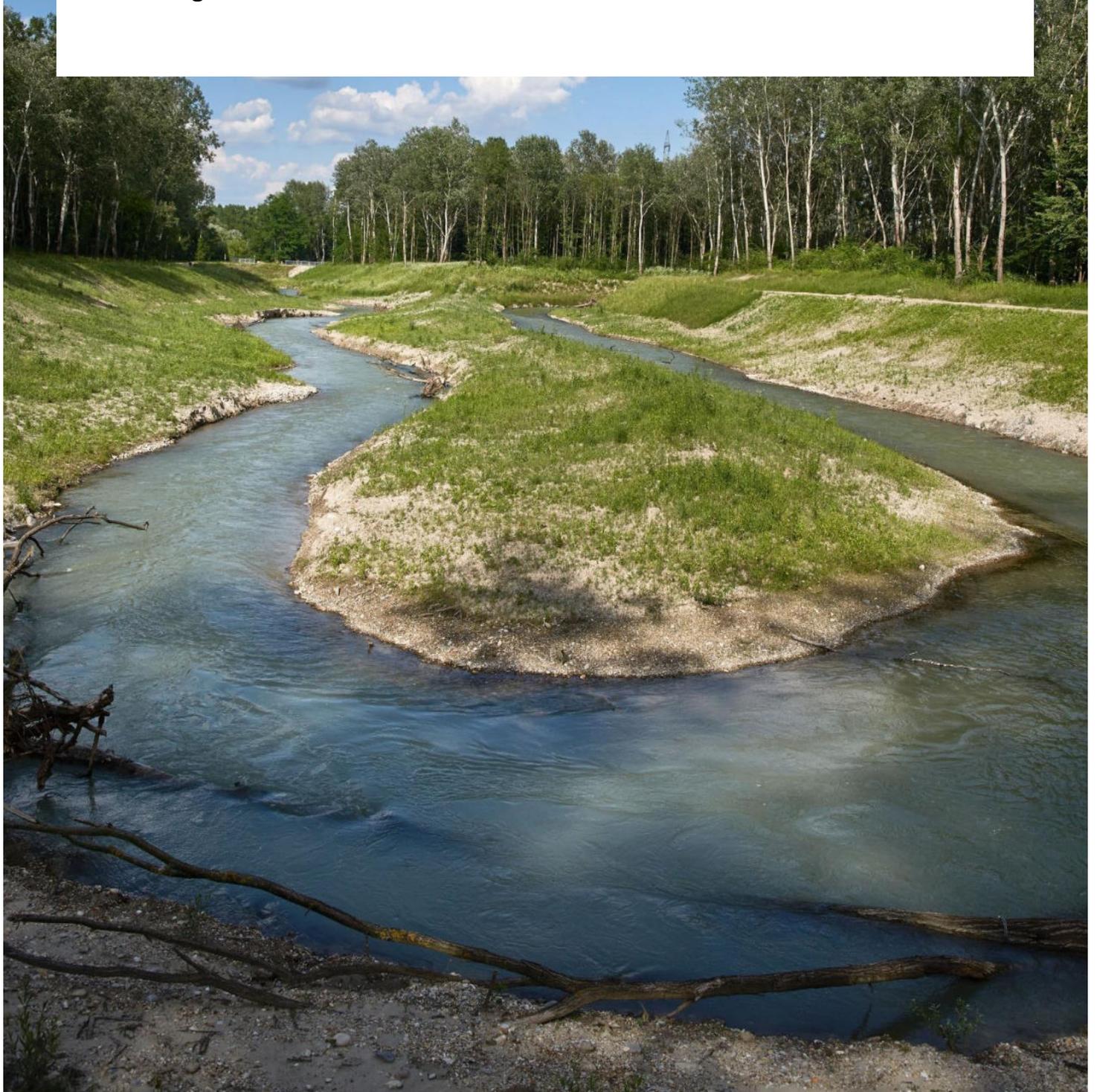


# Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2021

2. Auflage



## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Sektion I - Wasserwirtschaft

Abteilung I/2 - Nationale und internationale Wasserwirtschaft

Stubenring 1, 1010 Wien

E-Mail: [abt-12@bmlrt.gv.at](mailto:abt-12@bmlrt.gv.at)

Fotonachweis: Alexander Haiden/BMLRT (Titelbild: Umgehungsgerinne Kraftwerk Greifenstein), Bauaufsichtsbericht Kristeinerbach (Abb. 26), Degel 2006 (Abb. 15), die.wildbach (Abb. 64), Dumont et al. 2005 (Abb. 6), ezb (Abb. 17, 23, 25, 29, 40), Gebler 1991 (Abb. 13, 14), Gebler 2009 (Abb. 41), Ingenieurbüro Gracner (Abb. 55), Jäger (Abb. 7, 16, 21), Jäger und Zitek 2009 (Abb. 3, 31), Jäger et al. 2010 (Abb. 22), Lanthaler/TIWAG (Abb. 54), Lehmann (Abb. 16), Lunardon (Abb. 12, 19), Mader (Abb. 35), Mayrhofer (Abb. 62, 63), Mitterlehner (Abb. 36, 39), Monai (Abb. 8, 9, 10, 11, 57, 59), Mühlbauer (Abb. 48, 49), Salzburg AG (Abb. 20), Schletterer/TIWAG (Abb. 55), Seidl (Abb. 28, 50), Strasser (Abb. 38), Struska (Abb. 37), Ullmann 2008 (Abb. 26), Verbund (Abb. 6), VHP (Abb. 35), Zeiringer (Abb. 37)

Wien, 2020. Stand: 16. Juni 2021

### **Copyright und Haftung:**

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

## Inhalt

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Aufgabenstellung und Zielsetzung des Leitfadens.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Biologische Grundlagen .....</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1      | Ökologische Grundlagen der Fischwanderung .....   | 8         |
| 2.2      | Typen von Wanderungen.....  | 9         |
| 2.3      | Die Fischwanderung beeinflussende Faktoren.....   | 13        |
| 2.4      | Wanderzeiträume .....   | 13        |
| 2.5      | Schwimmleistung.....  | 15        |
| 2.6      | Orientierungsvermögen.....  | 17        |
| 2.7      | Schwimm- und Wanderverhalten.....   | 18        |
| 2.8      | Aufwärtswanderung der Fische, Schwimmverhalten im Bereich von Wehren und Auffindbarkeit von FAH-Einstiegen..... | 20        |
| <b>3</b> | <b>Grundlagen für die Planung funktionsfähiger Fischaufstiegshilfen .....</b>                                   | <b>22</b> |
| 3.1      | Generelle Anforderungen an funktionsfähige Fischaufstiegshilfen .....   | 22        |
| 3.2      | Funktionszeiten von Fischaufstiegshilfen im Jahresverlauf – Dotationsstaffelung....                             | 25        |
| 3.3      | Größenbestimmende Fischarten .....  | 27        |
| <b>4</b> | <b>Definition der notwendigen Bedingungen im Wanderkorridor .....</b>   | <b>33</b> |
| 4.1      | Anforderungen für die Auffindbarkeit von FAHs.....  | 33        |
| 4.1.1    | Anordnung des unterwasserseitigen FAH Einstieges.....   | 34        |
| 4.1.2    | Hydraulische Bedingungen am unterwasserseitigen FAH Einstieg.....   | 40        |
| 4.2      | Anforderungen für die Passierbarkeit von FAHs .....   | 52        |
| 4.2.1    | Allgemeine Anforderungen .....  | 52        |
| 4.2.2    | Beckendimensionen .....   | 53        |
| 4.2.3    | Beckenübergänge.....  | 55        |
| 4.2.4    | Hydraulische Grenzwerte .....   | 57        |
| 4.2.5    | Bedingungen für den FAH Ausstieg.....   | 66        |
| 4.2.6    | Schutz der FAH vor Geschiebe, Treibgut und Problemen im Winter.....   | 67        |
| 4.3      | Möglichkeiten zur Unterstützung der Flussabwärtswanderung .....   | 68        |
| <b>5</b> | <b>FAH-Typen und spezifische Gestaltungskriterien .....</b>   | <b>70</b> |
| 5.1      | Äquivalente FAH-Typen des DWA-Merkblattes.....  | 74        |
| 5.2      | Wahl des geeigneten FAH-Typs .....  | 75        |
| 5.3      | Gewässertypisches Umgehungsgerinne .....  | 78        |
| 5.3.1    | Generelle Gestaltung.....   | 78        |
| 5.3.2    | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit.....  | 81        |
| 5.3.3    | Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich .....   | 82        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.3.4  | Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser.....   | 84  |
| 5.3.5  | Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne .....            | 84  |
| 5.4    | Naturnaher Beckenpass.....                                       | 86  |
| 5.4.1  | Generelle Gestaltung.....  | 86  |
| 5.4.2  | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit..... | 90  |
| 5.4.3  | Mindestgröße naturnaher Beckenpässe .....                        | 94  |
| 5.4.4  | Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich .....          | 96  |
| 5.4.5  | Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser.....   | 97  |
| 5.5    | Schlitzpass („Verticalslot“).....                                | 98  |
| 5.5.1  | Generelle Gestaltung.....  | 98  |
| 5.5.2  | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit..... | 100 |
| 5.5.3  | Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich .....          | 103 |
| 5.5.4  | Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser.....   | 104 |
| 5.5.5  | Mindestgröße von Schlitzpässen.....                              | 104 |
| 5.5.6  | Multi-Struktur-Fischpass .....                                   | 106 |
| 5.6    | Fischaufstiegsschnecke (FAS).....                                | 113 |
| 5.6.1  | Generelle Gestaltung.....  | 113 |
| 5.6.2  | Monorohrschnecke .....   | 113 |
| 5.6.3  | Doppelrohrschnecke .....   | 114 |
| 5.6.4  | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit..... | 116 |
| 5.6.5  | Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen.....          | 120 |
| 5.7    | Aufgelöste Sohlrampe oder Teilsohlrampe .....                    | 121 |
| 5.7.1  | Generelle Gestaltung.....  | 122 |
| 5.7.2  | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit..... | 126 |
| 5.8    | Asymmetrische Rampe / Asymmetrisches Raugerinne.....             | 129 |
| 5.8.1  | Generelle Gestaltung.....  | 130 |
| 5.8.2  | Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit..... | 133 |
| 5.8.3  | Mindestgröße von ASR.....  | 135 |
| 5.8.4  | Asymmetrisches Raugerinne (Bypass) .....                         | 137 |
| 5.8.5  | Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen.....          | 139 |
| 5.9    | Modifizierter Denilpass.....                                     | 140 |
| 5.9.1  | Systemauslegung und Dimensionierung.....                         | 142 |
| 5.9.2  | Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen.....          | 143 |
| 5.10   | Fischlifte und Fisch(lift)schleusen .....                        | 144 |
| 5.10.1 | Fischlifte.....  | 144 |
| 5.10.2 | Fischliftschleuse.....   | 150 |
| 5.10.3 | Kombiniertes Fischliftsystem .....                               | 156 |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 5.10.4    | Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe .....  | 158        |
| <b>6</b>  | <b>Beispiele für Anpassungen an Sondersituationen .....</b>  | <b>161</b> |
| 6.1       | Beispiel 1: Ungünstiges Verhältnis zwischen leitfaden- konformem<br>Dotationserfordernis und Abflussgröße .....            | 161        |
| 6.2       | Beispiel 2: FAH an der Fischregionsgrenze .....  | 164        |
| 6.3       | Beispiel 3: FAH befindet sich an der Grenze zweier Abflussklassen.....   | 167        |
| 6.4       | Sonderfall: Größenbestimmende Fischart fehlt aktuell .....   | 169        |
| 6.4.1     | Größenbestimmende Fischart fehlt kurz- bis mittelfristig, langfristig ist ihr<br>Vorkommen aber nicht auszuschließen ..... | 169        |
| 6.4.2     | Größenbestimmende Fischart fehlt langfristig .....   | 169        |
| 6.5       | FAH an Grenze zu Fischlebensraum.....  | 170        |
| <b>7</b>  | <b>Checkliste für Planung und Dimensionierung von FAHs .....</b>   | <b>173</b> |
| <b>8</b>  | <b>Wartung und Betriebssicherheit .....</b>  | <b>175</b> |
| <b>9</b>  | <b>Überprüfung der Funktionsfähigkeit von FAHs .....</b>   | <b>176</b> |
| <b>10</b> | <b>Danksagung.....</b>   | <b>178</b> |
| <b>11</b> | <b>Literatur .....</b>   | <b>179</b> |
| <b>12</b> | <b>Glossar .....</b>   | <b>196</b> |
|           | <b>Anhang I: Bemessungsbeispiele.....</b>  | <b>201</b> |
|           | <b>Tabellenverzeichnis.....</b>  | <b>217</b> |
|           | <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>  | <b>220</b> |

# 1 Aufgabenstellung und Zielsetzung des Leitfadens

Fische führen Wanderungen in Gewässersystemen durch, um eine optimale Nutzung vorhandener Ressourcen in Bezug auf Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung, Schutz vor Feinden etc. zu erreichen. Durch die Vernetzung von Lebensräumen profitieren Fischpopulationen von der Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitate im Gewässersystem. Unterbrechungen dieser Wanderungen, d.h. die Fragmentierung des Fischlebensraums und die Isolation von Habitaten, haben für die Bestände der meisten Fischarten deutlich negative Auswirkungen, die langfristig zu einem Rückgang bis hin zum Verlust ganzer Fischpopulationen und zur Auslöschung bestimmter Fischarten führen können. Die Durchgängigkeit der Gewässer für Fische mit dem Ziel der Vernetzung von Lebensräumen stellt somit eine Voraussetzung für den Erhalt stabiler Fischpopulationen dar und ist für die Erreichung bzw. den Erhalt des guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potentials in Österreichs Fließgewässern von höchster Bedeutung. Sie stellt daher eine der zentralen Maßnahmen in den Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplänen 2009, 2015 und 2021 dar (BMLFUW 2010, BMLFUW 2017, BMLRT 2021a).

In Österreichs Fließgewässern gibt es eine Vielzahl an nicht fischpassierbaren Querbauwerken. Eine Möglichkeit zur Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit ist der Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). In der Vergangenheit wurden in unseren Gewässern bereits zahlreiche Fischaufstiegshilfen errichtet. Eine fachgerechte Bauweise und Wartung ist Voraussetzung für eine optimale Funktionsfähigkeit dieser Fischaufstiegshilfen.

Der vorliegende „Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen“ bietet Unterstützung bei der Planung von Fischaufstiegshilfen. In dem Leitfaden sind **Kriterien für die Planung und den Bau von Fischaufstiegshilfen** für Fließgewässer mit einem mittleren Abfluss von über  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  festgelegt. Die im Leitfaden vorgestellten Bemessungswerte zur Dimensionierung von FAHs orientieren sich an den Leitfischarten und typischen Begleitfischarten entsprechend den Fischleitbildern der Gewässertypen (Fischregionen) gemäß „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“ (BMNT 2019). Bei fachgerechter Planung ist bei Einhaltung der angeführten Werte von der Funktionsfähigkeit der FAH für einen Großteil der wanderwilligen Individuen und Altersstadien (ab 1+) aller Leitfischarten und typischen Begleitfischarten auszugehen.

**Der Leitfaden schließt individuelle Lösungen in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten nicht aus, sofern die grundsätzlichen Ziele und Anforderungen bzgl. Funktionsfähigkeit gem. Kapitel 3 beachtet werden.** Eine Erfüllung der Kriterien des Leitfadens soll in weiterer Folge sicherstellen, dass die flussaufwärts gerichtete Fischwanderung für die Erreichung des guten ökologischen Zustandes bzw. des guten ökologischen Potentials ausreichend wiederhergestellt wird. Der Leitfaden enthält wesentliche Planungs- bzw. Dimensionierungskriterien, ohne detaillierte technische Anleitungen zum Bau von FAHs zu ersetzen. Die Ausgestaltung der Anlagen für die flussabwärts gerichtete Fischwanderung bzw. als Lebensraum für Fische ist nicht Inhalt des Leitfadens und wird nur als Nebenaspekt gestreift.

Seit Herausgabe des ersten FAH-Leitfadens 2012 wurden zahlreiche FAHs entsprechend dessen Bemessungskriterien errichtet. Vorliegende Monitoringergebnisse belegen dabei durchwegs eine gute Funktionsfähigkeit. Die Bemessungswerte für die drei bisher im FAH-Leitfaden als hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit als erprobt und erwiesen ausgewiesenen FAH-Typen wurden daher im Zuge der Überarbeitung beibehalten. Seit 2012 wurden aber neue FAH-Typen entwickelt bzw. deren Funktionsfähigkeit für unterschiedliche Gewässertypen nachgewiesen (Multi-Struktur-Fischpass, asymmetrische Rampe, Fischeaufstiegsschnecke). Diese werden neu in den überarbeiteten Leitfaden aufgenommen. Für einige weitere neue Typen gibt es ebenfalls erste positive Monitoringergebnisse.

Bei der Anwendung des FAH-Leitfadens hat sich gezeigt, dass die verbalen Hinweise für den Umgang mit FAHs an der Grenze von Fischregionen bzw. Abflussklassen nicht ausreichen. Gleiches gilt, wenn aufgrund einer relativ großen größenbestimmenden Fischart große FAH-Dotationen im Vergleich zum Abfluss des Gewässers erforderlich wären. Im überarbeiteten Leitfaden werden nun konkrete Beispiele für die Möglichkeiten der Dimensionierung von FAHs bei diesen besonderen Rahmenbedingungen angeführt.

Der FAH-Leitfaden gibt lediglich Bemessungswerte für die Planung vor. Die Umsetzung und dabei auftretende Abweichungen von diesen Planungswerten sowie die Wartung und Funktionskontrolle von FAHs werden nicht im Detail behandelt. Zu diesen Themen finden sich Informationen im ÖWAV-Arbeitsbehelf 46, Praktische Umsetzung und Beispiele des Fischeaufstiegshilfen-Leitfadens, Teil 1: Vorschläge für zulässige Bautoleranzen bzw. zulässige Variation der technischen Parameter bei errichteten FAHs (2016) sowie im ÖWAV- Arbeitsbehelf 56, Wartung von Fischeaufstiegshilfen (2020).

# 2 Biologische Grundlagen

## 2.1 Ökologische Grundlagen der Fischwanderung

Fische haben sich im Laufe ihrer Evolution optimal an die sog. „Vierdimensionalität“ von Fließgewässern angepasst (longitudinale, laterale und vertikale Konnektivität, zeitliche Variabilität der Konnektivität) und führen daher in fast allen Altersstadien im Laufe ihres Lebens Wanderungen in Gewässersystemen durch (Ward 1989, Jungwirth et al. 2000, Wilsmeier et al. 2020). In ursprünglichen Flusssystemen finden Wanderungen sowohl flussauf- und flussabwärts, als auch zur Seite statt. Generelles Ziel dieser Wanderungen ist es, Ressourcen in Bezug auf Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung, Schutz vor Feinden usw. ideal zu nutzen (Northcote 1978). Unterbrechungen dieser Wanderungen haben dementsprechend für die Bestände der meisten Fischarten deutliche negative Auswirkungen (Zitek et al. 2007).

Durch die Vernetzung der Lebensräume profitieren die Fischbestände von den vorhandenen Habitaten längerer Gewässerabschnitte. Mit einem intakten Kontinuum können vorhandene und neu geschaffene Lebensräume daher ihre ökologische Wirkung vervielfachen. Durch die Vernetzung isolierter Populationen kann zudem die Stabilität der Teilpopulationen bei kritischen Ereignissen erhöht werden. Die Durchgängigkeit der Gewässer mit dem Ziel der Vernetzung vorhandener und neu geschaffener Lebensräume stellt daher eine Voraussetzung für die langfristige Erhaltung stabiler Fischpopulationen und damit einen wesentlichen Teil des guten ökologischen Zustands bzw. Potentials dar.

