotic results, the importance of fish-ecological monitoring becomes apparent. Furthermore there is still a lack of research regarding the mechanisms of how fish find the entrance of a fishpass. Differing from the common theory of the “attraction flow” it can be assumed that there are other factors that provide the necessary information for fish to orientate.

In summary the functional capability of the enature® Fishpass can be evaluated as very high.

## 1.2. Deutsch

In dieser Arbeit sollte die Funktionsfähigkeit des enature® Fischpasses untersucht und bewertet werden.

Auf technischer Seite wurden dazu zahlreiche abiotische Parameter erhoben. Bei der Messung der Fließverhältnisse im Unterwasserbereich zeigte sich eine gute richtungsmäßige Ausbildung der großräumigen Leitströmung. Eine getrennt ausgeprägte Strömungsfahne aus der Fischwanderhilfe (FWH), von der eine lockende Wirkung für Fische ausgeht, konnte trotz hohen Abflusses nicht gemessen werden.

Bei Untersuchungen an den Multistrukturschlitzten zeigte sich, dass die auftretenden maximalen Fließgeschwindigkeiten unter dem vorgegebenen Grenzwert lagen. Die kleinsten ermittelten Fließgeschwindigkeiten überschritten jedoch die kritische Sprintgeschwindigkeit für Klein- und Jungfische. Die fischökologischen Untersuchungen lieferten dazu ein gegenteiliges Bild.

Um aufsteigende Fische zu erfassen, wurde ein Reusenmonitoring durchgeführt. Insgesamt wurden dabei 1226 aufgestiegene Fische in einer Zeitspanne von 21 Wochen nachgewiesen. Es zeigte sich, dass die FWH für alle potentiell vorkommenden Fischarten auffindbar und passierbar ist. Die am häufigsten aufgestiegenen Vertreter waren Kleinfische und schwimmschwache Arten.

Nach der Richtlinie 1/2003 des Österreichischen Fischereiverbandes wurde der enature® Fishpass als „vollfunktionsfähig“ bewertet.

Im Zuge eines durchgeführten Videomonitorings konnte nachgewiesen werden, dass ein Passieren der FWH für einen Huchen (*Hucho hucho*) mit einer Länge 105cm, sowohl aufwärts als auch abwärts, problemlos möglich ist.

In Anbetracht der teilweise widersprüchlichen biotischen und abiotischen Ergebnisse wird die Wichtigkeit einer fischökologischen Untersuchung deutlich. Weiters ist anzunehmen, dass es abweichend von der gängigen Theorie der „Lockströmung“ andere Faktoren sind, die den Fischen Information für die Orientierung liefern.

Zusammengefasst ist die Funktionsfähigkeit des enature® Fischpasses am Wehr Hart sehr positiv zu bewerten.

## 2. Einleitung / Zielsetzung

Im Rahmen des FFG Forschungsprojektes Nr. 828252 – Ökologisch, ökonomisch optimierte Fischwanderhilfe – der Kirchdorfer Fertigteile Holding GmbH erfolgte neben der Entwicklung des enature<sup>®</sup> Fischpasses durch das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur die Umsetzung einer Pilotanlage am Wehr des Kraftwerk (KW) Hart an der Ager in Oberösterreich.

Laut dem Schreiben der Wasserrechtsabteilung des Amtes der OÖ. Landesregierung mit dem Geschäftszeichen WA-2010-101036/75-Wab/Gin wurde für die nachträgliche, wasserrechtliche Bewilligung der Organismenwanderhilfe am Wehr Hart eine Funktionsprüfung gefordert.

In dieser Arbeit, die ebenfalls Teil des oben genannten Forschungsprojekts ist, soll mit Hilfe fischökologischer und technischer Analysen die Funktionsfähigkeit der Pilotanlage untersucht und bewertet werden.

Entsprechend der Auflagen der Behörde hat die fischökologische Funktionskontrolle nach der Richtlinie 1/2003 des Österreichischen Fischereiverbandes „Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit“ (Woschitz et al., 2003) zu erfolgen.

Dabei gilt es zu untersuchen, ob der Einstieg der Anlage für alle (potentiell) vorkommenden Fischarten und Altersstadien auffindbar und die FMH für diese auch passierbar ist.

Zur Erfassung der Fischmigration wurde sowohl im Einstiegsbereich wie auch am Ausstieg des enature<sup>®</sup> Fishpasses jeweils eine Reuse montiert. Der Zeitraum der Untersuchungen umfasste im Herbst 2011 sieben Wochen (11.10.2011 bis 30.11.2011), im Frühjahr 2012 ca. 15 Wochen (16.03.2012 bis 02.07.2012), wobei die zum Einsatz gekommenen Kastenreusen täglich entleert wurden.

Um das Migrationspotenzial abschätzen zu können, wurde im Herbst 2011 sowohl im Unterwasser (UW) des Querbauwerks, wie auch im Oberwasser (OW) der Bestand mittels Elektrofischerei durch das Technische Büro für Ökologie und Umweltschutz – Petz OEG erhoben.

Die ermittelten Daten zum biologischen „Qualitätselement – Fisch“ wurden ebenfalls für die ökologische Zustandsbewertung des Streckenabschnitts der Ager gemäß der Wasserrahmenrichtlinie der EU (WRRL) bzw. der Novelle 2003 des Österreichischen Wasserrechtsgesetzes (WRG) und der Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG) herangezogen.

Der Fischabstieg über die Anlage wurde für die Bewertung der Funktionsfähigkeit nicht berücksichtigt. Die Eignung der FMH als Lebensraum für Fische wurde im Zuge der Frühjahrsuntersuchungen erhoben. Da es sich um einen technischen Fischpass handelt, der als vorübergehender Wanderkorridor anzusehen ist, wurde diese nicht weiter bewertet.

Die Ergebnisse der fischökologischen Untersuchungen, die einen wesentlichen Teil dieser Arbeit darstellen, wurden bereits vorab im gemeinsamen Bericht „Funktionskontrolle Pilotprojekt enature<sup>®</sup> Fishpass KW Hart / Ager, Endbericht Kollaudierung“ (Feldmüller et al., 2012) veröffentlicht.

Als größter, natürlich vorkommender Fisch der Ager wurde der Huchen durch die Behörde für die Dimensionierung und Form der FMH als maßgebend festgelegt. Im Zuge der Untersuchungen sollte durch ein spezielles Monitoring die Passierbarkeit für diesen, in Österreich mittlerweile seltenen Fisch, untersucht werden.

Zusätzlich wird zur Interpretation des Aufstiegsgeschehens die Erhebung abiotischer Begleitparameter gefordert. Woschitz et al. (2003) beschränkt sich dabei auf die Erfassung der Abflussverhältnisse und der Wassertemperatur.

Aus technischer bzw. ökotechnischer Sicht ist für eine vollständige Funktionskontrolle eine Überprüfung zusätzlicher Faktoren erforderlich, die den Fischeaufstieg maßgebend beeinflussen. Dazu zählen neben dem Einfluss der Leitströmung zur Auffindbarkeit, die Erfassung der Fließgeschwindigkeiten an wichtigen Stellen der FMH, die Wassertiefen und die Wirkung der rauen Sohle.

Mit einer umfangreich angelegten Untersuchung ökotechnischer Parameter sollten außerdem neue Erkenntnisse zum Migrationsverhalten verschiedener Fischarten in Abhängigkeit dieser Einflussfaktoren gewonnen werden.

Um eine Funktionsfähigkeit auch dauerhaft zu gewährleisten, ist es nötig, die Betriebssicherheit und Störanfälligkeit der FMH zu untersuchen. Die gewonnenen Informationen sollen nicht allein einer Verbesserung der untersuchten Anlage dienen, sie können auch wichtige Hinweise für zukünftige bauliche Verbesserungen geben.

### **3. Grundlagen**

#### **3.1. Ökologische Grundlagen der Fischwanderung**

Flüsse bilden in ihrer Gesamtheit Lebensräume für zahlreiche aquatische Organismen, insbesondere auch für Fische unterschiedlicher Art und Altersklassen.

Dabei sind Fließgewässer nicht als eindimensional gestreckte Systeme zu verstehen, vielmehr sind sie eine räumliche Verkettung unterschiedlicher Lebensräume. Um ihre Funktionsfähigkeit zu wahren, muss diese Verknüpfung zwischen den Biotopen auch in Anbetracht der zeitlichen Variabilität gewährleistet sein. Man spricht in diesem Zusammenhang von der sogenannten „Vierdimensionalität“ von Fließgewässern (Jungwirth et al., 2000)

Fische sind an diese „Multidimensionalität“ angepasst. Um die Ressourcen bestmöglich zu nutzen, führen sie während ihres gesamten Lebens Wanderungen durch. Gründe dafür sind u.a. Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung und Schutz vor Feinden (Zitek et al., 2007).

In anthropogen beeinflussten Gewässern mit wasserwirtschaftlicher Nutzung ist die Konnektivität zwischen den Lebensräumen der Fische oftmals negativ beeinflusst oder überhaupt unterbunden. Dies äußert sich nicht selten durch eine Reduktion an Biomasse oder überhaupt mit dem Verlust bestimmter Spezies in einem Gebiet.

In Österreich müssen fast alle Lang- und Mittelstreckenwanderer und 50% der Kurzstreckenwanderer als durch menschliche Einflüsse negativ beeinflusst angesehen werden (Zitek et al., 2007).

Für die heimische Fischfauna lassen sich abhängig vom Migrationstyp und der Wanderdistanz verschiedene Migrationsgilden unterscheiden (Schmutz et al., 2000).

##### *Migrationstyp:*

- Potamodrom: Wanderungen innerhalb des Süßwassers
- Diadrom: Wanderung zwischen Süß- und Salzwasser

##### *Migrationsdistanz:*

- Kurz: Lokale Wanderungen, weniger als 30 km in eine Richtung im Jahr
- Mittel: Wanderungen zwischen 30 und 300 km in eine Richtung im Jahr
- Lang: Wanderungen über 300 km in eine Richtung im Jahr

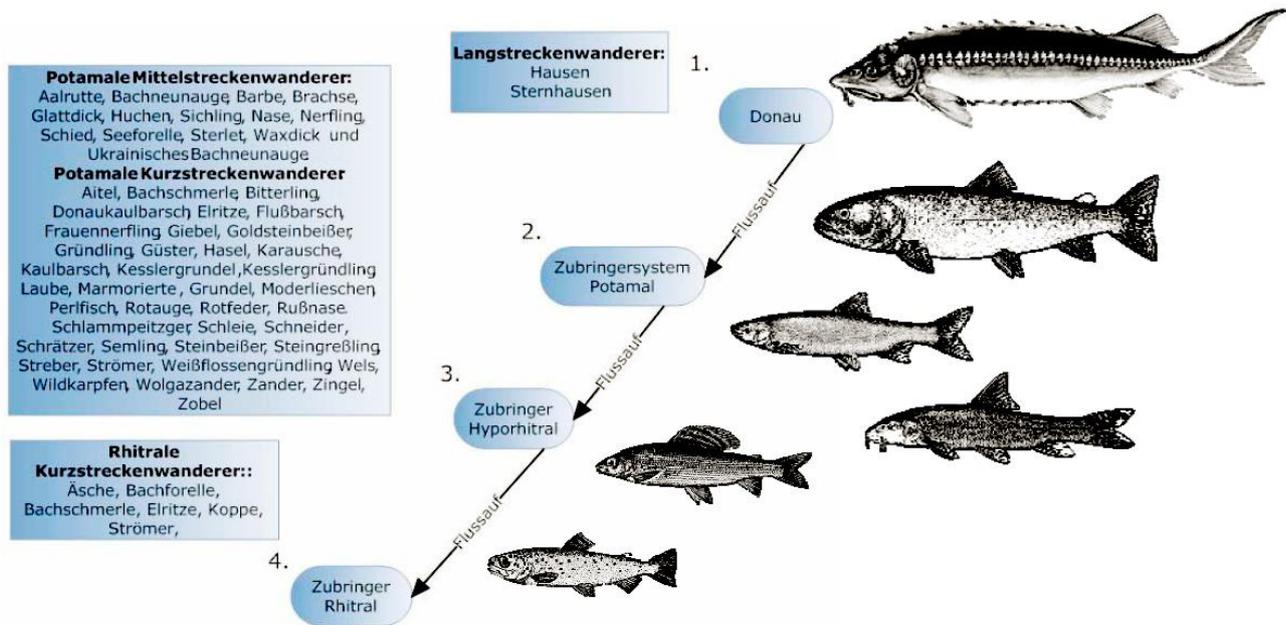


Abb. 3-1 Wanderfischarten unterschiedlicher Fischregionen im Donaeinzugsgebiet Österreich. Quelle: Zitek et al. (2007)

Sämtliche, für diese Arbeit relevanten Fische sind potamodrome Arten. Bezüglich Migrationsdistanz ist an der Ager nur zwischen Kurz- und Mittelstreckenwanderer zu unterscheiden. Generell sind alle Langstreckenwanderer nach Definition von Schmutz et al. (2000) im ursprünglichen Verbreitungsgebiet in Österreich ausgestorben.

### 3.1.1. Schwimmeistung

Die Schwimmeistung ist artenspezifisch unterschiedlich und hängt vor allem von der Größe der Fische, der Temperatur, deren Muskulatur und Körperform ab (Jens et al., 1997). Üblicherweise wird die Schwimmggeschwindigkeit in Abhängigkeit der Körperlänge (KL) in [KL/s] angegeben (DVWK, 1996; Jens et al., 1997; ATV-DVWK, 2004).

Hinsichtlich Dauer wird bei Fischen zwischen folgenden Schwimmggeschwindigkeiten unterschieden (Jens et al., 2007, ergänzt durch Clough & Turnpenny, 2001):

- *Dauerschwimmggeschwindigkeit:* Das ist jene Geschwindigkeit, die über eine lange Zeit (>200 min) ohne Ermüdung der Muskulatur aufrechterhalten werden kann und der normalen Fortbewegung im Gewässer dient.
- *Gesteigerte Schwimmggeschwindigkeit:* Diese kann nur über einen Zeitraum von 20s – 200 min aufrechterhalten werden, da sie zu einer Ermüdung der Muskulatur führt.
- *Sprintgeschwindigkeit:* Das ist die Geschwindigkeit, die aufgrund der Inanspruchnahme des anaeroben Stoffwechsels der Muskulatur für sehr kurze Zeit (<20s) aufrechterhalten werden kann. Auf einen „Sprint“ ist unmittelbar ein „Erholungs-“ oder „Erschöpfungsschwimmen“ nötig.
- *Die kritische Sprintgeschwindigkeit:* Das ist jene Schwimmggeschwindigkeit des Fisches, bei der nach 20 Sekunden ein Abtreiben erfolgt. Häufig liegt sie unter der Sprintgeschwindigkeit. Sie dient in neueren Ansätzen als ökohydraulischer Planungswert.
- *Maximale Sprintgeschwindigkeit:* Das ist die theoretisch maximal erreichbare Geschwindigkeit eines Fisches.

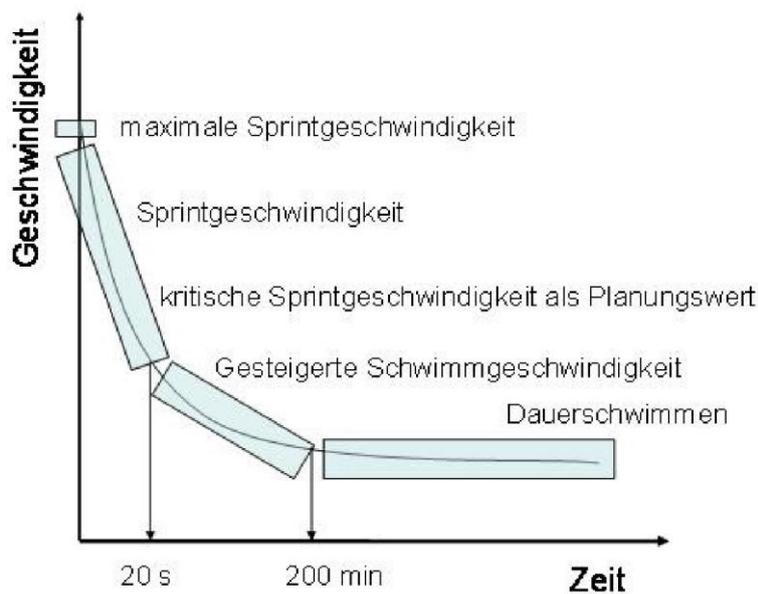


Abb. 3-2 Zusammenhang zwischen Schwimmgeschwindigkeit und Dauer (verändert nach Pavlov, 1989 bzw. Clough & Turnpenny, 2001). Quelle: BMLFUW (2012c).

Für Salmoniden ist eine kritische Sprintgeschwindigkeit von rund 10 KL/s, für Cypriniden wie Rotaugen (15-30 cm Körperlänge) rund 4-5 KL/s anzunehmen (Jens et al., 1997). Bachforellen zeigen eine maximale Sprintgeschwindigkeit von 2-3 m/s, unterschiedliche Cypriniden wie bzw. der Flussbarsch 0,7-1,5 m/s (Jens, 1982; Jens et al., 1997). Jungfische sind neben Koppeln, Schmerlen und Gründlingen sowie anderen Kleinfischarten die schlechtesten Schwimmer. Aus Laborversuchen wurde für die kritische Geschwindigkeit einheimischer Klein- und Jungfische ein Grenzwert von 0,35-0,6 m/s ermittelt (Jens et al., 1997).

### 3.1.2. Orientierung und Schwimmverhalten heimischer Fische

Die Orientierung der Fische im Gewässer erfolgt auf sehr unterschiedliche Art. Als wichtigste Parameter sind optische Anhaltspunkte, die Kenntnis des bewohnten Lebensraumes, Wasserqualitätsunterschiede, Sonnenstand, elektrische sowie magnetische Felder, Geruchsstoffe im Wasser, Geräusche und Strömungsverhältnisse zu nennen (Jens et al., 1997; Lucas & Baras, 2001).

Vor allem der positive Einfluss der Strömung auf die Orientierung, die sogenannte Rheotaxis, ist für viele Fischarten belegt (Lucas & Baras, 2001; Adam & Lehmann, 2011). Deshalb ist auch bei der Planung von FMH besonders auf die Strömungsverhältnisse zu achten (BMLFUW, 2012c).

Laborversuche zeigen, dass sich Fische, abhängig von ihrer Art, ab einer gewissen Fließgeschwindigkeit in Richtung der Strömung ausrichten und gegen diese anschwimmen (Adam & Lehmann, 2011).

Diese minimale Strömungsgeschwindigkeit, welche für eine eindeutige Orientierung der Fische gegen die Strömung nötig ist, wird nach Pavlov (1989) als sogenannte „Grenzgeschwindigkeit“ bezeichnet. Unterhalb dieser sind Fische größtenteils

orientierungslos. Für die meisten heimischen Fische liegt die „Grenzgeschwindigkeit“ zwischen 0,1-0,3 m/s (Adam & Lehmann, 2011).

Die Fließgeschwindigkeit im Bereich des Fischaufstiegshilfe (FAH) Einstiegs sollte demnach zwischen Grenzgeschwindigkeit und kritischer Sprintgeschwindigkeit liegen (BMLFUW, 2012c). Optimale mittlere Fließgeschwindigkeit liegt nach Adam & Lehmann (2011) für die meisten Fischarten zwischen 0,5-0,9 m/s, wobei eine mittlere Fließgeschwindigkeit von 0,75m/s besonders attraktiv zu sein scheint.

Nach Jens et al. (1997) wird eine Strömung nur unmittelbar am Körper der Fische wahrgenommen. Schwimmen sie in eine starke Strömung, kann eine seitliche daran auftreffende schwächere Strömung nicht wahrgenommen werden. Seitliche Zubringer finden demnach nur jene Fische, die direkt in dessen Strömungslinien hinein schwimmen.

Durch turbulente Strömungsverhältnisse wird die Durchwanderbarkeit von Flussabschnitten erschwert. Ist die Fließgeschwindigkeit so hoch, dass sie das Schwimmvermögen der Fische übersteigt, wandern sie in einer anderen, von ihnen bewältigbaren Strömungslinie flussauf (bei längeren Wanderungen zumeist der Dauerschwimmgeschwindigkeit entsprechend).

Jens (1982) beschreibt, dass Fische entlang des Stromstriches eher im Bereich des Prallufers flussaufwärts wandern und grundsätzlich der größeren Wassermasse folgen.

Nach Fries & Tesch (1965) erfolgt die Aufwärtswanderung von Fischen unterhalb von Querbauwerken in bzw. am Rand der Hauptströmung. Sofern sie von der Strömung nicht daran gehindert werden, dringen sie dabei bis direkt zum Wasserabsturz oder Triebwasserauslauf vor. CLAY (1995) beschreibt, dass Fische, die an Querbauwerken am Weiterziehen gehindert werden, seitlich der Deckwalze oder am Ende der Deckwalze im Bereich der Strömungsumkehr nach Möglichkeiten für einen weiteren Aufstieg suchen.

Die meisten heimischen Fischarten versuchen Wanderhindernisse im Wasserpolster zu durchschwimmen, welcher zum Passieren über eine ausreichende Mächtigkeit verfügen muss (BMLFUW, 2012c). Von den in Österreich vorkommenden Fischarten kann lediglich die Bachforelle (und hier vor allem adulte Stadien) springend, also außerhalb des Wassers, Querbauwerke überwinden. Für Barben sind die überwindbaren Absturzhöhen sehr gering. Nur bei entsprechender Wasserführung können Abstürze von maximal 30 cm von ihnen überwunden werden. Für Hechte liegt die maximal passierbare Höhe bei ca. 20 cm (Ovido & Philippart 2002).

Koppen sind aufgrund ihrer zurückgebildeten Schwimmblase an den Gewässerboden gebunden und schwimmen im Strömungsschatten größerer Steine (BMLFUW, 2012c). Bohl & Vordermeister (1999) bzw. Vordermeister & Bohl (2000) beschreiben, dass Koppen glatte Abstürze von 5 cm nur erschwert passieren können und höhere Abstürze von ihnen kaum überwunden werden. Die Autoren belegen außerdem, dass generell Abstürze ab einer Höhe von 5 cm eine Wanderbarriere für Kleinfischarten darstellen. Nach Jansen et al. (1999) können glatte Sohlen schon bei relativ kurzer Länge für Koppen ein unpassierbares Hindernis darstellen.

### 3.1.3. Typen von Wanderungen

Man unterscheidet zwischen großräumiger Wanderung („migrations“) und kurzen Bewegungen („movements“). Wanderungen unterliegen dabei einer saisonalen Regelmäßigkeit und werden von einem Großteil der Population durchgeführt, wobei mindestens zwei oder mehrere Habitate betroffen sein müssen. (Northcote, 1978; Dingle, 1996)

Bei der Richtung der Fischwanderung ist zwischen flussauf, flussab sowie seitlicher Bewegung zu unterscheiden.

Generell lassen sich nach Zitek et al. (2007) folgende Wandertypen festlegen:

- *Laichwanderungen (zumeist flussauf bzw. seitlich):*  
Diese Wanderungsart dient der Reproduktion. Sie ist damit eine der wichtigsten Wanderungsarten. Zu diesem Zweck verlassen die Fische häufig ihr Winterhabitat und ziehen flussauf oder in Nebengewässer, um Laichplätze mit optimalen Bedingungen für die Fortpflanzung aufzusuchen.  
Wird diese Wanderung durch unpassierbare Bauwerke im Fluss verhindert, so laichen die Fische oftmals unter ungünstigen Bedingungen in Bereichen flussab der Barriere. Als Folge ist meist ein verringertes Brutaufkommen oder überhaupt ein vollständiger Brutausschlag zu nennen (DVWK, 1996).  
Bei Lachsfischen, die zum Laichen an ihren Geburtsort zurückkehren, spricht man vom sogenannten „Homing“ (Lucas & Baras, 2001). In der Literatur hat der Begriff indifferente Bedeutung. Stott et al. (1963) beschreibt „Homing“ im Zusammenhang mit Fischen, die nach Hochwasser-Abdrift wieder in ihr ursprüngliches Habitat zurückkehren.
- *Nachlaichwanderungen (von den Laichplätzen zurück an den Ausgangsort oder auf Nahrungshabitate):* Diese Wanderung erfolgt zumeist gleich nach dem Laichen und stellt eine Rückwanderung zu den Nahrungshabitaten dar. Sie steht als Subform mit der Laichwanderung im direkten Zusammenhang (vgl. Clough & Beaumont, 1998; Arnekleiv & Ronning, 2004).
- *Nahrungswanderungen (flussab, flussauf, seitlich):*  
Durch einen Wechsel des Standorts werden neue Nahrungshabitate erschlossen. (Northcote, 1978)
- *Abdrift (flussab):* Hierbei erfolgt eine Verdriftung der Fische flussabwärts. Neben dem Terrainverlust gibt die Abdrift aber auch die Möglichkeit zur Erschließung neuer Lebensräume (z.B. bei Larven und juvenilen Stadien zum Heranwachsen) (Paylov et al., 2002; Zitek et al., 2004a). Grund dafür sind meistens Hochwasserereignisse. Nach Scheuring (1949) ist auch eine verminderte Lebensenergie bei sinkender Temperatur als Grund zu nennen. An manchen Flüssen mit energiewirtschaftlicher Nutzung sind Schwallereignisse Anlass für eine Verdriftung.
- *Kompensationswanderungen (zumeist flussauf):* Mit dem Ziel wieder in das ursprüngliche Habitat zurückzukehren, erfolgt eine flussaufwärts gerichtete Wanderung zur Kompensation der Abdrift (Lucas et al., 2000).
- *Überwinterungswanderungen (zumeist flussab, manchmal auch seitlich):* Mit dem Rückgang der Temperaturen im Herbst werden von Fischen geeignete Winterhabitate mit strömungsberuhigten Bereichen aufgesucht (Wiesner et al., 2004).
- *Bestandesdichtenausgleich (flussauf, flussab):* Bei einem Überschuss an Nachkommen werden, um innerartlichen Konkurrenzphänomenen auszuweichen, neue Lebensräume erschlossen (Jens et al., 1997).
- *Neu- und Wiederbesiedelungswanderungen (flussauf und flussab)*

- *Fluchtwanderungen/Ausweichwanderungen* bei sich verschlechternden Umweltbedingungen (z. B. bei Trockenheit in tiefere Bereiche, bei Temperaturerhöhung in heißen Sommern)
- *Wanderungen ungeklärter Motivation*

### 3.1.4. Einflussfaktoren der Fischwanderung

Wanderbewegungen von Fischen finden in saisonalen, monatlichen oder täglichen Rhythmen statt und werden primär durch abiotische Faktoren wie Licht, Temperatur- und Abflussverhältnisse beeinflusst (Northcote, 1984; Jonsson, 1991; Hvidsten et al., 1995; Lucas & Baras, 2001).

Tatsächlich wird die Fischwanderung sowohl von inneren als auch durch zahlreiche äußere Parameter bestimmt (Pavlov, 1989; Colgan, 1993; Lucas & Baras, 2001). Deren komplexes Zusammenspiel steuert das Verhalten der Fische und ist bis heute nur ansatzweise erforscht.

Die wesentlichsten inneren Faktoren stellen die Bereitschaft zur Fortpflanzung, das Nahrungsbedürfnis, Stress und andere genetische Gegebenheiten dar (Lucas & Baras, 2001). Als weitere äußere Faktoren sind Wasserqualität, Sauerstoffgehalt, Mondphasen, menschliche Einflüsse (z.B. Schifffahrt), Habitatverfügbarkeit, Räuberdruck und Futterverfügbarkeit zu nennen (Zitek et al., 2007).

#### 3.1.4.1. Temperatur

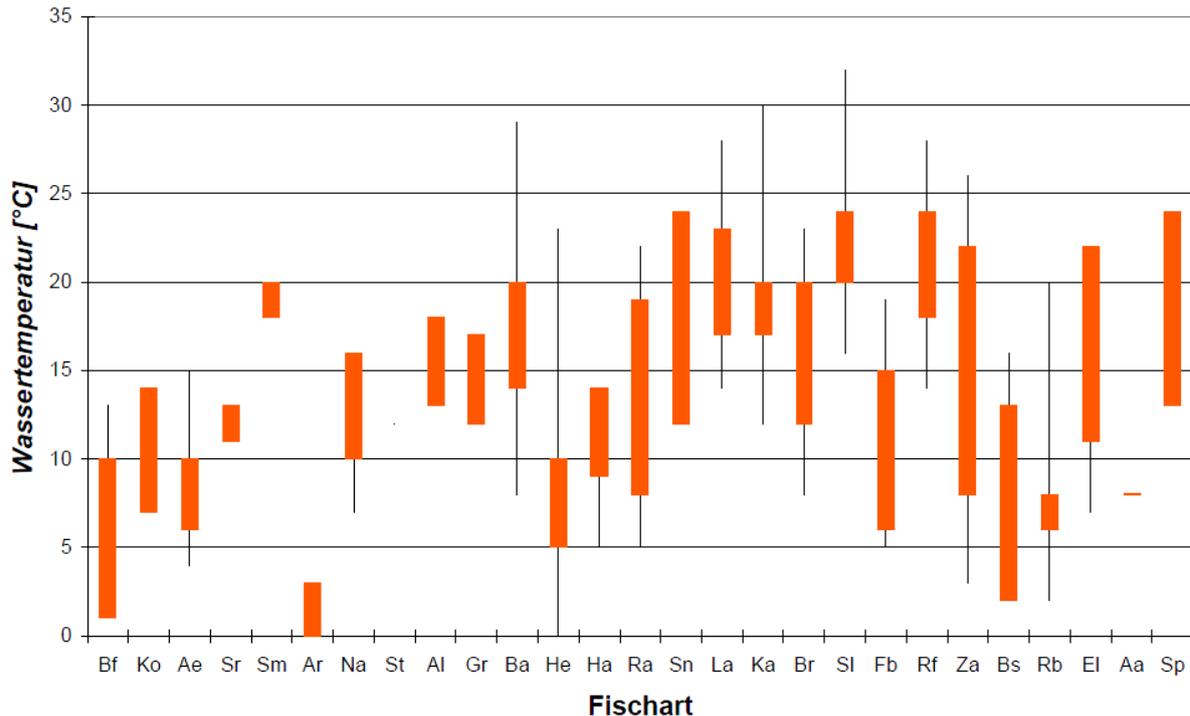
Dass die Wassertemperatur einen großen Einfluss auf das Wanderverhalten von Fischen hat, ist schon lange bekannt (Steinmann et al., 1937; Anonymus, 1940).

Fische können als wechselwarme (poikilotherme) Organismen ihre Körpertemperatur nicht konstant aufrechterhalten. Sie ist als direkte Funktion von der Wassertemperatur abhängig, wobei der Wärmeaustausch primär über die äußere Körperoberfläche geschieht. Hohe Wassertemperaturen bedeuten allgemein eine erhöhte Aktivität, zu tiefe Temperaturen hingegen bewirken bei Fischen Lethargie (Beitinger et al. 2000).

Pavlas (2006) dokumentiert, dass abhängig von der Fischart unterschiedliche Temperaturpräferenzen hinsichtlich Wanderungsbeginn, Laichwanderungsbeginn, Laichtemperatur, Hauptaktivität und Wanderungsstopp bestehen.

Häufig beginnt im Frühjahr, mit steigender Wassertemperatur, die Wanderung der Fische. Ist eine bestimmte Temperatur überschritten, ziehen sie meist flussaufwärts zu ihren Laichplätzen (Hofbauer, 1962; Woschitz et al., 1997; Lucas, 2000).

Fischarten wie Aalrutte, Bachforelle und Hecht wandern und laichen bereits bei relativ geringen Temperaturen jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Wandert der Hecht im Frühjahr zu den Laichplätzen, werden bei Bachforellen in der Herbst- / Wintersaison und bei der Aalrutte in den Wintermonaten die häufigsten Wanderungen verzeichnet (Zitek et al., 2007).



**Abb. 3-3** Temperaturoptima und –grenzwerte [°C] für die Fortpflanzung einiger in der Ager vorkommender Fischarten (geordnet nach FRI), Quelle: Schmutz et al. (2009)

### 3.1.4.2. Abfluss

Einen weiteren maßgebenden Einfluss auf das Wanderverhalten von Fischen stellt der Abfluss dar (Rosengarten, 1954; Bruscek, 1978; Pavlov, 1994; Jensen et al., 1998; Ovidio et al., 1998; Koed et al., 2000; Lucas, 2000; Kolbinger, 2002).

Die Auswirkungen sich ändernder Abflüsse auf Fische sind äußerst verschieden.

Für Salmoniden wird angenommen, dass eine starke Variabilität der Wassertemperatur gemeinsam mit Abflussschwankungen die Auslöser für Wanderungen im Herbst sind (Ovidio et al., 1998). Parkinson et al. (1999) beschreiben für die Äsche eine höhere Mobilität bei abnehmenden und weniger stark schwankenden Abflüssen im Frühjahr.

Für Fische besteht ständig die Gefahr, bei steigendem Abfluss durch die Strömung verdriftet zu werden. Im Laufe der Zeit haben sie allerdings Strategien entwickelt, um Terrainverluste durch Verdriftung zu vermeiden. Neben der Körperform ist eine Anpassung ihrer Verhaltensweisen (z.B. durch Kompensationswanderungen, 3.1.3) dabei sehr wesentlich (DVWK, 1996). Um Zeiten mit hohen Abflüssen abzuwarten, werden von Fischen längere Ruhepausen abgehalten, um die Wanderung erst dann fortzusetzen, wenn der Abfluss und damit auch die Fließgeschwindigkeit des Gewässers reduziert ist (DWA, 2010).

### 3.1.4.3. Licht

Licht dient neben der optischen Orientierung auch für die Steuerung der tages- und jahreszeitlichen Aktivität vieler Fische. Wegen ihrer Regelmäßigkeit ist die Lichtperiode eine der wichtigsten Steuergrößen für saisonale Zyklen wie z.B. das Laichgeschehen zahlreicher Fischarten (Jungwirth et al., 2003).

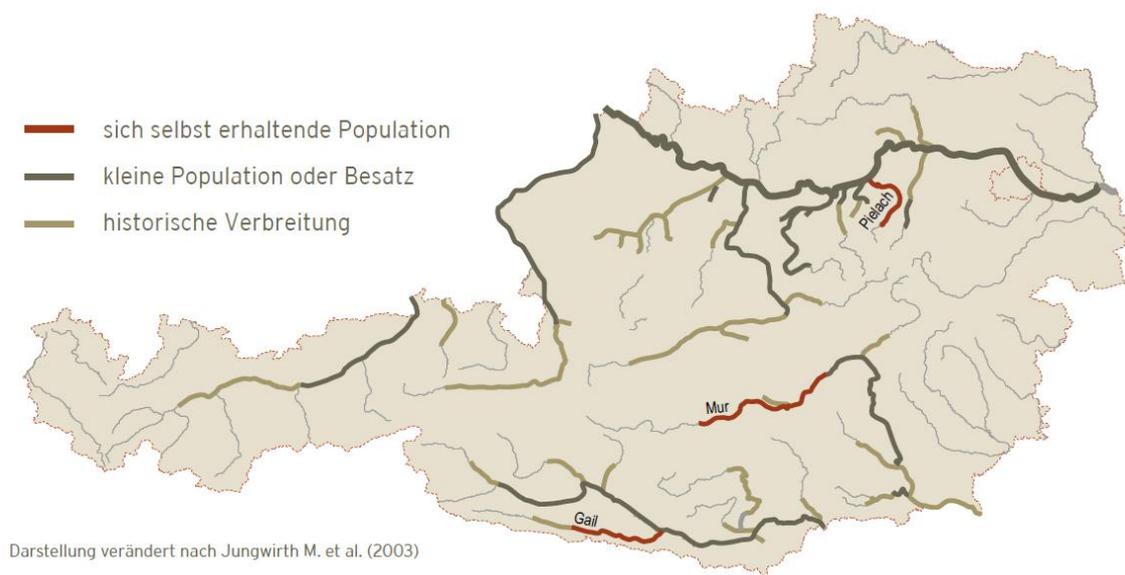
Während der Dämmerung und in der Nacht ist sowohl flussaufwärts- (Rosengarten, 1954; Lucas et al., 1996; Lucas et al., 2000; Ebel, 2002; Mühlbauer, 2002) wie auch flussabwärts gerichtet (Northcote, 1984; Jonsson, 1991; Pavlov, 1994; Reichard et al., 2002; Zitek et al.,

2004a) eine gesteigerte Fischwanderaktivität festzustellen. Im Speziellen ist dies für Aitel, Hasel, Nase und Rotaugen durch Clough & Ladle (1997), Huber & Kirchhofer (1998) und Lucas (2000) belegt.

Bei der Barbe wird vermutet, dass ihre Wanderaktivität von der Tageslänge beeinflusst wird (Lucas et al., 1996; Penáz et al., 2002).

### 3.1.5. Huchen (*Hucho hucho*)

Der Huchen oder auch Donaulachs (*Hucho hucho*), der größte Vertreter der Salmoniden, ist eine endemische Fischart des Donauoberlaufes. Er besiedelt vor allem die Äschen- und Barbenregion. Dazu gehören die bayrische und österreichische Donau und deren Zubringer, sowie die Donauzubringer im ehemaligen Jugoslawien, in der Slowakei und in der Westukraine. Der Huchen war bis ins frühe 20. Jahrhundert kein seltener Fisch. Heute ist er aus den meisten Gewässern verschwunden (ÖFV, 2012).



**Abb. 3-4 Historische und aktuelle Verbreitung des Huchens in Österreich (Jungwirth et al., 2003). Quelle: ÖFV (2012).**

Als Vertreter der Mittelstreckenwanderer zieht er während der Laichzeit flussaufwärts, vielfach in Zubringer. Nicht selten ist diese Migration durch Wehranlagen unterbunden. Dies führt neben dem Verlust der Laichhabitate für die Population des Hauptflusses zu einer Isolierung der im Nebenfluss lebenden Populationen. Als Konsequenz der Regulierungen und der Unterbrechung des Kontinuums durch Wehranlagen zur Wasserkraftnutzung ist der Huchen in Österreich vom Aussterben bedroht (Spindler, 1997). Selbstreproduzierende Huchenbestände beschränken sich heute nur noch auf rund 10 % des ehemaligen Verbreitungsgebietes (Abb. 3-4) (Zitek et al., 2004b). Die größte Population mit noch natürlicher Reproduktion befindet sich heute in der steiermärkischen Mur zwischen Murau und Leoben (~2000 adulte Individuen), eine sehr gut reproduzierende Population liegt auch in der Pielach vor. Kleinere Populationen gibt es noch in der Drau und der Gail (Kaufmann et al., 1991; Schmutz et al., 2002).

Wie durch historische Aufzeichnungen bestätigt wird, zählt auch die Ager zum ehemaligen Verbreitungsgebiet des Huchens.

### Größenbestimmender Fisch:

Jäger et al. (2010) weist für jede Fischregion Körpermaße der größten Fischart aus. Diese orientieren sich an den Leitfischarten und typischen Begleitfischarten der Fischleitbilder der Fischregionen gemäß BMLFUW (2010b). Als größte, natürlich vorkommende Leitart im „Epipotamal mittel“ der Ager wäre demnach die Barbe mit einer Länge von 60 cm für die Dimensionierung von FMH maßgebend.

Abweichend von der Definition des NGP 2009 wird nach Muhar et al. (2004) die Ager als Übergang vom Hyporhithral zum Epipotamal eingestuft. Nach dem Standardleitbild aus BMLFUW (2010b) ist für das Projektgebiet, unter Annahme der Fischregion „Hyporhithral groß“, der Huchen als Begleitart anzusehen.

Im Grenzfall wurden letztlich die „strengerer“ Werte, also der Huchen mit einer Länge von 100 cm, einer Breite von 12 cm und einer Höhe von 16cm von der Behörde als größtenbestimmend festgelegt (Abb. 3-8, Tab. 3-11).

## **3.2. Fischwanderhilfen**

### **3.2.1. Allgemeines**

Fließgewässer stellen durch deren vierdimensionale Natur und somit hoher „Offenheit“ sehr komplexe Ökosysteme dar. Das Prinzip der 4-Dimensionalität zeigt sehr deutlich, dass in allen drei Raumdimensionen (longitudinal, lateral, vertikal) wesentliche Prozesse im Verlauf der Zeit stattfinden und eine Untersuchung dieser Prozesse nur auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen erfolgen kann bzw. sehr vom Maßstab der Betrachtungsebene abhängen. Diese Multidimensionalität bedingt ständig wechselnde Verbindungen und Umwandlungen und somit Zerstörung, Zerfall, Neubildung und Rekombination einzelner Teillebensräume und Lebensraumkomplexe inklusive deren Übergangszonen. Diese dynamischen Prozesse stellen sehr charakteristische Elemente eines jeden Fließgewässers dar.

Die daraus resultierende Vielfalt an Lebensraumssystemen bringt daher in den zugehörigen Lebensraumkomplexen auch eine besonders hohe Artenvielfalt mit sich. Auf Grund dieser hohen Individualität eines Fließgewässers ist ein Einordnen in ein Schema schwierig.

Die ständig ablaufenden Transport- und Austauschprozesse sind eine der wesentlichen Grundeigenschaften von Fließgewässern (Jungwirth et al., 2003).

Dieses vielfältige aquatische Ökosystem ist aber auch zugleich einer der am intensivsten durch den Menschen genutzte Lebensraum (Arthington & Welcomme, 1995) und als Resultat gibt es heute nur mehr wenige Fließgewässer mit ihrer ursprünglichen ökologischen Funktionsfähigkeit (Karr, 1993).

Neben eutrophierungsfördernden Nährstoffeinträgen und Schadstoffeinträgen sind besonders nachhaltig und großflächig wirksame Einflüsse auf wasserbauliche Maßnahmen zurück zu führen, die zu tief greifenden Änderungen/Störungen dieser Lebensräume und deren Lebensgemeinschaften führen. Hochwasserschutzmaßnahmen zum einem sowie Aufstau und Unterbrechungen des Fließgewässerkontinuums durch Kraftwerke zum anderen stellen hierbei ein weltweites Problem dar (Jungwirth et al., 2003).

Die Durchgängigkeit der Fließgewässer für Fische mit dem Ziel der Vernetzung von Lebensräumen ist unumgänglich für die Voraussetzung der Erhaltung stabiler Fischpopulationen. Daher ist die Durchgängigkeit für die Erreichung bzw. den Erhalt des guten ökologischen Zustandes bzw. guten ökologischen Potentials in Österreichs Fließgewässern von höchster Bedeutung. Im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 (NGP) ist die Wiederherstellung des Gewässerkontinuums für die heimische Fischfauna im

natürlichen Fischlebensraum von hoher Priorität und somit eine der zentralen Maßnahmen des NGPs (BMLFUW, 2012c).

In den österreichischen Fließgewässern befinden sich eine Vielzahl an nicht fischpassierbaren Querbauwerken (Kontinuumsunterbrechungen, 3.2.2). Eine Möglichkeit zur Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit ist die Errichtung von fachgerechten Fischaufstiegshilfen (BMLFUW, 2012c).

Das Wissen um die Auswirkungen von Wanderhindernissen auf Fische führte zwar bereits zur Wende des 19. Jahrhunderts zur Formulierung recht präziser Vorschriften für den Bau sogenannter Fischtreppe, aber erst in jüngster Zeit wurden diese interdisziplinären Ansätze von Biologen und Wasserbauingenieuren umgesetzt. Dabei unterstützen Erkenntnisse aus einer vermehrten Errichtung neuer Fischaufstiegsanlagen und die vermehrt durchgeführten Aufstiegszählungen diese fächerübergreifenden Bemühungen (DWA, 2010).

Die Erneuerbare Energie Richtlinie der EU (EE-RL, 2009) sieht für alle Mitgliedstaaten eine Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch auf insgesamt 20 % EU-weit vor. Weiters hat eine Effizienzsteigerung zu erfolgen. Die Ziele dieser Richtlinie sollten bis 2020 erreicht sein. Durch die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000) mit dem Ziel „Vermeidung einer Verschlechterung sowie die Verbesserung des Zustandes für Gewässer“ können somit nur Wasserkraftwerke errichtet werden bei denen keine Verschlechterung des Gewässerzustands einhergeht. Für die Wiederherstellung eines Gewässerkontinuums sind gegebenenfalls Fischmigrationshilfen zu errichten. Bei Nachrüstung von Fischpässen ist mit Energieverlust bei der Wasserkraftgewinnung zu rechnen. Daher ist im Sinne der Effizienzsteigerung eine möglichst geringe Dotation der FMH wünschenswert.

### 3.2.2. Kontinuumsunterbrechung

Der Begriff „Kontinuumsunterbrechung“ wird nach Kolbinger (2002) wie folgt definiert: *„Stellen oder Abschnitte in Fließgewässern, an denen für einzelne oder alle im Gewässer vorkommenden Arten und Größenklassen für bestimmte Zeiträume eine Unterbindung, Erschwerung oder Verzögerung der flussauf oder flussab gerichteten Wanderung, eventuell verbunden mit einer Gefährdung der Fauna beim Durchwandern dieses Flussabschnittes, auftritt“*.

Die Unterbrechung eines Fließgewässerkontinuums durch ein Querbauwerk kann entweder durch dessen Rückbau oder durch Errichtung einer Fischwanderhilfe behoben werden, um somit Wanderungen aquatischer Organismen zu ermöglichen (Friedrich et al., 2005).

Die Entfernung eines Querbauwerkes ist dann sinnvoll, wenn keine wesentlichen Beeinträchtigungen hinsichtlich Nutzungen und schutzwasserwirtschaftlichen Funktionen entstehen. Ansonsten muss als zweite Option eine funktionsfähige Fischaufstiegshilfe errichtet werden (Zitek et al., 2007).

Bei der IST – Bestandsanalyse für die Umsetzung der WRRL nach BMLFUW (2005) wurden folgende Signifikanzkriterien für Querbauwerke festgelegt:

		SIGNIFIKANZKRITERIEN		
BELASTUNGSTYP Querbauwerk	nicht fischpassierbare Querbauwerke			AUSWIRKUNG Kontinuumsunterbrechung
	Absturzhöhen:			
		Rhithral	Potamal	
	Kleingewässer (MQ < 0,2 m³/s)			
	Kontinuum unterbrochen, wenn Absturzhöhe bei MQ	> 0,3 m	> 0,1 m	
	Größere Gewässer (MQ > 0,2 m³/s)			
	Kontinuum unterbrochen wenn Absturzhöhe bei MQ	> 0,7 m	> 0,3 m	

Abb. 3-5: Signifikanzkriterien für Querbauwerke nach BMLFUW (2005). Quelle: BMLFUW (2005)

In Österreich gibt es nach BMLFUW (2005) und gemäß deren Signifikanzkriterien für das Fließgewässernetz > 100 km<sup>2</sup> mehr als 3100 Querbauwerke, die nicht fischpassierbar sind (Kontinuumsunterbrechungen).

BMLFUW (2010c) führt im NGP 2009 mehr als 28.000 erhobene Durchgängigkeitshindernisse (Kontinuumsunterbrechungen) an. Dabei ist der größte Anteil auf flussbauliche Maßnahmen im Zuge des Hochwasserschutzes zurückzuführen; der Anteil der durch Wasserkraftnutzung bedingten Wanderhindernisse beträgt ca. 10%. Der Großteil der Wasserkraftanlagen (> 90%) ist derzeit nicht fischpassierbar.

### 3.2.3. Definitionen

Da es unterschiedliche Begrifflichkeiten für „bauliche Einrichtungen, die Fischwanderungen bei einer Kontinuumsunterbrechung ermöglichen“ gibt, werden wie folgt die unterschiedlichen **Definitionen** erläutert:

- „Fischaufstiegshilfen“ (FAHs): sind bauliche Einrichtungen welche dem vorhandenen Fischbestand und/oder aquatischen Lebewesen (Benthosorganismen) die Überwindung eines künstlich geschaffenen Hindernisses flussauf ermöglichen (Jungwirth & Pelikan, 1989).
- „Fischwanderhilfen (FWHs)“ bzw. „Fischmigrationshilfen (FMHs)“ oder „Fischwege“: diese Anlagen beinhalten neben der Funktion als Fischaufstiegshilfe rein begrifflich auch die Notwendigkeit einer Flussabwärtswanderung (DVWK, 1996). Bei Zitek et al. (2007) wird der Begriff „Fischwanderhilfe“ nicht verwendet, da mangels sehr geringen Wissensstands hinsichtlich der zielgerichteten Unterstützung der Flussabwärtswanderung von Fischen bzw. bisher errichteten Bauwerke, die Flussabwärtswanderung kaum berücksichtigt wurde.
- „Fischabstiegshilfen (FABs)“: Diese baulichen Einrichtungen dienen zur Wiederherstellung der stromabwärtsgerichteten Durchgängigkeit für Fische (ATV-DVWK, 2004). Neben dem Erhalt und der Wiederherstellung von Fischpopulationen sollen diese Anlagen dem Fischschutz, also einer Verhinderung des Einzugs der Fische in den Triebwasserkanal und in die Turbinen, dienen. Derzeit können Fischabwanderungen bei reinen Fischschutzeinrichtungen nur bei Staulegung oder bei Überwasser zu Zeiten stark erhöhter Wasserführung stattfinden (AG-FAH, 2011). Nach momentanem Stand der Technik sollte seitlich in der Nähe der Rechenanlage ein Bypass in einen vorhandenen Fischaufstieg münden bzw. wäre es auch möglich Fische über einen Sammelkanal entlang der Rechenanlage und über einen anschließenden Bypass ins Unterwasser zu leiten (Jens et al., 1997; Travade & Larinier, 2007). In Österreich wird bereits an einigen Anlagen hinsichtlich Praxistauglichkeit geforscht (AG-FAH, 2011).

Nach Zitek et al. (2007) lassen sich Fischaufstiegshilfen in zwei Bautypen unterscheiden:

#### **Naturnahe Fischaufstiegshilfen**

- Aufgelöste Sohlrampe
- Raugerinne
- Umgehungsarm
- Umgehungsgerinne
- Naturnaher Beckenpass

#### **Technische Fischaufstiegshilfen**

- Beckenpass
- Schlitzpass (Vertical Slot)
- Denilpass
- Borstenpass
- Aalleiter
- Fischlift
- Fischschleuse

In weiterer Folge werden in dieser Arbeit die Begriffe Fischmigrationshilfe, Fischwanderhilfe bzw. Fischpass verwendet. Im Zuge der fischökologischen Untersuchungen konnten neben den qualitativen und quantitativen Fischaufstiegsergebnissen auch mittels Videodokumentation qualitativ festgehalten werden, dass sowohl Einzelfische als auch Fischschwärme den Fischpass abwärts passiert haben.

Da es sich bei der hier untersuchten Fischmigrationshilfe um einen Schlitzpass bzw. Vertical Slot handelt, wird in weiterer Folge nur auf diese technische Fischmigrationshilfe näher eingegangen.

Nach AG-FAH (2011) ist der Schlitzpass bzw. Vertical Slot ein technischer Bautyp einer Fischwanderhilfe mit bis zur Sohle durchgehenden Schlitzen, einer rauen Sohle und hydraulischen Einbauten, die eine geschwungene Hauptströmung verursachen. Der Schlitzpass ist der hydraulisch am besten berechenbare Fischmigrationstyp jedoch mit bekanntlich schlechter Lebensraumeignung.

### **3.2.4. Anforderungen an Fischwanderhilfen**

Grundsätzlich sind an eine Fischwanderhilfe folgende **Anforderungen** zu stellen:

- *Auffindbarkeit der FWH*

Als einer der wesentlichen Grundparameter ist vor allem die Anordnung des unterwasserseitigen Einstieges von großer Bedeutung. Dieser ist grundsätzlich dort zu positionieren wo aufstiegswillige Fische auf Grund ihres natürlichen Verhaltens zur Laich- bzw. Wanderzeit wandern bzw. den Wanderkorridor (durchgängiger Bereich ohne Unterbrechung, der sich vom Unterwasser bis ins Oberwasser erstreckt) suchen. Dabei soll die Ausmündung sohleben in den Wehrkolk eingebunden und bei jedem Unterwasserstand von Fischen erreichbar sein (BMLFUW, 2012c).

Für die großräumige Anordnung im Gewässer soll nach dem deutschen Regelwerk (DWA, 2010) bei Standorten mit Wasserausleitung die FAH in erster Linie beim Kraftwerk errichtet werden. Grund hierfür ist die stärkere Strömung aus dem Kanal im Vergleich zum Restwasser des Mutterbettes beim Zusammenfluss. Entsprechend des rheotaktischen Verhaltens werden mehr aufwandernde Fische zum Kraftwerk als in die Ausleitungsstrecke bzw. ins Mutterbett des Flusses geleitet. Um die Fische trotz des erhöhten Abflusses des UW - Werkskanals beim Mündungsbereich in das Mutterbett bzw. in die Ausleitungsstrecke zu leiten, wird entweder eine mechanische Barriere (z.B. unüberwindbarer Sohlenabsturz) oder ein Verbindungskanal vom Unterwasserkanal zum Mutterbett empfohlen (DWA, 2010).

Im Leitfaden zum Bau von FAHs (BMLFUW, 2012c) wird bei Ausleitungsstrecken die Überprüfung bzgl. Aufrechterhaltung des Wanderkorridors für die großräumige Positionierung des FMH – Einstiegs empfohlen. Ob die FMH eher am Wehr oder beim Krafthaus zu situieren ist, hängt im Wesentlichen vom Verhältnis des Betriebsabflusses des Kraftwerks zum Abfluss in der Restwasserstrecke (inkl. Berücksichtigung der Laichwanderzeiten) ab. Bei Errichtung einer FAH am Ausleitungswehr wird der Vorteil des natürlichen Gewässerlebensraums der Restwasserstrecke als Wanderkorridor genannt. Im Fall von Fischarten mit Wanderzeiten in aufflussschwachen Zeiten (wenig Restwasser im Vergleich zum Betriebsabfluss) kann die Errichtung der FAH am Krafthaus die wirkungsvollere Maßnahme sein. Weiters kann es in Sonderfällen auch zweckmässig sein, eine FMH sowohl am Wehr als auch beim Krafthaus zu errichten.

Nach JENS (1982) wird der unterwasserseitige Einstiegsbereich zwischen Ufer und der stromabwärtigen Wand des Kraftwerkes auf Höhe des Turbinenauslasses als beste Lage für den FAH Einstieg bezeichnet. Bei Ausleitungskraftwerken ist die optimale Situierung des FAH-Einstiegs in seitlichen Randbereichen des Wehrkolks (BMLFUW, 2012c).

Die Leitströmung mit der Funktion den Wanderkorridor der Fische im Unterwasser des Querbauwerkes mit dem Wanderkorridor in der FAH unterbrechungsfrei zu verbinden, kann grundsätzlich nur im Nahbereich flussabwärts der Austritts- bzw. Einstiegsöffnung von Fischen wahrgenommen werden und somit wirksam sein. Im besten Fall ist der Leitstrom aus der FAH eine direkte Weiterführung der großräumigen Leitströmung bzw. des Wanderkorridors (BMLFUW, 2012c).

DVWK (1996) und ADAM & SCHWEVERS (1998) fanden bei Verhaltensbeobachtungen heraus, dass die Leitströmung aus der FMH möglichst parallel zur Hauptströmung sein sollte. Dabei wurde der maximale Einmündungswinkel dieser Strömung mit 30° - 45° festgestellt. Die Strömung der FMH sollte nach Pavlov (1989) optimalerweise eine Fließgeschwindigkeit für das Potamal von 0,7 - 1 m/s aufweisen und 2,0 m/s nicht überschreiten (DVWK, 1996). Nach Adam & Lehmann (2011) wiederum liegt der Wert für die meisten Fischarten zwischen 0,5 - 0,9 m/s, wobei eine mittlere Fließgeschwindigkeit von 0,75 m/s besonders attraktiv zu sein scheint.

Der Abfluss aus der FMH bzw. des Leitstroms sollte generell mindestens 1 – 5 % des Abflusses des Hauptflusses betragen (Larinier et al., 2002). In speziellen Situationen zum Beispiel an kleineren Gewässern bzw. zu manchen Zeiten kann deutlich mehr notwendig sein (bis ca. 10%). Zusätzlich kann bei optimaler Positionierung des FMH – Einstiegs und bei mittleren Gewässern (MQ 25 – 50 m<sup>3</sup>/s) von 1 – 2 % ausgegangen werden. Umkehrt soll bei ungünstiger Positionierung der Anteil umso größer sein (BMLFUW, 2012c).

Weiters soll bei Ausleitungsstrecken Rücksicht auf eine ausreichende Dotation der Restwasserstrecke genommen werden, um bei Niederwassersituationen den Fischen einen ausreichenden Leitstrom zu gewährleisten (JENS et al., 1997; Kolbinger, 2002; Zitek et al., 2004b). Zitek et al. (2008) weisen darüber hinaus auf den Zusammenhang der notwendigen Leitstromdotation und dem konkurrierenden Abfluss, mit den sich verändernden Unterwasserständen und hydraulischen Bedingungen, hin. Die Auffindbarkeit (bei Einhaltung der einschlägigen Gestaltungshinweise und bei optimaler Lage) wird nach Zitek et al. (2008) umso besser je größer der Abflussanteil (bei Einhaltung der hydraulischen Grenzwerte) der Fischaufstiegsanlage ist (inklusive einer allfälligen Zusatzdotation in den unteren Bereich der FAH). Winter (2007) zeigte anhand von Nerflingen, dass bei steigendem Abfluss des Flusses und gleich bleibendem FAH Abfluss der FAH Einstieg signifikant schlechter gefunden wird. Es ist weiters bekannt, dass vor allem rheophile Fische wie z.B. Nase, Barbe und Huchen in Richtung des stärkeren Abflusses in den Bereich der Turbinen geleitet werden (Zitek et al., 2008).

Nach Mader & Bogner (2001) und DWA (2010) ist der traditionelle Begriff der „Lockströmung“ irreführend, da sich der aus der FAH austretende Abfluss keinesfalls

über größere Distanzen auf Fische attraktivierend auswirkt. Deshalb präzisiert der Begriff „Leitströmung“, dass aufwanderwillige Fische dort eine wahrnehmbare Strömung angeboten werden muss, wo sie aufgrund ihrer Orientierung auf ein Querbauwerk treffen bzw. wo sie natürlicherweise nach Aufwanderkorridoren suchen. Von diesem Punkt aus werden die Fische durch die Leitströmung in die FAH hineingeführt, das heißt die Wirksamkeit einer Leitströmung ist auf den Nahbereich des Einstiegs in die FAH begrenzt (DWA, 2010).

Auch BMLFUW (2012c) verzichtet ganz bewusst auf die Bezeichnung „Lockströmung“ und verwendet ausschließlich den Terminus „Leitströmung“.

Für die Auffindbarkeit der Fischwanderhilfe ist weiters auf eine Sohlanbindung sowohl im Unterwasser als auch im Oberwasser und auch die Turbinendrehrichtung zu achten (Zitek et al., 2007).

- Durchwanderbarkeit/Passierbarkeit

Ein weiterer grundlegender Parameter für die Funktionsfähigkeit einer FMH ist die Durchwanderbarkeit bzw. die Passierbarkeit. Für die Bemessung der FMH-Dimensionen (Beckenlänge/-breite/-tiefe, Schlitzweite, Tiefen an Beckenübergängen) sowie die maximale Wasserspiegeldifferenz ist der größtenbestimmende Fisch maßgeblich. In Bezug auf die Situierung bzw. Fischregion der hier untersuchten Fischwanderhilfe ist dies der Huchen (Tab. 3-11 ) mit den entsprechenden Bemessungswerten nach Jäger et al. (2010) (Tab. 3-11).

Um eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 2,0 m/s in der Fischwanderhilfe nicht zu überschreiten müssen Wasserspiegeldifferenzen von kleiner 0,2 m eingehalten werden. Daraus ergeben sich maximal zulässige Neigungen für technische Bauweisen (Schlitzpass) von 1:5 bis 1:10 (DVWK, 1996; BMLFUW, 2012c). Weiters empfiehlt Pavlov (1989) eine Mindestfließgeschwindigkeit innerhalb des Fischmigrationshilfen-Wanderkorridors von 0,3 m/s.

Zu hohe Fließgeschwindigkeiten in oder an Bauwerken können zu einer Teilpassierbarkeit und zur Selektion schwimmstarker Arten führen (Winter & Van Densen, 2001).

Außerdem wirken abgelöste Wasserstrahlen, sowie zu gering dimensionierte Schlitzweiten einer Fischpassierbarkeit entgegen. Turbulenz setzt die Schwimmkapazität von Fischen herab (PAVLOV et al. 2008) und führt zu Erschöpfung oder zu Verletzungen wobei hier vor allem Schuppenverluste zu nennen sind. Zu hohe Turbulenz und starker Eintrag von Luftbläschen kann zu deutlichen Orientierungsschwierigkeiten von adulten Brachsen und in weiterer Folge zum Abdriften der Fische durch den Schlitz führen. Die Ausformung von Beckenübergängen an FMH mit rauem Sohlanschluss ist daher von großer Bedeutung (BMLFUW, 2012c)

Für eine mögliche Durchgängigkeit sind in einer FMH gemäß DVWK (1996) auch Ruhezone bzw. Ruhebecken vorzusehen.

Die Beckendimensionierung für Schlitzpässe sollte nach BMLFUW (2012c) beim Innenmaß der Beckenlänge 3 x der Länge der größtenbestimmenden Fischart und das Innenmaß der Breite aus mindestens 2 x der Körperlänge entsprechen.

Da unter anderem technische Anlagen geschleibefrei konzipiert werden und eine naturnahe Sohlaufgabe (mit zusätzlichen Stör-/Rausteinen) eingebracht wird, um für eine bodennahe Abnahme der Fließgeschwindigkeiten zu sorgen, ist die geplante Wassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand das technische Kriterium für Schlitzpässe. Für das Rhithral soll die Mindestwassertiefe minimal 60 cm betragen (BMLFUW, 2012c). Jäger et al. (2010; Abb. 3-8) empfiehlt für das „Epipotamal mittel“ eine Mindestwassertiefe unterhalb der Trennwand von 75 cm (maßgebende Fischart: Barbe) bzw. für das Hyporhithral mit maßgebender Fischart Huchen 100 cm.

Die Leistungsdichte bei der Energiedissipation beschreibt die Umwandlung der in ein Becken eingetragenen Energie in Bezug zur Beckendimension (DVWK, 1996). In der FMH sollte 150 – 200 W/m<sup>3</sup> (Larinier, 1992; Friedrich et al., 2005) und im Ruhebereich/-becken den Wert von 50 W/m<sup>3</sup> nicht überschreiten (Friedrich et al., 2005).

Im österreichischen Leitfaden (BMLFUW, 2012c) werden im Vergleich zu anderen Richtlinien/Merkblätter in Deutschland (DWA, 2010) und der Schweiz geringere Werte für die Energiedissipation angeführt (Tab. 3-1). Begründet wird deren Empfehlung durch die Berücksichtigung juveniler Fische und schwimmschwacher Arten (BMLFUW, 2012c).

**Tab. 3-1: Bemessungswert für die Energiedissipation in Becken von Schlitzpässen, naturnahen Beckenpässen und Sohlrampen (bei MJNQ<sub>T</sub>) je Fischregion zur Sicherstellung der erschöpfungs- und verletzungsfreien Passage von Klein- und Jungfischen ab 1+. Quelle: BMLFUW (2012c).**

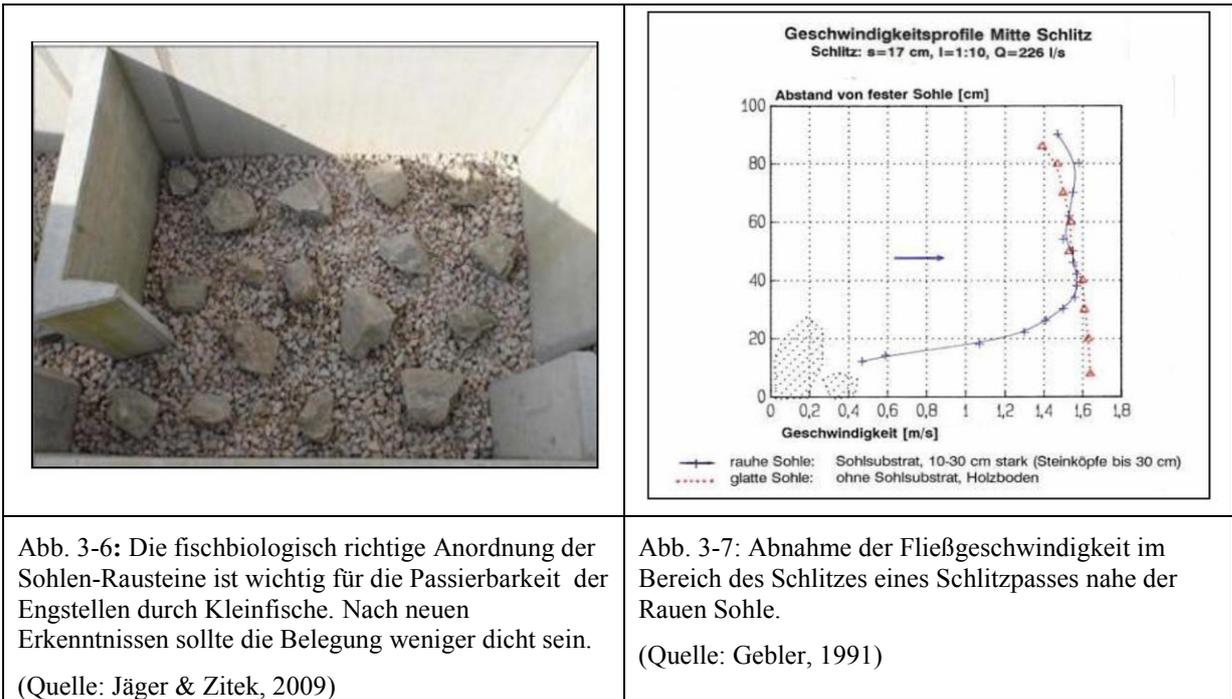
Fließgewässerzone	Dh [m]	Energiedissipation [W/m <sup>3</sup> ]
Epirhithral	0,2	160
Metarhithral ohne Äsche	0,18	140
Metarhithral mit Äsche	0,18	130
Hyporhithral	0,15	120
Epipotamal	0,13-0,10	100
Metapotamal	0,08	80

Durch das Einbringen einer rauen Sohle wird die Fließgeschwindigkeit im Bereich der Sohlrauigkeit deutlich vermindert. In Schlitzpässen ist daher eine 10 – 20 cm mächtige Substratauflage aus kantigem Material einzubringen. Dabei sollen größere Steine aus der Substratauflage herausragen um eine Erhöhung der Sohlrauigkeit und Schaffung sohlnaher, strömungsberuhigter Bereiche zu gewährleisten. Im Potamal sollen diese nicht mehr als 20 cm aus der Sohle ragen und der Abstand zwischen den Rausteinen sollte bei einer Belegung mit 5 Steinen pro m<sup>2</sup> mindestens 50 cm betragen (Adam & Lehmann, 2011).

Die Sohlgestaltung innerhalb der FMH muss durchgehend bzw. flächendeckend als raue Sohle ausgeführt sein, um eine Wanderung des Makrozoobenthos und der schwimmschwachen und bodenorientierten Klein- bzw. Jungfische sicher zu stellen (DVWK, 1996). DVWK (1996) wiederum empfiehlt eine durchgehende Sohlsubstratbedeckung mit einer mindestens 0,2 m dicken Schicht mit möglichst gewässertypischem Grobsubstrat.

Nach BMLFUW (2012c) soll speziell im Schlitzbereich darauf geachtet werden, dass vor und nach dem Schlitz Rausteine zu platzieren sind. Innerhalb des Schlitzes darf sich kein Raustein befinden.

Bei zu schnellem Fluten der FMH können zu geringe Korngrößen beim flächigen Sohlauflauf zum Ausräumen der Sohlbedeckung im Schlitzbereich führen, wodurch bei fehlender rauer Sohle sich die bodennahen Fließgeschwindigkeiten kaum verringern. Somit ist der Aufstieg von Klein- und Jungfischen wie auch jener der wirbellosen Fauna erschwert bzw. unterbunden (BMLFUW, 2012c).



*Eine raue Sohle reduziert die sohlnahe Fließgeschwindigkeit auf ein Drittel der Fließgeschwindigkeit im darüber liegenden Schlitzbereich. In diesem sohlnahen Bereich können auch Kleinfischarten bzw. Jungfische aufsteigen (schriftl. Mitteilung R. Gebler in BMLFUW, 2012c).*

- Betriebsicherheit und Funktionsdauer einer FWH im Jahresverlauf

Die Funktionsdauer im Normalfall ist mit ca. 300 Tagen ( $Q_{30}$  bis  $Q_{330}$ ) sicherzustellen d.h. jene Zeiten mit sehr niedrigen und sehr hohen Abflüssen sind nicht abgedeckt. Grund hierfür liegt in dem damit unverhältnismäßig hohen technischen Aufwand der von Nöten wäre, um eine Funktionsfähigkeit bei diesen Abflüssen zu gewährleisten (DVWK, 1996; Friedrich et al., 2005, BMLFUW, 2012c).

Von einer starren Festlegung dieser  $Q_{30}$  –  $Q_{330}$  – Regel kann/sollte in fachlich begründeten Fällen abgewichen werden. In den Hauptwanderzeiten im Frühjahr/-sommer vieler Potamalgewässer liegen sehr hohe Abflüsse vor (über  $Q_{30}$ ). Daher sollte bei diesen Abflüssen eine möglichst gute Funktionsfähigkeit angestrebt werden. Im Hochwinter (Jänner – Februar) finden jedoch kaum zielgerichtete Wanderungen statt (bei Fehlen von Aalrutte bzw. Bachforelle). Bei diesen Gewässern wäre es angemessen den Funktionszeitraum in Richtung höherer Abflüsse zu verschieben. Bei sehr ausgeglichenen Abflussregimen ist jedenfalls eine Funktionsdauer von größer 300 Tagen einzuhalten. Grund hierfür liegt im Fehlen von ausgeprägten Niederwasserphasen bzw. großen Hochwässern (BMLFUW, 2012c).

Entscheidend für eine gute Betriebssicherheit ist in erster Linie die Position der Anlage im Gewässer. Dies soll schon vorab in der Planung berücksichtigt werden. In weitere Folge ist eine regelmäßige Wartung sehr wichtig (Friedrich et al. 2005).

Friedrich et al. (2005) weisen für Wartungszwecke sowie bei Durchführung von Funktionskontrollen auf die Notwendigkeit einer vorhandenen Absperrmöglichkeit am Ausstieg hin. Voraussetzung für die Wartung von FMH ist die Möglichkeit einer ungehinderten Zugänglichkeit und sichere Begehbarkeit zur FMH, dies sollte schon in der Planungsphase berücksichtigt werden.

Technische Konstruktionen (z.B. Schlitzpass) bedürfen nach DVWK (1996) intensiverer Wartungsintervalle und sollten zumindest nach jedem Hochwasserereignis hinsichtlich

Störungen untersucht werden. Nach Friedrich et al. (2005) sollten bei Vertical Slots daher die Schlitzweiten wegen der Verlegungsgefahr nicht zu klein angelegt werden.

Fischregion	Maßgebende Fischart (für Länge):	Fisch- Länge (cm):	Maximale Spiegel- differenz zwischen Becken (cm)	Energie- dissi- pation (W/m3s)	Schlitzpass				
					Schlitz- weite (cm)	Hydraulische Mindesttiefe uh. Trennwand (cm)	Min. lichte Becken- länge (cm)	Min. lichte Breite (cm)	Dotation auf Basis der Mindest- bemessungs- werte l/(s)
Epirhithral, MQ < 2 m3/s	Bachforelle	30	20	160	15	50	210	140	140
Epirhithral, MQ > 2 m3/s	Bachforelle	40	20	160	15	65	210	140	180
Metarhithral, MQ < 2 m3/s	Bachforelle	40	18	140	15	55	200	130	140
Metarhithral, MQ > 2 m3/s	Äsche, BF	50	18	130	20	70	250	170	240
Hyporhithral, MQ < 2 m3/s	BF, Aitel, Äsche, Aalrutte	50	15	120	20	60	230	150	190
Hyporhithral, MQ > 2 m3/s	Aalrutte, Barbe	60	15	120	25	75	250	170	290
Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m3/s	Huchen	80	15	120	30	85	280	190	400
Hyporhithral, MQ > 20 m3/s	Huchen	100	15	120	35	100	310	210	550
Epipotamal klein	Aitel, Äsche, Barbe	60	13	100	20	60	220	150	170
Epipotamal mittel	Barbe	60	13	100	25	75	250	170	270
Epipotamal mittel	Hecht	90	13	100	27	75	270	180	290
Epipotamal mittel	Huchen	90	13	100	32	90	290	190	420
Epipotamal groß	Huchen	100	13	100	35	105	310	210	550
Epipotamal groß	Wels	120	13	100	50	120	370	250	910
Seezubringer, -ausrinn	Seeforelle	90	13	100	35	105	310	210	550
Gründlings- und Schmerlenbach	Aitel	40	10	100	15	60	160	110	110
Donau	Wels	150	10	100	60	160	450	300	1430

**Abb. 3-8: Mindestgrößen von Schlitzpässen zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte. Die rot umrandeten Werte gelten für die in dieser Arbeit untersuchte Anlage. Quelle: BMLFUW (2012c).**

- Ökonomische Aspekte einer FWH

In der Arbeit von Tauber (2011) wurden Varianten des „Multi Structure Slot Fishpass“ (aktuelle Bezeichnung dieser entwickelten FMH: enature<sup>®</sup> Fishpass) bzgl. ökologischen und ökonomischen Aspekten untersucht und mit einem herkömmlichen Schlitzpass verglichen. Weiters wurde ein Einsparungspotential an Produktionseinbußen durch Einsatz des Multistruktur Slot Fishpass (3.4.3) im Vergleich zum herkömmlichen Vertical Slot Fishpass für das Bundesland Salzburg ermittelt. Durch diese Art der „Ökologisierungmaßnahme“ könnten nach Tauber (2011) in Salzburg rund 3,0 GWh/a eingespart werden. Obwohl dieses Einsparungspotential zunächst gering erscheint, ist es gerade im Klein- und Kleinstwasserkraftwerksbereich für Betreiber eine kostensenkende und somit ökonomisch wünschenswerte Möglichkeit. Tauber (2011) nennt weiters die kostengünstigere Installation dieses Fishpasses durch die Umsetzung des neuen Systems als Fertigteilkonzept. Diese ökonomischen Aspekte stehen beim enature<sup>®</sup> Fishpass nicht im Widerspruch mit den ökologischen Anforderungen an eine FMH.

### 3.3. Gewässerökologischer Zustand

#### 3.3.1. Allgemein

Mit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahr 2000 wurden Umweltziele für alle europäischen Oberflächengewässer und das Grundwasser festgelegt. Die Ziele dieser Richtlinie sind der Schutz der Gewässer, die Vermeidung einer Verschlechterung sowie der Schutz und die Verbesserung des Zustands der mit dem Gewässer

interagierenden Landökosysteme und Feuchtgebiete hinsichtlich deren Wasserhaushalts (Umweltbundesamt, 2012).

Im Zeitplan der WRRL (2000) sind folgende Umweltziele (Art. 4.1) bis 2015 umzusetzen:

- Ein „guter ökologischer“ Zustand und ein guter chemischer Zustand für die natürlichen Oberflächengewässer,
- ein gutes ökologisches Potenzial und guter chemischer Zustand für künstliche und natürliche, aber erheblich veränderte Gewässer sowie
- ein guter chemischer und mengenmäßiger Zustand des Grundwassers.

Dabei definiert sich der gute Zustand als jener der nur geringfügig vom „sehr guten“ Zustand (d.h. weitgehend anthropogen unbeeinflusst) abweicht.

Der zu erreichende, „gute ökologische Zustand“ der Oberflächengewässer ist primär auf die Vielfalt der vorhandenen Pflanzen – und Tierarten ausgerichtet.

Die Bewertung des ökologischen Zustandes wird mittels eines fünfstufigen Klassifizierungsschemas durchgeführt. Die Klasse I (sehr guter ökologischer Zustand) stellt hierbei den gewässertypischen Referenzzustand dar und die Klasse II (guter ökologischer Zustand) ist die zumindest zu erreichende Qualitätsvorgabe (Umweltbundesamt, 2012).

Die Untersuchung der aquatischen Lebensgemeinschaften spielt für die Bewertung des ökologischen Zustands der Gewässer die entscheidende Rolle.

Bei Oberflächengewässern sind Phytobenthos, Makrophyten, Phytoplankton, Makrozoobenthos und Fische die zu untersuchenden Biozönosen.

Die Gesamtbeurteilung des Gewässerzustands von Oberflächengewässern setzt sich aus dem ökologischen Zustand und dem chemischen Zustand zusammen.

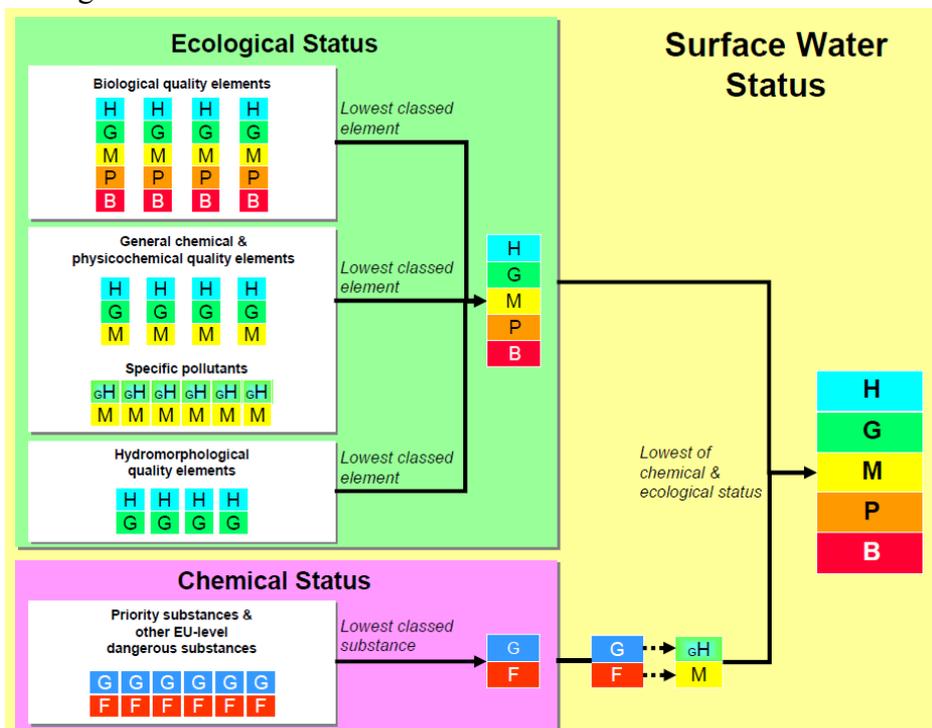


Abb. 3-9: Organigramm der Gewässerzustandsbewertung. Für die Bewertungen gilt H=high/sehr gut, G=good/gut; M=medium/mäßig, P=poor/unbefriedigend, B=bad/schlecht. (Quelle: Schmutz & Stubauer, 2012).

Für die Bewertung des ökologischen Zustands mittels QZV – Ökologie sind folgende Komponenten einzeln zu bewerten und anschließend für die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands ausschlaggebend (Schmutz & Stubauer, 2012):

- Biologische Qualitätselemente
  - Qualitätselement Fisch
  - Qualitätselement Makrozoobenthos
  - Qualitätselement Phytobenthos
  - Qualitätselement Makrophyten
- Hydromorphologische Qualitätselemente
- Allgemein chemische und physiko-chemische Qualitätselemente

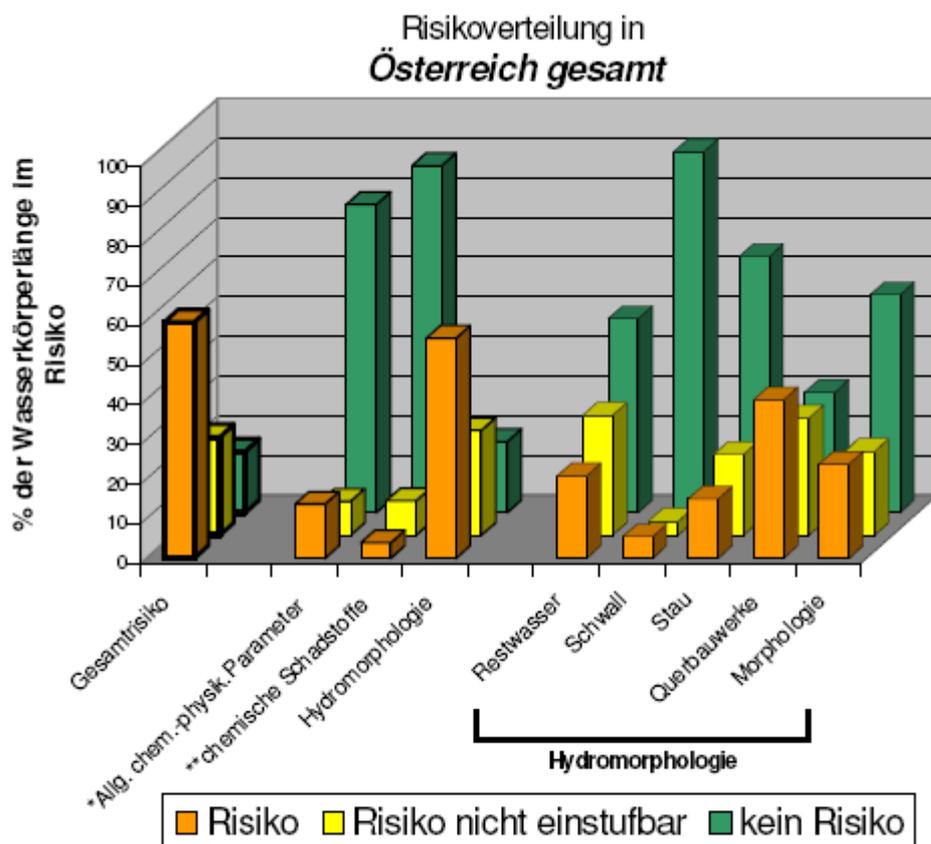
Neben Makrozoobenthos sind Fische auf Grund ihrer Lebensdauer, ihrem Lebenszyklus und durch ihre unterschiedlichen Habitatsansprüche ein guter Indikator für den ökologischen Zustand eines Gewässers (BMLFUW, 2010b). Speziell auf hydromorphologische Belastungen – wie Kontinuumsunterbrechungen, Restwasserproblematik, Stau, Schwellbetrieb und morphologische Veränderungen – reagieren Fische sehr sensibel (Tab. 3-2) und somit stellt die Fischbiozönose unumstritten das maßgebliche biologische Qualitätselement in Österreich dar (BMLFUW, 2010b).

**Tab. 3-2: Übersichtstabelle mit Gegenüberstellung der biologischen Qualitätselemente und Belastungen auf ein Gewässer. (Quelle: Schmutz & Stubauer, 2012)**

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"><b>Belastungen:</b></div> <div style="width: 55%;"><b>Biologische Qualitätselemente:</b></div> </div>	Physikalische und chemische Grundparameter	Schadstoffe	Phytobenthos	Makrophyten	Makrozoobenthos	Fische
<b>Stoffliche Belastungen</b>						
Nährstoff	x		x	(x)	(x)	
Sauerstoffhaushalt	x				x	(x)
Temperatur	x				(x)	x
Versalzung	x		(x)		(x)	x
Versauerung	x			(x)	x	(x)
Schadstoffe	x	Relevanter Schadstoff				
<b>Hydromorphologische Belastung</b>						
Morphologische Veränderungen					(x)	x
nur Veränderungen der Stromsohle					x	(x)
Restwasser				(x)	(x)	x
Schwellbetrieb				(x)	(x)	x
Stau				(x)	x	(x)
Kontinuumsunterbrechung					(x)	x

Zwei weitere wichtige Elemente der Wasserrahmenrichtlinie sind das Grundwasser und die Feuchtgebiete. Obwohl diese in Interaktion mit dem Oberflächengewässer stehen wird jedoch im Zuge dieser Arbeit auf diese nicht näher eingegangen.

In Österreich stellen die hydromorphologischen Belastungen das größte Risiko für Fließgewässer dar (Abb. 3-10). Laut dem neunten Kontrollbericht des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2010) verfehlen zwei Drittel der bewerteten Gewässerabschnitte das Ziel des guten ökologischen Zustands. Als Grund hierfür werden eine Beeinträchtigung der Gewässerstruktur oder der Abflussverhältnisse durch Kontinuumsunterbrechungen (Kraftwerke, Wehre und Sohlschwellen, geringe Restwasserabgaben, Schwallbetrieb bei Kraftwerken, hart verbaute Ufer oder Begradigungen) genannt.



\* inklusive Gewässergüte

\*\* prioritäre Stoffe + Stoffe der Liste I, gem. RL 76/464/EWG und sonstige Schadstoffe gem. WRRL

**Abb. 3-10: Risiko der Verfehlung des guten Zustandes bzw. des guten Potentials nach WRRL, Oberflächenwasserkörper in Österreich. Vergleich der drei Risikostufen. Quelle: BMLFUW, 2005.**

Die Umsetzung der WRRL der EU in nationales Recht hinsichtlich Fließgewässer findet sich in folgenden Rechtstexten (Schmutz & Stubauer, 2012):

- österreichisches Wasserrechtsgesetz (2003)
- Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZVÜ, 2006) sowie die
- Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZVÖ - OG) und Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG)

Dabei sind wesentliche Arbeitsabschnitte das Erstellen und die Inbetriebnahme von Monitoring-Programmen. Vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) wurde im Zuge dessen, ein Leitfaden für die

Durchführung fischökologischer Untersuchungen an Fließgewässern in Österreich erstellt (BMLFUW, 2010b).

In diesem „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A1 – Fische“ (BMLFUW, 2010b) wird für die Fischökologische Bewertung der Fisch Index Austria (FIA) nach Haunschmid et al. (2010) angeführt.

Auf die Felderhebung, Probenahme (Geräte, Elektrofischung, etc.), Probenaufbereitung und Ergebnisermittlung wird in diesem Leitfaden eingegangen.

Der Fisch Index Austria berechnet sich aus den Zustandsklassen der Teilbewertungen Fischartenzusammensetzung, Fischregionsindex und Altersstruktur (Abb. 3-11).

$$FIA = \frac{(ZK_{ART} * 2 + ZK_{FRI} + ZK_{AS} * 3)}{6}$$

- FIA* Fisch Index Austria
- ZK<sub>ART</sub>* Zustandsklasse – Artenzusammensetzung; (dezimal von 1 bis 5)
- ZK<sub>FRI</sub>* Zustandsklasse – Fischregionsindex; (ganzzahlig von 1 bis 5)
- ZK<sub>AS</sub>* Zustandsklasse – Altersstruktur; (dezimal von 1 bis 5)

**Abb. 3-11: Fisch Index Austria – Berechnungsformel. Anmerkung: Im Falle der Fischregion Epirhithral wird die *ZK<sub>ART</sub>* mit dem Faktor 1 und der *ZK<sub>AS</sub>* mit dem Faktor 3 multipliziert. (Quelle: BMLFUW, 2010b)**

Anschließend erfolgt eine fünfstufige Klassifizierung des FIA-Wertes in die Fischökologischen Zustandsklassen (Abb. 3-12).

Fischökologische Zustandsklasse		Klassengrenzen Fisch Index Austria
1	Sehr gut	1,00 – <1,50
2	Gut	1,50 – < 2,50
3	Mäßig	2,50 – < 3,50
4	Unbefriedigend	3,50 – < 4,50
5	Schlecht	4,50 – 5,00

**Abb. 3-12: FIA – Klassengrenzen für die Bewertung der fischökologischen Zustandsklassen. (Quelle: BMLFUW, 2010b).**

Für eine europaweit gültige Bewertung wurde im „FAME-Projekt“ der Europäische Fisch Index (EFI) entwickelt und soll in Zukunft als Europastandard gelten (CEN) (Schmutz & Stubauer, 2012).

### 3.3.2. Gesamtbild Ager und Traun

#### 3.3.2.1. Überwachung und Sanierung

Dieses Unterkapitel 3.3.2 befasst sich mit dem gesamten Abschnitt der Ager vom Attersee-Seeausrinn bis zur Mündung in die Traun sowie weiter flussab bis zur Traunmündung in die Donau.

Laut Nationalem Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) 2009 (BMLFUW, 2010c) ist das hier untersuchte Oberflächengewässersystem als prioritär zu sanierende Fließgewässerstrecken ausgewiesen.

Mit der Verordnung des Landeshauptmannes von Oberösterreich, mit welcher ein Sanierungsprogramm für die Fließgewässer (LGBl Nr.95, 2011) erlassen wird, wurde der NGP auf Landesebene umgesetzt. Diese trat am 22. Dezember 2011 in Kraft und soll die Verbesserung des Zustandes der in der Verordnung aufgelisteten prioritär zu sanierenden Fließgewässerstrecken sicherstellen (Land Oberösterreich, 2012).

Die sich daraus ergebenden Verpflichtungen für Inhaberinnen und Inhaber wasserrechtlicher Bewilligungen von sanierungspflichtigen Anlagen in den Sanierungsgebieten sind:

- spätestens bis **22. Dezember 2015** ist bei allen Querbauwerken (Wanderhindernissen) in den prioritären Fließgewässern die ganzjährige **Passierbarkeit** (Anmerkung: außer bei extremen Abflussbedingungen oder kurzfristige Unterbrechung der Fischpassierbarkeit, z.B. bei Revisionsarbeiten; LGBl, 2011) für die maßgebenden Fischarten (Abb. 3-13) zu gewährleisten
- spätestens bis **22. Dezember 2015** ist bei jeder Wasserausleitung das für die Herstellung der Durchgängigkeit erforderliche **Restwasser** abzugeben
- spätestens bis zum **22. Dezember 2013** ist ein den Vorgaben des Programms (§§ 2 & 3 der Verordnung) entsprechendes **Sanierungsprojekt** zur wasserrechtlichen Bewilligung vorzulegen oder die Anlage ist mit Ablauf der in der Verordnung festgelegten Sanierungsfrist, das ist bis spätestens 22. Dezember 2015, stillzulegen (Land Oberösterreich, 2012).

AGER (Sanierungsgebiet Fikm 0,0 bis Fikm 33,8)						
Detailwasserkörper	von km	bis km	Fischregion	Fischbioregion	maßgebende Fischart	maßgebende Fischlänge
411140001	0,0	21,2	Epipotamal mittel	Bayrisch-österreichisches-Alpenvorland und Flysch	Huchen <sup>1</sup>	100 cm
411140092	21,2	24,0	Epipotamal mittel	Bayrisch-österreichisches-Alpenvorland und Flysch	Seeforelle (Hecht) <sup>2</sup>	90 cm
411140097	24,0	26,0				
411140098	26,0	30,0				
411140003	30,0	33,8				

TRAUN (Sanierungsgebiet Flkm 0,0 bis 73,1; 85,7 bis 118,3)						
Detailwasserkörper	von km	bis km	Fischregion	Fischbioregion	maßgebende Fischart	maßgebende Fischlänge
412090027	0,0	3,5	Epipotamal groß	Große Alpine Flüsse	Huchen	100 cm
412090028	3,5	8,0				
412090013	8,0	14,0				
412090014	14,0	24,0				
412090016	24,0	32,0				
412090018	32,0	36,0				
412090020	36,0	37,0				
412090024	37,0	45,0				
412090031	45,0	47,9	Epipotamal groß	Große Alpine Flüsse	Huchen	100 cm
	47,9	49,0	Hyporhithral groß	Bayrisch-österreichisches-Alpenvorland und Flysch	Huchen	100 cm

Abb. 3-13: Sanierungsgebiete nach LGBl (2011) (Anlage 2) für gesamte die Ager und den untersuchten Abschnitt der Traun. <sup>1</sup>Wanderkorridor zwischen Traun und Vöckla; <sup>2</sup>Seeausrinn.

Bei Nichteinhalten der Fristen bzw. der Umsetzung der Sanierung droht in letzter Konsequenz der Entzug bzw. das Erlöschen des Wasserrechtes (Land Oberösterreich, 2012).

Mit der Ausweisung als prioritär zu sanierende Fließstrecken unterliegen die Ager und die Traun der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, 2006 bzw. GZÜV, 2010). Im Zuge dessen wurden die Ager (Ü3 (sonstige Messstelle) - Überwachungsmessstelle: Fischerau) und die Traun (Ü1 (Messstelle mit übergeordneter Bedeutung) - Überwachungsmessstelle: Ebelsberg /Linz) ins Messstellennetz für Fließgewässer für die „Überblicksweise Überwachung“ genommen. Dabei sind neben den physikalischen und chemischen Grundparametern sowie Schadstoffe (nicht synthetische (Metalle) und synthetische Schadstoffe) auch die biologischen und hydromorphologischen Qualitätselemente zu erheben (GZÜV, 2006).

Neben den überblickswisen Überwachungsmessstellen gibt es zusätzlich auch sogenannte operative Überwachungsmessstellen. Diese sind der Vollständigkeit halber auch angeführt (Abb. 3-13, Abb. 3-14, Abb. 3-14, Tab. 3-3 - Tab. 3-5).

Die Details der Zustandsbewertung und die Risikobewertung zu jedem Detailwasserkörper sind in Tab. 3-3 und Tab. 3-4 angeführt.

Tab. 3-3: Tabellarische Darstellung der Bewertungen der in diesem Kapitel betrachteten Abschnitte der Ager und Traun hinsichtlich biologischen, chemischen und physiko-chemischen Qualitätselementen sowie der Bewertung bzgl. Schadstoffen. Quelle: BMLFUW, 2010d.

Bundesland	Messtellennummer	Wasserkörpernummer	Name	Fluss / See	Makrozoobenthos	Phytobenthos	Fische	Makrophyten	Phytoplankton	Ökologischer Zustand - nationale Schadstoffe	Ökologischer Zustand - Allg. physik.-chem. Parameter	Chemischer Zustand - EU-geregelte Schadstoffe
OÖ	FW41000069	411130014	Traun3 Marchtrenk	Traun			3					
OÖ	FW41000070	411130014	Traun4 Pucking	Traun			5					
OÖ	FW40709117	411130028	Traun Ebelsberg	Traun	2	2	3	3		2	3	1
OÖ	FW40710017	411140003	Ager Unterachmann	Ager	2	1				2	3	
OÖ	FW40710047	411140001	Ager Fischerau	Ager	2	2	4	3		2	1	
OÖ	FW41000004	411140097	Ager1 Dürnau	Ager			3					
OÖ	FW41000005	411140092	Ager2 Oberlixlau	Ager			3					
OÖ	FW41000006	411140001	Ager3 Deutenham	Ager			4					
OÖ	FW41000007	411140001	Ager4 Aham	Ager			3					

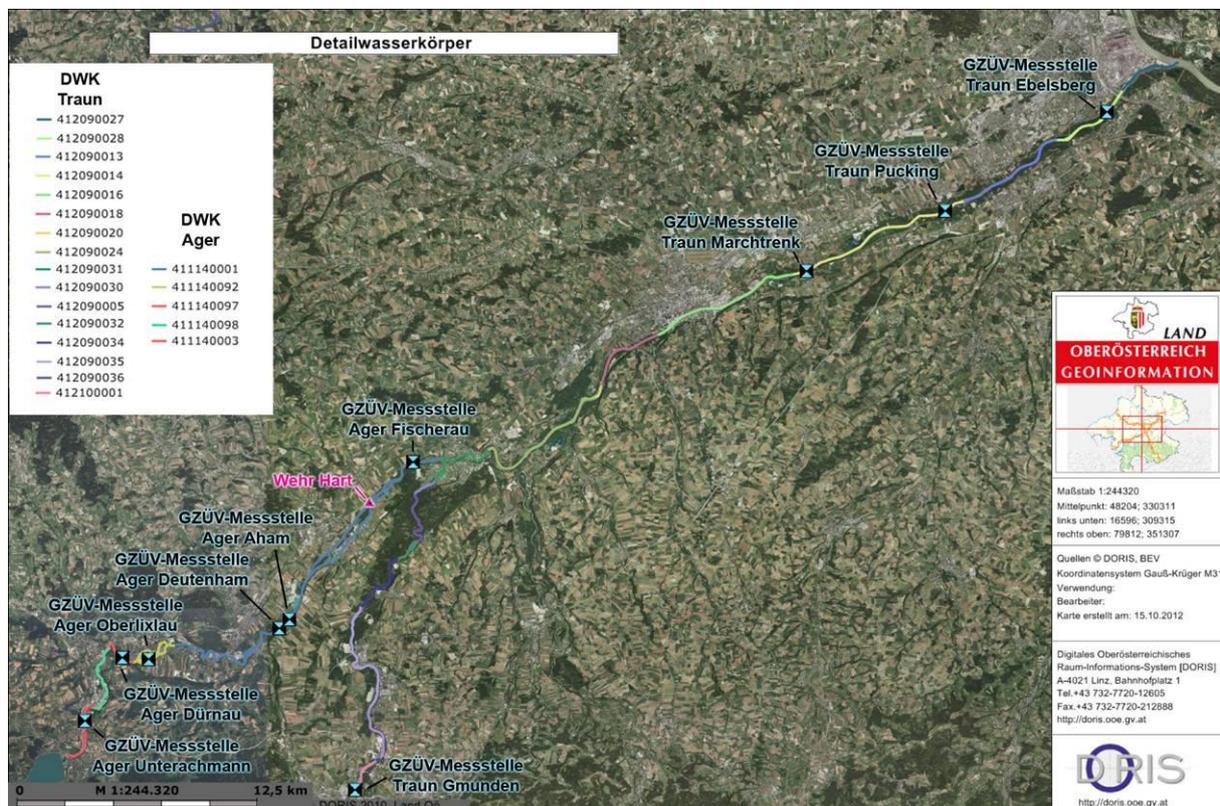


Abb. 3-14: Lage der Detailwasserkörper, des Wehr Hart und GZÜV Messstellen an der Ager sowie an der Traun der hier untersuchten Abschnitte. Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 15.10.2012.

Tab. 3-4: Zustandsbewertung der in diesem Kapitel betrachteten Abschnitte der Ager und Traun hinsichtlich des chemischen und ökologischen Zustands bzw. ökologischen Potentials der Wasserkörper - inklusive Teilzuständen und Sicherheit der Zustandsbewertung. Quelle: BMLFUW, 2012a.

Wasserkörpernummer	betroffene Bundesländer	Fluss	Fluss-km (von)	Fluss-km (bis)	Zustandsbewertung											
					Chemischer Zustand	Sicherheit für Ch. Z.	National geregelte Schadstoffe	Sicherheit für Nat. geregelte S.	biolog. Zustand - stoffliche Belastungen	Sicherheit für biolog. Zustand stoffl. Bel.	biolog. Zustand - hydromorph. Belast.	Sicherheit biolog. Zust. - hydrom. Bel.	Ökologischer Zustand / Potential	Sicherheit für Ök.Zustand / Potential	GESAMTZUSTAND	Sicherheit für GESAMTZUST.
411140001	Ooe	Ager	0,00	21,20	2	+	2	++	2	++	3	+	3	+	3	+
411140092	Ooe	Ager	21,20	24,00	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
411140097	Ooe	Ager	24,00	26,00	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
411140098	Ooe	Ager	26,00	30,00	2	+	2	+	2	-	3	+	3	+	3	+
411140003	Ooe	Ager	30,00	33,76	2	+	2	++	2	++	3	+	3	+	3	+
412090027	Ooe	Traun	0,00	3,50	2	+	2	++	2	++	3	++	3	++	3	++
412090028	Ooe	Traun	3,50	8,00	2	+	2	++	2	++	3	++	3	++	3	++
412090013	Ooe	Traun	8,00	14,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090014	Ooe	Traun	14,00	24,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090016	Ooe	Traun	24,00	32,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090018	Ooe	Traun	32,00	36,00	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
412090020	Ooe	Traun	36,00	37,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090024	Ooe	Traun	37,00	45,00	2	+	2	+	2	+	4	+	4	+	4	+
412090031	Ooe	Traun	45,00	49,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090030	Ooe	Traun	49,00	50,50	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090005	Ooe	Traun	50,50	54,02	2	+	2	+	2	+	1	+	2	+	2	+
412090032	Ooe	Traun	54,02	55,50	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090034	Ooe	Traun	55,50	59,00	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
412090035	Ooe	Traun	59,00	66,00	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
412090003	Ooe	Traun	66,00	68,92	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+
412090036	Ooe	Traun	68,92	69,13	2	+	2	+	2	+	2	-	2	+	2	+
412100001	Ooe	Traun	69,13	71,00	2	+	2	+	2	+	3	-	3	-	3	-
412100002	Ooe	Traun	71,00	73,07	2	+	22	+	22	+	33	+	33	+	33	+
411130001	Ooe	Traun	85,69	103,24	2	+	2	+	2	+	4	+	4	+	4	+
409920001	Ooe	Traun	103,24	115,02	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
401220012	Ooe	Traun	115,02	118,27	2	+	2	+	2	+	3	+	3	+	3	+
401220006	Ooe	Traun	126,55	132,23	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+	2	+

1 ... Sehr guter Zustand	22 ... Gutes oder besseres Potential
2 ... Guter Zustand	33 ... Mäßiges oder schlechteres Potential
3 ... Mäßiger Zustand	++ ... Bewertung anhand von Messungen
4 ... Unbefriedigender Zustand	+ ... Bewertung anhand von Gruppierungen
5 ... Schlechter Zustand	- ... Vorläufige Bewertung (keine Messungen vorhanden)
*... Künstliche Fließgewässer: keine Bewertung der Hydromorphologie, da künstlich.	

Tab. 3-5: Fließgewässer - Risikobewertung der in diesem Kapitel betrachteten Abschnitte der Ager und Traun hinsichtlich stofflicher und hydromorphologischer Belastungen. Quelle: BMLFUW, 2012b.

Wasserkörpernummer	betroffene Bundesländer	Fluss	Fluss-km (von)	Fluss-km (bis)	Belastungen / Risikobewertung								
					Schadstoffe	Alg. physik. und chem. P.	Morphologie	Durchgängigkeit	Stau	Schwall	Restwasser	Hydromorphologie gesamt	Gesamtrisiko
411140098	Ooe	Ager	26,00	30,00	1	1	3	3	3	1	3	3	3
411140092	Ooe	Ager	21,20	24,00	1	1	3	3	1	1	3	3	3
411140097	Ooe	Ager	24,00	26,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1
411140003	Ooe	Ager	30,00	33,76	3	1	2	3	1	1	3	3	3
411140001	Ooe	Ager	0,00	21,20	1	1	3	3	3	1	3	3	3
412090035	Ooe	Traun	59,00	66,00	1	1	3	3	3	1	3	3	3
412090036	Ooe	Traun	68,92	69,13	1	1	1	1	1	1	1	1	1
412090032	Ooe	Traun	54,02	55,50	1	1	3	3	3	1	1	3	3
412090034	Ooe	Traun	55,50	59,00	1	1	2	2	1	1	1	2	2
411130001	Ooe	Traun	85,69	103,24	1	1	3	3	1	1	1	3	3
409920001	Ooe	Traun	103,24	115,02	1	1	3	3	1	1	3	3	3
412100001	Ooe	Traun	69,13	71,00	1	1	3	1	1	1	1	3	3
412100002	Ooe	Traun	71,00	73,07	1	1	3	3	3	1	1	3	3
412090031	Ooe	Traun	45,00	49,00	1	1	3	1	3	1	3	3	3
412090005	Ooe	Traun	50,50	54,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
412090013	Ooe	Traun	8,00	14,00	1	1	3	3	3	1	1	3	3
412090014	Ooe	Traun	14,00	24,00	1	1	3	3	3	1	1	3	3
401220006	Ooe	Traun	126,55	132,23	1	1	3	1	1	1	1	3	3
401220012	Ooe	Traun	115,02	118,27	1	1	3	3	1	1	1	3	3
412090003	Ooe	Traun	66,00	68,92	1	1	1	1	1	1	1	1	1
412090016	Ooe	Traun	24,00	32,00	1	1	3	3	3	1	1	3	3
412090027	Ooe	Traun	0,00	3,50	1	1	3	1	3	1	3	3	3
412090028	Ooe	Traun	3,50	8,00	1	1	3	3	1	1	3	3	3
412090030	Ooe	Traun	49,00	50,50	1	1	3	1	3	1	3	3	3
412090024	Ooe	Traun	37,00	45,00	1	1	3	1	1	1	1	3	3
412090018	Ooe	Traun	32,00	36,00	1	1	3	3	1	1	1	3	3
412090020	Ooe	Traun	36,00	37,00	1	1	3	3	3	1	1	3	3

1 ... kein Risiko der Zielverfehlung  
2 ... Risiko derzeit nicht einstuftbar  
3 ... Risiko der Zielverfehlung gegeben

Nach Schmutz et al. (2009) fallen die fischökologischen Bewertungen der einzelnen Untersuchungsabschnitte des Wärmelastplans vom Traun – Agersystem (Attersee-Seeausrinn bis Mündung Traun sowie Traunsee-Seeausrinn bis Wehr Traunleiten) negativ aus, d.h. der gute ökologische Zustand wird im gesamten Untersuchungsgebiet nicht erreicht. Im Falle der Traun lässt sich dies besonders auf die geringen Abundanzen und Biomassen und bei der Ager auf die veränderte Artenzusammensetzung (z.B. das Fehlen der Nase *Chondrostoma nasus*) zurückführen. Die Besiedlung von unten ist auf Grund fehlender Durchgängigkeit für Fische derzeit nicht möglich (Schmutz et al., 2009).

In nachstehender Tabelle sind die Überwachungszeiträume und –frequenzen für das Qualitätselement Fisch der unterschiedlichen Messstellen angeführt.

Tab. 3-6: Überwachungszeiträume und –frequenzen für die Messstellen gemäß GZÜV (2006).

Qualitätskomponente	Überwachungszeitraum der überblicksweisen Überwachung		Überwachungszeitraum der operativen Überwachung	Überwachungs-frequenz
	Erstbeobachtung	Wiederholungsbeobachtung		
1. Biologische				
Fische	1 Jahr	2 Jahre nach Ende der Erstbeobachtung für die Dauer eines Jahres	1 Jahr bei stofflicher, 2 Jahre bei hydromorph. Belastung	1 x / Jahr

### 3.3.2.2. Querbauwerke / Kontinuumsunterbrechungen

Im Wärmelastplan des Traun – Agersystems (Schmutz et al., 2009) wurden im Zuge der IST – Bestandsanalyse alle Querbauwerke an der Ager sowie die im Untersuchungsgebiet liegenden Abschnitte der Traun erfasst. Weiters wurden diese Daten mit den Informationen des Amtes der OÖ Landesregierung Abteilung Oberflächengewässerwirtschaft zur Passierbarkeit und mit Querbauwerkshöhen ergänzt, überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Im Kapitel Querbauwerke / Kontinuumsunterbrechungen wird nur auf die Ager mit ihrem Ursprung am Attersee bis in die Einmündung in die Traun und der weiter flussab folgende Abschnitt der Traun bis zur Einmündung in die Donau eingegangen (Abb. 3-14, Abb. 3-15). Grund für diese Betrachtung liegt speziell bei den im Leitbild vorkommenden Mittelstreckenwanderern (Huchen, Barbe), die vor allem auf längere, durchwanderbare Fließgewässersysteme (30 – 300 km) angewiesen sind.

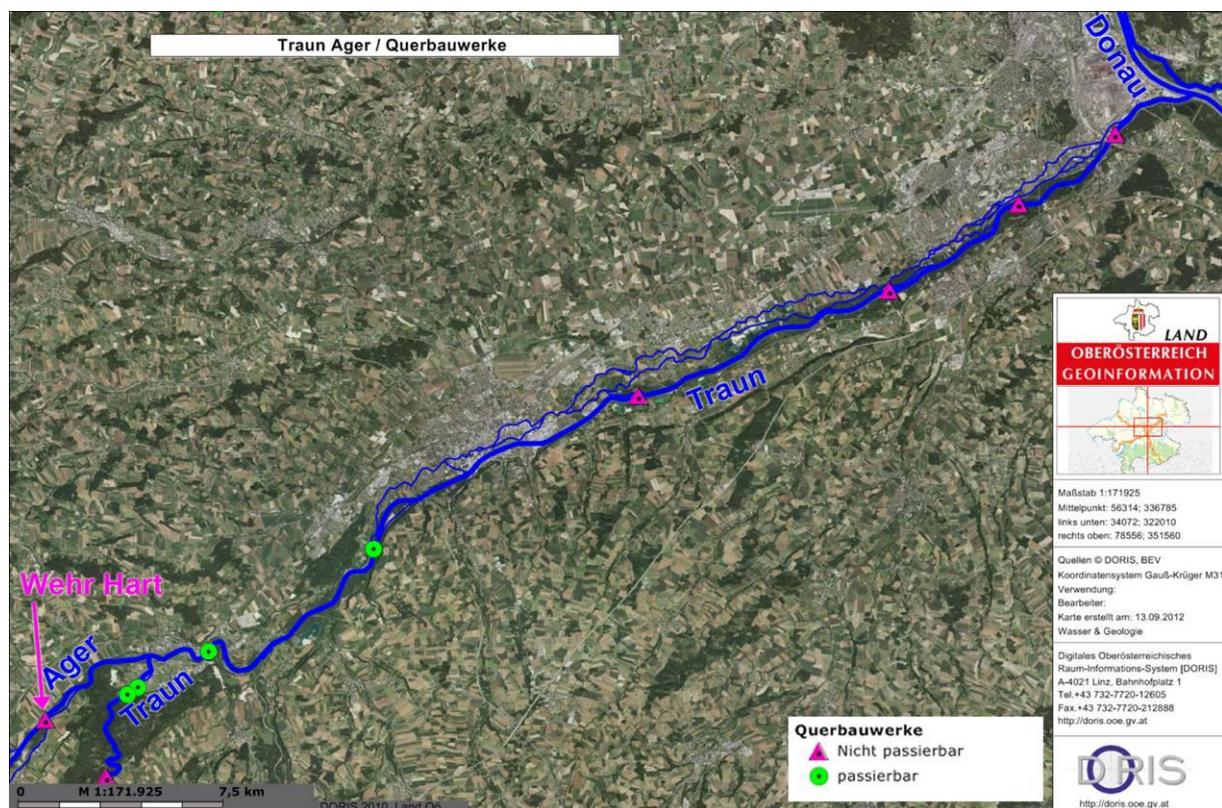


Abb. 3-15 Querbauwerke nach NGP 2009 der Donauzubringer Ager und Traun ab dem Wehr Hart;  
Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 13.09.2012

Nach Zitek et al. (2007) sind zwei signifikante Parameter für die Betrachtung hinsichtlich des Kontinuums von entscheidender Bedeutung. Zum einen ist dies die Anzahl der Kontinuumsunterbrechungen pro Fischregion und zum anderen die Länge des für Fische bewanderbaren Abschnittes. Diese Parameter wurden für jeden Detailwasserkörper der gesamten Ager erhoben.

Für den in dieser Arbeit betrachteten Abschnitt der Traun - von der Ager Einmündung bis zur Mündung der Traun in die Donau - sowie für die gesamte Ager wurden Daten aus dem digitalen, oberösterreichischen GIS – DORIS (2012) verwendet.

Anhand der Durchschnittswerte für die Anzahl von Querbauwerken bzw. KU pro km lässt sich die Fragmentierung der Abschnitte besser vergleichen (Schmutz et al., 2009).

**Tab. 3-7: Querbauwerke und deren Passierbarkeit in der Ager vom Attersee bis zur Mündung in der Traun sowie weiter flussab bis Traun-Mündung in die Donau bei Linz. Grüner Text = organismenpassierbar; rot = nicht organismenpassierbar. Gelb hinterlegt ist das Querbauwerk am Standort Hart angeführt. Quelle: DORIS (2012) – abgerufen und ergänzt am 9.10.2012.**

Ortschaft / Bezeichnung	Fluss	Stationierung Fluss - Km	Typ	Abstürzhöhe [m]	Passierbarkeit	FAH
<b>AGER</b>						
Kammerschleuse Attersee	Ager	33,604	Schutzwasserbau	0,7	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Schörfling am Attersee / A1 Brücke	Ager	32,713	Wasserkraftanlage	1,8	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Oberachmann	Ager	32,103	Wasserkraftanlage	1,0	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Unterachmann	Ager	31,400	Wasserkraftanlage	0,3	nicht organismenpassierbar	FAH vorhanden
Unterachmann	Ager	31,400	Wasserkraftanlage	4,4	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Lenzing Chemiefaser - Fabrik	Ager	29,141	Wasserkraftanlage	2,0	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Pichlwang	Ager	27,528	Wasserkraftanlage	1,8	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Pichlwang	Ager	27,035	Wasserkraftanlage	1,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Vöcklabruck	Ager	23,795	Wasserkraftanlage	5,6	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Regau / Oberlixlau	Ager	23,178	Schutzwasserbau	0,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Regau / Oberlixlau	Ager	23,083	Schutzwasserbau	0,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Regau / Oberlixlau	Ager	22,909	Schutzwasserbau	4,0	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Vöcklabruck	Ager	22,035	Schutzwasserbau	2,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Vöcklabruck	Ager	21,722	Schutzwasserbau	1,2	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Regau / Am Agersteg	Ager	20,167	Schutzwasserbau	0,7	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Attnang Puchheim	Ager	17,551	Schutzwasserbau	0,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Regau / Geidenberg	Ager	16,138	Wasserkraftanlage	3,6	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Attnang Puchheim / Deutenham	Ager	13,120	Wasserkraftanlage	3,5	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Attnang Puchheim / Deutenham	Ager	11,781	Schutzwasserbau	0,5	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Redham / Au	Ager	9,882	Wasserkraftanlage	3,2	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Redham / Au	Ager	9,735	Wasserkraftanlage	3,0	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Redham / Johannisthal	Ager	8,904	Schutzwasserbau	0,6	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Schwanenstadt / Glatzing KW Hart	Ager - KW Hart	4,962	Wasserkraftanlage	1,8	nicht organismenpassierbar	FAH vorhanden
<b>TRAUN</b>						
Ortschaft / Bezeichnung	Fluss	Stationierung Fluss - Km	Typ	Abstürzhöhe [m]	Passierbarkeit	FAH

Lambach	Ab hier Fluss „TRAUN“	45,283	Wasserkraftanlage	8,4	organismenpassierbar	FAH vorhanden
Welser Traunwehr	Traun	36,220	Wasserkraftanlage	0,3	organismenpassierbar	FAH vorhanden
KW Marchtrenk	Traun	24,290	Wasserkraftanlage	19,5	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
KW Traun Pucking	Traun	14,048	Wasserkraftanlage	24,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Linz / Kleinmünchen / Angererhofweg	Traun	8,095	Wasserkraftanlage	4,7	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden
Linz / nahe Bahnhof	Traun	3,448	sonstiger Zweck (z.B.: Ausleitung für Fischteich, Bewässerung, etc)	1,8	nicht organismenpassierbar	keine FAH vorhanden

Anschließend wurden die Daten von DORIS (2012) in folgender Tabelle (Tab. 3-8) zusammengefügt bzw. berechnet.

**Tab. 3-8: Detailwasserkörper (DWK) , Länge, Anzahl der Querbauwerke (QW) bzw. Kontinuumsunterbrechung (KU) der gesamten Ager sowie des Traunabschnitts Einmündung Ager bis Mündung Traun in die Donau. Quelle: DORIS (2012) – abgerufen und ergänzt am 10.10.2012**

Fluss	DWK	fkm - Anfang	fkm - Ende	Länge [km]	Anzahl QW	QW pro km	Anzahl KU	KU pro km
AGER	411140003	30,00	33,76	3,76	4	1,06	2	0,53
	411140098	26,00	30,00	4,00	3	0,75	1	0,25
	411140097	24,00	26,00	2,00	0	0,00	0	0,00
	411140092	21,20	24,00	2,80	6	2,14	6	2,14
	411140001	0,00	21,20	21,20	9	0,42	8	0,38
	<b>Gesamt</b>			<b>33,76</b>	<b>22</b>	<b>0,65</b>	<b>17</b>	<b>0,50</b>
TRAUN	412090031	45,00	49,00	4,00	1	0,25	0	0,00
	412090024	37,00	45,00	8,00	0	0,00	0	0,00
	412090020	36,00	37,00	1,00	1	1,00	0	0,00
	412090018	32,00	36,00	4,00	0	0,00	0	0,00
	412090016	24,00	32,00	8,00	1	0,13	1	0,13
	412090014	14,00	24,00	10,00	1	0,10	1	0,10
	412090013	8,00	14,00	6,00	1	0,17	1	0,17
	412090028	3,50	8,00	4,50	0	0,00	0	0,00
	412090027	0,00	3,50	3,50	1	0,29	1	0,29
<b>Gesamt</b>			<b>49,00</b>	<b>6</b>	<b>0,12</b>	<b>4</b>	<b>0,08</b>	
<b>GESAMT</b>			<b>82,76</b>	<b>28</b>	<b>0,34</b>	<b>21</b>	<b>0,25</b>	

**Anmerkung:** DWK Nummern unterscheiden sich zu jenen aus Schmutz et al. 2009 (WLP) weiters gibt es nach DORIS (2012) eine zusätzliche KU in der Ager. Die Stationierung der Ager-Mündung in die Traun konnte in DORIS (2012) nicht genau eruiert werden (DWK 412090031), daher wurde hier der gesamte DWK angegeben.

### AGER

An der Ager stellt die Fragmentierung des Gewässerkontinuums den Haupteingriff dar. Durch die Kontinuumsunterbrechungen in allen Wasserkörpern liegen die für Fische bewanderbaren Abschnitte deutlich unter 10 km Länge. Im MIRR – Projekt (Zitek et al.; 2007) wurde ersichtlich, dass als Ziel der Sanierung die Schaffung möglichst langer, intakter und durchgehender Gewässerabschnitte (Rhithral > 5 km, Potamal > 10 km) angestrebt werden sollte. Weiters wurde eine wesentlich stärkere Reaktion der Fische im Potamal auf Kontinuumsunterbrechungen im Vergleich zu Fischen in rhithralen Gewässern festgestellt.

Nach Schmutz et al. (2007) zeigten Fische bereits bei einer Reduktion einer intakten Fließstrecke unter 80 % eines Gewässerabschnittes eine Reaktion.

Der Bereich zwischen Attersee und Vöckla – Mündung (DWK: 411140003, 411140098, 411140097 und 411140092) besitzt eine besonders hohe Dichte an Kontinuumsunterbrechungen (ca. 1 QW / km). Weiter flussab bis zur Mündung in die Traun nimmt die Anzahl an Querbauwerken pro km ab.

Der Potamalcharakter der Ager wird durch viele kurze Stauhaltungen verstärkt, welche ebenso die Fließgewässerdynamik unterbrechen (Schmutz et al., 2009).

Nach Schmutz et al. (2009) ist die gesamte Ager stärker fragmentiert als die Traun. Die Werte liegen bei 0,65 Querbauwerken bzw. 0,5 KU pro Kilometer Gewässerverlauf.

Dabei bieten die oberen und unteren Abschnitte der Ager also jene, die zwischen zwei Kontinuumsunterbrechungen liegen, die längsten Wanderräume. Alle anderen liegen deutlich unter dem von Zitek et al. (2007) für das Potamal als durchgängige Minimallänge vorgeschlagenen Wert von 10 km (Schmutz et al.; 2009).

Das erste nicht fischpassierbare Querbauwerk nach DORIS (2012) flussauf der Mündung in die Traun ist das Ausleitungswehr bzw. –kraftwerk Hart. Somit ist dieses die unterste Kontinuumsunterbrechung an der Ager bei der Stationierung fkm 4,962 (Tab. 3-7) und stellt eine wichtige Sanierungsoption dar.

Schmutz et al. (2009) bewerteten die KU am Wehr Hart hinsichtlich Einstufung der Sanierungspriorisierung mit 8 von 11 möglichen Punkten im gesamten Untersuchungsgebiet bzw. 8 von 9 möglichen Punkten bezogen auf die Ager. Für diese Bewertung wurde ein Modell/Instrument, das im Zuge des MIRR-Projekts entwickelt wurde, verwendet. Dabei wurde vom Szenario „worst case“ - „kein Querbauwerk ist passierbar“ (=alle Querbauwerke sind KUs) ausgegangen (Schmutz et al., 2009).

## **TRAUN**

Der hier untersuchte Traunabschnitt zeigt im Vergleich zur Ager deutlich geringere Dichten an Querbauwerken bzw. Kontinuumsunterbrechungen. Mit Werten von 0,12 QW/km bzw. 0,08 KU/km liegen die Mittelwerte ums ca. 5 -6 fache unter jenen der Ager (Tab. 3-8).

Nach Schmutz et al. (2009) kann der Flusslauf der Traun ab Stadl-Paura/Lambach als Staukette bezeichnet werden. Die Länge des Stauraumes ist ein entscheidender Faktor für die Fischzönose. Somit ist weniger die Kontinuumsunterbrechung ausschlaggebend und viel mehr die Stauwirkung am Abschnitt der Traun. Die Stauräume von Pucking und Marchtrenk bilden einen wesentlichen Bestandteil der Wanderabschnitte, die länger als 30 km sind. Je länger der Stauraum ist, desto stärker verändern sich die Habitate gegenüber dem natürlichen Zustand. Daraus lässt sich nach Schmutz et al. (2009) die Länge des Stauraumes als ein entscheidender Faktor für die Fischzönose ableiten. Auf Stauhaltung wird jedoch in diesem Kapitel nicht näher eingegangen.

### **3.3.2.3. Restwasser**

Nach Schmutz et al. (2009) zeigen Fische bei Restwasserabflüssen unter 40% des  $MJNQ_T$  (=mittlerer jährlicher Tagesniederwasserabfluss) eine negative Reaktion. Demnach stellt eine ausreichende Dotationsmenge in Bezug auf den Belastungstyp Restwasser den wichtigsten Parameter dar. Neben einer ausreichenden Restwasserdotation ( $> 40\%$  des  $MJNQ_T$ ) spielt die Länge der Ausleitung für den fischökologischen Zustand eine wichtige Rolle. Beim

Unterschreiten des Grenzwerts für die Restwasserdotations wirkt sich die Länge der Ausleitung zusätzlich negativ auf das Gewässer aus.

Für alle Detailwasserkörper der Ager ist die Restwasserdotations <40% MJNQ<sub>T</sub>.

**Tab. 3-9: Restwasserstrecken des in dieser Arbeit untersuchten Ager- und Traunabschnitts inklusive der DWK. Kursiver Text bzw. Zahlen beziehen sich auf die Restwasserstrecke mit Standort KW Hart. Quelle: DORIS (2012) – abgerufen und ergänzt am 12.10.2012.**

<b>AGER</b>				
Detailwasserkörper	von fkm	bis fkm	Länge RW [km]	RW [km]/DWK[ km] (%)
411140003	32,553	32,713	0,16	
411140003	31,800	32,459	0,659	21,8
411140098	27,249	27,527	0,278	
411140098	26,811	27,034	0,223	12,5
411140092	21,694	23,794	2,100	75,0
411140001	15,108	16,138	1,030	
411140001	11,749	13,120	1,371	
411140001	4,981	9,881	4,900	
411140001	2,801	4,961	2,160	44,6
<b>Gesamt</b>			<b>12,881</b>	<b>38,2</b>
<b>TRAUN</b>				
Detailwasserkörper	von fkm	bis fkm	Länge [km]	RW [km]/DWK[ km] (%)
412090018	33,523	36,220	2,697	67,4
412090028	3,500	8,000	4,500	100,0
412090027	2,595	3,500	0,905	25,9
<b>Gesamt*</b>			<b>8,197</b>	<b>16,7</b>

\*bezieht sich auf Traunabschnitt Ager-Einmündung in Traun bis Traun-Mündung in Donau

Die Ager mit einer gesamten Restwasserstreckenlänge von rund 12,9 km (38,2 %) ist stärker mit Restwassersituation belastet als die Traun mit in Summe ca. 8,2 km (16,7 %).

Teilweise decken die Restwasserstrecken die Länge der jeweiligen Detailwasserkörper großteils (DWK 411140092: 75 %, DWK 412090018: 67,4 %) bis sogar vollständig (DWK 412090028: 100 %) ab (Tab. 3-9).

In der längsten Ausleitungsstrecke mit 8,43 km befindet sich das Kraftwerk bzw. die Wehranlage Hart (Abb. 3-16, Abb. 3-23).

### 3.4. Anlage und enature® Fishpass am Wehr Hart

#### 3.4.1. Lage

Die Ager als Abfluss des Attersees mündet nach einer Fließstrecke von rund 33,73 km und einer Höhendifferenz von ca. 120 m südwestlich von Lambach in die Traun. Das in dieser Arbeit untersuchte Gebiet liegt nahe der Ortschaft Glatzing nordöstlich von Schwanenstadt. Die Wehranlage und das Kraftwerk Hart sowie die Fischmigrationshilfe sind ca. bei Fluss – Kilometer 4,96 situiert.



Abb. 3-16: Lageplan der Fischwanderhilfe (rote Markierung) an der Ager bei Kraftwerk/Wehr Hart (Quelle: AMAP Austria (2012) – ergänzt am 06.06.2012)

Entsprechend der Festlegungen nach BMLFUW (2010c) liegt das Wehr Hart im Oberflächenwasserkörper 411140001, der sich von der Einmündung der Vöckla in die Ager bis zur Traun erstreckt (Abb. 3-17).

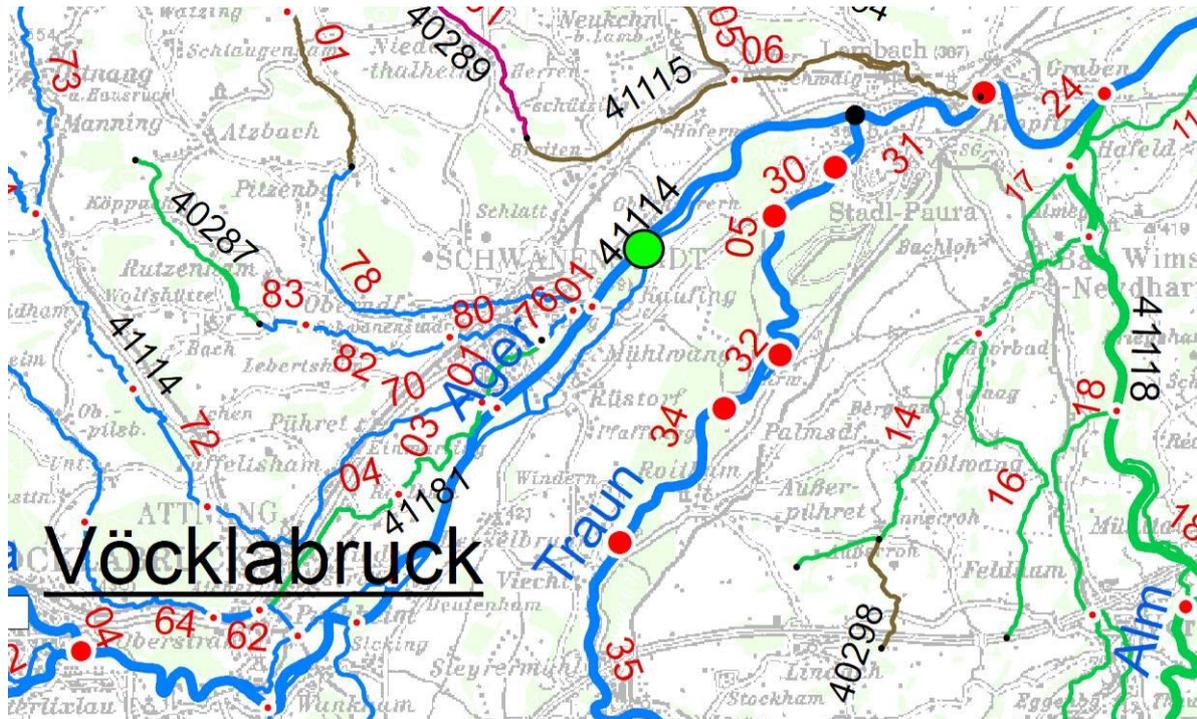


Abb. 3-17 Oberflächenwasserkörper 411140001 im Bereich des Untersuchungsgebietes, (●) Wehr KW Hart. Quelle: O-WK1-NGP2009 (BMLFUW, 2009b)

#### 3.4.1.1. Situation flussab der Anlage (Feldmüller et al., 2012)

Im Bereich der Entnahmestrecke (ca. 300 m flussab) des KW Hart ist die Ager hart reguliert und verläuft gestreckt (Abb. 3-18, Abb. 3-19). Die Gewässerbite ist in dem dem Wehr flussab angrenzenden Bereich relativ konstant und beträgt bei Mittelwasser 29,4 m.

Die hart verbaute Uferlinie ist beiderseits mit durchgehenden Steinschlichtungen bzw. Ansatzsteinen und punktuell mit Buhnen versehen (Abb. 3-19). Teilweise sind die Ufersicherungen von vorgelagerten Schotterbänken überdeckt. Die mäßig steil bis steile Böschung ist etwa 3m hoch und stark überwachsen.

Die Gewässersohle ist nicht verbaut und besteht im Wesentlichen aus den Substratfraktionen Akal (20%), Mikrolithal (35%) und Mesolithal (40%) sowie in geringerem Ausmaß sind auch Makro- (3%) und Megalithal (2%) vorhanden.

Fischökologisch relevante Strukturen innerhalb des Gewässers setzen sich aus größeren Steinen, Buhnen, Kolken, Totholz, lokal unterspülten Uferbereichen und ins Gewässer ragende Ufervegetation zusammen. Der Großteil davon wurde allerdings künstlich angelegt.

Am orographisch linken Ufer wird die Ager durch einen ein- bis mehrreihigen Gehölzstreifen mit dahinter gelegnem Schotterweg begleitet.

Am rechten Ufer geht der ebenfalls ein- bis mehrreihige Gehölzstreifen in den angrenzenden Wald über. Weiden (*Salix* spp.), Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Schwarzpappel (*Populus nigra*) und Stieleiche (*Quercus robur*) sind vorwiegend in diesen Gehölzstreifen anzutreffen.



**Abb. 3-18: Ager. Oberer (li) und mittlerer (re) Abschnitt der Befischungstrecke in der Entnahmestrecke des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012)**



**Abb. 3-19: Ager. Unterer Abschnitt der Befischungstrecke (li) und Bühnenstruktur (re) in der Entnahmestrecke des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts); Quelle: Feldmüller et al., 2012**

#### 3.4.1.2. Situation flussauf der Anlage (Feldmüller et al., 2012)

Flussauf der Anlage im Bereich des Stauraums ist die Ager ebenfalls hart reguliert und verläuft gestreckt (Abb. 3-20, Abb. 3-21). Die mittlere Gewässerbreite dieses Abschnittes bei Mittelwasserführung beträgt etwa 36 m. Im Stauraumbereich sind beide Ufer mit durchgehendem Blockwurf gesichert. Weiters befindet sich am unteren, rechten Ufer ein ca. 100 m langer Bereich mit vorgelagerten Holzpiloten. Die Böschung ist steil, ca. 2 m hoch und weist eine gleichmäßige Neigung auf.

Im unmittelbaren Bereich des Kraftwerks ist die Gewässersohle durch den Stau beeinträchtigt, weiter oberhalb ist sie ungesichert. Im Bereich der Stauwurzel dominieren die Substratfraktionen Mikro- und Mesolithal. Weiter flussabwärts steigt auf Grund der Stausituation sukzessive der Anteil an Feinsedimenten an und somit ist dieser Abschnitt arm an Strukturen. Lediglich größere Steine sowie lokal überhängende Vegetation bieten, neben den durch die Ufersicherung entstandenen, fischökologisch relevante Strukturen.

Eine lückenhafte Ufervegetation aus vereinzelt Gehölzgruppen bildet in diesem Bereich einen mäßigen Beschattungsgrad. Diese besteht vorwiegend aus Grauerle (*Alnus incana*), Weiden (*Salix* spp.), Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) und Fichte (*Picea abies*).

Agrar- und Forstflächen bilden größtenteils das anschließende Umland.

Entlang des linken Ufers verläuft ein schmaler Weg.



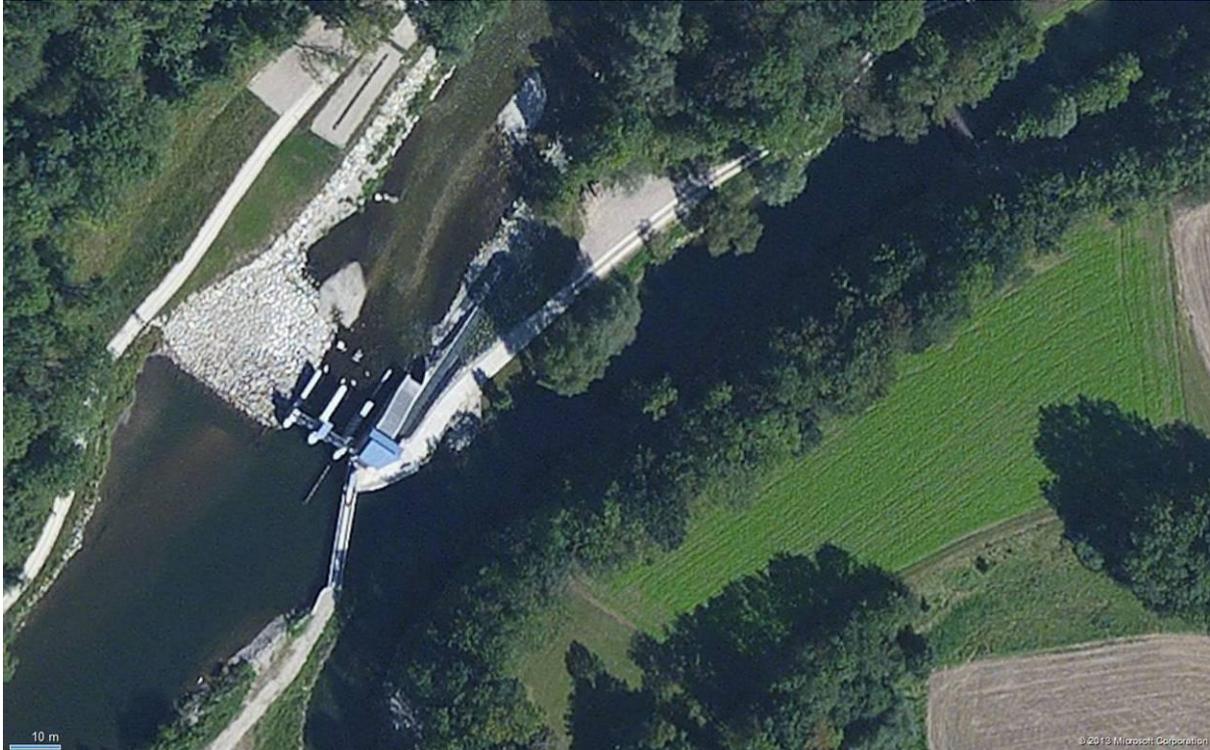
**Abb. 3-20: Ager. Oberer (li) und mittlerer Abschnitt der Befischungstrecke im Stauraum des KW Hart (Blickrichtung flussaufwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012)**



**Abb. 3-21 Ager. Unterer Abschnitt der Befischungstrecke (li) und technische Verbauung am orographisch rechten Ufer (re) im Stauraum des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012)**

### 3.4.2. Kraftwerk und Wehranlage

Die Wehranlage und das Restwasserkraftwerk des Standorts Hart an der Ager der Genossenschaft m.b.H.- Kraftwerk Glatzing Rüstorf (KWG) wurde im Juni 2011 in Betrieb genommen. Das vorherige Wehr sowie das Kraftwerk (Abb. 3-22) wurden im Zuge einer Revitalisierung mit dem enature® Fishpass ergänzt sowie dem Stand der Technik angepasst.



**Abb. 3-22: Übersichts-Orthofoto des Wehrs, der Kraftwerksanlage und des enature® Fishpasses am Standort Hart. Quelle: Bing-Maps (2013).**

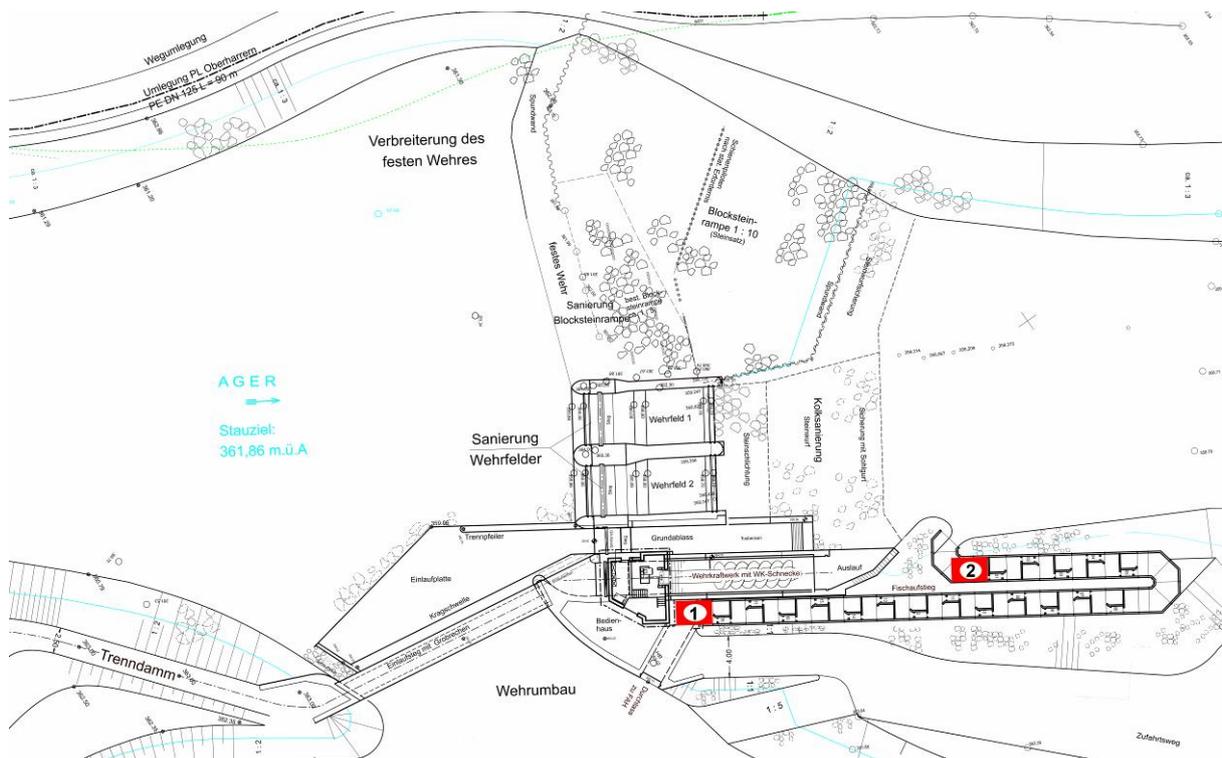
Am Standort Hart wird die Ager in einen Werkskanal umgeleitet (Abb. 3-24). Auch dieser Bereich wurde durch die Revitalisierung umgestaltet. Das rechte Ufer wurde mit einem Trenndamm versehen und der Einlaufbereich in den Werkskanal mit einem Steg inklusive Grobrechen ( $e = 90 \text{ cm}$ ) und Rechenreinigungskran ausgestattet.

Um Sedimenteintrag in den Werkskanal einzuschränken bzw. fern zu halten wurde nach der Einlaufplatte eine Kragsschwelle hin zur Grundablassschütz vorgesehen (Abb. 3-22).

Anschließend an den Grobrechen befindet sich im Bereich des Wehrkraftwerkszulaufkanals ein Feinrechen. Beim Turbinentyp dieses Restwasserkraftwerks handelt es sich um eine Wasserkraftschnecke mit Stahltrog und einem Durchmesser von 2,60 m. Der Ausbaudurchfluss wurde mit  $3,14 \text{ m}^3/\text{s}$  festgelegt. Die projektierte Fallhöhe am Stauziel beträgt max. 2,65 m.

Weiter linksufrig davon sind der Grundablass inkl. Schütz sowie zwei Wehrfelder situiert. Die Wehranlage ist als bewegliches Wehr mit Dammbalken-Hubverschlüssen ausgeführt. Beim Grundablassschütz wurde auf den Dammbalken eine zusätzliche Verschlussklappe montiert.

Am orographisch rechten Ufer wurde der Bestand des festen Wehrs mit einer umpundeten Blocksteinrampe (1:10) verbreitert (Abb. 3-23 , Abb. 3-25).



**Abb. 3-23: Lageplan der Wehranlage, des Restwasserkraftwerks, der Ausleitung bzw. des Werkskanals sowie des enature® Fishpasses am Standort Hart nach der Revitalisierung. Mit rot markierten Positionen der Fischreusen 1 und 2.; Quelle: Warnecke Consult, Lageplan Nr. 09 - 130 – 016, Datum: 08.07.2010, ergänzt am 10.10.2011.**



**Abb. 3-24: Mündung Ager-Ausleitung (rechts) in Werkskanal (links) am Standort Hart. Im Bild rechts vorne Grobrechensteg. Blickrichtung flussauf. 2012.**



**Abb. 3-25: KW Hart mit Wehranlage, enature® Fishpass und Blocksteinrampe. Blickrichtung flussauf. 2012.**

### 3.4.3. Fischwanderhilfe - enature® Fishpass

#### 3.4.3.1. Allgemein

Der enature® Multi – Struktur Slot Fishpass der Firma MABA ist mit der Idee den Forderungen der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) zur Wiederherstellung des guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potentials an Fließgewässern sowie der Erneuerbaren Energie Richtlinie (2001/77/EG) zur Förderung des Ausbaues der erneuerbaren Energien gleichzeitig zu entsprechen, entstanden.

In zweijähriger Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur Wien wurde diese Fischmigrationshilfe des Bautyps Vertical Slot mit einer wesentlich verbesserten ökologischen Funktion und dabei um bis zu 40 Prozent geringerem Wasserdurchfluss gegenüber herkömmlichen Schlitzpässen entwickelt.

Die Reduktion der Betriebswassermenge und der damit verbundenen positiven Auswirkung auf die Erzeugung elektrischer Energie am Wehr/Kraftwerk war dabei ein weiteres Hauptaugenmerk, um bei Kraftwerksbetreibern mehr Akzeptanz für den Einbau von Fischmigrationshilfen hervorzurufen.

Beim Vergleich eines herkömmlichen Schlitzpasses zum weiterentwickelten enature® Fishpass ist die Gestaltung und Anordnung der Zwischenwände ein wesentliches Merkmal.

Der Schlitz ist der Länge nach gestreckt und an den Schlitzwänden sind Strukturelemente angebracht. Auf Grund dieser Unterteilung mit Strukturelementen innerhalb eines Beckenelements bzw. Schlitzes entstehen somit kleine Zwischenräume, die namensgebend für die Bezeichnung „Multistruktur-“ Schlitzpass waren.

Die Position des Multistrukturschlitzes wechselt sich von Becken zu Becken ab und ist somit alternierend zwischen den Ruhe- bzw. Erholungsbecken angeordnet. Die Schlitzes sind bis zur Sohle des Fertigteilelements ausgeführt (Abb. 3-26).

Um eine raue Sohle zu gewährleisten wurde eine lokal – flusstypische Sohlschicht von 15 cm Höhe in die FMH eingebracht.



**Abb. 3-26: Anordnung der Strukturelemente in einem Fertigteilelement des enature® Fischpasses.  
Quelle: Wimmer (2011).**

Die Funktionsweise der Schlitz- und deren Anordnung beruht auf bewusster Erzeugung einer isolierten Rauigkeitsströmung zwischen den Strukturelementen und den somit verbundenen hydraulischen Reibungs- und Formverlusten. Daraus entstehen reduzierte Fließgeschwindigkeiten und eine geringere Durchflussmenge. Weiters wirken Einengungen und Aufweitungen wie auch Rückströmungen in den Becken zusätzlich energiezehrend (Tauber, 2011).

Nach zweijährigen Modellversuchen des enature® Fischpasses im Wasserbaulabor der Universität für Bodenkultur wurde die beste Variante bzw. Anordnung der Struktur- bzw. Wandelemente durch Tauber (2011) weiter untersucht.

Dabei wurden folgende hydraulische Vorteile des neu entwickelten enature® Fishpass gegenüber eines herkömmlichen Vertical Slots festgestellt:

- reduzierte Fließgeschwindigkeiten im Schlitz und Becken (-20%)
- reduzierte Turbulenzen (-35%) (Abb. 3-29)
- Energiedissipation (Leistungsdichte) von ca.  $70 \text{ W/m}^3$  (-33%)
- deutlich reduzierte Betriebswassermenge (ca. 30- 40% gegenüber herkömmlichen Vertical Slot- Anlagen) (Abb. 3-28)
- dadurch verbesserter Fischeaufstieg für schwimmschwache Arten und Juvenile

Die Darstellung der Strömungsmuster zeigt deutlich niedrigere Spitzengeschwindigkeiten an den Slots/Schlitz- und ein heterogeneres Strömungsbild. Daraus resultieren mehr mögliche Ruhebereiche/-zonen für Fische.

Die baulichen und somit auch hydraulischen Unterschiede des enature® Fischpasses bewirken in weiterer Folge einen stufenweisen Abbau der Wasserspiegeldifferenzen zwischen den Einzelbecken. Einen offensichtlichen Einfluss hat dabei die Ausbildung des Multistrukturschlitzes (Tauber, 2011).

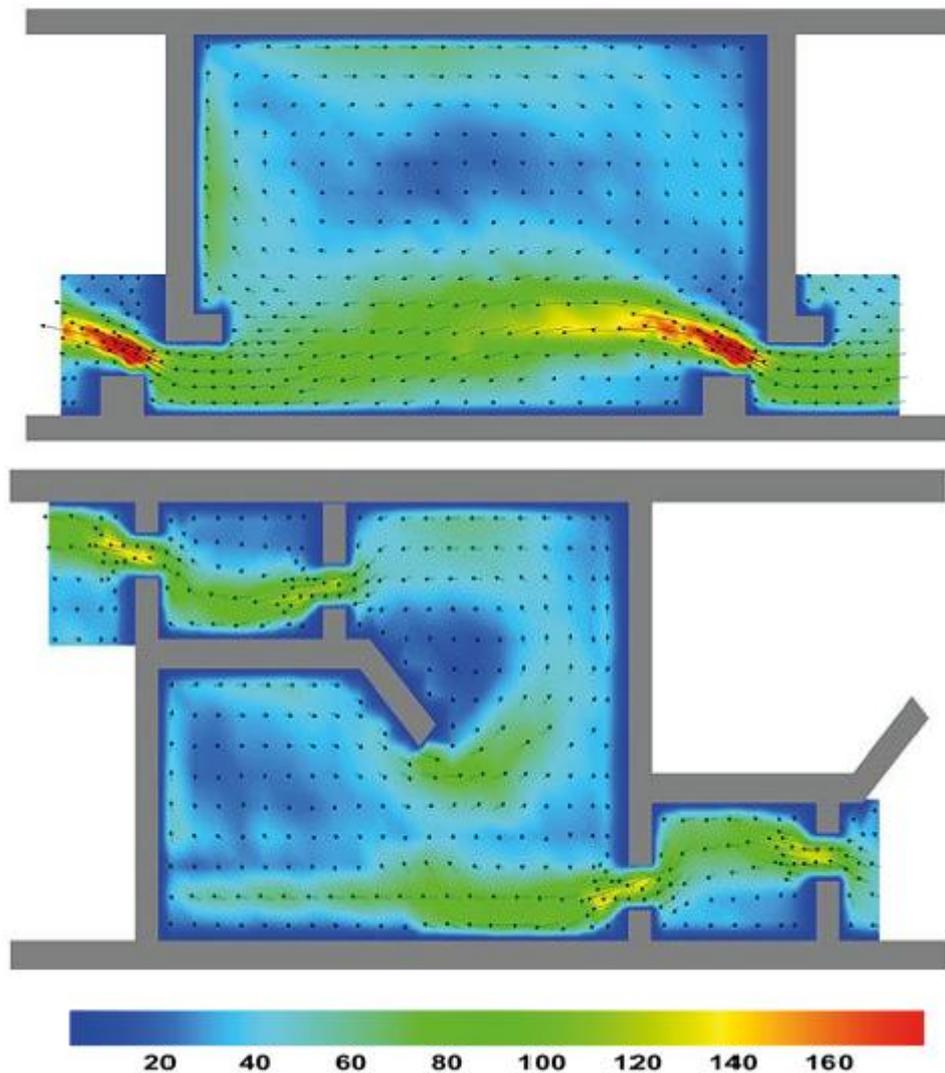


Abb. 3-27: Strömungsmuster im Vergleich (bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in cm/s); oben der enature® - Fishpass, unten ein herkömmlicher Schlitzpass. Wasserdotation, Gefälle und Schlitzbreiten sind bei beiden Anlagen ident. Quelle: Tauber (2011).

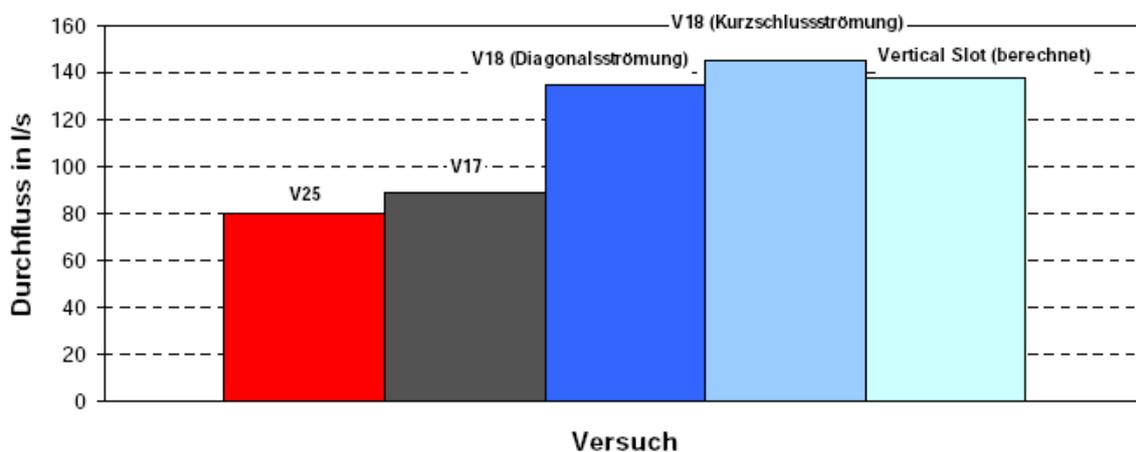
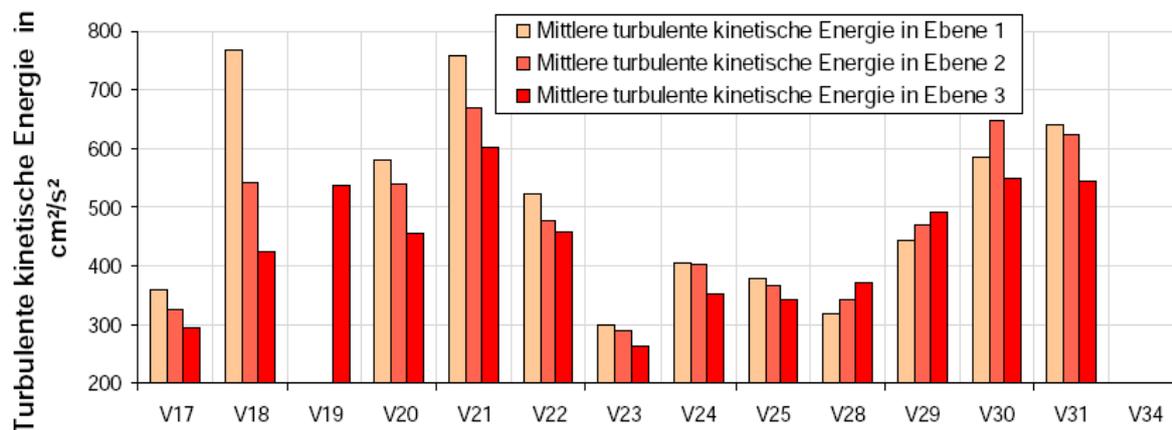


Abb. 3-28: Vergleich der Konsumption bzw. des Durchflusses der Varianten V25 und V17 (V25 entspricht dem aktuellen enature® Fishpass – System klein,  $\Delta h=15$  cm, Schlitzbreite=15 cm) und der Variante V18 (herkömmlicher Vertical Slot). Quelle: Tauber (2011).



**Abb. 3-29: Vergleich des enature® Fishpasses (V25 entspricht dem enature® Fishpass – System klein,  $\Delta h=15$ , Schlitzbreite=15cm) zu einem herkömmlichen Vertical Slot (V18) bezüglich mittlerer turbulenter kinetischer Energie in allen Messebenen (Ebene 1 oberflächennahe, Ebene 3 sohnnahe). (V31 entspricht dem am Wehr Hart zum Einsatz kommenden enature® Fishpass – System mittel,  $\Delta h=15$  cm, Schlitzbreite=35 cm) Quelle: Tauber (2011).**

Neben den hydraulischen Untersuchungen von Tauber (2011) führte Pucher (2010) in ihrer Diplomarbeit fischökologische Versuche im Wasserbaulabor durch.

Dabei wurde die Funktionsfähigkeit der Anlage mit verschiedenen Fischarten (Aitel, Bachforelle, Barbe, Nase u.a.) getestet. Allen Fischarten und Altersstadien war es ohne größeren Kraftaufwand möglich die FMH sowohl strömungsauf- als auch strömungsabwärts zu durchwandern.

In weiterer Folge wurden auch die Fische hinsichtlich Aufenthaltsorte beobachtet. Dabei stellte sich heraus, dass die Fische Bereiche mit geringeren Turbulenzen und Fließgeschwindigkeiten zum Verweilen aufsuchten und turbulente Bereiche eher schnell durchwanderten.

Die Firma MABA mit ihrem Fertigteilssystem des enature® Fishpass deckt die Leitfischarten- und Begleitfischartenspektren von der Forelle bis zum Wels entsprechenden den Fischregionen Epirhithral klein bis Epipotamal groß ab (Mader, 2011).

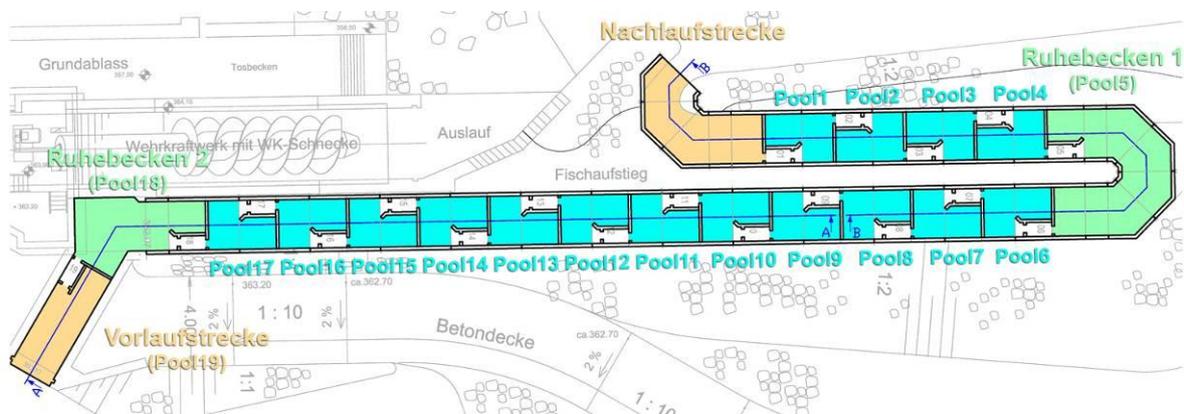
Mit der ersten Prototypanlage an der Piesting in Niederösterreich (Übergang Meta – Hyporhithral) und folgenden Spezifikationen – Beckenabmessung: 200 x 145cm,  $\Delta h$ : 15 cm, Schlitzbreite: 15 cm, Durchfluss: ca. 95 l /s, Energiedissipation  $E_{max}$  70 W/m<sup>3</sup>- konnte gezeigt werden, dass der Fischeaufstieg für alle vorhandenen Fischarten inkl. schwimmschwachen Koppen möglich war. Weiters wurden die Laborergebnisse von Pucher (2010) bestätigt, welche zeigten, dass geringe Turbulenzen und Fließgeschwindigkeiten den Aufstieg in diesem Fishpass erleichtern (Wimmer, 2010).

### 3.4.3.2. enature® Fishpass am Wehr Hart

Mit Bescheid des LH von OÖ vom 31.3.2010, Zl. Wa-2010-101036/68-Wab/Gin wurde der Kraftwerk Glatzing-Rüstorf reg. Gen.m.b.H. die wasserrechtliche Bewilligung zur Errichtung eines Dotierwasserkraftwerkes (Wasserkraftschnecke) für die Abgabe der Dotierwassermenge sowie zur Errichtung eines Fischeaufstieges an der Wehranlage des KW Glatzing, Gemeinde Rüstorf, erteilt. Mit mehreren Eingaben erfolgte die Beantragung zur Abänderung des wasserrechtlich bewilligten Vertical Slot Beckenpasses in einen enature® Fishpass der Firma MABA in Fertigteilbauweise (Ö. Patent Nr. 507195 vom 15.3.2010).

Gemäß der projektierten Höhendifferenz von OW zu UW mit 2,75 m wird ab einem Unterwasserspiegel (WSP-UW) größer 359,11 m.ü.A. der Einstiegsbereich des Fishpasses eingestaut.

**Ausführung:** Der enature<sup>®</sup> Fishpass besteht aus einer Vorlaufstrecke, 18 Stück enature<sup>®</sup> Multi Struktur Slot (System Mittel) der Fa. MABA sowie ein enature<sup>®</sup> Multi Struktur Slot aus Lärchenholz und einer Nachlaufstrecke. Bei diesem Fishpass sind zwei Ruhebecken als Kehren ausgeführt. Die Sohle von den Fertigteilelementen der Vorlauf- und Nachlaufstrecke sowie der beiden Ruhebecken sind waagrecht bzw. ohne Gefälle verlegt worden. Der Abschnitt von Pool 1 bis Pool 4 weist im Mittel eine Steigung bzw. ein Gefälle von ca. 4,6 % auf. Der Mittelwert der Steigung des Abschnitts von Pool 6 bis Pool 17 liegt bei ca. 4,7 %. Der gesamte Bereich der Fertigteilelemente wurde mit Gitterrosten mit einer lichten Maschenweite von 30 x 30 mm abgedeckt. Grund hierfür liegt in der Verminderung des Sedimenteintrags des übertretenden Werkskanals bei erhöhter Wasserführung.



**Abb. 3-30: Farbliche Unterteilung des enature<sup>®</sup> Fishpass in Vor- und Nachlaufstrecke, Ruhebecken, Pools und Multistrukturschlitzte.**

**Lage:** Die FMH befindet sich am rechten Ufer der Wehranlage. Der unterwasserseitige Einstieg erfolgt unmittelbar flussabwärts des Tosbeckens bzw. in Anbindung an das Unterwasser des Restwasserkraftwerks. Der enature<sup>®</sup> Fishpass mündet mit der Fließrichtung der Ager mit einem 135° Bogen ins Unterwasser. Der Verlauf des Fischpasses nach der Nachlaufstrecke folgt parallel dem Ufer und schwenkt dann zwischen Pool 4 und Pool 6 mit einer 180° Kehre gegen die Fließrichtung der Ager. Stromauf der FMH-Strömung erfolgt zwischen Pool 17 und Pool 19 eine rd. 90° Kurve in Richtung Werkskanal. Der oberwasserseitige Ausstieg erfolgt über eine kurze Vorlaufstrecke sohlgleich direkt in den Werkskanal.

Einstieg UW: Dieser erfolgt direkt, rechtsufrig und sohlgleich aus dem Migrationskorridor der Ager ca. 30 m flussab der Wehranlage (Abb. 3-31).



**Abb. 3-31: Rechtes Agerufer (Ausleitungsstrecke) mit enature® Fishpass Einstiegsbereich, 180° Kurve und montierten Galgen für die Reuse 2. Rechts unten Turbinenauslass und Einhausung der Wasserkraftschnecke. Rechts oben Werkskanal in Blickrichtung KW Glatzing/Rüstorf. 2012.**

Ausstieg OW: Der Ausstieg aus der Vorlaufstrecke erfolgt über die Schützanlage sohlgleich in den Oberwasserkanal (Abb. 3-32). Der Abstand der Unterkante des Schützes zur Sohle des Ausstiegsbereichs der FMH beträgt üblicherweise ca. 45 cm. Laut DVWK (1996) wird für den Huchen eine Schlupflochhöhe von 0,3 – 0,4 m angeführt. Demnach ist die Öffnungshöhe auf 45 cm festgelegt worden.



**Abb. 3-32: Einlaufsteg zum Werkskanal (links) sowie Schütz mit FMH – Ausstieg (rot eingekreist). Blick in Fließrichtung. 2012.**

**Tab. 3-10: Kenndaten des ausgeführten enature® Fishpasses sowie Gegenüberstellung der Wasserrechtsbehördlichen Auflagen für den ursprünglich geplanten herkömmlichen Vertical Slot Pass.**

	enature® Fishpass Hart/Ager	Ursprüngliche behördliche Auflagen für Vertical Slot Pass	Mindestgrößen nach BMLFUW (2012c) (jeweils strengere Werte)
Länge	rd. 80 m		
Anzahl Pools / Becken	17 Standard-, 2 Ruhepool		
Anzahl Slots / Schlitze	19 enature® Multistrukturschlitze	21	
Pool - / Beckengröße	3,0 x 2,18 m	3,0 x 1,8 m	3,1 x 2,1 m
Beckenvolumen / Wasservolumen in Becken	6,3 m <sup>3</sup>	4,4 m <sup>3</sup>	
Wassertiefe im Pool	≥ 1 m	0,75 – 0,88 m	1 m
Sohlsubstratschichtstärke	0,15 m	0,15 m	0,10 – 0,20 m
Slot - / Schlitzbreite	0,35 m	0,30 m	0,35 m
Wasserspiegeldifferenzen zw. den Pools/Becken ( $\Delta h$ )	0,15 m	0,13 m	0,13 m
Dotierwassermenge	≥ 360 l/s	≥ 360 l/s	550 l/s
Energiedissipation ( $E_{\max}$ )	ca. 80 W/m <sup>3</sup>	105 W/m <sup>3</sup>	100 W/m <sup>3</sup>
Pflichtwasserabgabe im UW der Wehranlage	3,50 m <sup>3</sup> /s	3,50 m <sup>3</sup> /s	

Die Abänderung der ursprünglichen und die für die Fischregion (Potamal) typischen Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken von 0,13 m auf 0,15 m wird seitens des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung durch das Vorhandensein von zwei Slots (Multistrukturschlitz) pro Becken begründet.

Der enature® Fishpass am Standort Hart wurde auch auf Niederwassersituationen (3,5 m<sup>3</sup>/s Restwassermenge = kleiner  $Q_{330}$ ) ausgelegt. Im Beobachtungszeitraum von 1976 – 2009 war der kleinste Tagesmittelwert (Niederwasser)  $NQ_T = 10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daraus resultierend kann die vorgeschriebene Restwassermenge von 3,5 m<sup>3</sup>/s aufgrund der künstlichen Dotation an der Atterseeklaus üblicherweise immer gewährleistet werden. Demnach ist der Wert  $Q_{330}$  der Überschreitungsdauerlinie für die zu gewährleistende Funktionsdauer der FMH nicht relevant. Somit gilt ausschließlich der Wert  $Q_{30}$  der Überschreitungsdauerlinie als Funktionsgrenze, wodurch die Betriebsfähigkeit der FMH an 330 Tagen im Jahr sichergestellt sein sollte.

Auf Grund unterschiedlicher Zuteilung der Ager hinsichtlich Fischregion (3.1.5) wurde bei unterirdlichen Werten auf die jeweils Strengeren Bezug genommen (Tab. 3-11).

**Tab. 3-11: Zusammengefasste gerundete Körpermaße der größtenbestimmenden Fischarten der Fischregion Hyporhithral MQ mit > 20 m³/s und Epipotamal mittel nach JÄGER et al. (2010) entsprechend der Gewässertypen und den sich daran orientierenden Bemessungswerten für Schlitzweiten, Beckentiefen und Tiefen an Beckenübergängen sowie die maximalen Wasserspiegeldifferenzen je Fischregion für den Schlitzpass sowie Dotation auf Basis von Mindestbemessungswerten gemäß BMLFUW (2012c) für Leitarten und Begleitarten.**

Fischregion	Maßgebende Fischart (für Länge)	Fischlänge (cm)	Fischhöhe (cm)	Fischartbreite (cm)*	Energiedissipation (W/m³)	Maximale Spiegel- differenzen zwischen den Becken (cm)	Schlitzpass		
							Schlitzweite (cm)	Hydraulisch Mindesttiefe unterhalb der Trennwand (cm)	Mindestdotation (l/s)
Hyporhithral mit Huchen, MQ>20 m³/s	Huchen	100	16	12	120	15	35	100	550
Epipotamal mittel (mit Huchen)	(Huchen) Barbe	(90) 60	(14) 11	(12) 7	(100) 100	(13) 13	(32) 25	(90) 75	(420) 270

\*da die meisten Fische außerhalb der Laichzeit vermessen wurden, sind die Fischbreiten je nach Art zur Laichzeit zumindest ein bis mehrere cm größer anzunehmen. Bei der Barbe wird in Anlehnung an das DWA Merkblatt M 509 mit 8 cm gerechnet.

° aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit, eventuell erhöhte (Zusatz-)dotation für die Sicherstellung der Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich.

Bei der Bauausführung des enature® Fishpass am Standort Hart kam es aufgrund eines fehlerhaften Ausführungsplans zu um 17 cm tiefer verlegte Fertigteil – Beckenelemente.

Aus diesem Grund und um ein Überströmen der Querwände des Fishpasses zu minimieren wurde zusätzlich der oberste Multistrukturschlitz aus Lärchenholz eingebaut.

Für die höhenmäßige Lagebestimmung wurde im Zuge der Untersuchungen ein Nivellement vom Fischpass durchgeführt und die Ergebnisse daraus in weiteren Plänen (Abb. 3-33) eingearbeitet.

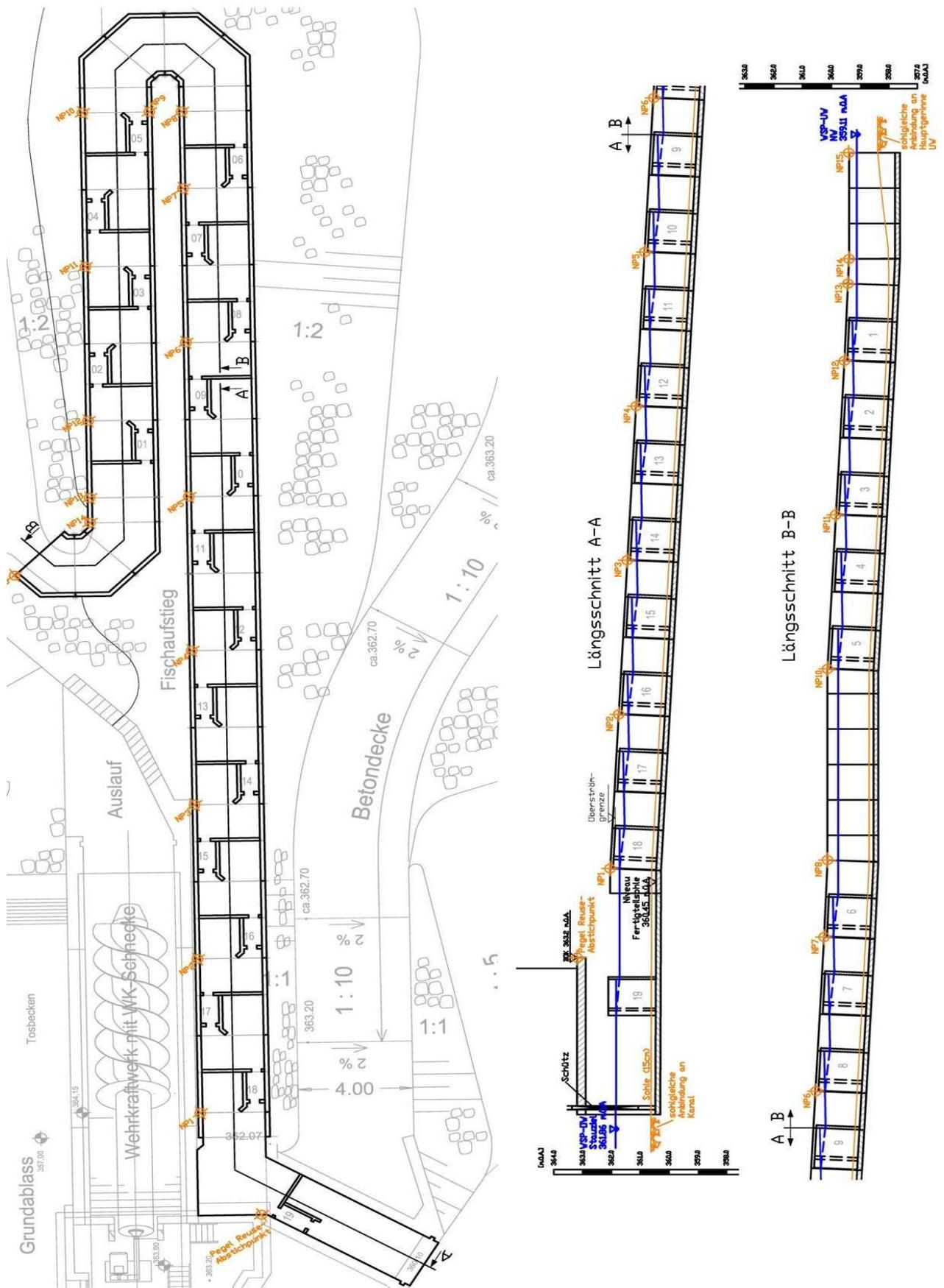
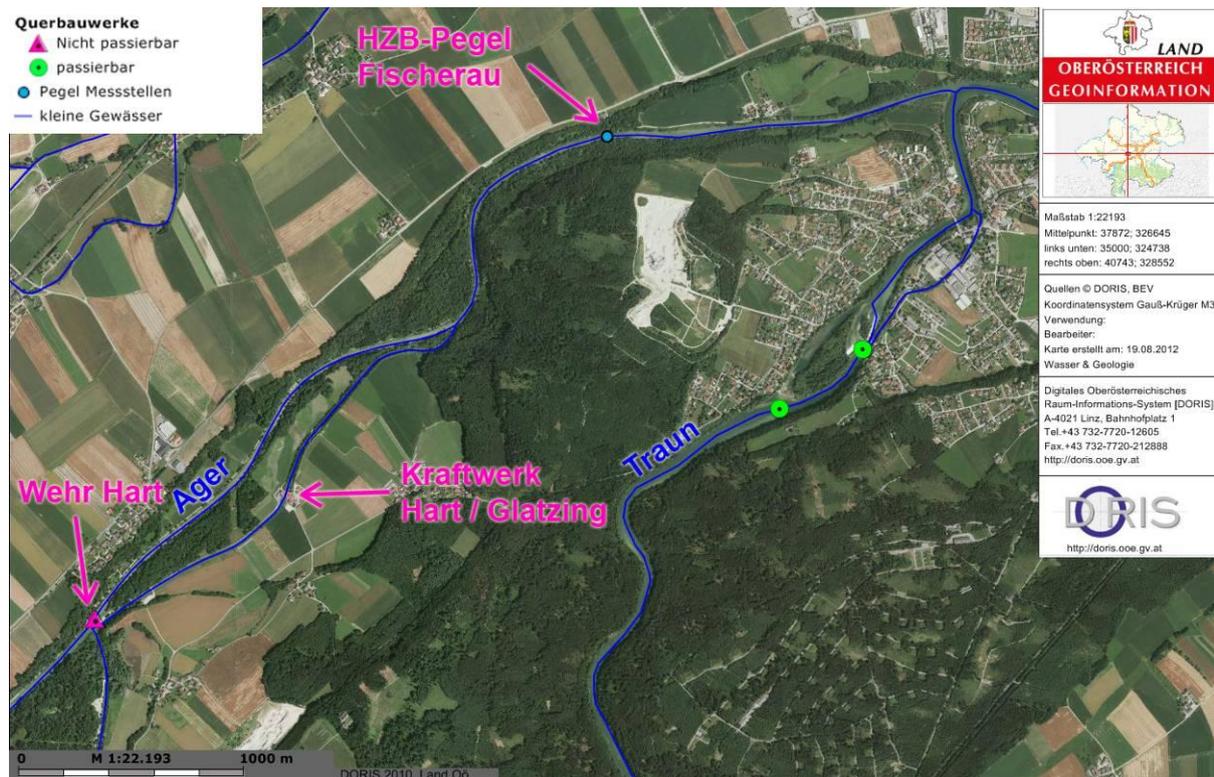


Abb. 3-33: Grundriss und Längsschnitt der MABA enature® Fishpass – Anlage am Standort Hart.  
 Quelle: Warnecke Consult, Lageplan Nr. 09 - 130 – 016, Datum: 08.07.2010, ergänzt am 09.01.2013.

Die vorgeschriebene Restwassermenge in der Ausleitungsstrecke der Ager liegt bei mindestens  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tab. 3-10). Üblicherweise setzt sich diese bis zu einem erhöhten Mittelwasser von ca.  $45,5 \text{ m}^3/\text{s}$  aus der Dotation der Restwasserschnecke, der Dotation des Fischpasses bzw. Leckagen an der Stauanlage zusammen. Bei höheren Gesamtabflüssen ist zusätzlich der Abfluss über die linksufrige Blocksteinrampe bzw. fallweise geöffnete Schleusen zu addieren (Abb. 5-15, Abb. 5-27 (links)).

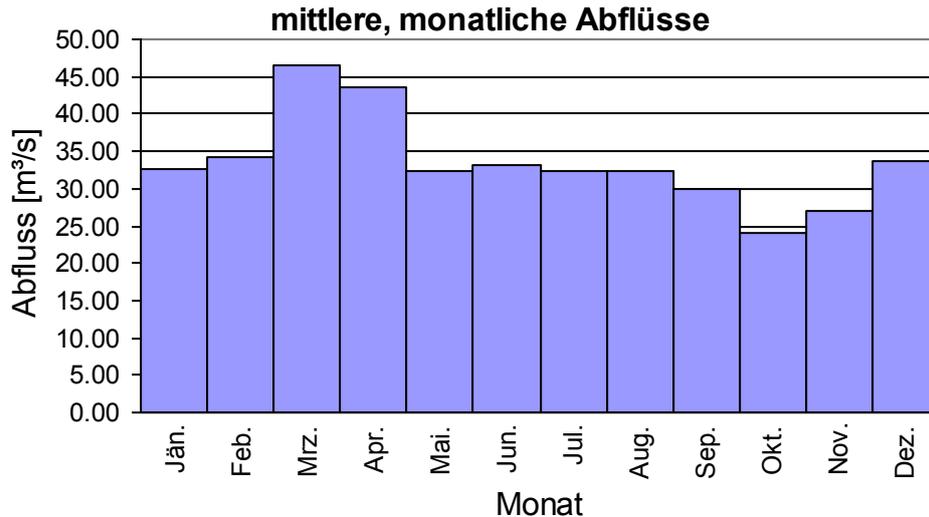
### 3.5. Hydrologische Abflussverhältnisse und Abflussregime

Am HZB-Pegel Fischerau, der sich kurz vor dem Zusammenfluss von Ager und Traun bei Flusskilometer 1,58 befindet, wird für die Ager ein orographisches Einzugsgebiet von  $1256,1 \text{ km}^2$  ausgewiesen. Die Messstelle liegt  $3,38 \text{ km}$  flussab vom Wehr Hart.



**Abb. 3-34 Übersicht Traun / Ager im Untersuchungsgebiet mit HZB-Messstelle Fischerau und Querbauwerke nach NGP 2009, Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 19.08.2012**

Bezogen auf die Reihe von 1976 bis 2009 beträgt  $NQ_T$  (niedrigstes Tagesmittel des Abflusses)  $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (14.10.1992),  $NNQ$  (niedrigster gemessener Abfluss)  $2,99 \text{ m}^3/\text{s}$  (27.07.1992),  $MJNQ_T$  (mittleres jährliches Niederwasser)  $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $MQ$  (mittlerer Abfluss als arithmetisches Mittel der mittleren Tagesabflüsse)  $33,47 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $HHQ$  (höchster gemessener Abfluss)  $475 \text{ m}^3/\text{s}$  (12.08.2002). Es ist darauf hinzuweisen, dass die angeführten Niederwasserabflüsse nicht dem natürlichen Zustand entsprechen, da die Ager seit Mitte der 70er-Jahre in Niederwasserzeiten durch die Atterseeklausen künstlich dotiert wird.