Innerhalb der meisten europäischen Großeinzugsgebiete (z. B. Donau, Elbe, Rhein) werden von einzelnen Fischarten im Zuge der Wanderungen auch Wechsel zwischen Süß- und Salzwasser-Lebensräumen durchgeführt. Eine allgemeine Charakterisierung nach McKeown (1984) beschreibt die vorherrschenden Wandermuster aller Fische bezüglich ihres Wechsels zwischen Meer- und Süßwasser wie folgt:

- diadrom: Oberbegriff für alle Wanderbewegungen, die zwischen Meer und Süßwasser wechseln:
  - anadrome Arten: diadrome Arten, die überwiegend im Meer leben und zu ihren Laichplätzen ins Süßwasser wandern

- katadrome Arten: diadrome Arten, die überwiegend im Süßwasser leben und zu ihren Laichplätzen ins Meer wandern
- amphidrome Arten: diadrome Arten, die während ihres Lebenszyklus regelmäßig vom Meer ins Süßwasser oder umgekehrt wandern, ohne dass diese Wanderungen mit Fortpflanzung verbunden sind
- potamodrom: Wanderungen, die sich auf das Süßwasser beschränken
- ozeanodrom: Wanderungen, die nur im Meer stattfinden

## 2.2 Typen von Wanderungen

Bekannte Arten der Wanderungen von Fischarten sind saisonale Wanderungen (Laichwanderung, Laich-Rückwanderung, Larvalausbreitung durch Drift, Wanderungen in Nahrungshabitate, Wanderungen in Winterhabitate), Wanderungen die durch Katastrophen ausgelöst werden (Verdriftung, Kompensationswanderungen nach Hochwasser, Schutzwanderungen bei Hochwasser oder anderen unvorteilhaften Umweltbedingungen) und tägliche Wanderungen (temperaturbedingt, nahrungsbedingt) sowie Wanderungen unbekannter Ursache, wie z.B. Flussaufwärtswanderung von v. a. juvenilen Fischen im Herbst, usw. (Lucas und Baras 2001). Je nach Altersstadium, gegebenen Umweltbedingungen bzw. Jahreszeit dominieren dabei unterschiedliche Wanderphänomene in den jeweiligen Fischregionen. Detaillierte Beschreibungen solcher Wandermuster finden sich in Lucas und Baras (2001) und Zitek et al. (2007).

Zusammenfassend kann man zwischen folgenden Wandertypen unterscheiden:

- Laichwanderungen in Reproduktionsareale (zumeist flussauf bzw. lateral),
- Nachlaichwanderungen (von den Laichplätzen zurück an den Ausgangsort oder auf Nahrungshabitate),
- Nahrungswanderungen (flussab, flussauf, lateral),
- Abdrift (flussab),
- Kompensationswanderungen, z. B. nach Hochwässern (zumeist flussauf),
- Überwinterungswanderungen (zumeist flussab, manchmal auch lateral),
- Bestandsdichtenausgleich (flussauf, flussab),
- Neu- und Wiederbesiedelungswanderungen (flussauf und flussab),
- Fluchtwanderungen/Ausweichwanderungen bei sich verschlechternden Umweltbedingungen (z. B. bei Trockenheit in tiefere Bereiche, bei

Temperaturerhöhung in heißen Sommern in Bereiche mit Grundwasserspeisung, zumeist flussab oder seitlich, manchmal auch flussauf),

- Wanderungen ungeklärter Motivation.

Des Weiteren lassen sich generell großräumige Wanderungen von Fischen („migrations“) von kürzeren (Wander)-Bewegungen („movements“) unterscheiden. Wanderungen („migrations“) sind dabei eine bestimmte Art von Bewegungsmuster, die in saisonaler Abhängigkeit regelmäßig stattfinden und von einem Großteil der Population durchgeführt werden. Wanderungen finden zwischen zwei oder mehreren Habitaten, von einem lokalen Gebiet zu einem anderen statt. Massenwanderungen heimischer Arten, wie Barbe, Nase, Aitel, aber auch Huchen, sind historisch vor allem für die Donau (Danner 1884, Scheuring 1949, Reinartz 1997), den Inn und die Drau (Margreiter 1935, Margreiter 1935), aber auch für andere europäische Fließgewässer, wie z. B. die Mosel (Rosengarten 1954) oder den Rhein (Hofer 1906, Lelek und Buhse 1992), bekannt.

Nach Waidbacher und Haidvogel (1998) und Schmutz et al. (2000) können alle in Österreich ursprünglichen vorkommenden Fischarten unter Einbeziehung der diadromen Langstreckenwanderer in folgende Wandertypen eingeteilt werden (Zitek et al. 2007):

- kurze Distanzen: lokale Wanderungen, weniger als 30 km in eine Richtung im Jahr
- mittlere Distanzen: Wanderungen zwischen 30 und 300 km in eine Richtung im Jahr
- lange Distanzen: Wanderungen über 300 km in eine Richtung im Jahr

Nach dieser Definition bestand die ursprüngliche Fischfauna Österreichs (siehe Tabelle 1) aus:

- Langstreckenwanderern, die heute alle in Österreich ausgestorben sind: Hausen, Sternhausen, Waxdick und Aal (regional ausgestorben, nur heimisch im Einzugsgebiet des Rheins und der Elbe, nicht aber im Donaueinzugsgebiet),
- 14 Mittelstreckenwanderern (davon derzeit nur zwei in keiner Gefährdungskategorie),
- 45 Kurzstreckenwanderern (davon derzeit 22 in keiner Gefährdungskategorie).

Es müssen somit in Österreich fast alle Lang- und Mittelstreckenwanderer und rund 50% der Kurzstreckenwanderer als durch menschliche Einflüsse deutlich negativ beeinflusst angesehen werden. Weitere Informationen zu dokumentierten Wanderdistanzen heimischer Fischarten finden sich in Zitek et al. (2007).

Tabelle 1 Wandertypen sowie Gefährdung der ursprünglichen Fischarten Österreichs

| Wissenschaftliche Bezeichnung      | Deutsche Bezeichnung | Wanderdistanz | Wandertyp  | Gefährdung Nach Wolfram und Mikschi (2007) |
|------------------------------------|----------------------|---------------|------------|--|
| <b>Petromyzontidae (Neunaugen)</b> |                      |               |            |  |
| <i>Eudontomyzon mariae</i>         | Ukrain. Bachneunauge | mittel        | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Lampetra planeri</i>            | Bachneunauge         | mittel        | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <b>Acipenseridae (Störe)</b>       |                      |               |            |  |
| <i>Acipenser gueldenstaedtii</i>   | Waxdick              | lang          | potamodrom | regional ausgestorben oder verschollen     |
| <i>Acipenser nudiventris</i>       | Glatttick            | mittel        | potamodrom | regional ausgestorben oder verschollen     |
| <i>Acipenser ruthenus</i>          | Sterlet              | mittel        | potamodrom | vom Aussterben bedroht                     |
| <i>Acipenser stellatus</i>         | Sternhausen          | lang          | anadrom    | regional ausgestorben oder verschollen     |
| <i>Huso huso</i>                   | Hausen               | lang          | anadrom    | regional ausgestorben oder verschollen     |
| <b>Anguillidae (Aale)</b>          |                      |               |            |  |
| <i>Anguilla anguilla</i>           | Aal                  | lang          | katadrom   | regional ausgestorben oder verschollen     |
| <b>Salmonidae (Lachse)</b>         |                      |               |            |  |
| <i>Hucho hucho</i>                 | Huchen               | mittel        | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Salmo trutta fario</i>          | Bachforelle          | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Salmo trutta lacustris</i>      | Seeforelle           | mittel        | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Salvelinus umbla</i>            | Seesaibling          |               |            | Vorwarnstufe                               |
| <b>Coregonidae (Renken)</b>        |                      |               |            |  |
| <i>Coregonus sp.</i>               | Renken               |               | potamodrom | regional unterschiedliche Gefährdung       |
| <b>Thymallidae (Äschen)</b>        |                      |               |            |  |
| <i>Thymallus thymallus</i>         | Äsche                | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <b>Esocidae (Hechte)</b>           |                      |               |            |  |
| <i>Esox lucius</i>                 | Hecht                | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <b>Umbridae (Hundsfische)</b>      |                      |               |            |  |
| <i>Umbra krameri</i>               | Hundsfisch           | kurz          | potamodrom | vom Aussterben bedroht                     |
| <b>Cyprinidae (Karpfenfische)</b>  |                      |               |            |  |
| <i>Abramis brama</i>               | Brachse              | mittel        | potamodrom |  |
| <i>Alburnoides bipunctatus</i>     | Schneider            | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Alburnus alburnus</i>           | Laube                | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Alburnus mento</i>              | Seelaube             | mittel        | potamodrom |  |
| <i>Aspius aspius</i>               | Schied               | mittel        | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Ballerus ballerus</i>           | Zope                 | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Ballerus sapa</i>               | Zobel                | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Barbus barbus</i>               | Barbe                | mittel        | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Barbus sp. (pentyi-Gr.)</i>     | Semling              | kurz          | potamodrom | vom Aussterben bedroht                     |
| <i>Blicca bjoerkna</i>             | Güster               | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Carassius carassius</i>         | Karausche            | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Carassius gibelio</i>           | Gibel                | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Chondrostoma nasus</i>          | Nase                 | mittel        | potamodrom | Vorwarnstufe                               |

| Wissenschaftliche Bezeichnung      | Deutsche Bezeichnung | Wanderdistanz | Wandertyp  | Gefährdung Nach Wolfram und Mikschi (2007) |
|------------------------------------|----------------------|---------------|------------|--|
| <i>Cyprinus carpio</i>             | Wildkarpfen          | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Gobio gobio</i>                 | Gründling            | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Leucaspis delineatus</i>        | Moderlieschen        | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Leuciscus idus</i>              | Nerfling             | mittel        | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Leuciscus leuciscus</i>         | Hasel                | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Telestes souffia</i>            | Strömer              | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Pelecus cultratus</i>           | Sichling             | mittel        | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Phoxinus phoxinus</i>           | Elritze              | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Rhodeus amarus</i>              | Bitterling           | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Romanogobio kesslerii</i>       | Kessler-Gründling    | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Romanogobio uranoscopus</i>     | Steingreßling        | kurz          | potamodrom | vom Aussterben bedroht                     |
| <i>Romanogobio vladykovi</i>       | Weißflossengründling | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Rutilus meidingeri</i>          | Perlfisch            | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Rutilus pigus</i>               | Frauennerfling       | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Rutilus rutilus</i>             | Rotaugen             | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Scardinius erythrophthalmus</i> | Rotfeder             | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Squalius cephalus</i>           | Aitel                | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Tinca tinca</i>                 | Schleie              | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Vimba vimba</i>                 | Rußnase              | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <b>Balitoridae (Bachschmerlen)</b> |                      |               |            |  |
| <i>Barbatula barbatula</i>         | Bachschmerle         | kurz          | potamodrom |  |
| <b>Cobitidae (Schmerlen)</b>       |                      |               |            |  |
| <i>Cobitis elongatoides</i>        | Steinbeißer          | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Misgurnus fossilis</i>          | Schlammpeitzger      | kurz          | potamodrom | vom Aussterben bedroht                     |
| <i>Sabanejewia balcanica</i>       | Goldsteinbeißer      | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <b>Siluridae (Welse)</b>           |                      |               |            |  |
| <i>Silurus glanis</i>              | Wels                 | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <b>Gadidae (echte Dorsche)</b>     |                      |               |            |  |
| <i>Lota lota</i>                   | Aalrutte             | mittel        | potamodrom | gefährdet                                  |
| <b>Percidae (echte Barsche)</b>    |                      |               |            |  |
| <i>Gymnocephalus baloni</i>        | Donaukaulbarsch      | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Gymnocephalus cernuus</i>       | Kaulbarsch           | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Gymnocephalus schraetser</i>    | Schrätzer            | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <i>Perca fluviatilis</i>           | Flussbarsch          | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Sander lucioperca</i>           | Zander               | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |
| <i>Sander wolgensis</i>            | Wolgazander          | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Zingel streber</i>              | Streber              | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <i>Zingel zingel</i>               | Zingel               | kurz          | potamodrom | gefährdet                                  |
| <b>Gobiidae (Grundeln)</b>         |                      |               |            |  |
| <i>Neogobius kessleri</i>          | Kesslergrundel       | kurz          | potamodrom |  |
| <i>Proterorhinus semilunaris</i>   | Marmorierte Grundel  | kurz          | potamodrom | stark gefährdet                            |
| <b>Cottidae (Koppen)</b>           |                      |               |            |  |
| <i>Cottus gobio</i>                | Koppe                | kurz          | potamodrom | Vorwarnstufe                               |

## 2.3 Die Fischwanderung beeinflussende Faktoren

Fischwanderungen werden grundsätzlich immer von mehreren, komplex zusammenwirkenden Parametern bestimmt. Dabei lassen sich innere und äußere Faktoren unterscheiden (Pavlov 1989, Colgan 1993, Lucas und Baras 2001). Als äußere Faktoren gelten abiotische Rahmenbedingungen (Licht, Abfluss, Wassertemperatur, Wasserqualität, Sauerstoffgehalt, Habitatverfügbarkeit sowie menschliche Einflüsse, wie z.B. Schifffahrt), Verdriftung, Räuberdruck und Futtermittelverfügbarkeit. Vereinfachend können als äußere Faktoren jene bezeichnet werden, die sich im Laufe des Jahres periodisch oder aperiodisch ändern. Wesentliche innere Faktoren sind die hormonelle Bereitschaft zur Fortpflanzung, das Nahrungsbedürfnis, Stress, sowie weitere endogene (genetische und ontogenetische) Determinierungen, wie z. B. Prägung an den Ort der Geburt als Basis für den sog. „Homing-Effekt“ (Lucas und Baras 2001). Die inneren Faktoren werden stark von äußeren Faktoren, wie z. B. jahreszeitlichem Temperaturverlauf, Abflussgegebenheiten, Habitatangebot oder menschlichen Einflüssen beeinflusst (Pavlov 1989, Albanese et al. 2004).

Wanderbewegungen finden in saisonalen, monatlichen oder täglichen Rhythmen statt und werden zumeist durch Licht, Temperatur- und Abflussverhältnisse beeinflusst (Northcote 1984, Jonsson 1991, Hvidsten et al. 1995, Lucas und Baras 2001). Vor allem in Abhängigkeit der sich saisonal ändernden abiotischen Rahmenbedingungen zeigen die meisten Fischarten deutlich ausgeprägte Wandermuster (Lucas et al. 1998). Saisonale und tägliche Rhythmen verschiedener Faktoren überlagern sich. Dies bedeutet, dass z.B. die flussaufwärtsgerichtete Laichwanderung der Barbe saisonal im Frühjahr vor allem in der Dämmerung stattfindet (Lucas und Batley 1996, Lucas et al. 2000, Ebel 2002, Mühlbauer und Traxler 2002). Eine detaillierte Beschreibung der Wirkung der einzelnen abiotischen Faktoren auf die Fischwanderung findet sich in Zitek et al. (2007).

## 2.4 Wanderzeiträume

**Flussaufwärtsgerichtete Fischwanderungen** finden, je nach Fischregion, in spezifischer saisonaler Intensität grundsätzlich das ganze Jahr über statt (Zitek et al. 2007). Die Hauptwanderzeiträume der meisten heimischen Fischarten erstrecken sich dabei von März bis November; von Dezember bis Jänner/Februar kann in den meisten Gewässern aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen zumeist mit deutlich geringerer Anzahl wandernder Fische gerechnet werden. Bachforellen wandern z. B. in alpinen Flüssen ab

den Sommermonaten zu den Laichplätzen, die Laichzeit liegt aber in den meisten Fällen zwischen Oktober und Dezember (Kottelat und Freyhof 2007). Dabei verschieben sich mit zunehmender Höhenlage des Gewässers die Laichzeiten vom November auf den Oktober, und in großen Höhen auf noch frühere Termine. Diesem Umstand wird beispielsweise auch durch entsprechende Schonzeiten der Bachforelle in den unterschiedlichen Bundesländern Österreichs Rechnung getragen. Von der Aalrutte ist bekannt, dass diese Laichwanderungen im Winter durchführt und sich ihre Laichzeit von November bis März erstreckt, wo sie bei Temperaturen unter 6°C ablaicht (Kottelat und Freyhof 2007).

### **Flussabwärtsgerichtete Wanderungen umfassen vor allem**

- die Ausbreitungsdrift von Fischlarven,
- die Verdriftung von Fischen aller Altersstadien bei Hochwässern,
- die Nachlaichwanderung und
- die Flussabwärtswanderung von adulten und juvenilen Fischen im Herbst/Winter um geeignete Winterhabitate aufzusuchen.

Wichtige Merkmale der flussabwärtsgerichteten Wanderung sind ebenfalls deren saisonale bzw. tägliche Periodizität bzw. die räumliche (horizontale und vertikale) Verteilung (Zitek et al. 2007). Die flussabgerichtete Nachlaichwanderung, also die Rückkehr der Laichfische an jene Standorte, von denen die Laichwanderung ihren Ausgang nahm, findet üblicherweise bei den meisten Arten relativ kurz nach der Laichzeit statt. In Salzburg wurden im zeitigen Frühjahr (März) vor der Schneeschmelze vermehrt juvenile Bachforellen in den Sandfängen von Ausleitungskraftwerken beobachtet, die offensichtlich nach dem Schlüpfen geeignete Habitate in flussab gelegenen Bereichen suchen. Weiters ist bekannt, dass es in den Herbst- bzw. Wintermonaten ab ca. 7°C Wassertemperatur zu intensiven flussabwärtsgerichteten Wanderungen von vor allem juvenilen Stadien kommt (Wiesner et al. 2004). Rund 60.000 Individuen aus 30 Arten mit einer mittleren Länge von 5 cm drifteten während 3 Monaten (November 2000-Jänner 2001) über ein Wehr am Marchfeldkanal bei Deutsch-Wagram, Niederösterreich. Dabei konnten deutliche artspezifische Unterschiede in Bezug zur gewählten Position der Flussabwärtswanderung festgestellt werden (Ufer vs. Flussmitte). Bereits im Jahr 1940 wird in der schweizerischen Fischereizeitung das Flussabwärtstreiben „riesiger Mengen“ von Fischen beschrieben, die im folgenden Sommer diese Strecke wieder „mühsam“ kompensieren müssen (Anonymus 1940).

## 2.5 Schwimmeistung

Die spezifischen Schwimmeleistungen der unterschiedlichen Fischarten, die primär von Körperform, Größe, Muskulatur und der Wassertemperatur abhängen (Jens et al. 1997), müssen ebenfalls bei der Planung von FAHs Berücksichtigung finden. Die Schwimmgeschwindigkeit von Fischen wird oftmals in Körperlängen pro Sekunde [KL/s] angegeben (DVWK 1996, Jens et al. 1997, DWA M509 2014).

Hinsichtlich der Dauer der möglichen Aufrechterhaltung können folgende Schwimmgeschwindigkeiten unterschieden werden (nach Jens et al. 1997, ergänzt nach Clough und Turnpenny 2001, siehe auch Abbildung 1):

- Dauerschwimmgeschwindigkeit („sustained swimming speed“): Diejenige Geschwindigkeit, die der normalen Fortbewegung im Gewässer dient und die lange Zeit (> 200 min) ohne Ermüdung der Muskulatur aufrechterhalten werden kann. Unter diese Kategorie fallen auch die Wandergeschwindigkeiten diadromer Fischarten.
- Gesteigerte Schwimmgeschwindigkeit („prolonged swimming speed“): Diese Geschwindigkeit kann nur für kürzere Zeit aufrechterhalten werden (20 s bis 200 min) und führt zu einer Ermüdung der Muskulatur.
- Sprintgeschwindigkeit („burst swimming speed“) ist die Geschwindigkeit, die ein Fisch unter Inanspruchnahme des anaeroben Stoffwechsels der Muskulatur nur für sehr kurze Zeit ( $\leq 20$  s) aufrechterhalten kann. Auf die Höchstleistung erfolgt unmittelbar ein „Erholungs“- oder „Erschöpfungsschwimmen“.
- Die kritische Sprintgeschwindigkeit („critical burst swimming speed“) ist nach Clough und Turnpenny (2001) jene (anhand von Versuchen ermittelte) Geschwindigkeit, bei der ein Abtreiben nach 20 Sekunden erfolgt. Diese ist auch jene Sprintgeschwindigkeit die in neueren Ansätzen zur ökohydraulischen Planung herangezogen wird (Clough et al. 2001, Clough und Turnpenny 2001, Turnpenny et al. 2001, Clough et al. 2004, Watkins 2007), wobei die entsprechenden Schwimmeleistungen je Fischart, Fischgröße und Wassertemperatur mittels einer Software berechnet werden können (Jacobsaquatic 2006).
- Die maximale Sprintgeschwindigkeit ist jene, die der Fisch theoretisch maximal erreichen kann.

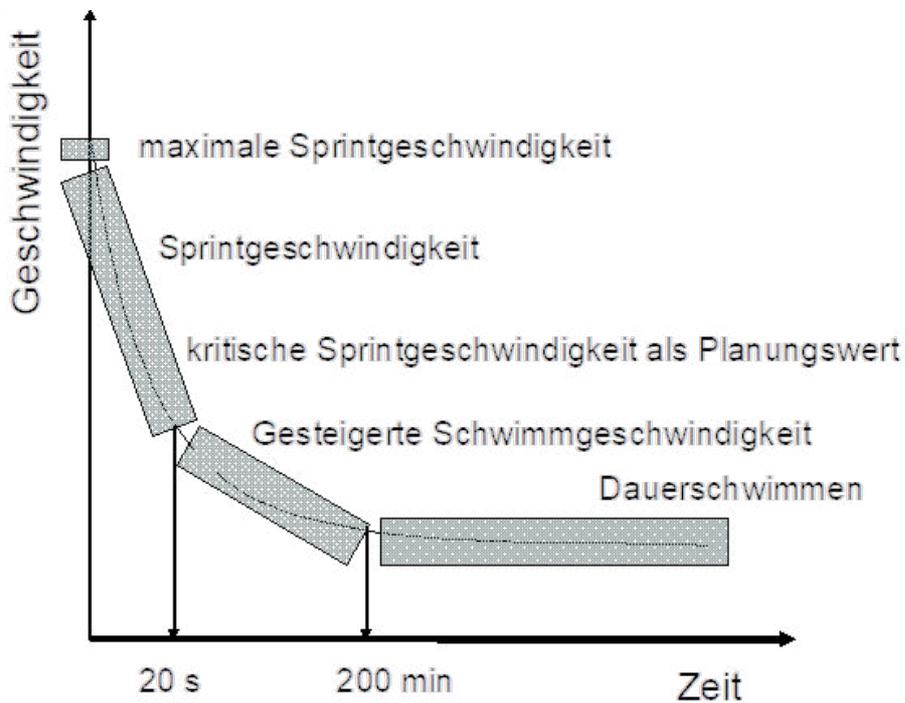
Für die Konstruktion von Fischaufstiegshilfen sind insbesondere die Sprintgeschwindigkeit bzw. die kritische Sprintgeschwindigkeit von Bedeutung. Dabei müssen die maximalen und mittleren Fließgeschwindigkeiten im Wanderkorridor von FAHs den Schwimmleistungen der gewässertypspezifischen Fischzönosen angepasst werden. Wird die Sprintausdauer in längeren Bereichen mit zu hoher Fließgeschwindigkeit ohne Einstandsmöglichkeit überfordert, können die Fische diesen Bereich nicht überwinden und treiben zurück. Sie benötigen dann lange Ruhepausen, bevor sie einen neuen Versuch starten können. Die kritischen Sprintgeschwindigkeiten für unterschiedliche Fischarten, Größenklassen und Wassertemperaturen bilden daher die Grundlage für die Bemessung von FAHs.

Für Salmoniden gilt eine kritische Sprintgeschwindigkeit von rund 10 KL/s (Körperlängen pro Sekunde), die kritische Sprintgeschwindigkeit für Cypriniden wie Rotaugen (15-30 cm Körperlänge) und Brachse (20-50 cm Körperlänge) dürfte bei rund 4-5 KL/s liegen (Jens et al. 1997). Maximale Schwimmggeschwindigkeiten für die Bachforelle liegen bei 2-3 m/s, für typische Bewohner des Potamals wie unterschiedliche Cypriniden bzw. den Flussbarsch bei 0,7-1,5 m/s (Jens 1982, Jens et al. 1997).

Die schlechtesten Schwimmer sind jeweils die Jungfische der gewässertypspezifischen Arten sowie Kopen, Schmerlen, Gründlinge und andere Kleinfischarten.

Generell sollten daher die in FAHs maximal auftretenden Fließgeschwindigkeiten im Potamal bei 1-1,5 m/s und im Rhithral bei 1,5-2 m/s liegen (Jungwirth und Pelikan 1989, Gebler 1991, Steiner 1992, Dumont et al. 2005). Dabei kommt einer im Wanderkorridor durchgehenden, rauen Sohle und gut strukturierten Uferbereichen wesentliche Bedeutung für die Passierbarkeit vor allem für schwimmschwache oder bodenorientierte Arten/Stadien zu, da hier die sohnahen Fließgeschwindigkeiten deutlich unter den zuvor angeführten Werten liegen. Im Optimalfall liegen die sohnahen Fließgeschwindigkeiten bei 0,5-0,7 m/s, jedenfalls aber unter 1,0 m/s.

Abbildung 1 Der Zusammenhang zwischen Schwimmgeschwindigkeit und Dauer der Aufrechterhaltung



Grafik: verändert nach Pavlov 1989

## 2.6 Orientierungsvermögen

Nahezu alle Fischarten haben sich im Lauf der Evolution speziell an die Strömungsbedingungen des Wohngewässers angepasst. Insbesondere eine positive Reaktion auf Strömung ist für viele Fischarten belegt (Lucas und Baras 2001). Deshalb gilt beim Bau von Fischaufstiegshilfen vor allem der Strömung als wichtigster Orientierungshilfe besonderes Augenmerk, obwohl andere Einflüsse (Sauerstoff, Geräusche, Temperatur, Wasserqualität, usw.) ebenfalls von Bedeutung sein können.

Grundlegende Erkenntnisse zum Themenkreis der Orientierung von Fischen in Bezug auf die Strömung sind in Jens et al. (1997) dargelegt:

- Fische nehmen nur die unmittelbar an ihrem Körper auftreffende Strömung wahr; schwimmen sie in starker Strömung, kann eine seitliche, daran auftreffende schwächere Strömung nicht wahrgenommen werden.

- Übersteigt die Fließgeschwindigkeit im Stromstrich das Schwimmvermögen eines Fisches, dann wandert er in der von ihm bewältigbaren Strömungslinie flussauf (bei längeren Wanderungen zumeist der Dauerschwimmgeschwindigkeit entsprechend).
- Hochturbulente Strömungsverhältnisse erschweren die Durchwanderbarkeit von Flussabschnitten.

Eine präzise Orientierung der adulten Stadien der meisten Fischarten gegen die Strömung ist lt. Pavlov (1989) erst ab einer Strömungsgeschwindigkeit von ungefähr 0,2 m/s, bei adulten anadromen Salmoniden ab 0,3 m/s, gegeben. Derselbe Autor bezeichnet diese minimale Strömungsgeschwindigkeit, welche eine eindeutige Orientierungsreaktion gegen die Strömung hervorruft, als sog. „Grenzgeschwindigkeit“. Eine gute Kenntnis des Wanderkorridors der einwandernden Fische ist als wichtige Grundvoraussetzung für die Planung von FAHs, speziell bezüglich Lage des FAH Einstieges und Ausprägung des Leitstromimpulses, anzusehen.

## 2.7 Schwimm- und Wanderverhalten

Fast alle in Österreich heimischen Fischarten versuchen grundsätzlich Wanderhindernisse im Wasserpolster zu durchschwimmen und sind somit auf den Aufstieg über ausreichend tiefe Wasserpolster bei Überfällen oder Schnellen, Schlitzen oder Schlupflöchern angewiesen. Es ist bekannt, dass bereits geringe Absturzhöhen ohne durchgehenden Wasserpolster die Fischwanderung deutlich beeinträchtigen können. Weiters haben durch zu hohe Fließgeschwindigkeiten lediglich teilpassierbare Bauwerke häufig eine Selektion in Richtung schwimmstarker Arten zur Folge (Winter und Van Densen 2001), bzw. ist auch von längeren Furtbereichen bekannt, dass diese die Fischwanderungen deutlich einschränken können (Schaefer 2001).

Zu hohe Fließgeschwindigkeiten, zu geringe Wassertiefen, abgelöste Wasserstrahlen sowie zu gering dimensionierte Schlitze wirken dementsprechend einer Fischpassierbarkeit entgegen. Insbesondere der Ausformung von Beckenübergängen kommt daher in der technischen Planung von FAHs große Bedeutung zu. Zusammenfassend kann das Schwimmverhalten einiger typischer in Österreich vorkommender Fischarten wie folgt beispielhaft charakterisiert werden (nach Jäger und Zitek 2009):

- **Koppen** schwimmen am Gewässerboden von Strömungsschatten zu Strömungsschatten von größeren Steinen.
  - Senkrechte Abfälle von geringer Höhe stellen für diese Fische bereits ein unüberwindbares Hindernis dar. So beschreiben Bohl und Vordermeier (1999) bzw. Vordermeier und Bohl (2000), dass für die Koppe schon glatte Abstürze von 5 cm erschwert passierbar sind und höhere Abstürze kaum überwunden werden können. Ähnliches wird von Bless (1981) berichtet.
  - Die genannten Autoren belegen eindeutig, dass generell Abstürze ab 5 cm Höhe eine Wanderbarriere für Kleinfischarten darstellen.
  - Bohl und Vordermeier (1999) beschreiben die Passierbarkeit eines Querbauwerkes für **Koppen** in Abhängigkeit der Mächtigkeit eines Wasserkörpers über einer untergetauchten Schwelle (ohne Überfall): bei 2,5 cm Wassertiefe kommt es zu einer erfolgreichen Passage von nur 32,6% der Koppen, bei 20 cm Wassertiefe von 96,3%.
  - Glatte Sohlen sind schon bei relativ kurzer Länge für Koppen ein unpassierbares Hindernis (Jansen et al. 1999).
- **Äschen und die Fische der Barbenregion** überwinden Hindernisse schwimmend im anliegenden Wasserpolster, welcher entsprechend tief sein muss, um eine berührungsfreie Passage zu ermöglichen.
- Für **Barben und Nasen** sind die überwindbaren Absturzhöhen sehr gering. Abstürze von maximal 30 cm konnten von Barben lediglich bei entsprechender Wasserführung noch überwunden werden; Hechte waren in der Lage Überfälle von rund 20 cm Höhe zu passieren (Ovidio und Philippart 2002).

Von den heimischen Fischarten kann lediglich die **Bachforelle** (und hier vor allem adulte Stadien) springend Querbauwerke (bis zu einer Höhe von 1,1 m) überwinden (Ovidio und Philippart 2002). Die Möglichkeit für die Bachforelle, Querbauwerke springend zu überwinden wird jedoch u. a. von der Größe und Ausprägung des sich flussab befindlichen Kolkes beeinflusst. Die Sprunghöhe von Forellen mit ca. 20 cm Länge beträgt ca. 75 cm; es treten jedoch bereits bei rund 45 cm hohen Abstürzen Schwierigkeiten auf, wenn die Kolktiefe flussab unzureichend ist (weniger als mind. 2x die Fischlänge; Ovidio und Philippart 2002) oder die Deckwalze zu lang ist. Forellen springen zudem nur dann, wenn keine andere Möglichkeit vorhanden ist und nehmen vorzugsweise ebenfalls anliegende Wasserpolster zum Aufstieg an, allenfalls auch einen freien Wasserstrahl, wenn dieser mächtig genug ist und sie nicht nach unten „durchfallen“ (Stuart 1962).

Fische können bei Abfällen nicht im turbulenten, mit Luftblasen gefüllten, „weißen“ Wasser des Absturzes abspringen, sondern sie nützen das langsam am hinteren Rand der Deckwalze des Absturzes abströmende „blaue“ Wasser zum Aufbau der Absprunggeschwindigkeit (Stuart 1962). Ist die Deckwalze zu flach und lang, erreichen sie beim Sprung nicht den eigentlichen Absturz und fallen in das abstürzende Wasser. Hindernisse, die nur springend überwunden werden können, sind daher als nicht fischpassierbar einzustufen.

In Bezug auf das Wanderverhalten einiger typischer in Österreich vorkommender Fischarten sind folgende Erkenntnisse hervorzuheben:

- **Schwarmfischarten wie Nase und Barbe** wandern in großen Gruppen. Dabei suchen oftmals die Männchen zuerst den Laichplatz auf und entscheiden so indirekt über die Weiterwanderung der Weibchen; ähnliches gilt auch für den Huchen.
- Auch hinsichtlich der Dimension eines Gewässers, das im Zuge der Laichwanderung aufgesucht wird, scheinen Unterschiede zwischen den Arten zu bestehen. So ist z.B. für Salmoniden eine deutliche Präferenz für rasch fließende Zubringer belegt. Äschen wandern vor allem entlang des Hauptflusses, um zu laichen und meiden kleinere, sehr rasch fließende Zubringer (Parkinson et al. 1999). Auch der Zander scheint zu klein ausgeformte Zubringer bzw. FAHs eher zu meiden (Schmutz et al. 1998).
- Von **rheophilen Arten wie Nase, Barbe und Huchen** ist belegt, dass diese sich im Zuge ihrer Wanderung zur Laichzeit eindeutig an der Hauptströmung bzw. großräumigen Leitströmung orientieren und direkt vor das Wehr in den Bereich der maximalen Leitströmung wandern (Kaufmann und Zitek 2006, Zitek et al. 2008). **Bachforellen, Aitel, Aalrutten und juvenile Äschen** scheinen sich im Zuge ihrer Wanderung am Ufer zu orientieren und zeigen daher, ebenso wie viele indifferente und stagnophile Arten, eher ein „zubringerorientiertes“ Wanderverhalten (Ecker 2000, Zitek et al. 2008).

## 2.8 Aufwärtswanderung der Fische, Schwimmverhalten im Bereich von Wehren und Auffindbarkeit von FAH-Einstiegen

Jens (1982) beschreibt die Aufwärtswanderung der Fische entlang des Stromstriches, wonach sich die Fische eher im Bereich des Prallufers flussauf bewegen und grundsätzlich der größeren Wassermasse folgen. Die Fische sammeln sich im Bereich des

Turbinenunterwassers. Fries und Tesch (1965) geben an, dass die Aufwärtswanderung der Fische in bzw. am Rand der Hauptströmung (Stromstrich) stattfindet und an toten Winkeln vorbeigeht. Wenn es die Strömung erlaubt, dringen die Fische bis direkt zum Wasserabsturz oder Triebwasserauslauf vor.

Clay (1995) beschreibt, dass die Fische bis zur Deckwalze im Tosbecken der Wehranlage oder Sohlstufe wandern und hier von der Turbulenz oder der hohen Wassergeschwindigkeit am Weiterziehen gehindert werden. Sie stehen am Hindernis an und suchen seitlich der Deckwalze oder am Ende der Deckwalze im Bereich der Strömungsumkehr von der Turbulenz zum gleichförmigen Abströmen nach Möglichkeiten für einen weiteren Aufstieg.

Adam und Schwevers (1998) bzw. Adam und Lehmann (2011) haben bei Verhaltensbeobachtungen von Fischen folgende Erkenntnisse zur Auffindbarkeit von FAHs durch Leitströmungen gewonnen:

- Parallel zur Unterwasserströmung austretende Leitströmungen werden von den Fischen am besten aufgefunden. Die Fische können bereits weit vor der Einstiegsöffnung die geradlinig austretende Leitströmung wahrnehmen und in den Fischpass einschwimmen.
- Der Neigungswinkel von  $45^\circ$  für die Einmündung einer FAH in das Unterwasser bewirkte ein deutlich schlechteres Auffinden des Fischpasseinstieges.
- Mündet der Fischpass mit einem rechten Winkel in das Unterwasser, so wird der Fischeaufstieg nur von wenigen Fischen angenommen, da sie die Leitströmung nur in unmittelbarer Nähe wahrnehmen können.
- Die Versuchsserie zeigte weiters, dass die Bedeutung des Einmündungswinkels der Fischeaufstiegsanlage in das Unterwasser umso größer wird, je geringer die Fischeaufstiegsanlage dotiert wird. Bei einem Dotationsverhältnis von 1:8 werden Einströmwinkel von  $0$  und  $45^\circ$  noch sehr gut angenommen, während die schlechtere Auffindbarkeit einer im rechten Winkel ins Unterwasser einmündenden Fischeaufstiegsanlage auch durch eine starke Erhöhung des Abflusses im Fischweg nur geringfügig verbessert werden kann.
- Für die Auffindbarkeit des Einstieges in eine FAH, vor allem für strömungsliebende Fischarten, ist entscheidend, dass die Leitströmung aus der FAH an den Wanderkorridor der aufsteigenden Fische anschließt bzw. zumindest in dessen Nahbereich gelangt und jedenfalls nicht in einer Totwasserzone endet.

# 3 Grundlagen für die Planung funktionsfähiger Fischeaufstiegshilfen

## 3.1 Generelle Anforderungen an funktionsfähige Fischeaufstiegshilfen

Generell sind FAHs bauliche Einrichtungen, die dem vorhandenen Fischbestand und/oder anderen aquatischen Lebewesen (Benthosorganismen) die Überwindung eines künstlich geschaffenen Hindernisses in Richtung flussauf ermöglichen (Jungwirth und Pelikan 1989).

Als Beitrag zur Gewährleistung eines guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potentials soll eine funktionsfähige (= funktionstüchtige, im Sinne des § 12a WRG 1959) FAH jedenfalls eine **Fischpassage für einen Großteil der wanderwilligen Individuen und Altersstadien (ab 1+) aller Leitfischarten und typischen Begleitfischarten** entsprechend der aktuellen gewässertypspezifischen Leitbilder nach dem „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“ (BMNT 2019) sicherstellen.

Dabei ergeben sich die beiden Hauptfunktionskriterien einer FAH

„Auffindbarkeit“ und „Passierbarkeit“

Um das (aufwärtsgerichtete) Kontinuum für die gewässertypspezifische Fischfauna in ausreichendem Maß wiederherzustellen und langfristig zu gewährleisten, muss den Fischen ein adäquater, auffindbarer und durchwanderbarer Wanderkorridor um das Querbauwerk geboten werden, der eine möglichst verzögerungs- und verletzungsfreie flussaufgerichtete Passage ermöglicht.

Dieser sog. „Wanderkorridor“ kann als der virtuelle Weg des Fisches durch eine FAH bei unterschiedlichen Wasserführungen betrachtet werden (Abbildung 2). Er stellt den

hydraulischen Raum um den Fisch dar, der über die gesamte Länge der FAH vorhanden sein muss, um dem Fisch die Auffindbarkeit und Passage zu ermöglichen. Dieser kann sich, z. B. bei Rampenbauwerken, in seiner Lage in Abhängigkeit des Abflusses ändern, muss dabei jedoch grundsätzlich erhalten bleiben. Um einen geeigneten Wanderkorridor langfristig und dauerhaft sicherzustellen, müssen erfahrungsgemäß bestimmte Bemessungswerte und eine richtige Kombination der einzelnen Bemessungswerte eingehalten werden. Diese Bemessungswerte orientieren sich dabei grundsätzlich an den Ansprüchen der gewässertypspezifischen Fischfauna. Die Wahl und Dimensionierung der Parameter gewährleistet, dass

1. die FAH von einem Großteil der wanderwilligen Individuen aller Leitfischarten bzw. der typischen Begleitfischarten (Haunschmid et al. 2006) aufgefunden werden kann,
2. diese in die FAH einwandern und
3. erfolgreich und verletzungsfrei durchwandern können sowie
4. am Ausstieg die Weiterwanderung in Richtung flussauf fortsetzen können.