**Abb. 3-35 Mittlere Monatsabflüsse am Pegel Fischerau (aus der Zeitreihe des hydrographische Dienstes 1976 – 2009)**

Der mittlere Monatsabfluss der Ager zeigt einen mehrgipfeligen Jahresverlauf. Bedingt durch die Schneeschmelze und Niederschläge tritt das Abflussmaximum im Frühjahr in den Monaten März und April auf. Das Abflussminimum liegt im Herbst. Nach Mader et al. (1996) handelt sich um ein komplexes, pluvio-nival ausgeglichenes Abflussregime.

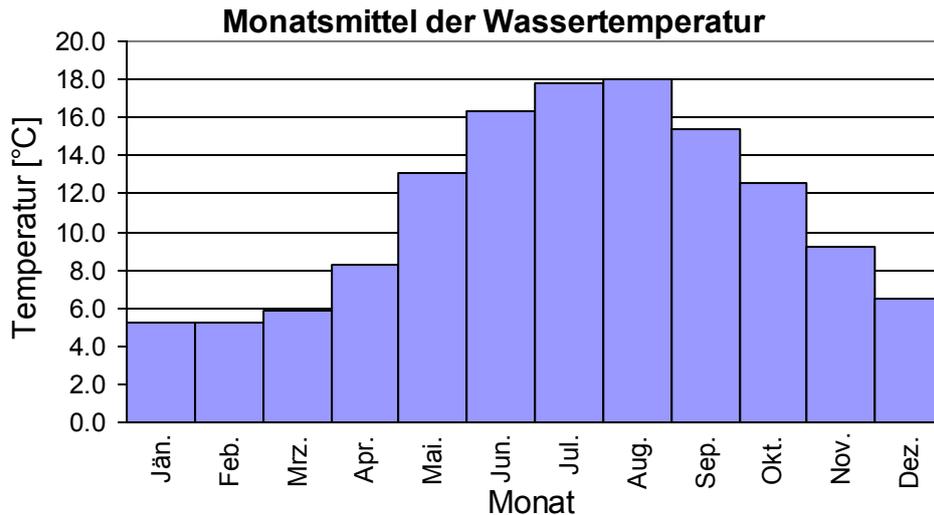
Laut Verhandlungsschrift zur Wasserrechtsverhandlung vom 14.12.2009 wurden für Extremereignisse folgende Werte festgehalten:  $HQ_1 = 177 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_5 = 295 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{30} = 430 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer maximalen Stauhöhe von 363.7 m.ü.A und  $HQ_{100} = 520 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer maximalen Stauhöhe von 363,85 m.ü.A. Das Stauziel ist mit 361,86 m.ü.A. festgesetzt.

Um den Ansprüchen aquatischer Organismen nach dem Biotop-Abfluss-Ansatz von LAWA (2001) gerecht zu werden, wurde für die Restwassermenge im Wasserrechtsbescheid zur Wehranlage festgelegt, dass die über das Wehrkraftwerk Hart und die FMH ganzjährig in die Entnahmenstrecke der Ager abzugebende Dotationswassermenge (sofern von Natur aus vorhanden) mind.  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  betragen muss. Davon sind 360 l/s über die FMH abzugeben. Es ist auf geeignete Weise Vorsorge zu treffen, dass im Falle eines Stillstandes des Wehrkraftwerkes die Pflichtwasserabgabe von insgesamt  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ohne Unterbrechung gewährleistet ist.

Der maximale Einzug im Triebwasserkanal des Kraftwerk Hart / Glatzing ist mit  $42 \text{ m}^3/\text{s}$  festgesetzt.

### **3.6. Wassertemperatur**

Neben dem Abfluss wird am Pegel Fischerau die Wassertemperatur aufgezeichnet. Die aus den Tagesmittelwerten der Reihe 1992 – 2009 ermittelten Monatsmittelwerte liegen in den kältesten Monaten, Jänner und Februar bei  $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , im wärmsten Sommermonat August bei  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ .



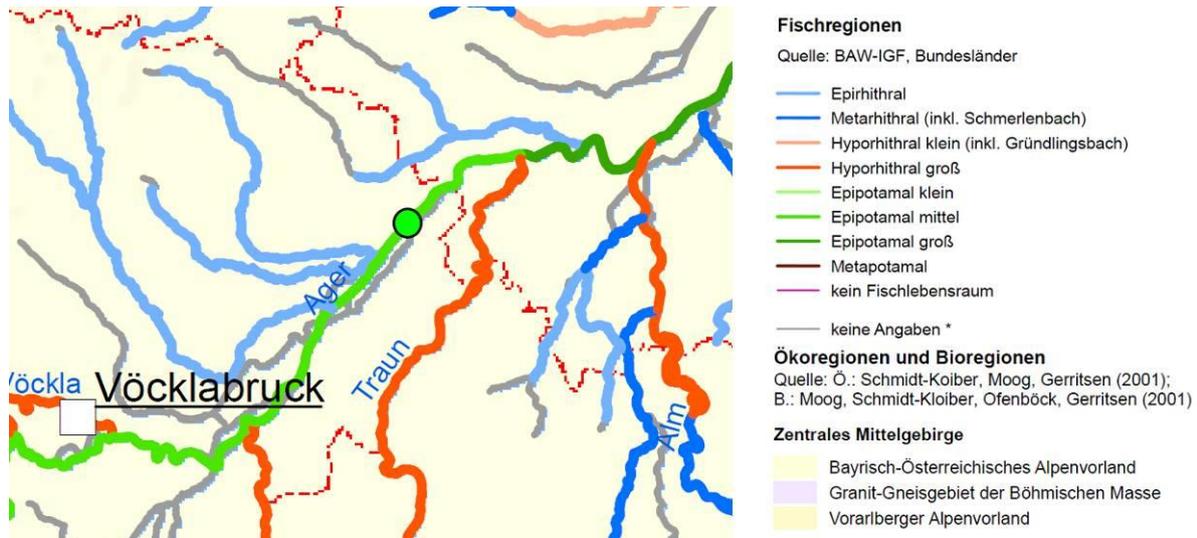
**Abb. 3-36 Mittlere, monatliche Wassertemperaturen am Pegel Fischerau (aus der Zeitreihe des hydrographischen Dienstes 1992 – 2009)**

An extrem heißen Sommertagen sind an manchen Abschnitten der Ager Maximaltemperaturen von über 25 °C zu registrieren. Die Wassertemperatur überschreitet damit die Toleranzgrenze von 19 °C für Salmoniden. Davon besonders betroffen sind Bachforellen und Äschen, wohingegen Cypriniden, wie Aitel und Barbe als eher tolerant gegenüber höheren Wassertemperaturen anzusehen sind (Schmutz et al., 2009).

Durch Schmutz et al. (2009) wird belegt, dass sich die Ager in den letzten Jahren zunehmend erwärmt hat und anhaltend mit einer weiteren Erwärmung zu rechnen ist. Diese Zunahme der Wassertemperatur spielt sich auf zwei Ebenen ab, die nicht voneinander zu trennen sind: Einerseits scheint die Klimaänderung dafür verantwortlich zu sein, andererseits sind es thermische Emissionen aus kommunalen Betrieben und der Industrie. Eine weitere Temperaturzunahme würde die bereits stark veränderten Fischbiozöten zusätzlich belasten.

### **3.7. Fischregion / Bioregion / Leitbild**

Nach dem NGP 2009 verläuft die Ager über ihre gesamte Erstreckung in der Bioregion „Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland“ der Ökoregion „Zentrales Mittelgebirge“ und zählt zur Fischregion „Epirotamal mittel“.



**Abb. 3-37 Gewässertypologie der Ager im Bereich des Untersuchungsgebietes, (●) Wehr KW Hart.**  
 Quelle: O-TYP2-NGP2009 (BMLFUW, 2009a)

Die Basis einer fischökologischen Zustandsbewertung bildet das Leitbild. Darin sind alle als natürlich geltenden Fischarten angeführt.

Gemäß der Charakterisierung als Seeausrinn wurde durch das Institut für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde des Bundesamtes für Wasserwirtschaft (BAW-IGF) ein adaptiertes Leitbild aus den Untersuchungen von Petz-Glechner et al. (2007) entwickelt. Dieses weicht leicht von dem für das Epipotamal mittel angegebenen Standardleitbild (BAW-IGF Leitbildkatalog, Stand Februar 2012) ab. Das adaptierte Leitbild besteht aus 28 Arten (Tab. 1), von denen 4 als Leitarten, 10 als typische Begleitarten und 14 als seltene Begleitarten geführt werden. Als Leitarten gelten Aitel, Barbe, Nase und Koppe. Von ihnen ist ein Vorkommen in hoher Abundanz zu erwarten. Die typischen Begleitarten (Aalrutte, Äsche, Bachforelle, Bachschmerle, Elritze, Gründling, Hasel, Koppe, Laube, Strömer) sollten ebenfalls noch in gehäufte Anzahl im Gewässer vorhanden sein, während von den seltenen Begleitarten (Bitterling, Brachse, Flussbarsch, Hecht, Huchen, Neunauge, Perlfisch, Rotauge, Rotfeder, Rußnase, Schied, Schleie, Seeforelle, Steinbeißer) nur ein vereinzelt Vorkommen oder ein gänzlich Fehlen zu erwarten ist.

Tab. 3-1 Modifiziertes Leitbild Ager, Quelle: BAW Leitbildkatalog, Februar 2012-2

			adaptiertes Leitbild: Seeausrinne, Petz- Glechner, 2005
	Wissenschaftlicher Name	Fischart	
1	<i>Lota lota</i>	Aalrutte	b
2	<i>Squalius cephalus</i>	Aitel	l
3	<i>Thymallus thymallus</i>	Äsche	b
4	<i>Salmo trutta fario</i>	Bachforelle	b
5	<i>Barbatula barbatula</i>	Bachschmerle	b
6	<i>Barbus barbus</i>	Barbe	l
7	<i>Rhodeus amarus</i>	Bitterling	s
8	<i>Abramis brama</i>	Brachse	s
9	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elritze	b
10	<i>Perca fluviatilis</i>	Flussbarsch	s
11	<i>Gobio gobio</i>	Gründling	b
12	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Hasel	b
13	<i>Esox lucius</i>	Hecht	s
14	<i>Hucho hucho</i>	Huchen	s
15	<i>Cottus gobio</i>	Koppe	b
16	<i>Alburnus alburnus</i>	Laube	b
17	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	l
18	<i>Eudontomyzon mariae</i>	Neunauge	s
19	<i>Rutilus meidingeri</i>	Perlfisch	s
20	<i>Rutilus rutilus</i>	Rotauge	s
21	<i>Scardinius erythrophthal</i>	Rotfeder	s
22	<i>Vimba vimba</i>	Rußnase	s
23	<i>Aspius aspius</i>	Schied	s
24	<i>Tinca tinca</i>	Schleie	s
25	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Schneider	l
26	<i>Salmo trutta lacustris</i>	Seeforelle	s
27	<i>Cobitis elongatoides</i>	Steinbeißer	s
28	<i>Telestes souffia</i>	Strömer	b

l	Leitfischart
b	Begleitfischart
s	seltene Begleitfischart

## 4. Methodik

In der Methodik wird zunächst auf die abiotischen bzw. technischen Untersuchungen eingegangen. Im Detail werden dabei sämtliche Messungen bzw. Analysemethoden zum Wasserstand, zu Durchfluss- und Fließgeschwindigkeit, zur Temperaturermittlung und zur Sohlsubstratstärke im Fischpass sowie der Färbeversuch zur Visualisierung der Anbindung an den Migrationskorridor erläutert.

Es folgt eine Darlegung aller fischökologischen Untersuchungen, beginnend mit der Fischbestandserhebung im Ober- und Unterwasser. Darauf folgend wird auf die Details des Reusenmonitorings zur Erhebung des Ein- und Aufstiegs eingegangen. Abschließend wird die Methodik von Woschitz et al. (2003) zur Beurteilung des Fischaufstiegs beschrieben.

### 4.1. Abiotische Untersuchungen

#### 4.1.1. Wasserstand FMH

##### 4.1.1.1. Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ )

Für die Ermittlung der Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) zwischen zwei enature<sup>®</sup> Fishpass-Becken dienten Daten von gemessenen Nivellementpunkten bzw. das daraus errechnete Gefälle der Becken und Abstichmaße. Die Abstichmaße wurden mittels Messlatte von der Gitterrost OK (bzw. Betonoberkante des Beckens) zum Wasserspiegel im jeweiligen Becken gemessen (Abb. 4-1).

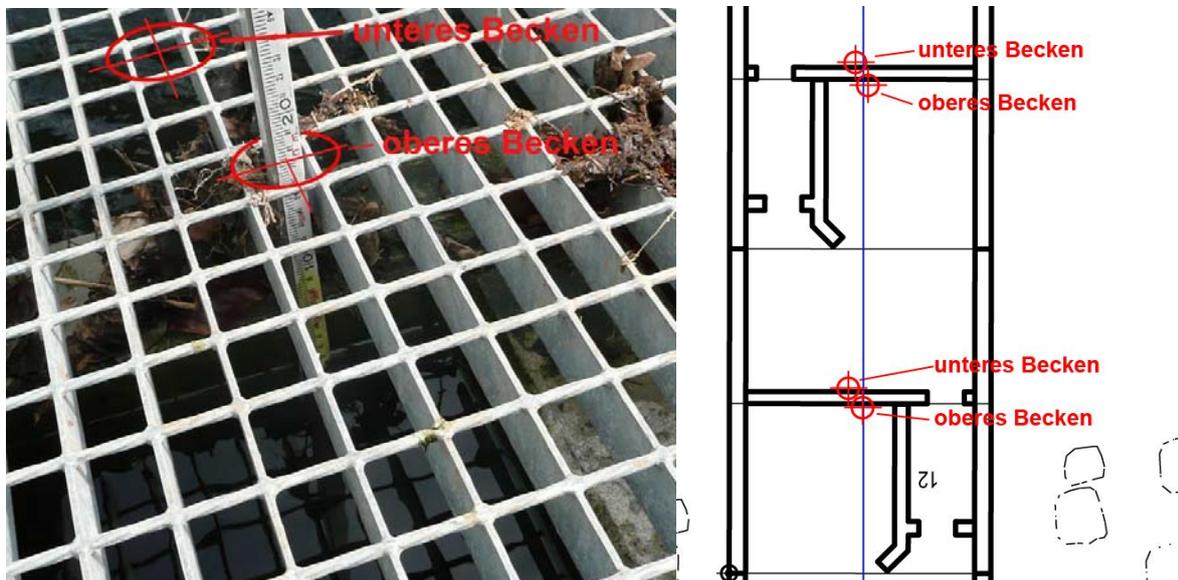


Abb. 4-1: Abstichmaß - OK-Becken zu den Wasserspiegellagen an den Querwänden der enature<sup>®</sup> - Fischpassbeckens.

Zuerst wurden aus dem durchgeführten Nivellement die Absoluthöhen der Abstichpunkte berechnet. Danach wurden mittels der gemessenen Abstichmaße die absoluten Höhen der Wasserspiegellagen ermittelt. Dabei wurde das Gefälle der FMH mitberücksichtigt.

Pro Becken wurden zwei Abstichmaße, jeweils an der oberen und unteren Beckenquerwand, genommen. Auf Grund der schwingenden bzw. pulsierenden Wasserspiegellagen wurde versucht während der Abstichmaß-Nahme einen Mittelwert ( $t = 15 \text{ s}$ ) für das Abstichmaß zu

nehmen. Ausgehend von den schwankenden Wasserspiegellagen kann die Messgenauigkeit gegenüber dem Mittelwert mit einem Toleranzwert von +/- 1 cm angenommen werden. Für die weitere Berechnung wurde ein Wasserspiegel (WSP) – Mittelwert für jedes Becken aus den Absoluthöhen beider Wasserspiegel des jeweiligen Beckens errechnet. Aus dem WSP Mittelwert der Becken wurden darauf folgend die Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) ermittelt. Unter Berücksichtigung des Toleranzwertes der mittleren Wasserspiegellagen der Becken ergibt sich ein Toleranzwert von +/- 2 cm für die Wasserspiegeldifferenzen. Die Wassertiefen im Becken wurden anschließend unter Berücksichtigung der Sohlsubstratstärke (4.1.4) berechnet.

Die Ermittlung der Wasserspiegellagen erfolgte am 19.04.2012 (am Stauziel), am 25.05.2012 (nach teilweiser Sohlsanierung; Stauziel + 6 cm) und am 30.06.2012 (nach teilweiser Sohlsanierung; am Stauziel).

#### 4.1.1.2. Wasserstände bei erhöhter Wasserführung

Für Erstellung von Abb. 5-23 wurden die Datenreihen vom Pegel Fischerau (Gesamtabfluss der Ager) und vom Pegel OW (KWG) des Zeitraums 01.01.2012 bis 04.06.2012 verwendet. Um die Fließzeit vom Pegel OW (KWG) zum Pegel Fischerau zu berücksichtigen, wurden die Daten um 30 min zueinander versetzt. Diese Annahme basiert auf einer überschlägigen Abschätzung bei mittlerer Fließgeschwindigkeit. Die Wasserspiegellage des Reusenbeckens (WSP-Reuse) wurde jeweils aus der Wasserspiegellage des Oberwassers (WSP-OW) mit Hilfe des Regressionsmodells des Frühjahres (Abb. 4-12) errechnet und als Boxplot über den zuvor definierten Abflussklassen (Klassenbreite 5 m<sup>3</sup>/s) dargestellt.

#### 4.1.2. Durchfluss- und Fließgeschwindigkeitsermittlung

Als wichtige Basis zur Interpretation des Aufstiegsverhaltens und der technischen Funktionalität ist die Ermittlung der Abflussverhältnisse im Untersuchungszeitraum erforderlich. Dazu zählen einerseits die Erfassung der mengenmäßigen Abflüsse von Restwasserstrecke und FMH sowie deren zeitliche Variabilität, andererseits die Erhebung der Fließgeschwindigkeiten an wichtigen Stellen der FMH.

##### 4.1.2.1. Salzverdünnungsmethode für Abfluss FMH

Bei Fließgeschwindigkeitsmessungen in der FMH an definierten Profilen mittels elektromagnetischer/induktiver Fließgeschwindigkeitsmessung (P-EMS) und anschließender Durchflussberechnung wurde bei den Abflusswerten eine zu große Ungenauigkeit (11 – 16 % Abweichung zweier hintereinander gemessenen Profilen) festgestellt. Beim Vergleich der ermittelten Abflusswerte aus der Salzverdünnungsmethode zeigte sich diese als die zuverlässigere und genauere Methode. In weiterer Folge wurde für die Abflussbestimmung in der FMH nur noch die Salzverdünnungsmethode verwendet.

Für die Abflussermittlung wurde die Salzverdünnungsmethode nach dem Prinzip der Integrationsmethode durchgeführt. Dabei wird zuerst eine Fließstrecke gewählt in der eine gute Durchmischung der Tracerlösung (hier konzentrierte Natriumchlorid (NaCl) – Wasserlösung) stattfinden kann. Dies wurde durch Zugabe von Lebensmittelfarbe in die FMH und durch Beobachtung der Verfärbung des Wassers festgestellt. Nach 3 enature® Fischpassbecken war eine ausreichende Durchmischung gegeben.

Bei der Integrationsmethode wird eine bestimmte Menge einer konzentrierten Tracerlösung momentan, d.h. zeitlich wie auch räumlich punktförmig zugegeben und der gesamte

Durchgang der Tracerwolke kontinuierlich messtechnisch erfasst (Morgenschweis (2010); Abb. 4-2).

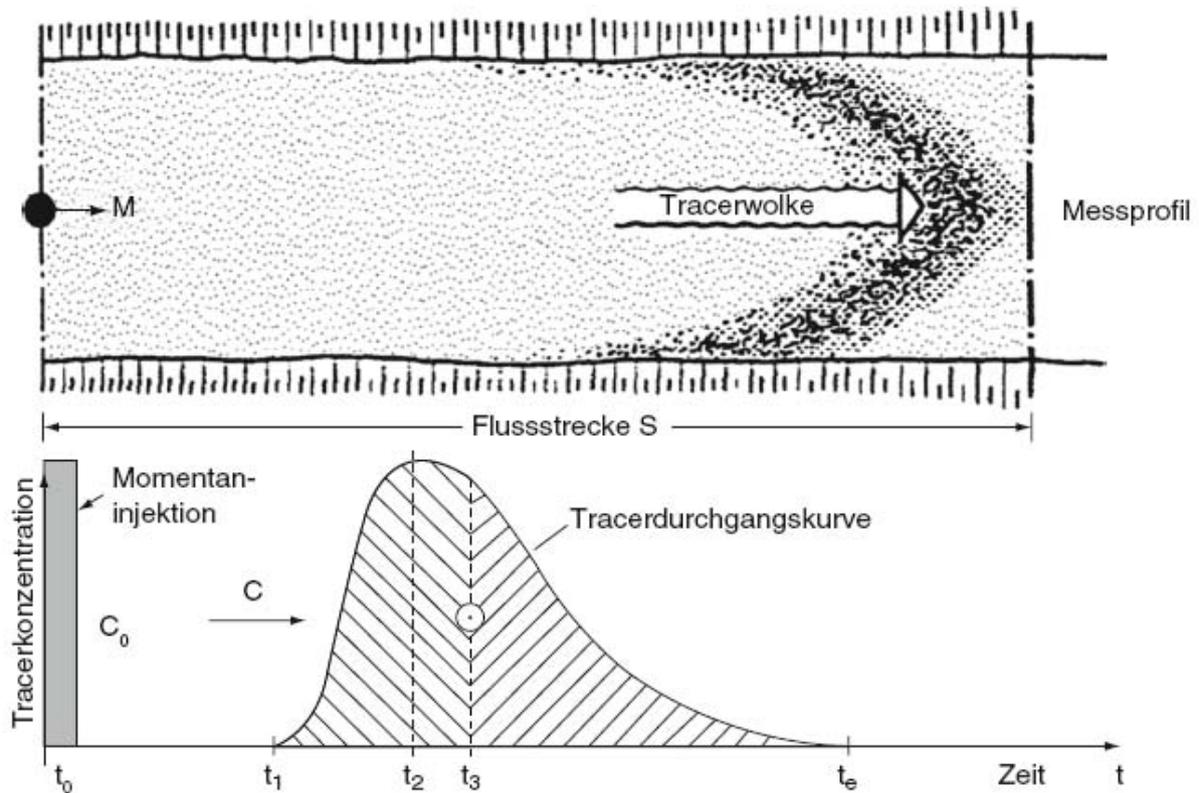


Abb. 4-2: Prinzip der Integrationsmethode. Quelle: Morgenschweis & Nusch (1991).

Als Tracer wurde Natriumchlorid (Kochsalz) verwendet. Pro Messung wurden ca. 500 g NaCl (Anmerkung: für jede Messung ist die Masse der NaCl Menge auf g – Genauigkeit abzuwiegen) in einem Kübel mit ca. 5 l Wasser aus der FMH aufgelöst und für die Momentanzugabe vorbereitet.

In einem weiteren Behälter wurde mittels Leitfähigkeitsmessgerät (WTW Cond 315i/SET mit Messsonde WTW TetraCon 325) die Basisleitfähigkeit des FMH-Wassers gemessen.

Anschließend folgte zur Ermittlung der Eichbeziehung zwischen gemessener Leitfähigkeit und der Salzkonzentration eine mehrmalige, definierte Zugabe von jeweils 3 ml einer medizinischen Kochsalzlösung mit bekannter Konzentration (NaCl 0,9 %) zu 1000 ml FMH – Wasser.

Die Messsonde wurde entsprechend der bestimmten Durchmischungsstrecke 3 Becken stromungsabwärts der Injektionsstelle, im zweiten Slot eines Multistrukturschlitzes positioniert.

Nach Zugabe der Tracerlösung in den Fischpass wurden die Messwerte des Leitfähigkeitsmessgeräts und eine relative Zeitangabe über eine Stoppuhr videodokumentiert.

Mit Erreichen der Basisleitfähigkeit, also nach Durchgang der gesamten Tracerlösung, wurde die Videoaufzeichnung und damit die Messung gestoppt.

Um das Messergebnis zu verifizieren und die relative Genauigkeit zu bestimmen, wurde jeder Durchgang redundant, mit zumindest einer zweiten Messung durchgeführt.

Für die Berechnung des Durchflusses aus den erhobenen Daten der Integrationsmethode wurde wie folgt vorgegangen:

1. Berechnung des Eichfaktors  $E$  ( $\text{mg/l} \cdot \text{cm} / \mu\text{S}$ ) als Steigung der Korrelationsgeraden der Eichbeziehung Leitfähigkeit und Salz- bzw. Eichlösungskonzentration

2. Berechnung des Integrationswerts  $I$  ( $\mu\text{S}\cdot\text{s}/\text{cm}$ ) aus den Datenpaaren der Videodokumentation ( $\Delta t$  und entsprechender Leitfähigkeitsdifferenz  $\Delta L$  (abzüglich des Basisleitfähigkeitswertes  $L_0$ ))

$$I = \sum_{t=t_1}^{t_n} \left( \frac{L_t + L_{t+1}}{2} - L_0 \right) \cdot \Delta t$$

3. Ermittlung des Durchflusses  $Q$  ( $\text{l}/\text{s}$ ) mit der Masse  $M$  ( $\text{g}$ ) des Tracers bzw. der verwendete NaCl Menge; des berechneten Integrationswerts  $I$  ( $\mu\text{S}\cdot\text{s}/\text{cm}$ ) und des Eichfaktors  $E$  ( $\text{mg}/\text{l}\cdot\text{cm}/\mu\text{S}$ )

$$Q = \frac{M \cdot 10^6}{E \cdot I}$$

Dabei wurde an folgenden Tagen bei jeweiligen Pegelständen im OW gemessen:

Datum:	24.10.2011	27.11.2011	18.12.2011	19.12.2011	17.03.2012	17.04.2012	19.04.2012
Pegel OW (m.ü.A.)	361,75	361,82 / 361,74	361,79	361,77	362,00	362,10	361,86

Bei allen Messungen war der WSP-UW über den projektieren Niederwasserspiegel von 359,11 m.ü.A., wonach der UW-Bereich der FMH immer mehr oder weniger eingestaut war. Eine Überströmung der Außenwandung des Einstiegbereichs mit einer Oberkante von 359,38 m.ü.A. hat bei keiner der Messungen stattgefunden.

#### 4.1.2.2. ADCP

Für die Abflussermittlung von größeren Abflussquerschnitten (Profilbreite  $> 2\text{m}$ ) und weniger turbulenten Verhältnissen kam ein „Acoustic Digital Current Profiler“ (ADCP Messgerät) zum Einsatz. Bei diesem Messinstrument handelt es sich um ein akustisches Dopplergerät zur Geschwindigkeits- und Durchflussmessung. Nach dem Prinzip der Geschwindigkeitsflächenmethode ermittelt der ADCP den Durchfluss, wobei die dazu benötigte mittlere Querschnittsgeschwindigkeit  $v_m$  integrativ gemessen wird (Morgenschweis (2010), Abb. 4-3).

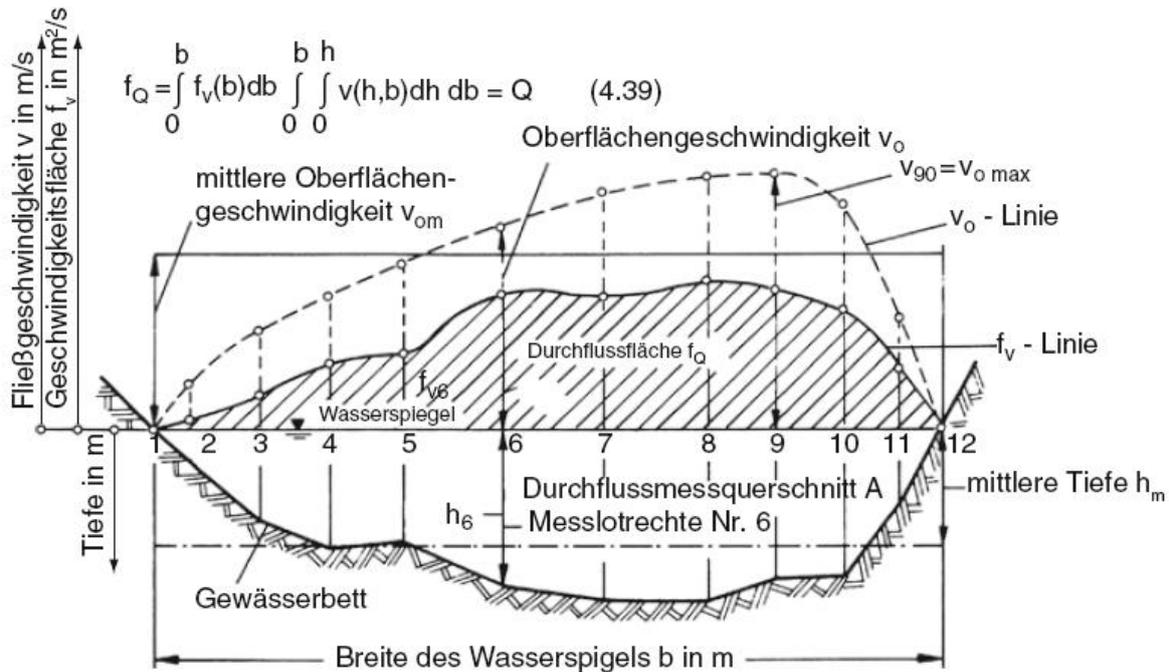


Abb. 4-3: Ermittlung des Gesamtdurchflusses über die Geschwindigkeitsflächenmethode. Quelle: Morgenschweis (2010).

Das Messprinzip basiert auf dem Dopplereffekt. Die vom Messgerät ausgesandten Ultraschallimpulse werden von Partikeln im Wasser (z.B. Schwebstoffe) reflektiert und von dem Wandler (Sensor) als Echos empfangen. Die dabei entstandene Frequenzverschiebung (Dopplerverschiebung) ist ein Maß für die Transportgeschwindigkeit der Partikel, die mit der „tragenden“ Strömung vereinfacht gleichgesetzt wird. Beim ADCP wird nur die Komponente des Ultraschalls (Ultraschallgeschwindigkeit im Wasser ist bekannt) messtechnisch erfasst und über die Signallaufzeit auf die Entfernung bzw. Position des Partikels rückgeschlossen (Morgenschweis, 2010).

Alle ADCP – Messungen in dieser Arbeit wurden nach dem „moving boat“ – Verfahren durchgeführt. Dabei befindet sich der Sensor an einem Schwimmkörper, der in diesem Fall ohne Antrieb mit einer Schnur über den Gewässerquerschnitt gezogen wurde.

Die Messdaten werden per Funk an einen Palmrechner am Ufer zur Weiterverarbeitung gesendet.

Das hier verwendete Messgerät stammt von der Firma Teledyne RD Instruments und ist unter dem Namen „Stream Pro“ erhältlich. Für die Auswertungssoftware wurde das Programm „WinRiverII“ (Fa. Teledyne RD Instruments) benutzt.

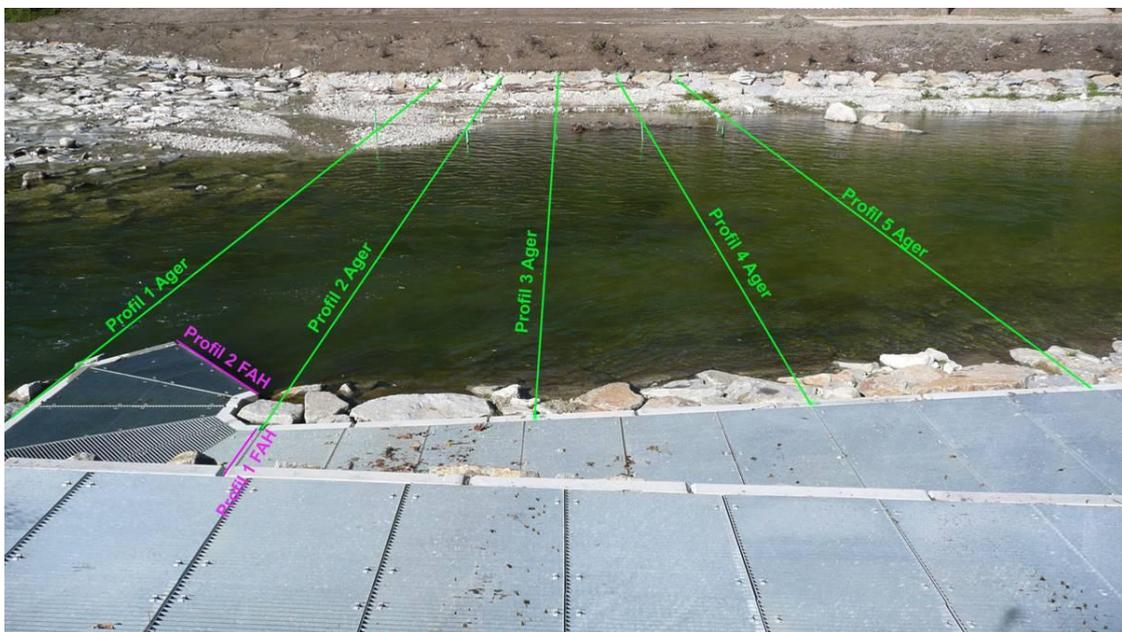
Für weitere Darstellungszwecke wurden die Daten aus WinRiverII (Teledyne RD Instruments) exportiert, mittels Excel 2002 (Microsoft®) transponiert und für eine Weiterbearbeitung in Surfer 8 (Golden Software) neu gegliedert. Anschließend wurden diese Daten mit dem Konturierungs- und Oberflächenmodellierungsprogramm Surfer 8 graphisch dargestellt. Dabei wurden die Daten auf einer Rasterung von ca. 15 cm mittels geostatistischem Verfahren (Kriging) interpoliert und anschließend als Contour-Map ins Programm AutoCAD (Autodesk) exportiert. In AutoCAD wurden die Geschwindigkeitsprofile an ihren entsprechenden Positionen im Lageplan eingetragen und zusätzlich die Sohlprofile (aus WinRiver II) importiert.

Morgenschweis (2010) weist bei Messungen mittels ADCP auf die Messgrenzen im Querschnitt (Profilquerschnitt) hin. Strömungsprofilmessungen sind aus gerätetechnischer

Sicht nur im Kernbereich des Querschnitts (Messbereich) möglich. Bereiche ober- und unterhalb dieses Kernbereichs speziell bei Uferbereichen und Bereichen nahe der Wasseroberfläche (sogenannte „blanking“ – Bereiche) können nicht oder fehlerhaft gemessen werden. Somit wächst der Kernbereich wie auch die Genauigkeit bei zunehmender Wassertiefe. Bei der Auswertung mittels der Software „WinRiver“ werden jedoch jene Bereiche, die verfälscht bzw. beeinflusst sein könnten, verworfen. Anschließend extrapoliert die Software und schließt die Datenlücken an der Wasseroberfläche und der Sohle. Diese Extrapolationsverfahren können selbstverständlich auch zu fehlerhaften Ergebnissen führen.

Im Zuge dieser Arbeit kam das ADCP – Messgerät bei folgenden näher erläuterten Messungen zum Einsatz:

- *Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im Unterwasser (Leitströmung):*  
Um die Geschwindigkeitsverteilung der Strömung des Turbinenauslasses und jener die aus der FMH austritt darstellen zu können, wurden 5 Profile im Unterwasserbereich festgelegt (Abb. 4-4). Der Abstand der Profile zu einander beträgt dabei 3,0 m.



**Abb. 4-4: Messprofile der Messungen mit dem ADCP im Unterwasserbereich. 2012.**

Da es sich am rechten Ufer um Bereiche mit erhöhter Fließgeschwindigkeit ( $> 1$  m/s) und Wassertiefen bis 1,8 m handelte, wurde das ADCP – Messgerät an einem Führungsspannseil befestigt und mittels 2 Schnüren von einem zum anderen Ufer bewegt (Abb. 4-5).

Aufgrund des seichten, rechten Uferbereichs kam es bei den Messungen vermehrt zu größeren Abweichungen bzw. ungültigen Ergebnisse (zu viele schlechte Pings). Für die Auswertung wurden deshalb nur jene Ergebnisse mit einer Abweichung von  $<4\%$  zum Mittelwert und jene mit der vollständigsten Messzellenerfassung verwendet.

Die Messungen im Unterwasserbereich wurden für verschiedene Abflussverhältnisse durchgeführt und fanden am 17.10.2011 (4 cm über Stauziel), am 24.10.2011 (6 cm unter Stauziel) und am 17.03.2012 (13 cm über Stauziel) statt.

Bei den Messungen wurden die Reusen aus der FAH herausgezogen um deren möglichen Einfluss auf die Messergebnisse auszuschalten.



**Abb. 4-5: ADCP – Führungsvorrichtung für Messungen im Unterwasserbereich. Links Spannvorrichtung für die Führungsschnur, rechts ADCP im Einsatz.**

Die horizontale Auflösung betrug bei diesen Messungen ca. 0,15 – 0,20 m und über die Tiefe ca. 0,07 – 0,10 m.

- *Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im unmittelbaren Einstiegsbereich*  
Für diese Messung wurde der ADCP-Sensor vorne am Boot montiert, um den unmittelbaren Einstiegsbereich bezüglich Fließgeschwindigkeitsverteilung zu erfassen („Profil 2 FAH“ in Abb. 4-4, Abb. 4-6).

An folgenden Tagen wurden diese Messungen durchgeführt:

- 30.04.2012 (am Stauziel, Schütz 46 cm geöffnet),
- 25.05.2012 (3 – 8 cm über Stauziel, Schützöffnung 46 cm) und am
- 11.06.2012 (18 cm über Stauziel, Schützöffnung ca. 20 cm)



Abb. 4-6 ADCP- Profilmessung am unmittelbaren Einstiegsbereich, 11.06.2012



Abb. 4-7: Profil Werkskanal für die Durchflussmessung.

Die horizontale Auflösung betrug bei den Messungen ca. 0,04 m und über die Tiefe 0,05 m. Aufgrund der geringen Wassertiefen in diesen Querschnitten war der Einfluss durch „blanking“ relativ hoch.

- *Abflussverhältnisse am Stauziel bei Turbineneinlass / in Restwasserstrecke / im Kanal*  
Eine komplette Durchflussmessung aller relevanten Zu/Abflüsse am Standort Hart wurde mit dem ADCP am 19.04.2012 durchgeführt. Während der Messungen wurde seitens KWG versucht die Schleuse bzw. den Turbineneinzug am Standort Glatzing (nächstes Kraftwerk flussab am Werkskanal) so zu regeln, dass der Wasserspiegel des Wehr Hart auf Stauziel lag. Für die Messung am *Turbineneinlass* bzw. am Einlauf der Wasserkraftschnecke wurde das Gitter vorm Einlaufschütz entfernt und mit dem ADCP gemessen.

Bei der Durchflussmessung der Restwasserstrecke wurde ein Profil nahe der 180°Kehre gewählt, wo es weder Rückströmungen noch zu seichte Stellen gab, um Störeinflüsse (schlechte Pings) zu minimieren.

Um den Durchfluss am Werkskanal zu ermitteln, wurde das zu messende Profil nach der ersten Brücke flussab des Werkskanals festgelegt (Abb. 4-7). Grund hierfür war eine gute Zugänglichkeit und Messdurchführung über die Brücke. In der Nähe des Pfeilers kam es zwar zu erhöhten Fließgeschwindigkeiten, doch diese störten den Messablauf und die Qualität der Ergebnisse nicht sonderlich.

#### 4.1.2.3. Fließgeschwindigkeitsmessung mit P-EMS (elektromagnetisch) an Slots

Da ein Großteil der kinetischen Abflussenergie an den Slots umgewandelt wird, stellen sie einen sehr wesentlichen Teil eines Fischpasses dar. Einerseits wird dadurch der Durchfluss verringert, andererseits kommt es zu einer Reduktion der Fließgeschwindigkeiten im System, wodurch die Funktion der Anlage erst gewährleistet wird. Als Engstelle ist es aber auch gleichzeitig der Bereich in dem üblicherweise die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten auftreten und somit der Aufstieg von Fischen erschwert oder unterbunden werden kann.

Da die Fließgeschwindigkeiten in den Slots maßgeblich von den unterschiedlichen Wassertiefen der Pools beeinflusst werden, wurde am 30.06.2012 wie unter 5.1.1 dargestellt, zunächst die Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) der Beckenübergänge erfasst.

Für die Messung wurden drei Multistrukturschlitze mit unterschiedlichen  $\Delta h$  gewählt: Slot 5 mit  $\Delta h = 8$  cm, Slot 6 mit  $\Delta h = 19$  cm und Slot 7 mit  $\Delta h = 15$  cm.

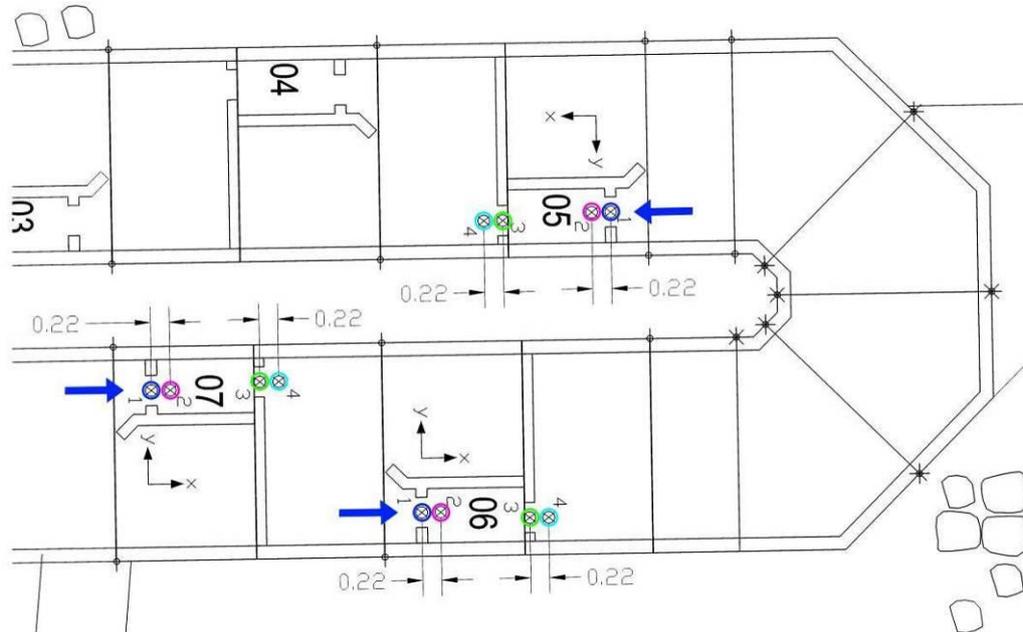
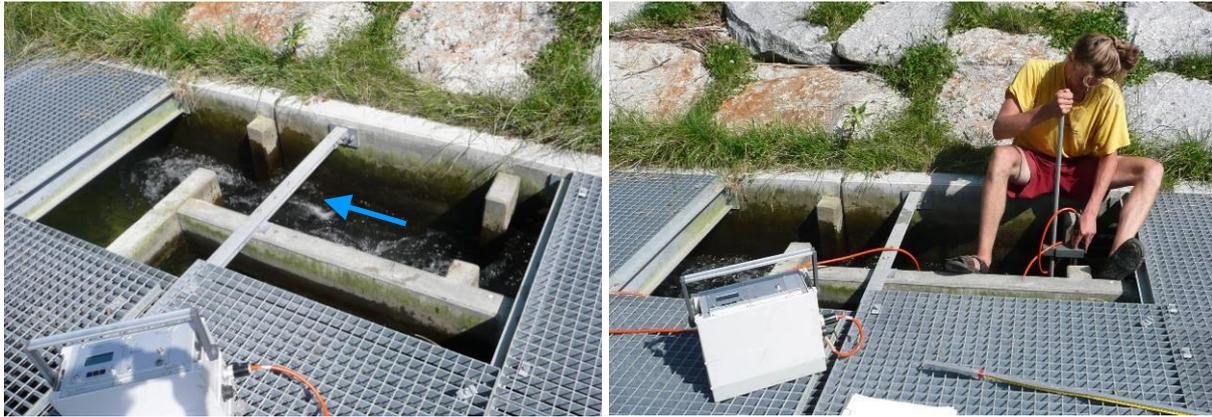


Abb. 4-8 Messlotrechten der untersuchten Slots 5, 6 und 7 – Fließgeschwindigkeitsmessung am 30.06.2012

In jedem der Slots erfolgte die Erfassung der Geschwindigkeiten an vier Messlotrechten in mehreren horizontalen Ebenen. Dazu wurde jeweils ein Profil an der schmalsten Stelle zwischen den Strukturelementen und im Bereich der maximalen Einschnürung der Strömung (vena contracta), 22 cm darunter gemessen. Bei dem für die Messung verwendeten Gerät handelt es sich um ein sogenanntes „programmable electromagnetic liquid velocity meter“ (P-EMS), mit dessen Hilfe Fließgeschwindigkeiten in der horizontalen Ebene (xy) erfasst werden können. Zur Erhöhung der Genauigkeit wurde der Messwert über eine Zeitspanne von 30 Sekunden gemittelt. Die Messsonde wurde bei der Durchführung so ausgerichtet, dass die positive x-Achse in Hauptströmungsrichtung verlief. Die erste Messung erfolgte jeweils 5cm über der Sohle. Zusätzlich wurden bei jeder Messlotrechte - jedenfalls bei 40% und 80% der Gesamtwassertiefe - die Fließgeschwindigkeiten erfasst. An manchen Messpunkten erfolgte zur Kontrolle eine zusätzliche Messung. Als Ergebnis wurden die Komponenten der xy-Ebene vektoriell addiert und zu einer horizontalen Gesamtgeschwindigkeit vereint.



**Abb. 4-9 Slot 6 - Fließgeschwindigkeitsmessung am 30.06.2012, links: Fließverhältnisse, rechts: Messdurchführung an Messlotrechte 1**

Zudem wurde unter den Ergebnissen die maximale Fließgeschwindigkeit  $v_{\max}$  im Schlitz angegeben. Diese ist nach DVWK (1996) als Funktion der Wasserspiegeldifferenz zwischen zwei Becken zu ermitteln:  $v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$

Tauber (2011) merkt an, dass dieser vereinfachte Ansatz für die Berechnung am Multi Structure Slot keine Gültigkeit hat, da aufgrund des komplexen hydraulischen Systems das Gefälle schrittweise abgebaut wird. Diese theoretisch maximale Fließgeschwindigkeit wird deshalb nur als Referenz angeführt.

#### 4.1.2.4. Indirekt über Pegelwerte

Da weder der Abfluss der Restwasserstrecke noch der der FMH kontinuierlich gemessen wurden, war es nötig, dies aus unterschiedlichen Datenreihen zu errechnen.

- *Restwasserabfluss:*

Datengrundlage für die Berechnung der Restwassermenge bilden Pegelwerte der Messstelle Fischerau (gesamter Ager-Abfluss nach Zusammenfluss Restwasserstrecke und Werkskanal). Dabei handelte es sich um 15 min-Abflusswerte (ungeprüfte Rohdaten) des Zeitraums 09.10.2011 – 08.07.2012.

Außerdem wurden vom Leitsystem des Kraftwerksbetreibers KWG Turbinenleistungen, Durchflussmengen einer Turbine (WG2) und Fallhöhen am Ausleitungskraftwerk (Hart / Glatzing) über den gesamten Untersuchungszeitraum aufgezeichnet.

Aus diesen Daten wurde - unter Annahme eines Gesamtwirkungsgrades von 80 % der Turbine (WG3) - viertelstündliche Abflusswerte des Triebwasserkanals errechnet.

Bei der Berechnung der Restwassermenge wurde die Datenreihe (Abfluss-Kanal) von den Abflusswerten der Messstelle Fischerau subtrahiert. Zur Berücksichtigung der Fließzeiten wurden die Datenreihen um 15 Minuten versetzt.

Für eine bessere Darstellbarkeit wurden bei den unter Abb. 5-14 und Abb. 5-68 abgebildeten Ganglinien des Restwasserabflusses zusätzlich Schwankungen, bei Abflüssen unter  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  durch Mittelung über 1,5 Stunden, geglättet.

Um das Abflussverhältnis mit den Fanzahlen in Abb. 5-69 und Abb. 5-70 besser vergleichbar zu machen, wurde der Restwasserabfluss zunächst im Zeitraum 12:00 Uhr des Vortages und

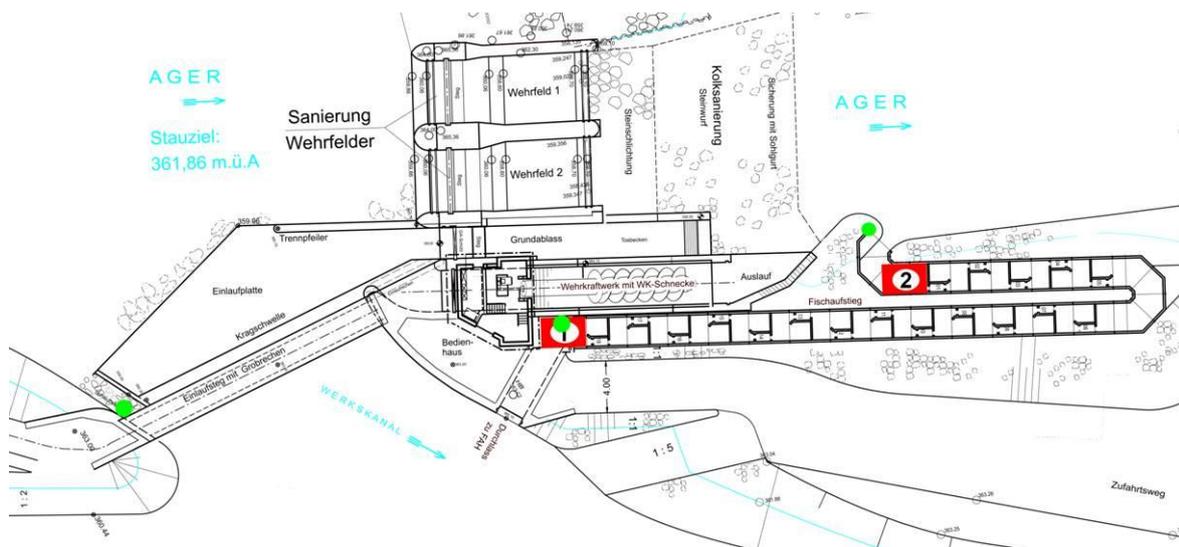
12:00 Uhr des Fangtages gemittelt. Zur Errechnung des konkurrierenden Abflusses wurde der im gleichen Zeitfenster gemittelten FMH – Abfluss vom Restwasserabfluss subtrahiert.

Da die Drucksonde des UW vor allem bei höheren Wasserständen überwiegend zu kleine Werte lieferte, sind alle Ganglinien (WSP-UW) mit einem systematischen Fehler behaftet. Wasserstände über 359,4 m.ü.A. sind daher als Richtwerte zu verstehen. Für eine bessere Darstellbarkeit wurden die Werte ebenfalls geglättet.

- **Abfluss FMH:**

Am Wehr wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum mittels Drucksonden kontinuierlich Pegelstände (0,12 h- und 0,25 h-Werte), sowohl vom OW (Stauraum und Kanal) wie auch vom UW (nahe des Turbinenauslaufes) durch das Leitsystem des Anlagenbetreibers KWG aufgezeichnet.

Neben den Fangzahlen wurden die Pegelstände OW (nahe des Grobrechens) und UW (Einstieg der FMH) täglich zur Kontrolle händisch mitdokumentiert. Zusätzlich wurde jeweils bei der Entleerung der Reusen ein Abstichmaß am oberen Reusenbecken der FMH aufgenommen (Abb. 4-10).

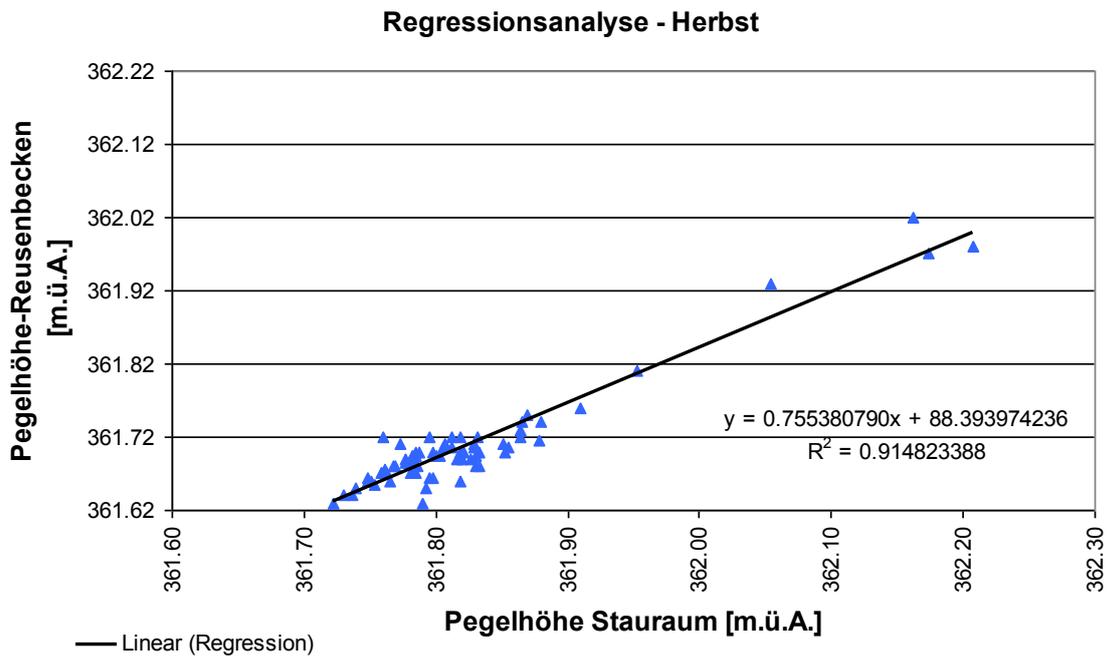


**Abb. 4-10: Lage der Abstichpunkte (●) vor dem Grobrechen im Staubereich, im obersten FMH-Becken und im Unterwasser- bzw. Einstiegsbereich der FMH, die täglich mitdokumentiert wurden.**

Für eine kontinuierliche Ermittlung des Abflusses der FMH war es zunächst nötig, aus den ermittelten Durchflüssen, wie unter 4.1.2.1 beschrieben, einen Pegelschlüssel zu erstellen. Dazu wurden die ermittelten Abflüsse über den zugehörigen WSP-Lagen des oberen Reusenbeckens aufgetragen. Die Wassertiefen unmittelbar oberhalb von Slot 18 wurden, da die Sohlsubstratstärke im Zeitraum der Aufnahmen annähernd konstant 15 cm betrug, aus dem gemessenen Wasserspiegel des oberen Reusenbeckens (WSP-Reuse) errechnet. Es wird angenommen, dass die Höhe der Fertigteilssohle (360,45 m.ü.A.) jene Grenze bildet unter der kein Abfluss mehr stattfindet. Dies deckt sich mit den Untersuchungen nach Tauber (2011) in denen ein Abfluss (Interflow) in der Sohlsubstratschicht nachgewiesen wurde.

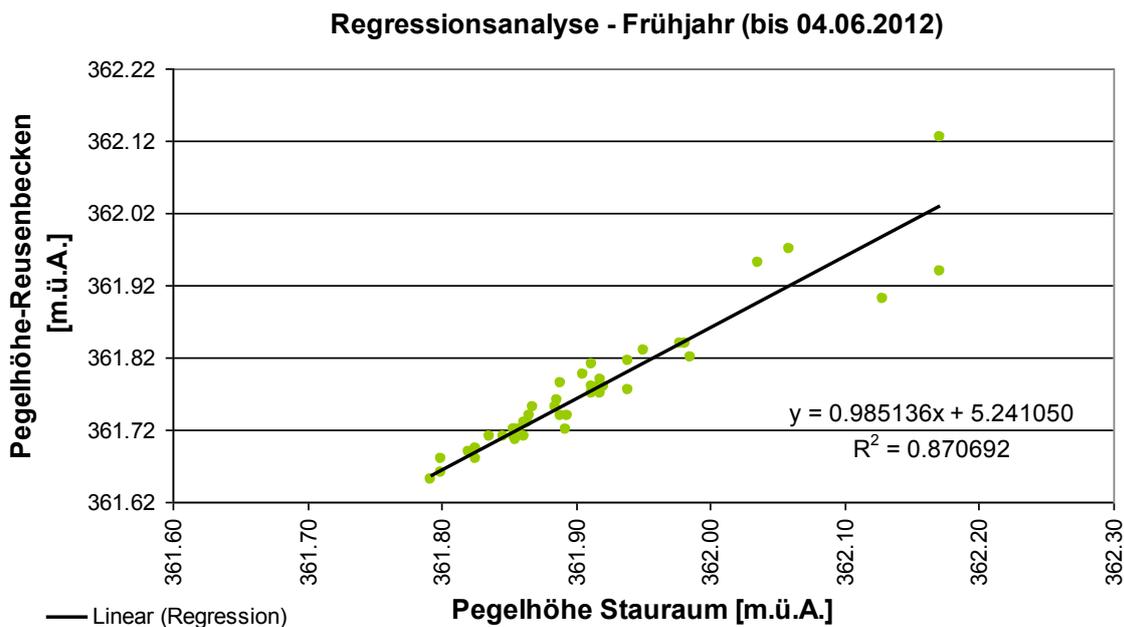
Zur mathematischen Handhabbarkeit wurde an die Datenwerte ein Polynom (2. Ordnung) angepasst.

Im nächsten Schritt wurden die Wasserspiegellagen des oberen Reusenbeckens errechnet. Datengrundlage der Berechnung bildeten zum einen die Datenreihe der kontinuierlichen Aufzeichnungen der Drucksonden des Oberwassers (WSP-OW) sowie die gemessenen Wasserspiegellagen des oberen Reusenbeckens. Aus Gründen der Einfachheit wurde der Zusammenhang der Wasserstände mittels linearer Regressionsrechnung analysiert. Da der Wasserstand im Reusenbecken neben dem WSP-OW durch zahlreiche weitere Einflüsse wie z.B. der Betriebsweise, der Schützstellung, dem Verschmutzungsgrad der Reuse 1 und gerinnehydraulischer Parameter beeinflusst wird, war es durch das bivariate Modell nicht möglich, für den gesamten Untersuchungszeitraum einen einheitlichen Zusammenhang abzuleiten. Demnach wurden mehrere Zeitintervalle festgelegt, für die die jeweilige Berechnungsmethode Geltung hat.



**Abb. 4-11 Regressionsanalyse WSP-OW und WSP-Reuse im Untersuchungszeitraum Herbst**

Das lineare Regressionsmodell für den Herbst ( $R^2 = 0,91$ ) gilt für eine Schützöffnung von 45cm.



**Abb. 4-12 Regressionsanalyse WSP-OW und WSP-Reuse im Untersuchungszeitraum Frühjahr (14.03.2012 - 04.06.2012)**

Die für das Frühjahr abgeleitete Regression ( $R^2 = 0,87$ ) gilt bis zum 04.06.2012, da danach bis zum 25.06.2012 aufgrund weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen die Öffnungshöhe des Schützes von zuvor 45 cm auf ca. 20 cm verkleinert wurde.

Mit Hilfe der dargestellten Modelle wurde aus den Datenreihen WSP-OW der jeweiligen Zeiträume kontinuierliche Wasserspiegellagen des oberen Reusenbeckens abgeleitet. Nach dem 04.06.2012 erfolgte die Ermittlung direkt aus den gemessenen Wasserspiegeldifferenzen von WSP-OW und WSP-Reuse. Dazu wurden die Höhendifferenzen zwischen den Messzeitpunkten linear interpoliert und von der Datenreihe WSP-OW subtrahiert.

Da durch eine Verlegung der Reuse die Wasserstände im Becken und damit verbunden die Abflüsse teilweise stark beeinflusst wurden, mussten die Wasserspiegellagen teilweise noch korrigiert werden. Neben dokumentierten Abstichmaßen wurden dazu Fotos mit ersichtlichen Wasserständen herangezogen.

Mittels Pegelschlüssel wurden letztlich aus den ermittelten Datenreihen WSP-Reuse kontinuierliche Abflussreihen der FMH ermittelt. Um den Einfluss der Drosselung des Abflusses durch die Reuse 1 zu berücksichtigen, wurde für die Zeiträume der Regressionsrechnung ein WSP-Abfall von durchschnittlich 4cm angenommen.

Aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage, mit der der Pegelschlüssel erstellt wurde, sind Abflüsse über einem WSP-Reuse von 361,9 m.ü.A. als Richtwerte zu verstehen.

Bei den unter (5.1.2.2) dargestellten Ganglinien wurden die Datenwerte durch Mittelung auf 3h-Werte umgerechnet. Für Abb. 5-68, Abb. 5-69 und Abb. 5-70 erfolgte eine Mittelung über 24 Stunden. Für eine bessere Veranschaulichung und Vergleichbarkeit mit den Fangzahlen entsprechen die Abflusswerte dem Mittelwert zwischen 12:00 Uhr des Vortages und 12:00 Uhr des Fangtages.

### 4.1.3. Temperaturemittlung

#### 4.1.3.1. Wassertemperatur

Aufgrund des engen Zusammenhangs der Wanderaktivität der Fische mit der Wassertemperatur, ist für den Zeitraum der Untersuchungen die Erfassung der Wassertemperatur in der FMH gefordert (Woschitz et al., 2003).

Zu diesem Zweck wurden verteilt über den Fischpass drei Temperatursonden mit Datenlogger des Typs „onset® HOBO® U22 Pro v2“ mit nachstehenden technischen Daten installiert.

Messbereich: -20 bis 50 °C in Wasser  
Genauigkeit:  $\pm 0,21$  °C von 0 bis 50 °C  
Auflösung: 0,02 °C bei 25 °C  
Reaktionszeit: 5 Minuten in Wasser  
Wasserfest: bis 120 m Tiefe



**Abb. 4-13 Temperaturlogger onset® HOBO® U22 Pro v2, Quelle: onsetcomp.com**

Die automatische Aufzeichnung der Temperatur im Fischpass erfolgte mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde.

Bei der Auswertung der Daten wurden zunächst die stündlichen Temperaturwerte aller drei Logger gemittelt, um im nächsten Schritt Tagesmittelwerte zu errechnen.

#### 4.1.3.2. Außenlufttemperatur

Als zusätzlicher abiotischer Begleitparameter wurde die Außentemperatur der Luft in die Ergebnisse mit aufgenommen.

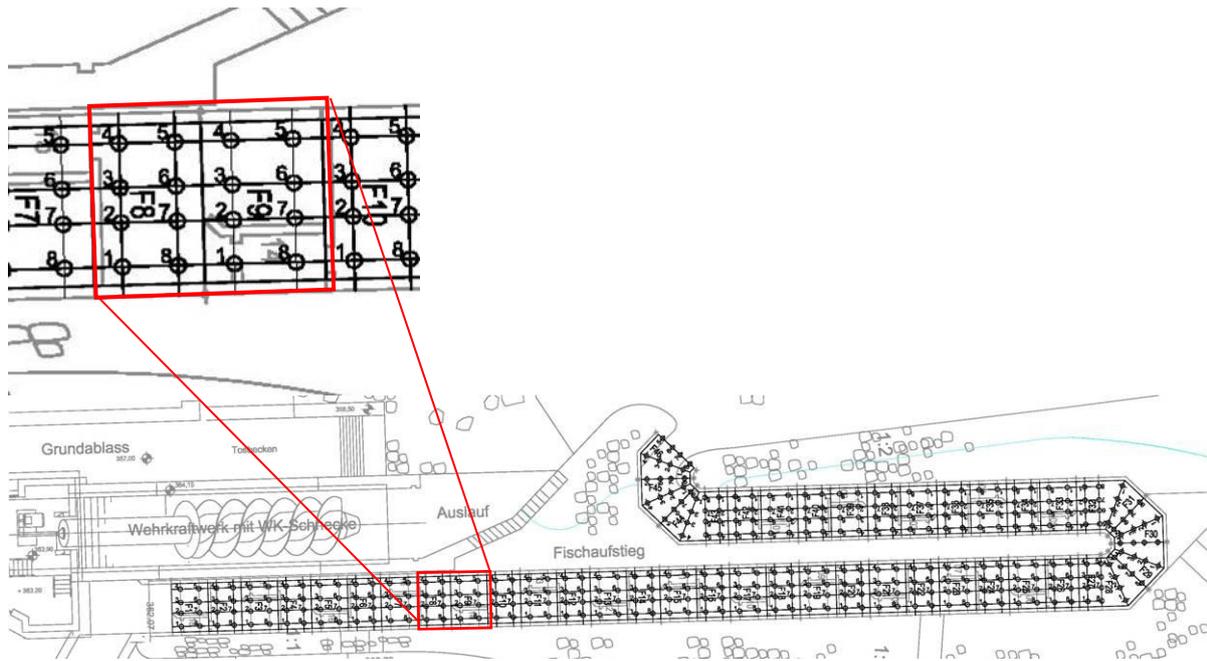
Der Temperatursensor ist im Außenbereich des Krafthauses der Restwasserturbine am Wehr Hart angebracht. Vom Leitsystem des Anlagenbetreibers KWG wurden Datenreihen mit einer zeitlichen Auflösung von 10 min bzw. 15 min über den gesamten Zeitraum der Untersuchungen aufgezeichnet.

Zur Darstellung in den Ergebnissen wurden die Werte auf Tagesmittelwerte umgerechnet.

### 4.1.4. Raue Sohle / Sohlhöhenaufnahme

Für die Bestimmung der Sohlhöhen in der FMH wurde ein Raster für die Abstichmaße erstellt (Abb. 4-14). Bei jedem Fertigteilelement (Anmerkung: ein Standardbecken besteht aus 2 unterschiedlich großen Fertigteilelementen) wurde an acht gleichmäßig verteilten Punkten gemessen.

Pro Rasterpunkt wurde ein lotrechtes Abstichmaß mit einer Messlatte von der Gitter – Oberkante bis auf das Sohlsubstrat genommen. Die Messung wurde auf  $\pm 1$  cm – Genauigkeit durchgeführt.



**Abb. 4-14: enature® Fishpass mit Rasterpunktverteilung für die Sohlhöhenmessung. Rotumrandet ein Becken mit 2 Fertigteilelementen sowie Rasterpunktnumerierungsschema.**

Die somit erhaltenen 386 Abstichmaße wurden anschließend ins Tabellenkalkulationsprogramm „Excel“ eingetragen. Neben dem Mittelwert wurde auch die Abweichung vom Sollwert (= 15 cm Substratstärke) für jedes Feld bzw. Fertigteilelement errechnet.

Um einen besseren Eindruck der Sohlsubstratstärken in der FMH zu bekommen, wurde mit dem Konturierungs- und Oberflächenmodellierungsprogramm „Surfer 8“ (Fa. Goldensoftware) eine sogenannte „Image Map“ erstellt. Dabei wurde zuerst eine „boundary line“ hinzugefügt. Diese Grenzlinie entspricht der FMH Innenseite, im Grundriss also den Linien der Wandinnenseite, die mit Wasser in Berührung steht und die Umgrenzungen der Rollierung bildet. Durch Interpolation aller Sohlhöhenwerte (auf einem Raster von ca. 25x25cm) mittels „Kriging“ Verfahren konnten eine flächendeckende „Image Map“ erstellt werden.

Die Sohlhöhenaufnahmen bzw. die Abstichmaße wurden am 14.10.2011, am 12.04.2012 und am 4.07.2012 durchgeführt.

In weiterer Folge wurden für jede Sohlaufnahme die Kubaturen der Sedimenteinträge in der 180° Kehre und im Einstiegsbereich ermittelt.

Im Zuge der Arbeiten am enature® Fishpass kam es zu mehrmaligen Baggerungen bzw. FMH-Sohlanierungen. Dabei sollten die Sohlsubstratstärken dem geforderten Wert von 15 cm angepasst werden.

Die erste Baggerung bzw. Sohlanpassung fand vom 21.05.2012 bis 23.05.2012 statt. Im Zuge dessen wurde gröberes Material (Korndurchmesser 8 – 13 cm) eingebracht um künftigen Ausspülen entgegen zu wirken bzw. an Stellen mit erhöhtem Eintrag wurde bis zur gewünschten Sohlsubstratstärke ausgebagert (Abb. 4-15).



**Abb. 4-15: Sohlsanierung der FMH am 22.05.2012.**

Die zweite Sohlsanierung fand nach Ende des Monitorings am 04.07.2012 statt.

#### 4.1.5. Färbeversuch (Visualisierung der Anbindung an den Migrationskorridor)

Zur Visualisierung der Strömung aus dem Fischpass sowie der Vermischung (Geschwindigkeits- / Turbulenzverhältnisse) mit dem konkurrierenden Abfluss des Restwassers wurde am 04.07.2012 (ca. 13:00 – 14:00 Uhr) ein Färbeversuch durchgeführt. Als Farbstoff kam Fluorescein – Uranin AP zum Einsatz. Nach Angabe des Herstellers wurden in einem Kübel mit ca. 4 l Wasser 10 g Uranin AP aufgelöst (Abb. 4-16).



**Abb. 4-16: Uranin AP Färbemittel wird mit Wasser in einem Kübel angemischt.**

Um den Versuch dokumentieren zu können, wurden zwei Videokameras installiert. Eine wurde auf der Zufahrtsstraße und eine weitere auf dem rechtsufrigen Betonsockel nach der Wasserkraftschnecken – Holzeinhausung positioniert.

Die Uranin Wasserlösung wurde in den letzten Slot des untersten Multistrukturschlitzes zugegeben.

Der Versuch wurde bei einer Wasserspiegellage (Stauraum) von 361,83 m.ü.A. (3 cm unter Stauziel) durchgeführt.

Mit Hilfe des ebenfalls dokumentierten Abstichmaßes am oberen Reusenbecken bzw. Pegelschlüssel wurde der Abfluss für die FMH errechnet. Der konkurrierende Abfluss wurde aus der Fallhöhe und Wirkleistung der Restwasserschnecke ermittelt.

Dabei ergaben sich ein Abfluss FMH mit ca. 0,35 m<sup>3</sup>/s und ein konkurrierender Abfluss Restwasser mit ca. 3,1 m<sup>3</sup>/s.

Nach einer Abdriftstrecke der Farbstoffwolke von ca. 300 m bzw. nach ca. 2,5 min nach Zugabe des Farbstoffs wurde die Versuchsdokumentation gestoppt.

#### 4.1.6. Methodische Probleme bei den abiotischen Untersuchungen

Zusammengefasst werden jene Probleme angeführt, die eine erschwerte Durchführung der abiotischen Untersuchungen bedingten, jedoch zu keiner maßgebliche Beeinflussung der Ergebnisse beitrugen:

- Einlaufschütz FMH teilweise durch Schotter blockiert, ein Schließen war dadurch nur erschwert möglich
- Wasserstandsschwankungen im OW
- Wasserspiegelschwankungen in den Becken (schwingend)
- ADCP erschwerte Messbedingungen bei größerer Wasserführung und hohen Fließgeschwindigkeiten im UW-Bereich.
- Unterschätzung der Abflüsse bei der ADCP-Messung im unmittelbaren Einstiegsbereich, da hier der nicht erfassbare Bereich, also der Einfluss des sogenannten „Blankings“ wegen der geringen Wassertiefen recht hoch war. Die tatsächlich anzunehmenden Abflüsse wurden letztlich aus dem Pegelschlüssel errechnet.

## 4.2. Fischökologische Untersuchungen

### 4.2.1. Fischbestandsaufnahme

Die Fischbestandserhebungen im Untersuchungsgebiet erfolgten nach CEN 14011 (2003) und Haunschmid et al. (2010) am 31.10.2011 (Ausleitungsstrecke KW Hart, UW) bzw. 17.11.2011 (Stauraum KW Hart, OW). Die Befischungen im UW und OW wurden in einer Periode niedrigen Abflusses richtlinienkonform vom Technischen Büro für Ökologie und Umweltschutz - Petz OEG durchgeführt.

Die Befischung der Ausleitungsstrecke (UW) des Kraftwerks Hart wurde watend durchgeführt. Mittels 3 tragbaren 2,2 kW-Gleichstromaggregaten (300/600 V) der Firma Grassl sowie 5 Fanganoden wurde die Befischungsstrecke in zwei Durchgängen über die gesamte Breite befischt. Die Fische aus einem Durchgang wurden jeweils getrennt gehältert. Nach Moran-Zippin in Bagenal (1978) wurde durch mehrmaliges Befischen mit derselben Intensität und auf Grund abnehmender Fischzahl je Durchgang der Gesamtfischbestand berechnet.

Für die Befischung des Stauraums (OW) wurde die Streifenbefischungsmethode nach Schmutz et al. (2001) angewandt. Diese wurde mittels Bootbefischung mit einem 11 kW-Aggregat (300/600 V, Firma Grassl) durchgeführt. Die drei festgestellten Habitattypen

„Flussmitte unbestimmt“, „Blockwurf“ und „sonstiger technischer Bereich“ wurden befischt. Unter Berücksichtigung der Fangeffizienz jeder Fischart und Größenklasse sowie des prozentuellen Anteiles der beprobten Habitate konnte der Gesamtfischbestand auf die gesamte befischte Fließstrecke hochgerechnet werden.

Alle gefangenen Fische wurden auf Artniveau bestimmt, vermessen und gewogen. Die Gewichtsbestimmung erfolgte mit einer 0,1 g genauen elektronischen Waage.

Diese Daten wurden zur Berechnung des Fischbestands und der Biomasse auf 100m Flussstrecke sowie einen Hektar Fläche herangezogen. Für die Darstellung der Altersstruktur jeder Fischart wurden Längen-Frequenzdiagramme erstellt. Auf Grund der extrem hohen Individuendichte in beiden Strecken wurde bei den häufigen Arten nur ein repräsentativer Anteil vermessen und gewogen, ein weiterer Teil wurde nur vermessen und das Gewicht über die Wachstumsgleichung rückgerechnet. Die restlichen Individuen wurden nur gezählt und deren Gesamtgewicht für die Bestandserhebung ermittelt.

#### 4.2.2. Fischökologische Bewertung (Feldmüller et al., 2012)

*Die Bewertung des fischökologischen Zustandes folgt dem Bewertungsschema der Arbeitsgruppe Fischökologie des Bund-Länder-Arbeitskreises und basiert auf dem FIA (Fish-Index-Austria, Stand März 2012, Haunschmid et al. 2010). Das Bewertungsschema geht auf die nach der Wasserrahmenrichtlinie erforderliche Beurteilung der Zusammensetzung, Abundanz, Biomasse und Altersstruktur der typspezifischen Fischarten ein. Das Vorhandensein (oder Fehlen) von Leit- und typischen Begleitarten wird dabei stärker gewichtet als das der seltenen Begleitarten. Die Altersstruktur wird anhand des Populationsaufbaus (Längen-Frequenzdiagramme) der wichtigsten Fischarten beurteilt. Dazu wurde das vom Bundesamt für Wasserwirtschaft entwickelte Bewertungsprogramm herangezogen (Haunschmid et al. 2010). Die Bewertung basiert auf folgenden Parametern:*

##### 4.2.2.1. Bestandsdaten

*Da für die Anzahl der Fische und die Biomasse in einem Gewässer nur schwer ein Referenzzustand ermittelt werden kann, werden diese Daten nicht bewertet, außer sie erreichen eine Untergrenze. Die Biomasse wirkt dann als "k.o.-Kriterium". Für die Fisch-Bioregion Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland und Flysch beispielsweise entsprechen Werte zwischen 25 und 50 kg/ha der Zustandsklasse 4, eine Biomasse unter 25 kg/ha führt automatisch zur Einstufung 5. Ausgenommen hiervon sind Befischungsabschnitte, die eine starke Geschiebeführung oder eine Seehöhe von über 1000 m aufweisen. In die Biomasse, wie auch in die Abundanz, fließen nur die im Fischartenleitbild vertretenen Arten ein. Ausnahmen stellen allochthone, eingebürgerte Salmoniden wie Regenbogenforelle und Bachsaibling dar.*

##### 4.2.2.2. Arten

*Leitarten sind die Fischarten, die zwingend vorkommen und die Ichthyozönose dominieren. Typische Begleitfischarten sind Fischarten, die daneben häufig vorkommen, aber nicht zwingend vorkommen müssen bzw. nicht dominant sind. Seltene Begleitarten kommen in geringer Dichte vor und sind daher auch schwer nachweisbar. Jede Fischart stellt artspezifische Ansprüche an ihren Lebensraum (z.B. bezüglich Laichsubstrat, Strömung etc.). Fischarten mit gleichen Ansprüchen werden zu sogenannten ökologischen Gilden zusammengefasst. Bei der Bewertung werden die Strömungspräferenz und die Laichgilden im Hinblick darauf beurteilt, ob im Vergleich zum Leitbild ökologische Gilden fehlen. Die Zuordnung der Gilden erfolgt nach Schmutz et al. (2000) und Jungwirth et al. (2003).*

#### 4.2.2.3. Dominanz

*Die Beurteilung der Dominanzstruktur basiert auf dem Fischregionsindex nach Schmutz et al. (2000). Dabei wird überprüft, ob sich der Fischregionsindex, in den auch die Häufigkeit der Arten einfließt, gegenüber dem Leitbild verschoben hat. Im Epipotamal mittel liegt der Fischregionsindex für die Fischbioregion J (Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland und Flysch) bei 5,7 (Haunschmid et al. 2010). Für die Ager liegt jedoch ein adaptiertes Leitbild vor, sodass sich für den FRI ein Wert von 5,6 ergibt. Ist die Abweichung vom Leitbild zu groß, wird der Fischregionsindex zum k.o.-Kriterium und bestimmt die Bewertung, auch wenn die anderen Parameter eine bessere Bewertung ergeben würden.*

#### 4.2.2.4. Populationsstruktur

*In die Bewertung der Populationsstruktur fließen Leitarten und typische Begleitarten ein. Seltene Arten bleiben unberücksichtigt. Die Längen-Frequenzdiagramme werden in Hinblick auf den Populationsaufbau nach einer fünf-stufigen Skala beurteilt. Zur Bewertung der Populationsstruktur der einzelnen Befischungsstrecken wurde für jede im Leitbild vorhandene Art eine Beurteilung des Längen-Frequenzdiagramms der aktuell vorliegenden Situation durchgeführt. Es erfolgte eine Einstufung jeder Art nach den von Haunschmid et al. (2006) definierten Klassen:*

- *Klasse 1: alle Altersklassen der Art vorhanden; naturnahe Populationsstruktur vorliegend; Jungfische dominant.*
- *Klasse 2: alle Altersklassen der Art vorhanden; Jungfische deutlich unterrepräsentiert oder Adulte überrepräsentiert.*
- *Klasse 3: Ausfall einzelner Altersklassen gegeben; gestörte Verteilung der Altersklassen (z.B. nur Jungfische).*
- *Klasse 4: stark gestörte Verteilung gegeben; meist sehr geringe Dichten. (z.B. nur Einzelfische verschiedener Größen).*
- *Klasse 5: keine Fische vorhanden.*

*Zusätzlich zu berücksichtigen sind dabei nach Haunschmid et al. (2006) unter anderem die unterschiedlichen Habitatnutzungen verschiedener Entwicklungsstadien, das Laichverhalten bzw. die Laichwanderungen diverser Fischarten, eine gesonderte Einstufung piscivorer Fische und ein methodisch bedingtes Fehlen verschiedener Größenklassen mancher Arten. Des Weiteren ist eine Unterscheidung zwischen Leitarten und typischen Begleitarten vorzunehmen. Leitarten müssen eine hohe Dichte im Gewässer aufweisen, während diese bei typischen Begleitarten etwas geringer sein kann. Die Populationsstruktur der seltenen Begleitarten wird nicht bewertet.*

#### 4.2.3. Reusenmonitoring

Für die Beurteilung einer FMH nach Woschitz et al. (2003) ist neben der quantitativen Bestandserhebung eine Erfassung der Aufstiegszahlen notwendig. Fischreusen werden in diesem Zusammenhang zur Dokumentation der Fischmigration als Standardmethode herangezogen. Um den Mindestanforderungen zur Bewertung einer FMH gerecht zu werden, muss zumindest im Zeitraum der Laichzeit der Leitfischarten mit Reusen befischt werden, da in der Regel zu diesen Zeiten erhöhte Migrationsaktivität zu verzeichnen ist. (Woschitz et al, 2003)

Gemäß der Empfehlung in der Richtlinie 1/2003 des Österreichischen Fischereiverbands „Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit“ (Woschitz et al, 2003) und gemäß den Voraussetzungen des Schreibens der Wasserrechtsabteilung des Amtes der OÖ. Landesregierung wurden 2 Reusen – eine im Ausstiegsbereich („Reuse 1“) und eine im Einstiegsbereich („Reuse 2“) – für die Reusenbefischung installiert. (Abb. 4-17)

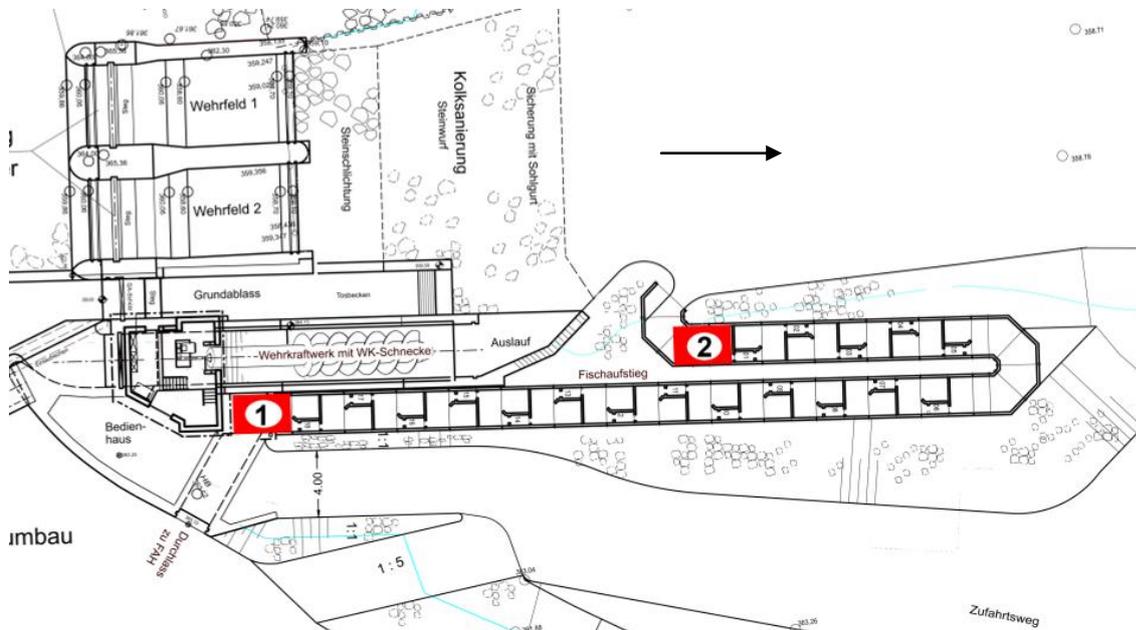


Abb. 4-17: Lageplan FMH bei Kraftwerk Hart und Positionen der Reuse 1 (1) und der Reuse 2 (2)

Bei den beiden Reusen handelt es sich um Kastenreusen. Als tragende Elemente wurden 5x5 cm bzw. 5x8 cm Staffeln aus Fichtenholz benutzt, die mit Lochblechen mit 1x1 cm Lochweite verkleidet wurden. (Abb. 4-18)

Die Öffnungsabmessungen beider Einstiegstrichter/-verengungen sind folgendermaßen bemessen: Höhe 25 cm, Breite 20 cm.



**Abb. 4-18 Bilder der Reusen: Ausstiegsreuse (Reuse 1) links; Reuse 1 mit Kettengegenzug hochgezogen (Bild rechts oben); Einstiegsreuse (Reuse 2) rechts unten; ausgebauter Einstiegstrichter Bild Mitte rechts**

Die empfohlenen Mindestzeiträume bei Reusenuntersuchungen nach Woschitz et al. (2003) für die Fischregion Potamal wurden eingehalten und können wie folgt gegliedert werden:

**Tab. 4-1 Übersicht der Untersuchungszeiträume**

	Herbst-Reusenmonitoring (mindestens 1 Monat)		Frühjahrs-Reusenmonitoring (mindestens 2 Monate)	
	Einbau	Befischungszeitraum	Einbau	Befischungszeitraum
Reuse 1	11.10.2011	12.10 – 30.11.2011	16.03.2012	17.03 – 02.07.2012
Reuse 2	10.11.2011	11.11 – 26.11.2011	25.05.2012	26.05 – 31.05.2012

Während des Befischungszeitraums wurde/n die Reuse/n täglich mittels Kettenzug soweit herausgezogen, dass die sich in der/den Reuse/n befindlichen Fische gekeschert werden konnten. Zuvor wurde der Reuseneinstiegstrichter durch einen Lochblechdeckel verschlossen, um ein mögliches Entkommen der Tiere zu verhindern. Die Entleerungen erfolgten täglich, meistens am Vormittag zwischen 8:00 und 11:00 Uhr.

Nach Bestimmung auf Artniveau und einer Vermessung der Totallänge (+/- 0,5 cm) wurden die Fische im Bereich des Staubereichs wieder in den Fluss gegeben.

#### 4.2.3.1. Anthropogene Beeinflussungen des Monitorings

Temporär wurde das Monitoring durch folgende Ereignisse beeinflusst: Einsetzen von Absperrgittern im Zeitraum von 02.06. – 09.06.2012 mit Maschenweiten von 4 cm bzw. im Zeitraum von 09.06. – 25.06.2012 mit Maschenweiten von 10 cm. Grund hierfür waren zusätzliche wissenschaftliche Untersuchungen an der FMH.

#### 4.2.3.2. Methodische Probleme bei den fischökologischen Untersuchungen

- Tote Fische wurden teilweise erst einige Tage nach ihrem eigentlichen Aufstieg in nicht gut einsehbaren Ecken in der Reuse entdeckt – somit gibt es teils eine Verzerrung ihres tatsächlichen Aufstiegs (ca. 20 Fische). Beim Großteil dieser verendeten Tiere handelt es sich um kleine Exemplare die vorwiegend im Frühjahr aufgestiegen sind.
- Der Einstieg in die Reuse wurde zeitweise durch ausgeschwemmtes Sohlmaterial gestört. Es ist anzunehmen, dass speziell aufstiegswillige Koppen beim Aufstieg nicht erfasst wurden (6.2.2.3)
- Bei Befischung mit zwei Reusen sind kaum Fische aufgestiegen (5.2.6.2, 6.2.2.1)
- Durch Verlegung der Reuse/n mit organischem Material (Blätter, Algen, Äste...) während erhöhter Wasserführung oder durch Frost (Laubfall im Herbst) kam es zur Drosselung des Abflusses in der FMH
- Schließen und öffnen des Einlaufschützes während Arbeiten an der FMH (Sohlausbesserungen, Messungen, div. Reparaturen...) störten den unbeeinflussten Ablauf des Monitorings.
- Bei Hochwasserereignissen war die Reuse zeitweise nicht zugänglich, deshalb waren Entleerungen am 04.06.2012 und 13.06.2012 nicht möglich.
- Erhöhter Substrateintrag durch Spülung der abgelagerten Sedimentfracht bei Hochwasser aus dem Stauraum (Abb. 5-24, Abb. 5-25). Hierbei ist ein Großteil des Eintrags (ca. 6,3 m<sup>3</sup>) auf nicht mit Gitterrosten abgedeckten FMH-Becken zurück zu führen (5.1.3).

#### 4.2.4. Bestandserhebung in der FMH – Lebensraumeignung

Am 18.7.2012 wurde die FMH durch das Technische Büro für Ökologie und Umweltschutz – Petz OEG elektrobefischt (Abb. 4-19).

Zum Einsatz kamen neben einem tragbaren 2,2 kW-Gleichstromaggregat (300/600 V) der Firma Grassl, eine Fanganode sowie 2 Kescher.

Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- es wurde zunächst ein Großteil der Gitterroste der FMH entfernt
- kurz vor der Elektrobefischung wurde die Dotation am Einlaufschütz gedrosselt
- Befischung vom Einstiegsbereich (unten) nach oben bis vor das Einlaufschütz in einem „run“. Der Einstiegsbereich wurde mittels Absperrgitter verschlossen.
- Artbestimmung und Längenmessung aller gefangenen Fische



Abb. 4-19 Ausrüstung und Elektrobefischung der FMH

Die Auswertung geschah ebenfalls durch die Firma Petz OEG. Im Bericht (Feldmüller et al., 2012) wurden die Fischartenverteilung und Längen-Frequenzdiagramme aller gefangenen Spezies beschrieben.

#### 4.2.5. Bewertung nach Woschitz et al.(2003)

Für die Bewertung nach Woschitz et al. (2003) finden Daten aus der Bestandserhebung im Unterwasser sowie aus der Reusenbefischung Eingang. Bei den Daten der Reusenmonitorings bzw. -befischungen für die Bewertung handelt es sich um alle mit den Reusen gefangenen Fische im Zeitraum des Herbst- sowie Frühjahrsmonitorings (Tab. 4-1).

Nach Woschitz et al. (2003) können folgende Kriterien für die Bewertung der Funktionsfähigkeit von FMH's verwendet werden:

- Qualitativer Fischaufstieg (Artenspektrum, Entwicklungsstadien)
- Quantitativer Fischaufstieg (Anzahl aufgestiegener Individuen)
  - Mittelstreckenwanderer nach Schmutz et al. (2000)
  - Kurzstreckenwanderer nach Schmutz et al. (2000)
- Fischabstieg
- Lebensraumeignung

Diese Kriterien sind zuerst für sich allein anhand einer auf dem Referenzzustand basierenden 5 stufigen Skala (I...„voll funktionsfähig“ entspricht gänzlich unbehinderte Passierbarkeit; V...„nicht funktionsfähig“ entspricht völliger Unterbrechung des Kontinuums) zu bewerten. Wobei zuerst die Dominanzverhältnisse der Fischarten aus der Bestandserhebung im Unterwasser erhoben wurden und anschließend mit dem Richtwert von 1% unterteilt wurden. Für die Fischregion Potamal sind all jene Arten mit  $\geq 1\%$  als „häufig“ und alle  $< 1\%$  mit „selten“ anzusehen.

Für die qualitative Bewertung werden sowohl häufige als auch seltene Fischarten berücksichtigt. Bei der quantitativen wird nur anhand der häufigen Arten beurteilt.

Als Bewertungsschema diente die Tabelle 2 auf Seite 18 nach Woschitz et al. (2003) (Abb. 4-20).

Funktionsfähigkeit		Fischaufstieg qualitativ	Fischaufstieg quantitativ	
			Mittelstreckenwanderer	Kurzstreckenwanderer
I	Voll funktionsfähig	alle Arten und Entwicklungsstadien (juvenil/adult) können aufsteigen	allen oder fast allen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich	allen oder fast allen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich
II	funktionsfähig	alle Arten mit Ausnahme einiger seltener und fast alle Entwicklungsstadien können aufsteigen	den meisten aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich	vielen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich
III	eingeschränkt funktionsfähig	die meisten häufigen Arten und die meisten Entwicklungsstadien können aufsteigen	wenigen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich	wenigen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich
IV	wenig funktionsfähig	nur wenige Arten und/oder Entwicklungsstadien können aufsteigen	wenigen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich	einzelnen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich
V	nicht funktionsfähig	keine oder nur einzelne Arten und/oder Entwicklungsstadien können aufsteigen	einzelnen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich	(fast) keinen aufstiegswilligen Individuen häufiger Arten ist der Aufstieg möglich

Abb. 4-20 Bewertungsschema für Fischaufstieg nach Woschitz et al. (2003)

Nach der Einzelbewertung aller Kriterien für den Fischaufstieg (qualitativ sowie quantitativ) wurde ein arithmetischer Mittelwert gebildet. Dieser Wert wurde wiederum einer Stufe gemäß Woschitz et al. (2003) zugeteilt und gilt als Gesamtbewertung für die FMH. Als k.o.-Kriterium gilt, dass die Gesamtbewertung maximal 1 Stufe besser sein darf als die schlechteste Einzelbewertung.

Der Fischabstieg und die Lebensraumeignung wurden für die Bewertung nicht herangezogen.

### 4.3. Huchen-Monitoring

Um an dieser Pilotanlage des enature® Fischpasses am Wehr Hart eine weitere Aussage über die Passierbarkeit zu erhalten, wurde ein zusätzlicher Versuch mit dem für die Dimensionierung der Anlage entsprechenden Fisch – dem größtenbestimmenden Fisch (3.1.5) - durchgeführt.

Hierfür wurden 3 wildlebende Huchen aus der Gail bei Arnoldstein vom Amt der Kärntner Landesregierung (Abteilung 8, Ökologie und Monitoring) zur Verfügung gestellt. Durch Einsetzen von Absperrgittern (Sechseckgeflechtgitter mit Maschenweite von 40x40 mm) im untersten (Einstiegsbereich) sowie im obersten Multistrukturschlitz (Lärchenholz – Schlitz) wurden drei Huchen während der Versuchsdauer in dem Fishpass belassen (Abb. 4-22). Mittels Videodokumentation an definierten Schlitzten wurde dabei der Auf- bzw. Abstieg der Versuchstiere festgehalten.

Das Huchen-Monitoring wurde von 15. – 19.12.2011 durchgeführt.

Dieser Versuch kam auch der gewässerökologischen Auflage im Bescheid des Amtes der Kärntner Landesregierung (wasserrechtliche Bewilligung für enature® Fishpass KW Malta Unterstufe) entgegen, in dem der enature® Fishpass auf die Durchwanderbarkeit für die Fischart Huchen zu prüfen war.

#### 4.3.1. Geräteeinsatz

Für die Überprüfung der Durchgängigkeit des Huchens wurde ein Videomonitoring an insgesamt 4 Multistruktur Schlitzten der FAH KW Hart durchgeführt. Insgesamt kamen dabei 9 Kameras (1 mobil, 8 fix installiert) zur Überwachung der gesamten Durchflussquerschnitte am unteren und oberen Ende der FAH sowie an zwei Stellen im Verlauf der FAH, zum Einsatz (Abb. 4-22).



**Abb. 4-21: Unterwasser-Farb- Überwachungskamera mit LED-Strahler GL-J-C2110, Brennweite 3,6 mm, Auflösung 420 TV-Linien (links) und CCD Farbkamera, bei Dunkelheit S/W-Modus, Brennweite 3,6 mm, 24 LED, Lichtempfindlichkeit IR an: 0 lx, leichtes Fisheye Objektiv, Auflösung 380 TVL (rechts). Quelle: [www.conrad.at](http://www.conrad.at)**

Tab. 4-1: Technische Daten der verwendeten Kameras. Linke Tabelle: Unterwasser – Farb – Überwachungskamera. Rechte Tabelle: CCD Farbkamera. Quelle: www.conrad.at

Technische Daten		Technische Daten	
<b>Sensor</b>	8,5 mm CMOS	<b>Kamera-Typ</b>	Kompakt-Kamera
<b>Betriebsspannung</b>	12 V/DC (über Netzteil)	<b>Auflösung</b>	380 TVL
<b>Auflösung</b>	420 TV-Linien	<b>Betriebsspannung</b>	12 V/DC (über Netzteil)
<b>Ausführung</b>	Farbe	<b>Lichtempfindlichkeit</b>	1 lx IR an: 0 lx
<b>Mikrofon</b>	Nein	<b>Stromaufnahme</b>	Max. 330 mA
<b>Stromaufnahme</b>	max 500 mA	<b>Abm.</b>	(L x B x H) 135 x 68 x 75 mm
<b>IR-Zusatzlicht</b>	Nein	<b>Mikrofon</b>	Nein
<b>Ausgänge</b>	Video: 1x Cinch 1Vss (75 Ω)	<b>Schutzart</b>	IP68
<b>Betriebstemperatur</b>	-20 - +45 °C	<b>IR-Zusatzlicht</b>	Ja
<b>Lichtempfindlichkeit</b>	0 lx	<b>Brennweite</b>	3,6 mm
<b>Abm.</b>	(L x B x H) 150 x 100 x 40 mm	<b>IR-Reichweite</b>	15 m
		<b>Entfernung (2 m Objekthöhe)</b>	2,8 m
		<b>Entfernung (5 m Objekthöhe)</b>	6,9 m
		<b>Blickwinkel</b>	61 °
		<b>Sensor</b>	6,35 mm Sharp CCD
		<b>Ausgänge</b>	Video: 1 x BNC 1 Vss (75 Ω)
		<b>Kamera-Art</b>	CCTV-Kamera
		<b>Einsatzort</b>	Außenbereich

Die Auswertung der Videoaufzeichnungen aller Kameras – sowohl der stationären wie auch der mobilen – wurde in Echtzeit durchgeführt. Dabei wurden alle Zeitpunkte der aufwärts und abwärts gerichteten Wanderungen der drei Versuchs-Huchen ermittelt. Nach ca. 16:00 Uhr war es trotz IR – Funktion der Kameras aufgrund der Dunkelheit und der Schwebstoff- und Lufteinmischung nicht möglich, die die jeweiligen überwachten Slots passierenden Huchen zu erkennen.

Somit lag der Zeitraum der auswertbaren Videos für jeden Versuchstag zwischen ca. 7:30 Uhr und ca. 16:00 Uhr.

#### 4.3.2. Versuchsindividuen

Für diesen Versuch wurden drei wildlebende Huchen vom Amt der Kärntner Landesregierung (Abteilung 8, Ökologie und Monitoring) zu Verfügung gestellt. Diese Fische wurden mittels E-Befischung in der Gail bei Arnoldstein gefangen und unverzüglich mittels Fisch-Spezialtransport zum enature® Fishpass des KW Hart transportiert. Durch die unterschiedliche Größe (bzw. Masse) sind sie wie folgt zu unterscheiden:

- Huchen 1, Länge 67 cm, Gewicht 2330 g
- Huchen 2, Länge 90 cm, Gewicht 5680 g
- Huchen 3, Länge 105 cm, Gewicht 9058 g

### 4.3.3. Versuchsablauf

Die Anlieferung der Fische aus Arnoldstein erfolgte am 15.12.2011. Um ca. 16:00 Uhr wurden die Huchen in das Ruhebecken im Bereich der 180° Kehre eingesetzt und über Nacht zur Anpassung an die neue Umgebung gehältert. Der Bereich wurde durch temporäre Fischsperrn (Holzrahmen mit Zaungitter 40 x 40 mm an Multistrukturschlitz 5 und Multistrukturschlitz 6) abgesperrt. Im Untersuchungszeitraum war keine der beiden Reusen installiert.

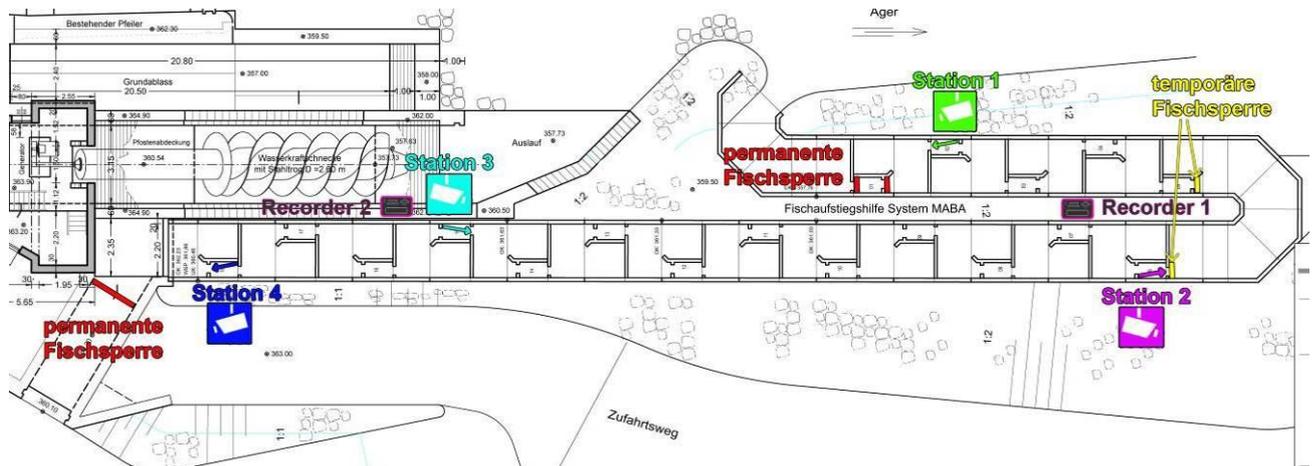


Abb. 4-22 Versuchsanordnung Huchen-Monitoring, temporäre Fischsperrn (gelb), permanente Fischsperrn (rot), Stationen der Unterwasserkameras und Videorecorder

Am Vormittag des 16.12.2011 wurden 8 Unterwasserkameras installiert und eingerichtet. Um einen Schlitz über die gesamte Höhe zu überwachen und somit sicherzustellen, keinen der Fische zu übersehen, wurden zwei Kameras je Station montiert. Insgesamt wurden so vier Multistrukturschlitze überwacht. Die Kameras der Stationen wurden dabei wie folgt auf die Eingänge (CH1-4) der Recorder aufgeteilt:

- Station 1 (Schlitz 2): auf Recorder I, Kamera oben → CH1, Kamera unten → CH2
- Station 2 (Schlitz 6): auf Recorder I, Kamera oben → CH3, Kamera unten → CH4
- Station 3 (Schlitz 15): auf Recorder II, Kamera oben → CH1, Kamera unten → CH2
- Station 4 (Schlitz 18): auf Recorder II, Kamera oben → CH3, Kamera unten → CH4



Abb. 4-23 Detailansichten des Multistrukturschlitzes 18 mit Kameraaufbau und Referenzlatten

Um bessere Aussagen über die Position und Größe der Fische beim Durchwandern machen zu können, wurden bei jeder Station Referenzlatten mit einer 5 cm-Teilung angebracht.

Am 16.12.2011 um 12:18:50 Uhr wurde das Monitoring gestartet, indem das obere Absperrgitter im Ruhebecken entfernt wurde.

Nach ca. 2 Stunden (14:15 Uhr) wurden zwei Huchen (67 cm und 90 cm) im obersten Becken des Fischpasses gesichtet. Um ein Absteigen der Fische zu verhindern, wurde ein temporäres Absperrgitter unterhalb des Beckens bei Schlitz 18 eingesetzt. Die Dotation der FMH wurde am Einlaufschütz soweit gedrosselt, dass eine Entnahme der Huchen durch Kescher möglich war. Anschließend wurden die beiden Fische im untersten Becken des abgesperrten Bereiches (zwischen Schlitz 1 und 2) wieder frei gelassen. Der 67 cm-Huchen wurde um 14:42 Uhr, der 90 cm-Huchen um 14:54 Uhr eingesetzt. Das Einlaufschütz wurde währenddessen um 14:51 Uhr wieder geöffnet. Diese Vorgangsweise wurde nach jeder Sichtung zum Fang der Tiere im obersten Becken der FMH vollzogen.

Da die Recorder im Freien aufgestellt wurden, musste auf Grund eines starken Sturms in der Nacht zum 17.12.2011 die Videoaufzeichnung gestoppt werden.

Am 17.12.2011 um 10:05 Uhr (bei Ankunft an der Anlage) wurde der 105cm-Huchen im obersten Becken der FMH gesichtet. Er wurde gekeschert und um 11:57 Uhr im untersten Becken wieder eingesetzt.

Die abgebauten Videorecorder gingen zwischen 10:57 Uhr und 11:13 Uhr wieder in Betrieb. Weiters wurden die Kameras bezüglich Funktionsfähigkeit und Ausrichtung geprüft und gegebenenfalls ausgetauscht bzw. wieder eingestellt.

Im Zeitraum von 15:15 bis 16:00 Uhr wurde mit Hilfe einer mobilen Unterwasserkamera – eine an einer Holzstange montierte und per Hand geführte Unterwasserkamera – das unterste Becken der FMH, das Ruhebecken und das oberste Becken abgesucht. Dabei konnte keiner der Huchen entdeckt werden.

Am 18.12.2011 wurde von 11:00 bis 13:00 Uhr der abgesperrte Monitoringbereich der FMH erneut mittels mobiler Unterwasserkamera abgesucht. Gleich zu Beginn, um 11:00 Uhr, wurde der kleine Huchen (67 cm) im untersten Becken gesichtet. Ansonst konnte keiner der Fische entdeckt werden.

Am gleichen Tag wurde außerdem der Abfluss in der FMH mittels Salzverdünnungsmethode gemessen (4.1.2.1). Zudem wurde die Temperatur und elektrische Leitfähigkeit bestimmt.

Am 19.12.2011, dem letzten Tag des Videomonitorings, wurde der kleinste Huchen (67 cm) um 11:21 Uhr beim Absuchen der Anlage mit der mobilen Unterwasserkamera im Becken zwischen Schlitz vier und fünf gesichtet.

Wie auch am Vortag wurden der Abfluss, die Wassertemperatur und die Leitfähigkeit in der FMH bestimmt.

Um 12:35 Uhr wurde das Einlaufschütz geschlossen, um die Fische mittels E-Befischung zu fangen. Damit war das Huchen-Monitoring beendet.

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Ergebnisse der abiotischen Untersuchungen

#### 5.1.1. Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) FMH

Die in den nachstehenden Diagrammen angeführten Werte sind als Mittelwert ohne Schwankungsbereich angegeben. Speziell die Wasserspiegeldifferenzen mit einer Messgenauigkeit von +/- 2 cm (4.1.1.1) sind somit nur begrenzt aussagekräftig.

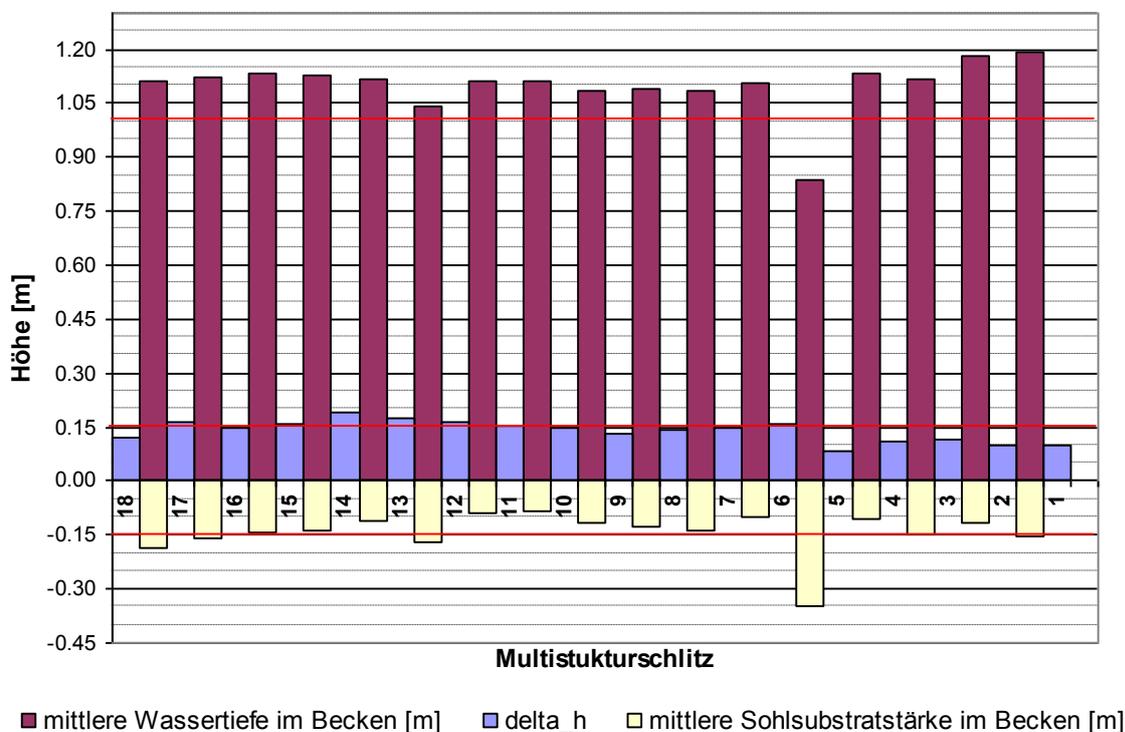
Bei der Messung vom 19.04.2012 zeigte sich in der Wasserspiegellagenanalyse (Abb. 5-1), dass bis auf das Ruhebecken (bzw. 180° Kehre) zwischen Multistrukturschlitz 5 und 6, bei allen Becken die Mindestwassertiefen eingehalten worden sind. Zur Zeit der Wasserspiegelmessungen war eine Sedimentablagerung im Bereich der Kehren festzustellen. Die mittlere Sohlsubstratstärke im Ruhebecken der 180°-Kehre lag bei 0,34 m und bedingte somit auch die verminderte mittlere Wassertiefe von 0,84 m. Der Mittelwert der Wassertiefen für diese Messung am Stauziel lag bei 1,10 m und somit um 0,10 m über dem Mindestwert (Abb. 3-8).

Unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit von 2 cm der Wasserspiegeldifferenzen zeigten nur der Multistrukturschlitz 13 und 14 eine leichte Überschreitung des 15 cm-Grenzwertes.

Die  $\Delta h$  – Werte der Schlitz 1 bis 5 – also jene die unterhalb der 180° Kehre liegen – lagen selbst mit Berücksichtigung der Toleranzwerte unter dem Grenzwert.

Das Mittel aller Multistrukturschlitz lag bei 14 cm

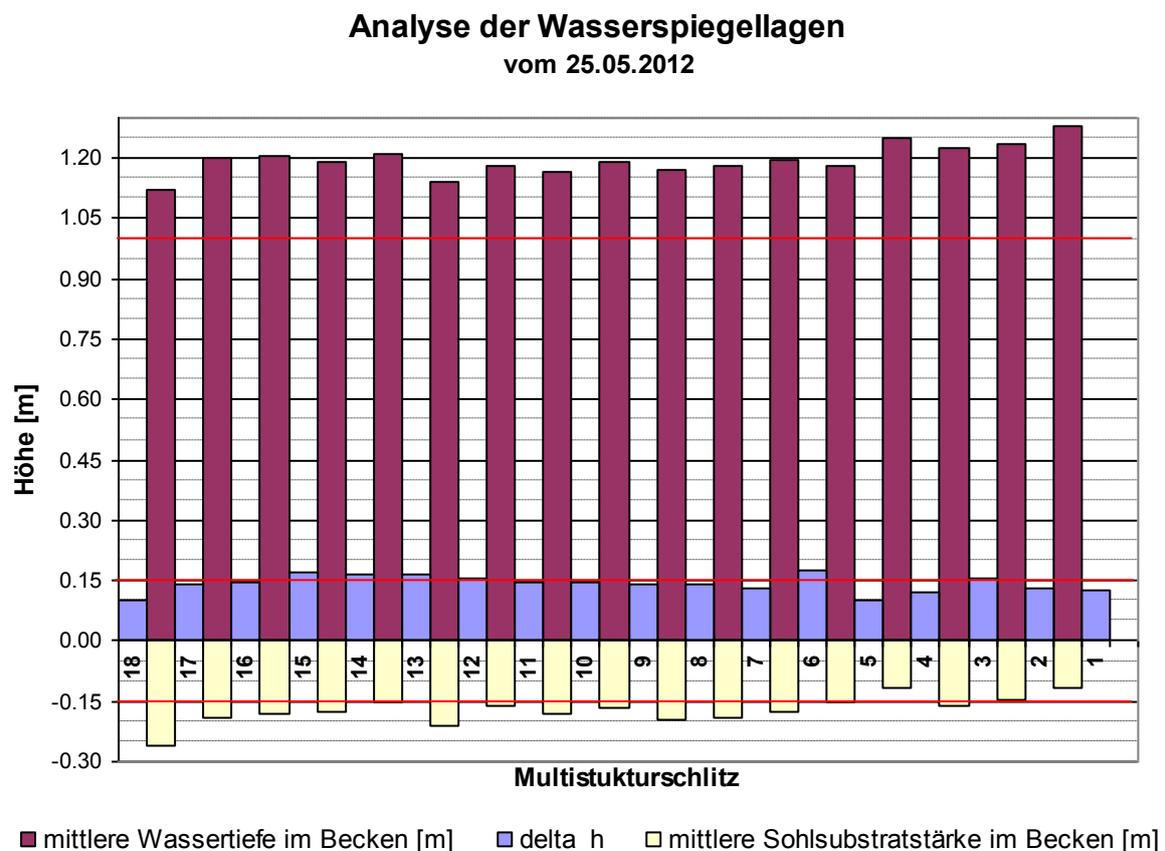
**Analyse der Wasserspiegellagen  
vom 19.04.2012**



**Abb. 5-1: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitz und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 19.04.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe, mitte maximales  $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: am Stauziel (361,68 m.ü.A.), WSP-UW: 359,19 m.ü.A.**

Die Wasserspiegellagenanalyse für die Messung vom 25.05.2012 fiel hinsichtlich Einhaltung der Mindestwassertiefen positiv aus. Der Mittelwert aller Becken lag hierfür bei 1,2 m – 0,2 m über dem Mindestwert. Um diese Wassertiefen mit jenen der anderen beiden Messungen vergleichbar zu machen, wurden die Wassertiefen mittels Regressionsmodells (Abb. 4-12) auf das Stauziel umgerechnet. Dabei ergab sich eine theoretische Reduktion von 7 cm. Selbst bei dieser Betrachtungsweise wurden die Mindestwassertiefen in allen Becken eingehalten.

Die Wasserspiegeldifferenzen der Multistrukturschlitzte dieser Messung lagen speziell bei den Schlitzten oberhalb der 180° Kehre knapp am  $\Delta h$  – Grenzwert. Den größten Wert mit 18 cm wies der Schlitz 6 vor dem Ruhebecken (bzw. 180° Kehre) auf. Auch unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit wurde hier der 15 cm Grenzwert überschritten.



**Abb. 5-2: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitzten und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 25.05.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe, mitte maximales  $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: 7 cm über Stauziel (361,93 m.ü.A.), WSP-UW: 359,20 m.ü.A.**

Die Wasserspiegelanalyse der Messung vom 30.06.2012 (Abb. 5-3) zeigte bei zwei Becken ein Unterschreiten der Mindestwassertiefe. Im Becken zwischen den Multistrukturschlitzten 17 und 18 und im Ruhebecken bei der 180° Kehre lag die Wassertiefe bei 0,98 m bzw. bei 0,95 m. Der Mittelwert über alle Becken lag mit 0,08 m über dem Mindestmaß von 1,0 m. Auch bei dieser Aufnahme lag der Mittelwert der Wasserspiegeldifferenzen bei 14 cm. Beim Multistrukturschlitz 6 vor dem Ruhebecken der 180° Kehre lag dieser Wert mit 19 cm auch unter Berücksichtigung der Messungenauigkeit über dem 15 cm  $\Delta h$  - Grenzwert. Nach der 180° Kehre (strömungsabwärts) wurde dieser Grenzwert an keinem Multistrukturschlitz überschritten.

Bei dieser Messung wurde auch die Wasserspiegeldifferenz über das Einlaufschütz ermittelt. Bei einer Normalöffnungshöhe von 45 cm war der Fließverlust mit  $\Delta h=13$  cm vergleichsweise groß und damit die Wassertiefen im Fischpass etwas geringer. Bei einer früheren Aufnahme lag die Wasserspiegeldifferenz am Schütz bei ca. 4 cm.

### Analyse der Wasserspiegellagen vom 30.06.2012

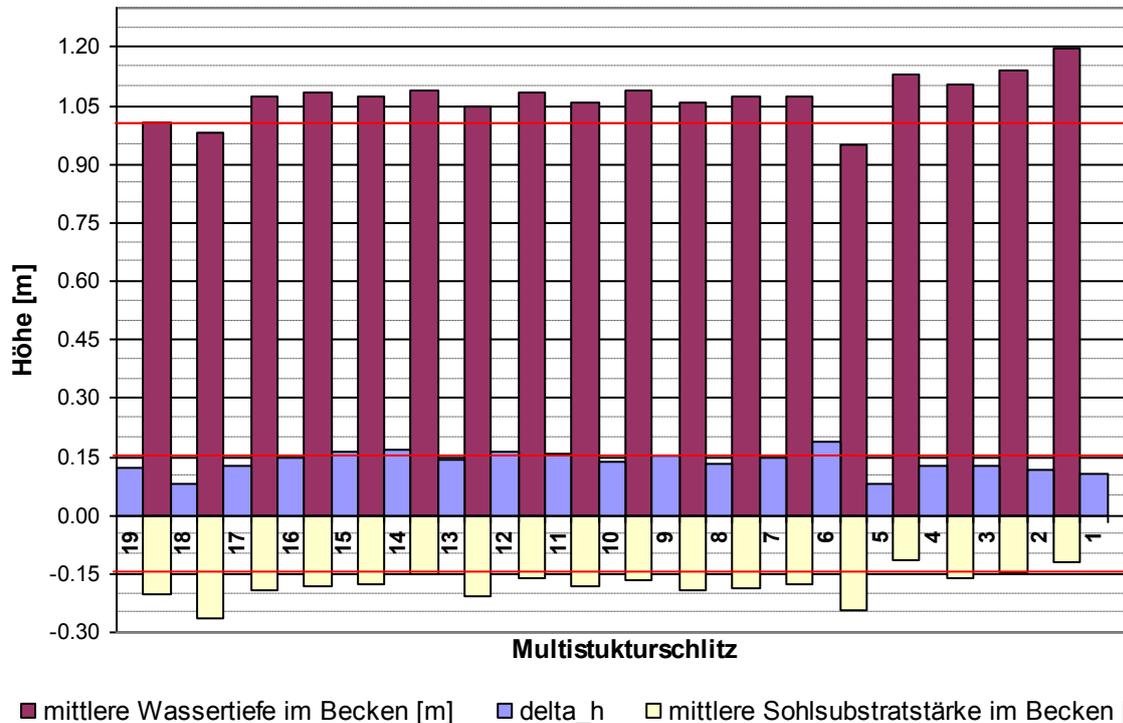


Abb. 5-3: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitzten und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 30.06.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe, mitte maximales  $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: am Stauziel (361,86 m.ü.A.), WSP-UW: 359,16 m.ü.A

#### 5.1.1.1. Überströmgenze FMH

Die Überströmgenze liegt im oberen Reusenbecken bei WSP-Höhe von 361,87 m.ü.A. Unter Verwendung des Regressionsmodells des Frühjahrs wird diese Höhe bei einem WSP – Oberwasser von 362,00 m.ü.A. bzw. bei 14 cm über Stauziel erreicht. Ab diesen WSP - Höhen wird die Stauwand bzw. Querwand des oberen Ruhebeckens überströmt. Dies führt zu einer Zunahme der Turbulenz und zum Eintrag von Luft. Außerdem ist mit steigender Wassertiefe mit einer Erhöhung der Sohl Schubspannung zu rechnen.

## 5.1.2. Durchfluss- und Fließgeschwindigkeit

### 5.1.2.1. Pegelschlüssel FMH

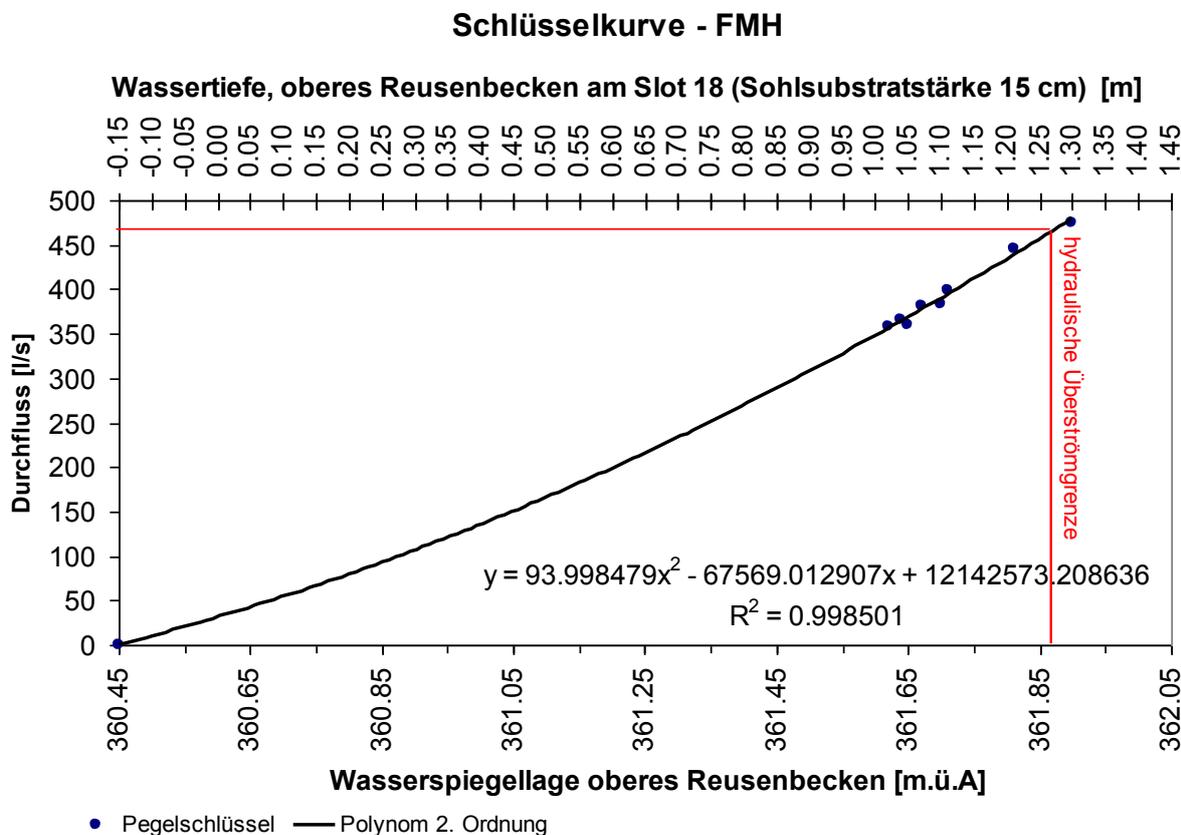


Abb. 5-4 Pegelschlüssel FMH und Überströmgrenze

Die an die ermittelten Abflussverhältnisse angenäherte Schlüsselkurve (Polynom 2. Ordnung) zeigt eine sehr gute Anpassung ( $R^2 = 0,999$ ) im Bereich der beobachteten WSP-Höhen.

Am 19.04.2012 wurde am Stauziel (361,86 m.ü.A.), wie unter 4.1.2.1 beschrieben, ein Abfluss in der FMH von 399 l/s ermittelt. Im Vergleich dazu liegt der aus dem Pegelschlüssel errechnete Abfluss, unter Verwendung des Regressionsmodells des Frühjahres für die Ermittlung des WSP-Reuse, bei 399 l/s.

Zusätzlich eingetragen ist die Überströmgrenze bei einem WSP-Reuse von 361,87 m.ü.A. Der ermittelte Durchfluss liegt dabei bei 467 l/s. Über dieser Höhe wurde nur ein Abflusswert gemessen. Aus diesem Grund sind extrapolierte Werte aus der Schlüsselkurve, welche über der Überströmgrenze liegen, als Richtwerte zu verstehen.

Bei erhöhtem WSP-UW (ab 359,38 m.ü.A.) sind diese als theoretische Werte zu verstehen, da ab einem Abfluss von ca. 12 m<sup>3</sup>/s in der Restwasserstrecke die FMH im Bereich des Einstieges überströmt wird. Liegt der WSP-UW höher als 359,38 m.ü.A. ist nicht auszuschließen, dass es zu einer Ein- bzw. Ausströmung in den Fischpass über die mit Wasser bedeckte Beckenberandung kommt. In diesem Fall ist nur ein Teilbereich der FMH näherungsweise dem errechneten Abfluss dotiert und die Schlüsselkurve eingeschränkt gültig.



Abb. 5-5 Überströmter und eingestauter Einstieg der FMH, 06.06.2012, WSP-UW 359,43 m.ü.A., Q-Rest ca. 12,8 m<sup>3</sup>/s

### 5.1.2.2. Abfluss-FMH in den Untersuchungszeiträumen

Nachstehend sind die ermittelten Abflüsse der FMH in den Untersuchungszeiträumen dargestellt.

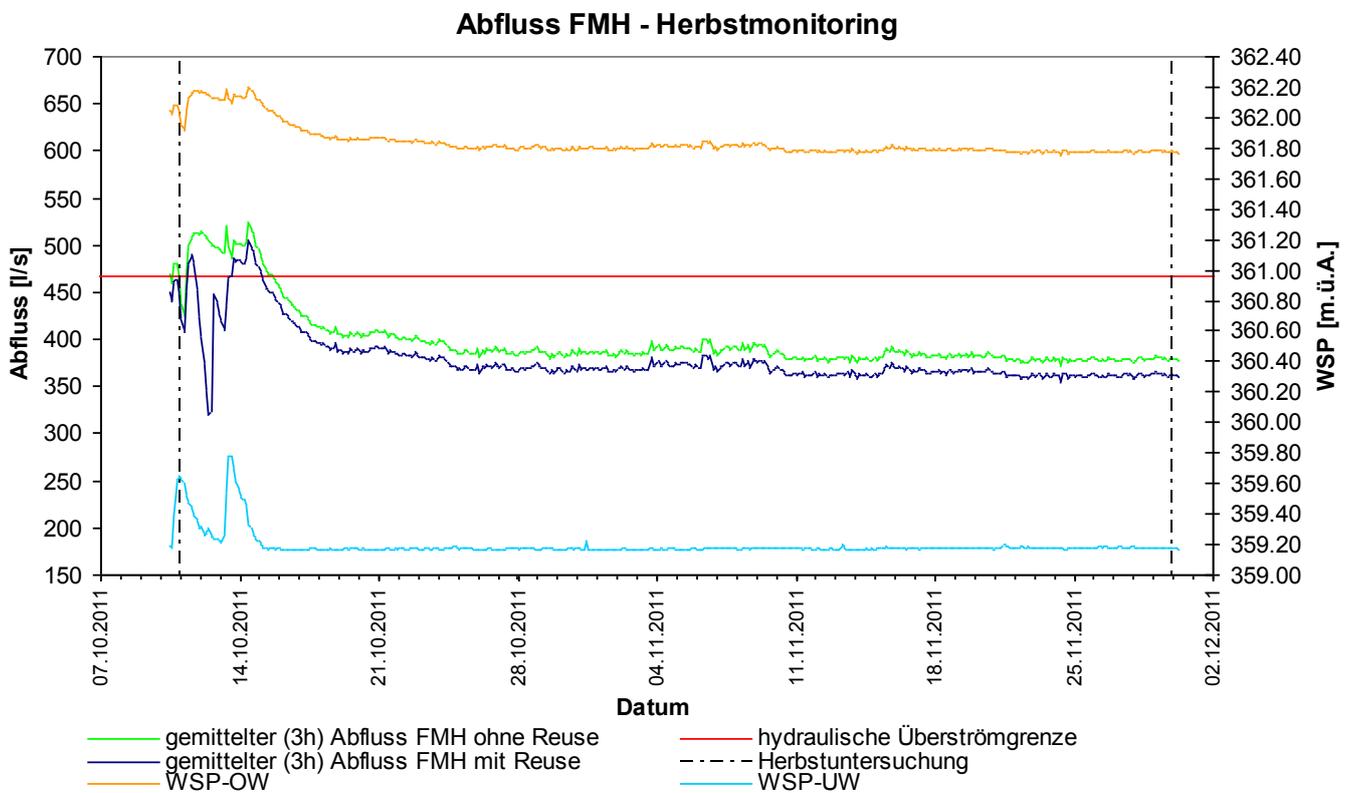


Abb. 5-6 Errechneter, gemittelter Abfluss der FMH während der Herbstuntersuchungen, mit und ohne dem Einfluss der Reuse 1 und WSP-OW u. -UW, Überströmgrenze bei 467 l/s

Der errechnete mittlere Abfluss der FMH im Untersuchungszeitraum Herbst liegt mit Reuse bei 381 l/s, ohne Reuse bei 401 l/s.

Im Zeitraum von 11.10.2011 bis 13.10.2011 war zwischen den Reinigungsintervallen der Reuse 1 eine starke Abflussdrosselung festzustellen. Grund dafür war die durch erhöhte Wasserführung hervorgerufene, starke Geschwemmselfracht (vorwiegend Laub), die zum Verlegen der Reusenlochbleche führte. Nach Rückgang des WSP-OW wurde über die gesamte restliche Untersuchungszeit ein annähernd gleich bleibender Abfluss verzeichnet.

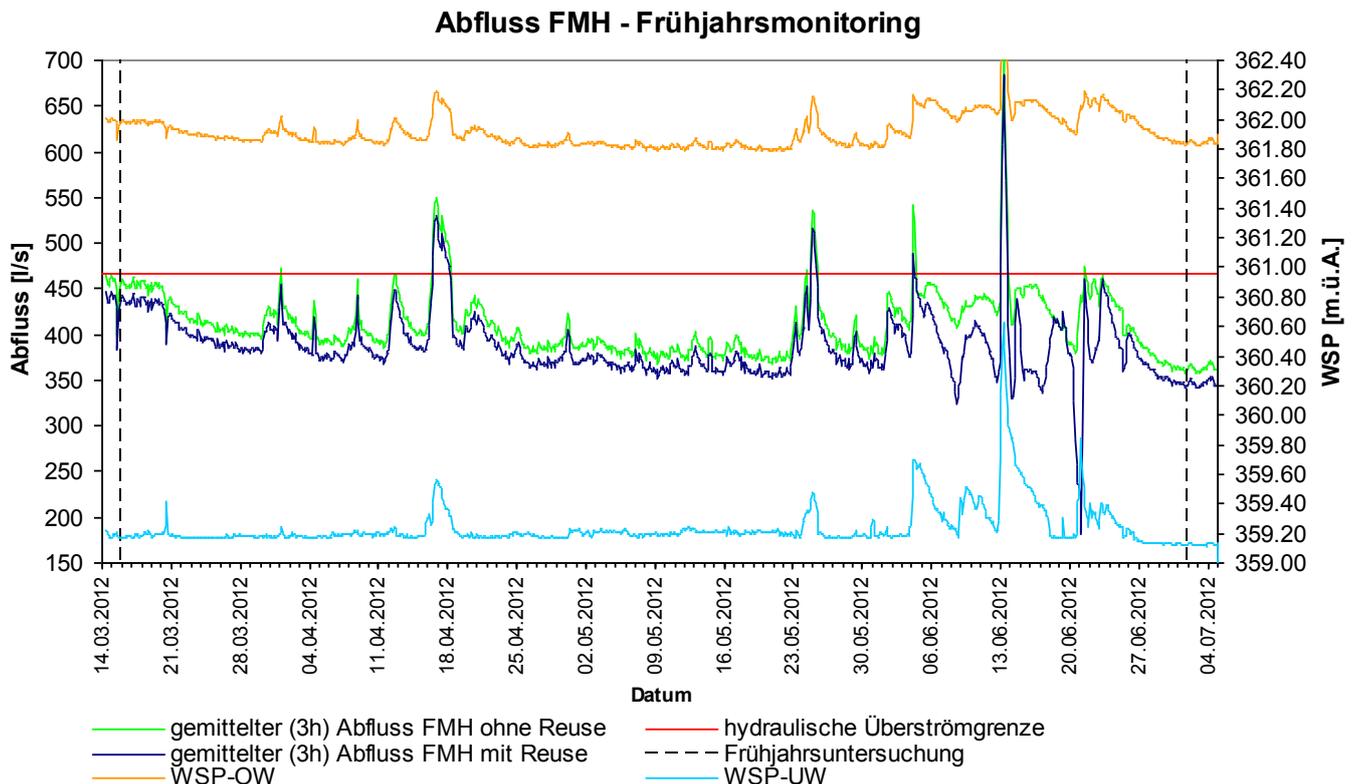


Abb. 5-7 Errechneter, gemittelter Abfluss der FMH während der Frühjahrsuntersuchungen, mit und ohne dem Einfluss der Reuse 1 und WSP-OW u. -UW, Überströmgenze bei 467 l/s

Bedingt durch Schneeschmelze und mehrerer Niederschlagsereignissen zeigt die Abflussganglinie im Frühjahr einen deutlich heterogeneren Verlauf als im Untersuchungszeitraum Herbst. Eine Überströmung der FMH – Stauwände war in Folge hoher OW-Spiegel ebenfalls häufiger zu verzeichnen.

Der errechnete, mittlere Abfluss der FMH im Untersuchungszeitraum Frühjahr liegt mit Reuse bei 386 l/s, ohne Reuse bei 410 l/s.

Aufgrund von zusätzlichen wissenschaftlichen Untersuchungen wurde im Zeitabschnitt von 04.06.2012 bis 20.06.2012 der Abfluss durch Verkleinerung der Schützöffnung von zuvor ca. 45 cm auf 20 cm gedrosselt. Die Abflussganglinie ohne den Einfluss der Reuse 1 (grün in Abb. 5-7) wurde jedoch für den gesamten Untersuchungszeitraum mit der normalen Schützöffnungshöhe von 45cm errechnet. Im gleichen Zeitraum kam es teilweise zu einer überlagerten Abflussreduktion durch Verlegung der Reuse 1. Der größte Abfluss mit einer theoretischen Spitze von 680 l/s wurde am 13.06.2012 ebenfalls in dieser Zeitspanne registriert.

Am 21.06.2012 wurde bedingt durch die starke Anlagerung von Schwemmgut an der Reuse und der damit verbundene Abflussdrosselung der kleinste Durchfluss der FMH mit einer theoretischen Größe von 153 l/s errechnet.

Generell ist nach dem Hochwasser (HW) am 13.06.2012 ein anderes Abflussverhalten festzustellen. Der WSP-Reuse liegt abweichend vom Regressionsmodell des Frühjahres, bei gleichem WSP-OW, um durchschnittlich 8 cm tiefer. Damit verbunden ist eine Reduktion des Durchflusses der FMH, die bis zum Ende der Untersuchungen erhalten blieb.

### 5.1.2.3. Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im unmittelbaren Einstiegsbereich

Abhängig von der morphologischen Beschaffenheit der Sohle, der Dotation der FMH und des WSP-UW sind die Strömungsmuster im unmittelbaren Einstiegsbereich unterschiedlich ausgebildet.

Bei der am 30.04.2012 durchgeführten ADCP-Messung entsprach die Sohlsubstratstärke im Fischpass der Aufnahme vom 12.04.2012 (Abb. 5-19, mittig). Außerhalb der FMH setzte sich das angelandete Substrat in Form eines kleinen Schwemmkegels bei gleich bleibender Wasserüberdeckung in Richtung der austretenden Strömung fort, bevor die Tiefenrinne der Restwasserstrecke erreicht wurde.

Der errechnete Abfluss der FMH betrug 387 l/s. Der Konturplot zeigt eine Häufung der höchsten Fließgeschwindigkeiten an der Außenseite. 60% des Gesamtabflusses konzentrierten sich im Bereich von 0,5 m des äußeren Randes. Die maximal gemessene Fließgeschwindigkeit im Querschnitt lag bei 0,9 m/s, diese nahm zur rechten Seite des Einsteiges hin gegen Null ab. Die mittlere Fließgeschwindigkeit betrug 0,34 m/s.

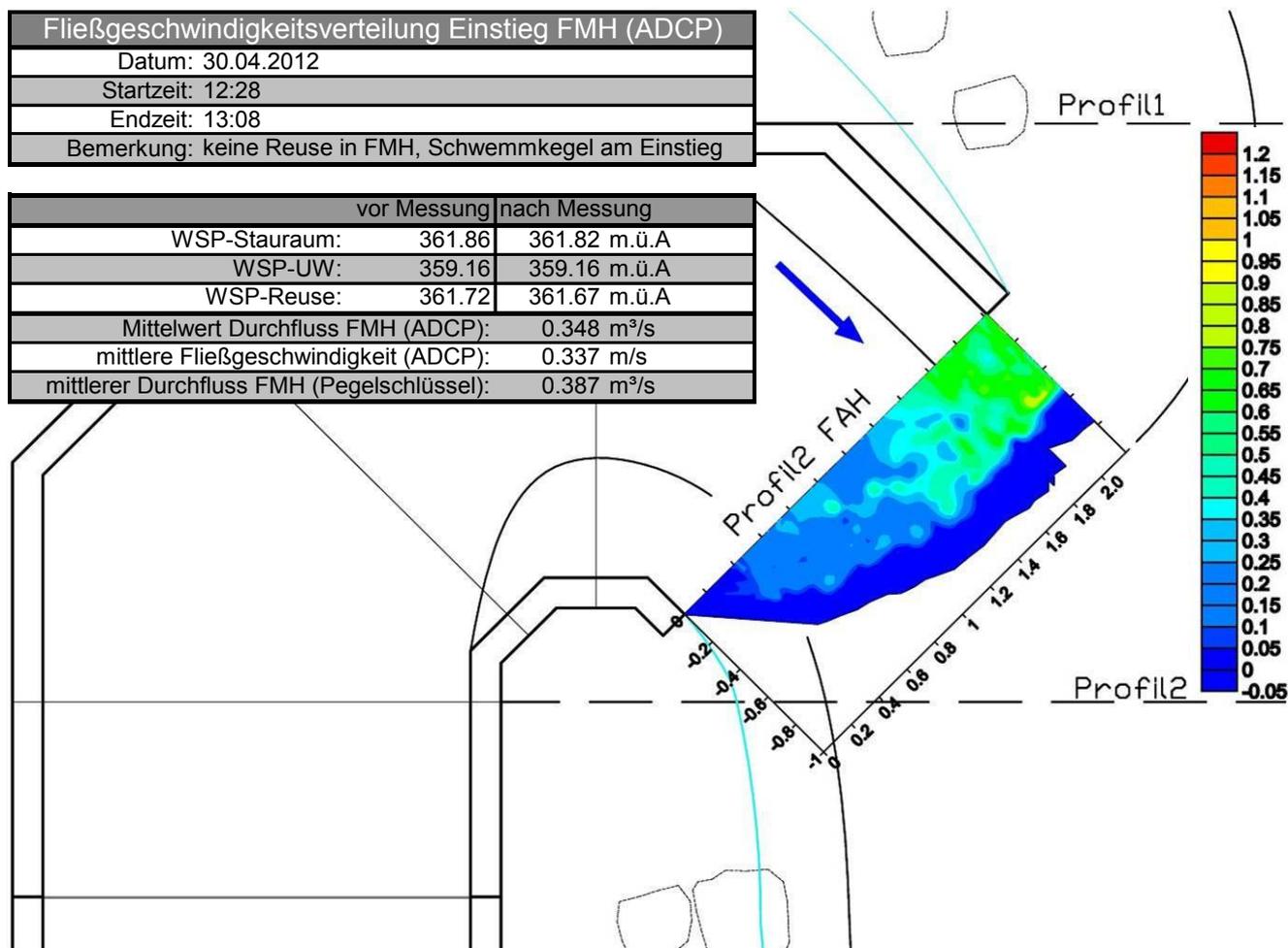


Abb. 5-8 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH, ADCP – Messung 30.04.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

Die am 25.05.2012 durchgeführte Messung der Verteilung der Fließgeschwindigkeiten im unmittelbaren Einstiegsbereich erfolgte unmittelbar nach der ersten, teilweisen Sohlsanierung kurz vor dem Einbau der Reuse 2. Die Sohlsubstratstärken der FMH-Kehre im UW - Bereich wurden zum Zeitpunkt der Messung nicht explizit erfasst, entsprachen aber im Wesentlichen der Sohlaufnahme vom 04.07.2012 (Abb. 5-19, unten) mit dem Unterschied, dass ein aus dem Verband gelöste Steinblock im Innenbereich der Kehre die Strömung beeinflusste (4.1.4, 5.1.3). Im Bereich außerhalb der FMH wurde im Zuge der Sohlsanierung ebenfalls Geschiebe entfernt und eine schwach profilierte Tiefenrinne ausgebildet.

Der errechnete Abfluss der FMH betrug 488 l/s. Generell ist eine leichte Konzentration der Strömung im Außenbereich ersichtlich, jedoch zeigen die Isotachen über den gesamten Querschnitt eine Ausbildung von Zellen lokaler Abflusskonzentrationen. Die maximal gemessene Fließgeschwindigkeit im Querschnitt lag bei 0,8 m/s, die mittlere bei 0,34 m/s.

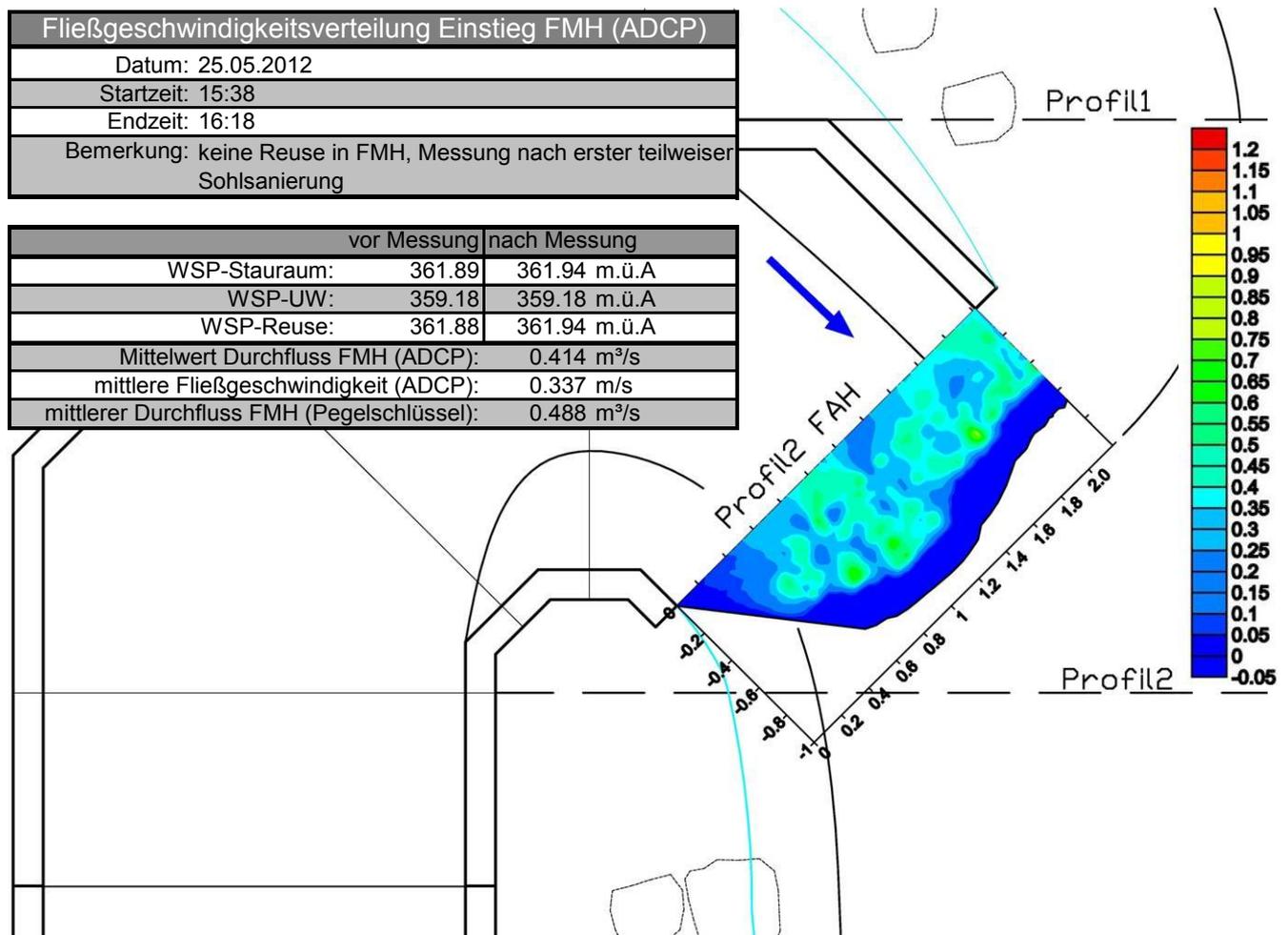


Abb. 5-9 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH nach erster, teilweiser Sohlansanierung, ADCP – Messung 25.05.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

Bei der am 11.06.2012 durchgeführten Messung der Fließgeschwindigkeiten im Einstiegsbereich sind, gleich wie bei der Messung vom 25.05.2012, die Sohlsubstratstärken entsprechend der Aufnahme vom 04.07.2012 (Abb. 5-19, unten) anzunehmen.

Auch hier war eine Beeinflussung der Strömung durch den herausgelösten Steinblock gegeben (4.1.4, 5.1.3). Bei erhöhtem UW, knapp unterhalb der Grenze, ab der die Außenwand der FMH im Einstiegsbereich überströmt wird, betrug der durch die reduzierte Schützöffnungshöhe gedrosselte Abfluss im Fischpass 396 l/s. Wiederum ist eine leichte Konzentration der Strömung im Außenbereich und eine Ausbildung von Zellen lokaler Abflusskonzentrationen ersichtlich. Bedingt durch den größeren Abflussquerschnitt ist jedoch die Strömungsintensität im Vergleich zur Messung vom 25.05.2012 geringer. Die maximal gemessene Fließgeschwindigkeit im Querschnitt lag bei 0,66 m/s, die mittlere Fließgeschwindigkeit betrug 0,23 m/s.

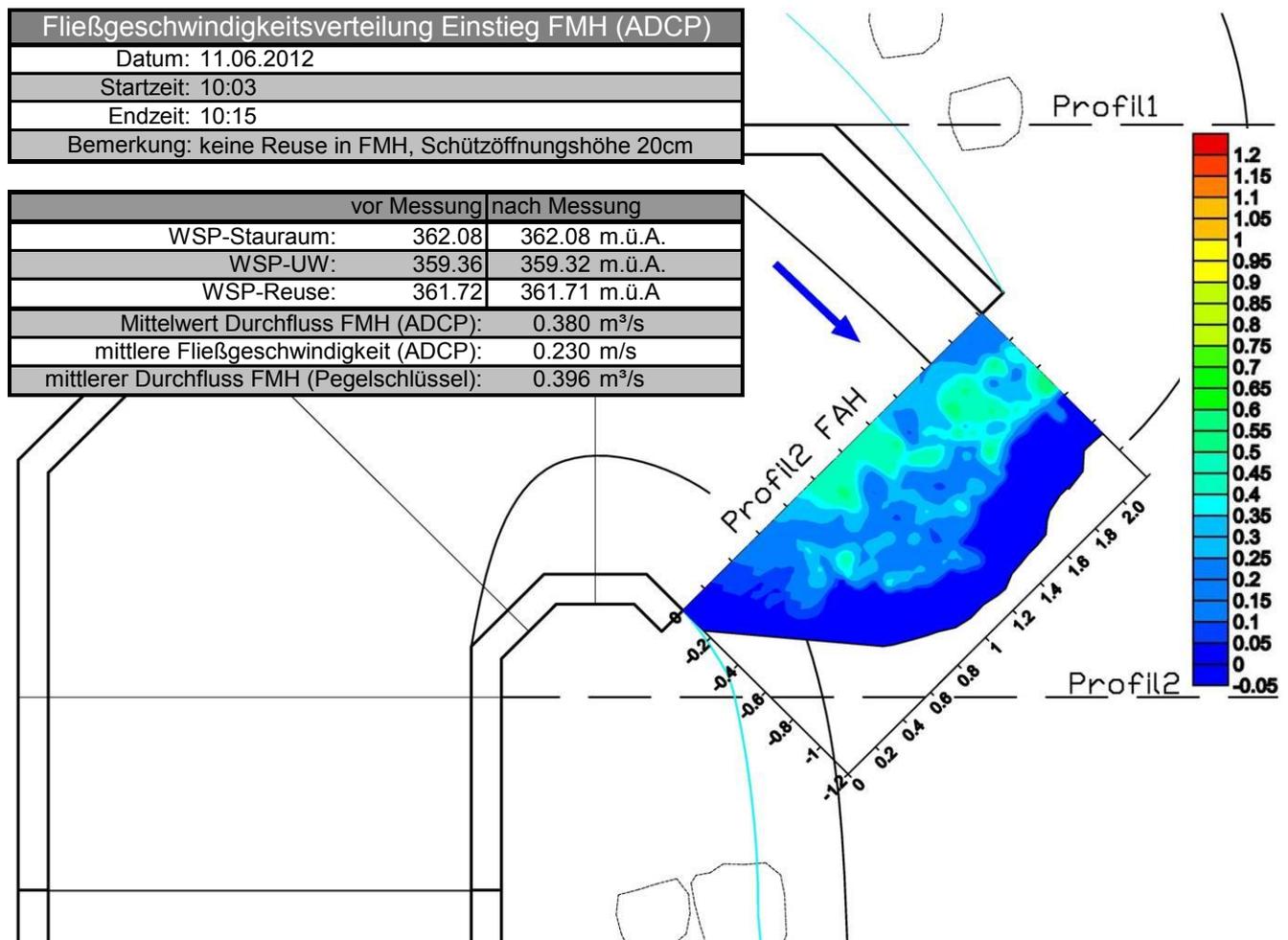


Abb. 5-10 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH nach zweiter, teilweiser Sohlansanierung, ADCP – Messung 11.06.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

#### 5.1.2.4. Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im Unterwasserbereich

Alle durchgeführten Fließgeschwindigkeitsmessungen im UW der Anlage erfolgten vor Adaptierung der Turbine, durch die der Gesamtwirkungsgrad von zuvor ca. 70% auf 75% erhöht wurde. Die Dotation der Wasserkraftschnecke wurde mit Hilfe der ebenfalls erfassten Wirkleistung und der Fallhöhe ermittelt.

Die Isotachen zeigen bei allen Messdurchgängen eine ausgeprägte Abflusskonzentration die rechtsufrig im Bereich des Turbinenauslasses beginnt und flussab in Richtung Flussmitte gerichtet ist. Zu Beginn folgt die Unterwasserströmung der Leitwand und verläuft, vorbei am äußeren Rand des ersten 45°-Fertigteilelements, am Einstieg der FMH und erreicht nach ca. 20 m, bei einem Abstand von ca. 12 m zum rechten Ufer, die Mitte des Gewässers.

Der Abfluss der Unterwasserströmung im Bereich der FMH wird primär bei normalen Bedingungen (ohne Abfluss über die Blocksteinrampe und geschlossenen Schleusen) durch die Stauhöhe des OW und der damit festgelegten Beaufschlagungsmenge der Turbine beeinflusst. Ab einem WSP-OW von ca. 361,95 m.ü.A. kommt zusätzlich ein Abflussanteil der linksseitigen Blocksteinrampe hinzu. Bei geringer Überströmung der Rampe und geschlossenen Wehrschleusen ist keine Veränderung der Richtung der Unterwasserströmung zu erkennen.

Der aus der FMH austretende Abfluss bildet in keinem der untersuchten Fälle eine getrennt erfassbare „Lockstromfahne“ aus. Die Fließgeschwindigkeiten der außenseitig konzentrierten, austretenden Strömung gleichen im Kontaktbereich der von der Turbine kommenden Unterwasserströmung. Sie liegen bei maximal 0,9 m/s und nehmen zum rechten Ufer hin gegen Null ab.

Tab. 5-1 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 17.10.2011

Fließgeschwindigkeitsverteilung UW (ADCP)	
Datum:	17.10.2011
Bemerkung:	Pegelwerte über gesamte Messdauer konstant, kein Abfluss über Steinrampe
Reuse 1:	nicht in FMH
Reuse 2:	nicht montiert
WSP-Stauraum (OW):	361.90 m.ü.A.
WSP-UW:	359.17 m.ü.A.
Fallhöhe:	2.729 m
Wirkleistung-Turbine:	53.5 kW
geschätzter Gesamtwirkungsgrad:	70%
errechneter Durchfluss Turbine:	2.85 m <sup>3</sup> /s
errechneter Abfluss FMH:	0.418 m <sup>3</sup> /s
Anteil des konkurrierenden Abflusses:	14.6 %

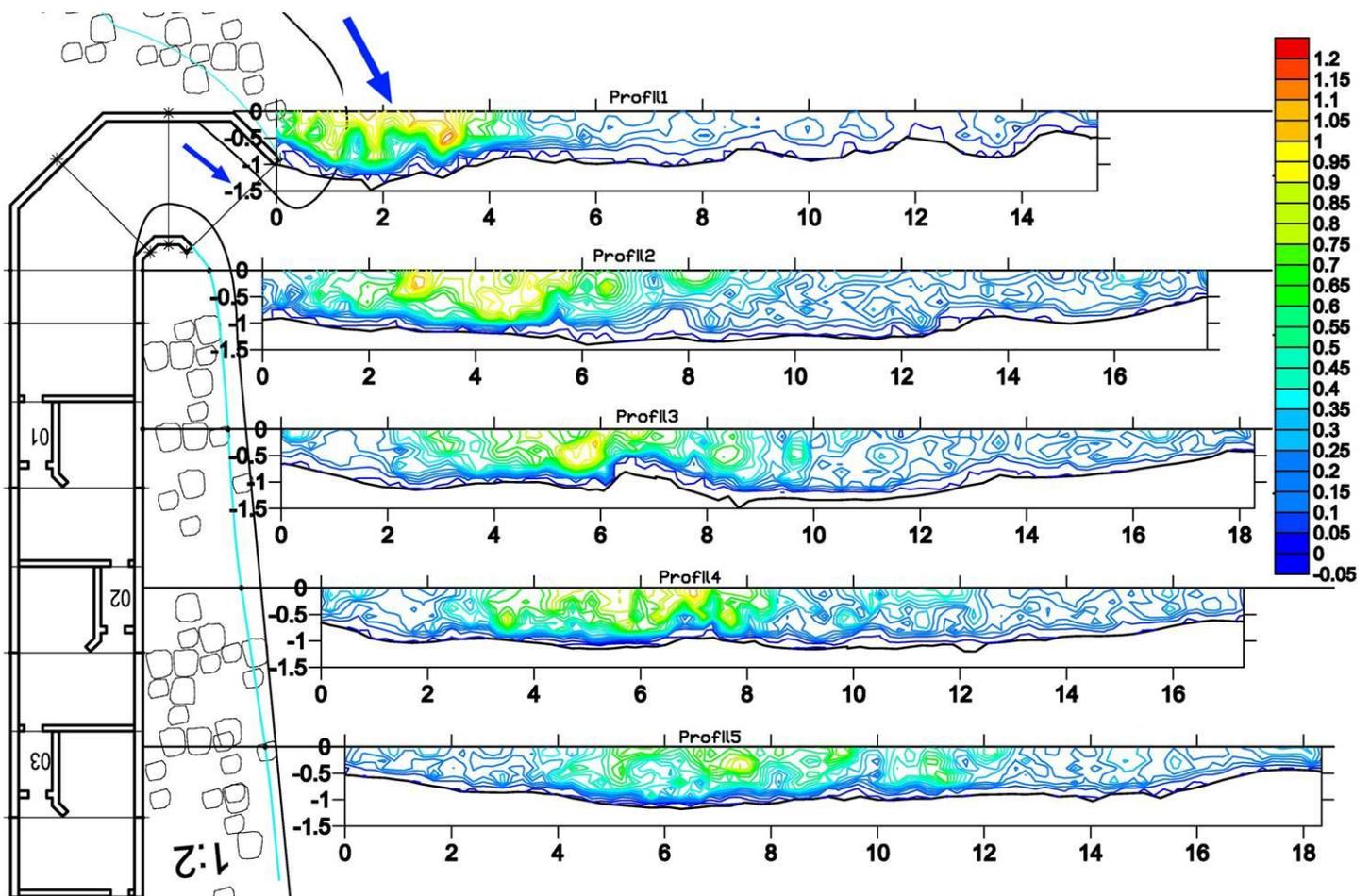


Abb. 5-11 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,17 m.ü.A., Q-Turb. 2,85 m<sup>3</sup>/s, Q-FMH 0,418 m<sup>3</sup>/s, ADCP - Messung 17.10.2011; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

Tab. 5-2 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 24.10.2011

Fließgeschwindigkeitsverteilung UW (ADCP)	
Datum:	24.10.2011
Bemerkung:	WSP-Reuse vor Messung 361.67 m.ü.A. / nach Messung 361.65 m.ü.A., kein Abfluss über Steinrampe
Reuse 1:	nicht in FMH
Reuse 2:	nicht montiert
WSP-Stauraum (OW):	361.80 m.ü.A.
WSP-UW:	359.16 m.ü.A.
Fallhöhe:	2.64 m
Wirkleistung-Turbine:	47.5 kW
geschätzter Gesamtwirkungsgrad:	70%
errechneter Durchfluss Turbine:	2.62 m <sup>3</sup> /s
errechneter Abfluss FMH:	0.372 m <sup>3</sup> /s
Anteil des konkurrierenden Abflusses:	14.2 %

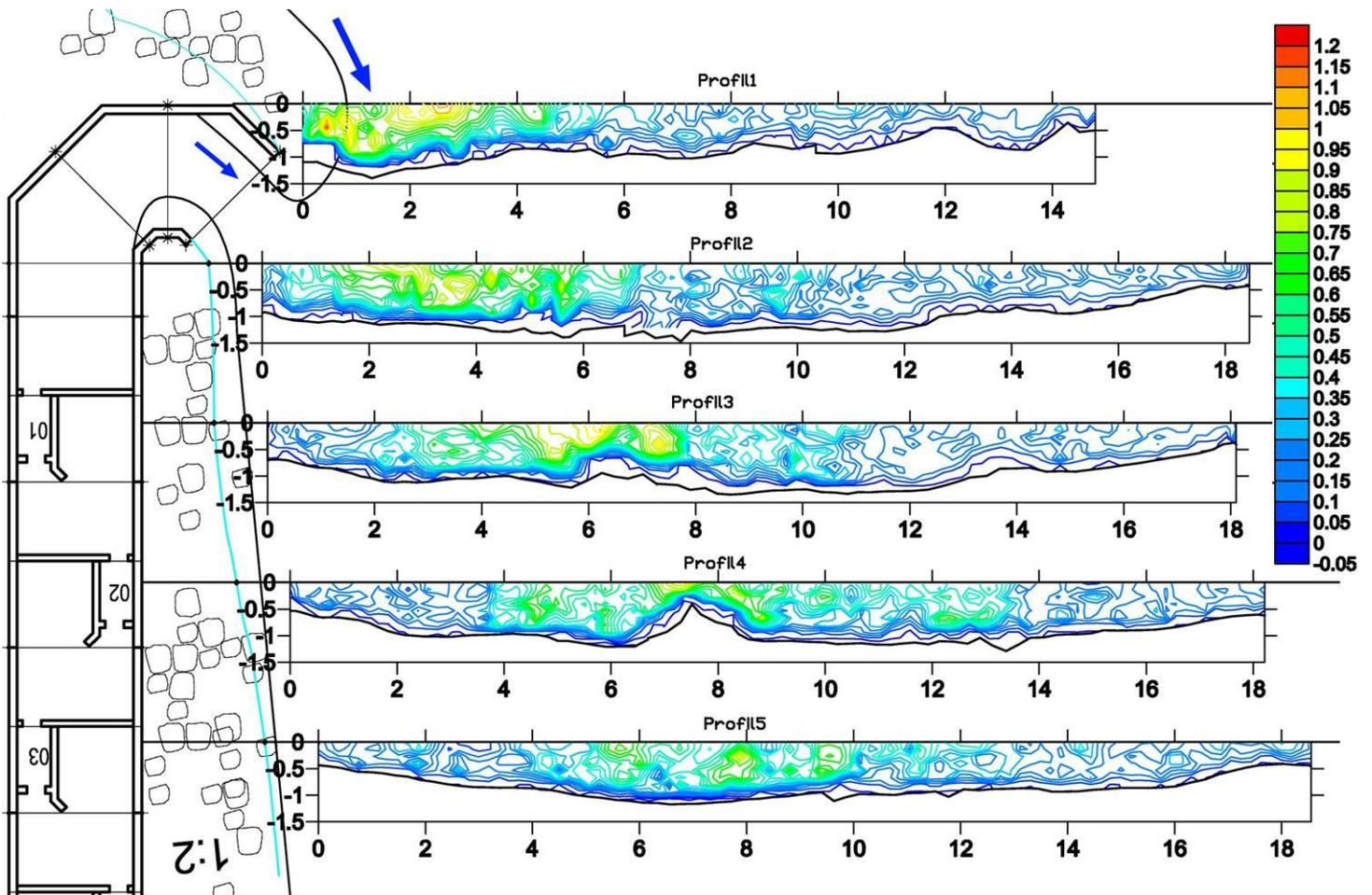


Abb. 5-12 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,16 m.ü.A., Q-Turb. 2,62 m<sup>3</sup>/s, Q-FMH 0,372 m<sup>3</sup>/s, ADCP – Messung 24.10.2011; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

Tab. 5-3 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 17.03.2012

Fließgeschwindigkeitsverteilung UW (ADCP)	
Datum: 17.03.2012	
Bemerkung: WSP-Reuse vor Messung 361.79 m.ü.A., über Stauziel, Abfluss über Blocksteinrampe	
Reuse 1: nicht in FMH	
Reuse 2: nicht montiert	
WSP-Stauraum (OW):	361.99 m.ü.A.
WSP-UW:	359.2 m.ü.A.
Fallhöhe:	2.79 m
Wirkleistung-Turbine:	62.3 kW
geschätzter Gesamtwirkungsgrad:	70%
errechneter Durchfluss Turbine:	3.25 m³/s
errechneter Abfluss FMH:	0.446 m³/s
Anteil des konkurrierenden Gesamtabflusses:	12.3 %
errechneter Abfluss Blocksteinrampe:	0.365 m³/s

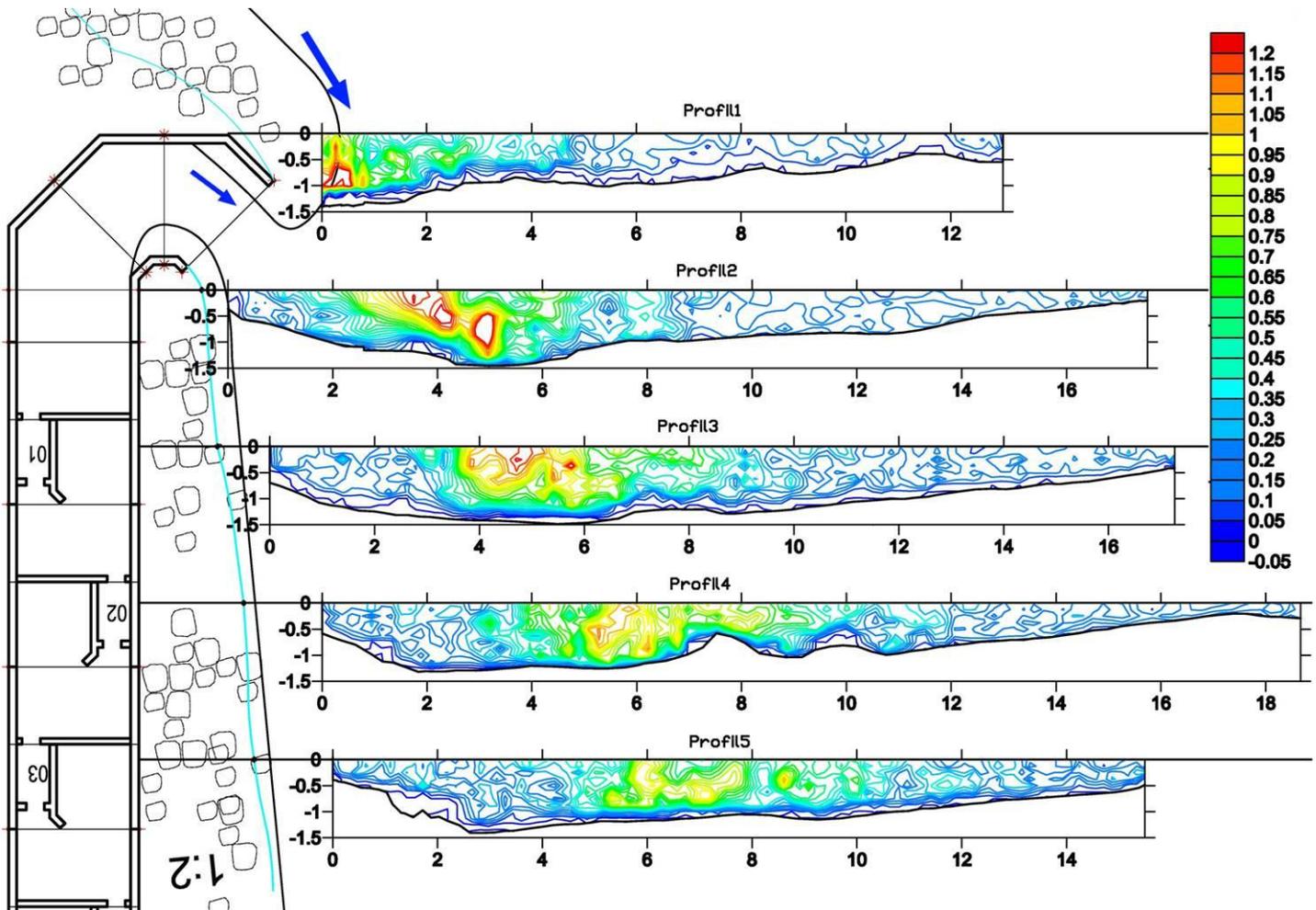


Abb. 5-13 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,2 m.ü.A., Q-Turb. 3,25 m³/s, Q-FMH 0,446 m³/s, Q-Rampe 0,365 m³/s, ADCP – Messung 17.03.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s]

#### 5.1.2.5. Abfluss Restwasserstrecke

Gleich zu Beginn der Untersuchungen im Herbst, am 11.10.2011, wurde ein erhöhter Restwasserabfluss mit einer Spitze von  $44,4 \text{ m}^3/\text{s}$  verzeichnet. Nach Rückgang auf  $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$  war am 13.11.2011 erneut ein rascher Anstieg und damit verbunden ein erhöhter WSP-UW festzustellen. Die Abflussspitze von  $66,1 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde neun Stunden später am gleichen Tag erreicht. Bei beiden Abflusswellen lag der WSP-UW zeitweise über  $359,38 \text{ m.ü.A.}$ , wodurch es zu einem Einstau des unteren Bereichs der FMH kam (Abb. 5-5).

Nach Abklingen der erhöhten Wasserführung wurde am 15.10.2011 ein Abfluss von  $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht. Abgesehen von kurzzeitigen Schwankungen mit Amplituden kleiner  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  blieb der Abfluss bis ans Ende der Herbstuntersuchungen konstant (Abb. 5-14, oben).

Im Frühjahr war zunächst ein leicht schwankender Abfluss in Höhe der Mindestdotierung der Restwasserstrecke festzustellen. Am 20.03.2012 kam es zu einer kurzzeitigen Erhöhung mit einem Spitzenabfluss von  $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , bevor wieder der Mindestwert erreicht wurde.

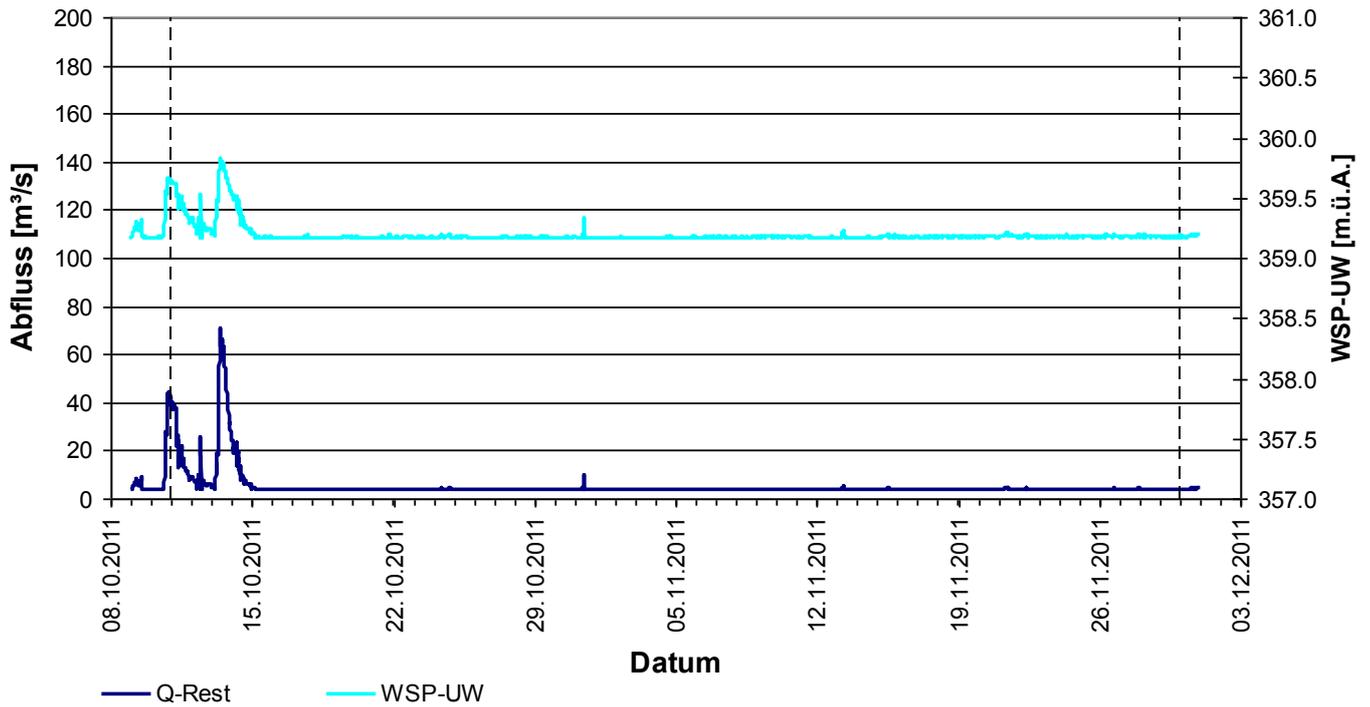
Mit geringer Schwankung setzte sich dieser bis zum 15.04.2012 fort. Durch einen erneuten Anstieg wurde in der Zeit von 16.04.2012 bis 18.04.2012 der FMH im UW-Bereich zeitweise eingestaut. Der Spitzenabfluss von  $31,1 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde dabei am 16.04.2012 erreicht.

Nach Abklingen der Welle stellte sich am 19.04.2012 erneut ein Restwasserabfluss von ungefähr  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ein. Am 30.04.2012 kam es zu einer geringen Abflusserhöhung, die abgesehen von kurzzeitigen Schwankungen bis zum 23.05.2012 weitgehend konstant blieb. Von 24.05.2012 bis 25.05.2012 war eine Abflusswelle mit einer Spitze von  $22,4 \text{ m}^3/\text{s}$  zu verzeichnen. Nach Abklingen wurde am 25.05.2012 wieder annähernd der Mindestabfluss erreicht. Dieser blieb, mit Ausnahme kurzzeitiger Ausreißer, bei Amplituden kleiner  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , bis zum 04.06.2012 erhalten.

Bedingt durch teils intensive Niederschläge im Einzugsgebiet wurden nach dem 04.06.2012 mehrere Abflussereignisse bei stark erhöhtem UW verzeichnet.

Nach raschem Anstieg wurde am 04.06.2012 ein Spitzenabfluss von  $57,3 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht. Unmittelbar nachdem der Scheitel wieder auf Höhe der Mindestdotierung abgefallen war, wurde am 08.06.2012 erneut ein Anstieg bis zu einem Spitzenabfluss von  $30,6 \text{ m}^3/\text{s}$  verzeichnet. Noch bevor diese Welle gänzlich abgeklungen war, stieg der Abfluss innerhalb von 15 Stunden von  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$  auf  $181,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bei dem erreichten Extremwert wurde die Grenze des einjährigen Hochwassers überschritten. Nach Rückgang wurden nach dem 18.06.2012 mehrere Abflussspitzen registriert. Die größte Abflussmenge mit  $90,8 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde dabei am 21.06.2012 erfasst. Am 24.06.2012 war wieder der Mindestabfluss der Restwasserstrecke erreicht, welcher bis zum Ende der Untersuchungen bei geringer Varianz erhalten blieb (Abb. 5-14, unten).

### Abfluss Restwasserstrecke - Herbst



### Abfluss Restwasserstrecke - Frühjahr

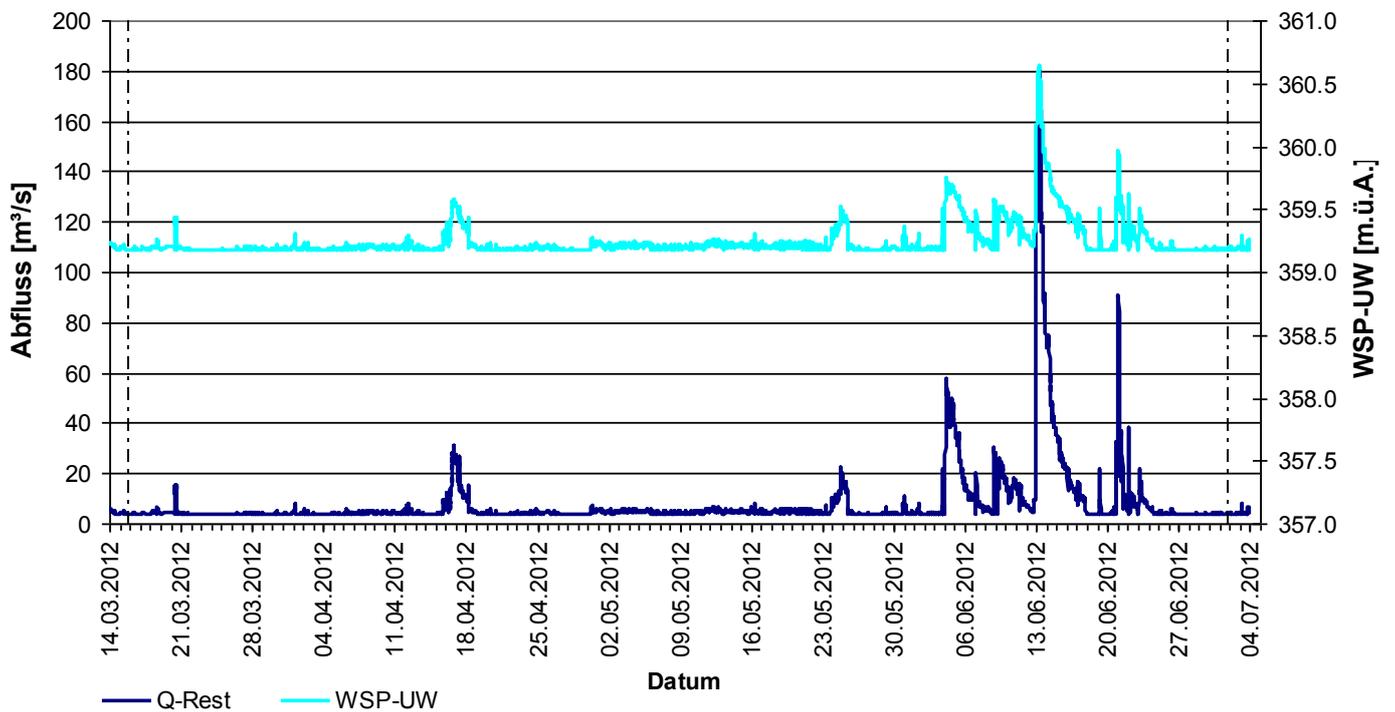


Abb. 5-14 Abflussganglinien und WSP der Restwasserstrecke (UW) in den Untersuchungszeiträumen; oben: Herbst, unten: Frühjahr

### 5.1.2.6. Abflussverhältnisse am Stauziel - Turbine / Restwasserstrecke / Kanal / FMH

Am 19.04.2012 wurde, wie unter 4.1.2.2 beschrieben, eine Untersuchung der Abflussverhältnisse von Triebwasserkanal, Restwasserturbine, Restwasserstrecke und FMH durchgeführt.

Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, wurde durch Regelung der Triebwasserbeaufschlagung der Turbinen am Kraftwert Hart / Glatzing versucht, den WSP-OW konstant auf Stauziel (361,86 m.ü.A.) zu halten.

Bei der Messung am Einlauf der Restwasserschnecke wurde aus mehreren Transekten eine mittlere Dotation von 2,91m<sup>3</sup>/s errechnet. Der aus den ebenfalls erfassten Größen von Wirkleistung und Fallhöhe ermittelte Gesamtwirkungsgrad der Wasserkraftschnecke liegt bei 75%.