Abbildung 2 „Virtueller“ hydraulischer Raum um den Fisch, der über die gesamte Anlage vorhanden sein muss, um die Passage des Fisches zu ermöglichen



Grafik: AG-FAH (2011)

Aus den Erfahrungen mit bestehenden FAHs sowie aus der Literatur (Jens 1982, Bell 1990, Gebler 1991, Jäger 1994, Clay 1995, Jungwirth et al. 1996, Jäger 2002, Larinier et al. 2002, Dumont et al. 2005, Jäger 2007, Jäger 2007, DWA 2009, Jäger et al. 2010) lassen sich die wichtigsten Parameter, die für den Bau und Betrieb von Anlagen, bei denen die Funktion

mit hoher Sicherheit gewährleistet ist, wesentliche Relevanz haben, wie folgt zusammenfassen:

- Sicherstellung Auffindbarkeit

- optimale Lage des FAH Einstieges in Bezug zum Querbauwerk bzw. zur großräumigen Leitströmung
- ausreichender Abfluss in Bezug zur Flussgröße (Leitstromdotation)
- ausreichende Fließgeschwindigkeit des aus der FAH austretenden Leitstromes
- Sohlanschluss

- Gewährleistung Durchwanderbarkeit

- FAH Dimension
  - ausreichende Beckendimension
  - Länge
  - Breite
  - Wassertiefe
  - Turbulenz
- geeignete Ausformung der Beckenübergänge
  - ausreichende Wassertiefe
  - Rauigkeit und Sohlanschluss
  - Einhaltung der zulässigen Höhendifferenz zwischen den Becken
  - Einhaltung der zulässigen maximalen Fließgeschwindigkeit
  - Ausreichende Schlitzweite
- Ausprägung der rauen Sohle
- Einhaltung des zulässigen Gefälles

- Passierbarkeit des FAH Ausstieges

- Berücksichtigung schwankender Ober- und Unterwasserstände
- geeignete Lage
- Sohlanschluss
- Schutz des FAH Einstieges und des FAH Ausstieges vor Geschiebe- und Geschwemmseintrag

- Ausreichende Funktionsdauer einer FAH im Jahresverlauf
  - Gewährleistung der Betriebssicherheit
- Wartung und Instandhaltung gem. ÖWAV-AB 56
  - Einhaltung der wasserbaulichen Anforderungen
- Geeignete Störfallvorsorge

### 3.2 Funktionszeiten von Fischaufstiegshilfen im Jahresverlauf – Dotationsstaffelung

Fischwanderungen einzelner Fischarten und Altersstadien finden praktisch zu allen Jahreszeiten statt. Grundsätzliches Ziel ist es daher, **das ganze Jahr über die Aufwärtswanderung der Fische sicherzustellen.**

Zu gewissen Zeiten findet jedoch keine zielgerichtete Aufwärtswanderung statt (zu geringe Wassertemperatur, Laichreife, Nahrungsmangel, starke Hochwasserereignisse oder extremes Niedrigwasser, vgl. auch Seifert 2012). Zudem ist es bei Extremereignissen auch technisch nicht möglich, die volle Funktionsfähigkeit der FAH sicherzustellen (Hochwasser, Stauzielabsenkung, Vereisung).

Es wird daher vorgeschlagen, die Funktionsfähigkeit im Normalfall an ca. 300 Tagen im Jahr und zwar innerhalb des Abflussspektrums zwischen dem Q330 und Q30 (=Abflüsse die an jeweils 330 Tagen bzw. 30 Tagen im Jahr überschritten werden) sicherzustellen. Innerhalb der beiden Abflussgrenzwerte sind eine gute Passierbarkeit der FAH sowie eine gute Auffindbarkeit des unterwasserseitigen Einstieges zu gewährleisten. (Achtung: im FAH Leitfaden wird auf die in Österreich übliche Überschreitungsdauerlinie Bezug genommen, während beim DWA-Merkblatt M509 auf die in Deutschland übliche Unterschreitungsdauerlinie Bezug genommen wird!)

Von der starren Festlegung auf die Q30-Q330-Regel kann/sollte in fachlich begründeten Fällen abgewichen werden. Beispielsweise ist bei **Gewässern mit der Bach-/Seeforelle bzw. der Aalrutte** auch ein Hauptaugenmerk auf die Niederwassersituation zu legen, da diese Fischarten ihre **Laichwanderungen im Herbst/Winter** mit häufig vorherrschender Niederwasserführung durchführen. Dies gilt vor allem für Gewässer mit alpin geprägtem

Abfluss-/Temperaturregime. Im Gegenzug muss dabei unter Umständen eine schlechtere Funktionsfähigkeit (vor allem hinsichtlich der Auffindbarkeit) bei hohen Abflüssen in Kauf genommen werden. (Funktionsdauer von Q360 bis zu Q60).

In **Epirhithralgewässern** in alpinen Lagen mit hohen Schneemengen und starker Vereisung können Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden an der Anlage die Funktionsfähigkeit über längere Zeiten im Hochwinter einschränken.

In **Potamalgewässern** liegt hingegen eine der **Hauptwanderzeiten im Frühjahr/Frühsummer** mit häufig höheren Abflüssen (über Q30). Bei diesen Abflüssen sollte daher eine möglichst gute Funktionsfähigkeit angestrebt werden. Im Winter finden dagegen (bei Fehlen von Aalrutte bzw. Bachforelle als Leit- oder typischer Begleitart im Leitbild) kaum zielgerichtete Wanderungen statt. Bei diesen Gewässern wäre der Funktionszeitraum in Richtung höherer Abflüsse zu verschieben (z.B. Q315 bis Q15).

Bei Lauf-Kraftwerken (bzw. bei Ausleitungskraftwerken mit Restwasserturbine) kann im Hochwinter (Januar-Februar) aufgrund der oben angeführten sehr geringen Wanderaktivität die Dotation reduziert werden, wobei die FAH aber auch in diesem Zeitraum folgende Anforderungen erfüllen muss:

- Passierbarkeit (und Auffindbarkeit) zumindest für Aalrutte und Bachforelle bzw. kleinere Individuen/Fischarten
- Sicherstellung der entsprechenden Mindestwassertiefen, die maximalen Fließgeschwindigkeiten/Wasserspiegeldifferenzen zwischen den Beckenübergängen
- Einhaltung des Maximalwertes für die Leistungsdichte

Im Regelfall können diese Anforderungen bei einer Reduktion der Dotation um mehr als 50% nicht mehr sichergestellt werden; bei manchen FAH-Typen bzw. Gewässertypen ist nur eine geringere Reduktion möglich. Die Passierbarkeit bei der reduzierten Dotation ist jedenfalls im Einzelfall rechnerisch nachzuweisen.

Dabei ist darauf zu achten, dass auch der Bereich, in dem die Dotation reduziert wird, permanent fischpassierbar ist. Werden hier einfache Schieber etc. eingesetzt, treten im Absperrquerschnitt bei der reduzierten Dotation häufig zu hohe Wasserspiegeldifferenzen oder zu hohe Fließgeschwindigkeiten auf, da der Wasserspiegel in der FAH flussab absinkt, der Oberwasserspiegel aber meist konstant bleibt. Eventuell sind hier zusätzliche Maßnahmen (z.B. zusätzliche Schlitze etc.) erforderlich.

Bei Ausleitungskraftwerken sollte ein möglichst großer Anteil des Restwassers über die FAH abgegeben werden. Eine Reduktion der Dotation der FAH ist daher hier nicht sinnvoll, solange die Restwasserdotation zu dieser Jahreszeit höher ist als die FAH-Dotation und keine Restwasserturbine betrieben wird.

Bei Staulegung ist zumindest für eine ausreichende Notdotation, die ein Überleben der Fische in der FAH gewährleistet, zu sorgen.

Beispiele für die Anwendung der hier skizzierten Rahmenbedingungen für eine etwaige Dotationsstaffelung befinden sich in Kapitel 6.

### **3.3 Größenbestimmende Fischarten**

FAHs müssen sowohl den Schwimmleistungen, dem Verhalten, als auch der Größe der Fische entsprechend gestaltet werden, um eine Durchwanderbarkeit für die gewässertypspezifische Fischfauna sicherzustellen. Körpermaße (siehe Tabelle 3), bekanntes Verhalten (zum Beispiel Wanderung in größeren Gruppen, Meidung zu kleiner Öffnungen) bzw. Präferenzen (Habitat, Strömung) dienen als Grundlage zur Definition der Bemessungswerte. Diese werden in Kapitel 4 „Definition der notwendigen Bedingungen im Wanderkorridor“ dargestellt.

Die hier im Leitfaden vorgestellten Bemessungswerte zur Dimensionierung von FAHs orientieren sich an den Leitfischarten und typischen Begleitfischarten der Fischleitbilder der Gewässertypen (Fischregionen) gemäß „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“ (BMNT 2019, in der jeweils aktuellsten Version – Download auf der Homepage des BMLRT, WISA (Wasserinformationssystem Austria), in den Hintergrunddokumenten zum aktuellen Gewässerbewirtschaftungsplan).

Grundsätzlich müssen zum Erhalt bzw. der Wiederherstellung des guten Zustands bzw. ökologischen Potentials nicht die größten Individuen einer Art die FAH passieren können, sondern es wird anhand reproduktionsbiologischer Überlegungen eine maximale Bemessungsgröße für die unterschiedlichen Fischarten festgelegt, die die meisten wanderwilligen Fische bzw. die individuenstärksten reproduzierenden Jahrgänge einer Art umfasst. Die Bemessungsgröße wird dabei auch an die teilweise unterschiedlichen Fischgrößen in differierenden Gewässertypen/-größen (Jungwirth et al. 2003) angepasst.

Die hydraulischen Bemessungswerte (insbesondere Leistungsdichte und Fließgeschwindigkeiten) orientieren sich hingegen an den schwimmschwächsten Fischarten bzw. -stadien.

Die maßgebende sogenannte „**größenbestimmende**“ **Fischart je Fischregion** ist dabei jeweils die größte Art bzw. jene Art, für die sich die größten Mindestdimensionen der FAH ergeben.

In Tabelle 2 sind die in Abhängigkeit von der Fischregion üblicherweise maßgeblichen Fischarten und Fischlängen angegeben. Anschließend werden die Anwendung dieser Werte und die möglichen Abweichungen erläutert. **Vor Beginn der Planung sollte die größenbestimmende Fischart und deren relevante Körperlänge mit dem zuständigen Amtssachverständigen abgestimmt werden.**

Tabelle 2 Gewässertypen und zugehörige größenbestimmende Fischarten (Leitfischarten und typische Begleitfischarten gemäß der derzeit geltenden Fischleitbilder für die Gewässertypen bzw. Fischregionen gemäß „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“)

| Fischregion  | Maßangebende Fischart und -Länge   |
|--|------------------------------------|
| <b>Epirhithral</b>   |                                    |
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s  | 30 cm Bachforelle                  |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s  | 40 cm Bachforelle                  |
| <b>Metarhithral</b>  |                                    |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s                                       | 40 cm Bachforelle                  |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s                                       | 50 cm Bachforelle, Äsche           |
| <b>Hyporhithral</b>  |                                    |
| Hyporhithral klein, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s MQ                              | 50 cm Aitel, Äsche, 50 cm Aalrutte |
| Hyporhithral groß ohne Huchen, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s                      | 60 cm Aalrutte, Barbe/Nase         |
| Hyporhithral groß mit Huchen, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s- 20 m <sup>3</sup> /s | 80 cm Huchen                       |
| Hyporhithral groß mit Huchen, MQ > 20 m <sup>3</sup> /s                      | 100 cm Huchen                      |
| <b>Epipotamal</b>  |                                    |
| Epipotamal, klein  | 40 cm Aitel                        |

| <b>Fischregion</b>   | <b>Maßangebende Fischart und -Länge</b>                                    |
|--|--|
| Epipotamal mittel ohne Hecht, ohne Huchen                    | 60 cm Barbe/Nase   |
| Epipotamal mittel mit Hecht, aber ohne Huchen                | 90 cm Hecht, 50 cm Brachse   |
| Epipotamal mittel mit Huchen                                 | 90 cm Huchen, 50 cm Brachse  |
| Epipotamal groß mit Huchen                                   | 100 cm Huchen  |
| Epipotamal groß ohne Huchen, mit Wels                        | 120 cm Wels  |
| Epipotamal groß ohne Huchen, ohne Wels                       | 90 cm Hecht, 50 cm Brachse   |
| <b>Schmerlen- und Gründlingsbach</b>                         |  |
| Schmerlen- und Gründlingsbach (östl. Flach- und Hügelländer) | 40 cm (Aitel)  |
| <b>Große Flüsse</b>  |  |
| Donau  | 150 cm Wels  |
| Alpenrhein (oh. Illmündung)                                  | 80 cm Seeforelle   |
| Alpenrhein (uh. Illmündung)                                  | 120 cm Wels  |
| Drau (ab Leisach bis KW Rosegg)                              | 100 cm Huchen  |
| Drau (uh. KW Rosegg)   | 120 cm Wels  |
| Inn Tirol (uh. Sannamündung)                                 | 100 cm Huchen  |
| Inn (unterer Inn, Oberösterreich)                            | 120 cm Wels  |
| Salzach (uh. Mdg. Rauriser Ache)                             | 80 cm Huchen   |
| Salzach (uh. Saalachmündung)                                 | 100 cm Huchen  |
| Mur (uh. Murau)  | 100 cm Huchen, 100cm Hecht   |
| Enns (ab Haus i. E.)   | 100 cm Huchen  |
| March  | 150 cm Wels  |
| <b>Seezubringer und Seeausrinne</b>                          |  |
| Seezubringer und Seeausrinne                                 | 90 cm Seeforelle, 90 cm Hecht, 70 cm Perlfisch, 60 cm Barbe, 50 cm Brachse |

zusammengefasst und adaptiert nach Haunschmid et al. 2006

Aufbauend auf der Kategorisierung der Fischregionen und Gewässergrößen (Abflusshöhen) in Tabelle 2 werden in den Kapiteln 4 und 5 Bemessungswerte für verschiedene Arten von Fischaufstiegshilfen angegeben.

**In der Regel kann von den in Tabelle 2 angegebenen Werten ausgegangen werden. Trotzdem wird eine Überprüfung für den konkreten Einzelfall empfohlen, insbesondere in folgenden Fällen:**

- Befindet sich eine geplante FAH im **Übergangsbereich von zwei Fischregionen** (z.B. von Metarhithral zu Hyporhithral) **oder Bioregionen**, sind die maßgeblichen Fischarten und -größen unter Berücksichtigung des Verbreitungs- und Wandergebiets der Leitfischarten und typischen Begleitfischarten beider Fischregionen im Einzelfall festzulegen.
- Auch innerhalb einer Fischregion ergeben sich an den Grenzen der in Tabelle 2 angeführten **Abflussklassen** „Sprünge“ hinsichtlich der größenbestimmenden Fischarten bzw. deren relevanter Größe (z.B. von Metarhithral  $< 2 \text{ m}^3/\text{s}$  zu Metarhithral  $> 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Die maßgeblichen Fischarten und -größen sind unter Berücksichtigung des Verbreitungs- und Wandergebiets der Leitfischarten und typischen Begleitfischarten beider Abflussklassen im Einzelfall festzulegen (bevorzugt auf Basis fischökologischer Erhebungen der anthropogen unbeeinflussten Verhältnisse). Im unteren bzw. oberen Grenzbereich einer Klasse kann eine Annäherung an die Werte der kleineren oder größeren Klasse sinnvoll sein.
- In einzelnen Fällen kann es erforderlich sein, dass die FAH nicht nur für die Leitfischart oder typische Begleitfischart des Gewässers, an dem sie geplant ist, ausgelegt wird. Dies ist dann der Fall, wenn die Durchgängigkeit für eine bestimmte Art, die in diesem Gewässerabschnitt nicht Leitfischart oder typische Begleitfischart ist, **essentiell für den ökologischen Zustand anderer Gewässer bzw. Wasserkörper** ist, z.B.:
  - Laichwanderung zu essentiellen Laichhabitaten oder Migrationsareal (z.B. Aalrutte oder Großfischarten wie Huchen),
  - Seezubringer und Seeausrinne, die für bestimmte Seefischarten (Seeforelle, Perlfisch, etc.) bedeutend sind (dieser Fall ist in Tabelle 2 bereits berücksichtigt),
  - ungewöhnliche natürliche Fischregionsabfolgen, bei denen sich rhithrale Abschnitte zwischen potamalen Fischregionen befinden (z.B. Schluchtstrecken).
- Bei Gewässern, für die Großfischarten (z.B. Huchen, Wels) als Leitfischarten und typische Begleitfischarten ausgewiesen sind, die jedoch **für die Fischgröße vergleichsweise geringe Abflüsse** aufweisen (z.B. Gewässer im Epipotamal groß mit  $\text{MQ} < 20 \text{ m}^3/\text{s}$  oder Gewässer im Hyporhithral groß mit  $\text{MQ} = 2\text{-}20 \text{ m}^3/\text{s}$  im unteren Bereich dieser Abflussklasse), ist die relevante Körpergröße dieser Art zu überprüfen und individuell festzulegen.  
Insbesondere in diesen Fällen kann es sinnvoll sein, bei der Bestimmung der

maßgeblichen Fischart und Fischgröße auch deren Auftreten im Jahresverlauf zu berücksichtigen, d.h. für einzelne Zeiten des Jahres verschiedene Fischarten bzw. -größen der Planung zugrunde zu legen. Die Anlage muss zwar anhand der größten Fischart dimensioniert werden, die Dotationsmenge kann aber ggf. etwas variiert werden.

- In Spezialfällen, wenn beispielsweise **Großfischarten ausschließlich zur Laichzeit** aus einem großen Gewässer in die **Unterläufe kleiner Zubringer** einwandern, sind die erforderlichen Mindestdotationen bzw. -abmessungen der FAH im Zubringer individuell festzulegen (erfahrungsgemäß passieren diese Fischarten in den kleinen Zubringern etwas kleinere FAHs als in den Hauptgewässern).
- In begründeten Sonderfällen sind aufgrund geringerer Fischgrößen in Abhängigkeit von der Gewässergröße (z.B. oberes Verbreitungsgebiet) Reduktionen der Fischlängen möglich.
- Geschützte Fischarten gemäß FFH-Richtlinie sind entsprechend naturschutzfachlicher Vorgaben zu berücksichtigen.

**Für sehr kleine Fließgewässer ( $MQ < 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wird in jedem Fall eine individuelle Festlegung der maßgeblichen Fischarten und insbesondere -größen empfohlen. Die im Leitfaden enthaltenen grundsätzlichen Empfehlungen für die Planung von Fischaufstiegshilfen gelten auch für Anlagen an sehr kleinen Gewässern, es werden aber bewusst keine Richtwerte angegeben. Individuelle Anpassungen bei den für die Planung maßgeblichen Fischarten und -größen erfordern auch eine Prüfung und gegebenenfalls eine Anpassung der entsprechenden in Kapitel 4 und 5 angegebenen Bemessungswerte (z.B. Schlitzweite, Beckentiefe).**

**Grundsätzlich sei hier festgehalten, dass in bestimmten Fällen als Anpassung an die natürlichen Gewässerverhältnisse auch eine Abweichung von den in Kapitel 4 und 5 angeführten Bemessungswerten möglich ist (z.B. Mündungsdelta im ER, sehr steile Gebirgs Gewässer etc.). Beispiele für derartige Anpassungen an Sondersituationen und die daraus resultierenden FAH-Dimensionen werden in Kapitel 6 behandelt.**

Tabelle 3 Körperhöhe und –breite für unterschiedliche Längen der größtenbestimmenden Fischarten entsprechend Tabelle 2 als Basis für die Festlegung der Bemessungswerte in Kapitel 5

| <b>Größenbestimmende Fischart</b> | <b>Länge [cm]</b> | <b>Höhe [cm]</b> | <b>Breite [cm]</b> |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Bachforelle                       | 30                | 6                | 3                  |
|                                   | 40                | 8                | 4                  |
|                                   | 50                | 10               | 6                  |
| Äsche                             | 40                | 9                | 5                  |
|                                   | 50                | 11               | 6                  |
| Aitel                             | 40                | 8                | 5                  |
|                                   | 50                | 11               | 6                  |
| Aalrutte                          | 50                | 7                | 7                  |
|                                   | 60                | 8                | 8                  |
| Barbe                             | 60                | 11               | 8 <sup>1</sup>     |
| Nase                              | 60                | 11               | 7                  |
| Brachse                           | 50                | 15               | 5                  |
| Hecht                             | 60                | 8                | 6                  |
|                                   | 90                | 12               | 9                  |
| Huchen                            | 80                | 13               | 10                 |
|                                   | 90                | 14               | 12                 |
|                                   | 100               | 16               | 12                 |
|                                   | 120               | 19               | 14                 |
| Wels                              | 90                | 14               | 13                 |
|                                   | 120               | 23               | 18                 |
|                                   | 150               | 31               | 22                 |
| Seeforelle                        | 90                | 20               | 11 <sup>2</sup>    |
| Perlfisch                         | 70                | 13               | 7                  |

<sup>1</sup> in Abstimmung mit DWA M509 2014 (ergibt keine Änderung bei den Schlitzweiten)

<sup>2</sup> Das ist ein genereller Mindestwert – im Bodenseegebiet wurde bei laichreifen Rognern bei 90 cm Länge eine Breite von 16 cm ermittelt.

Quelle nach Jäger et al. (2010)

# 4 Definition der notwendigen Bedingungen im Wanderkorridor

Als Wanderkorridor wird der virtuelle Weg des Fisches durch eine FAH bei unterschiedlichen Wasserführungen, inklusive des Bereiches der großräumigen Leitströmung verstanden. Er stellt den hydraulischen Raum um den Fisch dar, der über die gesamte Länge der FAH vorhanden sein muss, um dem Fisch sowohl die Auffindbarkeit als auch eine Passage zu ermöglichen.

Die Definition der Bemessungswerte zur nachhaltigen Herstellung der notwendigen Bedingungen im Wanderkorridor erfolgt anhand von umfangreichen Erkenntnissen, die an bestehenden nationalen und internationalen Anlagen sowie anhand von Hinweisen in der wissenschaftlichen Literatur und von Expertenüberlegungen gewonnen wurden (vgl. AG- FAH 2011, z. B. Gerster 1992, Jungwirth et al. 1994, Eberstaller et al. 1996, Gerster 1998, Ecker 2000, Eberstaller und Kaminitzschek 2001, Eberstaller et al. 2001, Kolbinger 2002, Zitek et al. 2004, Guthruf und Guthruf- Seiler 2006, Schwevers und Adam 2006, Schmalz und Schmalz 2007, Wiesner et al. 2007, Zitek et al. 2007, Guthruf 2008, Pinka und Eberstaller 2008, Zitek et al. 2008, Haunschmid et al. 2009, Jäger und Zitek 2009 und Adam und Lehmann 2011).

## 4.1 Anforderungen für die Auffindbarkeit von FAHs

Neben der Durchwanderbarkeit (siehe Kapitel 4.2) ist die Auffindbarkeit von Fischaufstiegshilfen ein wesentlicher Grundparameter, der maßgeblichen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit einer FAH hat. Diese wird von der Lage des FAH Einstieges und einer möglichst guten Wahrnehmbarkeit des aus der Fischaufstiegshilfe austretenden Wasserstromes in Bezug zur Gewässergröße und den natürlich schwankenden Wasserführungen bzw. Unterwasserständen des Flusses bestimmt. Die Sicherstellung der Auffindbarkeit erfordert daher eine

- korrekte Anordnung der FAH in Bezug zum Wehr,
- korrekte Anordnung der FAH in Bezug zur großräumigen und kleinräumigen Leitströmung bzw. morphologischen Ausprägung des Flusses flussab des Wehres,

- der Gewässergröße und den wechselnden Wasserführungen des Flusses angepasste Leitstromdotation d.h. einen eindeutig wahrnehmbaren, gerichteten Leitstromimpuls aus dem unterwasserseitigen FAH Einstieg, der an den natürlichen Wanderweg der Fische anschließt sowie
- ausreichende Fließgeschwindigkeit, die rheotaktisches Verhalten der Fische auslöst.

#### 4.1.1 Anordnung des unterwasserseitigen FAH Einstieges

##### 4.1.1.1 Großräumige Auffindbarkeit

Neben der korrekten Lage im Bezug zum Querbauwerk (siehe Kapitel 4.1.1.2) ist die großräumige Positionierung des FAH-Einstieges vor allem bei komplexer Flussmorphologie (z.B. Gewässerverzweigungen) und Ausleitungskraftwerken wesentlich (Dumont et al. 2005).

- Bei **Gewässerverzweigungen** ist der Hauptarm mit der dominierenden Leitströmung wesentlich.
- Bei **Ausleitungsstrecken** ist im Hinblick auf die Aufrechterhaltung des Wanderkorridors zu prüfen, ob die Fischaufstiegsanlage eher am Wehr oder beim Krafthaus zu situieren ist. Dabei ist als ein wesentliches Kriterium das Verhältnis zwischen dem Betriebsabfluss des Kraftwerkes und dem Abfluss in der Restwasserstrecke – vor allem auch unter Berücksichtigung der maßgeblichen Laichwanderzeiten – zu beachten.

Die Errichtung einer FAH am Krafthaus erfordert sowohl die Abgabe des Pflichtwassers in die Restwasserstrecke als auch zusätzlich eine Wasserabgabe zur Dotierung der FAH am Kraftwerk. Ein Vorteil der Errichtung am Wehr ist, dass damit nicht der künstliche Ausleitungskanal, sondern der natürliche Gewässerlebensraum in der Restwasserstrecke als Wanderkorridor fungiert.

#### 4.1.1.2 Kleinräumige Positionierung

Die wichtigste Voraussetzung für die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage ist die optimale Situierung des unterwasserseitigen FAH Einstieges am Wehr bzw. hinsichtlich der großräumigen Leitströmung. Der Einstieg der FAH ist grundsätzlich dort zu positionieren, wo aufstiegswillige Fische auf Grund ihres natürlichen Verhaltens zur Laich- bzw. Wanderzeit wandern bzw. den Wanderkorridor suchen (Dumont et al. 2005). Ist ein Fisch einmal am FAH Einstieg vorbeigeschwommen, ist – je nach Lage – ein Wiederauffinden des Einstiegs schwierig, da der Fisch am Wehr nach Möglichkeiten zur Weiterwanderung sucht.

**Bei Ausleitungskraftwerken** sollte die Ausmündung der FAH ins Unterwasser in den Wehrkolk mit direktem Sohlanschluss der FAH an das Flussbett erfolgen. Der Wasserspiegel der Ausmündung der FAH muss hierbei so tief liegen, dass eine Einwanderung bei jedem Unterwasserstand möglich ist.

**Bei Kraftwerken ohne Ausleitung** sollte die FAH-Mündung möglichst direkt flussab des Triebwasserauslaufes bzw. der dabei auftretenden Turbulenzonen nahe am Wehr situiert sein bzw. flussab des Abströmbereiches und in Abströmrichtung des Triebwassers ins Tosbecken oder flussab von Zonen extrem hoher Fließgeschwindigkeiten flussab des Tosbeckens (je Gewässertyp und Standort unterschiedlich). Bei stark regulierten Ufern in Prallhangsituationen mit hohen Fließgeschwindigkeiten in diesen Bereichen flussab des Wehres sind Uferstrukturierungen anzubringen, um auch schwimmschwächeren Arten einen Aufstieg zu ermöglichen.

Im gesamten Wanderkorridor vom Unterwasser, über den Einstieg in die FAH, in der FAH selbst bis über den Ausstieg ins Oberwasser muss eine durchgehende raue Sohle vorhanden sein. Bei Kraftwerken ohne Ausleitung muss unter Umständen der Sohlanschluss von der Natursohle des Gewässers ab der Gegenschwelle des Tosbeckens bis zum Fischpasseinstieg über eine ausreichend breite raue Rampe, die sohleben an den Fischpasseinstieg geführt wird, hergestellt werden (Abbildung 3).

Abbildung 3 Sohlanbindung im Unterwasser im Bereich des Turbinenauslasses durch ansteigende Rampe mit rauer Sohle (links) und Sohlanbindung im Unterwasser an natürliche Sohle, im direkten Bereich des Einstieges befestigt; ersichtlich ebenfalls die Lage des Unterwasserspiegels bei unterschiedlichen Wasserführungen und die daraus abgeleitete Notwendigkeit einer dynamischen Zusatzdotation zur Aufrechterhaltung der Ausströmgeschwindigkeit und damit der Auffindbarkeit (rechts)



Fotos: Jäger und Zitek (2009)

Wie die Einstiegslage in Bezug zu Wehr, Turbinenauslass und hydraulischen Mustern im Unterwasser situiert werden sollte, ist z. B. ausführlich im DWA Merkblatt M 509, Adam und Schwevers (2001), Gebler (2009), Dumont et al. (2005) und Larinier et al. (2002) beschrieben. Grundsätzlich muss der Einstieg entlang des Wanderkorridors der Fische liegen, da sonst keine Auffindbarkeit für einen Großteil der aufstiegswilligen Individuen erreichbar ist.

Speziell die Wiederherstellung des Kontinuums für Adulte der strömungsliebenden Leitfischarten wie Nase, Barbe und Huchen erfordert eine Lage des FAH-Einstieges, die möglichst an die Hauptströmung des Flusses, dem bevorzugten Wanderweg dieser Fische zur Laichzeit, anschließt, da diese Fischarten zur Laichzeit eindeutig an der Hauptströmung orientiertes Wanderverhalten aufweisen (Zitek et al. 2008).

Bachforellen, Aitel, Aalrutten, teilweise auch Äschen und Juvenile der o. g. Fischarten sowie viele indifferente und stagnophile Arten zeigen eher ein „ufer-“ bzw. „zubringerorientiertes“ Wanderverhalten, weshalb für diese Arten auch eine andere

Position des Einstieges optimal sein kann (Ecker 2000, Zitek et al. 2008, Mader et al. 2016b und 2018).

Zusammengefasst gelten folgende Richtlinien für die kleinräumige Anordnung von FAH-Einstiegen:

- bei schräg zum Fluss errichteten Wehranlagen (z.B. Streichwehre) im spitzen Winkel des Wehres– nach flussauf betrachtet (Abbildung 4),
- unmittelbar am Wanderhindernis am Ufer bzw. am Rand der Hauptströmung (Abbildung 5 links und Abbildung 6),
- bei Laufkraftwerken turbinenseitig nahe dem Querbauwerk; liegen in diesem Bereich während der Hauptwanderzeiten Zonen mit starker Turbulenz oder sehr hohen Fließgeschwindigkeiten vor, dann unmittelbar flussab davon,
- bei Ausleitungsstrecken sohleben direkt im Wehrkolk flussab des Wehres, wobei die Durchgängigkeit der Gegenschwelle zu beachten ist,
- am Prallufer (Abbildung 5 rechts).

Bei sehr breiten Flüssen oder flussmittigen Turbinenauslässen oder wenn anhand der lokalen Strömungsmuster, der Morphologie und der Gewässerdimension keine eindeutige zu bevorzugende Lage zu identifizieren ist, kann es notwendig sein, neben einem FAH Einstieg am Ufer auch einen flussmittigen Einstieg bzw. mehrere Einstiege über eine sog. Sammelgalerie („collection gallery“) zu errichten (Larinier et al. 2002, Dumont et al. 2005). In Österreich wurden beim Fischlift in Runserau am Inn 2 Einstiegsbereiche in unterschiedlicher Entfernung vom Wehr angeordnet, um die Auffindbarkeit bei unterschiedlichen Abflüssen bzw. für verschiedene Fischarten zu verbessern (Schletterer et al. 2015, Kopetzki et al. 2016).

#### **4.1.1.3 Ausmündung des Leitstroms ins Unterwasser**

Die Leitströmung dient dazu, den Wanderkorridor der Fische im Unterwasser des Querbauwerkes mit dem Wanderkorridor in der FAH möglichst unterbrechungsfrei zu verbinden. Die Leitströmung kann grundsätzlich nur im Nahbereich flussabwärts der Austritts- bzw. Einstiegsöffnung der FAH wirksam sein, d.h. von Fischen wahrgenommen werden. Dort, im „Leitkorridor“, muss sie in solchen Bereichen auftreffen und wirksam sein, wo die Fische gemäß ihrer artspezifischen Orientierung natürlicherweise auf das Querbauwerk treffen (Seifert 2012). Im besten Falle stellt der Leitstrom aus der FAH eine

direkte Weiterführung der großräumigen Leitströmung bzw. des Wanderkorridors dar, der von der Mehrzahl der aufwandernden Fische genutzt wird. Dieser sollte möglichst parallel zum abströmenden Wasser seitlich neben dem Turbinenablauf am Ufer positioniert werden. Ist diese Positionierung des unterwasserseitigen FAH Einstieges technisch bzw. aufgrund hier vorliegender starker Turbulenzen bzw. zu hoher Fließgeschwindigkeiten nicht möglich, und die FAH mündet seitlich in einem Bereich weiter flussab des Wehres in den Fluss, so sollte gemäß DVWK (1996) und Adam und Schwevers (1998) der Mündungswinkel maximal 30°- 45° betragen, um als Leitstrom optimal angenommen zu werden, wobei erfahrungsgemäß Winkel < 30° zu bevorzugen sind (Flöcksmühle 2004).

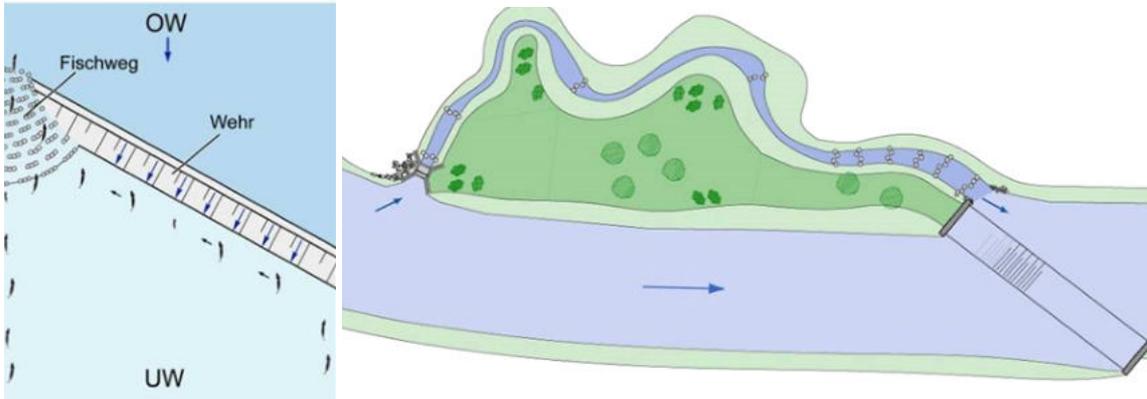
Der Leitstrom ist auf jeden Fall so zu dimensionieren bzw. auszurichten, dass dieser an jene Bereiche heranreicht, die von den Fischen natürlicherweise im Zuge ihrer Wanderungen und Suchbewegungen aufgesucht werden, und so die Fische an den FAH-Einstieg leiten kann. Bei Ausleitungskraftwerken stellt sich das Problem dann nicht, wenn die FAH-Dotation gleichzeitig dem gesamten oder einem Großteil des behördlich festgelegten ökologisch notwendigen Abflusses entspricht.

Bei Laufkraftwerken mit unmittelbar am Wehr gelegenen FAH-Einstieg ist auf die Drehrichtung der Turbinen zu achten, damit das Turbinenwasser nicht auf den aus der FAH austretenden Leitstrom geworfen wird und diesen für Fische nicht mehr wahrnehmbar macht.

Generelle Charakteristika eines gut ausgeprägten Leitstromes sind:

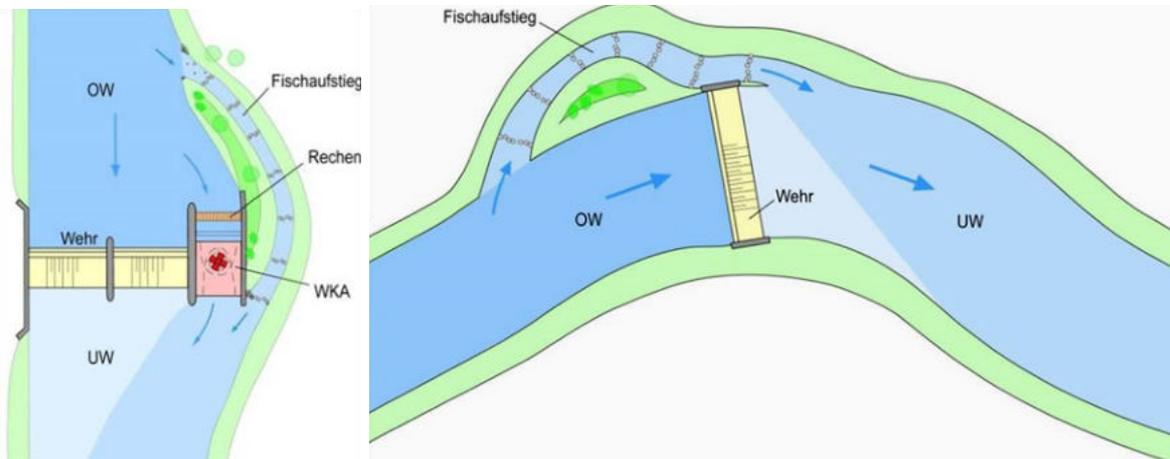
- möglichst parallel am Rand der Hauptströmung, bevorzugt ufernah,
- maximaler Mündungswinkel von 30° - 45° (wobei erfahrungsgemäß Winkel < 30° zu bevorzugen sind),
- gerichtet,
- turbulenzarm,
- ununterbrochen bis zum Einstieg,
- Turbinendrehrichtung wurde beachtet.

Abbildung 4 Beispiele optimaler kleinräumiger Anordnung einer Rampe (links) und des Einstieges in ein naturnahes Umgehungsgerinne im spitzen Winkel einer Wehranlage (rechts)



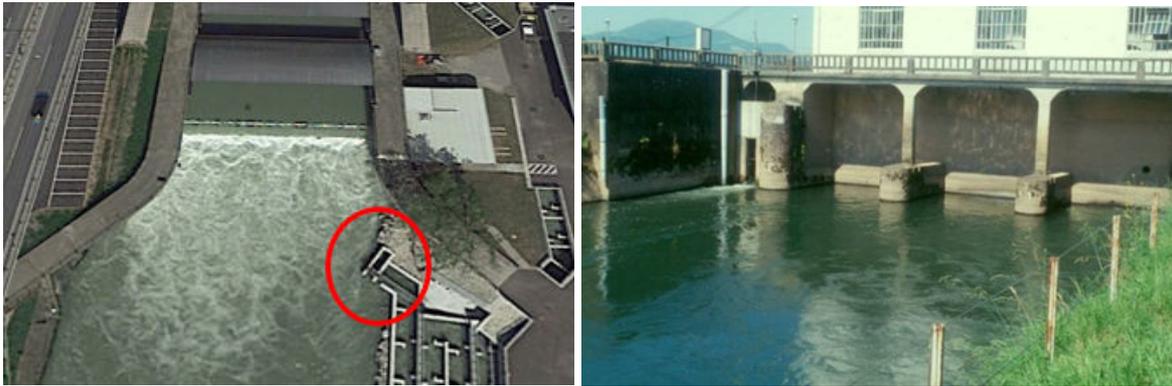
Grafiken: links Gebler 2009, rechts Dumont et al. 2005

Abbildung 5 Optimale kleinräumige Anordnung eines FAH Einstieges an einem Wehr mit Turbine, am Ufer auf der Höhe des Wehres mit einem parallel zur großräumigen Leitströmung mündenden Leitstrom (links) und am Prallhang



Grafiken: Dumont et al. 2005

Abbildung 6 Optimale Anordnung eines FAH Einstieges



Fotos: links Verbund, rechts Dumont et al. 2005

## 4.1.2 Hydraulische Bedingungen am unterwasserseitigen FAH Einstieg

### 4.1.2.1 Leitstromdotations – „Leitkorridor“

Die wichtigste Voraussetzung für die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegshilfe ist neben der optimalen Lage des Einstieges die ausreichende Dimensionierung der FAH bzw. des Leitstromes in Bezug zur Gewässergröße (Wolter und Schomaker 2019) und eine ausreichende Fließgeschwindigkeit des aus dem FAH-Einstieg austretenden Leitstromes. Dies gilt vor allem für die Auffindbarkeit für adulte Individuen strömungliebender Arten im Zuge der Laichwanderungen.