**Tab. 5-4 Ergebnisse der ADCP-Messung am Einlauf der Wasserkraftschnecke – Stauziel, Startzeit der Messung 10:42 am 19.04.2012**

ADCP-Messung: Einlauf Wasserkraftschnecke		
Datum: 19.04.2012	vor Messung	nach Messung
cm über Stauziel	0.2	0.4 cm
Wsp-Stauraum:	361.862	361.864 m
Wsp-UW:	359.17	359.17 m
Fallhöhe:	2.692	2.694 m
Wirkleistung:	57.6	57.6 kW
gemessener Durchfluss:	2.907	m <sup>3</sup> /s
errechneter Gesamtwirkungsgrad:	75.0%	

verwendete Transecte		Durchfluss
0	x	2.921 m <sup>3</sup> /s
1		
2	x	2.908 m <sup>3</sup> /s
3		
4	x	2.920 m <sup>3</sup> /s
5		
6	x	2.880 m <sup>3</sup> /s
<b>Mittelwert Durchfluss:</b>		<b>2.907 m<sup>3</sup>/s</b>

Bei einem WSP-UW von 359,17 m.ü.A. wurde eine mittlere Restwassermenge 3,9 m<sup>3</sup>/s ermittelt.

**Tab. 5-5 Ergebnisse der ADCP-Messung im UW der Wehranlage – Stauziel, Startzeit der Messung 14:07 am 19.04.2012**

ADCP-Messung: Restwasser		
Datum: 19.04.2012	vor Messung	nach Messung
cm über Stauziel	0.3	0.8 cm
Wsp-Stauraum:	361.863	361.868 m
Wsp-UW:	359.17	359.17 m

verwendete Transecte		Durchfluss
0		
1	x	3.858 m <sup>3</sup> /s
2	x	3.988 m <sup>3</sup> /s
3	x	3.901 m <sup>3</sup> /s
4	x	3.847 m <sup>3</sup> /s
5		
<b>Mittelwert Durchfluss:</b>		<b>3.899 m<sup>3</sup>/s</b>

Im Zeitraum von 11:22 bis 11:40 Uhr erfolgte die Messung der Triebwassermenge im Werkskanal in insgesamt sieben Transekten, wobei vier davon für die Ermittlung des mittleren Abflusses herangezogen wurden. Der errechnete Durchfluss beläuft sich auf 35,1 m<sup>3</sup>/s.

**Tab. 5-6 Ergebnisse der ADCP-Messung am Werkskanal - Stauziel, Startzeit der Messung 11:22 19.04.2012**

ADCP-Messung: Kanal		
Datum: 19.04.2012	vor Messung	nach Messung
cm über Stauziel	0.5	0.6 cm
Wsp-Stauraum:	361.865	361.866 m
Wsp-UW:	359.17	359.17 m

verwendete Transecte		Durchfluss
0		
1	x	34.763 m <sup>3</sup> /s
2		
3	x	36.011 m <sup>3</sup> /s
4	x	35.123 m <sup>3</sup> /s
5	x	34.374 m <sup>3</sup> /s
6		
7		
<b>Mittelwert Durchfluss:</b>		<b>35.068 m<sup>3</sup>/s</b>

Im Zuge der Messdurchführung wurde um 15:30, ebenfalls am Stauziel, der WSP-Reuse gemessen. Der daraus errechnete Abfluss der FMH liegt bei 0,399 m<sup>3</sup>/s. Die Dotation der Restwasserstrecke aus Turbine und FMH ergibt in Summe 3,3 m<sup>3</sup>/s. Die Differenz zur gemessenen Restwassermenge in Höhe von 0,6 m<sup>3</sup>/s ist durch Leckagen und durch Umläufigkeiten der Stauanlage begründet.



Abb. 5-15 Leckagen an den Wehrschleusen, Hart, 19.04.2012

Der aus Kanal- und Restwassermenge errechnete Gesamtabfluss der Ager liegt bei 38,97 m<sup>3</sup>/s. Der Pegel Fischerau weist am 19.04.2012 in der Zeit von 11:30 bis 12:15 einen mittleren Abfluss von 38,77 m<sup>3</sup>/s aus (ungeprüfte Rohdaten, Q<sub>15min</sub>).

#### 5.1.2.7. Fließgeschwindigkeiten an den Slots

Der WSP-Reuse wurde vor Beginn sowie nach der Erfassung der Fließgeschwindigkeiten dokumentiert. Aus dem Mittelwert von 361,61 m.ü.A. wurde mittels Pegelschlüssel ein mittlerer Abfluss von 352 l/s errechnet. Der WSP-UW lag bei einer Schwankung von 1 cm im Mittel bei 359,13 m.ü.A.

Die Messung wurde zwischen der ersten und zweiten teilweisen Sohlсанierung durchgeführt. Die Substratstärken entsprechen im Wesentlichen der Aufnahme vom 04.07.2012 (Abb. 5-19 unten).

Tab. 5-7 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 5, gemessen am 30.06.2012

Slot 5		$\Delta h = 8 \text{ cm}$			$v_{\max} = 1.253 \text{ m/s}$								
Messlotrechte >		1			2			3			4		
		Fließgeschwindigkeit [m/s]											
		x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy
Abstand Sohle [cm]	96	0.783	-0.378	0.869	0.746	-0.231	0.781	0.766	0.178	0.786	0.883	-0.011	0.883
	80	1.107	0.036	1.108	1.133	-0.124	1.140	0.844	0.219	0.872	1.003	0.171	1.017
	40	1.104	-0.146	1.114	1.069	-0.289	1.107	1.088	0.16	1.100	1.15	0.213	1.170
	5	1.11	-0.011	1.036	1.021	0.357	1.003	0.784	-0.046	0.785	0.834	-0.037	0.835
		0.954	0.129		0.924	0.018							

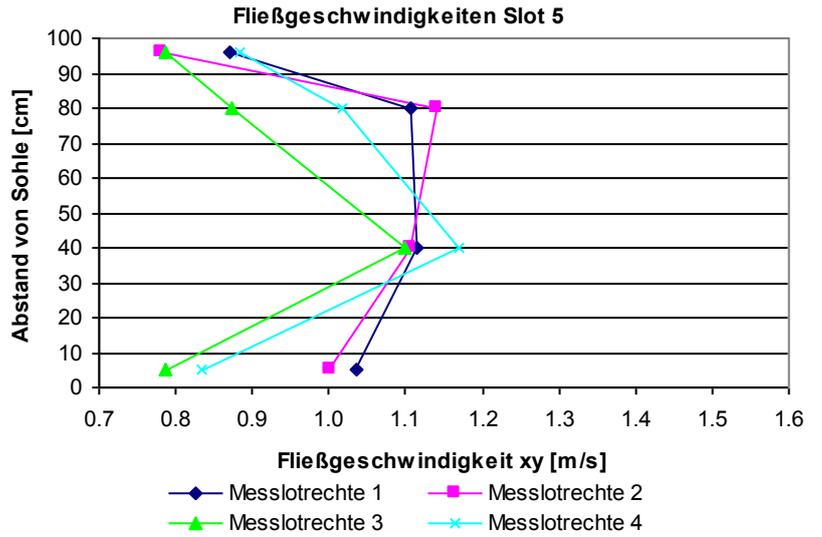
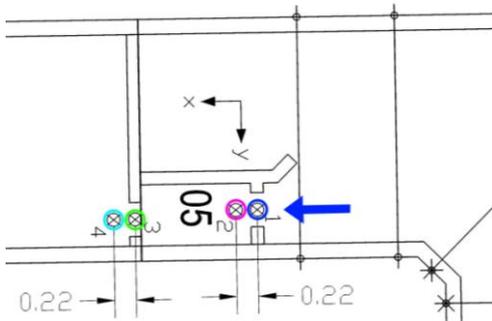


Abb. 5-16 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 5

Tab. 5-8 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 6, gemessen am 30.06.2012

Slot 6		$\Delta h = 19 \text{ cm}$			$v_{\max} = 1.931 \text{ m/s}$								
Messlotrechte >		1			2			3			4		
		Fließgeschwindigkeit [m/s]											
		x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy
Abstand Sohle [cm]	90	1.071	0.131	1.079									
	80	1.049	0.246	1.077	1.293	-0.004	1.293	1.158	-0.332	1.205			
	73										1.373	-0.355	1.418
	65				1.3	0.124	1.306	1.294	-0.169	1.305	1.443	-0.228	1.461
	40	1.169	0.19	1.184	1.192	0.077	1.194	1.466	-0.287	1.494	1.495	-0.186	1.507
	5	0.977	0.383	1.049	1.203	0.179	1.216	0.96	0.115	0.967	1.232	0.123	1.238

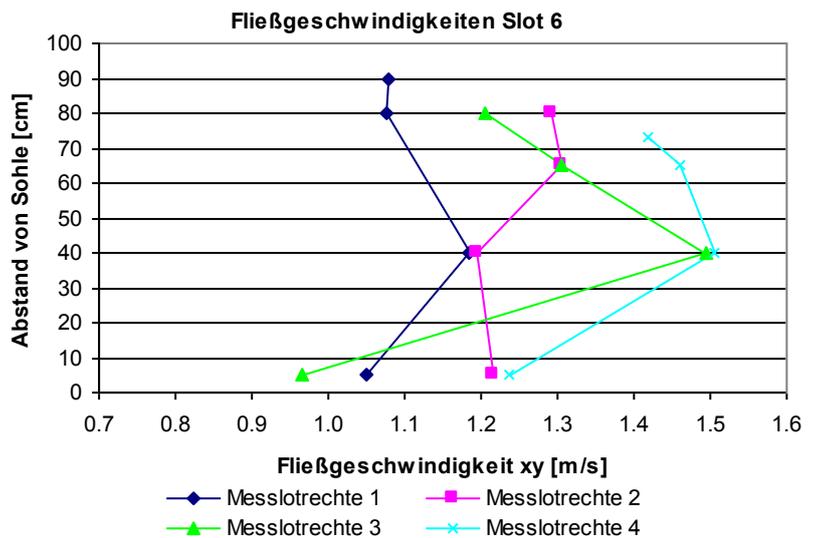
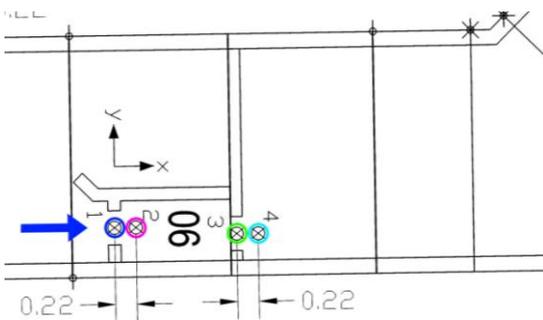


Abb. 5-17 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 6

Tab. 5-9 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 7, gemessen am 30.06.2012

Slot 7		$\Delta h = 15 \text{ cm}$			$v_{\max} = 1.716 \text{ m/s}$								
Messlotrechte >		1			2			3			4		
		Fließgeschwindigkeit [m/s]											
		x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy	x	y	xy
Abstand Sohle [cm]	92	0.75	-0.577	0.946									
	86							0.885	0.291	0.932	1.311	0.272	1.339
	84				1.34	-0.184	1.353						
	80	1.229	-0.327	1.272	1.237	-0.232	1.259	1.188	0.256	1.215	1.391	0.367	1.439
	40	1.136	-0.416	1.210	1.213	-0.069	1.215	1.237	0.291	1.271	1.39	0.238	1.410
	5	1.124	-0.337	1.212	1.284	-0.131	1.215	0.858	0.088	0.863	1.028	0.094	1.032
		1.171	-0.437		1.215	-0.266							

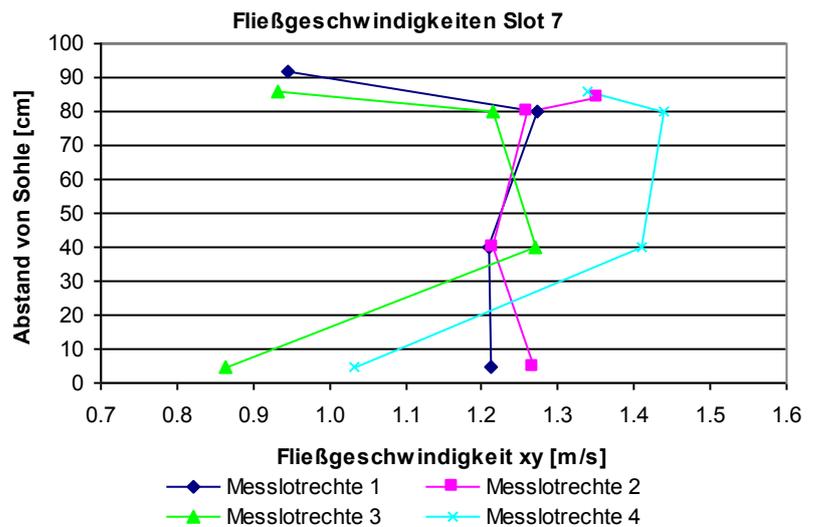
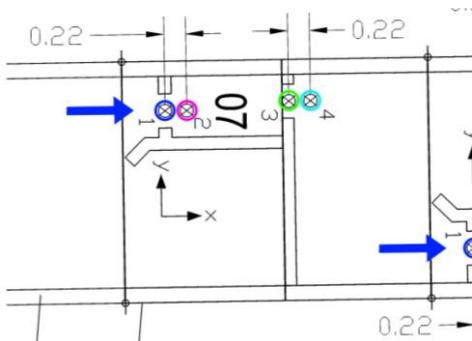


Abb. 5-18 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 7

Die Verteilung aller gemessenen Profile zeigt, dass die maximale Fließgeschwindigkeit der xy-Ebene bei allen Slots an der Messlotrechte 4 im Bereich 40% bis 80% der Gesamtwassertiefe erreicht wird. Sie liegt jeweils unter  $v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$ , wobei ein degressiver Zusammenhang zur Wasserspiegeldifferenz besteht – die Abweichung ist umso ausgeprägter, je größer  $\Delta h$  ist.

Die kleinsten Fließgeschwindigkeiten wurden, abgesehen von einer geringfügigen, oberflächennahen Unterschreitung an Slot 5, in der untersten Ebene der Messlotrechten 3 erfasst. An Slot 6 und Slot 7 entspricht das ca. der Hälfte von  $v_{\max}$ .

An den Messlotrechten 3 und 4 kann jeweils ein Rückgang der Geschwindigkeiten zur Oberfläche hin beobachtet werden, bei den Messlotrechten 1 und 2 ist nur bei einem  $\Delta h$  von 8 cm eine eindeutige Verringerung festzustellen, ansonsten ist der oberflächennahe Verlauf indifferent.

### 5.1.3. Raue Sohle / Sohlhöhenaufnahme

Zu Beginn der Herbstuntersuchungen am 14.10.2011 zeigt die Sohlaufnahme im Bereich vor der 180° Kehre (strömungsabwärts betrachtet) speziell vor den Multistrukturschlitzten lokale Substratdefizite mit Sohlsubstratstärken unter 5 cm. Bei einem Vergleich mit der Aufnahme

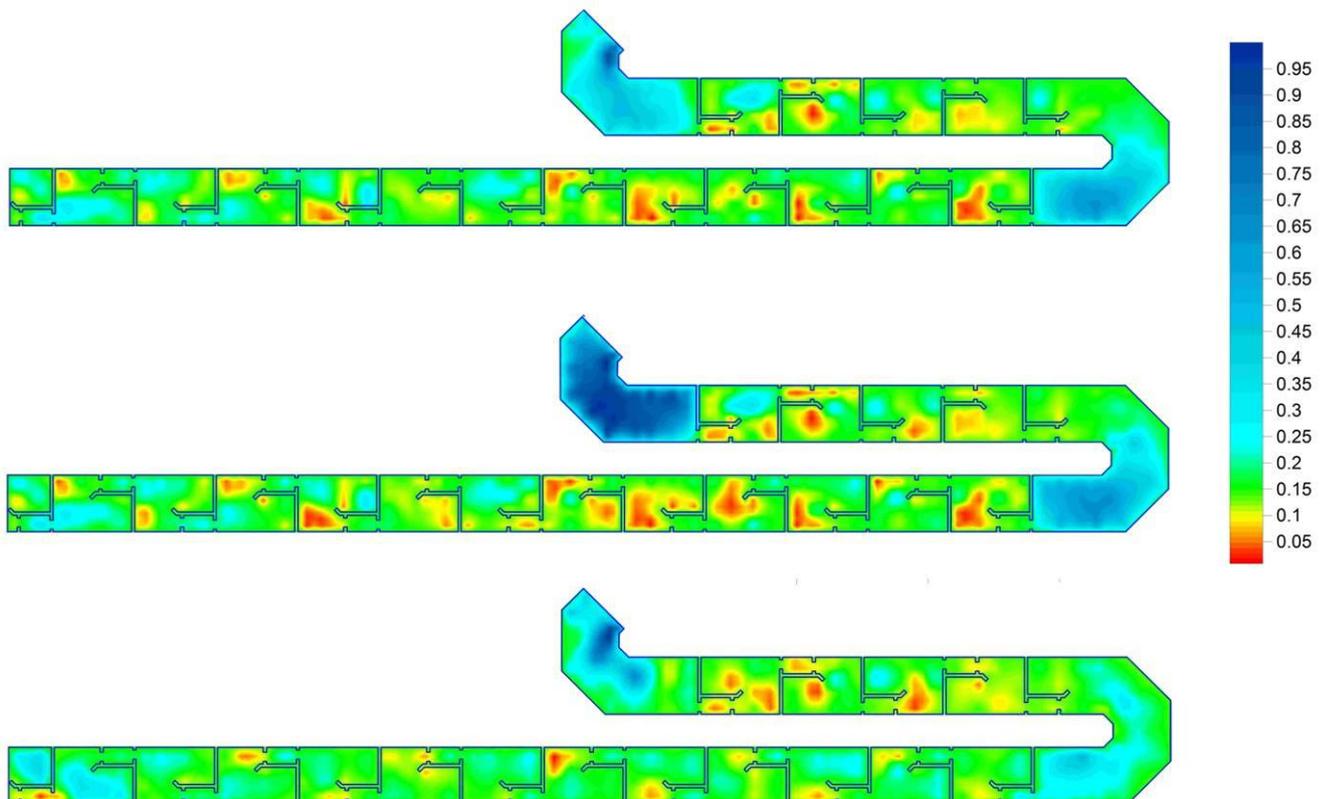
vom 12.04.2012 ist eine klare Tendenz einer fortlaufenden Auskolkung in einigen dieser Bereiche festzustellen.

In der 180° Kehre sowie im Einstiegsbereich kam es vermehrt zu Sedimentablagerungen mit einer Sohlsubstratstärke von um die 40 – 50 cm und somit zur Überdeckung der funktionellen rauen Sohle. Im Vergleich zum Errichtungszustand bei dem eine Sohlsubstratstärke von 15 cm eingebaut wurde, wurde in der 180°-Kehre eine zusätzliche Sedimentablagerung von 3,6 m<sup>3</sup> und beim Kehrenbereich des FMH – Einstiegs von 3,0 m<sup>3</sup> errechnet.

Eine ähnliche Substratstärkenverteilung zeigte sich bei der Sohlaufnahme vom 12.04.2012, jedoch mit einer noch stärker erhöhten Sedimentanlandung im Einstiegsbereich des enature<sup>®</sup> Fischpasses. Im Vergleich zum Sollzustand mit einer mittleren Sohlsubstratstärke von 15 cm ergab sich für die Ablagerung im Einstiegsbereich eine Kubaturdifferenz von 9,2 m<sup>3</sup>. Bei Gegenüberstellung mit dem Zustand vom 14.10.2011 ergibt sich ein zwischenzeitlicher Sedimenteintrag von 6,2 m<sup>3</sup>, welcher durch die Stauraumpülung vom 22.01.2012 bedingt war. In der 180° Kehre lag das Gesamtvolumen der Anlagerung bei 4,3m<sup>3</sup>, das bedeutet eine zusätzliche Anlagerung von 0,7 m<sup>3</sup> im Vergleich zum 14.10.2011.

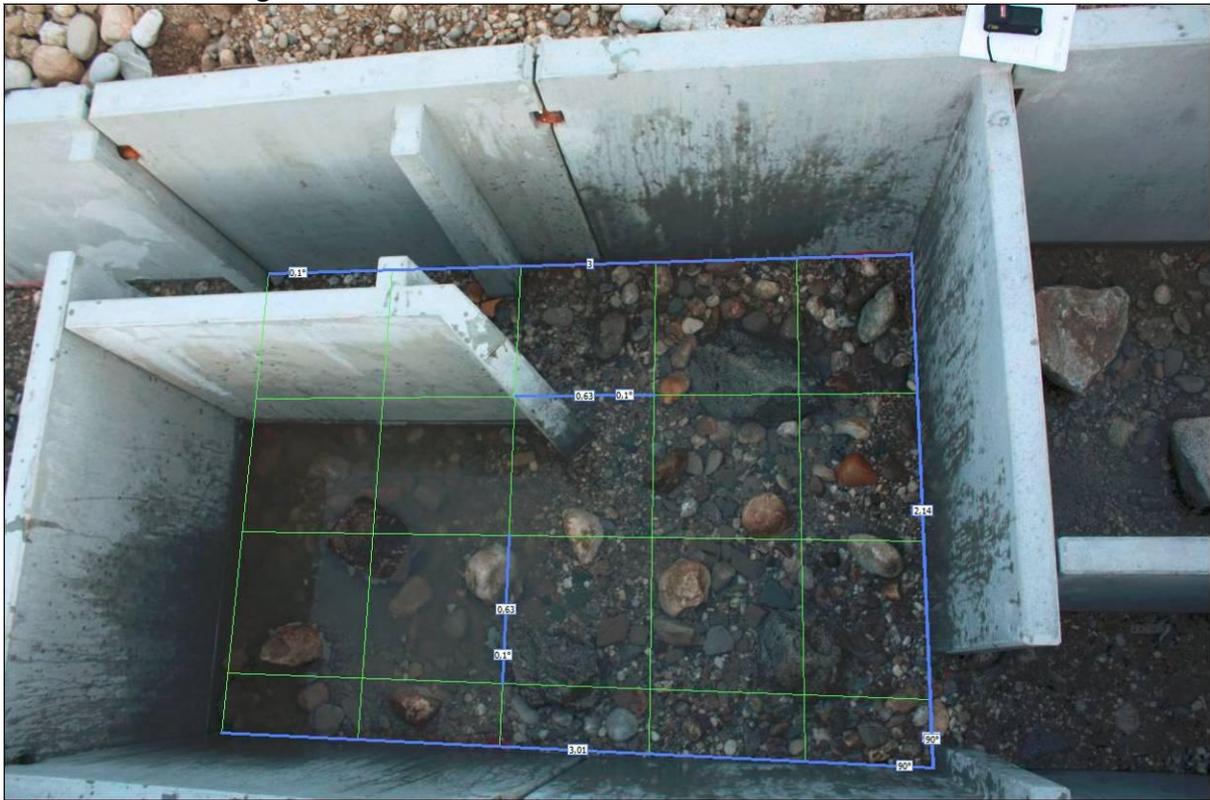
Durch die Sohlsanierung zwischen 21.-23.05.2012 (4.1.4) wurden sowohl zu niedrige wie auch erhöhte Substratstärken dem Sollwert angeglichen.

Bei der Sohlaufnahme, unmittelbar nach der zweiten teilweisen Sohlsanierung vom 04.07.2012, ist die erhöhte Sohlsubstratstärke im Einstiegsbereich der FMH mit ca. 0,95 m auf einen großen Steinblock zurück zu führen. Dieser wurde im Zuge der ersten Sanierung des Einstiegsbereichs versehentlich aus dem Verband gelöst und konnte erst wieder bei der zweiten teilweisen Sohlsanierung ungefähr an seine ursprüngliche Position bewegt werden. Der für die 180°-Kehre ermittelte Sedimenteintrag als Differenz zum Sollwert lag bei 1,7 m<sup>3</sup>.



**Abb. 5-19 Sohlsubstratstärken [m] der FMH während der Untersuchungen;  
oben: Aufnahme am 14.10.2011, mittig: Aufnahme am 12.04.2012, unten: Aufnahme am 04.07.2012**

Die Abbildung des Einbauzustandes der rauen Sohle (Abb. 5-20) zeigt die Anordnung der Rausteine sowie das eingebrachte Sohlsubstrat. Bei der Korngröße des Sohlsubstrats handelt es sich um sehr feines Material ( $\varnothing$  0-120 mm, mit einem  $d_{90}$  von ca. 80 mm). Die Höhe der herausragenden Rausteine erreicht an manchen Stellen nicht die empfohlenen 15 cm. Der Abstand der Rausteine im Pool beträgt ca. 0,5 m. Im Bereich der Multi Struktur Slots wurden keine Rausteine eingebracht.



**Abb. 5-20: Standardpool des enature® Fishpass mit eingebrachtem Sohlsubstrat inkl. Rausteine. Die Maße des überlagerten Rasters beträgt 0,63 x 0,63 m. Quelle: Mader (2012) - bearbeitet.**

#### 5.1.4. Färbeversuch (Visualisierung der Anbindung an Migrationskorridor)

Nachfolgend zeigt eine Bildserie die aus dem enature® Fishpass austretende und mit Uranin grün gefärbte Leitströmung. Der Zeitabstand der ersten 8 Einzelbilder betrug ca. 2 - 2,5 s. Die darauf Folgenden wurden mit größeren Zeitschritten gemacht.

Deutlich erkennbar ist die Konzentration des Abflusses an der linken Außenwand (Blick in Strömungsrichtung) der FMH. Der im Zuge der Sohlсанierung (4.1.4) verschobene Steinblock verursachte zusätzlich eine Querschnittsverengung im Einstiegsbereich und somit eine weitere Verstärkung der Konzentration im linken Außenbereich. Durch seine raue Wirkung und zusätzlich abgelagertem Sohlmaterial fand eine verstärkte Durchmischung nach kurzer Zeit statt (Bild 6).

Die aus der FMH austretende grün gefärbte Strömung verläuft parallel zu jener aus der Turbine (Bild 6 – 9). Es zeigt sich eine deutlich ausgebildete, konzentrierte Strömungsfahne. Der Turbinenabfluss und jener der FMH fließen somit über eine längere Strecke „nebeneinander“ ohne kenntliche Durchmischung. Erst nach ca. 10 – 15 m beginnt eine vermehrte Durchmischung der gefärbten FMH – Strömung mit der Hauptströmung in etwa der Mitte der Gewässerbreite (letztes Bild 11).

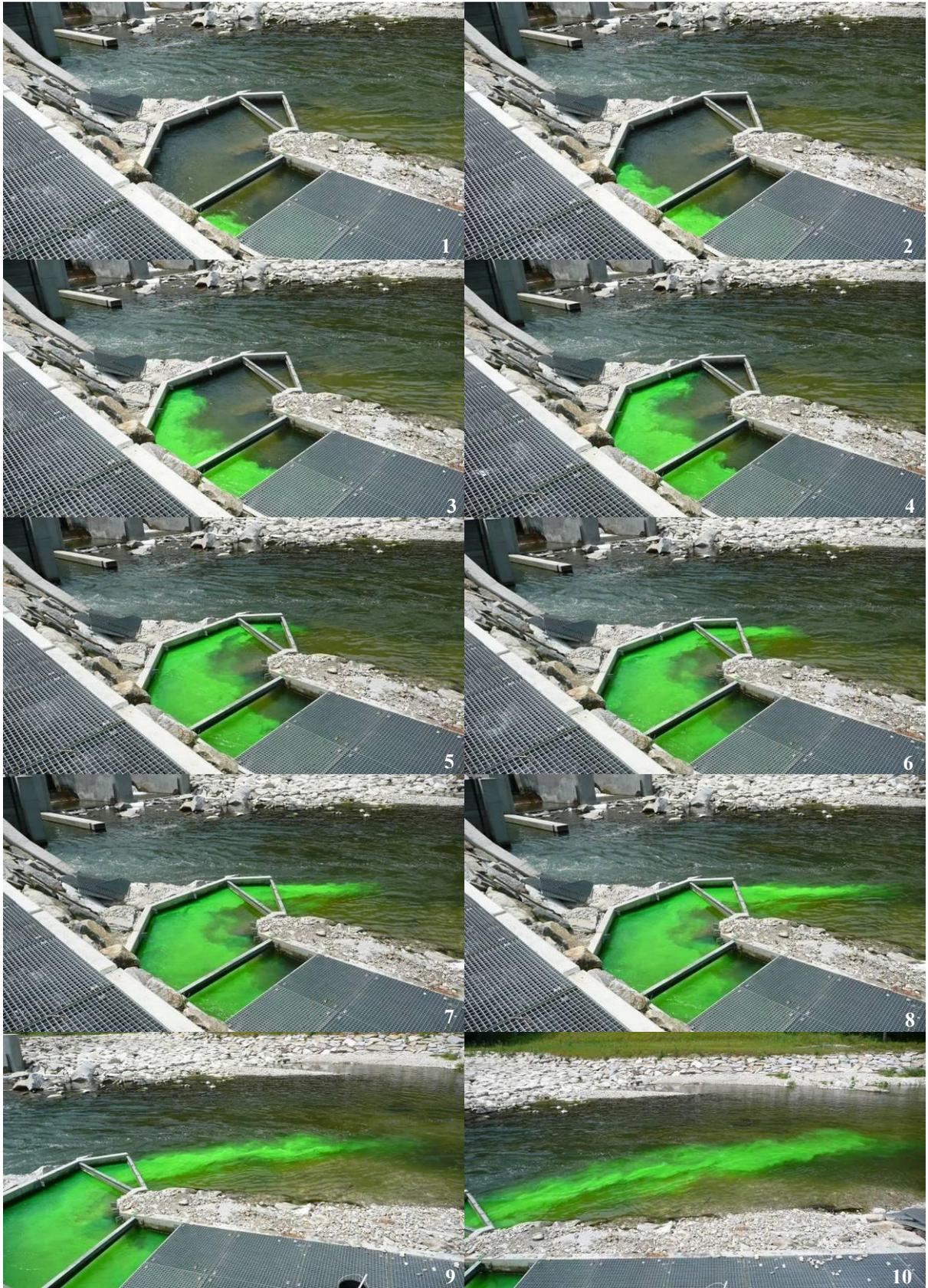




Abb. 5-21: Bildserie des Färbeversuchs bzw. Visualisierung der austretenden FMH – Strömung. Von links oben nach rechts unten (Bild 1 – Bild 11).

### 5.1.5. Betriebssicherheit / Störanfälligkeit

Nach der Forderung von DVWK (1996), Friedrich et al. (2005) und BMLFUW (2012c) soll die Anlage, wie unter 3.2.4 und 3.4.3.2 beschrieben, an 330 Tagen im Jahr funktionsfähig sein. Als Grenzwert gilt dabei der Abfluss  $Q_{30}$  der Überschreitungsdauerlinie bis zu dem ein uneingeschränkter Betrieb möglich sein soll.

Um diesem Anspruch gerecht zu werden und eine dauerhafte Funktion zu gewährleisten, muss jedoch auch die Störanfälligkeit bei Extremereignissen miteinbezogen werden.

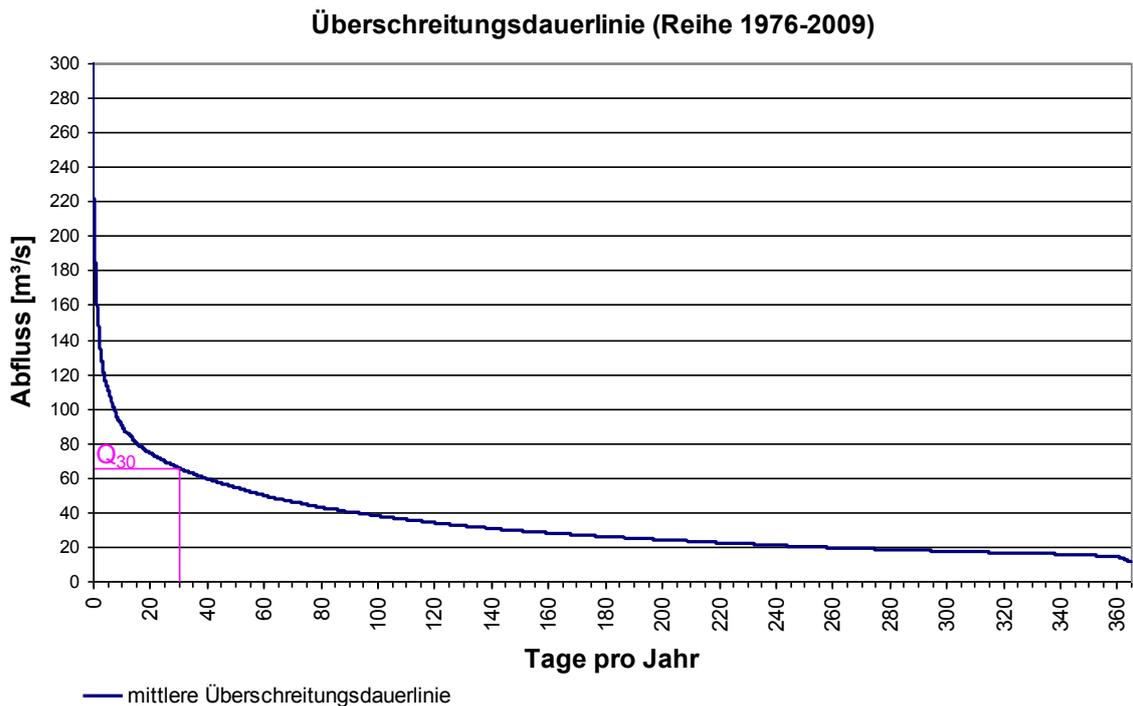
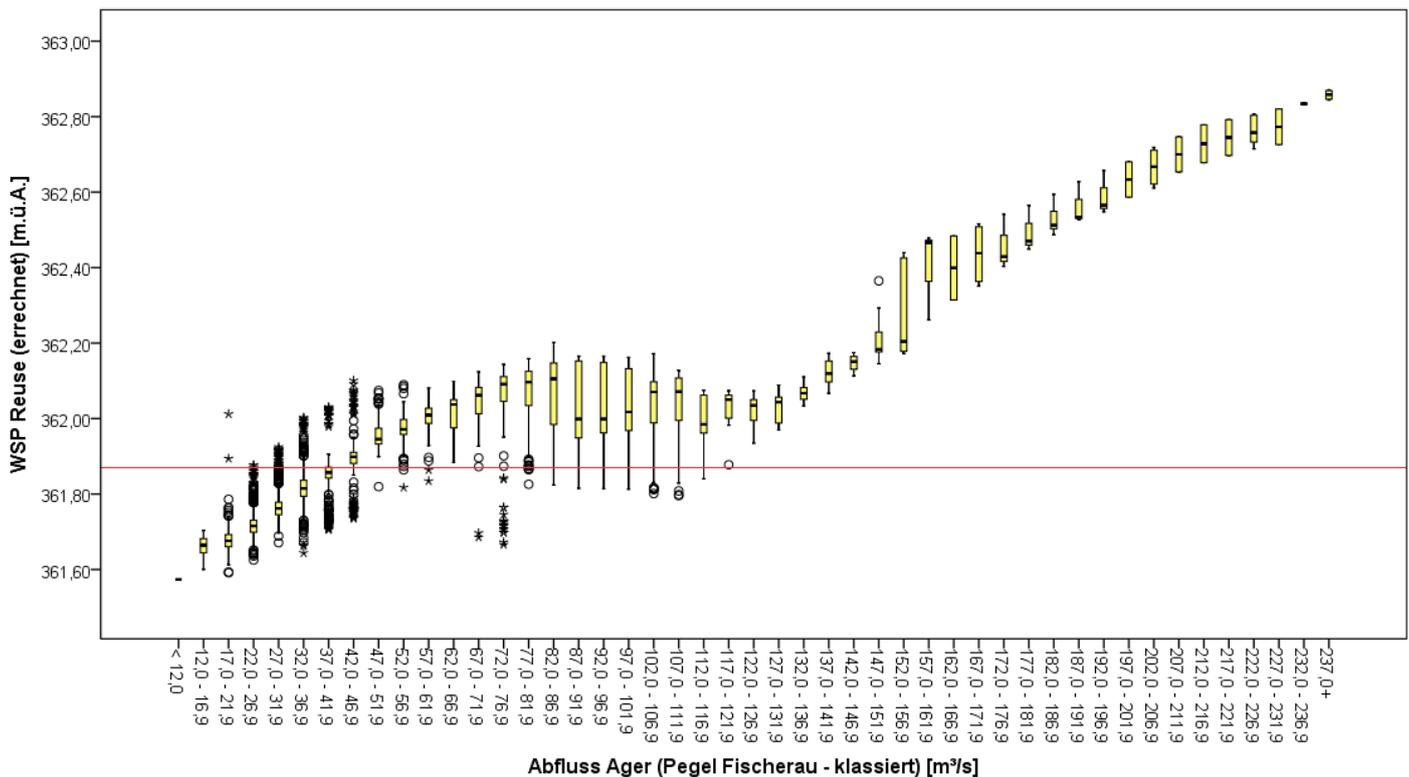


Abb. 5-22 Mittlere Abflussdauerlinie, aus der Reihe der täglichen Abflüsse (1976-2009) der Messstelle Fischerau, mit  $Q_{30}=65,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Aus der mittleren Überschreitungsdauerlinie, die aus den täglichen Abflüssen der Reihe 1976 bis 2009 der Messstelle Fischerau erstellt wurde, wurde  $Q_{30}$  in Höhe von  $65,6 \text{ m}^3/\text{s}$  ermittelt.

### 5.1.5.1. Betriebsweise und Abflussverhältnisse (hydraulischer Normalbetrieb FMH)



**Abb. 5-23 Wasserspiegellagen im oberen Reusenbecken in Abhängigkeit des (klassierten) Gesamtabflusses der Ager, Überströmngrenze bei 361,87 m.ü.A.**

Wie in Abb. 5-23 ersichtlich, wird die Überströmngrenze der FMH, bei der der Analyse zugrunde liegenden Betriebsweise der Anlage, bei einem Gesamtabfluss der Ager von ca. 42 m<sup>3</sup>/s erreicht. Bis dahin ist von hydraulischen Normalabflussverhältnissen im Fischpass zu sprechen. Ausgehend von der Überschreitungsdauerlinie entspricht das einem durchschnittlichen hydraulischen Normalbetrieb von 282 Tagen im Jahr.

Bei Q<sub>30</sub> liegt der WSP-Reuse bei ca. 362,0 m.ü.A. also 13 cm über der Überströmngrenze.

### 5.1.5.2. Verkläuserung

Im Untersuchungszeitraum wurde kein größeres Schwemmgut in der FMH festgestellt, von dem eine Gefahr hinsichtlich Verkläuserung ausgegangen wäre. Dies ist auf die gute Abwehr von Schwimmstoffen durch den Grobrechen am Einlauf zum Kanal und dem Einlaufschütz der FMH, das als Tauchwand wirkt, zurückzuführen. Kleineres Geschwemmsel wie z.B. Laub ist im Untersuchungszeitraum überwiegend durch die Reuse 1 abgefangen worden. Von diesem ist aber auch ohne Reuse keine Beeinträchtigung des Betriebes der Anlage ausgegangen.

### 5.1.5.3. Geschiebe

Wegen einer unzureichenden Funktion der Kragschwelle am Einlauf des Kanals (Abb. 5-24, links) wurde während der Untersuchungen in der FMH Geschiebeeintrag festgestellt (Abb. 5-24, mittig). Dieses setzt sich größtenteils im Vorlaufbecken und im darauf folgenden oberen Ruhebecken ab. Unterhalb von Schlitz 19 war während der Frühjahrsuntersuchungen eine Ablagerung von ca. 1m<sup>3</sup> festzustellen (Abb. 5-25).

Zeitweise konnte durch angelandetes Geschiebe das Schütz am Einlauf der FMH nicht vollständig geschlossen werden. Generell ist durch die Forderung eines durchgängigen Sohlsubstrates und der sohlgleichen Anbindung der FMH an den Kanal kein 100-prozentiger Verschluss möglich. Auch bei einer vollständigen Absenkung der Schütztafel (Abb. 5-24, rechts) ist aufgrund von Leckagen mit einer Dotation der FMH von ca. 20 l/s zu rechnen (Abb. 5-25, links).



Abb. 5-24 links: Mit Schotter bedeckte Kragchwelle, 01.05.2012; mittig: Geschiebebezug in Kanal zum Einlauf der FMH, 01.05.2012; rechts: Vollständig abgesenktes Schütz mit OK 362,6 m.ü.A.



Abb. 5-25 ; links: Geschiebeablagerung im Vorlaufbecken und Leckagen am Schütz, 04.07.2012; rechts: Geschiebeablagerung von ca. 1m<sup>3</sup> unterhalb von Schlitz 19 (Reusenbecken 1) während der Frühjahrsperiode, 04.07.2012

#### 5.1.5.4. Wasserstände und Störanfälligkeit bei stark erhöhter Wasserführung

Eine wirksame Spülung der Kragchwelle war im Untersuchungszeitraum nur im Falle von stark erhöhter Wasserführung möglich. Am 22.01.2012 kam es beim Öffnen der Wehrschleusen zu einem unerwartet raschen Geschiebeaustrag vom Stauraum ins UW. Der Geschiebeschwall führte dabei zur Ablagerung von Substrat im Einstiegsbereich welches primär durch eine Öffnung der Gitterroste am unteren Reusenbecken eingedrungen war. Zudem wurden die Gitterroste im unteren Bereich der FMH mit Steinen bedeckt (Abb. 5-26, unten links).

Durch den starken Geschiebetrieb kam es bei erhöhter Wasserführung und geöffneten Schleusen zur Erosion der Betonkanten der Fertigteilelemente im eingestauten UW der FMH (Abb. 5-26, unten rechts).



**Abb. 5-26 oben: Hochwasserentlastung über Zufahrtsstraße am 22.01.2012 bei Spitzenabfluss von 241 m<sup>3</sup>/s (Restwasser 223 m<sup>3</sup>/s), Quelle: KWG; unten links: Steinteppich auf Gitterroste der FMH, 17.03.2012; unten rechts: Erosierte Betonkante am Fertigteil des Einstieges der FMH, 18.07.2012**

Steigt der WSP-OW über 362.6 m.ü.A., von dem bei geöffneten Schleusen ab einer Wasserführung HQ<sub>1</sub> auszugehen ist, wird die FMH zwangsläufig dotiert, da es zu einer Überströmung des geschlossenen Schützes kommt.

Ab einem HQ<sub>3</sub> ist mit einer zusätzlichen Dotation der FMH durch Entlastung des Kanals über die Zufahrtsstraße (GOK 363 m.ü.A.) zu rechnen (Abb. 5-26, oben).



**Abb. 5-27 Hochwasser (ca.  $HQ_1$ ) am 13.06.2012; links: eingestautes UW an FMH; rechts: Überströmte Reuse 1**

## 5.2. Ergebnisse der Fischökologischen Untersuchungen

### 5.2.1. Fischarten (Feldmüller et al., 2012)

Bei den Befischungen der Ager im untersuchten Abschnitt im Bereich des KW Hart wurden insgesamt 17 Fischarten festgestellt, welche sieben Familien zugeordnet werden können (Tab. 5-10).

Tab. 5-10 Fischarten der Ager in den Befischungsstrecken Entnahmestrecke KW Hart und Stauraum KW Hart.

Art	Wissenschaftlicher Name	Entnahmestrecke KW Hart	Stauraum KW Hart
Bachforelle	<i>Salmo trutta fario</i>	+	+
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	+	+
Bachsaibling	<i>Salvelinus fontinalis</i>	+	
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	+	+
Hecht	<i>Esox lucius</i>	+	+
Aitel	<i>Squalius cephalus</i>	+	+
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	+	+
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	+	+
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	+	+
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	+	+
Perlfisch	<i>Rutilus meidingeri</i>		+
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	+	
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		+
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	+	+
Bachschmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	+	+
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	+	
Koppe	<i>Cottus gobio</i>	+	+
<b>Artenzahl (<math>\Sigma = 17</math>)</b>		<b>15</b>	<b>14</b>

Als artenreichste Familie erwies sich jene der Karpfenfische (Cyprinidae) mit den neun Vertretern Aitel (*Squalius cephalus*), Barbe (*Barbus barbus*), Elritze (*Phoxinus phoxinus*), Gründling (*Gobio gobio*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*), Perlfisch (*Rutilus meidingeri*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*) und Schneider (*Alburnoides bipunctatus*). Die Familie der Lachsartigen (Salmonidae) war durch die autochthone Bachforelle (*Salmo trutta fario*) sowie die beiden allochthonen (standortfremden) Arten Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis*) vertreten. Alle übrigen Familien waren lediglich durch eine Art repräsentiert. So wurden noch die Äsche (*Thymallus thymallus*, Familie Thymallidae), der Hecht (*Esox lucius*, Familie Esocidae), die Bachschmerle (*Barbatula barbatula*, Familie

*Balitoridae*), der Flussbarsch (*Perca fluviatilis*, Familie *Percidae*) sowie die zur Familie der *Cottidae* zählende Koppe (*Cottus gobio*) nachgewiesen.

*Bachforelle*, *Regenbogenforelle*, *Äsche*, *Hecht*, *Aitel*, *Barbe*, *Elritze*, *Gründling*, *Hasel*, *Schneider*, *Bachschmerle* und *Koppe* waren in beiden Untersuchungsstrecken fängig, während *Bachsaibling*, *Rotaugen* und *Flussbarsch* lediglich in der Entnahmestrecke, der *Perlfisch* und die *Rotfeder* dagegen ausschließlich im Stauraum des KW Hart festgestellt wurden. Der Bereich der Entnahmestrecke erwies sich mit 15 Arten als knapp artenreicher als der Staubebereich (14 Arten).

## 5.2.2. Fischbestand (Feldmüller et al., 2012)

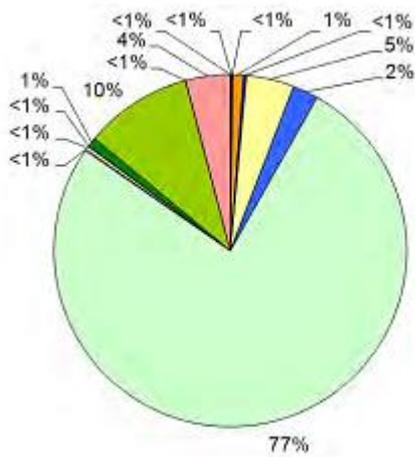
### 5.2.2.1. Entnahmestrecke KW Hart

Die Ichthyozönose der Entnahmestrecke des KW Hart setzte sich aus den 15 Fischarten *Bachforelle*, *Regenbogenforelle*, *Bachsaibling*, *Äsche*, *Hecht*, *Aitel*, *Barbe*, *Elritze*, *Gründling*, *Hasel*, *Rotaugen*, *Schneider*, *Bachschmerle*, *Flussbarsch* und *Koppe* zusammen (Tab. 5-11). Insgesamt wurden 23905 Individuen gefangen, wobei sich ein Gesamtfischbestand von 8753 Ind./100 m bzw. 29773 Ind./ha sowie eine Gesamtbiomasse von 74,65 kg/100 m bzw. 253,95 kg/ha ergaben (Tab. 5-11). Als deutlich abundanzstärkste Art erwies sich die *Elritze* mit 22761 Ind./ha, was einem relativen Anteil von 77% der Gesamtabundanz des Standorts entsprach (Tab. 5-11, Abb. 5-28). Es folgten die *Bachschmerle* mit 2943 Ind./ha (10%), das *Aitel* mit 1304 Ind./ha (5%), die *Koppe* mit 1214 Ind./ha (4%) sowie die *Barbe* mit 698 Ind./ha (2%). Alle übrigen Arten nahmen lediglich 1% oder weniger der Gesamtabundanz ein.

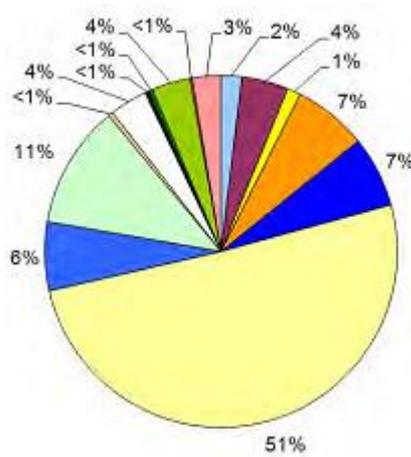
**Tab. 5-11 Fischarten und Fischbestand der Ager, Entnahmestrecke KW Hart.**

Fischart	Abundanz		Biomasse		Mittl. Länge [cm]	Mittl. Gewicht [g]	KF (Fulton)
	Ind./100 m	Ind./ha	kg/100 m	kg/ha			
Bachforelle (n=18)	7	24	1,43	4,87	24,71	203,39	0,98
Regenbogenf. (n=27)	10	33	3,19	10,86	28,57	325,66	1,01
Bachsaibling (n=7)	2	8	0,92	3,13	33,09	382,91	1,04
Äsche (n=202)	87	296	5,06	17,22	18,43	58,27	0,82
Hecht (n=46)	22	75	4,88	16,59	33,01	222,62	0,60
Aitel (n=805)	383	1304	37,82	128,65	16,93	98,67	1,03
Barbe (n=570)	205	698	4,71	16,03	6,70	22,96	1,01
Elritze (n=18523)	6692	22761	8,44	28,70	5,18	1,26	0,92
Gründling (n=37)	13	44	0,33	1,12	13,32	25,29	1,03
Hasel (n=55)	26	89	2,57	8,76	19,24	98,29	0,99
Rotauge (n=14)	6	19	0,28	0,94	14,81	49,71	1,20
Schneider (n=214)	76	259	0,26	0,89	6,22	3,42	0,91
Bachschmerle (n=2394)	865	2943	2,65	9,02	7,50	3,06	0,76
Flussbarsch (n=5)	2	6	0,15	0,50	17,36	88,44	1,64
Koppe (n=988)	357	1214	1,96	6,67	7,14	5,50	1,33
<b>Summe (n=23905)</b>	<b>8753</b>	<b>29773</b>	<b>74,65</b>	<b>253,95</b>			

*Hinsichtlich der Biomasse dominierte das Aitel mit 128,65 kg/ha (51% der Gesamtbiomasse, Abb. 5-28). Die Elritze nahm, bedingt durch die geringe Körpergröße der Art, trotz der ausgesprochen hohen Individuendichte mit 28,7 kg/ha nur einen verhältnismäßig geringen Anteil (11%) der Biomasse ein. In absteigender Reihenfolge folgten die Äsche mit 17,22 kg/ha (7%), der Hecht mit 16,59 kg/ha (7%), die Barbe mit 16,03 kg/ha (6%), die Regenbogenforelle mit 10,86 kg/ha (4%), die Bachschmerle mit 9,02 kg/ha (4%), der Hasel mit 8,76 kg/ha (4%), die Koppe mit 6,67 kg/ha (3%), die Bachforelle mit 4,87 kg/ha (2%) und der Bachsaibling mit 3,13 kg/ha (1%). Die relativen Anteile von Gründling (1,12 kg/ha), Rotauge (0,94 kg/ha), Schneider (0,89 kg/ha) und Flussbarsch (0,50 kg/ha) lagen unter 1%.*



**Abb. 5-28: Fischartenverteilung (Abundanz) in der Entnahmestrecke des KW Hart.**



**Abb. 5-29: Fischartenverteilung (Biomasse) in der Entnahmestrecke des KW Hart.**

Die Längen-Frequenzdiagramme sowie die Längen-Gewichtskurven der am 31.10.2011 in der Entnahmestrecke des KW Hart nachgewiesenen Arten sind den folgenden Abbildungen (Abb. 5-34-Abb. 5-60) zu entnehmen.

Die Bachforelle, eine in der Ager typische Begleitfischart, wies dem Längen-Frequenzdiagramm zufolge eine gestörte Altersstruktur auf (Abb. 5-39). Zwar wurden bis zu einer Größe von 37 cm Individuen aller Altersklassen nachgewiesen, allerdings waren die Stückzahlen durchwegs sehr gering. Defizite waren insbesondere bei den Jungfischen gegeben. Die Populationsaufbaue der allochthonen Arten Regenbogenforelle (Abb. 5-62) und Bachsaibling (Abb. 5-41) wiesen ebenfalls erhebliche Mängel auf. Neben den allgemein geringen Individuendichten der Regenbogenforelle zwischen 15 und 37 cm Totallänge fehlten Jungfische < 15 cm vollständig. Das größte gefangene Exemplar war 47 cm lang. Bei den gefangenen Bachsaiblingen handelte es sich lediglich um einzelne Exemplare zwischen 29 und 35 cm Totallänge. Alle übrigen Altersklassen dieser Fischart fehlten. Das Längen-Frequenzdiagramm der Begleitart Äsche (Abb. 5-37) weist die höchsten Individuendichten bei den Fischen zwischen 13 und 20 cm auf. Adulte Exemplare ab einer Größe von 26 cm wurden nur noch vereinzelt nachgewiesen. Der Altersaufbau des Hechts wurde von mittelgroßen Individuen dominiert (Abb. 5-55).

Juvenile und sehr große Exemplare fehlten vollständig. Die Leitfischart Aitel wies ein Vorkommen aller Altersklassen sowie einen weitgehend natürlichen Populationsaufbau auf (Abb. 5-35). Dieser zeichnete sich durch einen besonders hohen Jungfischbestand (Altersklasse 0+) und hohe Individuendichten bei den Fischen zwischen 15 und 30 cm Totallänge aus. Außerdem wurden mehrere Adultexemplare über 30 cm gefangen, wobei das größte Individuum eine Länge von 50 cm aufwies. Der Bestand der Barbe – eine weitere Leitfischart der Ager – wurde von Jungfischen der Altersklasse 0+ dominiert (Abb. 5-45). Alle übrigen Altersklassen waren lediglich durch einzelne Individuen repräsentiert.

*Bei der Elritze waren alle Altersklassen sowie hohe Individuendichten festzustellen (Abb. 5-47). Auffällig war die sehr deutliche Dominanz an Exemplaren zwischen 5 und 6 cm Totallänge, wobei der deutliche Peak zumindest zum Teil methodisch durch die Bildung von Summengewichten bei der Bestandsaufnahme bedingt ist. Die Begleitart Gründling wies eine mäßige Populationsstruktur und relativ geringe Individuendichten auf (Abb. 5-51). Den größten Anteil machten Individuen zwischen 13 und 15 cm aus. Ein Jungfischaufkommen des Gründlings wurde nicht nachgewiesen. Beim Hasel waren alle Altersklassen festzustellen, wobei die Individuendichte generell eher mäßig ausfiel (Abb. 5-53). Die Dichte der Jungfische war, im Vergleich zu jener der Fische zwischen 15 und 27 cm, unterrepräsentiert. Der Bestand an Rotaugen war sehr gering. Insgesamt wurden nur 14 Exemplare gefangen, wobei es sich um neun Tiere zwischen 15 und 21 cm Größe sowie fünf etwa 10 cm große juvenile Individuen handelte (Abb. 5-64). Der Flussbarsch war lediglich mit fünf Exemplaren mittlerer Größe fängig (Abb. 5-49).*

*Bei der Leitart Schneider wurden hohe Individuendichten sowie alle Altersklassen nachgewiesen, wobei eine deutlich Dominanz von Jungfischen festzustellen war (Abb. 5-66). Das Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerle weist eine ähnliche Verteilung mit sehr hohen Individuenzahlen bei den Fischen zwischen 6 und 9 cm auf (Abb. 5-43). Die Koppenpopulation zeigte hohe Dichten und eine lückenlose Altersverteilung mit einer außergewöhnlichen Dominanz an Tieren mit 7 cm Totallänge (Abb. 5-57). Die Dominanz einer bestimmten Fischlänge ist bei letzteren Arten zum Teil wieder methodisch durch die Bildung von Summengewichten bedingt.*

#### 5.2.2.2. Stauraum KW Hart

*Anmerkung:* Da in dieser Arbeit die Ergebnisse der Basisbefischung des Stauraums für die Bewertung nach Woschitz et al. (2003) keine Relevanz haben, sind diese nur der Vollständigkeit halber angeführt. Die Längenfrequenzdiagramme sind hier nicht abgebildet, sondern sind bei Interesse der Arbeit von Feldmüller et al. (2012) zu entnehmen.

**Tab. 5-12 Fischarten und Fischbestand der Ager, Stauraum KW Hart.**

Fischart	Abundanz		Biomasse		Mittl. Länge [cm]	Mittl. Gewicht [g]	KF (Fulton)
	Ind./100 m	Ind./ha	kg/100 m	kg/ha			
Bachforelle (n=7)	3	8	0,76	2,09	28,43	235,40	0,96
Regenbogenf. (n=29)	16	44	5,37	14,80	30,06	313,70	0,98
Äsche (n=8)	3	9	0,17	0,47	18,55	56,14	0,86
Hecht (n=2)	1	3	0,18	0,50	30,55	163,15	0,58
Aitel (n=293)	346	954	23,34	64,30	11,16	194,94	1,04
Barbe (n=74)	138	379	43,99	121,19	32,39	772,32	0,89
Elritze (n=1585)	3380	9311	9,21	25,38	4,71	1,34	0,99
Gründling (n=21)	8	22	0,31	0,85	14,84	38,74	1,15
Hasel (n=1)	15	40	0,05	0,15	7,90	3,60	0,73
Perlfisch (n=1)	1	1	0,10	0,28	31,70	308,70	0,97
Rotfeder (n=1)	1	1	0,07	0,19	25,50	235,20	1,42
Schneider (n=18)	36	99	0,18	0,50	4,99	1,83	0,87
Bachscherle (n=20)	163	450	0,51	1,40	6,94	2,71	0,73
Koppe (n=4)	26	71	0,16	0,44	7,83	6,10	1,22
<b>Summe (n=2064)</b>	<b>4137</b>	<b>11392</b>	<b>84,40</b>	<b>232,54</b>			

Die Fischbiozönose im Stauraum des KW Hart bestand aus insgesamt 14 Fischarten (Bachforelle, Regenbogenforelle, Äsche, Hecht, Aitel, Barbe, Elritze, Gründling, Hasel, Perlfisch, Rotfeder, Schneider, Bachscherle, Koppe, Tab. 5-12). Auch in diesem Abschnitt der Ager erwies sich die Elritze mit 9311 Ind./ha bzw. einem relativen Anteil von 82% an der Gesamtabundanz als deutlich abundanzstärkste Art (Tab. 5-12, Abb. 47 in Feldmüller et al. (2012)). Darüber hinaus kamen lediglich die Arten Aitel (954 Ind./ha bzw. 8%), Bachscherle (450 Ind./ha bzw. 4%) und Barbe (379 Ind./ha bzw. 3%) noch in höheren Dichten vor, während alle übrigen Arten in Summe nur mehr rund 3% der Gesamtabundanz einnahmen. Die Biomasse wurde von den beiden Cypriniden-Arten Barbe und Aitel dominiert, die Anteile von 52% (121,19 kg/ha) bzw. 28% (64,30 kg/ha) erreichten (Tab. 6, Abb. 48 in Feldmüller et al. (2012)). Vor allem bei der Barbe war dies auf einen verhältnismäßig hohen Anteil an adulten Individuen über 50 cm Totallänge zurückzuführen, was sich auch in der mittleren Länge der Art (32,39 cm) widerspiegelte. Die Kleinfischart Elritze nahm trotz der vergleichsweise hohen Abundanz naturgemäß mit 25,38 kg/ha (11%) nur einen verhältnismäßig geringen Anteil der Biomasse dieses Standorts ein. Mit Ausnahme der Regenbogenforelle (14,8 kg/ha bzw. 6%), der Bachforelle (2,09 kg/ha bzw. 1%), der Bachscherle (1,4 kg/ha bzw. 1%) und des Gründlings (0,85 kg/ha bzw. 1%) nahmen alle weiteren Arten Biomasseanteile < 1% ein.

Der Gesamtfischbestand des Stauraums belief sich auf 4137 Ind./100 m bzw. 11392 Ind./ha. Die Gesamtbiomasse lag bei 84,4 kg/100 m bzw. 232,54 kg/ha.

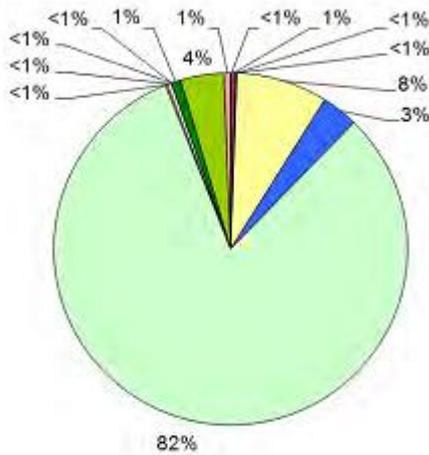


Abb. 5-30: Fischartenverteilung (Abundanz) im Stauraum des KW Hart.

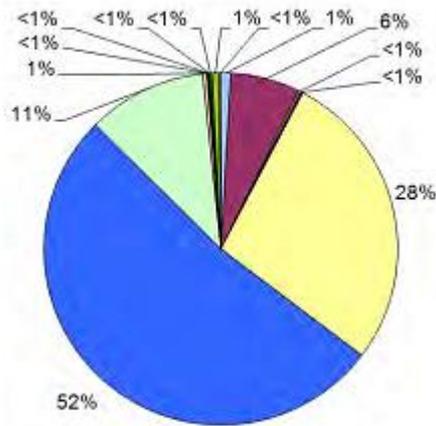


Abb. 5-31: Fischartenverteilung (Biomasse) im Stauraum des KW Hart.

Die Längen-Frequenzdiagramme und die Längen-Gewichtskurven aller in der Befischungsstrecke im Stauraum des KW Hart nachgewiesenen Arten sind in den Abb. 47(=Abb. 5-30) bis Abb. 72 (in der Arbeit von Feldmüller et al. (2012)) dargestellt. Da die Längen-Gewichtskurve erst ab einer Fangzahl von drei Individuen berechnet werden kann, ist sie für die Arten Hecht, Hasel, Perlfisch und Rotfeder nicht angegeben.

Bei der Bachforelle waren lediglich einzelne Individuen zwischen 24,1 und 34,5 cm Totallänge vorhanden (Abb. 49 in Feldmüller et al. (2012)). Eine ähnliche Situation war bei der Äsche festzustellen, die nur durch einige wenige juvenile Exemplare mit Längen zwischen 16,5 und 20,2 cm repräsentiert war (Abb. 53 in Feldmüller et al. (2012)). Bei der allochthonen Regenbogenforelle waren alle Altersklassen ab einer Totallänge von 20 cm vorhanden, während Jungfische vollständig fehlten (Abb. 51). Die Individuendichten waren aber generell gering. Die seltene Begleitart Hecht war nur anhand zweier Individuen mit 24,6 bzw. 36,5 cm Länge vertreten (Abb. 55 in Feldmüller et al. (2012)).

Das Längen-Frequenzdiagramm des Aitels zeigt einen lückenhaften Altersaufbau mit sehr hohen Individuendichten bei den Jungfischen der Altersklasse 0+ sowie einem guten Bestand an adulten Exemplaren über 38 cm Totallänge (Abb. 56 in Feldmüller et al. (2012)). Individuen mittlerer Größe wurden ausschließlich anhand weniger Fische bis 20 cm Länge gefunden, während Exemplare zwischen 20 und 38 cm fehlten. Der Populationsaufbau der Barbe entsprach weitgehend jenem des Aitels, wobei die Dichte der 0+ Fische deutlich geringer ausfiel (Abb. 58 in Feldmüller et al. (2012)). Auch bei der Barbe lagen relativ hohe Stückzahlen bei den adulten Individuen über 50 cm Totallänge vor. Auffällig war jedoch die Absenz aller Altersklassen zwischen 10 und 40 cm mit Ausnahme eines einzelnen Exemplars mit 20 cm Länge. Die Elritze zeigte einen weitgehend natürlichen, lückenlosen Populationsaufbau mit hohen Dichten und einer deutlichen Dominanz an Individuen zwischen 3 und 5 cm Totallänge (Abb. 60 in Feldmüller et al. (2012)). Der verhältnismäßig hohe Anteil von Exemplaren mit 4 bzw. 5 cm Länge ist zum Teil methodisch durch die Bildung von Summengewichten bei der Bestandsaufnahme begründet.

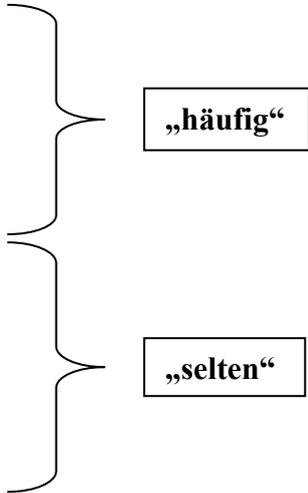
Der Gründlingbestand im Stauraum des KW Hart beschränkt sich auf geringe Dichten adulter Individuen zwischen 11 und 16 cm Länge (Abb. 62 in Feldmüller et al. (2012)). Sowohl die typische Begleitart Hasel als auch die beiden seltenen Begleitarten Perlfisch und Rotfeder waren lediglich durch Einzelexemplare repräsentiert. Beim Hasel handelte es sich um ein Jungtier mit 7,9 cm Länge (Abb. 64 in Feldmüller et al. (2012)), während beim Perlfisch (31,7 cm, Abb. 65) und bei der Rotfeder (25,5 cm, Abb. 66 in Feldmüller et al. (2012)) jeweils ein mehrsömmriges Individuum gefangen wurde. Das Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders ist lückenhaft mit einem dominanten Vorkommen von Jungfischen sowie vereinzelt Adulttieren mit 10,5 bzw. 11,2 cm Länge (Abb. 67 in Feldmüller et al. (2012)). Insgesamt lag nur eine geringe Individuendichte dieser Art vor. Bei der Bachschmerle waren Exemplare zwischen 5 und 11 cm Totallänge vorhanden, wobei ebenfalls die Jungfische dominierten und adulte Tiere nur sehr vereinzelt nachgewiesen wurden (Abb. 69 in Feldmüller et al. (2012)). Verglichen mit dem Schneider war jedoch eine deutlich höhere Individuendichte im untersuchten Gewässerabschnitt festzustellen. Die Koppe war lediglich in Form weniger Individuen zwischen 6,6 und 8,7 cm Länge vertreten (Abb. 71 in Feldmüller et al. (2012)).

### 5.2.3. Dominanzverhältnisse und häufige Arten

Maßgebend für die Beurteilung des quantitativen Fischaufstieges nach Woschitz et al. (2003) sind „häufige“ Arten im UW der FMH. Bei der Basisbefischung wurden nachstehende relative Häufigkeiten in Bezug auf die Gesamtabundanz erhoben.

**Tab. 5-13 Dominanzverhältnisse im UW des KW Hart**

Fischart	Dominanzverhältnisse UW %
Elritze	77%
Schmerle	10%
Aitel	5%
Koppe	4%
Barbe	2%
Äsche	1%
Schneider	1%
Bachforelle	<1%
Regenbogenforelle	<1%
Hecht	<1%
Rotaugen	<1%
Bachsaibling	<1%
Flussbarsch	<1%
Gründling	<1%
Hasel	<1%
Seelaube	0%
Perlfisch	0%
Seeforelle	0%
Summe	100%



„häufig“

„selten“

Insgesamt wurden am 31.10.2011 bei der Fischbestandserhebung in der Ausleitungsstrecke des KW Hart 15 verschiedene Spezies und 23905 Individuen gefangen. Die dominierende Art war die Elritze mit einem relativen Anteil von 77 % der Gesamtabundanz, gefolgt von der Bachschmerle mit 10 %. Weitere häufige Arten waren das Aitel mit 5 %, die Koppe mit 4 %, die Barbe mit 2 %, die Äsche und der Schneider mit jeweils 1 %. Alle übrigen Arten sind nach Woschitz et al. (2003) als „selten“ anzusehen, da ihr relativer Anteil unter 1 % liegt.

## 5.2.4. Fischökologischer Zustand (Feldmüller et al., 2012)

### 5.2.4.1. Restwasserstrecke KW Hart

Die Bewertung des fischökologischen Zustands der Ager im Bereich der Entnahmestrecke des KW Hart ergab den mäßigen Zustand an der Grenze zum guten Zustand (Bewertung: 2,51; Tab. 5-14). Ausschlaggebend dafür waren Defizite sowohl in der Artenzusammensetzung als auch in den Populationsstrukturen einiger vorhandener Arten. Die Biomasse lag mit 253,95 kg/ha sehr deutlich über dem im Leitfaden definierten Grenzwert (50 kg/ha) und floss nicht in die Bewertung ein.

Von den vier im Leitbild definierten Arten fehlte lediglich die Nase. Aitel und Schneider wiesen hohe Jungfischdichten sowie weitgehend natürliche Altersstrukturen auf und wurden in Hinblick auf den Populationsaufbau mit sehr gut bewertet (Abb. 5-32). Bei der Barbe war ebenfalls eine deutliche Dominanz an Jungfischen der Altersklasse 0+ festzustellen, alle übrigen Altersklassen waren aber lediglich in sehr geringen Dichten vorhanden, weshalb die Populationsstruktur der Art als gut eingestuft wurde (Abb. 5-32). Von den 10 typischen Begleitarten waren 70% vorhanden, es fehlten nur die Aalrutte, die Laube und der Strömer. Während die Bachschmerle, die Elritze und die Koppe annähernd natürliche Altersaufbaue und hohe Populationsdichten zeigten (Bewertungen der Altersstrukturen: 1), waren bei der Äsche, dem Gründling und der Bachforelle Defizite in der Altersstruktur bzw. geringe Bestandsdichten festzustellen (Bewertungen der Altersstrukturen: 3 bzw. 4, (Abb. 5-32). Beim Hasel waren alle Altersklassen vorhanden, wobei Jungfische der Altersklasse 0+ unterrepräsentiert waren. Mit Flussbarsch, Hecht und Rotaugen wurden lediglich drei der 14 im Leitbild angeführten seltenen Begleitarten in der Entnahmestrecke des KW Hart nachgewiesen.

**Tab. 5-14 Bewertung des fischökologischen Zustandes der Ager, Entnahmestrecke KW Hart. Fischregion Epipotamal mittel, Bioregion "Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland" (BMLFUW 2010).**

Bestandsdaten	Ind./ha	Biomasse kg/ha			Gesamt
	29773	253,95			<b>OK</b>

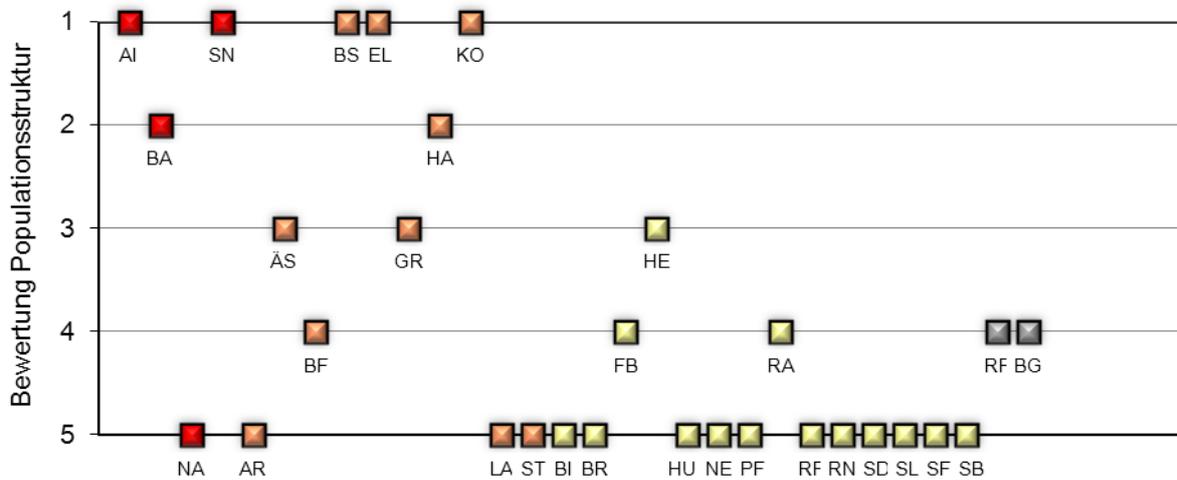
1. Arten & Gilden	Leitbild	Aktuell	Anteil/ Differenz	Teilbewertung	
	Artenzahl	Artenzahl	(%)		
<b>Arten</b>					2,3
Leitarten	4	3	75	3	
Typische Begleitarten	10	7	70	2	
Seltene Begleitarten	14	3	21	2	
<b>Ökologische Gilden</b>					3,5
Strömung	6	3	3	4	
Reproduktion	7	5	2	3	
<b>Arten &amp; Gilden gesamt</b>					<b>2,8</b>

2. Dominanz	Leitbild	Aktuell	Differenz	Bewertung	Gesamt
<b>Fischregionsindex</b>	5,6	5,1	0,5	2	<b>2,0</b>

3. Populationsaufbau	Artenzahl	Reproduzierend	Anteil (%)	Teilbewertung	Gesamt
Leitarten	4	3	75	2,3	
Typische Begleitarten	10	7	70	3,0	
<b>Populationsstruktur</b>					<b>2,5</b>

<b>Gesamtbewertung ohne k.o.-Kriterien</b>	<b>2,51</b>
--	-------------

Für den Teilparameter Arten und Gilden ergab sich in Folge der Abweichung vom Arteninventar des Leitbilds die Bewertung 2,8 (Tab. 5-14). Die Defizite in den Altersstrukturen mancher vorhandener Arten führten zu einer Beurteilung mit 2,5 (Tab. 5-14). Der Fischregionsindex (FRI) wich leicht vom Referenzwert des Leitbilds ab (Differenz: 0,5) und wurde mit 2,0 bewertet.



- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| AI... Aitel        | BR... Brachse      |
| BA... Barbe        | FB... Flussbarsch  |
| NA... Nase         | HE... Hecht        |
| SN... Schneider    | HU... Huchen       |
| AR... Aalrutte     | NE... Neunauge     |
| ÄS... Äsche        | PF... Perlfisch    |
| BF... Bachforelle  | RA... Rotaugen     |
| BS... Bachschmerle | RF... Rotfeder     |
| EL... Elritze      | RN... Rußnase      |
| GR... Gründling    | SD... Schied       |
| HA... Hasel        | SL... Schleie      |
| KO... Koppe        | SF... Seeforelle   |
| LA... Laube        | SB... Steinbeißer  |
| ST... Strömer      | RF... Regenbogenf. |
| BI... Bitterling   | BG... Bachsaibling |

**Abb. 5-32 Bewertung der Populationsstruktur aller (d.h. auch der potentiellen Arten) des Leitbildes, Entnahmestrecke KW Hart.**

Die Bewertung 5 bedeutet, dass die Art derzeit nicht im Gewässer vorkommt; rot...Leitart; orange...typische Begleitart; gelb...seltene Begleitart; grau...nicht im Leitbild.

#### 5.2.4.2. Strauraum KW Hart

Für den Stauraum des KW Hart wurde ebenfalls der mäßige fischökologische Zustand festgestellt (Bewertung: 2,89; Tab. 5-15). Die Biomasse lag mit 232,5 kg/ha sehr deutlich über dem für das k.o.-Kriterium definierten Grenzwert von 50 kg/ha und hatte keinen Einfluss auf die Bewertung. Der mäßige Zustand ist, wie im Bereich der Entnahmestrecke des KW Hart, einerseits auf gestörte Populationsstrukturen einiger vorhandener Leit- und Begleitarten, andererseits auf Defizite in der Artenzusammensetzung zurückzuführen.

**Tab. 5-15 Bewertung des fischökologischen Zustandes der Ager, Stauraum KW Hart. Fischregion Epipotamal mittel, Bioregion "Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland" (BMLFUW 2010).**

Bestandsdaten	Ind./ha	Biomasse kg/ha			Gesamt
	11392	232,5			<b>OK</b>

1. Arten & Gilden	Leitbild	Aktuell	Anteil/ Differenz	Teilbewertung	
	Artenzahl	Artenzahl	(%)		
<b>Arten</b>					2,3
Leitarten	4	3	75	3	
Typische Begleitarten	10	7	70	2	
Seltene Begleitarten	14	3	21	2	
<b>Ökologische Gilden</b>					2,5
Strömung	6	5	1	2	
Reproduktion	7	5	2	3	
<b>Arten &amp; Gilden gesamt</b>					<b>2,6</b>

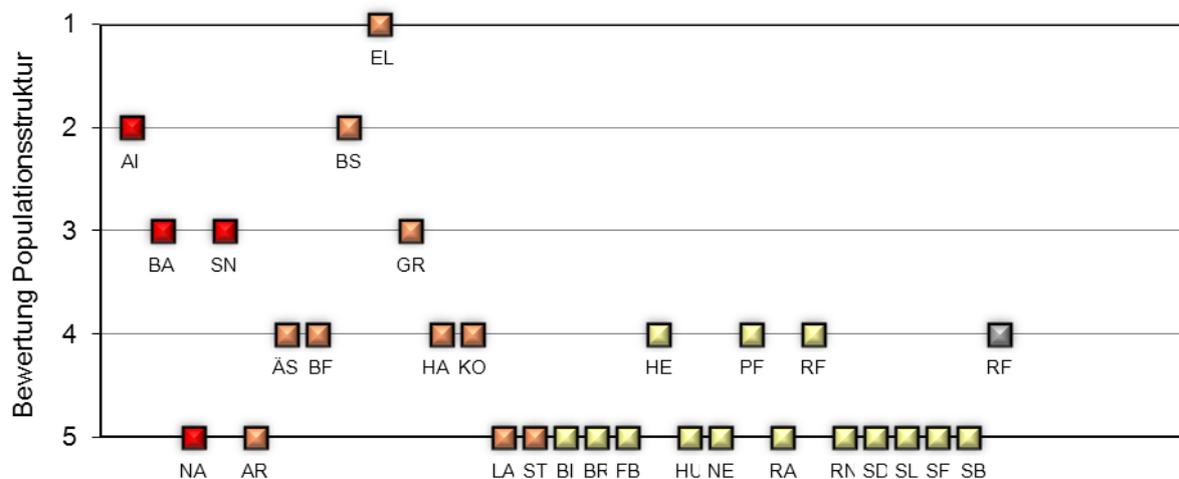
2. Dominanz	Leitbild	Aktuell	Differenz	Bewertung	Gesamt
<b>Fischregionsindex</b>	5,6	5,1	0,5	2	<b>2,0</b>

3. Populationsaufbau	Artenzahl	Reproduzierend	Anteil (%)	Teilbewertung	Gesamt
Leitarten	4	3	75	3,3	
Typische Begleitarten	10	7	70	3,7	
<b>Populationsstruktur</b>					<b>3,4</b>

<b>Gesamtbewertung ohne k.o.-Kriterien</b>	<b>2,89</b>
--	-------------

Wie in der Entnahmestrecke des KW Hart wurden auch im Staubereich die Leitarten Aitel, Barbe und Schneider festgestellt, während die Nase fehlte. Alle nachgewiesenen Leitarten zeigten gewisse Störungen im Altersaufbau. Sowohl bei Aitel und Barbe als auch beim Schneider waren hohe Jungfischbestände sowie ein Vorkommen adulter Exemplare nachzuweisen. Defizite bzw. fehlende Altersklassen bei den Individuen mittlerer Größe führten aber zu den Populationsbewertungen gut (Aitel) bzw. mäßig (Barbe, Schneider, Abb.

5-33). Die Unterschiede in den Bewertungen zwischen Aitel und den anderen vorhandenen Leitarten sind auf die extrem hohe Jungfischdichte des Aitels zurückzuführen. Von den 10 im Leitbild angeführten typischen Begleitarten fehlten die Aalrutte, die Laube und der Strömer. Ein natürlicher Altersaufbau und hohe Individuendichten waren bei den typischen Begleitarten ausschließlich bei der Elritze vorzufinden, weshalb die Altersstruktur der Art mit sehr gut bewertet wurde (Abb. 5-33). Bei der Bachschmerle wurden zwar alle Altersklassen festgestellt, adulte Individuen waren aber lediglich in sehr geringen Dichten vorhanden. Alle weiteren typischen Begleitarten (Äsche, Bachforelle, Gründling, Hasel, Koppe) sowie die drei seltenen Begleitarten (Hecht, Perlfisch, Rotfeder) zeigten stärkere Defizite in der Populationsstruktur und überwiegend geringe Bestandsdichten. Hasel, Perlfisch und Rotfeder wurden überhaupt nur anhand von Einzelexemplaren nachgewiesen.



AI...	Aitel	BR...	Brachse
BA...	Barbe	FB...	Flussbarsch
NA...	Nase	HE...	Hecht
SN...	Schneider	HU...	Huchen
AR...	Aalrutte	NE...	Neunauge
ÄS...	Äsche	PF...	Perlfisch
BF...	Bachforelle	RA...	Rotaugen
BS...	Bachschmerle	RF...	Rotfeder
EL...	Elritze	RN...	Rußnase
GR...	Gründling	SD...	Schied
HA...	Hasel	SL...	Schleie
KO...	Koppe	SF...	Seeforelle
LA...	Laube	SB...	Steinbeißer
ST...	Strömer	RF...	Regenbogenf.
BI...	Bitterling		

**Abb. 5-33 Bewertung der Populationsstruktur aller (d.h. auch der potentiellen Arten) des Leitbildes, Stauraum KW Hart.**

Die Bewertung 5 bedeutet, dass die Art derzeit nicht im Gewässer vorkommt; rot...Leitart; orange...typische Begleitart; gelb...seltene Begleitart; grau...nicht im Leitbild.

Insgesamt ergaben sich für die Teilparameter Arten und Gilden sowie Populationsstruktur Bewertungen von 2,6 bzw. 3,4 (Tab. 5-15). Der aktuelle Fischregionsindex (FRI) liegt bei 5,6 und weicht damit leicht vom Referenzwert des Leitbildes ab (Differenz 0,5). Er wird folglich mit 2,0 bewertet.

## 5.2.5. Qualitativer Fischaufstieg

### 5.2.5.1. Artenspektrum

In der nachstehenden Tab. 5-16 sind alle erfolgreich aufgestiegenen Arten im Vergleich zum Fischbestand OW und UW und zu den als natürlich anzusehenden Spezies aus dem Leitbild dargestellt.

**Tab. 5-16 Artenspektrum: Aufgestiegene Spezies, Fischbestand im OW/UW, natürliche Arten (Leitbild)**

	Fischart	adaptiertes Leitbild: Seeausrinne, Petz- Glechner, 2005	Migrationsdistanz (nach Schmutz et al. 2000)	Nachgewiesen bei Basisbefischung UW	Nachgewiesen bei Basisbefischung OW	Aufstieg FAH nachgewiesen
1	<b>Aalrutte</b>	b	mittel	☒	☒	☒
2	<b>Aitel</b>	l	kurz	✓	✓	✓
3	<b>Äsche</b>	b	kurz	✓	✓	✓
4	<b>Bachforelle</b>	b	kurz	✓	✓	✓
5	<b>Bachschmerle</b>	b	kurz	✓	✓	✓
6	<b>Barbe</b>	l	mittel	✓	✓	✓
7	<b>Bitterling</b>	s	kurz	☒	☒	☒
8	<b>Brachse</b>	s	mittel	☒	☒	☒
9	<b>Elritze</b>	b	kurz	✓	✓	✓
10	<b>Flussbarsch</b>	s	kurz	✓	☒	✓
11	<b>Gründling</b>	b	kurz	✓	✓	✓
12	<b>Hasel</b>	b	kurz	✓	✓	✓
13	<b>Hecht</b>	s	kurz	✓	✓	✓
14	<b>Huchen</b>	s	mittel	☒	☒	☒
15	<b>Koppe</b>	b	kurz	✓	✓	✓
16	<b>Laube</b>	b	kurz	☒	☒	☒
17	<b>Nase</b>	l	mittel	☒	☒	☒
18	<b>Neunauge</b>	s	mittel	☒	☒	☒
19	<b>Perlfisch</b>	s	kurz	☒	✓	✓
20	<b>Rotauge</b>	s	kurz	✓	☒	✓
21	<b>Rotfeder</b>	s	kurz	☒	✓	☒
22	<b>Rußnase</b>	s	kurz	☒	☒	☒
23	<b>Schied</b>	s	mittel	☒	☒	☒
24	<b>Schleie</b>	s	kurz	☒	☒	☒
25	<b>Schneider</b>	l	kurz	✓	✓	✓
26	<b>Seeforelle</b>	s	(kurz)	☒	☒	✓
27	<b>Steinbeißer</b>	s	kurz	☒	☒	☒
28	<b>Strömer</b>	b	kurz	☒	☒	☒
29	<b>Seelaube</b>		(kurz)	☒	☒	✓
30	<b>Regenbogenforelle</b>	allochthon	(kurz)	✓	✓	✓
31	<b>Bachsaibling</b>	allochthon	(kurz)	✓	☒	✓

Insgesamt wurde während des Monitorings im Herbst 2011 und Frühling 2012 der Aufstieg 18 verschiedener Arten nachgewiesen.

Neben 15 Arten die entsprechend dem Leitbild als natürliche Spezies zu sehen sind, wurden zusätzlich Bachsaiblinge und Regenbogenforellen als allochthone Arten in der Ausstiegsreue der FMH gefangen. Die Seelaube, deren Aufstieg ebenfalls nachgewiesen wurde, ist als heimische Art nicht im adaptierten Leitbild enthalten.

Es war allen 15 Arten, die bei der Basisbefischung im UW erfasst wurden und als qualitatives Aufstiegspotential zu sehen sind, möglich den enature® Fishpass zu passieren.

### 5.2.5.2. Entwicklungsstadien

In den nachfolgenden Diagrammen (Abb. 5-34 - Abb. 5-60) sind für die Entwicklungsstadien die entsprechenden Längen-Frequenzdiagramme dargestellt. Die Daten für die Diagramme stammen aus dem Herbst- und Frühjahrsmonitoring der Reuse 1 und Reuse 2 sowie aus der Bestandserhebung nach Feldmüller et al. (2012) in der Ausleitungsstrecke (5.2.2.1).

Anmerkung: Zur besseren Darstellbarkeit wurden bei den mit „\*“ versehenen Diagrammtiteln, die Balken von Reuse 1 und Reuse 2 mit 65% Überlappung erstellt.

Aitel: Beim Vergleich des Längenfrequenzdiagramms aus der Bestandserhebung mit jenem der Reusenbefischung ist eine gute Übereinstimmung ersichtlich. Die meisten Größenklassen des Aitels aus dem UW wurden mit der Reusenbefischung in der FMH ebenfalls erfasst.

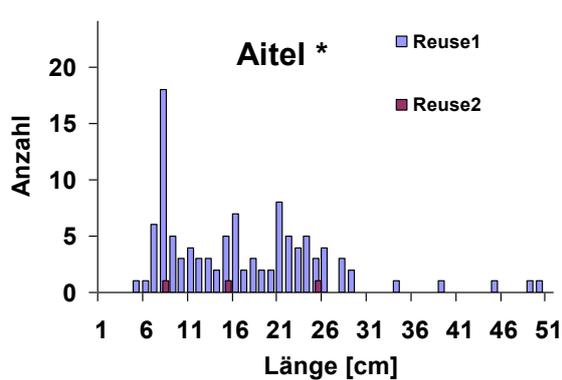


Abb. 5-34 Längen-Frequenzdiagramm des Aitels, Reusenbefischung der FMH.

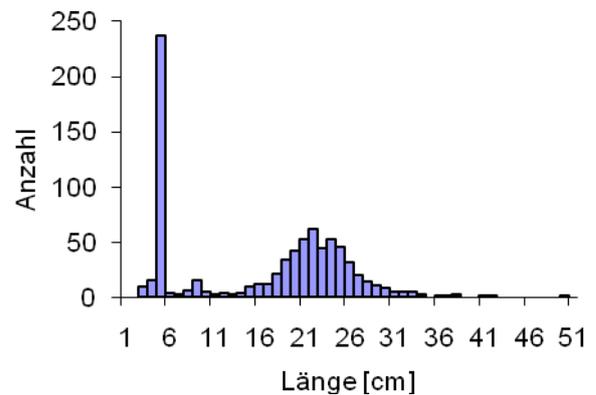


Abb. 5-35 Längen-Frequenzdiagramm des Aitels, Ausleitungsstrecke KW Hart

Der Aufstieg adulter Tiere (ab ca. 20 cm) über die FMH deckt neben ein paar fehlenden Größen das Potential aus dem UW sehr gut ab.

Äsche: Das Längen-Frequenzdiagramm der Äsche in der Entnahmestrecke zeigt wie auch jenes des Bestandes im Unterwasser der Wehranlage Defizite in der Altersstruktur. Der Anteil an adulten Tieren ist nur sehr schwach ausgeprägt. Entsprechend dem geringen Potential an adulten Äschen im UW wurden diese auch nur in geringer Anzahl im Fischeufstieg erfasst.

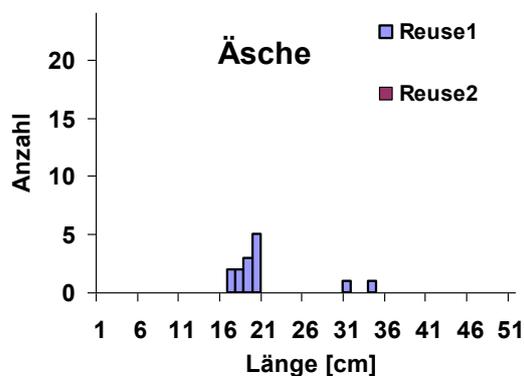


Abb. 5-36 Längen-Frequenzdiagramm der Äsche, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2

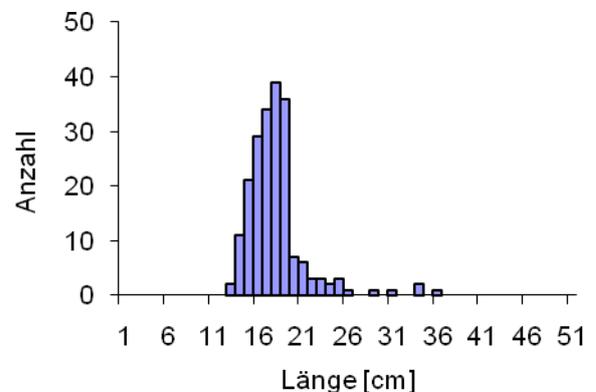


Abb. 5-37 Längen-Frequenzdiagramm der Äsche, Ausleitungsstrecke KW Hart.

**Bachforelle:** Im Zuge des Reusenmonitorings wurden deutlich mehr Bachforellen in mehr Größenklassen erfasst als bei der Bestandsanalyse im Unterwasser im Rahmen der E-Befischung festgestellt wurden.

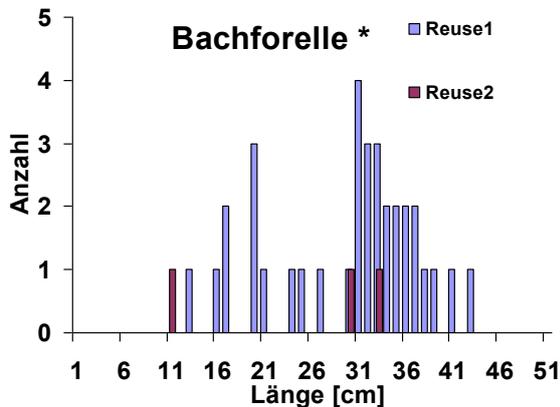


Abb. 5-38 Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Reusenbefischung der FMH.

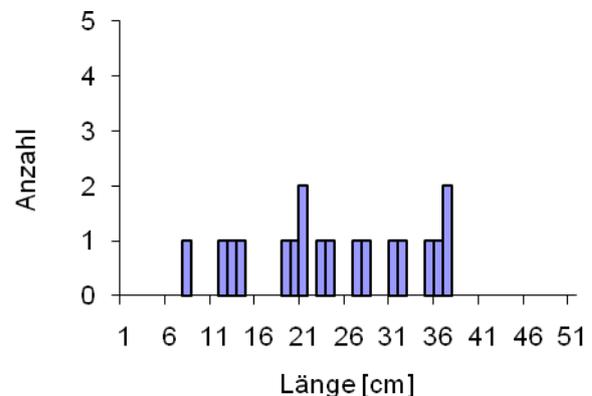


Abb. 5-39 Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Ausleitungsstrecke KW Hart.

**Bachsaibling:** Der Bachsaibling als allochthone Spezies zeigt im Populationsaufbau der aufgestiegenen Individuen wie auch im Bestand im Unterwasser erhebliche Mängel. Es wurden im Unterwasser nur Einzelexemplare gefangen. Die Reusenbefischung liefert eine sehr gute Übereinstimmung mit den bei der UW-Bestandserhebung erfassten Exemplaren. Darüber hinaus wurde der Aufstieg eines Bachsaiblings der Größenklasse 21 cm erfasst. Sonst wurden entsprechend dem Bestand im Unterwasser nur Fische zwischen den Größen 28 und 38 cm gefangen. Die im Diagramm der Reusenbefischung sich überlappenden Balken der Fänge in Reuse 1 (Ausstiegsreuse) und Reuse 2 (Einstiegsreuse) liegen zeitlich teils sehr weit auseinander und stellen keine Wiederränge dar.

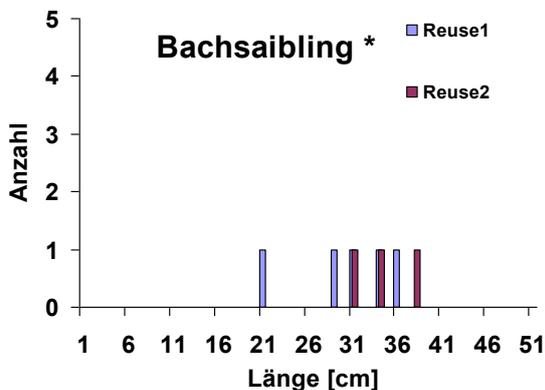


Abb. 5-40 Längen-Frequenzdiagramm des Bachsaiblings, Reusenbefischung der FMH.

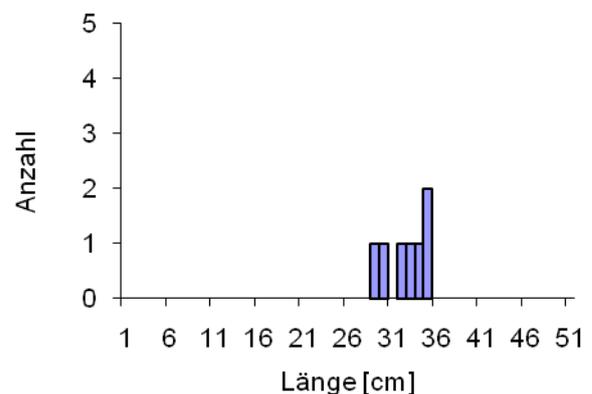


Abb. 5-41 Längen-Frequenzdiagramm des Bachsaiblings, Ausleitungsstrecke KW Hart.

**Bachschmerle:** Das Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerlen aus der Entnahmestrecke weist eine sehr hohe Individuenzahl zwischen 6 und 9 cm auf. Mit der Reuse wurden jedoch beachtlich weniger Fische beim Aufstieg erfasst. Das gilt sowohl für die Individuenzahl als auch bezüglich der im UW vorhandenen Größenklassen.

Bachschmerlen unter rd. 7 cm konnten nicht mit der Reuse mit einem Lochblech von 1x1 cm lichte Weite erfasst werden.

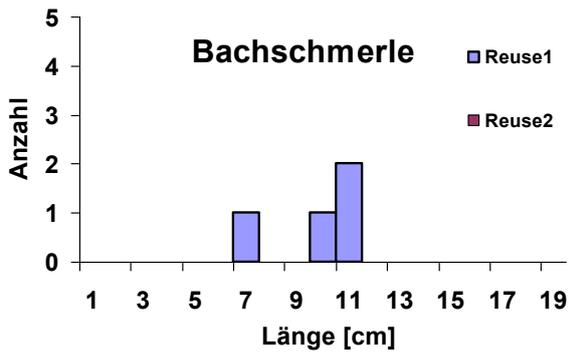


Abb. 5-42 Längen-Frequenzdiagramm der Bachscherle, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.

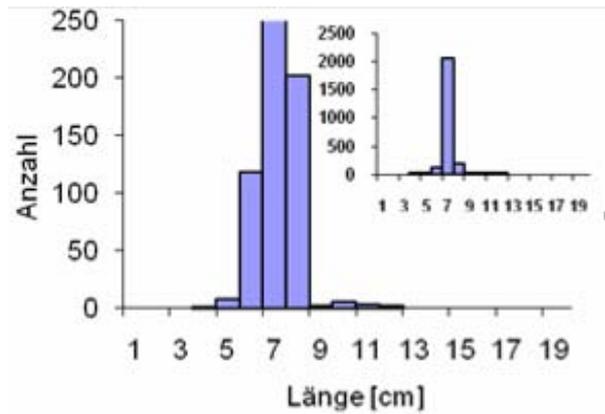


Abb. 5-43 Längen-Frequenzdiagramm der Bachscherle, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil

Barbe: Die Barbe als einziger nachgewiesener Mittelstreckenwanderer und als eine der drei vorhandenen Leitarten weist in der Entnahmestrecke eine deutliche Dominanz von Jungfischen des Altersstadiums 0+ auf. Alle übrigen Altersklassen waren nur durch Einzelexemplare vertreten. In der Alterstruktur der in der FMH erfassten Fische ist jedoch neben dieser Dominanz von Jungfischen ein deutlicher Anteil an adulten Exemplaren ersichtlich. Speziell Barben mit einer Länge zwischen 50 und 60 cm wurden vergleichsweise häufig gefangen. Der Aufstieg der größeren Barben erfolgte großteils zur Laichzeit (Frühjahr), während die Bestandsaufnahme im Herbst erfolgte und somit die Laichfische, die aus weiter flussab liegenden Abschnitte zuziehen bei der Bestandsaufnahme nicht erfasst werden konnten. Das Längenfrequenzdiagramm der aufgestiegenen Individuen bildet jenes des Potentials im Unterwasser sehr gut nach.

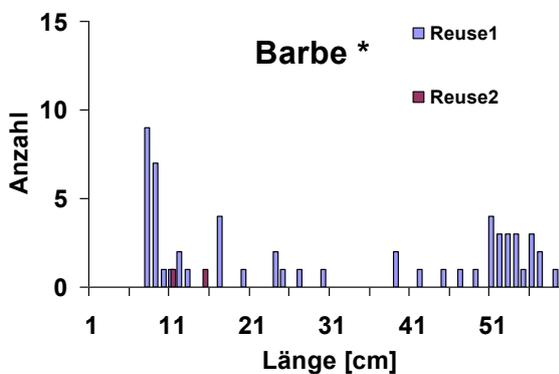


Abb. 5-44 Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Reusenbefischung der FMH.

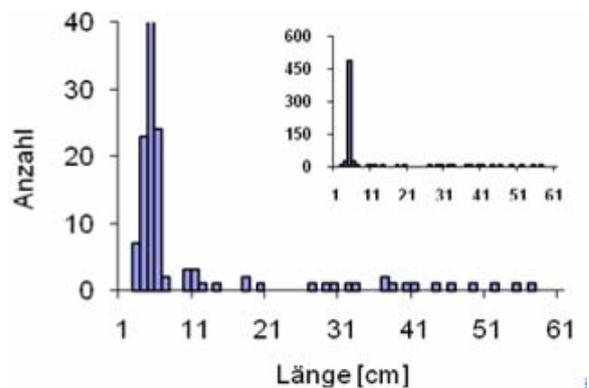


Abb. 5-45 Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.

**Elritze:** Die Begleitart Elritze als abundanzstärkster Fisch (Tab. 5-11) weist im Unterwasser neben den hohen Individuendichten auch eine gute Altersstruktur mit allen Altersklassen auf. Mittels Reusenbefischung wurden allerdings – mit einer ausgeprägten Grenze – nur Fische mit Längen zwischen 6 und 10 cm gefangen. Hierbei handelt es sich primär um adulte Exemplare. Elritzen unter rd. 6 cm konnten nicht mit der Reuse mit einem Lochblech von 1x1 cm lichte Weite erfasst werden.

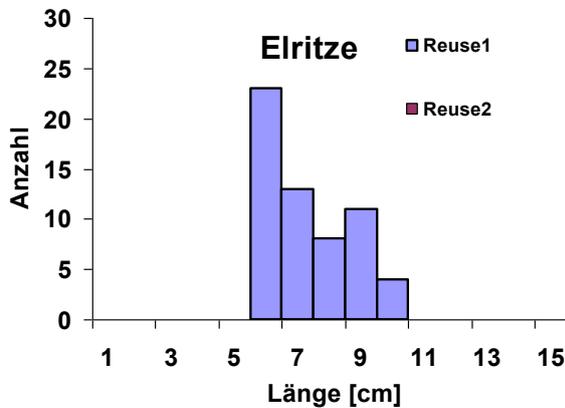


Abb. 5-46 Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.

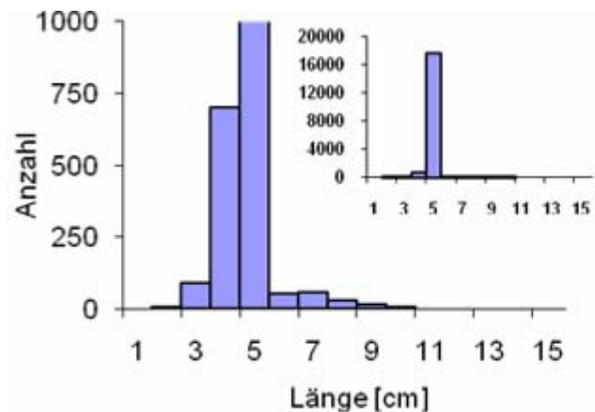


Abb. 5-47 Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.

**Flussbarsch:** Die Individuenzahl und die Anzahl der Größenklassen der erfassten Aufstiege über die FMH des seltenen Flussbarschs überstieg jene der UW-Befischung.

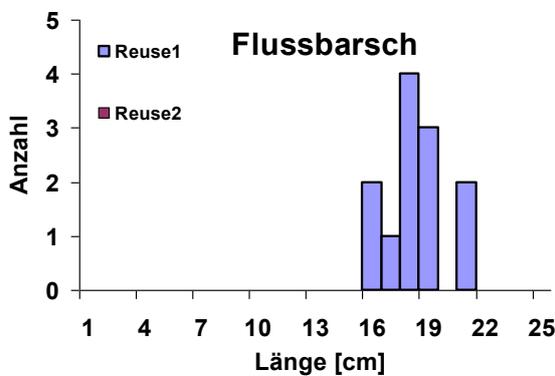


Abb. 5-48 Längen-Frequenzdiagramm des Flussbarsches, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2

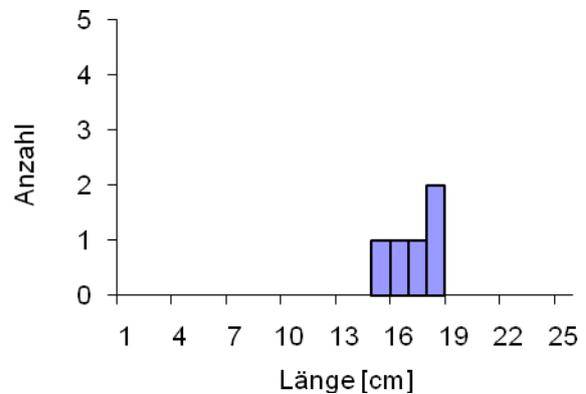


Abb. 5-49 Längen-Frequenzdiagramm des Flussbarsches, Ausleitungsstrecke KW Hart.

Adulte Tiere konnten weder im UW noch beim Aufstieg nachgewiesen werden.

Gründling: Die typische Begleitart Gründling wies in der Entnahmestrecke eine mäßige Populationsstruktur und eine relativ geringe Individuendichte auf. Weiters wurde kein Jungfischaufkommen nachgewiesen. Im Vergleich der Verteilung des Reusenmonitorings zu jener des Potentials im UW sind alle Größenklassen nachgewiesen.

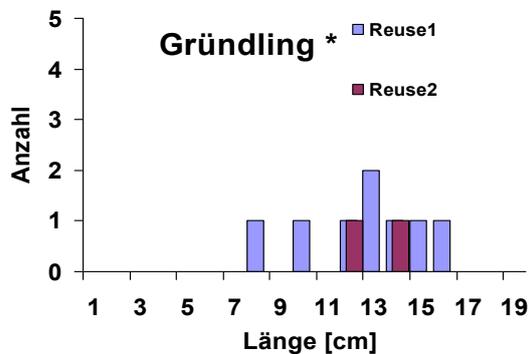


Abb. 5-50 Längen-Frequenzdiagramm des Gründlings, Reusenbefischung der FMH.

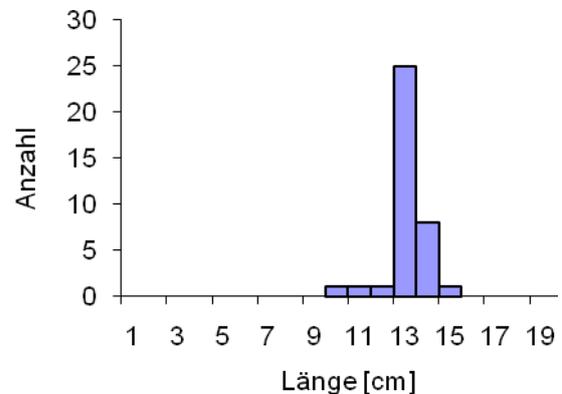


Abb. 5-51 Längen-Frequenzdiagramm des Gründlings, Ausleitungsstrecke KW Hart.

Hasel: Beim Hasel waren in der Entnahmestrecke alle Größenklassen mit einer generell eher mäßigen Individuendichte vertreten. Die Dichte der Jungfische war gegenüber den adulten Individuen unterrepräsentiert.

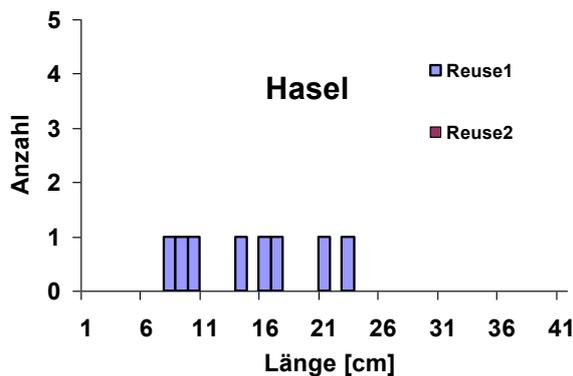


Abb. 5-52 Längen-Frequenzdiagramm des Hasels, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.

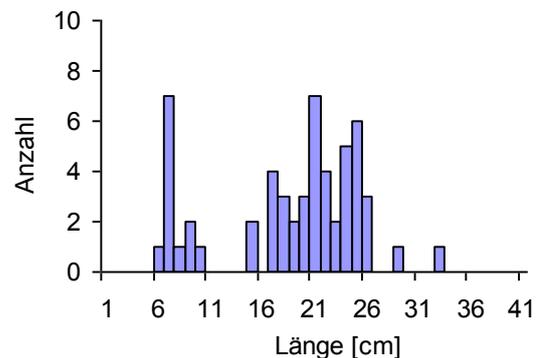


Abb. 5-53 Längen-Frequenzdiagramm des Hasels, Ausleitungsstrecke KW Hart.

Im Längen-Frequenzdiagramm der Reusenbefischung finden sich lückenhaft ein großer Teil aller Größenklassen der Bestandserhebung im UW wieder. Trotz des vorhandenen Potentials an adulten Fischen im UW sind lediglich wenige beim Aufstieg erfasst worden.

Hecht: Im Längen-Frequenzdiagramm der Ausleitungsstrecke ist eine Dominanz an mittelgroßen Tieren erkennbar. Sehr große und juvenile Hechte fehlen. Qualitativ wie auch quantitativ deckt die Verteilung der Reusenbefischung jene des Potentials in der Entnahmestrecke sehr gut ab.

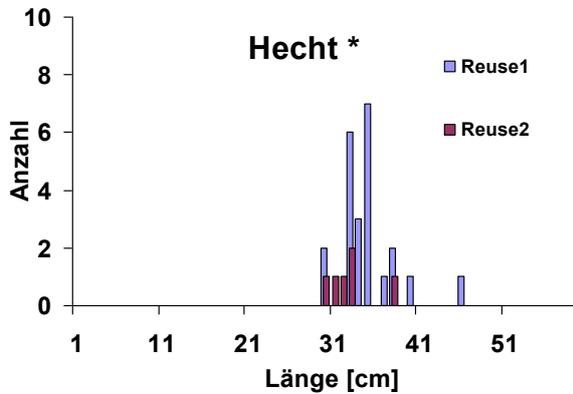


Abb. 5-54 Längen-Frequenzdiagramm des Hechts, Reusenbefischung der FMH.

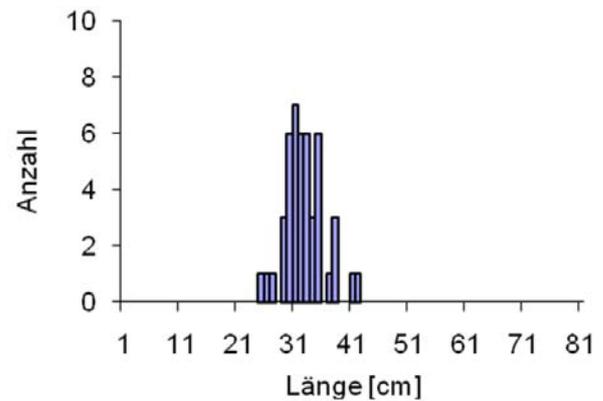


Abb. 5-55 Längen-Frequenzdiagramm des Hechts, Ausleitungsstrecke KW Hart.

Koppe: Bei dieser schwimmschwachen Begleitart wurden sowohl im Unterwasser als auch durch die Reusenbefischung sehr ähnliche Verhältnisse bezüglich Populationsaufbau sowie Individuendichte nachgewiesen. Weiters ist trotz im UW vorhandener Jungfische mit Längen zwischen 4 und 5 cm kein so kleines Exemplar mit der Reuse beim Aufstieg erfasst worden.

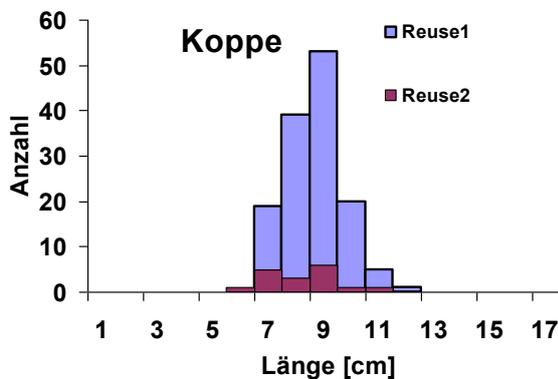


Abb. 5-56 Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Reusenbefischung der FMH.

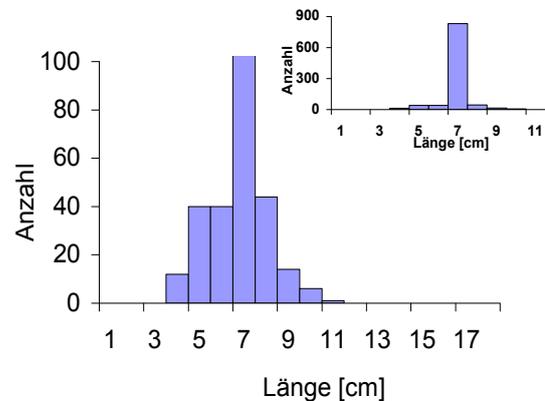
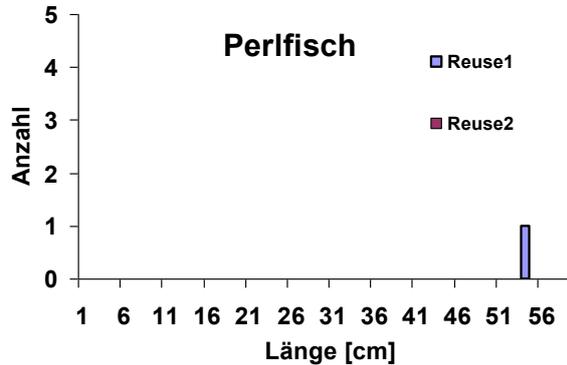


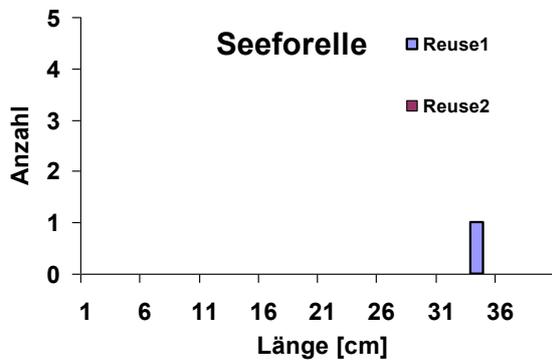
Abb. 5-57 Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.

Perlfisch / Seeforelle / Seelaube: Im Unterwasser wurde bei der Bestandserhebung kein einziges Exemplar der seltenen Spezies Perlfisch und Seeforelle und der im Leitbild nicht vorhandenen Seelaube gefangen. Deshalb kann kein Vergleich erfolgen.



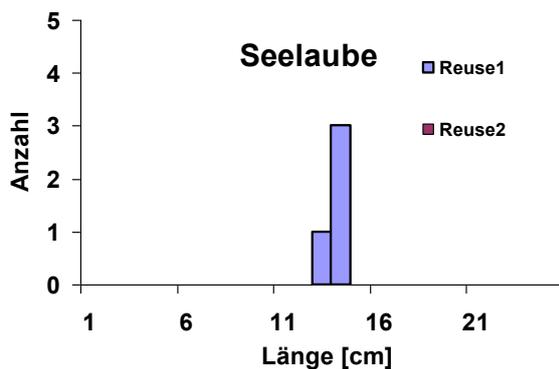
Bei der Bestandserhebung in der Ausleitungsstrecke des KW Hart wurde kein Perlfisch gefangen. Aus diesem Grund fehlt hier das Längen-Frequenzdiagramm.

Abb. 5-58 Längen-Frequenzdiagramm des Perlfisches, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.



Bei der Bestandserhebung in der Ausleitungsstrecke des KW Hart wurde keine Seeforelle gefangen. Aus diesem Grund fehlt hier das Längen-Frequenzdiagramm.

Abb. 5-59 Längen-Frequenzdiagramm der Seeforelle, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2



Bei der Bestandserhebung in der Ausleitungsstrecke des KW Hart wurde keine Seelaube gefangen. Aus diesem Grund fehlt hier das Längen-Frequenzdiagramm.

Abb. 5-60 Längen-Frequenzdiagramm der Seelaube, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2

**Regenbogenforelle:** Das Längen-Frequenzdiagramm des UW der allochthonen, nicht im Leitbild angeführten Regenbogenforelle wies erhebliche Mängel im Populationsaufbau auf. Neben einer lückenhaften Altersstruktur fehlten Jungfische der Längen kleiner 15 cm. Trotzdem wurden alle vorhandenen Größenklassen des UW und einige sehr kleine und vereinzelt auch größere Exemplare beim Aufstieg über die FMH erfasst.

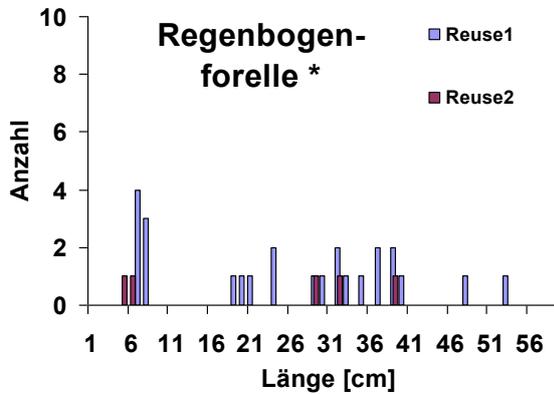


Abb. 5-61 Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Reusenbefischung der FMH.

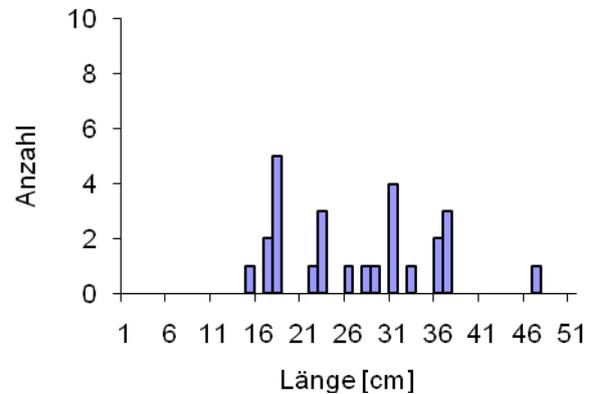


Abb. 5-62 Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Ausleitungsstrecke KW Hart

**Rotaugen:** Entsprechend dem Leitbild wurden auch nur wenige Exemplare des als selten eingestuften Rotauges im UW gefangen. Über die FMH wurden beim Aufstieg zwar mehr und vereinzelt auch größere Individuen erfasst, aber mit einer lückenhafteren Größenklassenverteilung als bei der Bestandserhebung im UW.

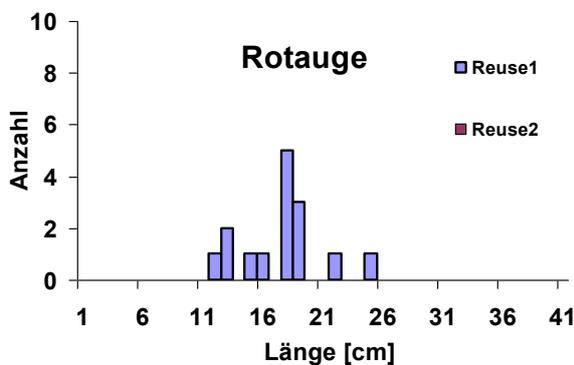


Abb. 5-63 Längen-Frequenzdiagramm des Rotauges, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.

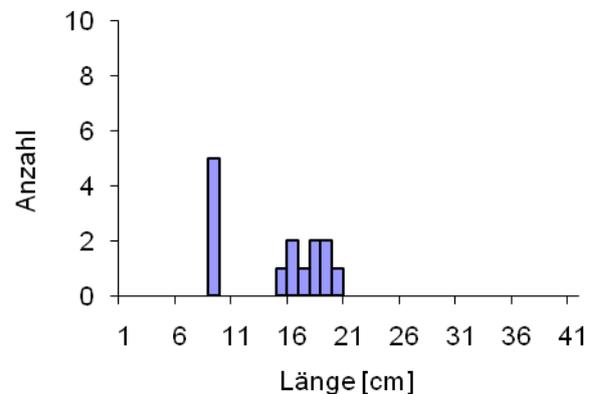


Abb. 5-64 Längen-Frequenzdiagramm des Rotauges, Ausleitungsstrecke KW Hart.

**Schneider:** Der Schneider als Leitfisch zeigte im UW eine hohe Individuendichte aller Altersklassen. Jedoch ist eine Dominanz an Jungfischen im Längen-Frequenzdiagramm gut ersichtlich. Während bei der Reusenbefischung mehr Individuen der Längen zwischen 7 und 14 cm gefangen wurden als bei der Bestandserhebung im UW, fehlten die Größenklassen unter 7 cm vollständig.

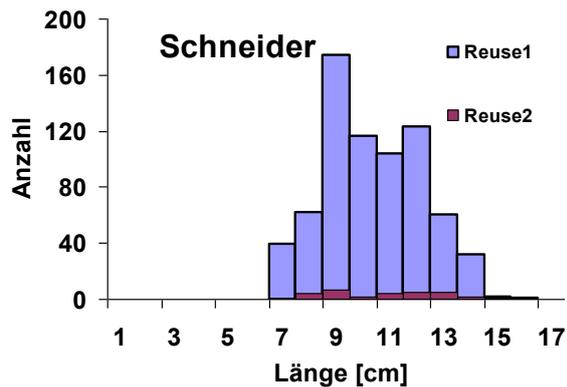


Abb. 5-65 Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Reusenbefischung der FMH.

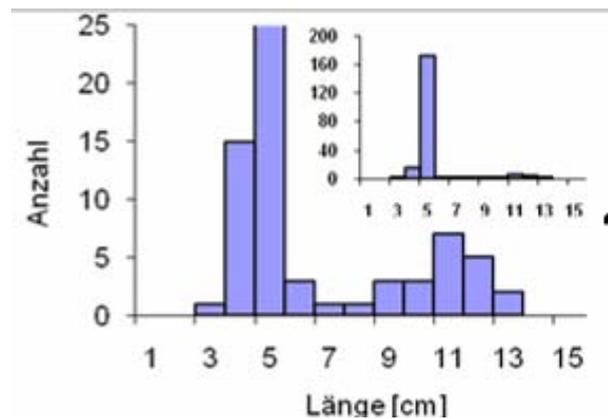


Abb. 5-66 Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.

### 5.2.6. Quantitativer Fischaufstieg

Entsprechend der Methodik von Woschitz et al. (2003) werden nur häufige Arten getrennt dargestellt. Die einzelnen Arten sind ihrer Migrationsgilde (Schmutz et al., 2000) zugeordnet angeführt, welche als „Einzelkriterium“ separat beurteilt werden.

#### 5.2.6.1. Gesamtanzahl der aufgestiegenen Fische

Über den gesamten Untersuchungszeitraum sind insgesamt 1226 Fische nachweislich aufgestiegen. Während der Herbstuntersuchungen wurden 163 Fische aus 15 verschiedenen Arten nachgewiesen. Den größten Teil bildeten Schneider und Aitel mit jeweils 34 Individuen, gefolgt vom Hecht mit 23 Exemplaren, der Äsche und der Regenbogenforelle mit jeweils 12 Exemplaren und der Koppe mit 10 Individuen. Bei allen übrigen erfassten Arten sind weniger als 10 Individuen aufgestiegen.

Tab. 5-17 Anzahl aller erfolgreich aufgestiegenen Arten

Fischart	n Herbst	n Frühjahr	n gesamt	%n
Schneider	34	679	713	58.2%
Koppe	10	127	137	11.2%
Aitel	34	72	106	8.6%
Elritze	0	59	59	4.8%
Barbe	8	49	57	4.6%
Bachforelle	7	27	34	2.8%
Regenbogenforelle	12	13	25	2.0%
Hecht	23	0	23	1.9%
Rotaugen	6	9	15	1.2%
Äsche	12	2	14	1.1%
Flussbarsch	4	8	12	1.0%
Gründling	4	4	8	0.7%
Hasel	3	5	8	0.7%
Bachsäbbling	1	4	5	0.4%
Schmerle	3	1	4	0.3%
Seelaube	2	2	4	0.3%
Perlfisch	0	1	1	0.1%
Seeforelle	0	1	1	0.1%
Summe	163	1063	1226	100.0%

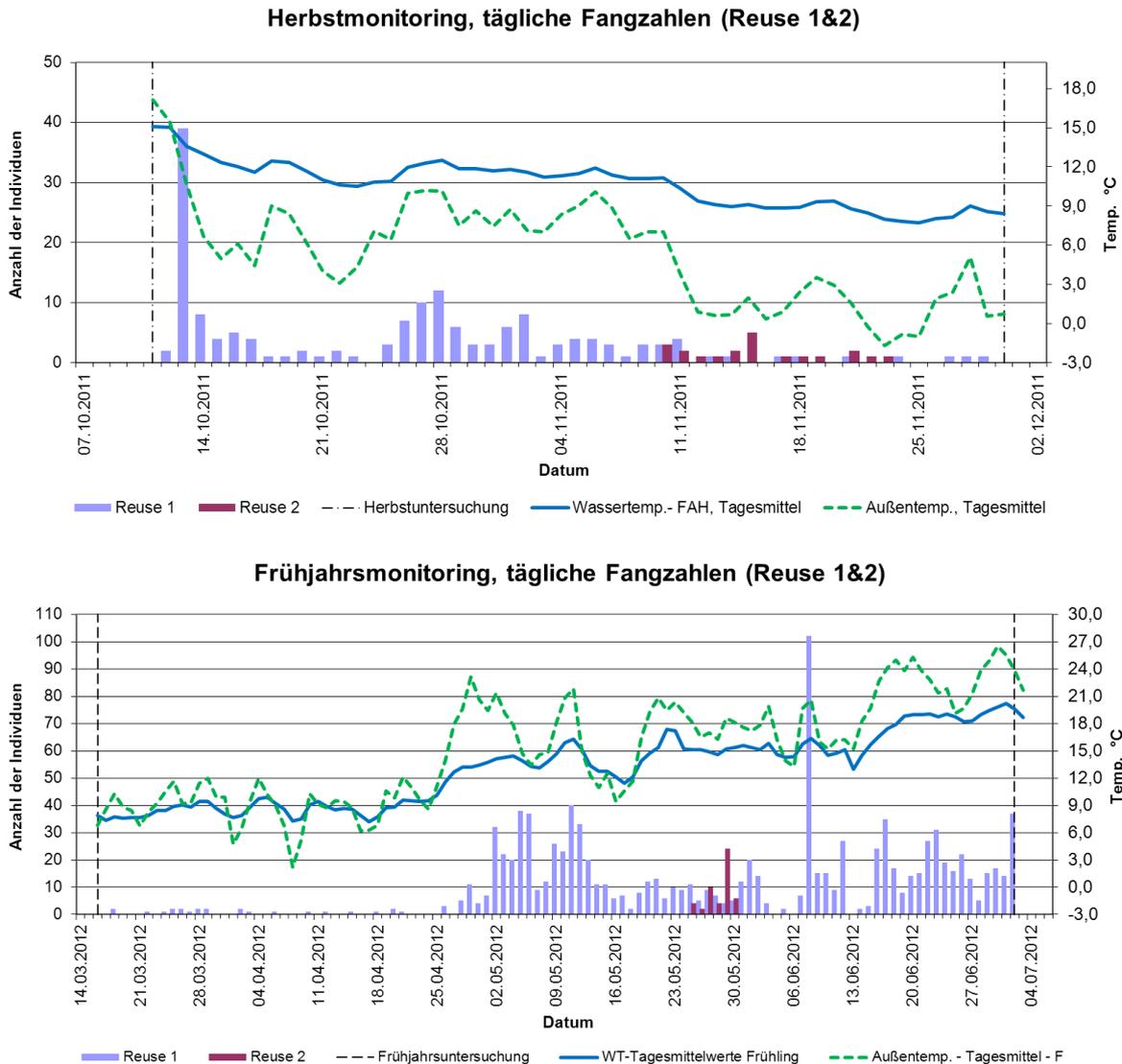
Bei dem Reusenmonitoring im Frühjahr wurden am Ausstieg der FMH insgesamt 1063 Fische aus 17 Arten erfasst. Wiederum war der Schneider mit 679 Individuen die häufigste Art. Am zweithäufigsten war die Koppe mit 127 Exemplaren erfasst worden, gefolgt vom Aitel mit 72, der Elritze mit 59, der Barbe mit 49, der Bachforelle mit 27 und der Regenbogenforelle mit 13 Exemplaren. Alle weiteren erfassten Arten waren mit weniger als 10 Individuen vertreten. Beim Hecht wurde im Frühjahr kein Aufstieg verzeichnet.

#### 5.2.6.2. Tägliche Fangzahlen

Vergleicht man die täglichen Aufstiegsraten der Untersuchungszeiträume, ist erkennbar, dass entsprechend der Fischregion, die Aktivität der Fischwanderung im Frühjahr wesentlich über der im Herbst liegt.

Sehr ausgeprägt ist, wie in den Grundlagen beschrieben, die Abhängigkeit der Aufstiege von der Wassertemperatur. Wurden zu Beginn der Untersuchungen im Herbst noch höhere Fangzahlen verzeichnet, so wurden diese mit der raschen Abnahme der Wassertemperatur ab Ende Oktober weniger.

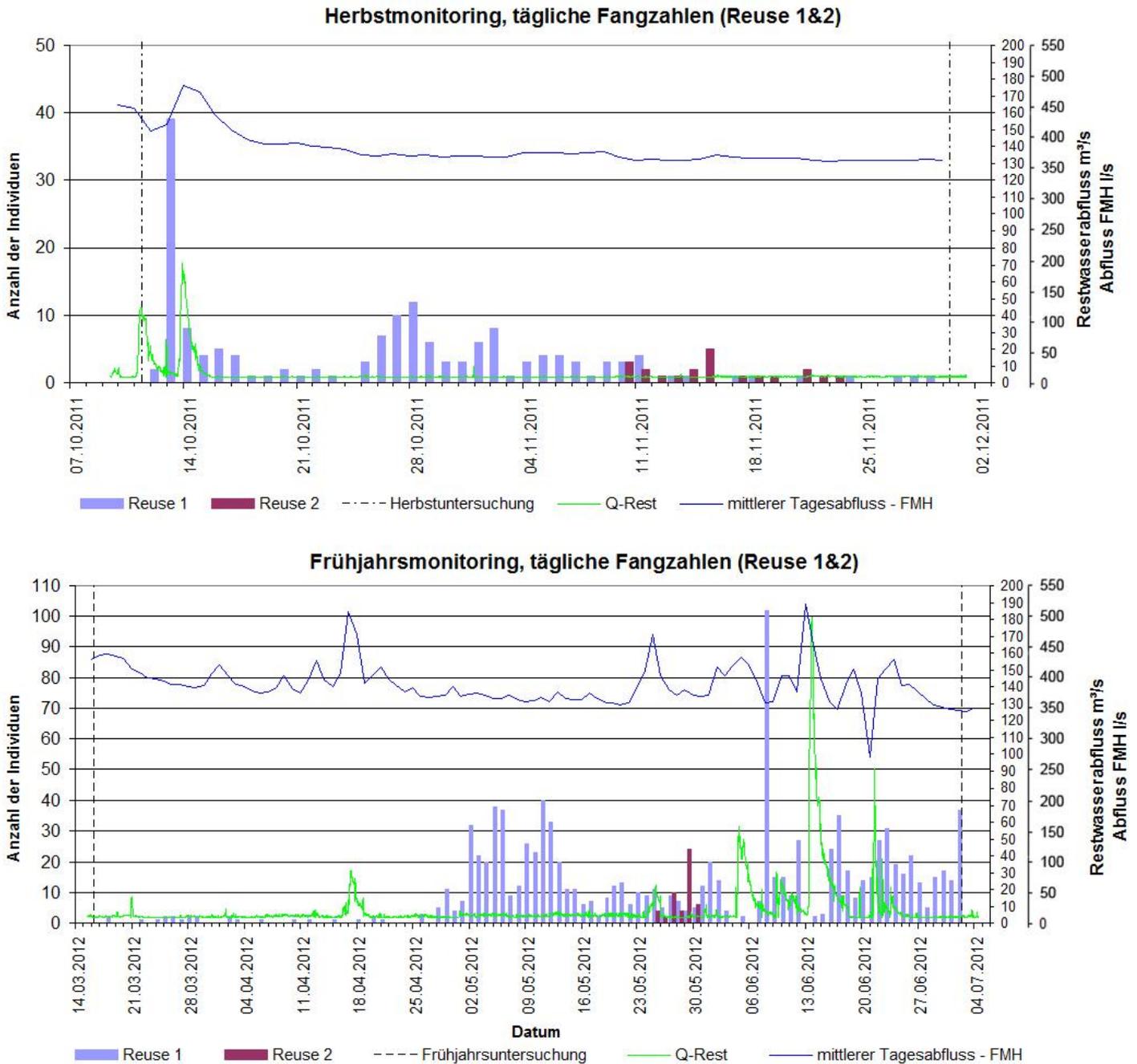
Das gleiche Verhalten war im Frühjahr zu beobachten. Ab dem 26.04.2012 war durch den Wassertemperaturanstieg und den damit verbundenen Impuls eine vermehrte Wanderbereitschaft der Fische festzustellen (Küttel et al. 2002), wodurch die Fangzahlen stark angestiegen sind. Der Grenzwert der Mobilisierung liegt hier bei einer Wassertemperatur von 9-10 °C.



**Abb. 5-67 Fangzahlen (Reuse 1 und Reuse 2), Wassertemp. und Außentemperatur (Luft) der Untersuchungszeiträume; oben: Herbst, unten: Frühjahr**

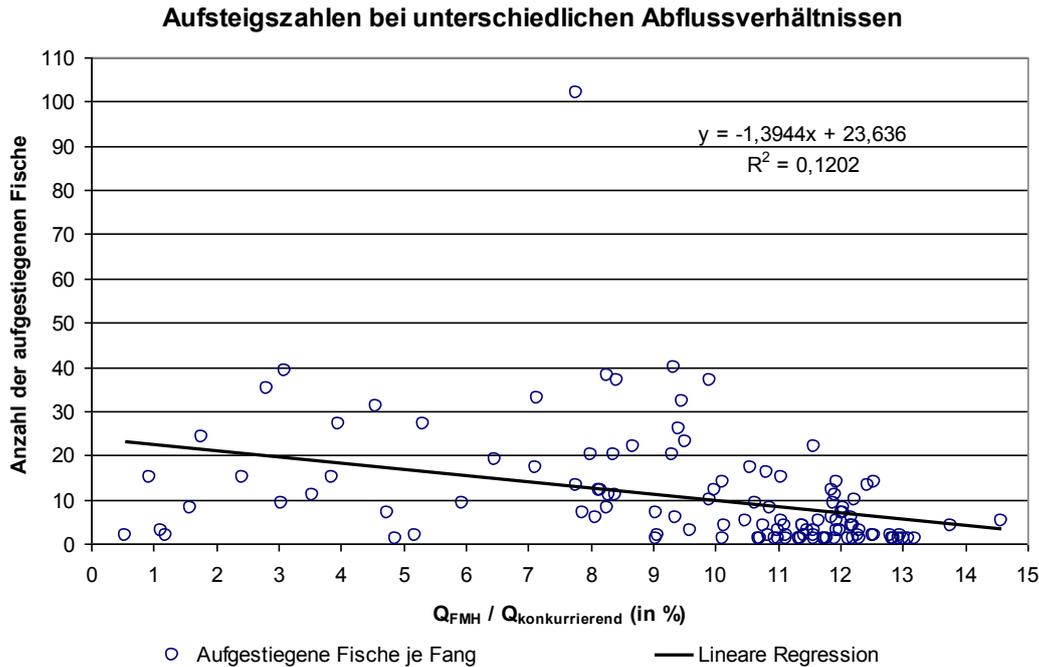
Überlagert wird die temperaturabhängige Aufstiegsaktivität von der Beeinflussung des Wanderverhaltens durch den Abfluss. Nach mittleren bis größeren Hochwasserabflüssen ist ebenfalls ein vermehrter Aufstieg festzustellen. Die fischreichsten Reusenfänge wurden sowohl im Herbst als auch während der Frühjahrsuntersuchungen nach Abklingen einer Hochwasserwelle bei annähernd normaler Wasserführung der Restwasserstrecke verzeichnet. Am 13.10.2011 wurden nach erhöhter Wasserführung der Ausleitungsstrecke mit einem Spitzenabfluss von 44,4 m<sup>3</sup>/s 39 Individuen gefangen. Im Frühjahr wurden am 08.06.2012 nach Abklingen des Hochwasserscheitels mit Spitzenabfluss von 57,3 m<sup>3</sup>/s 102 aufgestiegene Fische in der FMH erfasst.

Wie in Abb. 5-68 ersichtlich, kann eine erhöhte Wasserführung der Restwasserstrecke bei Einstau des unteren Bereichs der FMH gemeinsam mit einer zeitweisen Überströmung des Fischpasses zu einem Rückgang der Aufstiegszahlen führen. So wurden im Frühjahr die zuvor fortwährend hohen Aufstiegszahlen im Zeitraum von 04.06.2012 bis 06.06.2012 auf insgesamt zwei erfasste Individuen und im Zeitraum von 13.06.2012 bis 15.06.2012 auf fünf aufgestiegene Fische stark reduziert.



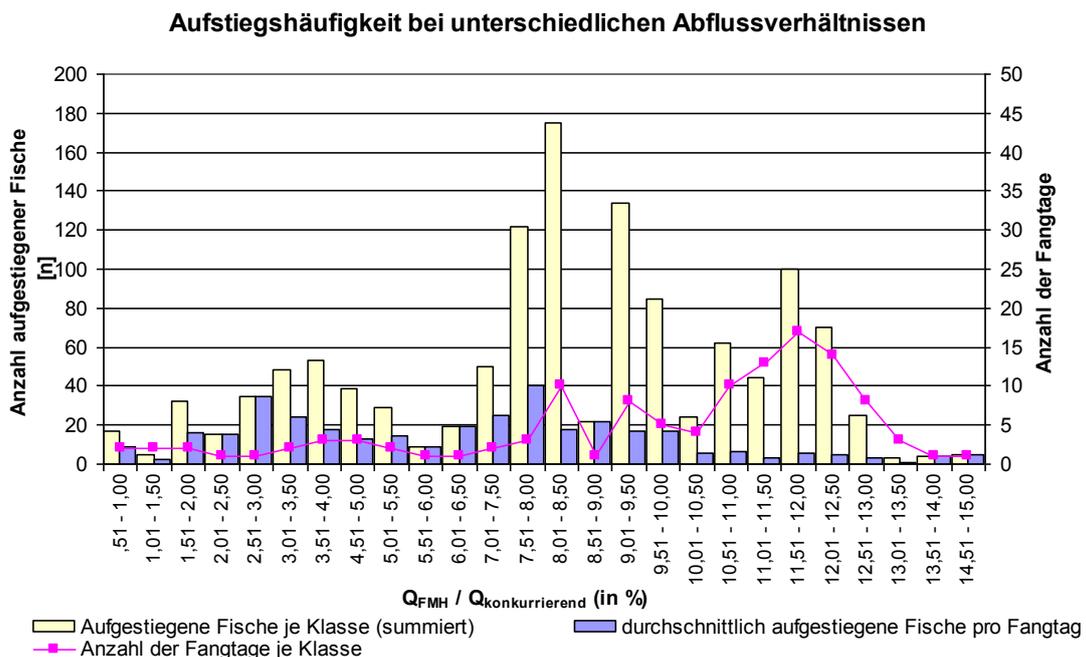
**Abb. 5-68 Fangzahlen (Reuse 1 und Reuse 2), Abfluss der Restwasserstrecke und mittlere Tagesabfluss FMH beeinflusst durch Reuse 1; oben: Herbst, unten: Frühjahr**

Bei der Untersuchung der Aufstiegszahlen in Abhängigkeit der Abflussverhältnisse am Einstieg (Abb. 5-69 und Abb. 5-70) zeigt sich, dass über den gesamten beobachteten Bereich des FMH-Abflussverhältnisses (0,5 - 15 % zum konkurrierenden Abfluss) ein Aufstieg möglich ist. Es wurden dabei die Daten aus Herbst und Frühjahr gemeinsam untersucht. Die Regressionsanalyse bzw. die Anpassungslinie (lineare Regression, Abb. 5-69) weist einen leicht abfallenden Trend der aufgestiegenen Fische gegenüber dem Abflussverhältnis  $Q_{FMH}/Q_{konkurrierend}$  auf. In Anbetracht des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2=0,1202$ ) ist jedoch von keiner signifikanten Korrelation zu sprechen.



**Abb. 5-69 Aufstiegszahlen bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen**

Die meisten aufgestiegenen Fische, insgesamt 175 Individuen, wurden in der Abflussklasse 8,01 - 8,5 % verzeichnet, wobei dieses gemittelte Abflussverhältnis an 10 Fangtagen vorherrschte (Abb. 5-70). Die am häufigsten vorherrschende Abflusssituation lag bei 11,51 - 12,0 %. An insgesamt 17 Fangtagen wurden dabei 100 Fische in der Reuse 1 erfasst. Es ist davon auszugehen, dass je öfter eine bestimmte Abflusssituation vorherrscht, in dieser Abflussklasse auch mehr Fische gefangen werden. Dies ist auch auf die gehäuften Entleerungen der Reuse 1 zurückzuführen. Versucht man diesen Effekt zu kompensieren, indem man eine durchschnittliche Aufstiegszahl pro Fang für die jeweiligen Klassen errechnet, wird deutlich, dass es zwar Abflussverhältnisse gab, bei denen eine leichte Häufung der Aufstiege festzustellen war, ein progressiver Zusammenhang zwischen den beiden Parametern allerdings nicht feststellbar ist.



**Abb. 5-70 Aufstiegshäufigkeit bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen**

In der Einstiegsreuse (Reuse 2) wurden im Herbst innerhalb von 17 Tagen (16 Entleerungen) insgesamt 24 Fische gefangen. Im Frühjahr waren es 71 Fische in 7 Tagen (6 Entleerungen). Die Aufstiege (Fangzahlen Reuse 1) während der gleichen Zeitspanne (des Einsatzes der Reuse 2) mit einem Tag Nachlaufzeit, beziffern sich im Herbst auf sieben, im Frühjahr auf 57 Fische.

Betrachtet man die gleichen Zeitspannen vor dem Einsatz der Reuse 2, lagen die Aufstiege (Fangzahlen Reuse 1) im Herbst mit 77 und im Frühjahr mit 69 z.T. deutlich höher, was auf eine negative Beeinflussung durch die Einstiegsreuse schließen lässt.

Es war allen in der Einstiegsreuse gefangenen Fischarten und Altersstadien möglich, den enature® Fishpass zu durchwandern.

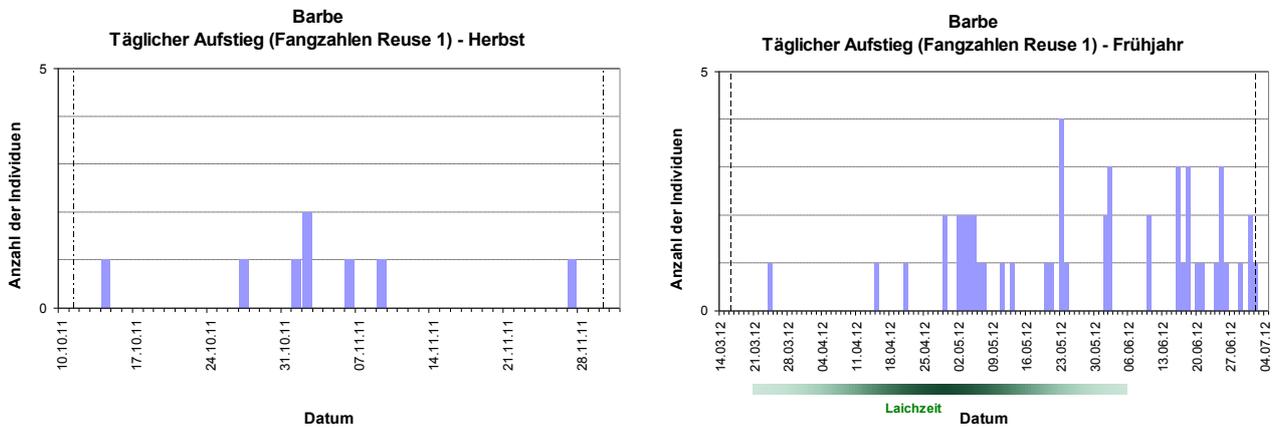
**Tab. 5-18 Gegenüberstellung der Fangzahlen von Reuse 1 und 2 vor und während der Einstiegsreusenuntersuchung**

	Fangzahlen (Herbst)		Fangzahlen (Frühling)	
Zeitraum Reuse 2		11.11.-26.11.2011		26.05.-31-05.2012
Zeitraum Reuse 1	26.10.-10.11.2011	12.11.-27.11.2011	19.05.-25-05.2012	27.05.-01.06.2012
Fangzahlen Reuse 2		24		71
Fangzahlen Reuse 1	77	7	69	57

### 5.2.6.3. Mittelstreckenwanderer

- Barbe

Die Barbe, der einzige, nachgewiesene Vertreter der Mittelstreckenwanderer, wurde während der Untersuchungen 57-mal gefangen.



**Abb. 5-71 Aufgestiegene Barben, links: Herbst, rechts: Frühjahr**

Im Herbst waren es acht überwiegend adulte Exemplare mit Größen zwischen 120 mm bis 585 mm. Verteilt über den Zeitraum des Frühjahrsmonitorings wurden 49 Individuen erfasst. Rund die Hälfte davon waren adulte Tiere, die in der Laichzeit aufgestiegen sind.

Ab Mitte Juni wurden vermehrt juvenile Barben zwischen 75 mm und 100 mm Länge am Ausstieg der FMH gefangen.



**Abb. 5-72 links: Vier adulte Barben, gefangen am 23.05.2012, rechts: Juvenile Barbe, 80 mm Länge, gefangen am 16.06.2012**

#### 5.2.6.4. Kurzstreckenwanderer

- Aitel

Über den gesamten Untersuchungszeitraum sind nachweislich 106 Aiteln erfolgreich aufgestiegen.

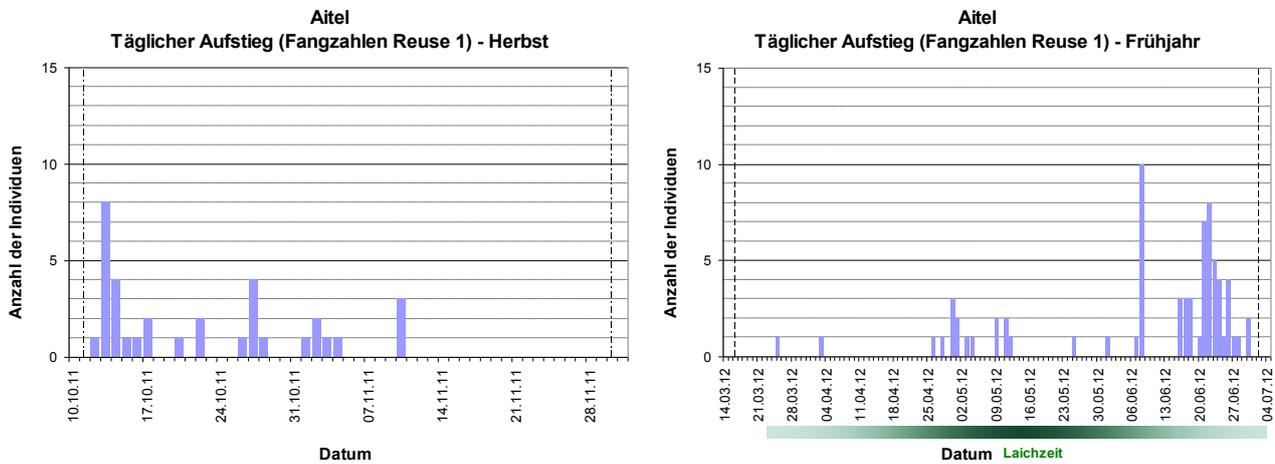


Abb. 5-73 Aufgestiegene Aitel, links: Herbst, rechts: Frühjahr

Die im Herbst gefangenen 34 Exemplare wiesen Längen von 115 mm bis 275 mm auf. Von den 72 im Frühjahr, während der Laichzeit gefangenen Aiteln, waren ca. 25 % adult. Ab Anfang Juni wurden vermehrt juvenile Individuen kleiner als 100mm gefangen.



Abb. 5-74 oben: Adultes Aitel mit Verletzungen an Schwanzflosse und Rücken, gefangen am 09.05.2012, unten: Drei juvenile Aitel, gefangen am 24.06.2012

- Äsche

Im Herbst stiegen insgesamt 12 Äschen mit Längen von 165 mm bis 200 mm auf. Während des Frühjahrsmonitorings wurden zwei adulte Äschen mit Größen von 335mm und 310mm am Ausstieg der FMH gefangen.

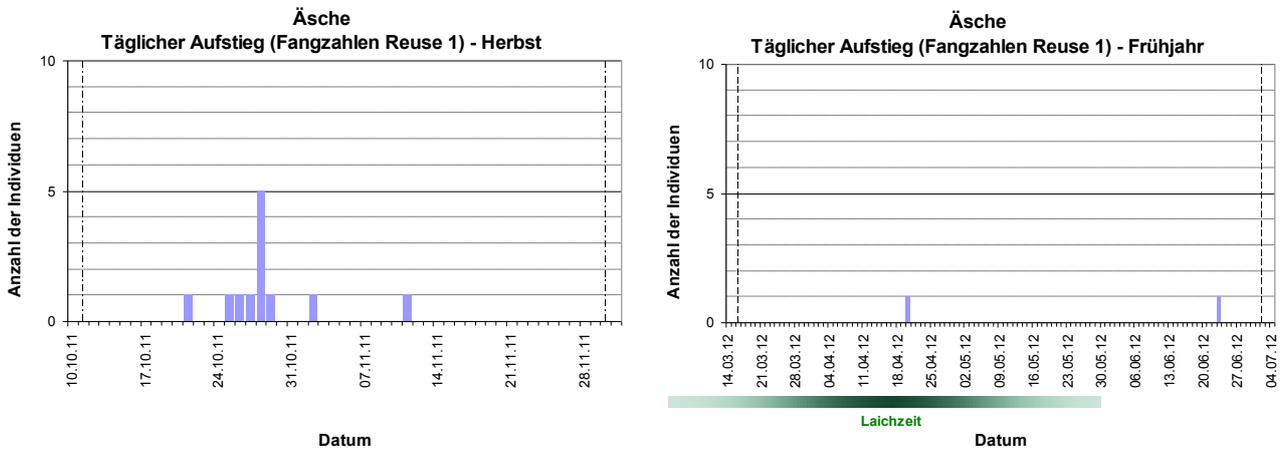


Abb. 5-75 Aufgestiegene Äschen, links: Herbst, rechts: Frühjahr



Abb. 5-76 adulte Äsche, gefangen am 20.04.2012

- Bachschmerle

Insgesamt wurde im gesamten Untersuchungszeitraum der Aufstieg von vier Bachschmerlen verzeichnet. Drei Exemplare mit Längen von 100 mm bis 110 mm wurden im Herbst, eine 70 mm lange Bachschmerle wurde im Juni gefangen.

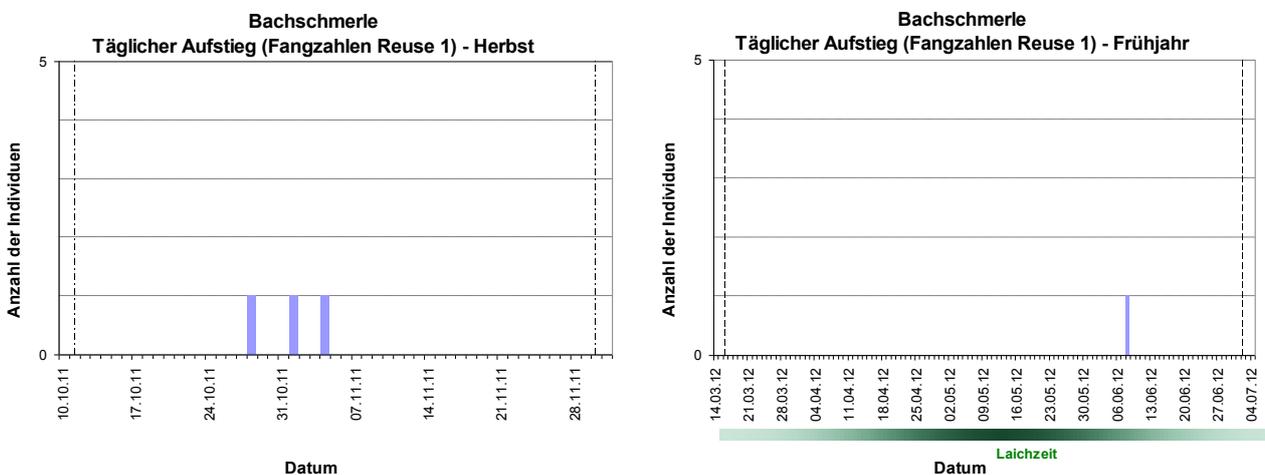


Abb. 5-77 Aufgestiegene Bachschmerlen, links: Herbst, rechts: Frühjahr



Abb. 5-78 Bachschmerle, Länge 105 mm, gefangen am 04.11.2011

- Elritze

Insgesamt wurden 59 Elritzen in der Reuse 1 der FMH gefangen. Alle Aufstiege wurden während der Frühjahrsuntersuchungen, in der Laichzeit dieser Spezies verzeichnet. Die Längen der aufgestiegenen Exemplare lagen zwischen 55 mm und 100 mm.

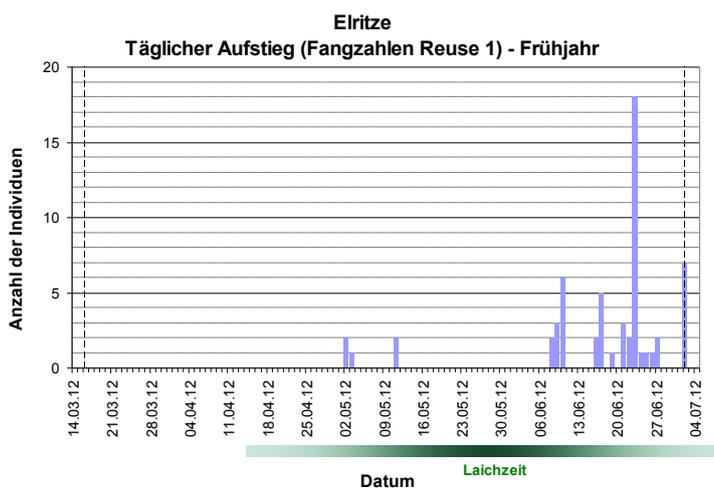


Abb. 5-80 Adulte Elritze, aufgestiegen am 08.06.2012

Abb. 5-79 Aufgestiegene Elritzen im Frühjahr

- Koppe

Über den Gesamtuntersuchungszeitraum wurden 137 erfolgreich aufgestiegene Koppen erfasst.

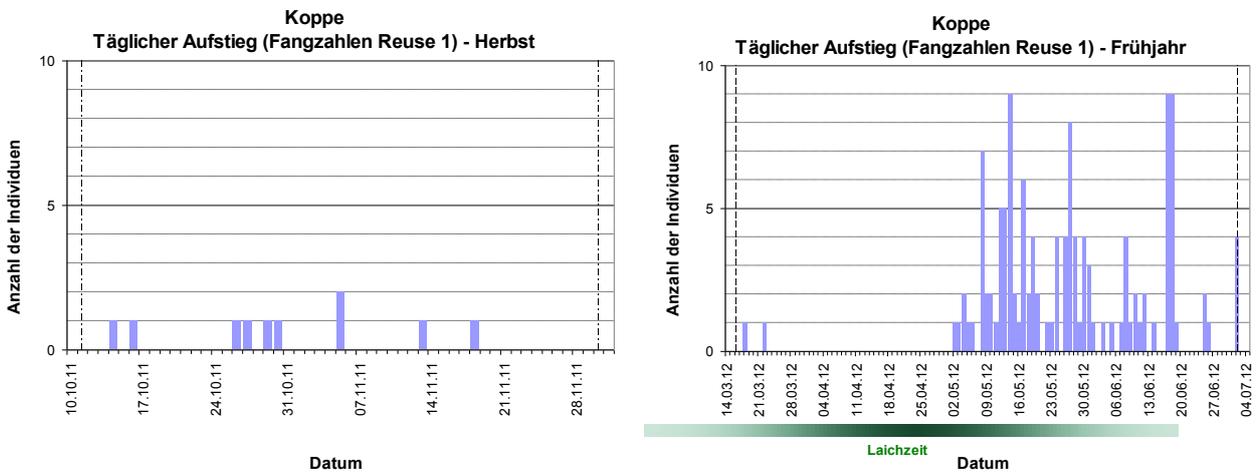


Abb. 5-81 Aufgestiegene Koppen, links: Herbst, rechts: Frühjahr

Die Längen der Individuen lagen dabei zwischen 65 mm bis 120 mm.

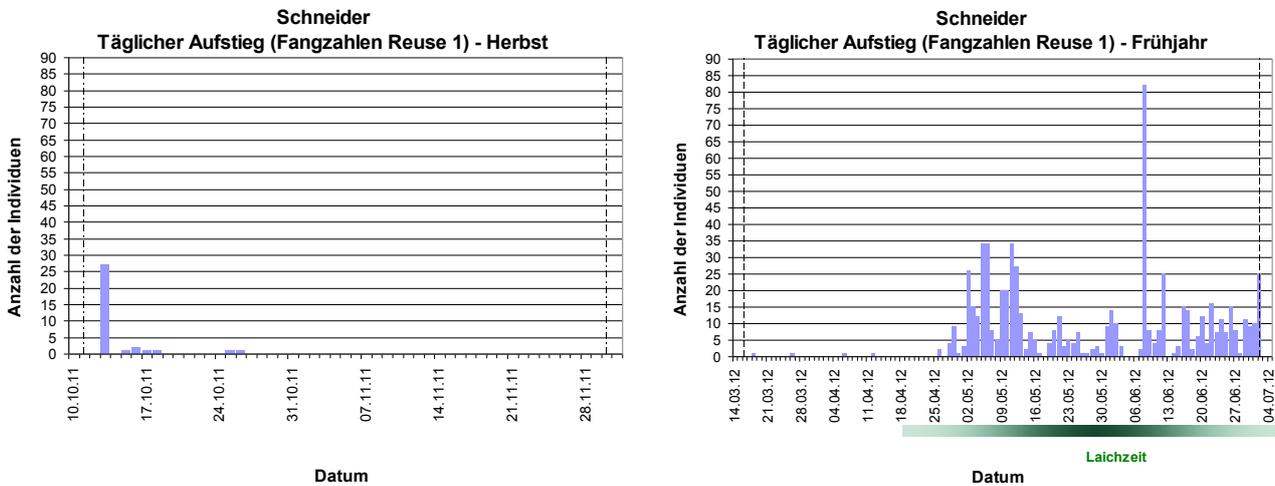
Im Herbst wurden 10 Exemplare erfasst. Der überwiegende Teil wurde in den Monaten Mai und Juni, in der Laichzeit dieser Spezies, gefangen.



Abb. 5-82 Neun aufgestiegene Koppen, erfasst bei der Entleerung der Reuse 1 am 14.05.2012

- Schneider

Der Schneider, die am häufigsten aufgestiegene Spezies, wurde in der Reuse 1 der FMH insgesamt 713-mal erfasst.



**Abb. 5-83 Aufgestiegene Schneider, links: Herbst, rechts: Frühjahr**

Im Herbst wurden 34 Individuen mit Größen zwischen 90 mm und 145 mm gefangen. Der überwiegende Teil, insgesamt 679 Fische, wurde in der Laichzeit, beginnend mit Ende April bis zum Ende der Frühjahrsuntersuchungen, erfasst.



**Abb. 5-84 Schneider, Länge 65 mm, gefangen am 02.07.2012**

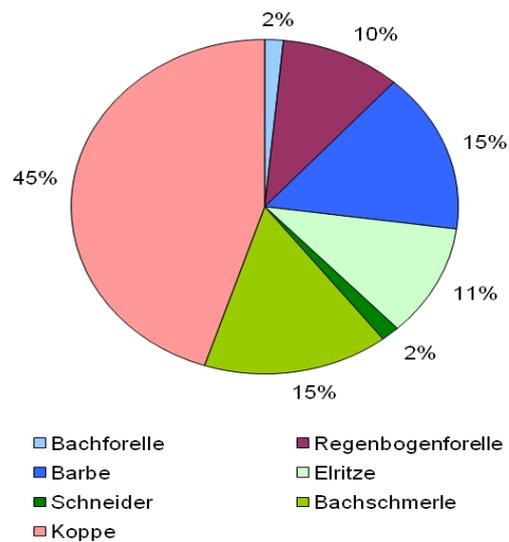
Der Aufstieg des Schneiders im Fischpass erfolgte in Schwärmen, so wurden mehrfach Fänge mit 10 Schneidern und mehr verzeichnet. Der maximale Tagesaufstieg lag bei 82 Individuen.

### 5.2.7. Befischung der FMH (Feldmüller et al., 2012)

Bei der Befischung der Fischwanderhilfe (FWH) an der Wehranlage des KW Hart am 18.7.2012 wurden im enature Fischpass insgesamt 129 Individuen aus sieben Arten gefangen (Tab. 1). Als abundanzstärkste Art erwies sich die Koppe mit einem Anteil von 45% (58 Individuen, Abb. 5-85). Des Weiteren wurden noch 20 Barben (15%), 20 Bachschmerlen (15%), 14 Elritzen (11%), 13 Regenbogenforellen (10%) und je 2 Exemplare der Bachforelle sowie des Schneiders (2%) nachgewiesen (Tab. 5-1, Abb. 5-85).

**Tab. 5-1: Fischarten und Fischbestand der FWH des KW Hart.**

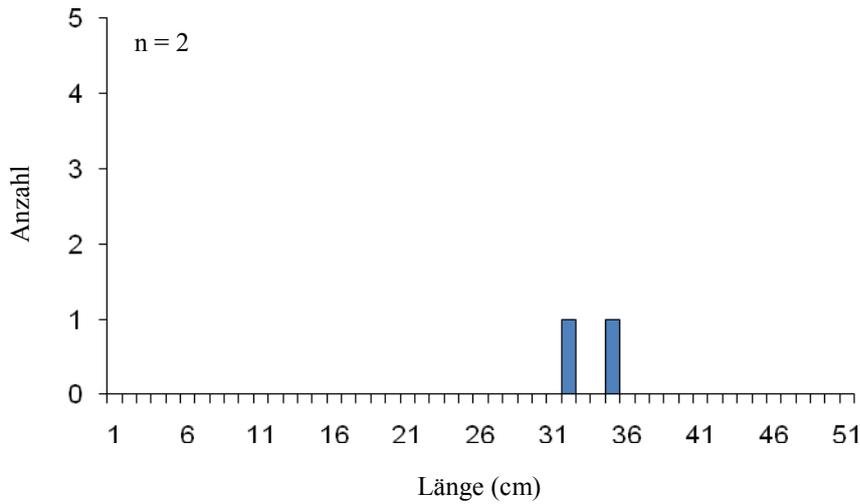
Fischart	Anzahl der Fische
Bachforelle	2
Regenbogenforelle	13
Barbe	20
Elritze	14
Schneider	2
Bachschmerle	20
Koppe	58
<b>7 Arten</b>	<b>129</b>



**Abb. 5-85 Fischartenverteilung in der FWH des KW Hart; n = 129.**

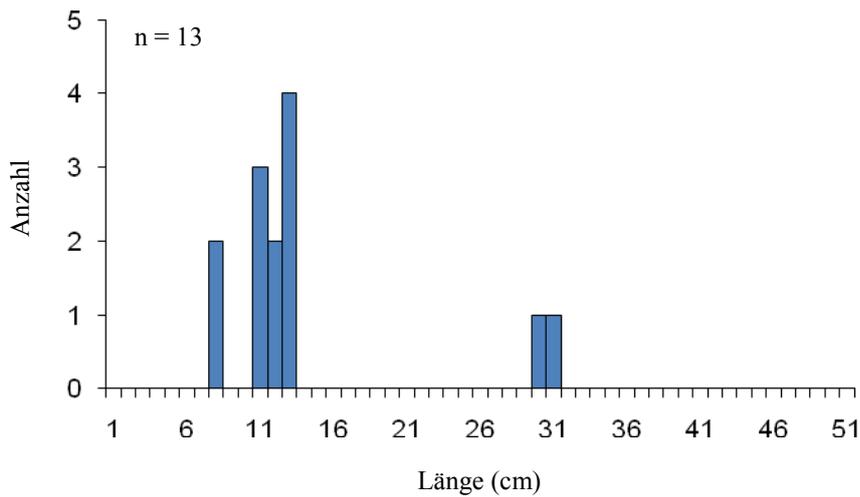
In den Abbildungen Abb. 5-86 - Abb. 5-92 sind die Längen-Frequenzdiagramme der in der FWH des KW Hart festgestellten Fischarten dargestellt.

„Die Bachforelle war nur in Form zweier adulter Exemplare mit 32,1 bzw. 35,2 cm Totallänge in der FWH vertreten (Abb. 5-86).



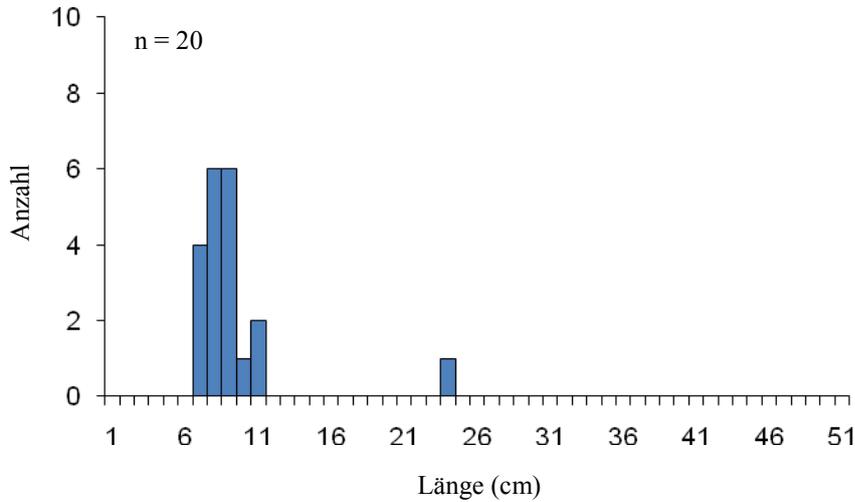
**Abb. 5-86** Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Bestandserhebung in der FMH.

Bei der Regenbogenforelle war neben zwei einzelnen Adultexemplaren eine höhere Individuendichte an Jungfischen zwischen 8 und 13,1 cm Länge festzustellen (Abb. 5-87).



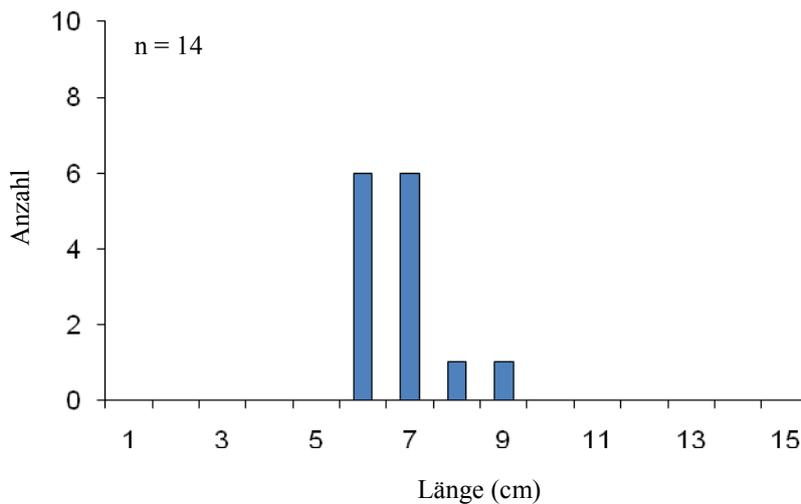
**Abb. 5-87** Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Bestandserhebung in der FMH.

Eine ähnliche Situation lag bei der Barbe vor, die mit Ausnahme eines 24 cm großen Individuums ausschließlich anhand juveniler Exemplare unter 12 cm Totallänge nachgewiesen wurde (Abb. 5-88).

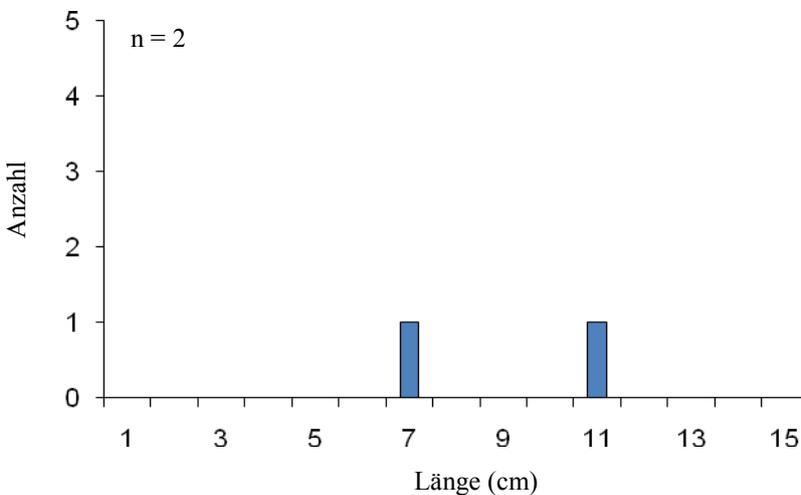


**Abb. 5-88** Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Bestandserhebung in der FMH.

Von der Elritze waren insgesamt 14 Individuen zwischen 6 und 8,7 cm Länge in der FWH des KW Hart fängig (Abb. 5-89), während der Schneider lediglich durch zwei einzelne Exemplare mit 7,4 bzw. 11,1 cm Länge vertreten war (Abb. 5-90).

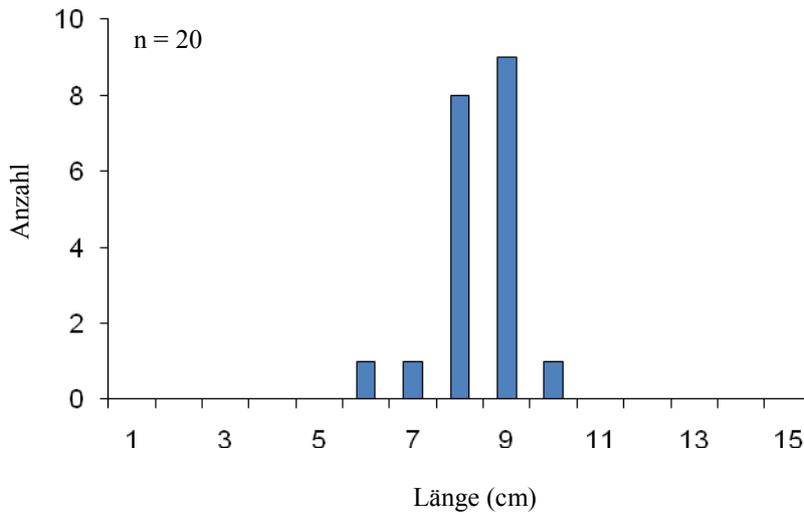


**Abb. 5-89** Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Bestandserhebung in der FMH.



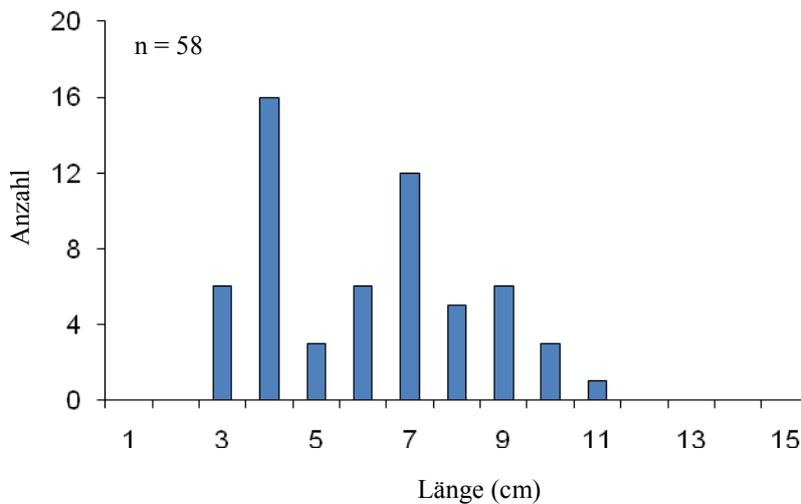
**Abb. 5-90** Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Bestandserhebung in der FMH.

Bei der Bachschmerle waren mit Ausnahme größerer Adultfische sowie Jungtieren unter 6 cm Länge Individuen aller Altersklassen festzustellen, wobei Individuen mit 8 bzw. 9 cm Totallänge dominierten (Abb. 5-91).



**Abb. 5-91** Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerle, Bestandserhebung in der FMH.

Die Koppe zeigte einen lückenlosen Altersaufbau. Sie war in relativ großer Stückzahl vorhanden und durch Vertreter aller Altersklassen ab 3 cm repräsentiert (Abb. 5-92). (Feldmüller et al., 2012, bearbeitet)



**Abb. 5-92** Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Bestandserhebung in der FMH.

### 5.3. Videountersuchungen

#### 5.3.1. Huchen-Monitoring

Zur Abbildung der vorherrschenden Bedingungen und um die Ergebnisse der Videodokumentation besser diskutieren zu können, sind nachstehend, neben den ausgewerteten Auf- und Abstiegen der drei Versuchstiere, abiotische Parameter aus dem Monitoringzeitraum angeführt.

##### 5.3.1.1. Abiotische Parameter

**Tab. 5-19 Wassertemperatur, WSP-OW, WSP-UW, elektrische Leitfähigkeit, Durchfluss FMH, Huchen-Monitoring 16.12.2011 – 19.12.2011**

	16.12.2011	17.12.2011	18.12.2011	19.12.2011
Wassertemperatur [°C]	7,4	6,8	6,6	6,3
WSP - OW* [m.ü.A]	361,80	361,83	361,81	361,78
WSP - UW* [m.ü.A]	359,19	359,20	359,20	359,18
Elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	NA	520	551	580
Durchfluss FMH [l/s]	363,8**	361,7**	360,6***	358,3***

\*auf Grund sehr geringer Varianzen der WSP-Lagen im Monitoringzeitraum sind die Höhen als Mittelwert im Zeitfenster 7:00 – 16:00 angegeben.

\*\* Durchflusswerte als Tagesmittelwert mittels Pegelschlüssel errechnet.

\*\*\*Durchflusswerte direkt mittels Salzverdünnungsmethode bestimmt.

### 5.3.1.2. Auf- und Abstieg

670mm Huchen: Der kleinste der Versuchs-Huchen mit einer Länge von 670 mm hat am 16.12.2011 wenige Minuten nach Entfernen der temporären Absperrung bei Slot 6 innerhalb von ca. 2 Minuten 10 Multistrukturslots durchwandert. Nach ca. 40 Minuten kam dieser an der oberen permanenten Absperrung in Pool 18 an. Anschließend wurde dieser Huchen wieder in Pool 1 gegeben. Der in der Nacht unregistriert aufgestiegene Fisch wurde erst wieder morgens am 18.12.2011 beim Abstieg durch Slot 2 videodokumentiert.

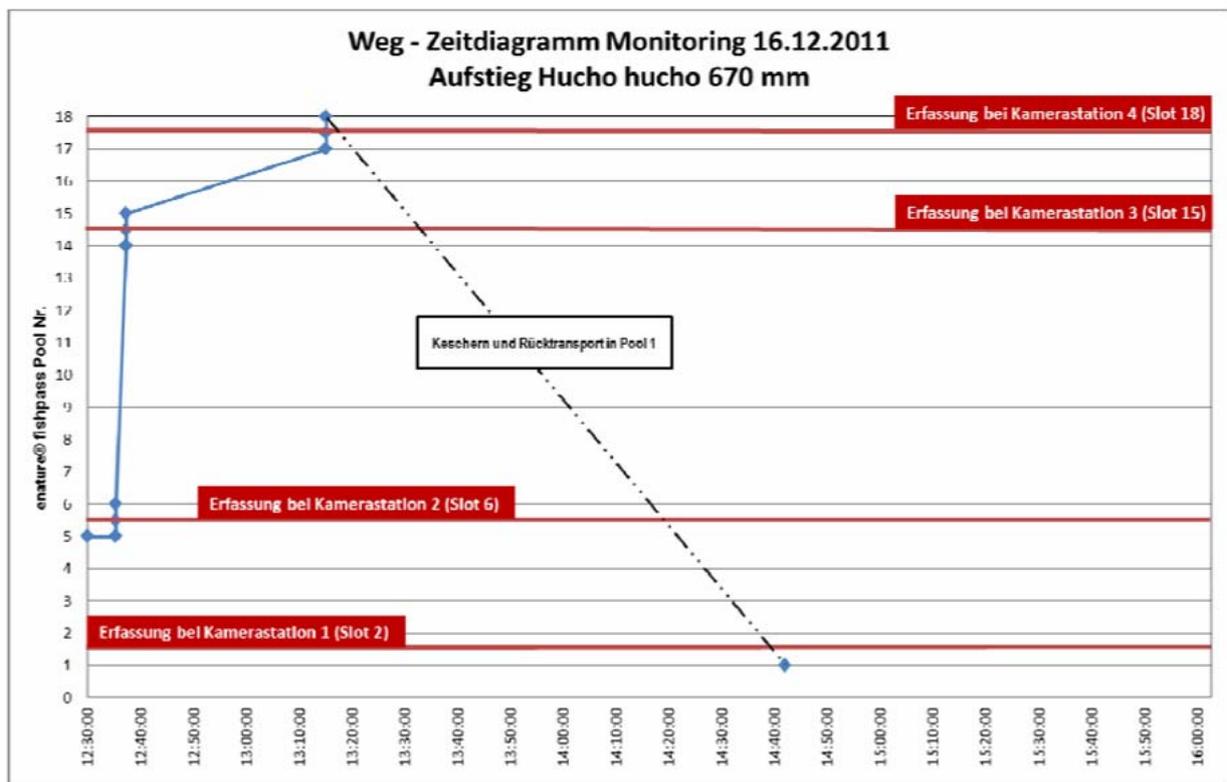


Abb. 5-93: Weg – Zeitdiagramm Aufstieg Hucho hucho 670 mm, 16.12.2011. Quelle: Mader (2012).