Im besten Fall grenzt der FAH-Einstieg direkt an den Wanderkorridor der aufstiegswilligen Fische, da die Wirksamkeit der Leitströmung auf den Nahbereich des Einstiegs in die Fischaufstiegsanlage begrenzt ist (Mader und Bogner 2001). Aufwanderwilligen Fischen ist deshalb dort ein wahrnehmbarer Leitstrom anzubieten, wo sie natürlicherweise nach Aufwanderkorridoren suchen.

Die notwendige Leitstromdotations hängt dabei eng mit dem konkurrierenden Abfluss, mit den sich verändernden Unterwasserständen und hydraulischen Bedingungen im Unterwasser bzw. mit der Anordnung des Einstieges zusammen. Viele Beispiele dokumentieren, dass die Aufstiegsaktivitäten bzw. Aufstiegszahlen bei hohen Unterwasserständen deutlich zurückgehen, was auf die dann für Fische nicht mehr

wahrnehmbare oder unattraktive Leitströmung zurückzuführen ist (Schwevers und Adam 1999, DWA 2006, DWA M509 2014).

### **Grundprinzipien und Fallstudien**

Unter der Voraussetzung einer geeigneten Lage des Einstieges und der Einhaltung der hydraulischen Grenzwerte sowie der einschlägigen Gestaltungshinweise ist prinzipiell die Auffindbarkeit einer Aufstiegsanlage umso besser, je größer der Anteil der Leitströmung am Gesamtabfluss ist (Pavlov 1989, DWA M509 2014, Wolter und Schomaker 2019). Dies gilt vor allem für adulte Individuen strömungsliebender Arten (z.B. Nase, Huchen, Streber, etc.) im Zuge ihrer Laichwanderungen, vor allem, wenn diese in größeren Schwärmen erfolgen. Insbesondere für die Nase konnte in Monitoringstudien an FAHs mit einem Leitströmungsanteil von >1% des MQ ein individuenreicher Aufstieg im Zuge der Laichwanderung dokumentiert werden (Mader et al. 2016a, Berg et al. 2018, Eberstaller et al. 2018, Frangez und Eberstaller 2020).

An der FAH am Donau-KW Freudenua konnte Anfang April 1999 die Einwanderung von 11.000 adulten Nasen in das Umgehungsgewässer innerhalb von 4 Tagen dokumentiert werden, wobei zu dieser Zeit die FAH in einen Donau-Seitenarm mit einem Abfluss von rd. 40 m<sup>3</sup>/s (rd. 2% des MQ) einmündete (Eberstaller et al. 2001). Ähnliche Ergebnisse brachte ein erneutes Monitoring dieser FAH im Jahr 2015 (Waidbacher et al. 2016).

Am Multi-Struktur-Fischpass an der Wehranlage KW Rosegg an der Drau, der eine Leitströmung von 8-9% der RW-Dotation des rechten Hauptarmes (bzw. 6% des gesamten RW-Abflusses) aufweist, konnte ein Aufstieg von mehr als 1.400 adulten Nasen bei der Laichwanderung, mit einer Tagesspitze von 400 Individuen nachgewiesen werden (Mader et al. 2016a). An dieser Anlage konnte auch der Aufstieg von 9 Huchen belegt werden, darunter 3 adulte Individuen mit einer Länge von 1.200 mm bzw. 980 und 840 mm. Damit konnte bei dieser Anlage, die den größten Leitströmungsanteil dieses FAH-Typs bei größeren Gewässern aufweist, der Nachweis der Bemessungsgröße für den Aufstieg des Huchens erbracht werden (Mader et al. 2016a). Bei Anlagen dieses Typs mit kleinerem Leitströmungsanteil wurde bisher keine Laichwanderung von Nasen bzw. der Aufstieg von adulten Huchen nachgewiesen.

An der Unteren Ybbs wurde beim Schlitzpass des KW Greinsfurth der Aufstieg von 5 adulten Huchen nachgewiesen (Mitterlehner 2012), die Leitströmung hat dabei einen Anteil von 2-5% des Abflusses der RW-Strecke (RW + Überwasser).

Beim Schlitzpass des KW Nussdorf am Donaukanal in Wien wurde der Aufstieg von 900 adulten Nasen im Frühjahr 2017 (davon 500 adulte Nasen in 5 Tagen) belegt. Die Nase war mit insgesamt 1.162 Ind. die häufigste Fischart im Frühjahr, gefolgt vom ebenfalls sehr rheophilen Donauperciden Zingel (1.033 Ind.). Ein Monitoring im Frühjahr 2020 brachte ähnliche Ergebnisse (Eberstaller et al. 2018, Frangez und Eberstaller 2020). Insgesamt stiegen 42 Welse bis über 1.550 mm Länge auf (davon 4 >1.500 mm). Die Dotation schwankt zwischen 1.500 bis 2.400 l/s bei Abfluss von 100-160 m<sup>3</sup>/s im Unterwasser (Leitströmung stets größer gleich 1%).

Bei der FAH am KW Enns wurde im Frühjahr 2017 der Aufstieg von über 250 adulten Nasen im Zuge der Laichwanderung dokumentiert, wobei 78% der im Unterwasser markierten Fische in die FAH einwanderten. Die FAH mit einer Dotation von rd. 500 l/s liegt in einer RW-Strecke mit einem RW-Abfluss von 20 bis 50 m<sup>3</sup>/s während des Aufstieges (1-2,5% Leitströmung, Berg et al. 2018).

Für Äsche und Barbe konnte bei großen Gewässern (MQ 100-300 m<sup>3</sup>/s) ein quantitativer Laichaufstieg auch schon bei Leitstromdotationen von 0,3 bis 0,5% festgestellt werden (KW Paternion / Drau, KW Kellerberg / Drau, pers. Mittl. Mader).

An der Oberen Mur wurden Aufstiege von über 2.000 bis 4.000 adulten Äschen im Zuge der Laichwanderung bei Leitstromdotationen >1% dokumentiert (Eberstaller et al. 1996, Wiesner et al. 2007). Am KW Unzmark/Obere Mur mit einer Leitströmung von 0,4% wurde ein Aufstieg von 2.883 adulten Äschen im Zuge der Laichwanderung dokumentiert, knapp 50% stiegen aber erst ab 21. Mai gegen Ende der Laichwanderzeit innerhalb von 14 Tagen auf, als mit der Wehrklappe neben dem Einstieg der FAH eine „Art Leitstromzusatzdotation“ erzeugt wurde (Jungwirth et al. 1994). Die Aufstiegsspitzen liegen mit über 300 Individuen pro Tag um mehr als das Dreifache höher als während der eigentlichen Hauptwanderzeit Mitte April bis Mitte Mai.

Am Multi-Struktur-Fischpass am KW Rottau an der Möll konnte im Frühjahr der Aufstieg von rd. 1.300 großteils adulten Äschen und damit ein hoher Anteil der aufstiegswilligen Individuen belegt werden (Mader et al. 2017a). Aufgrund der Restwasser-Situation beträgt die Leitströmung 7% des RW-Abflusses.

Beim Fischlift Runserau am Inn wurden 66% aller aufgestiegenen Äschen innerhalb von 4 Tagen bei der Laichwanderung Ende März dokumentiert (Thonhauser et al. 2017). Die Leitströmung von 5 m<sup>3</sup>/s umfasst dabei die minimale RW-Abgabe (Schletterer et al. 2015).

Bei vielen Kleinfischarten (Laube, Schneider, etc.) und strömungsindifferenten/ Ruhigwasser liebenden Fischarten, die häufig ufernahe wandern, ist vielfach auch bei einem geringeren Leitströmungsanteil eine gute Auffindbarkeit gegeben (Born 1995, Schmutz et al. 1998, Unfer et al. 1998, Mader et al. 2016b, Mader et al. 2018).

So dokumentierte Born (1995) bei 9 kleineren FAHs am Main mit geringer Leitstromdotations (<0,1%) den Aufstieg von insgesamt 387.000 Fischen, davon 377.000 Lauben, Aale, Rotaugen, Flussbarsche, Gründlinge und Haseln (>97%) und nur 4 (juvenile) Nasen.

Am KW Schwabeck an der Drau (Leitstromdotations ca. 0,15%) stiegen vom August 2015 bis zum Sommer 2017 insgesamt über 46.000 Fische auf, davon allerdings fast 44.000 Lauben, Schneider und Rotaugen (Mader et al. 2016b und 2018). Am KW Lavamünd an der Drau (Leitstromdotations 0,15%) stiegen vom 3.8.2015 bis zum 17.6.2016 insgesamt über 6.200 Fische auf, davon über 5.000 Lauben, Schneider, Flussbarsche und Rotaugen (Mader et al. 2017b).

Da größere strömungsliebende Fischarten, vor allem Nase und Huchen, im Leitbild bei allen größeren Gewässern des Hyporhithrals und Epipotamals in Österreich als Leit- oder typische Begleitarten enthalten sind, muss deren quantitativer Aufstieg und damit eine ausreichende Leitströmung für die Funktionsfähigkeit entsprechend den Anforderungen des FAH-Leitfadens sichergestellt sein (vgl. Kapitel 1 und 3). Bei Epi- und Metarhithralgewässern (MQ meist kleiner als ca. 25 m<sup>3</sup>/s) reicht in aller Regel (bei geeigneter Lage des Einstieges) die für die Passierbarkeit der FAH erforderliche Dotations aus.

Anhand von empirischen Daten aus Frankreich und Nordamerika bei mittleren und größeren Gewässern geben Larinier et al. (2002) an, dass FAHs mit einer Leitstromdotations von zumindest 1-5 % des konkurrierenden Abflusses (über ein Wehr bzw. Turbinen) zufriedenstellend von den rheophilen Großfischarten aufgefunden werden. An den Bundeswasserstraßen in Deutschland ist die aktuelle Empfehlung, dass der Gesamtabfluss der FAH für den Bemessungsfall des Q330 (Abfluss der an 330 Tagen unterschritten wird (entspricht in Österreich annähernd einem Q30) 5% des tatsächlichen Abflusses der FAH-nahen Turbine (i. d. R. ist dies der Ausbaudurchfluss der Turbine) beträgt (Weichert et al. 2013).

Ein von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie herausgegebener Bericht (2009) fordert als Gesamtabfluss der FAH für Verbindungsgewässer mindestens 2 bis 5%, für Nebengewässer 5 bis 10% des konkurrierenden Abflusses. Dieser wird hier für ungenutzte Querbauwerke als MQ definiert, für Standorte mit Wasserkraftnutzung als Ausbaudurchfluss des Kraftwerks.

Wolter und Schomaker (2019) analysierten die Monitoringergebnisse von 193 FAH-Standorten (rd. 150 davon in Deutschland, Österreich und der Schweiz) und dokumentierten eine signifikante Korrelation zwischen Funktionsfähigkeit und Bemessungsdotation von FAHs. Funktionsfähige FAHs (92) wiesen dabei eine mittlere Bemessungsdotation von 5% des Mittelwasserabflusses, eingeschränkt funktionsfähige FAHs einen Wert von 1,1% und nicht funktionsfähige FAHs einen Wert von 0,22% auf. Der notwendige Abflussanteil sinkt dabei bei höherem Gesamtabfluss des Gewässers.

Eine standardisierte Ermittlungsmethode zur Berechnung der erforderlichen Dotationsmenge für eine ausreichende Leitströmung kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht vorgegeben werden.

### **Festlegung der Leitströmung**

**Exakte Grenzwerte für die erforderliche Dotation lassen sich aufgrund der unterschiedlichen hydraulischen Verhältnisse und Betriebsbedingungen an den Einzelstandorten kaum angeben (DWA M509 2014). Auf Basis der vorliegenden Erfahrungen und der oben angeführten Literaturangaben werden folgende Grundsätze empfohlen, die im Wesentlichen mit den im DWA – Merkblatt M509 (2014) angeführten Empfehlungen übereinstimmen:**

- Die **Gesamtdotationsmenge** einer FAH (Minstdotation der FAH zwecks Passierbarkeit plus gegebenenfalls Zusatzdotations zur Erhöhung der Leitströmung zwecks Auffindbarkeit) soll laut Literatur **ca. 1-5% des jeweiligen Gewässerabflusses** betragen.
- Bei Gewässern mit einem geringeren Mittelwasserabfluss als ca. 25 m<sup>3</sup>/s reicht in aller Regel (bei geeigneter Lage des Einstieges) die für die Passierbarkeit der FAH erforderliche Dotation aus.
- Bei optimaler Positionierung der FAH-Mündung kann bei mittleren Gewässern (MQ 25-100 m<sup>3</sup>/s) von 1-2% des Gewässerabflusses ausgegangen werden. Je ungünstiger die Position ist, umso größer muss der Anteil werden (wobei eine sehr

ungünstige Positionierung auch durch große Dotationen nicht kompensiert werden kann und in diesem Fall eine bauliche Lösung erforderlich ist).

- Bei den sehr großen Gewässern (z.B. Donau, Unterer Inn und Untere Drau) werden aufgrund der Größe dieser Gewässer eine individuelle Betrachtung und eine Detailfestlegung durch Modellierung empfohlen (1% des MQ stellt bei diesen Gewässern bereits eine sehr hohe Wassermenge dar.). Erfahrungen an bisher hier errichteten naturnahen Umgehungsgewässern zeigen, dass im Fall der Donau und dem Unteren Inn weitere Faktoren wesentlich sind (vgl. Kapitel 5.3.3.1).
- Eine über die Mindestdotations der FAH hinausgehende **zusätzliche Leitstromdotations** kann entweder durch eine Erhöhung der Dotations (**und entsprechende Vergrößerung** der FAH) oder als extra Dotations direkt in den untersten Abschnitt der FAH erfolgen (siehe unten).
- Die Höhe der Dotations für die Leitströmung kann in Abhängigkeit von den Wanderzeiten der Zielfischarten und vom Gewässerabfluss **zeitlich im Jahresverlauf variieren**.

### **Leitstromzusatzdotations**

An größeren Gewässern werden vor allem bei technischen FAHs international vielfach Zusatzdotationsbauwerke gebaut, die eine **Leitstromzusatzdotations** in den unteren Teil der FAH einspeisen, um die Dimensionen der FAH selbst zu begrenzen (Clay 1995, Larinier et al. 2002). Die erforderliche Zusatz-Leitstromdotations ist dynamisch je nach Zu- bzw. Abnahme des konkurrierenden Abflusses abzugeben. Dazu gibt es viele Beispiele in Frankreich bzw. 2 FAHs am Rhein (Iffezheim und Gamsheim). In Gamsheim werden bis zu  $13 \text{ m}^3/\text{s}$  Leitstromzusatzdotations über ein Kleinkraftwerk abgearbeitet und so der Gesamtabfluss der FAH (Schlitzpass mit einer Dotations von  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) auf bis über  $14 \text{ m}^3/\text{s}$  erhöht (MQ Fluss  $1.250 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Auch am Inn in Runserau wird beim Fischlift im Einstiegsbereich über Schlitzpässe und 2 Einstiege eine Zusatzdotations von  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  abgegeben, um eine ausreichende Leitströmung und damit die Auffindbarkeit sicher zu stellen (Schletterer et al. 2015).

Die Zusatzleitstromdotations muss energetisch soweit beruhigt in das Unterwasser gebracht werden, dass die Fische den Einstieg in den Fischaufstieg finden und annehmen. Dies ist eine große hydraulische Herausforderung, die über das Funktionieren des Fischaufstieges entscheiden kann. In Abbildung 7 ist ein Beispiel zur technischen Lösung

dieses Problems beim KW Iffezheim am Rhein dargestellt. Diese Lösung wurde auch in Gamsheim gewählt.

Abbildung 7 Energiearmes Einbringen der Leitstromzusatzdotation in den Fischpasseinstieg über strömungsberuhigende senkrechte und waagrechte Leiteinrichtungen. Im spitzen Winkel mündet die Basisdotation der FAH. Verhältnis Leitstrom zur Basisdotation 10:1



Foto: Jäger

Alternativ werden an verschiedenen Standorten Leitstromdotationsbauwerke eingesetzt, um einen ausreichenden Zusatzleitstrom zu erzeugen.

Die Leitstromdotationsbauwerke werden, wenn möglich so positioniert, dass sie im untersten Becken einer FAH die Dotation so erhöhen, dass an der Einstiegsöffnung der FAH ein verstärkter Leitstrom austritt. Das erste Becken der Fischaufstiegshilfe (Einstiegsbereich) und die Einstiegsöffnung sind so zu gestalten, dass durch den Zustrom zu diesem Becken die Auffindbarkeit des Wanderkorridors nicht leidet und andererseits die mittlere Austrittsgeschwindigkeit am Übergang der FAH ins Fließgewässer ca. 1 m/s aufweist.

Eine Anordnung der Ausströmöffnung der Leitstrombauwerke in unmittelbarer Nähe zur Einstiegsöffnung ist ebenfalls möglich. Dann muss dort durch geeignete Gestaltung (ggf. auch mit Leitvorrichtungen) und einen ausreichenden Anteil der Leitstromdotation aus der FAH selbst dafür gesorgt werden, dass die Fische in den Wanderkorridor geleitet werden bzw. der Ausstrom aus dem Wanderkorridor für die Fische wahrnehmbar bleibt. Grundsätzlich ist aber eine Einströmung in die FAH und damit eine gemeinsame Ausströmung von FAH-Dotation und Leitstromzusatzdotation aus der Einstiegsöffnung der FAH zu bevorzugen.

Leitstrombauwerke (Lockstrompumpen) haben bei unterschiedlichen Fallhöhen unterschiedliche Verstärkungsgrade. Erfahrungsgemäß kann bei einem 10 m hohem Gefälle ein Verstärkungsfaktor von ca. 9 angenommen werden. Wenn z.B. die FAH einen Leitstrom von 1200 l/s haben soll und selber 300 l/s abführt, dann entnimmt die Lockstromeinrichtung für die benötigte Zusatzdotation von 900 l/s aus dem Oberwasser ca. 100 l/s. Die Vorrichtung arbeitet ausschließlich mit der Energie der Zuströmung aus dem Oberwasser. Der Zustrom aus dem Leitstrombauwerk enthält praktisch keine überschüssige Energie und benötigt deshalb keine Energieumwandlung.

Abbildung 8 Leitstrombauwerk mit eingebauten Venturiteilen. Im Hintergrund sind die Düsenköpfe der Düsenleitungen für die Erzeugung des Leitstroms zu sehen



Foto: Monai

Abbildung 9 Anordnung der Lockstrombauwerke gleich neben dem Einstieg in die Fischeaufstiegshilfe (links Bauzustand, rechts im Betrieb)



Fotos: Monai

Abbildung 10 Abfluss der Leitströmung in das Unterwasser nach Zusammenführung des FAH und Lockstromabflusses



Foto: Monai

Abbildung 11 Anordnung an zwei unterschiedlichen Einstiegen. Im Vordergrund der turbinennahe Einstieg mit Lockstrompumpen (bzw. deren Stellantriebe) um die Fische vor allem im Ausflussbereich der Turbinen (oberhalb der Saugrohrauslässe) abzuholen. Im Hintergrund ist der zweite Einstieg zu erkennen (siehe auch Foto links). Beide Einstiege sind in diesem Fall mit Lockstrompumpen ausgestattet.



Fotos: Monai

Grundsätzlich sind bei der letztendlichen Festlegung der notwendigen Menge der Leitstromdotations unbedingt die lokale morphologische Situation bzw. die hydraulischen Muster bei sich ändernden Abflüssen zu berücksichtigen.

Hydraulische Modellierungen, wie diese z.B. in Frankreich bei größeren Anlagen Stand der Praxis sind, können hier helfen, sowohl Lage als auch Ausmaß der letztendlich benötigten Leitstromdotations hinsichtlich unterschiedlicher Wasserführungen des Flusses zu optimieren (Adam und Lehmann 2011). In Österreich wurden in den letzten Jahren vor allem bei größeren Flüssen/Anlagen ebenfalls mehrfach hydraulische Modellierungen durchgeführt: FAHs an den Donau-KWs Abwinden-Asten, Greifenstein, Unterer Inn KW Ehring (jeweils Verbund bzw. GKW), Inn-Fischlift Runseck (Kopecki et al. 2016).

#### **4.1.2.2 Fließgeschwindigkeit**

Wesentliches Element für die Wirksamkeit der Leitströmung auf Fische sind die im Hauptleitstrahl herrschenden Fließgeschwindigkeiten, die am unmittelbaren Austrittspunkt aus dem untersten Becken und im flussabwärts anschließenden

Leitkorridor die Fische zum aktiven Aufschwimmen zur bzw. in die FAH-Mündung bewegen sollen.

Die Auswirkung der Fließgeschwindigkeit auf die Auffindbarkeit bzw. Attraktivität eines FAH-Einstieges für Fische wurde beispielsweise von Collins und Elling (1960) für Salmoniden bzw. von Pavlov (1989) für Cypriniden belegt. Adam und Lehmann (2011) haben festgestellt, dass mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 1,25 und 0,3 m/s bei Salmoniden eine positive Rheotaxis ausgelöst wird, die für das Auffinden des FAH-Einstieges entscheidend ist. Für adulte Cypriniden gelten 0,2 m/s und für Jungfische sowie strömungsmeidende Arten 0,15 m/s als auslösend. Eine aus der FAH austretende mittlere Fließgeschwindigkeit von 0,75 m/s scheint besonders attraktiv zu sein.

Die Bemessungsgeschwindigkeiten für die Leitströmung sind naturgemäß an die Leistungsfähigkeit der Zielfischarten und demnach an die Gewässer- bzw. Fischregion anzupassen, in der die FAH errichtet wird.

Wenn die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der benachbarten konkurrierenden Strömung geringer ist als der ansetzbare maximale Bemessungswert kann es ausreichend sein, die Strömungsgeschwindigkeit der Leitströmung größer als die der konkurrierenden Strömung anzusetzen. In dem Fall wird vorgeschlagen, die Geschwindigkeit der Leitströmung um 0,2 m/s höher zu wählen, als die der konkurrierenden Strömung (Pavlov 1989).

Wenn eine möglichst große Leitströmungslänge erreicht werden soll, ist es sinnvoll, die in der Fischaufstiegsanlage oder dem fischpassierbaren Bauwerk an den übrigen Durchlässen angesetzten maximalen Strömungsgeschwindigkeiten auch als Leitströmungsgeschwindigkeit anzusetzen.

Bei höheren Abflüssen im Gewässer sinkt durch das Ansteigen der Unterwasserstände die Fließgeschwindigkeit an der Eintrittsöffnung in die FAH ab, wenn der Abfluss in der FAH nicht adäquat mit erhöht wird. Daher werden bei größeren Flüssen Einrichtungen zur dynamischen Regulierung der FAH-Dotation in Abhängigkeit des Abflusses im Gewässer empfohlen. In Österreich wird diese Empfehlung bereits bei vielen FAHs an größeren Flüssen umgesetzt (z.B. alle FAHs an der Donau, Unterem Inn, etc.). Alternativ kann die Zusatzdotation bei höheren Abflüssen durch ein Konstanthalten der Wasserspiegeldifferenz beim untersten Beckenübergang gesteuert werden.

## 4.2 Anforderungen für die Passierbarkeit von FAHs

### 4.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die Passierbarkeit einer FAH erfordert in der Anlage einen geeigneten Wanderkorridor für alle Arten und Größenklassen der Zielfischarten. Ein geeigneter Wanderkorridor ist dann gegeben, wenn (Seifert 2012)

- a) die hydraulischen (Fließgeschwindigkeiten, Leistungsdichten) Bedingungen einerseits so moderat bemessen sind, dass auch in Engstellen und Zwangspunkten der Anlage die Schwimmleistung der in dieser Hinsicht schwächsten Arten noch ausreicht, um sowohl einzelne Becken/Schwellen/ Höhengsprünge als auch – nacheinander – alle Bereiche/Zwangspunkte der Anlage passieren zu können,
- b) andererseits in der Anlage jedoch mindestens ein durchgehender „Strömungspfad“ besteht, der die rheoaktive Mindestgeschwindigkeit von 0,3 m/s für Gewässer mit Salmoniden (Huchen, Seeforelle, Lachs, Meerforelle) bzw. von 0,2 m/s für alle übrigen Gewässer bzw. Fischarten erreicht oder überschreitet,
- c) die räumliche Dimensionierung bzw. die Geometrie (Wassertiefe, Gerinnebreite, Beckenlänge) der Anlage so bemessen ist, dass auch die adulten (Laichfische) Exemplare der größtenbestimmenden Zielfischarten alle Bereiche der Anlage insbesondere die Engstellen und Zwangspunkte gut durchschwimmen können.

Begrenzende Faktoren für den Fischeaufstieg innerhalb einer FAH und somit für die Passierbarkeit sind in der Regel (Seifert 2012)

- die maximalen Höhengsprünge und Fließgeschwindigkeiten im Wanderkorridor, welche dort meist im Bereich von Überlaufschwällen, Schlupflöchern, Schlitzten oder Durchgangsöffnungen zwischen Blocksteinen/Störsteinen auftreten,
- der Turbulenzgrad im Wanderkorridor, ausgedrückt durch die spezifische Leistungsdichte in Watt/m<sup>3</sup> in den Becken der FAH. Turbulenzen erschweren die Orientierung der Fische und werfen insbesondere Klein- und Jungfische „aus der Bahn“,
- die Wassertiefe an den Engstellen und Durchlässen/Überläufen, welche so bemessen sein muss, dass für alle Fischgrößen ein ausreichend mächtiger „Wasserpolder“ vorliegt, in dem sie aufschwimmen können.

**Die hydraulischen Verhältnisse (Fließgeschwindigkeiten, Höhensprünge und die Energiedichten in den Becken) wirken in erster Linie für die wenig schwimmstarken Jung- und Kleinfische limitierend. Für große, schwimmstarke Fischarten und deren Laichfische sind dagegen eher die räumliche Dimension, insbesondere die Beckenlänge, die Breite und Wassertiefe des Aufstiegsgerinnes und die Breiten der Durchlassöffnungen limitierend.**

Da bei Fischaufstiegsschnecken und Fischliften die Fische passiv hinauf transportiert werden, unterscheiden sich die Anforderungen von jenen der herkömmlichen FAH-Typen. Im Detail werden diese Aspekte bei der Beschreibung der einzelnen FAH-Typen behandelt.

## **4.2.2 Beckendimensionen**

Nachfolgend bzw. in Kapitel 5 werden Bemessungswerte für die einzelnen Parameter angeführt, die direkt in die Dimensionierung einzusetzen sind.

### **4.2.2.1 Beckenlängen und -breiten**

Beckenlänge und Beckenbreite werden von Größe und Verhalten (z. B. Wanderung in großen Gruppen oder Schwärmen) der größtenbestimmenden Fischart(en) des jeweiligen Gewässertyps und den Erfahrungen aus den Monitoringuntersuchungen abgeleitet.

- Bei **technischen FAHs (Schlitzpässen)** ergibt sich das **Innenmaß der Beckenlänge aus 3x der Länge der größtenbestimmenden Fischart, das Innenmaß der Breite aus mindestens 2x der Körperlänge.**
- Bei **naturnahen FAHs** (naturnahe Umgehungsgerinne und Beckenpässe) ist die Innenbeckenlänge nicht exakt festlegbar, **es hat jedoch im Inneren des Beckens das Volumen der entsprechenden technischen Beckenbauweise Platz zu finden.** Je nach Ausführung der Ufer (flach oder steil mit entsprechender Ufersicherung) ergeben sich dabei veränderte Bemessungswerte für Länge und Breite der Becken.
- Zusätzlich können aufgrund der Leistungsdichte größere Becken erforderlich sein.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die oben angeführten Werte die lichte Beckenlänge definieren. Für die Gesamtlänge der FAH sind die Stärke der Trennwände zwischen den Becken bzw. der Schwellen hinzuzurechnen.

#### 4.2.2.2 Mindestwassertiefen in Becken

Die Mindestwassertiefe in den Becken bestimmt einerseits gemeinsam mit der Beckenlänge und –breite das Beckenvolumen und ist damit wesentlich für das Ausmaß der auftretenden Turbulenzen (Leistungsdichte, siehe Kapitel 4.2.4). Zugleich ist sie aber ein bestimmender Parameter für einen ausreichenden Wanderkorridor bzw. für ausreichend Unterstände und Ruhezone für die einzelnen Fischarten. Eine genügend große Mindestwassertiefe ist somit ein entscheidender Faktor für die Passierbarkeit für die größenbestimmende Fischart.

In die in Kapitel 5 für die einzelnen FAH-Typen angeführten Mindestwassertiefen fließen insbesondere auch die Erfahrungen aus Monitoringuntersuchungen ein. Als Bemessungsgröße wird jeweils die hydraulische Mindestwassertiefe der Becken angegeben. Darunter versteht man die Wassertiefe in den Becken von der natürlichen Sohlaufage bis zum Wasserspiegel. Die tatsächliche Bautiefe der Becken ist um die Dimension der naturnahen Sohlaufage und um die Höhe des notwendigen Freibordes des Gerinnes größer.

Bei technischen Anlagen ist die Wassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand der relevante Bemessungswert. Bei Beckenpässen und naturnahen Umgehungsgerinnen werden die sogenannte „minimale Kolkentiefe“ sowie die mittlere Wassertiefe im Wanderkorridor angegeben.

In Spezialfällen, wenn beispielsweise Großfischarten wie der Huchen ausschließlich zur Laichzeit aus einem großen Gewässer in die Unterläufe kleiner Zubringer einwandern, sind die erforderlichen Mindestdotationen bzw. -abmessungen der FAH im Zubringer individuell festzulegen (erfahrungsgemäß passieren diese Fischarten in den kleinen Zubringern etwas kleinere, weniger tiefe FAHs als in den Hauptgewässern). Siehe dazu auch die Ausführungen im Kapitel 6 – Sondersituationen.

Bei Gewässern mit einem MQ > 25-50 m<sup>3</sup>/s wird die erforderliche Gesamtdotation der FAH in der Regel nicht durch die empfohlene Beckentiefe, sondern durch die Anforderungen bezüglich Leitströmung bestimmt.

## 4.2.3 Beckenübergänge

### 4.2.3.1 Mindestwassertiefen in Beckenübergängen

In Beckenübergängen muss der wandernde Fisch einen ausreichend hohen Wasserpolster vorfinden, um sein volles Schwimmpotential entfalten und die schnell strömenden Beckenübergänge ohne Sohlberührung überwinden zu können. Er braucht dazu eine hydraulische Mindestwassertiefe über der rauen Sohle, welche deutlich höher als die Körperhöhe des Fisches bzw. die Schwanzflosse ist, die vor allem zum Sprint durch den Wasserpolster gebraucht wird. Die Kennwerte für Minimaltiefen in Beckenübergängen orientieren sich daher an der Körperhöhe der verschiedenen Fischarten. In den meisten Fachbüchern (DVWK 1996, Dumont et al. 2005) werden 20 cm als Minimaltiefen an Beckenübergängen genannt; Gebler (2009) nennt 2 Mal die Fischhöhe (Ausnahme: Äsche mit 3,5 Mal der Körperhöhe) als Bemessungskennwert. Im DWA-Merkblatt M-509 wird 2,5 Mal die Körperhöhe als Bemessungswert der Mindesttiefe über der Sohlrauigkeit angegeben. An einzelnen kritischen Bereichen darf die Wassertiefe bis maximal 2 Mal die Körperhöhe absinken, wobei davon ausgegangen wird, dass dies ausreicht, dass der Fisch bei der Passage weder den Gewässergrund noch Trennwände berührt.

Ein Sohlanschluss der Beckenübergänge ist vor allem für die Passierbarkeit für die bodenorientierten Fischarten wesentlich. Dies umfasst insbesondere einen Großteil der Leitfischarten und typischen Begleitfischarten des Hyporhithrals und Epipotamals wie z.B. Nase, Barbe, Gründling, Kessler-Gründling, Weißflossengründling, Steingreßling, Steinbeisser, Bachschmerle und Koppe. Da diese Arten entlang der Gewässersohle wandern, stellen Sohlsprünge, an denen die Gewässersohle praktisch „endet“, vor allem im Bereich der Beckenübergänge wesentliche Wanderhindernisse dar. Um die Passierbarkeit der hydraulisch hoch belasteten Beckenübergänge für die verschiedenen Arten und Stadien ab 1+ zu gewährleisten, sind sprungfreie Übergänge mit möglichst natürlichen Substratverhältnissen erforderlich. Diesbezüglich besonders sensibel sind die Nase, die Gründlingsarten und die sogenannten Donauperciden (Zingel, Streber, etc.). Für diese Arten wurde bisher kein Aufstieg über Beckenübergänge ohne Sohlanschluss dokumentiert. Andererseits wurden in Aufstiegsanlagen, in denen diese Bedingungen erfüllt sind, der Aufstieg von diesbezüglich sensiblen Arten nachgewiesen (z.B. Zauner et al. 2009).

Für den vorliegenden Leitfaden werden daher folgende hydraulische Mindestwassertiefen an Beckenübergängen und Furten festgelegt:

- Bei **gewässertypischen Umgehungsgerinnen**: 2,5 x Körperhöhe (gerundete Werte), jedoch mindestens 20 cm. Aufgrund der naturnahen Ausformung von gewässertypischen Umgehungsgerinnen liegen die Werte nur etwas über den Grenzwerten in natürlichen Gewässern (Ausleitungsstrecken).
- In **Schlitzpässen** und Beckenpässen mit rechteckigen Beckenübergängen entspricht die hydraulische Mindestwassertiefe der Beckentiefe, um den Sohlanschluss der Beckenübergänge sicherzustellen.
- In **naturnahen Beckenpässen und Sohlrampen** mit trapezförmigen Steinschwellen können die Beckenübergänge aufgrund der größeren Rauigkeit im Vergleich zu den Becken etwas angerammt werden (siehe Kapitel 5.3 und 5.7), ohne dass der Sohlanschluss und damit die Passierbarkeit für bodenorientierte Arten verloren geht. Erfahrungsgemäß soll die Anrampung aber nicht mehr als 1/3 der Beckentiefe (Kolkentiefe) ausmachen, sodass die hydraulische Mindestwassertiefe an den Beckenübergängen ca. 2/3 der Mindesttiefe („minimale Kolkentiefe“) der Becken beträgt.  
Im Epirhithral und in kleineren Gewässern des Metarhithrals wird entsprechend der Gewässercharakteristik die hydraulische Mindestwassertiefe an Beckenübergängen auf das 2-fache der hydraulischen Mindesttiefe basierend auf der Fischkörperhöhe (40 cm) begrenzt.

#### **4.2.3.2 Schlitzweiten bzw. hydraulische Mindestbreiten an Beckenübergängen**

Die **Mindestschlitzweite bei Beckenübergängen** wird entsprechend den derzeit international gebräuchlichen Kennwerten **mit der dreifachen Körperbreite** der größenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) und mindestens 15 cm festgelegt. Mit dieser Schlitzweite ist eine Passage der schnell strömenden Bereiche des Beckenüberganges ohne Berührung der Seitenwände möglich und die Durchwanderbarkeit der kritischen Passagen einer FAH gewährleistet. Aufgrund der naturnahen, trapezförmigen Ausgestaltung der Beckenübergänge ist bei naturnahen Beckenpässen eine größere mittlere Schlitzweite erforderlich, um die minimale Schlitzweite im gesamten Beckenübergang, insbesondere im sohl nahen Bereich sicherzustellen.

In der einschlägigen Fachliteratur wird weiters immer wieder darauf hingewiesen, dass die Schlitzweiten generell wegen der Verklausungsgefahr nicht zu gering gewählt werden dürfen (Larinier et al. 2002, Jäger 2002, Dumont et al. 2005, siehe auch Abbildung 12).

Abbildung 12 Typische Verklausungsprobleme bei Schlitzpässen, weshalb von allen Autoren auf die Wahl einer ausreichenden Schlitzweite hingewiesen wird



Fotos: Lunardon

#### 4.2.4 Hydraulische Grenzwerte

Die hydraulischen Bemessungswerte orientieren sich grundsätzlich an den Schwimmkapazitäten der Fische ab der Altersklasse 1+. Die festgelegten Bemessungswerte beschreiben die maximalen Höhendifferenzen zwischen den Becken und die sich daraus ergebenden maximalen Fließgeschwindigkeiten, die maximale Leistungsdichte ( $W/m^3$ ) in den Becken, die Ausprägung der rauen Sohle sowie die erlaubten Mindestfließgeschwindigkeiten in FAHs.

#### 4.2.4.1 Überfallshöhe und Fließgeschwindigkeit

Die maximal auftretenden Fließgeschwindigkeiten in einer FAH sind von der Überfallshöhe zwischen den Becken bzw. dem Gefälle abhängig und können mit folgender Formel berechnet werden.

$$v = \sqrt{2gh}$$

v= Fließgeschwindigkeit

g= Fallbeschleunigung durch Erdanziehung = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h= Fallhöhe

Die Anwendung dieser Formel ergibt für Höhenunterschiede zwischen Becken von 20, 15, 13, 10 cm maximale Fließgeschwindigkeiten von rund 2,0 m/s, 1,7 m/s, 1,6 m/s und 1,4 m/s. Dieser Zusammenhang, bzw. die aufgrund dieses Zusammenhanges maximal auftretenden Fließgeschwindigkeiten sind seit jeher die Basis für die Festlegung der maximalen Höhenunterschiede in FAHs und orientieren sich grundsätzlich an den Schwimmkapazitäten der Fische.

Im Schlitz bei Schlitzpässen treten u. a. auch wegen der Wirkung der rauen Sohle geringere Fließgeschwindigkeiten auf; die höchste Fließgeschwindigkeit tritt zumeist erst unterhalb des Schlitzes auf, wo der Strahl ins Wasser taucht (Abbildung 13 und Abbildung 14). Da die meisten Fische (nicht die oberflächenorientierten wie z. B. die Laube) jedoch zumeist seitlich neben dem Umlenkblock starten (Abbildung 14) und von der Seite im unteren Bereich den Schlitz durchschwimmen, sind sie dieser maximalen Geschwindigkeit nicht ausgesetzt. 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 (mdl. Mitteilung R. Gebler).

Abbildung 13 Schlitzströmung mit aufsteigender Bachforelle; Bereich der höchsten Fließgeschwindigkeit ist rot gekennzeichnet



Foto: Gebler 1991

Abbildung 14 Standort der Rotaugen im Strömungsschatten des Umlenkblockes, von hier aus starten sie beim Durchschwimmen des Schlitzes; Bereich der höchsten Fließgeschwindigkeit ist rot gekennzeichnet, die Wirkung der Turbulenz ist anhand der Körperhaltung der Rotaugen zu erkennen



Foto: Gebler 1991

Im Einlaufbereich des obersten Beckenüberganges soll die Breite der FAH durch ein Vorbecken auf jene in der FAH verringert werden, damit in diesem Bereich ähnliche Anströmgeschwindigkeiten wie bei den anderen Beckenübergängen vorliegen. Andernfalls weisen die unteren Beckenübergänge eine größere hydraulische Leistungsfähigkeit bzw. eine geringere Wasserspiegeldifferenz als der oberste Beckenübergang auf. Da dadurch der Unterwasserspiegel beim obersten Beckenübergang absinkt, überschreitet dieser dann den Bemessungswert der Wasserspiegeldifferenz teilweise deutlich.

Bei Rampen sollte die oberste Schwelle/Riegel bewusst etwas niedriger als die Regelschwellen geplant werden.

#### 4.2.4.2 Turbulenz

Turbulenz setzt die Schwimmkapazität von Fischen herab (Pavlov et al. 2008), führt zu Erschöpfung bis zu Verletzungen, vor allem Schuppenverlusten (Abbildung 15, Degel 2006).