Am 18.12.2011 morgens wurde der 670 mm Huchen bei mehrmaligem Auf- und Abstieg zwischen Pool 1 und Pool 2 beobachtet und verblieb anschließend im Pool 1. Die Abwärtswanderungen erfolgten passiv durch Abdrift (Schwanz voraus).

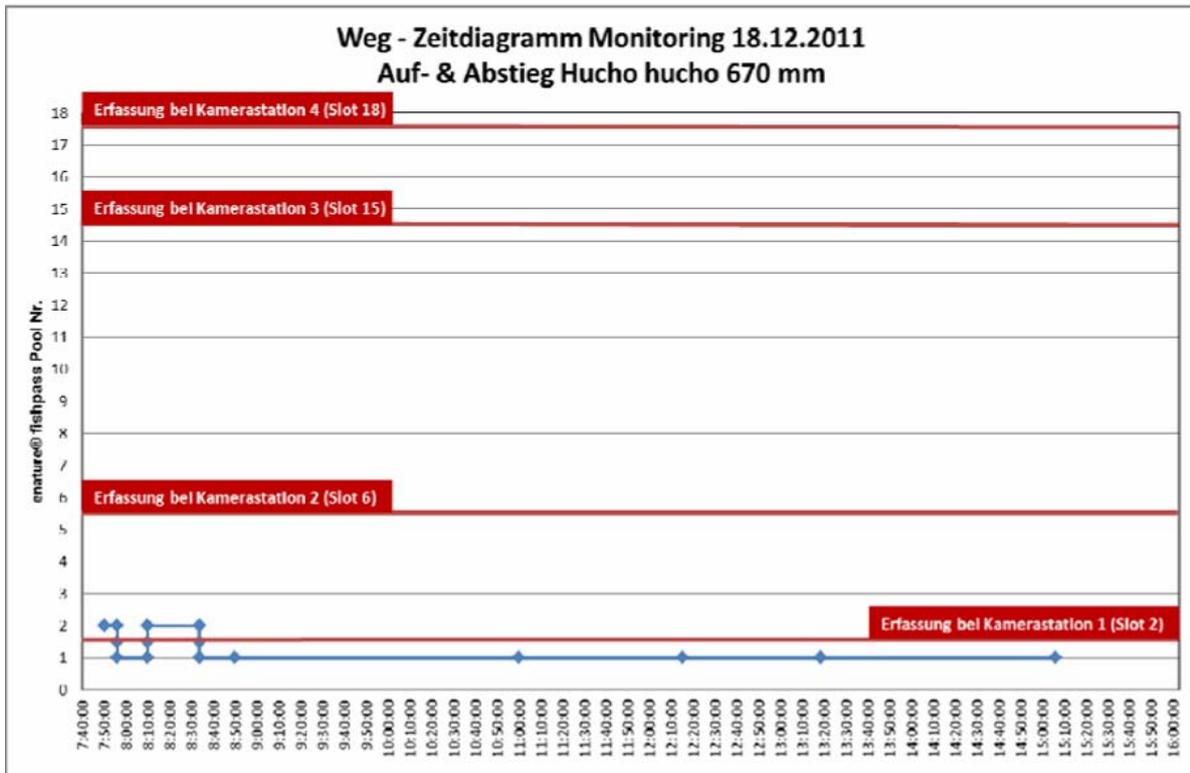


Abb. 5-94: Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 670 mm, 18.12.2011. Quelle: Mader (2012).

Am 19.12.2011 morgens wanderte der 670 mm Huchen wiederum zwischen Pool 1 und Pool 2 und stieg anschließend bis Pool 6 auf, wo er um ca. 12:30 entnommen wurde. Die Abwärtswanderungen erfolgten wiederum passiv durch Abdrift (Schwanz voraus).

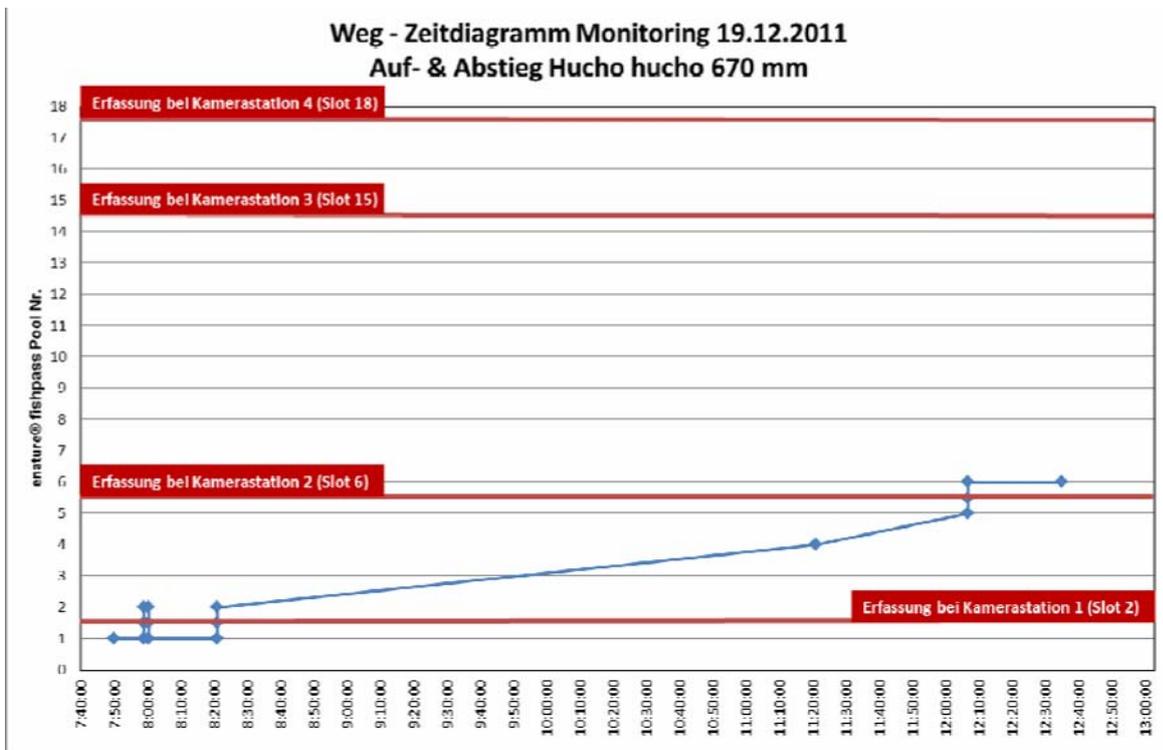


Abb. 5-95 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 670 mm, 19.12.2011. Quelle: Mader (2012).

900mm Huchen: Am 16.12.2011 unmittelbar nach Entfernen der temporären Abspernung bei Slot 6 durchwanderte der Versuchs-Huchen mit 900 mm Länge in einem Zug 13 Multistrukturslots. Die Strecke legte er in einer Zeit von etwas mehr als einer Minute zurück bis er an der oberen permanenten Fischsperre des enature® Fishpass in Pool 18 ankam. Nach dem Keschern und Wiedereinsetzen in Pool 1 erfolgte ein weiterer Aufstieg der wegen Dunkelheit nicht erfasst werden konnte.

Am darauf folgenden Tag (17.12.2011) wurde der 900 mm Huchen um Mittag beim Abstieg von Pool 6 in Pool 5 aufgezeichnet. Die Abwärtswanderung erfolgte aktiv abwärts schwimmend (Kopf voraus).

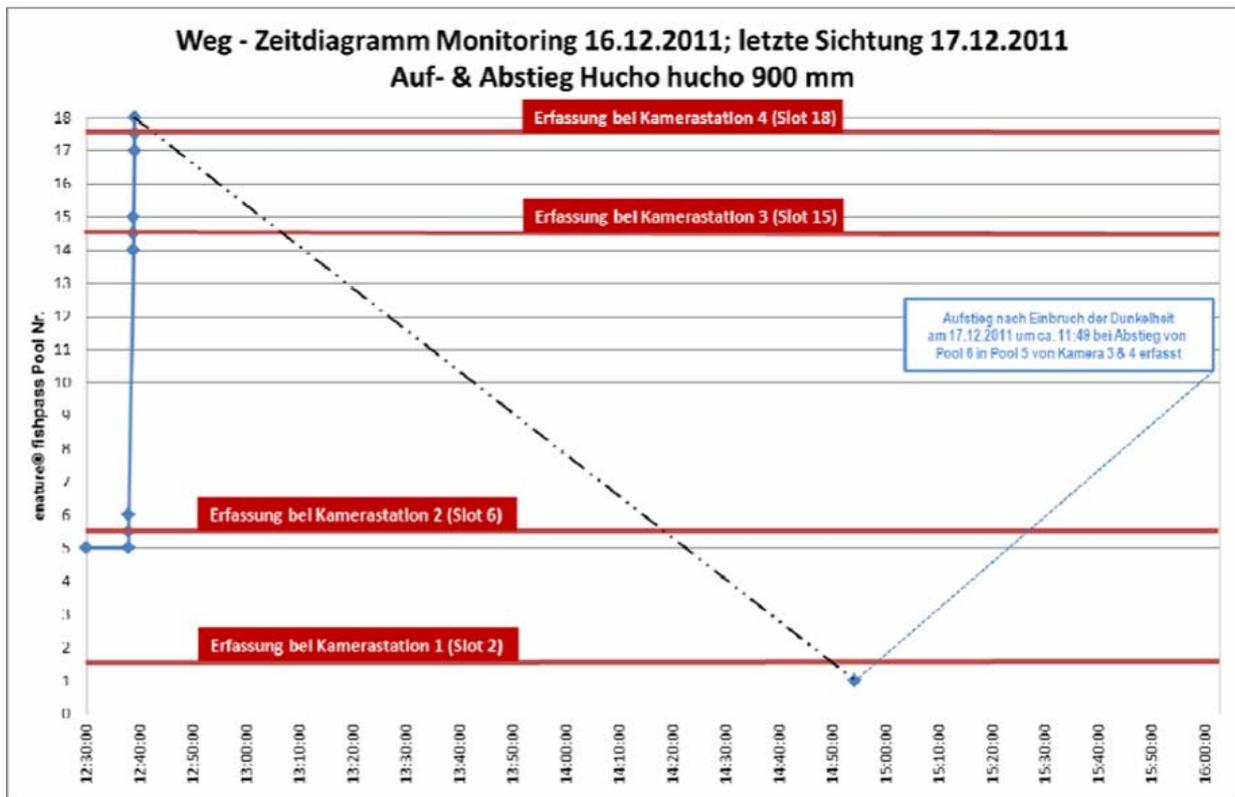


Abb. 5-96 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 900 mm, 16. - 17.12.2011. Quelle: Mader (2012).

1050mm Huchen: Etwa 1 Stunde nach Beginn des Monitorings wurde der Versuchs-Huchen mit einer Länge von 1050 mm beim Aufstieg durch Slot 6 erfasst. Bis zum Einbruch der Dunkelheit hielt sich dieser Huchen zwischen Pool 6 und Pool 14 auf.

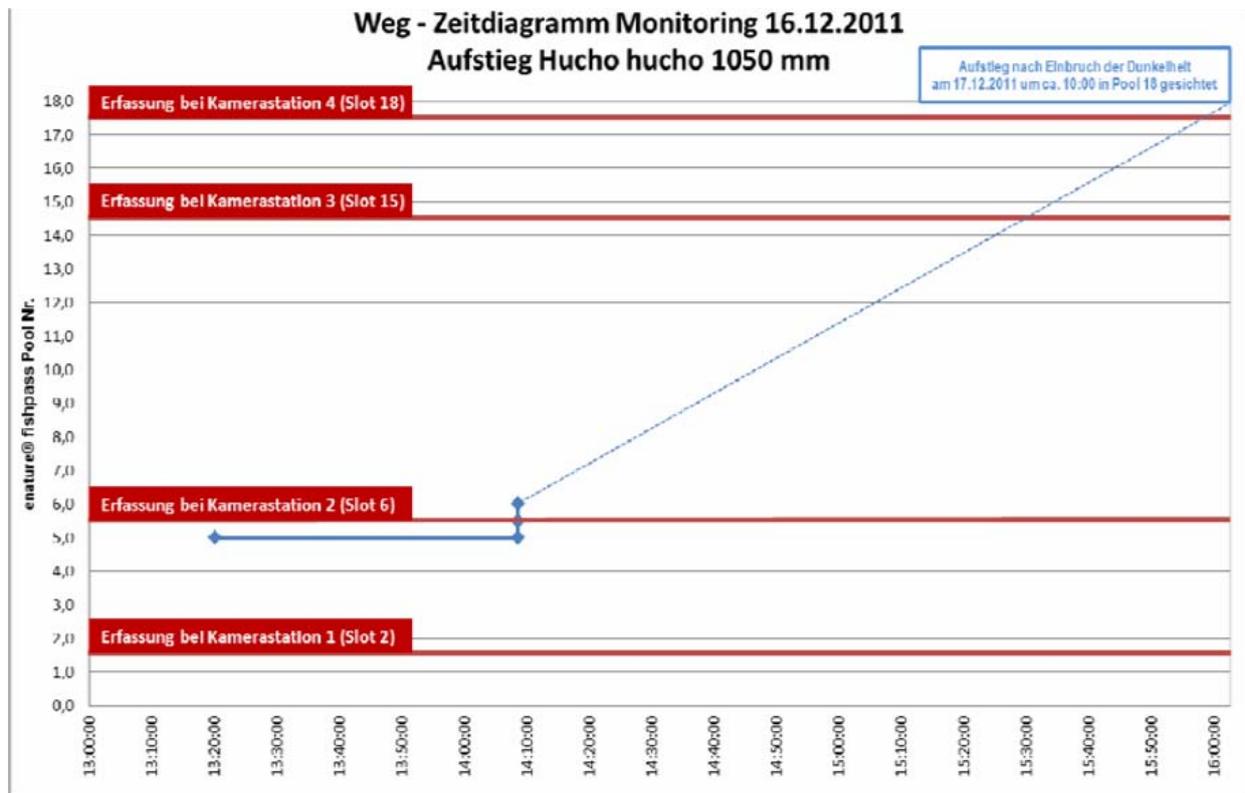


Abb. 5-97 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 1050 mm, 16. - 17.12.2011. Quelle: Mader (2012).

Nach Einbruch der Dunkelheit stieg der 1050mm Huchen erfolgreich bis zum Pool 18 auf. Am nächsten Morgen wurde dieser in Pool 18 gesichtet, gekäschert und wieder in Pool 1 eingesetzt. Dort verblieb der 1050 mm Huchen ca. 1,5 Stunden und wurde dann über einen Zeitraum von rd. 1 Stunde mehrmals beim Durchwandern von Slot 2 erfasst. Die Abwärtswanderung wurde sowohl passiv driftend (Schwanz voraus) wie auch aktiv abwärts schwimmend (Kopf voraus) durchgeführt. Die Strecke zwischen Slot 2 und Slot 6 legte der 1050 mm Huchen in ca. 15 Minuten zurück. Weiters benötigte er von Slot 6 bis Slot 15 rd. 2 Minuten und 6 Minuten später kam er schließlich an der oberen permanenten Fischsperre des enature® Fishpass in Pool 18 an. Somit durchwanderte der 1050mm Huchen in rund 23 Minuten die gesamte FMH – von Pool 1 bis Pool 18.

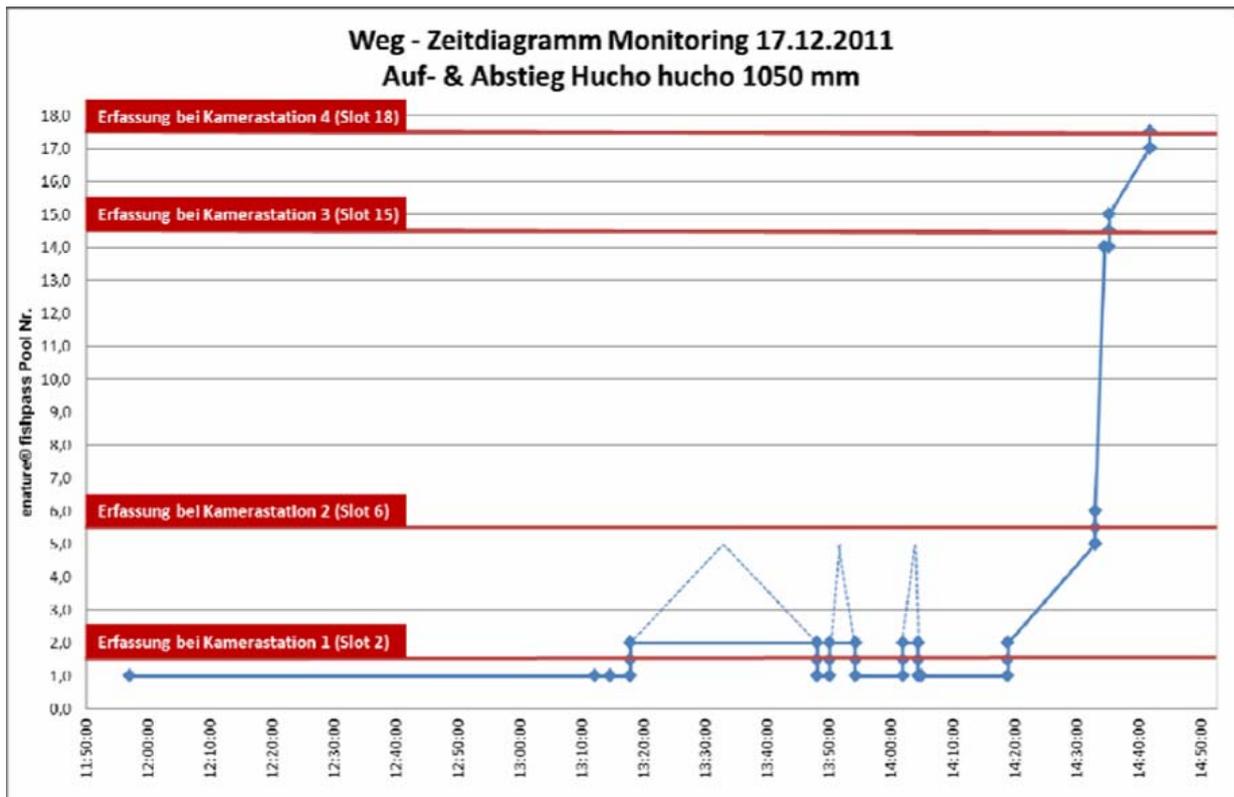


Abb. 5-98 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 1050 mm, 17.12.2011. Quelle: Mader (2012).

### 5.3.2. Zusätzliche Videountersuchungen

Neben dem Huchen-Monitoring wurden zusätzliche Videountersuchungen durchgeführt:

#### 5.3.2.1. Videountersuchung an Multistrukturschlitzten

Im Zeitraum von 06.06.2012 bis 08.06.2012 wurden, gleich der Methodik des Huchen-Monitorings (4.3.1), vier Multistrukturschlitzte mittels Videokameras überwacht.

Es konnten dabei zahlreiche Fische, die sich natürlicherweise in der FMH aufhielten, bei Auf- und Abstiegen beobachtet werden.

Bei allen Kleinfischen war zu erkennen, dass diese den Fischpass in Schwärmen durchwanderten und beim Anschwimmen gegen die Strömung von der Seite einstieg und den Bereich der maximalen Einschnürung (vena contracta) weitgehend mieden. Beim Aufstieg eines Kleinfischschwarms am 07.06.2012, bei dem innerhalb von 15 s ca. 90 Fische registriert wurden, erfolgte der Einstieg und die Durchwanderung am Multistrukturschlitz 6 überwiegend sohnnahe, seitliche entlang der Strukturelemente ohne erkennbare Schwierigkeiten für die Fische. Das Tagesmittel der Wassertemperatur betrug dabei 19,7°C, der Abfluss der FMH lag bei geringen Schwankungen im Tagesmittel bei 370 l/s. Die um 20:33 Uhr einmalig erfasste Leitfähigkeit des Wassers betrug 404  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Abb. 5-99 Aufstieg eines Kleinfischarters, sohlennahe, seitlich entlang der Strukturelemente am Slot 6, 07.06.2012

### 5.3.2.2. Videobeobachtung des Reusentrichters

Um Aussagen über Schwierigkeiten beim Einstieg und das Ausschwimmen von Fischen aus der Reuse machen zu können, wurde der Bereich unterhalb der Reuse 1 im Multistrukturschlitz 18 und unmittelbar am Trichter in der Reuse, mittels Videokameras beobachtet. Die Untersuchung fand im Zeitraum vom 30.04.2012 bis 02.05.2012 statt. Zum Einsatz kamen die gleichen Videoaufzeichnungsgeräte wie unter 4.3.1 beschrieben.

Am 02.05.2012 wurden in der Zeit von 7:18 bis 8:55 Uhr insgesamt zehn Ein- und zehn Ausstiege von vier adulten Barben registriert, wobei die Ausstiege jedes Mal durch Abdrift (Schwanz voraus) passierten (Abb. 5-100).

Bei kleineren Fischen konnten keinerlei Schwierigkeiten am Einstieg festgestellt werden. Es wurden mehrere Einstiege, allerdings kein Ausstieg aus der Reuse 1 erfasst.



Abb. 5-100 Abdrift einer Barbe im Trichter der Reuse 1, 02.05.2012 um 8:38 Uhr

## 6. Diskussion / Interpretation

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der fischökologischen und technischen Untersuchungen getrennt von einander diskutiert. Anschliessend werden im Kapitel 6.4 Biotik und Abiotik zusammengeführt und gemeinsam zu diskutiert.

### 6.1. Technische Funktionalität

#### 6.1.1. Wassertiefen der Becken / Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) FMH

Zusammengefasst lagen bei den drei durchgeführten Messungen die Wassertiefen in den Becken grösstenteils über der geforderten Wassertiefe von 100 cm. Ausnahmen waren das Becken zwischen dem Multistrukturschlitz 17 und 18 sowie bei zwei Messungen das Ruhebecken in der 180° Kehre. Da die Wassertiefen als Mittelwert angegeben werden, sind diese von lokalen Sohlerrhöhungen beeinflusst. Es gab bei beiden betroffenen Becken auch Bereiche, in denen die geforderte Wassertiefe eingehalten wurde.

Für die Interpretation der Wassertiefen sind Höhe und Verteilung des Sohlsubstrats notwendig, da ein Sedimenteintrag bzw. eine Sohlerrrosion sich unweigerlich auf die Wassertiefen in einem Becken auswirken. Für die beiden oben erwähnten Becken ist unter Berücksichtigung der Sohlsubstratstärke folgendes abzuleiten:

- in der 180°-Kehre wurden die Mindestwassertiefen durch Sedimenteintrag teilweise unterschritten
- die Messung vom 25.05.2012 zeigte, dass nach der Sohlerrsanierung vom 21. – 23.5.2012 der Grenzwert der Wassertiefen in allen Becken eingehalten werden konnte, selbst bei einer Korrektur des Oberwasserstandes aufs Stauziel
- bei der Messung vom 30.06.2012 zeigte sich eine leichte Verringerung der Wassertiefen in allen Becken. Diese hängt mit einer starken Geschiebeablagerung im Vorlaufbecken (Abb. 5-25, 6.1.2, 6.1.6.3) und dem damit verbundenen Fließverlust zusammen.

Somit ist für die technische Funktionalität und zur Einhaltung der Mindestwassertiefen eine Instandhaltung der rauen Sohle insbesondere hinsichtlich der geforderten Sohlsubstratstärken sehr wichtig. An diesem Punkt soll noch einmal auf die Notwendigkeit der richtigen Korngrößen beim Einbringen von Sohlsubstrat verwiesen werden (6.1.4).

Bei den Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) zwischen den Becken bzw. bei den Multistrukturschlitzten kam es vor allem beim Multistrukturschlitz 6 zu einem Überschreiten des 15 cm-Grenzwerts. Dies dürfte einerseits mit der Sedimentablagerung im Bereich des Slots und des Ruhebeckens der 180° - Kehre in Zusammenhang stehen. Wie die Aufnahme vom 25.05.2012 zeigt (Abb. 5-2) ist jedoch auch bei Sohlsubstratstärken am Sollwert eine Erhöhung von  $\Delta h$  festzustellen. Bewirkt wird diese vermutlich durch die Änderung der Querschnittsgeometrie und durch den Gefällsknick am Übergang von Pool 5 zum Ruhebecken. Multistrukturschlitz 5 zeigt bei allen Messungen eine relativ starke Unterschreitung des Grenzwerts von 15 cm. Vermutlich hängt diese Abweichung ähnlich wie bei Schlitz 6 mit der Änderung des Sohlgefälles und der Querschnittsgeometrie am Übergang vom Ruhebecken zum Pool zusammen.

Ein Vergleich der Wasserspiegeldifferenzen der jeweiligen Schlitzte zu unterschiedlichen Messzeitpunkten ist nur bedingt möglich, da ein Grossteil der Mittelwerte im Schwankungsbereich von 15 +/- 2 cm liegt.

Bei der Wasserspiegelanalyse vom 25.05.2012 sind die durchgeführten Sohlaufnahmen nur mit Vorbehalt für eine Interpretation verwendbar. Es ist anzunehmen, dass die in dem dazwischen liegenden Zeitfenster registrierten, erhöhten Wasserführungen auch zu einer Umlagerung der Sohle beigetragen haben.

Bei künftigen Messungen der Wassertiefen und Wasserspiegeldifferenzen sollte zeitgleich eine Sohlsustrataufnahme durchgeführt werden. Nur somit kann eine eindeutige Beurteilung gemacht werden.

### 6.1.2. Abfluss FMH

Sieht man vom Einfluss der Reuse 1 ab, wurde der Mindestabfluss der FMH in Höhe von 360 l/s über die Gesamtdauer der Untersuchungen eingehalten.

Selbst für den kleinsten registrierten Stauwasserspiegel (361.76 m.ü.A. am 24.11.2011), 10 cm unter Stauziel, wurde der Mindestabfluss unter Einfluss der Reuse mit 358 l/s nur geringfügig unterschritten.

Allerdings musste am Ende der Frühjahrsuntersuchungen ab dem 14.06.2012 ein Rückgang des WSP-Reuse und damit verbunden eine Reduktion des Abflusses der FMH festgestellt werden, obwohl auch hier der theoretische Durchfluss ohne Reuse noch über dem Mindestwert von 360 l/s lag. Die Änderung des Abflussverhaltens der FMH ist wahrscheinlich auf den Eintrag von Geschiebe im Einlaufbereich vor dem Slot 19 und im Reusenbecken 1 während erhöhter Wasserführung im Zeitraum von 04.06.2012 bis 14.06.2012 zurückzuführen.

Um den Mindestabfluss der FMH auch dauerhaft gewährleisten zu können, ist das Vorlaufbecken regelmäßig von Geschiebeablagerungen zu befreien.

### 6.1.3. Fließgeschwindigkeiten an den Slots

Wie die Ergebnisse der ermittelten Fließgeschwindigkeiten zeigen, liegen diese an allen Messlotrechten, selbst bei einem  $\Delta h$  von 19 cm unter dem Wert von  $v_{\max}=1,59$  m/s, der einem  $\Delta h$  von 13 cm entspricht. Dieses positive Ergebnis bestätigt die Aussage von Tauber (2011), wonach eine Berechnung der maximalen Fließgeschwindigkeit mit  $v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$  für den Multistrukturschlitz keine Gültigkeit hat. Zudem rechtfertigt es den Einsatz dieses Fischpasstyps mit dem Planungswert der maximalen Wasserspiegeldifferenz von  $\Delta h=15$  cm im Epipotamal, in dem üblicherweise ein  $\Delta h$  von 13 cm vorzusehen ist (Abb. 3-8).

Aus der Sohlsustrataufnahme vom 04.07.2012 wird ersichtlich, dass das Sohlsustrat im Bereich zwischen den Strukturelementen des Multistrukturschlitzes 6 mit 40 cm punktuell stark erhöht war. Dies deutet auf die Ablagerung eines Rausteins hin, was neben den unter 6.1.1 angeführten Punkten den erhöhte Wert von  $\Delta h=19$  cm an Slot 6 begründet.

Die kleinsten ermittelten Fließgeschwindigkeiten in einer Höhe von 5 cm über der Sohle überschreiten an allen Messlotrechten der untersuchten Multistrukturschlitz den Richtwert von 0,6 m/s, der als kritische Sprintgeschwindigkeit für Kleinfische angeführt wird. Im unmittelbaren Sohlbereich ( $< 5$  cm Sohlabstand), der aus methodischen Gründen nicht untersucht werden konnte und seitlich des Stromstrichs ist allerdings von einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten auszugehen. Folgt man der Forderung von BMLFUW (2012c) wonach im Slots kein Raustein einzubringen ist, ist es allerdings fraglich, wie dieser Planungswert im Schlitz (Abb. 3-7) überhaupt eingehalten werden kann.

#### 6.1.4. Raue Sohle / Sohlhöhen

Wie sich bei den Untersuchungen der rauhen Sohle herausstellte, war diese aufgrund von Baufehlern (falsche Korngrößen des Sohlsubstrats und unzureichende Funktion der Kragschwelle) ständigen dynamischen Prozessen unterworfen.

Beim qualitativen Vergleich der durchgeführten Sohlaufnahmen ergibt sich in manchen Bereichen allerdings auch eine sehr einheitliche Tendenz der Veränderung.

Methodisch bedingt liefern die durchgeführten Sohlaufnahmen keine näheren Informationen über die Anordnung bzw. die Positionsänderung der Rausteine in den Standardpools. Es ist jedoch anzunehmen, dass diese aufgrund ihrer Größe kaum bewegt wurden. Dies konnte bei einer Begehung der abgesperrten FMH qualitativ bestätigt werden.

Die Anordnung und Höhe der herausragenden Rausteine (Abb. 5-20) entsprachen im Wesentlichen den empfohlenen Werten nach BMLFUW (2012c) (Abb. 3-6). Im Zwischenbecken der Strukturelemente in einem Multistrukturschlitz ist eine Anordnung von Rausteinen nicht zulässig. Der Energieabbau im Schlitz des im Labor optimierten enature<sup>®</sup> Fischpasses basiert auf der Ausbildung einer isolierten Rauheitsströmung, welche bei eingebrachten Rausteinen nicht mehr garantiert werden kann.

Wie sich vermuten lässt, kam es in Bereichen mit geringerer Fließgeschwindigkeit zu Sedimentationen. Vor allem im Ruhebecken in der 180° - Kehre und beim Einstiegsbereich im Unterwasser konnte das bei allen Sohlaufnahmen festgestellt werden.

Ebenso von Sedimentationen betroffen war die Vorlaufstrecke nach dem FMH – Schütz und das obere Ruhebecken. Diese wurden zwar bei den Sohlaufnahmen nicht erhoben, jedoch anhand von Fotos mitdokumentiert (Abb. 5-25). Diese Ablagerungen führten beim Reusenmonitoring des Öfteren zu nötigen lokalen Sanierungsmaßnahmen.

Um den Sedimenteintrag richtig zu deuten und daraus auch Maßnahmen für eine zukünftige Verbesserung ableiten zu können, muss dieser bezüglich dessen Ursprung bzw. Ursache und der Sedimentationsstelle differenziert werden. Hierbei können folgende Ursachen genannt werden:

- zu feine Kornfraktionen (Korngröße 0 – 120 mm,  $d_{90}$  ca. 80 mm) aus der erstmaligen Einbringung des Sohlmaterials führten zum „Auswaschen“ bzw. zur Sedimentation der feineren Fraktionen primär in der 180°-Kehre und in der Kehre des Einstiegsbereichs
- direkter Sedimenteintrag über den Werkskanal (Einlaufschütz) bei erhöhtem Wassereinzug für das Kraftwerk Glatzing bzw. durch erhöhte Wasserführung / Hochwasser (Kragschwelle hält Sediment des Staubereichs nicht ausreichend zurück, Abb. 5-24). Hierbei fand eine Sedimentation im Vorlaufbecken, im oberen Ruhebecken und kleinere Kornfraktionen (Sand und Schluff) auch im Ruhebecken der 180° - Kehre statt.
- anspringende Hochwasserentlastung des Werkskanals im Bereich der Zufahrtsstrasse zum Krafthaus und dadurch bedingter Sedimenteintrag von Korngrößen kleiner 30 mm (lichte Weite des Fischpass – Abdeckgitters). Hauptsächlich lagerte sich dieses Material in der 180° - Kehre ab.
- Sedimenteintrag in die FMH durch erhöhte Wasserführung bzw. Hochwässer im Unterwasser und durch Öffnen des Spülschützes im Hochwasserfall. Durch den Spülstoß gelangte Geschiebe zum einen durch die Abdeckgitter (<30 mm) und zum anderen durch einen nicht mit Gittern abgedeckten Bereich (Abb. 5-26 unten links) in den Fischpass. Speziell die Einstiegskehre im Unterwasserbereich war von diesen Prozessen betroffen.

Bei näherer Betrachtung der Sohlaufnahmen vor der ersten Sohlsanierung speziell vor und im Bereich der Multistrukturschlitzte stellte sich heraus, dass hier vermehrt zu geringe Substratstärken (<5 cm) auftraten. Es wurde in diesen Bereichen tendenziell eine fortschreitende Auskolkung festgestellt.

Die bei der ersten Sohlaufnahme am 14.10.2011 festgestellte Sedimentablagerung im Ruhebecken der 180°-Kehre und in der Einstiegskehre stammt größtenteils aus der fehlerhaften Einbringung zu kleiner Kornfraktionen bei der ersten Rollierung. Sie ist also als Folge eines Baufehlers zu begründen.

Bei richtig eingebrachtem Sohlssubstrat (80 – 130 mm) ist auch bei einer Überströmung im Fischpass und der dadurch bedingten Erhöhung der Sohlschubspannung mit keiner Verlagerung des Sohlmaterials zu rechnen.

Um die Funktionsweise der Rauen Sohle zu verbessern bzw. diese auch längerfristig zu garantieren und um die geforderten Mindestwassertiefen einzuhalten, wurde diese während der Untersuchungen zweimal saniert.

Bei der ersten Sohlsanierung im Zeitraum von 21. – 23.05.2012 wurde das überschüssige Sohlmaterial herausgebaggert und an Stellen lokaler Substratdefizite mit größerem Substrat (80 – 130 mm) aufgefüllt. In Summe wurden dabei 7 – 8 m<sup>3</sup> in die FMH eingebracht.

Um die Auswirkung dieser Sohlsanierung hinsichtlich Erosionsstabilität bzw. Sedimentation näher beurteilen zu können, fehlt eine auf die Sanierung unmittelbar folgende Sohlaufnahme. Im Zeitraum zwischen der Sohlsanierung (21. – 23.05.2012) und der darauf folgenden Sohlaufnahme (4.07.2012) kam es zu zwei größeren Hochwasserereignissen mit Restwasserabflüssen von ca. 181 m<sup>3</sup>/s (am 13.06.2012) und ca. 91 m<sup>3</sup> (21.06.2012). Aufgrund dieser Tatsachen ist eine Interpretation nur schwer möglich.

Um einen Geschiebeeintrag aus dem OW bzw. aus dem Werkskanal in die FMH weitgehend zu vermeiden, ist die Funktionsfähigkeit der Kragschwelle herzustellen. Stauraumpülungen müssen regelmäßiger, bereits bei geringen Abflüssen möglich sein, sodass ein Eintrag von Geschiebe und Sediment im UW der FMH vermieden wird.

Bei eventuellen „Auswaschungen“ ist weiters auf korrektes Verfüllen mit richtiger Korngrößenzusammensetzung bzw. nicht zu feinem Substrat zu achten. Entsprechend BMLFUW (2012c) sollte angedacht werden statt lokales Flusssediment kantiges Material einzubringen.

#### 6.1.5. Fließverhältnisse im Unterwasserbereich

Die Fließverhältnisse im Unterwasserbereich stellen bezüglich Auffindbarkeit der FMH für Fische nach unterschiedlichen Autoren eine sehr zentrale Rolle dar. Als eines der wesentlichen Kriterien für die Auffindbarkeit wird die Lage des Einstiegs im UW genannt. Speziell Fließverhältnisse der aus der FMH austretenden Leitströmung zur großräumigen Leitströmung bzw. Hauptströmung sind nach aktueller Literatur (3.2.4) wichtige Kriterien für die Auffindbarkeit des Fischpasses.

Bei allen sechs durchgeführten ADCP Messungen, im unmittelbaren Einstiegsbereich sowie bei den Profilen über die gesamte Flussbreite, wurde das in der Literatur genannte Mindestabflussverhältnis ( $Q_{\text{FMH}} / Q_{\text{konkurrierend}}$ ) von 1-5 % (bzw. bis 10 %) mit einem mittleren Prozentwert von über 11 % in allen Fällen eingehalten bzw. überschritten.

Die Geschwindigkeitsverteilungen der ADCP Messungen im unmittelbaren Einstiegsbereich zeigten mittlere Fließgeschwindigkeiten von 0,23 – 0,34 m/s und unterschreiten somit den aus Laborversuchen nach Adam & Lehmann (2011) empfohlenen Bereich von 0,5 – 0,9 m/s, wobei in der Literatur nicht näher definiert wird, für welche räumliche und zeitliche

Auflösung diese Werte gültig sind. Nur die Spitzengeschwindigkeiten am Einstieg lagen zwischen 0,66 (11.06.2012) und 0,89 m/s (30.04.2012).

Die Ablösungen des Stromstrichs von der Außenwand der FMH, die bei den Messungen am 25.05.2012 und am 11.06.2012 festgestellt wurde, ist wahrscheinlich auf die durch den herausgelösten Steinblock an der Innenseite der Kehre aufgetretene Strömungsbeeinflussung (Kehrströmung) zurückzuführen.

Bei näherer Betrachtung der Profile im UW (Abb. 5-11, Abb. 5-12, Abb. 5-13) fällt jedoch auf, dass diese Zellen der lokalen Fließgeschwindigkeitsmaxima schon im Profil 2 – welches sich nur 3 m stromab befindet – nicht mehr feststellbar sind.

Die in der Literatur zum Teil kritisch diskutierte (DWA, 2010) „Lockströmung“ konnte bei der ADCP-Messung nicht festgestellt werden, obwohl die empfohlenen Mindestwerte für die Abflussverhältnisse nicht nur erfüllt, sondern sogar überschritten wurden ( $Q_{FMH} / Q_{konkurrierend}$  14,6 % (17.10.2011), 14,2 % (24.10.2011), 12,3 % (17.03.2012)) und die Leitströmung aus der FMH mit jener der Turbine fast parallel zueinander verliefen. Bei keiner der Profilmessungen im UW zeigten sich getrennt ausgeprägte Fließgeschwindigkeitsmaxima zwischen der FMH – Leitströmung und jener der konkurrierenden Strömung. Im Kontaktbereich beider Strömungen war kein Fließgeschwindigkeitsunterschied feststellbar. Der Nachweis einer vorhandenen „Lockströmung“ ist somit nicht erbracht.

Neben der messtechnischen Herangehensweise lieferte der qualitative Versuch mittels Visualisierung der FMH - Leitströmung durch einen Farbstoff ebenfalls keine Anzeichen einer vorhandenen „Lockströmung“. Es kam erst nach ca. 10 – 15 m flussab zu einer Durchmischung der eingefärbten FMH – Strömung mit der von der Turbine kommenden Hauptströmung. Dieses Ergebnis spricht auch in diesem Fall gegen eine Ausbildung einer „Lockströmung“ da es laut Literatur zu Fließgeschwindigkeitsunterschieden kommen müsste, die in weiterer Folge eine schnellere Durchmischung aufgrund von Wirbelbildung bedingen würden.

Abschließend kann auf rein technischer Seite keine absolute Aussage über die Auffindbarkeit der FMH für Fische getroffen werden.

In weiterer Folge bedarf es weiterer Forschung bzw. Klärung der „Lockströmungshypothese“ sowie der messtechnischen Herangehensweise zur Überprüfung der Auffindbarkeit einer FMH mit eventuell, zwar in der Literatur erwähnten, aber in der Praxis messtechnisch nicht berücksichtigten Parametern (wie beispielsweise Sonnenstand, elektrische sowie magnetische Felder, Geruchsstoffe im Wasser, Geräusche).

#### 6.1.6. Betriebssicherheit / Störanfälligkeit

Nachstehend werden die bedeutendsten Einflussfaktoren, die aus technischer Sicht einem ungestörten Betrieb der FMH entgegenwirken können, diskutiert.

##### 6.1.6.1. Betriebsweise und Abflussverhältnisse

In Abb. 5-23, die den Zusammenhang zwischen dem Wasserstand im Reusenbecken 1 und dem Gesamtabfluss der Ager bei beobachteter Betriebsweise der Anlage widerspiegelt, sind die Wasserspiegellagen bei Abflüssen  $< 80 \text{ m}^3/\text{s}$  mit zahlreichen Ausreißern behaftet. Dies ist einerseits damit zu begründen, dass bei gleichen Abflusswerten die Betriebsweise der Anlage teils unterschiedlich war. Weiters ist zwischen dem Wehr Hart und der Messstelle Fischerau bei geringer Wasserführung eine längere Abflusszeit als 30 Minuten anzunehmen. Momentane Änderungen im Abfluss sind dadurch an den unterschiedlichen Messstellen nicht synchron zu erfassen. Die Mittelwerte der WSP-Reuse zeigen dennoch einen realitätsnahen Verlauf.

Um ein Überströmen der Querwände im Fischpass zu minimieren und damit den hydraulischen Normalbetrieb des enature<sup>®</sup> Fischpasses auszuweiten, könnte bei gegebener Betriebsweise der Anlage, ein zusätzlicher Multistrukturschlitz am Einlauf errichtet werden. Mit der damit verbundenen Senkung des WSP-Reuse um 15 cm wären hydraulische Normalabflussverhältnisse an durchschnittlich 325 Tagen im Jahr gegeben. Der Mindestdurchfluss der FMH von 360 l/s wäre dabei allerdings, gerade bei WSP unter dem Stauziel, stark unterschritten. Am Stauziel würde der theoretisch errechnete Abfluss bei 337 l/s liegen. Zusätzlich könnte bei geringen Stauhöhen die geforderte Mindestwassertiefe im Fischpass nicht mehr eingehalten werden.

Theoretisch wäre es also nötig, am Einlauf ein Verteilbauwerk mit Bypass zu errichten und so zu betreiben, dass dem bestehenden Fischpass bei erhöhtem WSP-OW zusätzliche Slots vorgeschaltet werden könnten. Damit würden einerseits die Forderungen des Mindestabflusses und der Wassertiefe eingehalten werden und gleichzeitig eine Überströmung der Querwände an weniger als 30 Tagen im Jahr gewährleistet sein.

Für die Umsetzung dieser Variante ist mit einem erheblichen monetären Aufwand seitens des Betreibers zu rechnen. Einerseits wäre bei einer baulichen Adaptierung aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse eine komplette Neugestaltung des Einlaufbereichs nötig, zudem birgt ein mechanisch gesteuertes Einlaufbauwerk die Gefahr der zusätzlichen Störanfälligkeit. Eine Umsetzung allein als Beitrag zur Erhöhung der technischen Betriebssicherheit scheint demnach nicht sinnvoll zu sein.

Besser wäre eine Ausweitung der Normalabflussverhältnisse in der FMH durch die Änderung der Betriebsweise des Kraftwerks entsprechend der Bewilligung. Würden die WSP-OW dem Stauziel angeglichen, könnte dieses Ziel auch ohne aufwändige bauliche Maßnahme erreicht werden. Unter der Voraussetzung, dass die WSP-OW bis zu einem Gesamtabfluss der Ager von  $Q_{30}=65,6 \text{ m}^3/\text{s}$  unter 362 m.ü.A. liegen, wäre eine Überströmung im Fischpass an durchschnittlich weniger als 30 Tagen im Jahr gegeben.

#### 6.1.6.2. Verklausung

Bei Normalbetrieb der Wehranlage und Abflüssen unter  $HQ_1$  ist von einer relativ geringen Gefahr einer Verklausung im Fischpass auszugehen.

Unabhängig der Funktionsfähigkeit der Kragsschwelle ist, vor allem um Geschiebeeintrag aus dem Kanal zu verhindern, das Schütz ab einer Wasserführung von  $Q_{30}$  zu schließen.

Aufgrund der Gitterroste ist bei einem Anspringen der Kanalentlastung über die Zufahrtsstraße mit keinem Eintrag größerer Schwemmstoffe zu rechnen, allerdings wirkt das Schütz im geschlossenen Zustand ab einem WSP-OW von 362,6 m.ü.A. nicht mehr als Tauchwand, da es überströmt wird. Damit steigt die Möglichkeit des Schwemmstoffeintrags und mit ihr die Gefahr der Verklausung.

Demnach ist nach jedem Hochwasser mit einem Gesamtabfluss größer als  $HQ_1$  die Anlage jedenfalls zu kontrollieren. Sinnvoll wäre eine Verlängerung der geschlossenen Schütztafel auf eine Oberkantenhöhe von 363,1 m.ü.A.

#### 6.1.6.3. Geschiebe

Geschiebeeintrag ist neben der unter 6.1.2 diskutierten Reduktion des Abflusses dahingehend problematisch, da bei zu großer Ablagerung die geforderten Wassertiefen vor allem in Teilen des oberen Ruhebeckens nicht mehr eingehalten werden können (6.1.1). Zusätzlich kann es zur Änderung des hydraulischen Abflussverhaltens der FMH kommen, was zu einer unzulässigen Steigerung der Fließgeschwindigkeiten führen kann. Um einen langfristigen,

ungestörten Betrieb zu gewährleisten, ist die Funktionsfähigkeit der Kragschwelle herzustellen. Sollte der Geschiebeeintrag aus dem Kanal nicht unterbunden werden können, sind Ablagerungen im Vorlaufbecken und gegebenenfalls in den Ruhebecken regelmäßig zu entfernen.

Einer Abdeckung des unteren Bereichs des Fischpasses z.B. durch eine Lochblech, um einen unzulässig hohen Geschiebeeintrag größerer Kornfraktionen bei Stauraumpülung zu verhindern, widerspricht der Forderung aus dem Wasserrechtsbescheid, wonach der Fischpass ausschließlich durch einen gut lichtdurchlässigen Gitterrost abgedeckt werden darf.

Eine Geschiebeablagerung im Kehrenbereich des Einstieges mit Kornfraktionen bis zu 30mm wird als wenig problematisch angesehen. Es ist davon auszugehen, dass sich ein dynamisches Geschiebegleichgewicht einstellt und sich die Wassertiefe am Einstieg dem UW anpasst. Eine eventuelle Steigerung der Fließgeschwindigkeit in der Nachlaufstrecke sollte keine nachteiligen Folgen für den Fischaufstieg haben.

Durch eine Verringerung des Abflussquerschnittes ist allenfalls mit einer stärker ausgeprägten, außenseitig austretenden Strömung zu rechnen. Auch wenn nicht davon auszugehen ist, sind gegebenenfalls Ablagerungen im unmittelbaren Bereich von Slot 1 ab einer Gesamtsohlsubstratstärke von 20 cm zu entfernen.

#### 6.1.6.4. Erosion des Sohlsubstrates

Wie unter 5.1.3 und 6.1.4 beschrieben, wurde im Zeitraum der Untersuchungen, speziell in Bereichen vor und in den Multistrukturslots der FMH, eine Tendenz zur Auskolkung der Sohle festgestellt. Diese dürfte neben dem großen Feinkornanteil des beim Bau falsch eingebrachten Substrats auch durch den erhöhten Abfluss bei Extremereignissen und einer damit gestiegenen Sohlschubspannung begünstigt worden sein.

Auch wenn davon auszugehen ist, dass durch die Einbringung größerer Kornfraktionen im Zuge der durchgeführten Sohlsanierung (4.1.4) die Auskolkungstendenz weitgehend unterbunden ist, muss die FMH regelmäßig, vor allem nach Extremereignissen, auf Bereiche mit größeren Sohlsubstratdefiziten hin kontrolliert und gegebenenfalls saniert werden.

## 6.2. Ökologische Funktionsfähigkeit nach Woschitz et al. (2003)

### 6.2.1. Qualitativer Fischaufstieg

#### 6.2.1.1. Artenspektrum

Allen 15 Arten der Basisbefischung im UW, die nachgewiesen wurden, war es möglich, den enature<sup>®</sup> Fishpass zu passieren (100%). Zusätzlich zu den im UW nachgewiesenen Arten wurden die Spezies Perlfisch, Seelaube und Seeforelle erfasst. Zusätzlich zu den im adaptierten Leitbild angegebenen Fischarten wurden die Spezies Bachsaibling und Regenbogenforelle als allochthone Arten sowie die Seelaube erfasst.

Somit wird das Einzelkriterium „Artenspektrum“ mit der **Note I** bewertet.

#### 6.2.1.2. Entwicklungsstadien

Basierend auf den Ergebnissen der Entwicklungsstadien unter Punkt 5.2.5.2 werden alle beim Aufstieg erfassten und/oder im UW gefangenen Fischarten diskutiert und bewertet.

- **Aitel:** Die hohe Jungfischdichte und weitgehend natürliche Altersstruktur des Aitel im UW ist als sehr gut zu bewerten. Qualitativ wurden alle Größenklassen des Aitel des UW

Bestandes in der FMH erfasst. Im Diagramm der Reusenbefischung (Abb. 5-34) ist eine leichte Verschiebung der Häufigkeitsverteilung bzw. der Größenklassen nach rechts von ca. 3 cm erkennbar. Eine mögliche Ursache wäre in den unterschiedlichen Zeiträumen der Bestandserhebung (Herbst) und der Reusenbefischung (Herbst und Frühjahr) und einer entsprechenden Längenzunahme vor allem bei den Juvenilen zu suchen.

Für die Teilbewertung des Aitel wird die Note I vergeben.

- **Äsche:** In der Ausleitungsstrecke sind die Bestandsdichte und die Alterstruktur der typischen Begleitart Äsche mangelhaft. Speziell die potentiellen adulten Tiere fehlen größtenteils. Qualitativ sind jedoch einige Größenklassen in der FMH nicht erfasst worden.  
Für die Teilbewertung der Äsche wird die Note II vergeben.
- **Bachforelle:** Insgesamt lag der Aufstieg der Bachforellen durch den enature® Fischpass über den Individuenzahlen der Bestandserhebung im UW.  
Der Aufstieg der Bachforelle über die FMH ist als sehr gut mit der Note I zu beurteilen.
- **Bachsaibling:** Die aufgestiegenen Fische des allochthonen Bachsaiblings entsprechen in Größe und Anzahl dem im UW erfassten Potentials.  
Der Aufstieg des Bachsaiblings über die FMH wird mit der Note I beurteilt.
- **Bachschmerle:** Das Längen-Frequenzdiagramm der Reusenbefischung der Bachschmerle ist aufgrund methodischer Probleme im Rahmen einer qualitativen Beurteilung differenziert zu betrachten. Die Bachschmerle ist in ihrem Körperbau sehr dünn und gestreckt und besitzt einen geringen Durchmesser. Das für die Reusenbefischung benutzte Lochblech ist in ihrer Maschenweite mit 10x10 mm zu groß, um wirklich realitätsnahe einer Längen-Frequenzverteilung des Reusenmonitorings zu bekommen. Bachschmerlen finden zudem in der Entnahmestrecke ein optimales Habitat vor, was die Wanderaktivität sicher negativ beeinflusst. Dass Bachschmerlen in der Lage sind, die Multistrukturslots des enature® Fischpass zu durchwandern, zeigt das Ergebnis der Bestandserhebung in der FMH. Bei der Bestandserhebung in der FMH wurden verhältnismäßig viele (20%) Bachschmerlen gefangen (Abb. 5-91).  
Da die Bachschmerlen einerseits erfolgreich die FMH durchwandert haben und andererseits auch in relativ hoher Zahl in den „Lebensraum“ eingewandert sind, wird der Aufstieg der Bachschmerlen mit der Note II beurteilt.
- **Barbe:** Das Potential adulter Barben im Unterwasser muss als spärlich bezeichnet werden. Im Zuge des Reusenmonitorings wurden verhältnismäßig viele adulte Barben beim Aufstieg in der FMH erfasst. Dies weist auf eine entsprechend hohe und erfolgreiche Wanderaktivität der Mitteldistanzwanderer durch den enature® Fischpass hin. Im Zuge der Reusenuntersuchung wurden alle Altersstadien und Fischlängen, die im UW festgestellt wurden, erfasst. Nach den Ergebnissen der UW Bestandserhebung ist die Barbe, gemeinsam mit der Bachschmerle, die am zweithäufigsten vertretene Art. Hierbei handelt es sich aber primär um Jungtiere (Abb. 5-88).  
Der Aufstieg der Barbe über den enature® Fischpass wird mit der Note I beurteilt.
- **Elritze:** Qualitativ konnte eine gute Übereinstimmung der aufgestiegenen adulten Fische über die FMH in Bezug auf das Potential im Unterwasser festgestellt werden. Ähnlich wie bei den Ergebnissen der Bachschmerle konnten die Juvenilen mit der Reusenbefischung nicht bzw. nur eingeschränkt erfasst werden, da für diese relativ kleinen Fische die Maschenweiten der Lochbleche mit 10x10 mm für eine gute Fangrate zu groß sind. Bei

der Bestandserhebung in der FMH konnten ebenfalls einige Elritzen, darunter auch juvenile Exemplare < 7 cm, nachgewiesen werden (Abb. 5-89).

Der Aufstieg der Elritze über den enature® Fischpass wird mit der Note I beurteilt.

- **Flussbarsch:** Für den Aufstieg des Flussbarsches über die FMH, der im Leitbild als selten angeführt ist, wird auf Grund der über dem Potential im UW liegenden Reusenfänge die Note I vergeben.
- **Gründling:** Auf Grund einer gut übereinstimmenden Größenklassen – Verteilung der Reusenbefischung mit dem Potential im UW wird für den Aufstieg des Gründlings die Note I vergeben.
- **Hasel:** In Folge der geringen Anzahl aufgestiegener Individuen und einiger fehlender Größenklassen wird für den Aufstieg des Hasels die Note II vergeben.
- **Hecht:** Für den Aufstieg der in der Ager seltenen Begleitart Hecht (vgl. Leitbild) über die FMH wird die Note I vergeben. Dies begründet sich in der guten Übereinstimmung der vorhandenen mittelgroßen adulten Individuen im UW mit den in der Reuse gefangenen aufgestiegenen Individuen.
- **Koppe:** Die durch den enature® Fischpass aufgestiegenen Koppen zeigen eine lückenlose Altersverteilung. Damit ist eine sehr hohe qualitative Übereinstimmung der Längen-Frequenzdiagramme mit dem Potential im UW gegeben. Die Dominanz der Koppe in der Besiedelung des Lebensraums der FMH (58%) und eine auch hier sehr gut ausgebildete Altersstruktur mit Individuen ab 3 cm Größe untermauern diese Beurteilung (Abb. 5-85, Abb. 5-92).  
Der Aufstieg der Koppe über den enature® Fischpass wird mit der Note I beurteilt.
- **Perlfisch / Seeforelle / Seelaube:** Perlfische, Seeforellen und Seelauben wurden bei der Potentialerhebung im UW nicht gefangen. Aus Gründen der Absenz dieser Fische im Unterwasser werden diese Arten nicht bewertet.
- **Regenbogenforelle:** Die Anzahl der Individuen und Größenklassen der durch den enature® Fischpass aufgestiegenen Regenbogenforellen liegt über dem festgestellten Potential im UW der Anlage.  
Der Aufstieg der Regenbogenforelle über den enature® Fischpass wird mit der Note I beurteilt.
- **Rotaugen:** Auch beim Rotaugen liegt die Anzahl der Individuen und der Größenklassen der durch den enature® Fischpass aufgestiegenen Fische über dem festgestellten Potential im UW der Anlage.  
Der Aufstieg des Rotauges wird mit der Note I beurteilt.
- **Schneider:** Die sehr hohe Anzahl der über die FMH aufgestiegenen adulten Schneider liegt über dem in der Bestandserhebung festgestellten Potential. Dass Jungfische mit einer Länge kleiner 7 cm vollständig fehlen, ist auf das methodische Problem der verhältnismäßig großen Maschenweite der Reusenlochbleche, die ein Passieren dieser Größenklassen zuließen, zurückzuführen.  
Der Aufstieg der Schneider wird mit der Note I beurteilt.

Nachfolgend werden in tabellarischer Form alle Bewertungen der Fischarten zusammengefasst.

Tab. 6-1 Übersicht aller bewerteten Fischarten bzgl. Entwicklungsstadien nach Woschitz et al. (2003)

Fischart	Bewertung (Note)
Aitel	I
Äsche	II
Bachforelle	I
Bachsaibling	I
Bachschmerle	II
Barbe	I
Elritze	I
Flussbarsch	I
Gründling	I
Hasel	II
Hecht	I
Koppe	I
<i>Perlfisch / Seeforelle / Seelaube</i>	<i>Nicht bewertet</i>
Regenbogenforelle	I
Rotauge	I
Schneider	I
<b>GESAMT (arithmetisches Mittel)</b>	<b>I (1,2)</b>

Aus dem errechneten Mittelwert aller bewerteten Fischarten ergibt sich für das Einzelkriterium „Entwicklungsstadien“ die **Note I**.

### 6.2.2. Quantitativer Fischeaufstieg

Die in den 50 Tagen des Herbst- und 108 Tagen des Frühjahrsmonitorings 1226 nachweislich aufgestiegenen Individuen aus 18 Arten, stellen ein sehr positives Ergebnis des Fischeaufstiegs dar. Dass im Frühjahr verglichen zum Herbst eine größere Aktivität der Fischwanderung zu verzeichnen war, ist hauptsächlich auf die zahlreichen, im Frühjahr laichenden Arten zurückzuführen. Die wenigen im Herbst laichenden Ausnahmen sind die Bachforelle und vor Ort ansässige Exemplare der allochthonen Regenbogenforelle.



Abb. 6-1 links: Adulte Regenbogenforelle, abgelaiht im Herbst, beim Fang am 23.11.2011, rechts: Fischlaich der Regenbogenforelle

Bemerkenswert sind die Fangzahlen vom 08.06.2012, der mit insgesamt 102 nachgewiesenen Individuen der aufstiegsreichste Tag war. Neben dem Rückgang des Hochwassers, das einerseits zur Verdriftung zahlreicher Individuen beigetragen hat und anschließend durch eine flussauf gerichtete Wanderung kompensiert wurde (3.1.3), ist der starke Fischeaufstieg damit zu begründen, dass die Reuse im Zuge weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen zweimal

über den Tag verteilt entleert wurde. Kleine Fische (<70 mm), die z.T. bei normaler Frequenz (1mal pro Tag) durch die Öffnungen (10 x 10 mm) des Lochblechs der Reuse entweichen konnten, wurden durch die zusätzliche Entleerung teilweise erfasst.

Die hohe Aufstiegsrate war umso überraschender, da seit 03.06.2012 Absperrgitter mit Maschenweiten 40 x 40 mm, die die Gesamthöhe von drei Slots abdeckten, in der FMH eingebaut waren.

Wie unter 5.3.2.2 dokumentiert, wurde bei der Videobeobachtung des Reusentrichters am 02.05.2012 festgestellt, dass adulte Barben immer wieder aus der Reuse 1 ausdrifteten.

Kurz vor der Entleerung der Reuse 1 um 8:38 Uhr wurden darin mittels Videountersuchung vier adulte Barben registriert, bei der Ausfischung der Reuse um 9:26 Uhr wurden nur mehr zwei erfasst. Auch wenn anzunehmen ist, dass diese beiden Fische am nächsten Tag registriert wurden, bestand für sie in der Zeit der Entleerung die Möglichkeit, aus der FMH ins OW auszusteigen.

Um ein allfälliges Ausdriften aus der Reuse zu verhindern und gleichzeitig die Verletzungsgefahr für die Fische zu minimieren, sollte bei zukünftiger Verwendung der Kastenreusen der Trichter durch eine Netzreuse um ca. 1m ins Innere verlängert werden.

Aus den beschriebenen Gründen ist deshalb anzunehmen, dass die tatsächlichen Aufstiegszahlen bzw. die Aufstiegsraten bei anthropogen unbeeinflussten Verhältnissen über den nachgewiesenen Fangzahlen liegen.

#### 6.2.2.1. Einstiegsreuse

Wie die Ergebnisse der Gegenüberstellung der Aufstiegszahlen zeigen, wurde das Passieren der FMH durch die Einstiegsreuse (Reuse 2) negativ beeinflusst (Tab. 5-18).

Vor allem im Herbst war ein starker Rückgang der Fangzahlen der Reuse 1 bzw. ein gestörtes Aufstiegsverhalten festzustellen. Nur ein Fisch - eine Bachforelle mit 305 mm - der in der Einstiegsreuse erfasst wurde, konnte nach erfolgreichem Aufstieg in der Reuse 1 wieder gefangen werden.

Einen eher geringen Einfluss dürften die Abflusswerte der Ausleitungsstrecke und Wassertemperaturen gespielt haben, da diese vor und während den Untersuchungen mit der Reuse 2, nicht signifikant voneinander abwichen.

Dass jene in der Reuse 2 gefangenen Fische, die nach der Bestimmung im Oberwasser der Reuse in die FMH eingesetzt wurden, nicht oder z.T. stark zeitverzögert am Ausstieg wieder gefangen wurden, lässt auf eine Nutzung der FMH als Lebensraum schließen.

#### 6.2.2.2. Anzahl der aufgestiegenen Mittelstreckenwanderer

- **Barbe:** Ausgehend vom mäßigen Potential adulter Barben im UW entsprechen die insgesamt 57 aufgestiegenen Barben den Erwartungen und sind als durchaus positives Ergebnis zu werten.

Dass die Barbe als einziger Mittelstreckenwanderer bei den Untersuchungen nachgewiesen wurde, ist unter anderem auch auf Defizite im Kontinuum weiter flussab zurückzuführen (3.3.2.2). Tatsächlich sind derzeit noch zahlreiche Querbauwerke der Traun nicht fischdurchgängig, was ein Fehlen der anderen natürlichen Vertreter, wie z.B. der Nase erklärt.

Angesichts der im Herbst erhobenen, hohen Individuendichten im UW ist die Ausleitungsstrecke als hervorragendes Habitat für juvenile Barben zu sehen. Umso interessanter ist der vermehrte Aufstieg juveniler Tiere am Ende der Frühjahrsuntersuchungen.

Entsprechend der Beurteilung nach Woschitz et al. (2003) wird für die Barbe, bzw. für das Einzelkriterium „quantitativer Aufstieg – Mittelstreckenwanderer“ die **Note I** vergeben.

### 6.2.2.3. Anzahl der aufgestiegenen Kurzstreckenwanderer

- **Aitel:** Insgesamt ist der Aufstieg des Aitels als dritthäufigste Spezies positiv zu bewerten. Auch wenn die verzeichneten Aufstiege adulter Exemplare hinter dem Migrationspotential zurückblieben, wurden verteilt über die Laichzeit und interessanterweise auch im Herbst, zahlreiche Individuen gefangen. Bemerkenswert sind die hohen Fangzahlen der im UW herangewachsenen, juvenilen Aiteln ab Mitte Juni. Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für das Aitel die Note I-II vergeben.
- **Äsche:** Der Aufstieg der Äsche fällt mit 14 Exemplaren im gesamten Monitoringzeitraum relativ gering aus. Interessant ist ein vermehrter Aufstieg subadulter Äschen im Herbst. Dass in der Laichzeit nur ein Individuum gefangen wurde, liegt einerseits am geringen Potential adulter Tiere im Unterwasser, andererseits ist es denkbar, dass ein Teil der geschlechtsreifen Tiere bereits vor Beginn der Frühjahrsuntersuchungen aufgestiegen ist. Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für die Äsche die Note II vergeben.
- **Bachschmerle:** Angesichts der hohen Bestandsdichte der Bachschmerle im UW im Größenbereich 70-90 mm, fällt der nachgewiesene Aufstieg mit vier Exemplaren im gesamten Untersuchungszeitraum recht gering aus. Zum einen ist dieses Ergebnis damit zu begründen, dass die Spezies in der Ausleitungsstrecke sehr gute Lebensbedingungen vorfindet, zum anderen ist davon auszugehen, dass einige kleinere Exemplare (<90 mm) zwar aufgestiegen sind, wegen ihres schlanken Körperbaus in der Reuse 1 aber nicht erfasst wurden, da sie durch das Lochblech entwischen konnten. Bei der FMH – Bestandserhebung zur Lebensraumbewertung des enature® Fischpasses (5.2.7) wurden zahlreiche Bachschmerlen über die gesamten Fischpass verteilt erfasst. Darunter waren auch einige Exemplare <90 mm. Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für die Bachschmerle die Note III vergeben.
- **Elritze:** Die Aufstiegszahlen der Elritze, verglichen zum Migrationspotential des UW, sind als eher gering anzusehen. Der Grund dafür dürfte ähnlich wie bei der Bachschmerle die Lebensraumeignung der Ausleitungsstrecke sein. Wegen des gut strukturierten, teilweise nur flach überströmten Habitats, ist eine Wanderung für Elritzen aller Altersklassen nicht unbedingt erforderlich. Dennoch wurden 59 überwiegend adulte Elritzen, die im Frühjahr während der Laichzeit aufgestiegen sind, in der Reuse 1 erfasst. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der tatsächlich aufgestiegenen Exemplare über den erfassten Fangzahlen liegt, da einige kleinere Vertreter durch die Lochblechöffnungen der Reuse 1 entwischen konnten. Da bei der E-Befischung zur Erhebung der Lebensraumeignung (5.2.7) auch juvenile Elritzen gefangen wurden, ist die Durchwanderbarkeit der FMH bewiesen und nachweislich dokumentiert. Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für die Elritze die Note II vergeben.
- **Koppe:** Die vermehrt im Frühjahr aufgestiegenen, insgesamt 137 Individuen, wurden zahlenmäßig nur vom Schneider übertroffen. Es ist davon auszugehen, dass im Zeitraum von Ende März bis Ende April 2012 zudem einige Individuen nicht erfasst wurden. Grund dafür war eine ca. 15cm hohe, senkrechte

Schwelle am Eintritt der Reuse1, die erst später, am 30.04.2012 erkannt und beseitigt wurde.

Diese Spezies ist aufgrund ihrer schlechten Schwimmleistung ein guter Indikator für die Funktionsfähigkeit der FMH. Aufgrund der großen Häufigkeit der erfassten Koppen während der Reusenuntersuchungen ist die Eignung der FMH für schwimmschwache Fische bestätigt.

Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für die Koppe die Note I vergeben.

- **Schneider:** Der Schneider, der am häufigsten aufgestiegene Kurzstreckenwanderer, zeigte ein sehr ausgeprägtes Laichwanderverhalten. 95% aller verzeichneten Aufstiege fanden in der Laichzeit von Ende April bis Ende Juni statt.  
Offensichtlich wird die Spezies bereits bei mittleren Hochwässern sehr leicht verdriftet. Dafür sprechen die hohen Fangzahlen vom 13.10.2011 und vom 08.06.2012, die eine Kompensationswanderung bei vorangegangener Abdrift vermuten lassen (3.1.3).  
Zur Beurteilung des Einzelkriteriums wird für den Schneider die Note I vergeben.

Entsprechend der Beurteilung nach Woschitz et al. (2003) wird für das Einzelkriterium „quantitativer Aufstieg – Kurzstreckenwanderer“ als gerundeter Mittelwert der beurteilten häufigen Arten die Note II vergeben.

### 6.2.3. Besiedelung und Lebensraumeignung des enature<sup>®</sup> Fishpass

Die Ager als Epi-Potamales-Gewässer - im Übergang der Forellenregion zur Barbenregion – hat zwar ein deutlich höheres Artenspektrum als der enature<sup>®</sup> Fishpass, dennoch konnten einige Arten, darunter auch Leitarten der Ager, in der FMH nachgewiesen werden.

Im Vergleich zum Unterwasser weist der Bestand der FMH eine deutliche Ausprägung rhithraler Arten auf. Die Bachschmerle, wie auch die Elritze sind im enature<sup>®</sup> Fishpass zahlreich vorhanden. Die dominierende Art ist die Koppe. Ihre Populationsstruktur ist sehr gut ausgeprägt. Sie hat demnach den Fischpass erfolgreich besiedelt. Von den rheophilen Arten Bachforelle und Regenbogenforelle wurden neben einigen juvenilen Individuen auch jeweils zwei größere Exemplare gefangen. Der Bestand der Barbe zeigt eine Häufung juveniler Individuen zwischen 6-11 cm. Adulte Vertreter „größerer“ potamal-typischer Fischarten, wie etwa vom Aitel, wurden im Fischpass nicht erfasst.

Vermutlich bedingen die vorherrschenden Fließgeschwindigkeiten und eine geringe Energiedichte ( $E = \text{rd. } 80 \text{ W/m}^3$ ) in den Pools, dass der enature<sup>®</sup> Fishpass nicht ausschließlich als Wanderkorridor für aufstiegswillige Individuen genutzt wird, sondern sich Fische darin auch längere Zeit unbeschadet aufhalten.

Angesichts der Tatsache, dass es sich bei der untersuchten FMH um einen künstlichen Lebensraum handelt, ist die Bewertung der Lebensraumeignung nach Woschitz et al. (2003) nicht zielführend.

### 6.2.4. Gesamtergebnis nach Beurteilungskriterium

Abschließend wird für die Funktionsfähigkeit des enature<sup>®</sup> Fishpass gemäß Woschitz et al. (2003) eine Gesamtbewertung abgegeben. Die Kriterien „Fischabstieg“ und „Lebensraumeignung der FAH“ werden dabei nicht beurteilt, da der Fischabstieg nicht untersucht wurde, bzw. die Lebensraumeignung eines technischen Fischpasses nicht relevant ist. In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 6-1) sind zusammenfassend alle einzelnen Beurteilungskriterien sowie die berechnete Gesamtbewertung angeführt.

**Tab. 6-1 Übersicht der Gesamtbewertung inklusive alle Bewertungen der Einzelkriterien nach Woschitz et al. (2003)**

<b>Einzelkriterium nach Woschitz et al. (2003)</b>	<b>Bewertung</b>
Für den qualitativen Fischaufstieg	
- Artenspektrum	I
- Entwicklungsstadien	I
Für den quantitativen Fischaufstieg	
- Anzahl aufgestiegener Mittelstreckenwanderer	I
- Anzahl aufgestiegener Kurzstreckenwanderer	II
Für die Lebensraumeignung	nicht zielführend
<b>GESAMTBEWERTUNG</b>	I (arithmetischer Mittelwert: 1,25)

Das „k.o. – Kriterium“ wird hierbei nicht tragend, da das Gesamtergebnis höchstens eine Stufe besser ist als das schlechteste Einzelkriterium.

Der Mittelwert der nach Woschitz et al. (2003) untersuchten Kriterien ergibt eine Gesamtnote von 1,25. Somit wird der **enature® Fischpass** der Fa. MABA in Fertigteilbauweise **am Kraftwerk Hart mit „voll funktionsfähig“ (Note I) bewertet.**

### 6.3. Huchen-Monitoring

Vorweg sei erwähnt, dass, obwohl versucht wurde einen möglichst ungestörten Ablauf bei der Untersuchung zu gewährleisten, es aufgrund der methodischen Gegebenheiten nicht möglich war, eine anthropogen völlig unbeeinflusste Situation herzustellen. Es ist aber davon auszugehen, dass dieser Einfluss gering war. Zudem wurde der Versuch außerhalb der Laichzeit bei geringen Wassertemperaturen durchgeführt. Dass das durchgeführte Monitoring für die Beantwortung der Fragestellung der Passierbarkeit des enature® Fischpasses für den größtenbestimmenden Fisch dennoch zweckmäßig ist, zeigen die Ergebnisse der Videoauswertung.

Es konnte bei jedem der drei „Versuchs-Huchen“ Aufstiege beobachtet werden. Außerdem wurde nachgewiesen, dass die FWH auch abwärts passierbar ist. Auch wenn die Aufstiegszeiten teilweise stark variierten und manche Stationen - bei Auf- und Abstieg - mehrmals hintereinander passiert wurden, so geschah dies überwiegend mit Leichtigkeit und mäßigem Energieaufwand der Fische. Trotz mehrfacher Durchwanderung der Slots wies keines der Versuchstiere Verletzungen auf (105 cm-Huchen, Schädelbreite ca. 15 cm).

An manchen Stationen wurde deutlich, dass den Fischen offensichtlich der Beweggrund für einen weiteren Aufstieg fehlte. Teilweise wurde ein mehrstündiges Verweilen in einem Becken beobachtet bevor die Fische einen Slot durchwanderten. Ihr primärer Antrieb, gelegentlich die Position zu wechseln, dürfte das Nahrungsbedürfnis gewesen sein.

Umso bemerkenswerter sind die unter den Ergebnissen angeführten Aufstiegsereignisse, allen voran der Aufstieg des 90 cm-Huchens gleich zu Beginn der Untersuchungen am 16.12.2011. Dieser benötigte für die Strecke von Station 2 bis Station 4 (13 Multistrukturschlitze) 1 min 7 s, für die Teilstrecke von Station 3 bis Station 4 (4 Multistrukturschlitze) nur 14 s.

Durch den dokumentierten Aufstieg des 105cm-Huchens, der am 17.12.2011 von Station 1 bis Station 4 (17 Multistrukturschlitze) 22 min 55 s benötigte, ist die Passierbarkeit der FMH für die größtenbestimmende Fischart jedenfalls bewiesen.

## 6.4. Ökotechnische Zusammenschau

Das KW Hart stellt in der Ager die unterste Kontinuumsunterbrechung dar und ist somit bezüglich Kontinuumswiederherstellung von entscheidender Bedeutung. Nach Schmutz et al. (2000) fiel die fischökologische Bewertung der Ager negativ aus, das heißt der gute Zustand wurde verfehlt. Unter anderem führte auch das Fehlen der Leitart Nase (*Chondrostoma nasus*) als Mittelstreckenwanderer zu dieser negativen Beurteilung. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch in dieser Arbeit (5.2).

Aus diesem Grund ist für die Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit der Ager die Funktionsfähigkeit des enature<sup>®</sup> Fischpasses von entscheidender Bedeutung.

In der Ökotechnischen Zusammenschau werden die wesentlichen Aussagen der technischen Funktionsüberprüfung der FMH jenen der fischökologischen gegenüber gestellt. Die zentralen Anforderungen für eine positiv zu bewertende Funktionsfähigkeit sind dabei die Auffindbarkeit, die Passierbarkeit und die Betriebssicherheit der Anlage.

### 6.4.1. Auffindbarkeit

Die Auffindbarkeit wird in der Literatur als sehr wesentliches Kriterium der Funktionsfähigkeit einer FMH genannt (3.2.4). Auf technischer Seite wurden hierbei die Abfluss- und Fließgeschwindigkeitsverhältnisse im UW erhoben. Dabei wurden die Werte der Untersuchung mit jenen aus der Literatur verglichen. Obwohl das Abflussverhältnis (FMH-Dotation / Restwasserabfluss) über dem empfohlenen Bereich lagen, konnte keine „Lockströmung“, welche sich laut Literatur bei Einhaltung der Werte einstellen sollte, nachgewiesen werden. Diese gängige Lehrmeinung bzw. Theorie ist somit zu hinterfragen und sollte durch weitere Versuche überprüft werden. Die Fließverhältnisse im Unterwasser zeigten hinsichtlich großräumiger Leitströmung ein positiv zu bewertendes Bild. Der Stromstrich, hauptsächlich bedingt durch den Durchfluss der Wasserkraftschnecke, verlief parallel zu der aus dem enature<sup>®</sup> Fischpass austretenden Strömung in die Mitte des Gewässerquerschnitts. Demnach sollten flussaufwärts wandernde Fische im UW theoretisch Richtung FMH – Einstieg schwimmen.

Durch die fischökologische Untersuchung zeigte sich, dass alle potentiell vorkommenden Arten den Einstieg im UW gefunden haben. Beim Reusenmonitoring wurden neben den 15 nachgewiesenen Arten der UW – Basisbefischung zusätzlich drei weitere Arten beim Aufstieg erfasst.

Über die im Leitbild angeführten Arten, die jedoch an der Ager nicht anzutreffen waren ist es schwierig Aussagen hinsichtlich der Auffindbarkeit zu machen.

Wie sich aus den Untersuchungen von Zitek et. al (2004b) an der Pielach vermuten lässt, haben Huchen und Nasen dabei spezielle Präferenzen. Demnach kann, was die Auffindbarkeit betrifft, nicht von einer anderen Art auf diese speziellen Mittelstreckenwanderer geschlossen werden.

Eine gute Übereinstimmung der Entwicklungsstadien bzw. der Populationsstruktur der Basisbefischung des Unterwassers mit denen des Reusenmonitorings bestätigt, dass ein unterwasserseitiger Einstieg in die FMH für alle Größenklassen möglich war. Diese Ergebnisse sprechen nicht für ein nötiges Vorhandensein einer „Lockströmung“, um eine Auffindbarkeit der FMH – Anlage zu garantieren.

Es ist demnach fraglich, welche Faktoren für die Orientierung von Fischen bzw. für die Auffindbarkeit der FMH letztlich die entscheidende Rolle spielen. Ausgehend von dieser Forschungsfrage sollten aus weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen aussagekräftigere Parameter für die technischen Überprüfungen von FMH abgeleitet werden. Zudem wäre es von großem Wert für die Praxis, wenn diese auch einfach und wirtschaftlich bestimmbar wären.

Wie unter 5.2.6.2 angeführt ist, zeigt die Auswertung der aufgestiegenen Fische bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen (Abb. 5-69) keine Korrelation.

Betrachtet man die Anzahl der durchschnittlichen Aufstiege pro Fang (Abb. 5-70) zeigt sich eine leichte Häufung im Bereich der Klasse 2,51-3,0 % und bei geringeren Konkurrenzabflüssen bei 7,51-8,0 %. Diese Ausprägung des Aufstieges bzw. der Auffindbarkeit ist als anlagen- bzw. standorttypisches Charakteristikum zu verstehen. Die kleinsten Abflussverhältnisse ergaben sich dabei durch stark erhöhte Restwasserabflüsse. Es ist anzunehmen, dass sie primär durch die Fischregion, also durch die anzutreffende Fischfauna bedingt ist. Außerdem spiegelt sich darin neben den hydrologischen Gegebenheiten und den Temperaturverhältnissen auch der morphologische Zustand der Gewässerstrecke wieder. Bei der hier untersuchten FMH wird das in der Literatur angeführte Kriterium des Abflussverhältnisses, bei Normalabflüssen, problemlos eingehalten und selbst bei erhöhter Wasserführung bzw. Hochwässern ist diese noch immer im empfohlenen Bereich. Das ist bei anderen Anlagen oft nicht der Fall.

Die empfohlene mittlere Fließgeschwindigkeit nach Adam & Lehmann (2011) von 0,75 m/s wurde bei allen Geschwindigkeitsmessungen am Einstiegsbereich im Unterwasser um mehr als 50% unterschritten. Ein Vergleich mit diesem Wert ist dahingehend problematisch, da in der Literatur nicht klar definiert ist, in welchem Bereich eine Mittelung erfolgen soll. Je nach Wassertiefe lagen die mittleren Geschwindigkeiten im Einstiegsquerschnitt zwischen 0,23 (bei  $Q_{FMH} / Q_{Konkurrierend}$  ca. 4 %) und 0,34 m/s (bei  $Q_{FMH} / Q_{Konkurrierend}$  ca. 9 %).

Obwohl diese empfohlenen Fließgeschwindigkeiten bei den Messungen am und über dem Stauziel nicht erreicht wurden, zeigten die Ergebnisse des qualitativen sowie quantitativen Fischeaufstiegs, dass auch diese relativ niedrigen Fließgeschwindigkeiten für die Fische ausreichend sind, um den Einstieg zu finden.

#### 6.4.2. Passierbarkeit

Zur Interpretation der Durchwanderbarkeit der FMH für Fische im technischen Kontext wurden die gemessenen Fließgeschwindigkeiten in den Multistrukturslots, die Wassertiefen, die Wasserspiegeldifferenzen ( $\Delta h$ ) und Sohlhöhenaufnahmen der rauen Sohle den behördlich vorgeschriebenen bzw. nach Literatur empfohlenen Werten gegenübergestellt.

Die in der Literatur erwähnte maximale Sprintgeschwindigkeit für Juvenile und Kleinfischarten von 0,3 – 0,6 m/s (Jens et al., 1997) wurde an allen Messpunkten 5 cm über der Sohle bei der Messung am 30.06.2012 überschritten. Demnach wäre ein Aufstieg für diese Fische nicht bzw. nur erschwert möglich.

Bei der Auswertung einer Videountersuchung (5.3.2.1) vom 07.06.2012 konnte ein Schwarm Kleinfische (vermutlich Schneider) beim erfolgreichen Durchwandern eines Multistrukturschlitzes 6 beobachtet werden. Dieses Ergebnis zeigte, dass trotz festgestellter, höherer Fließgeschwindigkeiten 5 cm über der Sohle ein Aufstieg für Kleinfische problemlos möglich ist. Die beobachteten Fische wanderten im unmittelbaren, sohlnahen Bereich seitlich entlang der Bewandung des Multistrukturschlitzes. Der Bereich der maximalen Strömungseinschnürung (Vena contracta) wurde beim Anschwimmen gegen die Fließrichtung weitgehend gemieden.

Die fischökologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei ca. 70 % aller beim Aufstieg erfassten Fische um Kleinfische und schwimmschwache Arten handelte. Somit stellt sich die Frage, ob diese im Labor ermittelten Werte für die Praxis geeignet sind bzw. ob nicht eine genormte Vorgangsweise bei Geschwindigkeitsmessungen (z.B. Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der jeweiligen Schlitzbreite und dem Abstand zur rauen Sohle) sinnvoll wäre.

Sehr positiv sind die Ergebnisse der maximalen Fließgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Wasserspiegeldifferenz zu bewerten. Laut Literatur sollte für Vertical Slots bei einem  $\Delta h$  von 15 cm die maximale Fließgeschwindigkeit bei 1,7 m/s liegen. Tatsächlich wurden bei einem  $\Delta h$  von 19 cm Fließgeschwindigkeiten von max. 1,5 m/s gemessen. Dies ist, wie in den Laboruntersuchungen am enature<sup>®</sup> Fishpass von Tauber (2011) bestätigt wurde, auf den Abbau der Wasserspiegeldifferenzen über mehrere Strukturelemente zu begründen. Die Ergebnisse der fischökologischen Untersuchungen (größter Anteil sind Kleinfische und schwimmschwache Arten) und jene des Huchen-Monitorings (105 cm Huchen mit Leichtigkeit alle Mutlistrukturschlitze durchwandert) bestätigen die gute Eignung der Strömungscharakteristik an den Slots für den Fischaufstieg.

Um Aussagen über den Fischaufstieg bei Überströmung der FMH machen zu können, sind nachstehend die täglichen Fischaufstiegszahlen an Tagen mit Überströmung (Tab. 6-2) angeführt.

**Tab. 6-2: Beim Aufstieg erfasste Fische an Tagen mit Überströmung.**

Herbstmonitoring			Frühjahrsmonitoring		
Datum	Fischart	Länge [mm]	Datum	Fischart	Länge [mm]
<b>14.10.2011</b>	Barbe	300	<b>18.04.2012</b>	Bachforelle	165
	Aitel	245	<b>05.06.2012</b>	Bachforelle	170
	Regenbogenforelle	330		Koppe	85
	Aitel	160	<b>14.06.2012</b>	Schneider	100
	Aitel	165		Koppe	65
	Koppe	65	<b>15.06.2012</b>	Schneider	95
	Regenbogenforelle	390		Schneider	130
	Aitel	210		Schneider	95
<b>15.10.2011</b>	Aitel	150			
	Hecht	300			
	Schneider	85			
	Rotaug	245			

Generell gingen die Aufstiegszahlen bei Überströmung zurück, jedoch waren unter den aufgestiegenen Fischen auch schwimmschwache Arten wie Koppe und Rotaug. Somit ist nicht davon auszugehen, dass grundsätzlich bei Überströmung der Aufstieg für Fische und damit die Funktionsfähigkeit des Fischpasses unterbunden ist.

Aufgrund der Strömung in der FMH und anderen Faktoren ist das falsch eingebrachte Sohlmaterial ständigen Veränderungen unterworfen (5.1.3, 6.1.4). Trotz teilweise vorhandener Abweichungen von den Empfehlungen der Literatur (3.2.4) wurde bei den fischökologischen Untersuchungen festgestellt, dass zum jene Fische, die auf die Wirkung der rauen Sohle vermehrt angewiesen sind (Kleinfische und schwimmschwache Arten) am häufigsten beim Reusenmonitoring erfasst wurden. Weiters wurden bei der Untersuchung der Lebensraumeignung sehr viele Koppen in allen Altersstadien erfasst. Zudem wurden Schwarmfische beim erfolgreichen Passieren des Multistrukturschlitzes 6 nahe der Sohle mittels Videodokumentation aufgezeichnet.

Damit zeigt sich, dass die Momentaufnahmen der rauen Sohle ohne fischökologische Untersuchungen zu wenig Aussagekraft über die tatsächliche Eignung für einen Fischaufstieg besitzen.

### 6.4.3. Betriebssicherheit

Neben den rein technischen Anforderungen zur Betriebssicherheit spielt im ökotechnischen Kontext die Betriebsfähigkeit übers Jahr, also Betriebsbedingungen die einen Aufstieg für Fische ermöglichen, die wesentlichste Rolle.

Betrachtet man die täglichen Aufstiegszahlen mit den entsprechenden Gesamt- bzw. Restwasserabflüssen so zeigt sich, dass die Ergebnisse aus dem Frühjahrsmonitoring nicht eindeutig sind. Nach den Forderungen nach DVWK (1996), Friedrich et al. (2005) und BMLFUW (2012c) sollte die FMH bis zu einem Gesamtabfluss  $Q_{30} = 65,6 \text{ m}^3/\text{s}$  funktionieren.

Beim Hochwasser vom 04.06.2012 mit Spitzenabfluss von ca.  $93 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{Rest}} = 57,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wurde ein Rückgang der Aufstiegszahlen gegenüber dem zuvor festgestellten Trend auf insgesamt zwei Individuen verzeichnet. Im Zeitraum vom 21.06 bis 23.06.2012 zeigte ein weiteres Hochwasser mit kurzzeitiger Spitze von  $Q = 133 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{Rest}} = 90,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ein gegenteiliges Bild. In diesem Zeitraum stiegen insgesamt 73 Fische, also vergleichsweise sehr viele Individuen auf. Dabei handelte es sich vorwiegend um schwimmschwache Arten und Juvenile (Aitel, Elritze, Rotaugen, Schneider).

Es ist ersichtlich, dass die Fangzahlen der Reuse 1 bei länger andauernden Hochwasser (bei Restwasserspitzen  $> 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) im Zeitraum der erhöhten Wasserführung tendentiell zurückgingen. Dies dürfte mit der wie unter 3.1.4.2 beschriebenen Reduktion der Wanderbereitschaft bei hohen Abflüssen bzw. bei großen Fließgeschwindigkeiten zusammenhängen.

Nach Passieren einer HW-Welle mit dem Scheitelabfluss von  $Q_{\text{Rest}}=181 \text{ m}^3/\text{s}$  am 13.06.2012 wurde bei der Entleerung der Reuse 1 am 16.06.2012 um 7:33 wieder ein vermehrter Aufstieg verzeichnet. Es wurden dabei 24 Fische erfasst. Nimmt man den Mittelwert des fallenden Abflusses unmittelbar vor der Entleerung (4:30-7:30), lag dieser, betrachtet man den Gesamtabfluss der Ager, bei  $55,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Restwasserabfluss betrug dabei  $17,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Bei der Hochwasserwelle mit einer Restwasserspitze von  $57,3 \text{ m}^3/\text{s}$  am 04.06.2012 ergab sich ein etwas anderes Bild. Nach Rückgang der Fangzahlen wurde hier erst wieder am 07.06.2012, beim Entleeren der Reuse 1 um 10:19, eine vermehrte Wanderung (7 Fische) registriert. Der Gesamtabfluss der Ager unmittelbar vor der Entleerung (7:15-10:15) lag dabei im Mittel bei  $45,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , der Restwasserabfluss bei  $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Damit stellt sich eine erneute Wanderbereitschaft je nach Hochwasser bei unterschiedlichen Abflüssen ein. Konkrete Aussagen betreffend der Betriebsfähigkeit übers Jahr sind demnach nur bedingt möglich.

Es ist allerdings auch anzunehmen, dass es bei der beobachteten Betriebsweise der Anlage auch einigen Fischen möglich war, gerade bei Gesamtabflüssen von ca.  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  bis  $HQ_1$ , über die linksufrige Blocksteinrampe aufzusteigen. Demnach wäre von einem größeren Zeitraum auszugehen, in dem die Betriebsfähigkeit der Anlage gegeben ist, als allein die Auswertung der Aufstiegszahlen am enature® Fischpasses nahe legt.

Für genauere Aussagen hätte der Wehrkolk bei erhöhter Wasserführung ausgefischt bzw. der Aufstieg über die Blocksteinrampe untersucht werden müssen.

Schlussfolgernd verdeutlichen die Ergebnisse aller Untersuchungen, dass für neue, in der Praxis unerprobte Fischwandersysteme eine fischökologische Untersuchung von großer Wichtigkeit ist. Eine rein technische Beurteilung kann leicht zu Fehlinterpretationen führen.

## 7. Zusammenfassung

Im Rahmen des FFG Forschungsprojektes Nr. 828252 – Ökologisch, ökonomisch optimierte Fischwanderhilfe – der Kirchdorfer Fertigteile Holding GmbH erfolgte neben der Entwicklung des enature<sup>®</sup> Fischpasses durch das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur, die Umsetzung einer Pilotanlage am Wehr des KW Hart / Ager. In dieser Arbeit, die Teil des oben genannten Forschungsprojekts ist, soll mit Hilfe fischökologischer und technischer Analysen die Funktionsfähigkeit der Pilotanlage untersucht und bewertet werden. Außerdem sollten neue Erkenntnisse zum Migrationsverhalten verschiedener Fischarten in Abhängigkeit abiotischer Einflussfaktoren gewonnen werden. Die gesammelten Informationen sollen nicht allein einer Verbesserung der untersuchten Anlage dienen, sie können auch wichtige Hinweise für zukünftige bauliche Verbesserungen geben.

Die technische Funktionskontrolle erfolgte weitgehend nach BMLFUW (2012c). Dazu wurden durch ein umfangreich angelegtes Untersuchungsprogramm zahlreiche ökotechnischer Parameter erhoben, die neben der Beurteilung der Betriebssicherheit, der Interpretation der Auffindbarkeit und der Passierbarkeit dienen.

Die Messung der Fließverhältnisse im Unterwasser bei unterschiedlichen Abflussbedingungen erfolgte mittels ADCP. Die großräumig ausgebildete Leitströmung im UW-Bereich der Anlage beginnend im Auslaufbereich der Wasserkraftschnecke, führte in allen untersuchten Fällen am direkten Einstiegsbereich der FMH vorbei, in die Mitte des Gewässers. Durch die gute richtungsmäßige Ausbildung ist mit einer begünstigten Auffindbarkeit für Fische zu rechnen. Eine getrennt ausgeprägte Strömungsfahne aus der FMH, die über den unmittelbaren Einstiegsbereich hinausreicht und von der eine lockende Wirkung für Fische anzunehmen ist, konnte trotz eines Abflussverhältnisses der FMH zum konkurrierenden Abfluss in Höhe von 14,6 % nicht gemessen werden.

Der Mindestabfluss von 360 l/s wie auch die Mindestwassertiefen in der FMH wurden im Zeitraum der Untersuchungen weitgehend eingehalten. Um diese auch dauerhaft zu gewährleisten ist es allerdings nötig, allfälligen Geschiebeeintrag aus dem Kanal zu unterbinden bzw. diesen regelmäßig zu entfernen.

Bei der Erfassung der Fließgeschwindigkeitsverteilung an ausgewählten Multistrukturschlitten zeigte sich, dass alle gemessenen Geschwindigkeiten, selbst bei einer Wasserspiegeldifferenz von 19 cm unter dem rechnerischen Grenzwert der maximalen Fließgeschwindigkeit (für  $\Delta h=13$  cm) von 1,59 m/s lagen.

Auch wenn davon auszugehen ist, dass die kleinsten ermittelten Fließgeschwindigkeiten im unmittelbaren sohnahen Bereich noch abnehmen, überschritten sie an allen Messpunkten 5 cm über der Sohle die kritische Sprintgeschwindigkeit für einheimische Kleinfische und Jungfische, die in der Literatur mit 0,35-0,6 m/s angegeben wird. Die fischökologischen Untersuchungen lieferten dazu ein gegenteiliges Ergebnis.

Entsprechend der Auflagen der Behörde erfolgte die Beurteilung der fischökologischen Funktionsfähigkeit nach Woschitz et al. (2003).

Die ermittelten Daten zum biologischen „Qualitätselement – Fisch“ aus der durchgeführten Basisbefischung dienen neben der Potentialabschätzung, der ökologischen Zustandsbewertung des Streckenabschnitts der Ager. Dabei wurden der befischte Abschnitt der Ausleitungsstrecke mit FIA=2,51, der des Stauraums mit FIA=2,89 bewertet. Neben dem Fehlen der Leitart Nase und einiger typischen Begleitarten ist der „mäßige“ Zustand mit Defiziten in der Populationsstruktur zu begründen.

Zur Erfassung der aufgestiegenen Fische wurde am Ausstieg ins OW eine Kastenreue installiert. Die Entleerung erfolgte täglich, wobei die gefangenen Fische auf Artniveau

bestimmt und ihre Länge dokumentiert wurde. Das Reusenmonitoring umfasste im Herbst 2011 eine Zeitspanne von sieben Wochen (11.10.2011 bis 30.11.2011), im Frühjahr 2012 ca. 15 Wochen (16.03.2012 bis 02.07.2012). Insgesamt wurden 1226 aufgestiegene Fische nachgewiesen. Es zeigte sich, dass die Anlage für alle (potentiell) vorkommenden Fischarten auffindbar und durchgängig ist. Die am häufigsten aufgestiegenen Vertreter waren Kleinfische und schwimmschwache Arten. Dies entspricht der Besiedelung im UW.

Nach der Methodik von Woschitz et al. (2003) wurde der enature<sup>®</sup> Fishpass am Wehr Hart als „vollfunktionsfähig“ mit der Note I bewertet.

Von der Behörde wurde der Huchen mit einer Länge von 100 cm als größenbestimmender Fisch festgelegt. Im Zuge eines durchgeführten Videomonitorings konnte nachgewiesen werden, dass ein Passieren im enature<sup>®</sup> Fishpass, für diesen mittlerweile seltenen Fisch, sowohl aufwärts, wie auch abwärts problemlos möglich ist.

In Anbetracht der teilweise widersprüchlichen biotischen und abiotischen Ergebnisse wird die Wichtigkeit einer fischökologischen Untersuchung insbesondere eines Reusenmonitorings deutlich. Weiters wird augenscheinlich, dass bezüglich Schwimmkapazität und Orientierung von Fischen, noch Forschungsbedarf besteht. Speziell bei der Frage der Auffindbarkeit des Einstieges ist anzunehmen, dass es abweichend von einer der gängigen Theorie der „Lockströmung“ andere Faktoren sind, die den Fischen Information für die Orientierung liefern.

Zusammengefasst ist die Funktionsfähigkeit des enature<sup>®</sup> Fischpasses am Wehr Hart sehr positiv zu bewerten, wobei für einen dauerhaft zu gewährleistenden Betrieb eine sorgfältige Wartung unumgänglich ist.

## 8. Literaturverzeichnis

ADAM B. & LEHMANN B. (2011): Ethohydraulik, Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse. Springer-Verlag, Berlin.

ADAM, B. & U. SCHWEVERS (1998). "Zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Verhaltensbeobachtungen an Fischen in einem Modellgerinne." Wasser und Boden 50.Jahrgang(4): 55-58.

AG-FAH (2011): Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 87 S.

AMAP – Austrian Map Online (2012):

<http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492>. abgerufen am 20.02.2012.

Anonymus (1940): Von den Wanderungen der Fische in unseren Flüssen. Schweiz, Fischerei-Zeitung 48(1): 3-5.

ARNEKLEIV J. V. & L. RONNING (2004): Migratory patterns and return to the catch site of adult brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated river. River Research and Applications 20(8): 929-942.

ARTHINGTON, A. H. & R.L. WELCOMME (1995): The Condition of Large Ricer Systems of the World. In Armantrout, N.B. & R.J. Wolotira Jr (eds), Condition of the World's Aquatic Habitats. World Fisheries Congress. Science Publishers, Lebanon, NH, USA: 44 – 75.

ATV-DVWK (2004): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung - Funktionskontrolle. ATV-DVWK Themen. Hennef-Deutschland, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. . M-501.

BAGENAL T. (1978): Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

BAW-IGF: Leitbildkatalog Februar 2012, Scharfling, <http://www.baw-igf.at/>

BEITINGER T. L., BENNETT W. A. & MCCAULEY R. W. (2000). Temperature tolerance of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. Environmental Biology of Fishes 58, 237-275.

BING – MAPS (2013): Bing – Karten. <http://www.bing.com/maps/#> abgerufen am 10.01.2013.

BMLFUW (2005): EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG – Österreichischer Bericht der IST Bestandsaufnahme. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

BMLFUW (2009a): NGP2009 - Karte O-TYP2, Gewässertypologie von Oberflächengewässern – Fische, Stand Dezember 2009  
<http://wisa.lebensministerium.at/article/articleview/81467/1/29374/>

BMLFUW (2009b): NGP2009 - Karte O-WK1-DETAIL-4, Oberflächenwasserkörper gemäß Detaileinteilung: Salzburg Nord und Oberösterreich Süd, Stand Dezember 2009 <http://wisa.lebensministerium.at/article/articleview/81466/1/29374/>

BMLFUW (2010a): Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer – QZV Ökologie OG; BGBl. II Nr. 99/2010.

BMLFUW (2010b): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A1 – Fisch, Wien.

BMLFUW (2010c): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009  
<http://wisa.lebensministerium.at/article/archive/29368>

BMLFUW (2010d): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009 – Anhang – Tabellen Oberflächengewässer. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

BMLFUW (2011): Wasserrechtsgesetz der Republik Österreich (1959); idF. BGBl. I Nr. 14/2011.

BMLFUW (2012a): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – Anhang – Wasserkörpertabellen – Fließgewässer Zustand.  
<http://wisa.lebensministerium.at/filemanager/download/57898/> (abgerufen am 13.10.2012)

BMLFUW (2012b): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – Anhang – Wasserkörpertabellen – Fließgewässer Risiko.  
<http://wisa.lebensministerium.at/filemanager/download/57897/> (abgerufen am 13.10.2012)

BMLFUW (2012c): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

BOHL E. & T. VORDERMEIER (1999): Untersuchungen zur Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische. Materialien. B. L. F. WASSERWIRTSCHAFT. München, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

BRUSCHEK E. (1978): Fischwanderungen. Österreichische Fischerei 31(7): 113-116.

CLAY C. H. (1995): Design of Fishways and Other Fish Facilities, Lewis Publishers.

CLOUGH S. & M. LADLER (1997): Diel migration and site fidelity in a stream-dwelling cyprinid, *Leuciscus leuciscus*. Journal of fish biology 50: 1117-1119.

CLOUGH S. & W. R. C. BEAUMONT (1998): Use of miniature radio-transmitters to track the movements of dace *Leuciscus leuciscus* (L.) in the River Frome, Dorset. *Hydrobiologia* 371/372: 89-97.

CLOUGH, S. C. & A. W. H. TURNPENNY (2001): Swimming Speeds in Fish: Phase 1. Southampton, Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd, Marine & Freshwater Biology Unit, R&D Technical Report W2-026/TR1.

COLGAN P. (1993): The motivational basis of fish behaviour. *Behaviour of Teleost Fishes*. T. J. Pitcher. London u. a., Chapman and Hall. 7: 31-65.

DINGLE H. (1996): Migration - The Biology of Life on the Move. New York - Oxford, Oxford University Press 474.

DORIS – Digitales Oberösterreichisches Raum – Informations – System (2012): DORIS Atlas 3.0. <http://doris.ooe.gv.at/> abgerufen am 13.09.2012.

DVWK- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V. (1996): Fischaufstiegsanlagen- Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232, Bonn.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V) (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509 – Entwurf, S. 285.

EE-RL (Erneuerbare Energie - Richtlinie) (2009): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. In: Amtsblatt der Europäischen Union Nr.: L 140/16 vom 5.6.2009. Seiten: 47.

EBEL G. (2002): Untersuchung zur Stabilisierung von Barbenpopulationen - dargestellt am Beispiel eines mitteldeutschen Fließgewässers. Halle, Saale, BGF.

FELDMÜLLER P., KASIBA B., KERN J., MADER H., PETZ-GLECHNER R., SCHOBER M. (2012): Funktionskontrolle Pilotprojekt enature® Fishpass KW Hart / Ager, Endbericht Kollaudierung, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie & konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur, Wien.

FRIEDRICH H., KOLF R. & PAWLOWSKI S. (2005): Handbuch Querbauwerke. MUNLV- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Abteilung IV, Düsseldorf.

FRIES G. & W. TESCH (1965): Aufenthalt der Fische im Bereich von Stauwehren. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 27: 257-272.

GEBLER, R. J. (1991): Sohlrampen und Fischaufstiege. Walzbach, Deutschland, Eigenverlag.

GZÜV - GEWÄSSERZUSTANDSÜBERWACHUNGSVERORDNUNG (2006): (GZÜV; BGBl. II Nr. 479/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und

Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern.

GZÜV – Änderung der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (2010): (GZÜV; BGBl. II Nr. 465/2010): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung geändert wird.

HAUNSCHMID R., WOLFRAM G., SPINDLER T., HONSIG-ERLENBURG W., WIMMER R., JAGSCH A., KAINZ E., HEHENWARTER K., WAGNER B., KONECNY R., RIEDMÜLLER R., IBEL G., SASANO B. & SCHOTZKO N. (2006): Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EUWasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW Band 23, Wien: S 1 – 103.

HAUNSCHMID R., SCHOTZKO N., PETZ-GLECHNER R., HONSIG-ERLENBURG W., SCHMUTZ S., SPINDLER T., UNFER G., WOLFRAM G., BAMMER V., HUNDRITSCH L., PRINZ H. & B. SASANO (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A1 Fische. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.). 1-79.

HOFBAUER J. (1962): Aufstieg der Fische in den Fischpässen des mehrfach gestauten Rheins. 92-125.

HUBER M. & A. KIRCHHOFER (1998): Radio telemetry as a tool to study habitat use of nase (*Chondrostoma nasus* L.) in medium-sized rivers. *Hydrobiologia* 371/372: 309-319.

HVIDSTEN N. A., A. J. JENSEN, H. VIVAS, O. BAKKE & T. G. HEGGBERGET (1995). Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research*(70): 38-48.

JÄGER P. & A. ZITEK (2009): Fischwanderhilfen - Kriterien und Standards. Durchgängigkeit an Fließgewässern: Anforderungen aus Sicht der EU-WRRL - Erkenntnisse aus der Praxis, Ybbs, ÖWAV.

JÄGER P., A. ZITEK & R. SCHREMPF (2010). Stand der Technik beim Bau von Fischwanderhilfen. Salzburg, Amt der Salzburger Landesregierung. Reihe Gewässerschutz, Band 17.

JANSEN W., B. KAPPUS, J. BÖHMER & T. BEITER (1999): Fish communities and migrations in the vicinity of a fishway in regulated rivers (Enz, Baden-Württemberg, Germany). *Limnologica*: 425-435.

JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen: Fischtreppe, Aaleitern und Fischschleusen. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey.

JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen: Fischtreppe, Aaleitern und Fischschleusen. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey.

JENS G., O. BORN, R. HOHLSTEIN, M. KÄMMEREIT, R. KLUPP, P. LABATZKI, G. MAU, K. SEIFERT & P. WONDRAK (1997). Fischwanderhilfen: Notwendigkeit, Gestaltung, Rechtsgrundlagen. Offenbach am Main, Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V. Heft 11: 114.

JENSEN A. J., N. A. HVIDSTEN & B. O. JOHNSEN (1998): Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. Fish migration and fish bypasses. M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss. Oxford, Blackwell Science: 45-54.

JONSSON N. (1991): Influence of Water Flow, Water Temperature and Light on Fish Migration in Rivers. Nordic Journal of Freshwater Research 66(1991): 20-35.

JUNGWIRTH, M. & B. Pelikan (1989): Zur Problematik von Fischaufstiegshilfen. Österreichische Wasserwirtschaft 41(3/4): 81-89.

JUNGWIRTH M., G. HAIDVOGL, O. MOOG, S. MUHAR & S. SCHMUTZ (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, Facultas Universitätsverlag, Wien.

JUNGWIRTH M., S. MUHAR & S. SCHMUTZ (2000): Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. Hydrobiologia 422: 85-97.

KARR, J. R. (1993): Protecting ecological integrity: an urgent societal goal. Yale Journal of International law: 297 – 306.

KAUFMANN T., S. MUHAR, J. RADERBAUER, O. RATHSCHÜLER, S. SCHMUTZ, H. WAIDBACHER & G. ZAUNER (1991). Fischökologische Studie Mur. Abt. für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, Universität für Bodenkultur, Wien.

KERN J., MADER H., PETZ-GLECHNER R. & SCHOBER M. (2012): Funktionskontrolle Pilotprojekt enature®-Fishpass KW Hart / Ager. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie & konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur, Wien.

KOED A., P. MEJLHEDE, K. BALLEBY & K. AARESTRUP (2000): Annual movement and migration of adult pikeperch in a lowland river. Journal of Fish Biology 57: 1266-1279.

KOLBINGER A. (2002): Fischbiologische Kartierung der Durchgängigkeit niederbayrischer Fließgewässer. Department für Tierwissenschaften, AG Fischbiologie. München, TU München.

KONECNY R., RIEDMÜLLER R., IBEL G., SASANO B. & SCHOTZKO N. (2006): Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. Schriftenreihe des BAW Band 23, Wien.

KÜTTEL S., A. PETER & A. WÜEST (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. - Rhone Revitalisierung Publikation Nr. 1

LAND OBERÖSTERREICH (2012): Land Oberösterreich – Oberösterreichisches Sanierungsprogramm für Fließgewässer. [http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/109318\\_DEU\\_HTML.htm](http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/109318_DEU_HTML.htm) (abgerufen am 12.10.2012)

LGBI Nr.95 (2011): Landesgesetzblatt für Oberösterreich. Verordnung des Landeshauptmanns von Oberösterreich, mit der ein Sanierungsprogramm für Fließgewässer erlassen wird, 2011, Nr. 95.

LARINIER, M., F. TRAVADE and J. P. PORCHER (2002): Fishways: biological basis, design criteria and monitoring." Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364 (Supplement).

LAWA (2001): Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug. pp. 33. LAWA-Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Deutschland

LUCAS M. C. (2000): The influence of environmental factors on movements of lowland-river fish in the Yorkshire Ouse system. The Science of the Total Environment 251/252: 223-232.

LUCAS M. C. & E. BATLEY (1996): Seasonal movements and behaviour of adult barbel *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: implications for river management. Journal of Applied Ecology 33(6): 1345-1358.

LUCAS M. C. & E. BARAS (2000): Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. Fish and Fisheries 1: 283-316.

LUCAS M. C. & E. BARAS (2001): Migration of Freshwater Fishes. Oxford, Blackwell Science 420.

MABA – Fertigteilindustrie (2011): enature® Fishpass Prospekt 2011: [www.maba-fishpass.com/dnldBinary.php?f=Prospekt\\_enatureFISHPASS\\_20110907.pdf](http://www.maba-fishpass.com/dnldBinary.php?f=Prospekt_enatureFISHPASS_20110907.pdf) abgerufen am 09.09.2012.

MADER H., STEIDL H., WIMMER R; (1996): Klimatologisch- hydrologische Typisierung der österreichischen Fließgewässer. Umweltbundesamt, Monographien, Wien

MADER H. & K. BOGNER (2001): Lockströmung bei naturnahen Umgehungsgerinnen im Potamal. Wasserwirtschaft 91, 194 – 199.

MADER H. (2012): enature® Fishpass - Funktionskontrolle für die Leitfischart Hucho hucho. Gutachten im Auftrag der Verbund - Hydro Power AG.

MADER H, J. KERN, M. SCHOBBER (2012a): Herbstmonitoring am enature® Multistruktur Slot Fishpass KW Hart/Ager, OÖ (Zwischenbericht 2012) IWHW – BOKU Wien.

- MCKEOWN, B. A. (1984): Fish Migration. London & Sydney: Croom Helm Ltd.
- MORGENSCHWEIS, G. & NUSCH E. (1991): Fließzeitmessung in der Ruhr bei Niedrigwasserabfluss. Ruhrwassermenge 1990, Ruhrverband: Essen, S. 38–55.
- MORGENSCHWEIS, G. (2010): Hydrometrie. Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen. Springer. Heidelberg.
- MUHAR S., M. Poppe, G.Egger, S. Schmutz & A. Melcher (2004): Flusslandschaften Österreichs – Ausweisung von Flusslandschaftstypen anhand des Naturraums, der Fischfauna und der Auenvegetation. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur. 1010 Wien. ISBN 3-85224-120-0.
- MÜHLBAUER M. (2002): Fischökologisches Monitoring an den Voralpenflüssen Pielach und Melk im Rahmen des EU-LIFE Projektes "Lebensraum Huchen". Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur. Wien, BOKU.
- NORTHCOTE T. G. (1978): Migratory strategies and production in freshwater fishes. Ecology of Freshwater Fish Production. S. D. Gerking. Oxford-London-Edinburgh-Melbourne, Blackwell Scientific Publications: 326-359.
- NORTHCOTE T. G. (1984): Mechanisms of fish migration in rivers. Mechanisms of migration in fishes. J. D. McCleave, G. P. Arnold, J. J. Dodson and W. H. Neil. New York - London, Plenum Press: 317-355.
- ÖFB - ÖSTERREICHISCHER FISCHEREIVERBAND (2012): Der Huchen – Fisch des Jahres 2012. ÖFB; [www.fischerei-verband.at](http://www.fischerei-verband.at)
- OVIDIO M., E. BARAS, D. GOFFAUX, C. BIRTLES & J. C. PHILIPPART (1998): Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiologia* 371-372(0): 263-274.
- OVIDIO M. & J.-C. PHILIPPART (2002): The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. *Hydrobiologia* 483(1-3): 55-69.
- PARKINSON D., J. C. PHILIPPART & E. BARAS (1999): A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. *Journal of Fish Biology* 55(1): 172-182.
- PAVLAS P. (2006): Grundlagen zur Erstellung eines Leitfadens zur Restauration von Kontinuumsunterbrechungen. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Wien, Universität für Bodenkultur.
- PAVLOV D. S. (1989): Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. Rome, FAO: 97.
- PAVLOV D. S. (1994): The downstream migration of young fishes in rivers: mechanisms and distribution. *Folia Zoologica* 43: 193 - 208.
- PAVLOV D. S., LUPANDIN A. I., KOSTIN V. V. (2002): Downstream migration of fish through dams of hydroelectric power plants. T. T. Albert and T. e. G. F. Cada. Oak Ridge, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TR-02/02.

PENÁZ M., V. BARUŠ, M. PROKES & M. HOMOLKA (2002): Movements of barbel, *Barbus barbus* (Pisces: Cyprinidae). *Folia zoologica* 51(1): 55-66.

PETZ-GLECHNER R., PETZ W. & S. ACHLEITNER (2007): Fischökologische Charakterisierung von Seeausrinnen einiger österreichischer und bayerischer Seen. *Österreichs Fischerei* 60: 52-62.

REICHARD M., P. JURAJDA & M. ONDRACKOVA (2002): The effect of light intensity on the drift of young-of-the-year cyprinid fishes. *Journal of Fish Biology* 61: 1063-1066.

ROSENGARTEN J. (1954): Der Aufstieg der Fische im Moselfischpaß Koblenz im Frühjahr 1952 und 1953. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften*: 489-552.

SCHEURING L. (1949). Die Wanderungen unserer Flussfische. *Österreichs Fischerei* 12: 261-268.

SCHMUTZ S., KAUFMANN M., VOGEL B. & JUNGWIRTH M. (2000): Methodische Grundlagen und Beispiele zur Bewertung der Fischökologischen Funktionsfähigkeit Österreichischer Fließgewässer. BMLFUW, Wirtschaftskataster, Wien.

SCHMUTZ S., A. ZITEK, S. ZOBEL, M. JUNGWIRTH, N. KNOPF, E. KRAUS, T. BAUER & T. KAUFMANN (2002). Integrated approach for the conservation and restoration of Danube salmon (*Hucho hucho* L.) populations in Austria. In *Freshwater Fish Conservation – Options for the Future* (Coelho, M. M., ed.), pp. 157-173. Oxford: Fishing News Books.

SCHMUTZ S., MELCHER A.; MUHAR S., ZITEK A., POPPE M.; TRAUTWEIN C., JUNGWIRTH M. (2007): MIRR – A Model-Based Instrument for River Restoration: Entwicklung eines strategischen Instruments zur integrativen Bewertung ökologischer Restaurationsmaßnahmen an Fließgewässern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Wien.

SCHMUTZ S., MELCHER A., HUBER J., PLETTERBAUER F. & C. WALDER (2009): Wärmelastplan Traun- und Agersystem - Bewertung des fischökologischen Zustands der Traun und Ager unter besonderer Berücksichtigung thermischer Belastungen – Endbericht, im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung Abteilung Wasserwirtschaft, Linz.

SCHMUTZ, S. & STUBAUER, I. (2012): Unterlagen zur Vorlesung „Biomonitoring & -assessment“. Institut für Hydrobiologie. Universität für Bodenkultur. Wien.

SPINDLER T. (1997). *Fischfauna in Österreich, Ökologie - Gefährdung - Bioindikation - Gesetzgebung*. Wien, Umweltbundesamt.

STOTT B., J. W. V. ELÖSDON & J. A. A. JOHNSTN (1963): "Homing behaviour in gudgeon (*Gobiogobio* L.)." *Animal Behaviour* 11: 93-96.

STEINMANN P., W. KOCH & L. SCHEURING (1937). Die Wanderungen unserer Süßwasserfische. Dargestellt aufgrund von Markierungsversuchen. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften.

TAUBER M. (2011): Massnahmen zur Steigerung der Stromerzeugung an Wasserkraftanlagen bei gleichzeitiger Erfüllung der Richtlinien 2009/28/EG (Erneuerbaren Richtlinie) und 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie). Dissertation. Universität für Bodenkultur. Wien.

TRAVADE, F. und M. LARINIER (2007). French experience with downstream migration devices. 2nd meeting of the EIFAC Working Party On Fish Passage Best Practices Salzburg, Land Salzburg, Abteilung 13 Naturschutz, Referat 13/04 Gewässerschutz; in der Reihe Datensammlung Gewässerschutz, Thema Fischpässe, Komponente 13/3.

UMWELTBUNDESAMT (2010): Neunter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich. Reports, Bd. REP-0286. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2012): Wasserrahmenrichtlinie, <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/wasser/wrrl/> (Zugriff am 8.10.2012)

VORDERMEIER T. & E. BOHL (2000): Fischgerechte Ausgestaltung von Quer- und Längsbauwerken in kleinen Fließgewässern - Bedeutung und Wiederherstellung der Fließgewässervernetzung. Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern Bayern e.V. S.: 53-61.

WASSERRAHMENRICHTLINIE (2000): (WRRL; RL 2000/60/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. Nr. L 327. Geändert durch die Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates 2455/2001/EC. ABl. L 331, 15/12/2001.

WIESNER C., G. UNFER, A. ZITEK & S. SCHMUTZ (2004): Drift of juvenile freshwater fish in late autumn in a Danube tributary. Proceedings of the Fifth International Conference on Ecohydraulics - Aquatic Habitats: Analysis and Restoration, 12.-17. 09.2004, Madrid.

WINTER H. V. & W. L. T. VAN DENSEN (2001): Assessing the opportunities for upstream migration of non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. Fisheries Management and Ecology 8(6): 513-532.

WINTER, H. V. (2007). Fishway efficiency, delay and passage behaviour of ide in relation to attraction flow. A fisheye view on fishways. Wageningen, PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands: 131-152.

WOSCHITZ E., E. SCHAGER & O. TIEFENBACHER (1997): Funktionskontrolle der Fischeufstiegshilfen Hohenbrugg und Rohr (Raab) - Studie im Auftrag des Amtes der Stmk. Landesregierung, Fachabteilung IIIa. Wien, IFIS - Ichthyologische Forschungsinitiative Steiermark.

WOSCHITZ G., EBERSTALLER J. & SCHMUTZ S. (2003): Mindestanforderung bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Richtlinien der Fachgruppe Fischereisachverständige beim Österreichischen Fischereiverband. Bd. 1/2003.

ZITEK A., SCHMUTZ S. & PLONER A. (2004a): Fish drift in a Danube/sidearm-system: II. Seasonal and diurnal patterns. *Journal of Fish Biology* 65, 1339-1357.

ZITEK A., SCHMUTZ S. & JUNGWIRTH M. (2004b): Fischökologisches Monitoring an den Flüssen Pielach, Melk und Mank – Endbericht im Rahmen des EU-LIFE Projektes „Lebensraum Huchen“. Im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung.

ZITEK A., HAIDVOGL G., JUNGWIRTH M., PAVLAS P., SCHMUTZ S. (2007): Ein ökologischstrategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich. AP5 des MIRR-Projektes, Endbericht. Studie im Auftrag von Lebensministerium und Land Niederösterreich. 138.

ZITEK, A., K. PACHER und S. SCHMUTZ (2008): Entwicklung und hydraulische Optimierung eines Schlitzpasses als Fertigteil Baukastensystem - Endbericht "Fischökologisches Monitoring" - Studie im Auftrag der SW Umwelttechnik, Bahnstraße 93A - 9021 Klagenfurt Wien, IHG BOKU: 88.

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1 Wanderfischarten unterschiedlicher Fischregionen im Donaeinzugsgebiet Österreich. Quelle: Zitek et al. (2007).....	5
Abb. 3-2 Zusammenhang zwischen Schwimmgeschwindigkeit und Dauer (verändert nach Pavlov, 1989 bzw. Clough & Turnpenny, 2001). Quelle: BMLFUW (2012c).....	6
Abb. 3-3 Temperaturoptima und –grenzwerte [°C] für die Fortpflanzung einiger in der Ager vorkommender Fischarten (geordnet nach FRI), Quelle: Schmutz et al. (2009).....	10
Abb. 3-4 Historische und aktuelle Verbreitung des Huchens in Österreich (Jungwirth et al., 2003). Quelle: ÖFV (2012). .....	11
Abb. 3-5: Signifikanzkriterien für Querbauwerke nach BMLFUW (2005). Quelle: BMLFUW (2005) .....	14
Abb. 3-6: Die fischbiologisch richtige Anordnung der Sohlen-Rausteine ist wichtig für die Passierbarkeit der Engstellen durch Kleinfische. Nach neuen Erkenntnissen sollte die Belegung weniger dicht sein. ....	19
Abb. 3-7: Abnahme der Fließgeschwindigkeit im Bereich des Schlitzes eines Schlitzpasses nahe der Rauen Sohle. ....	19
Abb. 3-8: Mindestgrößen von Schlitzpässen zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte. Die rot umrandeten Werte gelten für die in dieser Arbeit untersuchte Anlage. Quelle: BMLFUW (2012c). ....	20
Abb. 3-9: Organigramm der Gewässerzustandsbewertung. Für die Bewertungen gilt H=high/sehr gut, G=good/gut; M=medium/mäßig, P=poor/unbefriedigend, B=bad/schlecht. (Quelle: Schmutz & Stubauer, 2012). ....	21
Abb. 3-10: Risiko der Verfehlung des guten Zustandes bzw. des guten Potentials nach WRRL, Oberflächenwasserkörper in Österreich. Vergleich der drei Risikostufen. Quelle: BMLFUW, 2005. ....	23
Abb. 3-11: Fisch Index Austria – Berechnungsformel. Anmerkung: Im Falle der Fischregion Epirhithral wird die $ZK_{ART}$ mit dem Faktor 1 und der $ZK_{AS}$ mit dem Faktor 3 multipliziert. (Quelle: BMLFUW, 2010b) .....	24
Abb. 3-12: FIA – Klassengrenzen für die Bewertung der fischökologischen Zustandsklassen. (Quelle: BMLFUW, 2010b). ....	24
Abb. 3-13: Sanierungsgebiete nach LGBl (2011) (Anlage 2) für gesamte die Ager und den untersuchten Abschnitt der Traun. <sup>1</sup> Wanderkorridor zwischen Traun und Vöckla; <sup>2</sup> Seeausrinn. ....	26
Abb. 3-14: Lage der Detailwasserkörper, des Wehr Hart und GZÜV Messstellen an der Ager sowie an der Traun der hier untersuchten Abschnitte. Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 15.10.2012. ....	27
Abb. 3-15 Querbauwerke nach NGP 2009 der Donauzubringer Ager und Traun ab dem Wehr Hart; Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 13.09.2012.....	30
Abb. 3-16: Lageplan der Fischwanderhilfe (rote Markierung) an der Ager bei Kraftwerk/Wehr Hart (Quelle: AMAP Austria (2012) – ergänzt am 06.06.2012).....	35
Abb. 3-17 Oberflächenwasserkörper 411140001 im Bereich des Untersuchungsgebietes, (●) Wehr KW Hart. Quelle: O-WK1-NGP2009 (BMLFUW, 2009b).....	36
Abb. 3-18: Ager. Oberer (li) und mittlerer (re) Abschnitt der Befischungsstrecke in der Entnahmestrecke des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012). ....	37
Abb. 3-19: Ager. Unterer Abschnitt der Befischungsstrecke (li) und Bühnenstruktur (re) in der Entnahmestrecke des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts); Quelle: Feldmüller et al., 2012.....	37

Abb. 3-20: Ager. Oberer (li) und mittlerer Abschnitt der Befischungsstrecke im Stauraum des KW Hart (Blickrichtung flussaufwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012) .....	38
Abb. 3-21 Ager. Unterer Abschnitt der Befischungsstrecke (li) und technische Verbauung am orographisch rechten Ufer (re) im Stauraum des KW Hart (Blickrichtung flussabwärts). (Quelle: Feldmüller et al., 2012) .....	38
Abb. 3-22: Übersichts-Orthofoto des Wehrs, der Kraftwerksanlage und des enature <sup>®</sup> Fishpasses am Standort Hart. Quelle: Bing-Maps (2013). .....	39
Abb. 3-23: Lageplan der Wehranlage, des Restwasserkraftwerks, der Ausleitung bzw. des Werkskanals sowie des enature <sup>®</sup> Fishpasses am Standort Hart nach der Revitalisierung. Mit rot markierten Positionen der Fischreusen 1 und 2.; Quelle: Warnecke Consult, Lageplan Nr. 09 - 130 – 016, Datum: 08.07.2010, ergänzt am 10.10.2011 .....	40
Abb. 3-24: Mündung Ager-Ausleitung (rechts) in Werkskanal (links) am Standort Hart. Im Bild rechts vorne Grobrechensteg. Blickrichtung flussauf. 2012. ....	40
Abb. 3-25: KW Hart mit Wehranlage, enature <sup>®</sup> Fishpass und Blocksteinrampe. Blickrichtung flussauf. 2012. ....	41
Abb. 3-26: Anordnung der Strukturelemente in einem Fertigteilelement des enature <sup>®</sup> Fischpasses. Quelle: Wimmer (2011). ....	42
Abb. 3-27: Strömungsmuster im Vergleich (bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in cm/s); oben der enature <sup>®</sup> - Fishpass, unten ein herkömmlicher Schlitzpass. Wasserdotation, Gefälle und Schlitzbreiten sind bei beiden Anlagen ident. Quelle: Tauber (2011). .....	43
Abb. 3-28: Vergleich der Konsumption bzw. des Durchflusses der Varianten V25 und V17 (V25 entspricht dem aktuellen enature <sup>®</sup> Fishpass – System klein, $\Delta h=15$ cm, Schlitzbreite=15 cm) und der Variante V18 (herkömmlicher Vertical Slot). Quelle: Tauber (2011). .....	43
Abb. 3-29: Vergleich des enature <sup>®</sup> Fishpasses (V25 entspricht dem enature <sup>®</sup> Fishpass – System klein, $\Delta h=15$ , Schlitzbreite=15cm) zu einem herkömmlichen Vertical Slot (V18) bezüglich mittlerer turbulenter kinetischer Energie in allen Messebenen (Ebene 1 oberflächennahe, Ebene 3 sohlennahe). (V31 entspricht dem am Wehr Hart zum Einsatz kommenden enature <sup>®</sup> Fishpass – System mittel, $\Delta h=15$ cm, Schlitzbreite=35 cm) Quelle: Tauber (2011). ....	44
Abb. 3-30: Farbliche Unterteilung des enature <sup>®</sup> Fishpass in Vor- und Nachlaufstrecke, Ruhebecken, Pools und Multistrukturschlitzte. ....	45
Abb. 3-31: Rechtes Agerufer (Ausleitungsstrecke) mit enature <sup>®</sup> Fishpass Einstiegsbereich, 180° Kurve und montierten Galgen für die Reuse 2. Rechts unten Turbinenauslass und Einhausung der Wasserkraftschnecke. Rechts oben Werkskanal in Blickrichtung KW Glatzing/Rüstorf. 2012. ....	46
Abb. 3-32: Einlaufsteg zum Werkskanal (links) sowie Schütz mit FMH – Ausstieg (rot eingekreist). Blick in Fließrichtung. 2012. ....	46
Abb. 3-33: Grundriss und Längenschnitt der MABA enature <sup>®</sup> Fishpass – Anlage am Standort Hart. Quelle: Warnecke Consult, Lageplan Nr. 09 - 130 – 016, Datum: 08.07.2010, ergänzt am 09.01.2013. ....	49
Abb. 3-34 Übersicht Traun / Ager im Untersuchungsgebiet mit HZB-Messstelle Fischerau und Querbauwerke nach NGP 2009, Quelle: doris.ooe.gv.at; abgerufen und ergänzt am 19.08.2012 .....	50
Abb. 3-35 Mittlere Monatsabflüsse am Pegel Fischerau (aus der Zeitreihe des hydrographische Dienstes 1976 – 2009) .....	51
Abb. 3-36 Mittlere, monatliche Wassertemperaturen am Pegel Fischerau (aus der Zeitreihe des hydrographischen Dienstes 1992 – 2009) .....	52
Abb. 3-37 Gewässertypologie der Ager im Bereich des Untersuchungsgebietes, (●) Wehr KW Hart. Quelle: O-TYP2-NGP2009 (BMLFUW, 2009a) .....	53

Abb. 4-1: Abstichmaß - OK-Becken zu den Wasserspiegellagen an den Querwänden der enature® - Fischpassbeckens. ....	55
Abb. 4-2: Prinzip der Integrationsmethode. Quelle: Morgenschweis & Nusch (1991). ....	57
Abb. 4-3: Ermittlung des Gesamtdurchflusses über die Geschwindigkeitsflächenmethode. Quelle: Morgenschweis (2010). ....	59
Abb. 4-4: Messprofile der Messungen mit dem ADCP im Unterwasserbereich. 2012. ....	60
Abb. 4-5: ADCP – Führungsvorrichtung für Messungen im Unterwasserbereich. Links Spannvorrichtung für die Führungsschnur, rechts ADCP im Einsatz.....	61
Abb. 4-6 ADCP- Profilmessung am unmittelbaren Einstiegsbereich, 11.06.2012 .....	62
Abb. 4-7: Profil Werkskanal für die Durchflussmessung. ....	62
Abb. 4-8 Messlotrechten der untersuchten Slots 5, 6 und 7 – Fließgeschwindigkeitsmessung am 30.06.2012 .....	63
Abb. 4-9 Slot 6 - Fließgeschwindigkeitsmessung am 30.06.2012, links: Fließverhältnisse, rechts: Messdurchführung an Messlotrechte 1 .....	64
Abb. 4-10: Lage der Abstichpunkte (●) vor dem Grobrechen im Staubereich, im obersten FMH-Becken und im Unterwasser- bzw. Einstiegsbereich der FMH, die täglich mitdokumentiert wurden. ....	65
Abb. 4-11 Regressionsanalyse WSP-OW und WSP-Reuse im Untersuchungszeitraum Herbst .....	66
Abb. 4-12 Regressionsanalyse WSP-OW und WSP-Reuse im Untersuchungszeitraum Frühjahr (14.03.2012 - 04.06.2012) .....	67
Abb. 4-13 Temperaturlogger onset® HOBO® U22 Pro v2, Quelle: onsetcomp.com.....	68
Abb. 4-14: enature® Fishpass mit Rasterpunktverteilung für die Sohlhöhenmessung. Rotumrandet ein Becken mit 2 Fertigteilelementen sowie Rasterpunktnumerierungsschema. ....	69
Abb. 4-15: Sohlсанierung der FMH am 22.05.2012. ....	70
Abb. 4-16: Uranin AP Färbemittel wird mit Wasser in einem Kübel angemischt.....	70
Abb. 4-17: Lageplan FMH bei Kraftwerk Hart und Positionen der Reuse 1 (1) und der Reuse 2 (2) .....	74
Abb. 4-18 Bilder der Reusen: Ausstiegsreuse (Reuse 1) links; Reuse 1 mit Kettengegengzug hochgezogen (Bild rechts oben); Einstiegsreuse (Reuse 2) rechts unten; ausgebauter Einstiegstrichter Bild Mitte rechts.....	75
Abb. 4-19 Ausrüstung und Elektrobefischung der FMH .....	76
Abb. 4-20 Bewertungsschema für Fischaufstieg nach Woschitz et al. (2003).....	78
Abb. 4-21: Unterwasser-Farb- Überwachungskamera mit LED-Strahler GL-J-C2110, Brennweite 3,6 mm, Auflösung 420 TV-Linien (links) und CCD Farbkamera, bei Dunkelheit S/W-Modus, Brennweite 3,6 mm, 24 LED, Lichtempfindlichkeit IR an: 0 lx, leichtes Fisheye Objektiv, Auflösung 380 TVL (rechts). Quelle: www.conrad.at .....	79
Abb. 4-22 Versuchsanordnung Huchen-Monitoring, temporäre Fischsperrern (gelb), permanente Fischsperrern (rot), Stationen der Unterwasserkameras und Videorecorder .	81
Abb. 4-23 Detailansichten des Multistrukturschlitzes 18 mit Kameraaufbau und Referenzlatten.....	81
Abb. 5-1: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitzern und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 19.04.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe, mitte maximales $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: am Stauziel (361.68 m.ü.A.), WSP-UW: 359,19 m.ü.A. ....	83
Abb. 5-2: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitzern und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 25.05.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe,	

mitte maximales $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: 7 cm über Stauziel (361,93 m.ü.A.), WSP-UW: 359,20 m.ü.A. ....	84
Abb. 5-3: Analyse der Wasserspiegellagen der WSP-Differenzen ( $\Delta h$ ) an den Multistrukturschlitzten und mittlere Wassertiefen in den Becken sowie mittlere Sohlsubstratstärken. Messung vom 30.06.2012. Rote Linien: oben minimale Wassertiefe, mitte maximales $\Delta h$ ; unten minimale Sohlsubstratstärke. WSP-OW: am Stauziel (361,86 m.ü.A.), WSP-UW: 359,16 m.ü.A. ....	85
Abb. 5-4 Pegelschlüssel FMH und Überströmngrenze .....	86
Abb. 5-5 Überströmter und eingestauter Einstieg der FMH, 06.06.2012, WSP-UW 359,43 m.ü.A., Q-Rest ca. 12,8 m <sup>3</sup> /s .....	87
Abb. 5-6 Errechner, gemittelter Abfluss der FMH während der Herbstuntersuchungen, mit und ohne dem Einfluss der Reuse 1 und WSP-OW u. -UW, Überströmngrenze bei 467 l/s .....	87
Abb. 5-7 Errechner, gemittelter Abfluss der FMH während der Frühjahrsuntersuchungen, mit und ohne dem Einfluss der Reuse 1 und WSP-OW u. -UW, Überströmngrenze bei 467 l/s .....	88
Abb. 5-8 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH, ADCP – Messung 30.04.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	90
Abb. 5-9 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH nach erster, teilweiser Sohlsanierung, ADCP – Messung 25.05.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	91
Abb. 5-10 Fließgeschwindigkeitsverteilung Einstieg FMH nach zweiter, teilweiser Sohlsanierung, ADCP – Messung 11.06.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	92
Abb. 5-11 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,17 m.ü.A., Q-Turb. 2,85 m <sup>3</sup> /s, Q-FMH 0,418 m <sup>3</sup> /s, ADCP - Messung 17.10.2011; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	93
Abb. 5-12 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,16 m.ü.A., Q-Turb. 2,62 m <sup>3</sup> /s, Q-FMH 0,372 m <sup>3</sup> /s, ADCP – Messung 24.10.2011; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	94
Abb. 5-13 Fließgeschwindigkeitsverteilung UW, WSP-UW 359,2 m.ü.A., Q-Turb. 3,25 m <sup>3</sup> /s, Q-FMH 0,446 m <sup>3</sup> /s, Q-Rampe 0,365 m <sup>3</sup> /s, ADCP – Messung 17.03.2012; Längenangaben [m], Fließgeschwindigkeiten [m/s] .....	95
Abb. 5-14 Abflussganglinien und WSP der Restwasserstrecke (UW) in den Untersuchungszeiträumen; oben: Herbst, unten: Frühjahr .....	97
Abb. 5-15 Leckagen an den Wehrschleusen, Hart, 19.04.2012 .....	100
Abb. 5-16 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 5 .....	101
Abb. 5-17 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 6 .....	101
Abb. 5-18 Fließgeschwindigkeitsverteilung (xy-Ebenen) der unterschiedlichen Messlotrechten am Multistrukturschlitz 7 .....	102
Abb. 5-19 Sohlsubstratstärken [m] der FMH während der Untersuchungen; oben: Aufnahme am 14.10.2011, mittig: Aufnahme am 12.04.2012, unten: Aufnahme am 04.07.2012..	103
Abb. 5-20: Standardpool des enature® Fishpass mit eingebrachtem Sohlsubstrat inkl. Rausteine. Die Maße des überlagerten Rasters beträgt 0,63 x 0,63 m. Quelle: Mader (2012) - bearbeitet. ....	104
Abb. 5-21: Bildserie des Färbeversuchs bzw. Visualisierung der austretenden FMH – Strömung. Von links oben nach rechts unten (Bild 1 – Bild 11). ....	106
Abb. 5-22 Mittlere Abflussdauerlinie, aus der Reihe der täglichen Abflüsse (1976-2009) der Messstelle Fischerau, mit $Q_{30}=65,6$ m <sup>3</sup> /s .....	106

Abb. 5-23 Wasserspiegellagen im oberen Reusenbecken in Abhängigkeit des (klassierten) Gesamtabflusses der Ager, Überströmngrenze bei 361,87 m.ü.A. ....	107
Abb. 5-24 links: Mit Schotter bedeckte Kragschwelle, 01.05.2012; mittig: Geschiebezungung in Kanal zum Einlauf der FMH, 01.05.2012; rechts: Vollständig abgesenktes Schütz mit OK 362,6 m.ü.A. ....	108
Abb. 5-25 ; links: Geschiebeablagerung im Vorlaufbecken und Leckagen am Schütz, 04.07.2012; rechts: Geschiebeablagerung von ca. 1m <sup>3</sup> unterhalb von Schlitz 19 (Reusenbecken 1) während der Frühjahrsperiode, 04.07.2012 .....	108
Abb. 5-26 oben: Hochwasserentlastung über Zufahrtsstraße am 22.01.2012 bei Spitzenabfluss von 241 m <sup>3</sup> /s (Restwasser 223 m <sup>3</sup> /s), Quelle: KWG; unten links: Steinteppich auf Gitterroste der FMH, 17.03.2012; unten rechts: Erosierte Betonkante am Fertigteil des Einstieges der FMH, 18.07.2012.....	109
Abb. 5-27 Hochwasser (ca. HQ <sub>1</sub> ) am 13.06.2012; links: eingestautes UW an FMH; rechts: Überströmte Reuse 1 .....	110
Abb. 5-28: Fischartenverteilung (Abundanz) in der Entnahmestrecke des KW Hart.....	114
Abb. 5-29: Fischartenverteilung (Biomasse) in der Entnahmestrecke des KW Hart.....	114
Abb. 5-30: Fischartenverteilung (Abundanz) im Stauraum des KW Hart.....	117
Abb. 5-31: Fischartenverteilung (Biomasse) im Stauraum des KW Hart.....	117
Abb. 5-32 <i>Bewertung der Populationsstruktur aller (d.h. auch der potentiellen Arten) des Leitbildes, Entnahmestrecke KW Hart.</i> .....	120
Abb. 5-33 <i>Bewertung der Populationsstruktur aller (d.h. auch der potentiellen Arten) des Leitbildes, Stauraum KW Hart.</i> .....	122
Abb. 5-34 Längen-Frequenzdiagramm des Aitels, Reusenbefischung der FMH. ....	124
Abb. 5-35 Längen-Frequenzdiagramm des Aitels, Ausleitungsstrecke KW Hart .....	124
Abb. 5-36 Längen-Frequenzdiagramm der Äsche, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	124
Abb. 5-37 Längen-Frequenzdiagramm der Äsche, Ausleitungsstrecke KW Hart.....	124
Abb. 5-38 Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Reusenbefischung der FMH. ....	125
Abb. 5-39 Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Ausleitungsstrecke KW Hart. ....	125
Abb. 5-40 Längen-Frequenzdiagramm des Bachsaiblings, Reusenbefischung der FMH. ....	125
Abb. 5-41 Längen-Frequenzdiagramm des Bachsaiblings, Ausleitungsstrecke KW Hart. ...	125
Abb. 5-42 Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerle, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2. ....	126
Abb. 5-43 Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerle, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.....	126
Abb. 5-44 Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Reusenbefischung der FMH. ....	126
Abb. 5-45 Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil. ....	126
Abb. 5-46 Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	127
Abb. 5-47 Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil. ....	127
Abb. 5-48 Längen-Frequenzdiagramm des Flussbarsches, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2 .....	127
Abb. 5-49 Längen-Frequenzdiagramm des Flussbarsches, Ausleitungsstrecke KW Hart. ...	127
Abb. 5-50 Längen-Frequenzdiagramm des Gründlings, Reusenbefischung der FMH.....	128
Abb. 5-51 Längen-Frequenzdiagramm des Gründlings, Ausleitungsstrecke KW Hart.....	128
Abb. 5-52 Längen-Frequenzdiagramm des Hasels, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	128
Abb. 5-53 Längen-Frequenzdiagramm des Hasels, Ausleitungsstrecke KW Hart.....	128
Abb. 5-54 Längen-Frequenzdiagramm des Hechts, Reusenbefischung der FMH.....	129

Abb. 5-55 Längen-Frequenzdiagramm des Hechts, Ausleitungsstrecke KW Hart.....	129
Abb. 5-56 Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Reusenbefischung der FMH. ....	129
Abb. 5-57 Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil. ....	129
Abb. 5-58 Längen-Frequenzdiagramm des Perlfisches, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	130
Abb. 5-59 Längen-Frequenzdiagramm der Seeforelle, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	130
Abb. 5-60 Längen-Frequenzdiagramm der Seelaube, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	130
Abb. 5-61 Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Reusenbefischung der FMH. .....	131
Abb. 5-62 Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Ausleitungsstrecke KW Hart .....	131
Abb. 5-63 Längen-Frequenzdiagramm des Rotauges, Reusenbefischung der FMH – keinen Fang mit Reuse 2.....	131
Abb. 5-64 Längen-Frequenzdiagramm des Rotauges, Ausleitungsstrecke KW Hart.....	131
Abb. 5-65 Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Reusenbefischung der FMH. ....	132
Abb. 5-66 Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Ausleitungsstrecke KW Hart. Das kleine Diagramm zeigt den hohen Jungfischanteil.....	132
Abb. 5-67 Fangzahlen (Reuse 1 und Reuse 2), Wassertemp. und Außentemperatur (Luft) der Untersuchungszeiträume; oben: Herbst, unten: Frühjahr.....	134
Abb. 5-68 Fangzahlen (Reuse 1 und Reuse 2), Abfluss der Restwasserstrecke und mittlere Tagesabfluss FMH beeinflusst durch Reuse 1; oben: Herbst, unten: Frühjahr.....	135
Abb. 5-69 Aufstiegszahlen bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen .....	136
Abb. 5-70 Aufstieghäufigkeit bei unterschiedlichen Abflussverhältnissen.....	136
Abb. 5-71 Aufgestiegene Barben, links: Herbst, rechts: Frühjahr .....	138
Abb. 5-72 links: Vier adulte Barben, gefangen am 23.05.2012, rechts: Juvenile Barbe, 80 mm Länge, gefangen am 16.06.2012 .....	138
Abb. 5-73 Aufgestiegene Aitel, links: Herbst, rechts: Frühjahr.....	139
Abb. 5-74 oben: Adultes Aitel mit Verletzungen an Schwanzflosse und Rücken, gefangen am 09.05.2012, unten: Drei juvenile Aitel, gefangen am 24.06.2012 .....	139
Abb. 5-75 Aufgestiegene Äschen, links: Herbst, rechts: Frühjahr.....	140
Abb. 5-76 adulte Äsche, gefangen am 20.04.2012 .....	140
Abb. 5-77 Aufgestiegene Bachschmerlen, links: Herbst, rechts: Frühjahr .....	140
Abb. 5-78 Bachschmerle, Länge 105 mm, gefangen am 04.11.2011 .....	141
Abb. 5-79 Aufgestiegene Elritzen im Frühjahr .....	141
Abb. 5-80 Adulte Elritze, aufgestiegen am 08.06.2012 .....	141
Abb. 5-81 Aufgestiegene Koppen, links: Herbst, rechts: Frühjahr .....	142
Abb. 5-82 Neun aufgestiegene Koppen, erfasst bei der Entleerung der Reuse 1 am 14.05.2012 .....	142
Abb. 5-83 Aufgestiegene Schneider, links: Herbst, rechts: Frühjahr.....	143
Abb. 5-84 Schneider, Länge 65 mm, gefangen am 02.07.2012.....	143
Abb. 5-85 Fischartenverteilung in der FWH des KW Hart; n = 129. ....	144
Abb. 5-86 Längen-Frequenzdiagramm der Bachforelle, Bestandserhebung in der FMH. ...	145
Abb. 5-87 Längen-Frequenzdiagramm der Regenbogenforelle, Bestandserhebung in der FMH. ....	145
Abb. 5-88 Längen-Frequenzdiagramm der Barbe, Bestandserhebung in der FMH. ....	146
Abb. 5-89 Längen-Frequenzdiagramm der Elritze, Bestandserhebung in der FMH. ....	146
Abb. 5-90 Längen-Frequenzdiagramm des Schneiders, Bestandserhebung in der FMH. ....	146
Abb. 5-91 Längen-Frequenzdiagramm der Bachschmerle, Bestandserhebung in der FMH. ....	147

Abb. 5-92 Längen-Frequenzdiagramm der Koppe, Bestandserhebung in der FMH. ....	147
Abb. 5-93: Weg – Zeitdiagramm Aufstieg Hucho hucho 670 mm, 16.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	149
Abb. 5-94: Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 670 mm, 18.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	150
Abb. 5-95 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 670 mm, 19.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	150
Abb. 5-96 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 900 mm, 16. - 17.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	151
Abb. 5-97 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 1050 mm, 16. - 17.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	152
Abb. 5-98 Weg – Zeitdiagramm Auf- und Abstieg Hucho hucho 1050 mm, 17.12.2011. Quelle: Mader (2012). ....	153
Abb. 5-99 Aufstieg eines Kleinfischschwarms, sohnnahe, seitlich entlang der Strukturelemente am Slot 6, 07.06.2012.....	154
Abb. 5-100 Abdrift einer Barbe im Trichter der Reuse 1, 02.05.2012 um 8:38 Uhr.....	154
Abb. 6-1 links: Adulte Regenbogenforelle, abgelaicht im Herbst, beim Fang am 23.11.2011, rechts: Fischlaich der Regenbogenforelle .....	164

## 10. Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1 Modifiziertes Leitbild Ager, Quelle: BAW Leitbildkatalog, Februar 2012-2 .....	54
Tab. 4-1 Übersicht der Untersuchungszeiträume .....	75
Tab. 5-1 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 17.10.2011 ....	93
Tab. 5-2 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 24.10.2011 ....	94
Tab. 5-3 Randbedingungen und Abflussverhältnisse UW, ADCP – Messung 17.03.2012 ....	95
Tab. 5-4 Ergebnisse der ADCP-Messung am Einlauf der Wasserkraftschnecke – Stauziel, Startzeit der Messung 10:42 am 19.04.2012 .....	98
Tab. 5-5 Ergebnisse der ADCP-Messung im UW der Wehranlage – Stauziel, Startzeit der Messung 14:07 am 19.04.2012 .....	99
Tab. 5-6 Ergebnisse der ADCP-Messung am Werkskanal - Stauziel, Startzeit der Messung 11:22 19.04.2012 .....	99
Tab. 5-7 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 5, gemessen am 30.06.2012 .....	100
Tab. 5-8 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 6, gemessen am 30.06.2012 .....	101
Tab. 5-9 Fließgeschwindigkeiten am Multistrukturschlitz 7, gemessen am 30.06.2012 .....	102
Tab. 5-10 <i>Fischarten der Ager in den Befischungsstrecken Entnahmestrecke KW Hart und Stauraum KW Hart.</i> .....	111
Tab. 5-11 <i>Fischarten und Fischbestand der Ager, Entnahmestrecke KW Hart.</i> .....	113
Tab. 5-12 <i>Fischarten und Fischbestand der Ager, Stauraum KW Hart.</i> .....	116
Tab. 5-13 <i>Dominanzverhältnisse im UW des KW Hart.</i> .....	118
Tab. 5-14 <i>Bewertung des fischökologischen Zustandes der Ager, Entnahmestrecke KW Hart. Fischregion Epipotamal mittel, Bioregion "Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland" (BMLFUW 2010).</i> .....	119
Tab. 5-15 <i>Bewertung des fischökologischen Zustandes der Ager, Stauraum KW Hart. Fischregion Epipotamal mittel, Bioregion "Bayrisch-Österreichisches Alpenvorland" (BMLFUW 2010).</i> .....	121
Tab. 5-16 <i>Artenspektrum: Aufgestiegene Spezies, Fischbestand im OW/UW, natürliche Arten (Leitbild)</i> .....	123
Tab. 5-17 <i>Anzahl aller erfolgreich aufgestiegenen Arten</i> .....	132
Tab. 5-18 <i>Gegenüberstellung der Fangzahlen von Reuse 1 und 2 vor und während der Einstiegsreusenuntersuchung</i> .....	137
Tab. 5-19 <i>Wassertemperatur, WSP-OW, WSP-UW, elektrische Leitfähigkeit, Durchfluss FMH, Huchen-Monitoring 16.12.2011 – 19.12.2011</i> .....	148
Tab. 6-1 <i>Übersicht der Gesamtbewertung inklusive alle Bewertungen der Einzelkriterien nach Woschitz et al. (2003).</i> .....	168

## 11. Anhang

Anhang 1: Fischarten (IHG Datenbank) und deren Fischregionsindex (FRI) für heimische Fischarten nach Schmutz et al. (2000)

<b>Fischart</b>	<b>Lateinische Bezeichnung</b>	<b>Abkürzung</b>	<b>FRI</b>
Aal	<i>Anguila anguila</i>	Aa	
Aalrutte	<i>Lota lota</i>	Ar	5,6
Aitel	<i>Leuciscus cephalus</i>	Al	6
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	Ae	5
Bachforelle	<i>Salmo trutta fario</i>	Bf	3,8
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	Bn	4,5
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	Ba	6
Bitterling	<i>Rhodeus sericeus</i>	Bi	6,5
Blaubandbärbling	<i>Pseudorasbora parva</i>	Bb	
Brachse	<i>Abramis brama</i>	Br	6,6
Dreist. Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Ds	
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	El	5
Flußbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>	Fb	6,7
Giebel	<i>Carassius auratus</i>	Gi	6,4
Gründling	<i>Gobio gobio</i>	Gr	6
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Ha	6,3
Hecht	<i>Esox lucius</i>	He	6,2
Huchen	<i>Hucho hucho</i>	Hu	5,7
Karausche	<i>Carassius carassius</i>	Ka	6,5
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	Kr	6,5
Koppe	<i>Cottus gobio</i>	Ko	4
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>	La	6,5
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	Na	5,9
Marmorgrundel	<i>Proterorhinus marmoratus</i>	Pr	6,7
Neunstachliger Stichling	<i>Pungitius pungitius</i>	Ns	
Nerfling	<i>Leuciscus idus</i>	Ne	6
Perlfisch	<i>Rutilus frisii meiduijeri</i>	Pe	6
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Rb	
Reinanke	<i>Coregonus sp.</i>	Re	
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	Ra	6,4
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rf	6,7
Rußnase	<i>Vimba vimba</i>	Ru	6,4
Schied	<i>Aspius aspius</i>	Sd	6,2
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	Sl	6,7
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	Sm	5,5
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Sn	6,4
Seeforelle	<i>Salmo trutta lacustris</i>	Sf	
Seelaube	<i>Chalcalburnus chalcaloides</i>	Sl	6,4
Seesaibling	<i>Salvelinus umbla</i>	Ss	
Sonnenbarsch	<i>Lepomis gibbosus</i>	Sa	
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>	Sb	6,3
Streber	<i>Zingel streber</i>	St	6
Strömer	<i>Leuciscus souffia</i>	Sr	5,4
Ukrainisches Bachneunauge	<i>Eudontomyzon mariae</i>	Un	5,1
Weißflossengründling	<i>Gobio albipinnatus</i>	Wg	6,5
Wildkarpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	Wk	6,5
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	Za	6,7
Zingel	<i>Zingel zingel</i>	Zi	6,3

Anhang 2:

**Ad libitum-Protokoll - Videomonitoring Huchen - enature®-Fischpass  
Ager - Wehr Hart / Gemeinde Rüstorf - Schwanenstadt**

3 Huchen als "Versuchsfische" aus der Gail (Arnoldstein/Kärnten)	
kleiner Huchen 67cm, 2330g	
mittlerer Huchen 90cm, 5680g	
großer Huchen 105cm, 9058g	

Event	Datum	Zeit	Fisch	Station	Recorder	Kamera	Bemerkung
Huchen in FAH eingesetzt	15.12.2011	16:00	3 Huchen				alle drei Huchen wurden im Becken der 180°-Kehre zwischen Schlitz 5 und 6 eingesetzt, um sich an die neue Umgebung bis zum eigentlichen Beginn des Monitorings zu gewöhnen
Start Videoaufzeichnung Recorder1	16.12.2011	12:17:54					
Start Monitoring	16.12.2011	12:18:50	3 Huchen	2	1	3&4	Fische waren zu Beginn des Monitoring in der 180°-Kehre, im Becken zwischen Schlitz 5 und 6. Um 12:18:50 wurden das obere Absperrgitter gezogen. (Rec1 / Kam 3&4 Entfernung Abspernung dokumentiert)
Start Videoaufzeichnung Recorder2	16.12.2011	12:30:00					Zeitangabe nicht exakt
Sichtung	16.12.2011	12:35:21	Huchen 67	2	1	4	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	12:37:20	Huchen 67	3	2	2	Huchen 67cm wurde auf Rec2 / Kamera2 (ganz unten!) beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	12:38:00	Huchen 90	2	1	4	Huchen 90cm wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	12:38:53	Huchen 90	3	2	2	Huchen 90cm wurde auf Rec2 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	12:39:07	Huchen 90	4	2	4	Huchen 90cm wurde auf Rec2 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:15:13	Huchen 67	4	2	4	Huchen 67cm wurde auf Rec2 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:16:10	Fisch??	1	1	2	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:17:50	Fisch??	1	1	2	ein nicht identifizierter Fisch (event. Bachsaibling) wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:18:25	Fisch??	1	1	2	ein nicht identifizierter Fisch (event. Bachsaibling) wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Abstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:20:15	Huchen 105	2	1	4	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera4 hinter Schlitz erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:28:10	Fisch??	1	1	2	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Abstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	13:42:21	Fisch??	2	1	4	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:00:20	2 Fische??	1	1	2	zwei nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:08:40	Huchen 105	2	1	4	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:13:00	2 Huchen				Zwei Huchen, einer 67cm der andere 90cm, wurden um 14:15 im oberen Reusenbecken 1 gesichtet, temporäres Absperrgitter in Schlitz 18 eingesetzt!
Absperrgitter eingesetzt	16.12.2011	14:13:50					Absperrgitter im obersten Schlitz eingesetzt
Sichtung	16.12.2011	14:15:00	Fisch??	4	2	4	nicht identifizierter Fisch bei Aufstiegsversuch am blockierten Schlitz erfasst
FAH Dotationssperre / Fang	16.12.2011	14:25:00					Einlaufschütz geschlossen, um Fische zu keschern.
Sichtung	16.12.2011	14:39:00	Fisch??	1	1	2	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Einsetzen	16.12.2011	14:42:00	Huchen 67				Huchen 67cm wurde im untersten Becken zwischen Schlitz 1 und 2 eingesetzt
temporäre Fischsperre	16.12.2011	14:43:00					Das temporäre Absperrgitter am Schlitz 05 wurde entfernt
Sichtung	16.12.2011	14:44:05	Fisch??	2	1	4	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:44:28	Fisch??	2	1	4	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Abstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:47:00	2 Fische??	2	1	4	zwei nicht identifizierte Fische wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:48:40	2 Fische??	2	1	4	zwei nicht identifizierte Fische wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Abstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	14:52:25	Fisch??	2	1	4	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Einsetzen	16.12.2011	14:54:20	Huchen 90				Huchen 90cm wurde im untersten Becken zwischen Schlitz 1 und 2 eingesetzt
FAH Dotation	16.12.2011	14:51:50					Einlaufschütz wieder geöffnet
Sichtung	16.12.2011	15:01:09	Fisch??	3	2	2	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec2 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	15:07:00	Fisch??	3	2	2	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec2 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	16.12.2011	15:21:56	Fisch??	4	2	3&4	ein nicht identifizierter Fisch wurde auf Rec2 / Kamera3&4 beim Aufstieg erfasst
Zuschalten der IR-LED an Kamera schlechte Sicht	16.12.2011	15:24:39					Rec2 / Kamera4 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild schlechte Sichtverhältnisse, auf Video Rec1 kaum mehr etwas zu erkennen.
Zuschalten der IR-LED an Kamera	16.12.2011	ab 15:30					Rec2 / Kamera2 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Zuschalten der IR-LED an Kamera schlechte Sicht	16.12.2011	15:40:00					Rec2 / Kamera1 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
	16.12.2011	15:44:00					sehr schlechte Sichtverhältnisse; vgl. "Sichtverhältnisse-16.12.2011_16-00_Rec2.jpg"
	16.12.2011	16:00:00					
Stopp Videoaufzeichnung Recorder 2	16.12.2011	20:15:08					
Stopp Videoaufzeichnung Recorder 1	16.12.2011	20:11:30					
Sichtung	17.12.2011	10:05:00	Huchen 105				großer Huchen 105cm im oberen Reusenbecken bei Ankunft an der Anlage gesichtet
Huchen 105cm nicht erfasst; trotz Aufstieg	16/12/2011-17/12/2011	von ca. 16:00 -					in diesem Zeitfenster keine Huchensichtung, obwohl aufgestiegen (ganz oben, vor permanenter Fischsperre)
Absperrgitter im oberen Schlitz eingesetzt	17.12.2011	10:06:00					keine exakte Zeitangabe; Absperrgitter im obersten Schlitz eingesetzt
Start Videoaufzeichnung Recorder1	17.12.2011	10:57:00					
Kammerajustierung	17.12.2011	11:01:00					Kamera 4 am Recorder 2 musste nachjustiert werden
Start Videoaufzeichnung Recorder2	17.12.2011	11:13:33					
FAH Dotationssperre / Fang	17.12.2011	11:36:05					Einlaufschütz geschlossen, um Huchen 105 zu keschern.
Absinken Wasserspiegel	17.12.2011	11:36:05					Rec2 / Kamera3
Absinken Wasserspiegel	17.12.2011	11:36:47					Rec2 / Kamera1
Absinken Wasserspiegel	17.12.2011	11:37:06					Rec2 / Kamera4
Absinken Wasserspiegel	17.12.2011	11:37:29					Rec2 / Kamera2
Sichtung	17.12.2011	11:48:55	Huchen 90?	2	1	3&4	Huchen wahrscheinlich 95cm (event.67cm) wurde auf Rec1 / Kamera3&4 beim Abstieg erfasst
Einsetzen	17.12.2011	11:57:00	Huchen 105				großer Huchen ca. 105cm im untersten Becken zwischen Schlitz 1 und 2 eingesetzt
Absperrgitter am oberen Schlitz entfernt	17.12.2011	12:00:25					Rec2 / Kamera 3&4
FAH Dotation	17.12.2011	12:06:16					Einlaufschütz wieder geöffnet
Sichtung	17.12.2011	13:12:10	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm hinter Schlitz 2 auf Rec1 / Kamera1&2 erfasst
Sichtung	17.12.2011	13:14:40	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm bei mehrmaligen Aufstiegsversuch hinter Schlitz 2 auf Rec1 / Kamera1&2 erfasst
Sichtung	17.12.2011	13:18:00	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg erfasst

**Ad libitum-Protokoll - Videomonitoring Huchen - enature®-Fischpass  
Ager - Wehr Hart / Gemeinde Rüstorf - Schwanenstadt**

<b>3 Huchen als "Versuchsfische" aus der Gail (Arnoldstein/Kärnten)</b>
kleiner Huchen 67cm, 2330g
mittlerer Huchen 90cm, 5680g
großer Huchen 105cm, 9058g

Event	Datum	Zeit	Fisch	Station	Recorder	Kamera	Bemerkung
Kamerawechsel	17.12.2011	13:25-13:38					Kamera 4 am Recorder 1 beschlagen, Wasser ist ins Gehäuse eingedrungen. In der Zeit des Wechsels, temporäre Absperrung von Schlitz 6
Sichtung	17.12.2011	13:48:10	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	13:50:10	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	13:54:20	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg (Abdrift) erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:02:00	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:04:30	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:05:00	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstiegsversuch erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:19:00	Huchen 105	1	1	1&2	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:33:05	Huchen 105	2	1	4	Huchen 105cm wurde auf Rec1 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:34:36	Huchen 105	3	2	2	Huchen 105cm wurde auf Rec2 / Kamera2 vorm Schlitz/Becken 15 gesichtet
Sichtung	17.12.2011	14:35:21	Huchen 105	3	2	2	Huchen 105cm wurde auf Rec2 / Kamera2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	17.12.2011	14:41:55	Huchen 105	4	2	4	Huchen 105cm wurde auf Rec2 / Kamera4 beim Aufstieg erfasst
mobile Kamera in Schlitz 18	17.12.2011	15:15:26		4	2	3&4	mobile Kamera beim Absuchen im oberen Reusenbecken; Rec2 / Kamera 3&4
mobile Kamera in Schlitz 18	17.12.2011	15:18:26					mobile Kamera beim Absuchen im oberen Reusenbecken; Rec2 / Kamera 3&4
Fischpositionsbestimmung	17.12.2011	15:15-16:00					im Zeitraum von 15:15-16:00 wurde mittels mobiler Kamera das ober Reusenbecken, das unsterile Becken zwischen Schlitz1 und 2 und das Becken der 180°-Kehre zur Fischpositionsbestimmung durchsucht, es konnte nirgendwo ein Huchen entdeckt werden!
Zuschalten der IR-LED an Kamera	17.12.2011	15:43:57					Rec2 / Kamera2 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Zuschalten der IR-LED an Kamera	17.12.2011	15:47:40					Rec2 / Kamera4 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Zuschalten der IR-LED an Kamera	17.12.2011	15:49:40					Rec2 / Kamera1 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Messlatte zum Bildtest eingeschoben	17.12.2011	15:50:25					Rec2 / Kamera 1&2
sehr schlechte Sichtverhältnisse	17.12.2011	ab 16:00					ab ca 16.00 sehr schlechte Sichtverhältnisse; vgl "Sichtverhältnisse&mobKamera_17.12.2011_16:00_Rec2.jpg"
Temperaturmessung / Pegelmessung	17.12.2011	16:09:00					Temperatur in FAH 6,8°C, Leitfähigkeit 520µs, Abstichmaß Reusenbecken1 151cm
noch relativ schlechte Sicht, aber zusehends besser werdend	18.12.2011	07:30:00					Rec2 / alle Kameras
schlechte Sicht	18.12.2011	bis 7:45					schlechte Sichtverhältnisse, auf Video Rec1 kaum etwas zu erkennen
Sichtung	18.12.2011	07:55:55	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg (Abdrift) erfasst
Sichtung	18.12.2011	08:09:55	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg? erfasst
Sichtung	18.12.2011	08:33:40	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg (Abdrift)? erfasst
Sichtung	18.12.2011	08:50:00	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 bei mehrmaligen Aufstiegsversuchen erfasst
Kamerajustierung	18.12.2011	09:56-10:05					Kamera 3 Recorder1 neu fixiert, hat geflattert
mobile Kamera vor Schlitz 18 / Reusenbecken oben	18.12.2011	10:25:04					Rec2 / Kamera 3&4
Sichtung	18.12.2011	11:00:00	Huchen 67			mobil	kleiner Huchen im untersten Reusenbecken gesichtet, wurde mit mobiler Kamera videodokumentiert
Sichtung	18.12.2011	11:00-13:00					vom untersten Becken aufsteigend wurden die Becken bis zur 180°-Kehre mittels Kamera durchsucht. Es wurde kein weiterer Fisch entdeckt.
Sichtung	18.12.2011	12:15:20	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstiegsversuch erfasst
mobile Kamera vor Schlitz 18 / Reusenbecken oben	18.12.2011	12:56:05					Rec2 / Kamera 3&4
mobile Kamera vor Schlitz 18 / Reusenbecken oben	18.12.2011	13:03:23					Rec2 / Kamera 3&4
Sichtung	18.12.2011	13:18:30	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstiegsversuch? / Beutefang? erfasst
Abflussmessung / Vielpunktmessung	18.12.2011	13:50-14:23					Im Messprofil in der Mitte der 180°-Kehre wurde an 6 Lotrechten gemessen, über Messzeitraum gleichbleibendes Abstichmaß Reusenbecken1 mit 156cm wurde videodokumentiert; Temperatur in FAH 6,6°C, Leitfähigkeit 551µs, Abstichmaß Reusenbecken1 Beginn 155cm, Abstichmaß Reusenbecken1 Ende 154cm, Abstichmaß UW 16,5cm
Abflussmessung / Salzverdünnungsmethode	18.12.2011	14:38-14:52					
Sichtung	18.12.2011	15:06:00	Huchen 67				kleiner Huchen nach wie vor im untersten Reusenbecken, mobile Kamera
Zuschalten der IR-LED an Kamera	18.12.2011	15:48:20					Rec2 / Kamera4 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Zuschalten der IR-LED an Kamera	18.12.2011	15:50:26					Rec2 / Kamera2 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
Zuschalten der IR-LED an Kamera	18.12.2011	15:54:31					Rec2 / Kamera1 schaltet IR-LEDs ein, überbelichtetes Bild
schlechte Sicht	18.12.2011	ab 16:25					schlechte Sichtverhältnisse, auf Video Rec1 kaum mehr etwas zu erkennen.
sehr schlechte Sichtverhältnisse	18.12.2011	16:28:00					Stopp der Auswertung für 18.12.2011; Rec2
schlechte Sicht	19.12.2011	bis 07:40:00					Rec2 / alle Kameras
schlechte Sicht	19.12.2011	bis 7:45					schlechte Sichtverhältnisse, auf Video Rec1 kaum etwas zu erkennen
Sichtung	19.12.2011	07:59:00	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Aufstieg erfasst
Sichtung	19.12.2011	08:00:20	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 beim Abstieg (Abdrift) erfasst
Wegschalten der IR-LEDs an Kamera	19.12.2011	08:20:00					Rec2 / Kamera 2 (gut sichtbares Wegschalten sonst meist "schleichend")
Sichtung	19.12.2011	08:20:10-08:21:00	Huchen 67	1	1	1&2	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera1&2 nach mehrerh Anläufen beim Aufstieg erfasst
mobile Kamera in Schlitz 18	19.12.2011	10:09:50					Rec2 / Kamera 3&4; Zeitraum 10:09:50 - ca. 10:30
Abflussmessung / Salzverdünnungsmethode	19.12.2011	10:40-10:50					wurde videodokumentiert; Temperatur in FAH 6,3°C, Leitfähigkeit 580µs, Abstichmaß Reusenbecken1 Beginn 158cm, Abstichmaß Reusenbecken1 Ende 159cm, Abstichmaß UW 16,5cm
Sichtung	19.12.2011	11:21:00	Huchen 67			mobil	kleiner Huchen im Becken zwischen Schlitz 4 und 5 mit mobiler Kamera entdeckt, videodokumentiert
Sichtung	19.12.2011	12:06:45	Huchen 67	2	1	3&4	Huchen 67cm wurde auf Rec1 / Kamera3&4 beim Aufstieg erfasst
mobile Kamera in Schlitz 18	19.12.2011	12:19:50					Rec2 / Kamera 3&4
FAH Dotationssperre	19.12.2011	12:35:54					Einlaufschütz geschlossen um Fische zu keschern.
sinkender Wasserspiegel sichtbar	19.12.2011	12:35:54					Rec2 / Kamera 3
sinkender Wasserspiegel sichtbar	19.12.2011	12:37:01					Rec2 / Kamera 1
sinkender Wasserspiegel sichtbar	19.12.2011	12:37:14					Rec2 / Kamera 4
sinkender Wasserspiegel sichtbar	19.12.2011	12:37:42					Rec2 / Kamera 2
Wassertiefe = const.	19.12.2011	12:39:00					Rec2 / alle Kameras; konstanter minimal-Abfluss nach Dotationssperre
Abbau Maßstäbe für Schlitz 15	19.12.2011	13:16:15					Rec2 / Kamera 1&2
Abbau Maßstäbe für Schlitz 18	19.12.2011	13:17:50					Rec2 / Kamera 3&4
Stopp Videoaufzeichnung Recorder1 und 2	19.12.2011	13:25:00					
Elektrofischung	19.12.2011	15:30-16:30					Elektrofischung aller Becken der FAH, die betäubten Kleinfische (<60cm), vorwiegend Koppen, Schmerlen, Elritzen, wurden über den gesamten Pass verteilt auf ca. 50 Stk geschätzt. Größere Fische wurden nicht gesichtet.

Anhang 3: Berechnungstabellen der Wassertiefen, Wasserspiegeldifferenzen und Sohlsubstratstärken

Wasserspiegelaufnahme vom 19.04.2012, 14:50 - 15:13 Uhr  
 WSP-OW: 361,87 m.ü.A., WSP-UW: 359,19 m.ü.A.

Sohlpunktaufnahme vom 12.04.2012 und 22.03.2012

Multiskurenschulz:	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Abstandmaße von Gitterrost OK (cm):	26	39,5	21,5	42	22,5	42,5	24	45	29	48	30	49	31	48,5	31,5	48	28	47	29	48,5	30	49	34,5	44	29	43	24	39	21	33	17,5	28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
abs. Höhe Abstichpunkt (m.ü.A.)	361,97	361,82	361,67	361,52	361,37	361,21	361,06	360,91	360,76	360,60	360,45	360,30	360,15	360,00	359,85	359,70	359,55	359,40	359,25	359,10	358,95	358,80	358,65	358,50	358,35	358,20	358,05	357,90	357,75	357,60	357,45	357,30	357,15	357,00	356,85	356,70	356,55	356,40	356,25	356,10	355,95	355,80	355,65	355,50	355,35	355,20	355,05	354,90	354,75	354,60	354,45	354,30	354,15	354,00	353,85	353,70	353,55	353,40	353,25	353,10	352,95	352,80	352,65	352,50	352,35	352,20	352,05	351,90	351,75	351,60	351,45	351,30	351,15	351,00	350,85	350,70	350,55	350,40	350,25	350,10	350,00	349,90	349,80	349,70	349,60	349,50	349,40	349,30	349,20	349,10	349,00	348,90	348,80	348,70	348,60	348,50	348,40	348,30	348,20	348,10	348,00	347,90	347,80	347,70	347,60	347,50	347,40	347,30	347,20	347,10	347,00	346,90	346,80	346,70	346,60	346,50	346,40	346,30	346,20	346,10	346,00	345,90	345,80	345,70	345,60	345,50	345,40	345,30	345,20	345,10	345,00	344,90	344,80	344,70	344,60	344,50	344,40	344,30	344,20	344,10	344,00	343,90	343,80	343,70	343,60	343,50	343,40	343,30	343,20	343,10	343,00	342,90	342,80	342,70	342,60	342,50	342,40	342,30	342,20	342,10	342,00	341,90	341,80	341,70	341,60	341,50	341,40	341,30	341,20	341,10	341,00	340,90	340,80	340,70	340,60	340,50	340,40	340,30	340,20	340,10	340,00	339,90	339,80	339,70	339,60	339,50	339,40	339,30	339,20	339,10	339,00	338,90	338,80	338,70	338,60	338,50	338,40	338,30	338,20	338,10	338,00	337,90	337,80	337,70	337,60	337,50	337,40	337,30	337,20	337,10	337,00	336,90	336,80	336,70	336,60	336,50	336,40	336,30	336,20	336,10	336,00	335,90	335,80	335,70	335,60	335,50	335,40	335,30	335,20	335,10	335,00	334,90	334,80	334,70	334,60	334,50	334,40	334,30	334,20	334,10	334,00	333,90	333,80	333,70	333,60	333,50	333,40	333,30	333,20	333,10	333,00	332,90	332,80	332,70	332,60	332,50	332,40	332,30	332,20	332,10	332,00	331,90	331,80	331,70	331,60	331,50	331,40	331,30	331,20	331,10	331,00	330,90	330,80	330,70	330,60	330,50	330,40	330,30	330,20	330,10	330,00	329,90	329,80	329,70	329,60	329,50	329,40	329,30	329,20	329,10	329,00	328,90	328,80	328,70	328,60	328,50	328,40	328,30	328,20	328,10	328,00	327,90	327,80	327,70	327,60	327,50	327,40	327,30	327,20	327,10	327,00	326,90	326,80	326,70	326,60	326,50	326,40	326,30	326,20	326,10	326,00	325,90	325,80	325,70	325,60	325,50	325,40	325,30	325,20	325,10	325,00	324,90	324,80	324,70	324,60	324,50	324,40	324,30	324,20	324,10	324,00	323,90	323,80	323,70	323,60	323,50	323,40	323,30	323,20	323,10	323,00	322,90	322,80	322,70	322,60	322,50	322,40	322,30	322,20	322,10	322,00	321,90	321,80	321,70	321,60	321,50	321,40	321,30	321,20	321,10	321,00	320,90	320,80	320,70	320,60	320,50	320,40	320,30	320,20	320,10	320,00	319,90	319,80	319,70	319,60	319,50	319,40	319,30	319,20	319,10	319,00	318,90	318,80	318,70	318,60	318,50	318,40	318,30	318,20	318,10	318,00	317,90	317,80	317,70	317,60	317,50	317,40	317,30	317,20	317,10	317,00	316,90	316,80	316,70	316,60	316,50	316,40	316,30	316,20	316,10	316,00	315,90	315,80	315,70	315,60	315,50	315,40	315,30	315,20	315,10	315,00	314,90	314,80	314,70	314,60	314,50	314,40	314,30	314,20	314,10	314,00	313,90	313,80	313,70	313,60	313,50	313,40	313,30	313,20	313,10	313,00	312,90	312,80	312,70	312,60	312,50	312,40	312,30	312,20	312,10	312,00	311,90	311,80	311,70	311,60	311,50	311,40	311,30	311,20	311,10	311,00	310,90	310,80	310,70	310,60	310,50	310,40	310,30	310,20	310,10	310,00	309,90	309,80	309,70	309,60	309,50	309,40	309,30	309,20	309,10	309,00	308,90	308,80	308,70	308,60	308,50	308,40	308,30	308,20	308,10	308,00	307,90	307,80	307,70	307,60	307,50	307,40	307,30	307,20	307,10	307,00	306,90	306,80	306,70	306,60	306,50	306,40	306,30	306,20	306,10	306,00	305,90	305,80	305,70	305,60	305,50	305,40	305,30	305,20	305,10	305,00	304,90	304,80	304,70	304,60	304,50	304,40	304,30	304,20	304,10	304,00	303,90	303,80	303,70	303,60	303,50	303,40	303,30	303,20	303,10	303,00	302,90	302,80	302,70	302,60	302,50	302,40	302,30	302,20	302,10	302,00	301,90	301,80	301,70	301,60	301,50	301,40	301,30	301,20	301,10	301,00	300,90	300,80	300,70	300,60	300,50	300,40	300,30	300,20	300,10	300,00	299,90	299,80	299,70	299,60	299,50	299,40	299,30	299,20	299,10	299,00	298,90	298,80	298,70	298,60	298,50	298,40	298,30	298,20	298,10	298,00	297,90	297,80	297,70	297,60	297,50	297,40	297,30	297,20	297,10	297,00	296,90	296,80	296,70	296,60	296,50	296,40	296,30	296,20	296,10	296,00	295,90	295,80	295,70	295,60	295,50	295,40	295,30	295,20	295,10	295,00	294,90	294,80	294,70	294,60	294,50	294,40	294,30	294,20	294,10	294,00	293,90	293,80	293,70	293,60	293,50	293,40	293,30	293,20	293,10	293,00	292,90	292,80	292,70	292,60	292,50	292,40	292,30	292,20	292,10	292,00	291,90	291,80	291,70	291,60	291,50	291,40	291,30	291,20	291,10	291,00	290,90	290,80	290,70	290,60	290,50	290,40	290,30	290,20	290,10	290,00	289,90	289,80	289,70	289,60	289,50	289,40	289,30	289,20	289,10	289,00	288,90	288,80	288,70	288,60	288,50	288,40	288,30	288,20	288,10	288,00	287,90	287,80	287,70	287,60	287,50	287,40	287,30	287,20	287,10	287,00	286,90	286,80	286,70	286,60	286,50	286,40	286,30	286,20	286,10	286,00	285,90	285,80	285,70	285,60	285,50	285,40	285,30	285,20	285,10	285,00	284,90	284,80	284,70	284,60	284,50	284,40	284,30	284,20	284,10	284,00	283,90	283,80	283,70	283,60	283,50	283,40	283,30	283,20	283,10	283,00	282,90	282,80	282,70	282,60	282,50	282,40	282,30	282,20	282,10	282,00	281,90	281,80	281,70	281,60	281,50	281,40	281,30	281,20	281,10	281,00	280,90	280,80	280,70	280,60	280,50	280,40	280,30	280,20	280,10	280,00	279,90	279,80	279,70	279,60	279,50	279,40	279,30	279,20	279,10	279,00	278,90	278,80	278,70	278,60	278,50	278,40	278,30	278,20	278,10	278,00	277,90	277,80	277,70	277,60	277,50	277,40	277,30	277,20	277,10	277,00	276,90	276,80	276,70	276,60	276,50	276,40	276,30	276,20	276,10	276,00	275,90	275,80	275,70	275,60	275,50	275,40	275,30	275,20	275,10	275,00	274,90	274,80	274,70	274,60	274,50	274,40	274,30	274,20	274,10	274,00	273,90	273,80	273,70	273,60	273,50	273,40	273,30	273,20	273,10	273,00	272,90	272,80	272,70	272,60	272,50	272,40	272,30	272,20	272,10	272,00	271,90	271,80	271,70	271,60	271,50	271,40	271,30	271,20	271,10	271,00	270,90	270,80	270,70	270,60	270,50	270,40	270,30	270,20	270,10	270,00	269,90	269,80	269,70	269,60	269,50	269,40	269,30	269,20	269,10	269,00	268,90	268,80	268,70	268,60	268,50	268,40	268,30	268,20	268,10	268,00	267,90	267,80	267,70	267,60	267,50	267,40	267,30	267,20	267,10	267,00	266,90	266,80	266,70	266,60	266,50	266,40	266,30	266,20	266,10	266,00	265,90	265,80	265,70	265,60	265,50	265,40	265,30	265,20	265,10	265,00	264,90	264,80	264,70	264,60	264,50	264,40	264,30	264,20	264,10	264,00	263,90	263,80	263,70	263,60	263,50	263,40	263,30	263,20	263,10	263,00	262,90	262,80	262,70	262,60	262,50	262,40	262,30	262,20	262,10	262,00	261,90	261,80	261,70	261,60	261,50	261,40	261,30	261,20	261,10	261,00	260,90	260,80	260,70	260,60	260,50	260,40	260,30	260,20	260,10	260,00	259,90	259,80	259,70	259,60	259,50	259,40	259,30	259,20	259,10	259,00	258,90	258,80	258,70	258,60	258,50	258,40	258,30	258,20	258,10	258,00	257,90	257,80	257,70	257,60	257,50	257,40	257,30	257,20	257,10	257,00	256,90	256,80	256,70	256,60	256,50	256,40	256,30	2