Abbildung 15 Schuppenverluste bei Schied (Rapfen), Nase und Brachse nach der Passage des Schlitzpasses bei Iffezheim am Rhein; als Ursache wurde ein Anpressen an die scharfkantigen Ränder des Schlitzpasses durch hohe Turbulenz und Fließgeschwindigkeit vermutet

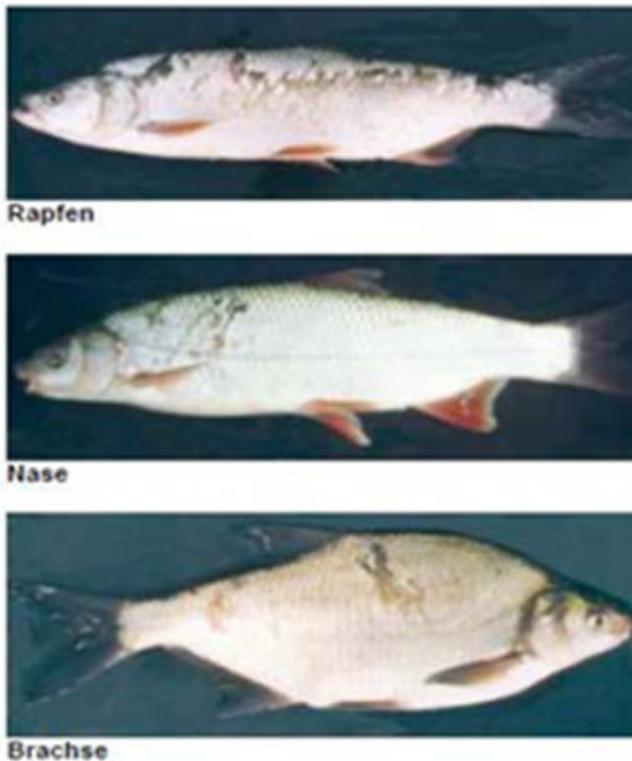


Foto: Degel 2006

So traten beispielsweise bei diversen Fischarten Schuppenverluste nach der Passage des Schlitzpasses des KW Iffezheim am Rhein auf (ca.  $E=180 \text{ W/m}^3$ ). Unter zu turbulenten Bedingungen im Schlitzpass dürfte trotz einer Schlitzweite von 45 cm die Passage der Beckenübergänge für Fische nicht ohne Seitenberührung möglich sein (Hartmann 2004).

Als Maß für die Turbulenz hat sich die Leistungsdichte, angegeben in  $W/m^3$ , eingebürgert (Larinier 2007). Diese beschreibt die Umwandlung der in ein Becken eingetragenen Energie in Bezug zur Beckendimension, die sog. Energiedissipation (DVWK 1996).

**Um der Forderung einer erschöpfungs- und verletzungsfreien Passage von Kleinfischarten bzw. Jungfischen ab 1+ sowie Adulten der größtenbestimmenden Fischarten gerecht zu werden, werden die Bemessungswerte der Leistungsdichte in Abhängigkeit der maximalen Höhenunterschiede zwischen den Becken je Fischregion wie in Tabelle 4 dargestellt definiert.**

Tabelle 4 Bemessungswert für die Leistungsdichte in Becken von Schlitzpässen, naturnahen Beckenpässen und Sohlrampen (bei  $MJNQ_T$ ) je Fischregion zur Sicherstellung der erschöpfungs- und verletzungsfreien Passage von Klein- und Jungfischen ab 1+

| Fließgewässerzone       | Höhendifferenz zwischen Becken [m] | Leistungsdichte [ $W/m^3$ ] |
|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 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                          |

Zahlreiche Monitoringergebnisse (Eberstaller et al. 1996, Eberstaller und Kaminitschek 2001, Wiesner et. al. 2007, Guthruf 2008, Berg und Gumpinger 2009) weisen sehr deutlich darauf hin, dass in Fischaufstiegshilfen mit hoher Leistungsdichte der Anteil der gefundenen Jungfische an der Gesamtzahl der aufgestiegenen Fische **signifikant geringer** ist als dies anhand der typischen Altersverteilung (ausgeprägter pyramidaler Altersaufbau) zu erwarten wäre. Ähnlich werden auch schwimmschwache Arten nur in verhältnismäßig geringer Zahl (im Vergleich zu schwimmstarken) oder gar nicht gefunden.

Untersuchungen an der FAH Murau weisen z.B. deutlich darauf hin, dass juvenile und subadulte Äschen bei einer Leistungsdichte von  $180 W/m^3$  nur sehr eingeschränkt aufsteigen (Wiesner et al. 2007), während bei FAHs am gleichen bzw. ähnlichen

Gewässern mit  $E < 120 \text{ W/m}^3$  diese Stadien in großen Stückzahlen aufsteigen (Eberstaller et al. 1996, Berg und Gumpinger 2009).

Anzumerken ist noch, dass bei Gewässern mit großen Fischen, wie z.B. Huchen, die Fischlängen verhältnismäßig große Becken erfordern. Aus der Leistungsdichte ergeben sich in diesem Fall keine darüber hinaus gehenden Anforderungen.

#### **4.2.4.3 Sohlrauigkeit**

Das Einbringen einer rauen Sohle führt zu einer deutlichen Verminderung der Fließgeschwindigkeit im Bereich der Sohlrauigkeit (Abbildung 16 und Abbildung 17). Das Einbringen einer ausreichenden Sohlrauigkeit wird daher schon seit langem empfohlen (Gebler 1991), um einen ausreichend großen Bereich mit verminderten Geschwindigkeiten innerhalb der Sohlrauigkeit zu schaffen, der auch kleineren und schwimmschwächeren Altersstadien und Arten die Passage einer FAH erlaubt (Dumont et al. 2005).

Naturnahe Umgehungsgerinne, naturnahe Beckenpässe und technische Anlagen werden in der Regel ohne Geschiebeeintrag konzipiert. Die angestrebten Sohlverhältnisse müssen daher beim Bau hergestellt werden. In naturnahen Umgehungsgerinnen und den Becken naturnaher Beckenpässe ist eine naturnahe kiesig-schottrige Gewässersohle von mindestens 20-40 cm Mächtigkeit herzustellen, die annähernd jener natürlicher Gewässer entspricht.

In Schlitzpässe wird eine 10-20 cm mächtige Substratauflage aus kantigem Material eingebracht (Korngröße größer 50 mm), aus welcher größere Steine zur Erhöhung der Sohlrauigkeit und Bildung eines sohlnahen strömungsberuhigten Bereiches herausragen bzw. liegend aufgebracht sind (siehe Abbildung 16). Die Rausteine sollen dabei nicht mehr als 15 cm im Rhithral und nicht mehr als 20 cm im Potamal das Sohlniveau überragen. Der lichte Abstand zwischen den Rausteinen sollte bei einer Belegung mit 4-5 Steinen pro  $\text{m}^2$  mindestens 50 cm betragen (Adam und Lehmann 2011), um den Fischen einen Einstand in Sohlnähe zu ermöglichen. Eine strukturierte Sohlschichtung aus Kantgestein mit einem Durchmesser von 10-20 cm hat sich ebenfalls bewährt. Bei Rundkorn muss der Durchmesser ausreichend groß sein, um Verlegung zu vermeiden. Dies ist insbesondere im Bereich vor und nach dem Schlitz wichtig, ohne dass dieser jedoch blockiert wird, d.h. im Schlitz darf sich kein Raustein befinden. Grundsätzlich sollte vor allem in den

Schlitzbereichen die raue Sohle geschichtet werden. Dadurch wird auch die Ausschwemmgefahr im Schlitz beim Befüllen der FAH wesentlich verringert.

Zu geringe Korngrößen beim flächigen Sohlaufbau führen zum Ausräumen der Sohlbedeckung im Schlitzbereich bei zu schnellem Fluten der FAH. Bei fehlender rauher Sohle verringert sich die bodennahe Fließgeschwindigkeit in den Schlitzten kaum, der Aufstieg von Klein- und Jungfischen sowie der wirbellosen Fauna wird erschwert bzw. verhindert.

Abbildung 16 Beispiel der baulichen Umsetzung der rauhen Sohle



Fotos: links Lehmann, rechts Jäger

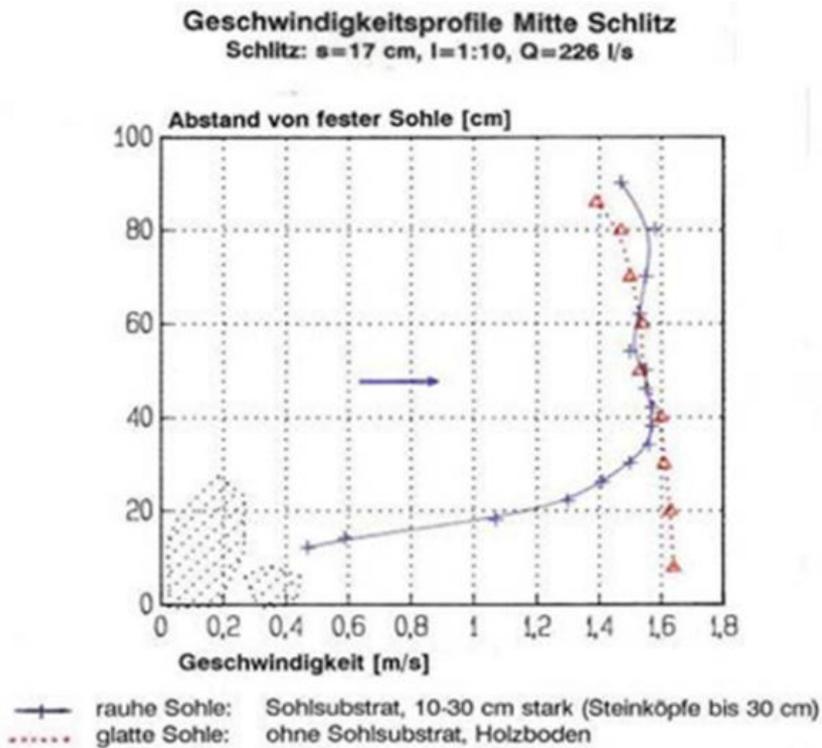
Abbildung 18 zeigt deutlich, dass die Abnahme der Fließgeschwindigkeit auf den Bereich der rauhen Sohle beschränkt ist. In naturnahen Rampen wurde empirisch festgestellt, dass sich die Fließgeschwindigkeit im Bereich der rauhen Sohle auf rund 1/3 der mittleren Fließgeschwindigkeit des darüber liegenden freien Abflusses reduziert (R. Gebler 2009).

Abbildung 17 Ausgeschwemmtes Sohlsubstrat aus Rundkorn im und flussauf des Schlitzes aufgrund des zu geringen Durchmessers



Foto: ezb

Abbildung 18 Abnahme der Fließgeschwindigkeit im Bereich des Schlitzes eines Schlitzpasses im Bereich der rauhen Sohle



Grafik: Gebler 1991

#### 4.2.4.4 Minimalgeschwindigkeiten

Die Minimalgeschwindigkeit im Wanderkorridor leitet sich aus der Fließgeschwindigkeit ab, die für die meisten Arten als Mindestgeschwindigkeit für eine eindeutige rheotaktische Ausrichtung notwendig ist. Es ist davon auszugehen, dass rheophile Fischarten wie Nase und Barbe im Zuge ihrer Laichwanderung Bereiche mit stagnierender Fließgeschwindigkeit meiden. Diese Bereiche stellen daher eine Wanderbarriere dar (Schmalz und Schmalz 2007, Zitek et al. 2007).

**Die Mindestfließgeschwindigkeit im Wanderkorridor von FAHs wird mit 0,3 m/s empfohlen.**

#### 4.2.5 Bedingungen für den FAH Ausstieg

Neben der Anbindung des FAH Ausstieges an die Gewässersohle ist auch insbesondere dessen **Lage in Bezug zum Wehr bzw. zum Turbineneinlauf** und eine eindeutige Orientierungsmöglichkeit der Fische an der Strömung beim Verlassen der FAH wichtig.

Im Bereich des Ausstieges sollte eine gute Uferstrukturierung vorliegen, um einen Einstand zu ermöglichen und ein sofortiges Verdriften der Fische zu vermeiden.

Um den Fischabstieg über die FAH vor allem bei kleineren Gewässern zu unterstützen, sollte der Ausstieg der FAH, der zugleich Einstieg aus dem Oberwasser ist, optimalerweise in unmittelbarer Nähe zum Feinrechen situiert sein (Führer et al. 2019). Aus Gründen des Fischschutzes ist dann auf einen ausreichend engen lichten Stababstand des Rechens zu achten.

Wenn Fischzähleinrichtungen geplant werden, sollten diese möglichst nahe beim oberwasserseitigen Ausstieg der FAH positioniert sein, um Informationen über die Funktionsfähigkeit der gesamten FAH zu erhalten. Fischzähleinrichtungen sollten immer auf- und absteigende Fische getrennt erfassen.

Es wird empfohlen, dass das oberste Becken niveaugleich mit dem Oberwasser ausspiegelt und damit der erste Beckenübergang in der FAH die Dotation bestimmt. Schwankende Oberwasserstände sind entsprechend zu berücksichtigen, um bei allen konsensmäßigen Wasserständen eine ausreichende Dotation und Fischpassierbarkeit zu gewährleisten. Bei stark schwankendem Stauziel sind geeignete Einrichtungen (z.B. mehrfache Ausstiege) vorzusehen. Der FAH Ausstieg ist so zu planen, dass Geschiebe- und Schwimmstofffreiheit gewährleistet ist. Düsenartige Ausstiege mit glatten Überfallkanten, wie diese oft durch Einschubbretter oder Hubschütze zur Dotationsregelung verursacht werden, sind zu vermeiden (siehe Anmerkungen bei den FAH-Typen).

Ebenso dürfen in diesen Bereichen keine zu hohen Fließgeschwindigkeiten bzw. zu hohe Wasserspiegeldifferenzen auftreten.

Dies gilt vor allem auch bei einer Dotationsstaffelung für den obersten Schlitz. Hier sind geeignete Einbauten vorzusehen, damit auch bei reduzierter Dotation die Bemessungswerte eingehalten werden (Wasserspiegeldifferenzen, Fließgeschwindigkeiten, Mindestwassertiefen). Bei Schlitzpässen kann dies beispielsweise

durch zusätzliche Schlitze in einschiebbare Trennwänden erreicht werden (siehe z.B. Zauner et al. 2005).

Grundsätzlich sind in der Planung von FAH-Ein- und Ausstiegen die minimalen und maximalen Ober- und Unterwasserstände so zu berücksichtigen, dass die für die Fischpassierbarkeit notwendigen hydraulischen Bedingungen im Betrieb eingehalten werden können.

#### **4.2.6 Schutz der FAH vor Geschiebe, Treibgut und Problemen im Winter**

Sowohl der oberwasserseitige Ausstiegsbereich aus der FAH als auch der unterwasserseitige FAH Einstieg sind so zu planen, dass die Funktionalität der FAH nicht durch Geschiebe- und Treibguteintrag beeinträchtigt werden kann und dadurch der Wartungsaufwand minimiert wird (Abbildung 19 und Abbildung 20). Weiters ist darauf zu achten, dass FAHs grundsätzlich so gebaut werden, dass diese auch größere Hochwässer unbeschadet überstehen (Abbildung 21).

In alpinen Regionen können winterliche Vereisungen und Schneemassen zu Schwierigkeiten beim FAH Betrieb führen (Abbildung 22). In diesem Fall können die erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden an der Anlage, die Funktionsfähigkeit der FAH im Hochwinter einschränken. Fischwanderungen treten bei derartigen Extremverhältnissen praktisch nicht auf.

Abbildung 19 Massiver Eintrag von  
Geschwemmsel in einen Schlitzpass



Foto: Lunardon

Abbildung 20 Treibgutbelastung im  
unterwasserseitigen Einstiegsbereich



Foto: Salzburg AG

Abbildung 21 Hochwasser an der  
Warmen Mandling



Foto: Jäger

Abbildung 22 Vereisung einer FAH in  
Salzburg



Foto: Jäger et al. 2010

### 4.3 Möglichkeiten zur Unterstützung der Flussabwärtswanderung

Der Leitfaden behandelt ausschließlich Anlagen, welche die flussaufwärtsgerichtete Wanderung ermöglichen. Grundsätzlich ist aber auch eine Flussabwärtswanderung über viele FAH-Typen möglich (Unfer und Rauch 2019), wobei aber nur selten eine größere Quantität an Fischen festgestellt werden kann.

Für herkömmliche FAH-Typen mit freiem Einlauf liegt folgender aktueller Kenntnisstand bezüglich ihrer Funktionalität für die Abwärtswanderung vor:

- Die FAH ist einer von mehreren möglichen Abwärtswanderkorridoren. Im Gegensatz zu alternativen Abstiegswegen (Wehr, Turbine, etc.), stellt eine FAH jedenfalls einen permanent verfügbaren und für Fische grundsätzlich ohne Verletzungsrisiko passierbaren Korridor dar.
- Alle möglicherweise vorhandenen Abwärtswanderkorridore – Turbine, Restwasserdotierbauwerke, Fischabstiegshilfen, Fischaufstiegshilfen und Wehrüberläufe – werden, in unterschiedlicher Intensität, auch für den Fischabstieg angenommen.
- Die Wirksamkeit einer FAH für den Fischabstieg ist bei kleinen Flüssen vermutlich größer als bei mittleren und großen Flüssen, wobei hierzu aber noch keine quantitativen Untersuchungen vorliegen.
- Durch bauliche Anpassungen kann die Abwärts-Funktionalität einer FAH optimiert/verbessert werden – z.B. durch Leitbauwerke, Rechen, Tauchwand, Positionierung des Ausstiegs (der Ausstieg muss aber vor allem die Anforderungen für den Fischaufstieg erfüllen).

Eine FAH kann, sofern dies schon in der Planungsphase ausreichend berücksichtigt wird, eine Verbesserung auch der flussab gerichteten Durchgängigkeit ermöglichen. Der Einstieg aus dem Oberwasser sollte optimalerweise in unmittelbarer Nähe zum Feinrechen situiert sein und dieser durch Schrägstellung abwandernde Fische zum Einstieg leiten (Leitrechen) (Führer et al. 2019). Dabei ist aber gleichzeitig durch dessen geeignete Dimensionierung (Stababstand, Anströmgeschwindigkeit etc.) sicherzustellen, dass über die FAH flussauf gewanderte Fische nicht sofort wieder durch den Rechen zur Turbine geleitet werden bzw. am Rechen verletzt werden.

Vielfach ist eine derartige Positionierung des Einlaufes der FAH nicht möglich bzw. liegt dieser weiter flussauf (z.B. bei längeren Stauräumen etc.). Möglichkeiten zur Optimierung bei nicht idealer Positionierung des Einstieges in die FAH werden in Rauch und Unfer (2019) skizziert.

## 5 FAH-Typen und spezifische Gestaltungskriterien

Bei allen im Leitfaden dargestellten Bautypen, bei denen die Funktionsfähigkeit erprobt und erwiesen ist, ist die grundsätzliche Funktionalität einer FAH in Bezug zur Fischpassage sichergestellt. Die Ausweisung für den jeweiligen Gewässertyp (lt. FAH-Leitfaden, siehe Kapitel 3) erfolgt dann, wenn mittels biotischer Funktionskontrollen die Anforderungen des FAH-Leitfadens (Kapitel 1) an mehreren Standorten nachgewiesen wurden. Die dafür notwendigen Nachweise in Form von Untersuchungen unterscheiden sich deutlich von den Anforderungen an den Funktionsnachweis für Einzelanlagen. Die Ausweisung eines FAH-Typs, bei dem die Funktionsfähigkeit erprobt und erwiesen ist, bedeutet den eindeutigen (und daher mehr als einmaligen) Nachweis der Funktionsfähigkeit (Auffindbarkeit und verletzungsfreie Passierbarkeit) für einen Großteil der aufstiegswilligen Individuen aller Leit- und typischen Begleitarten für jedes Altersstadium ab 1+ (zweisömmrige Individuen) des jeweiligen Gewässertyps. Der Nachweis für einzelne Fischarten kann auch bei anderen Gewässertypen erfolgen, sofern die FAH-Bemessungswerte zumindest gleich oder „strenger“ (z.B. engere Schlitze, größere WSP- Differenz, etc.) sind. Neben diesbezüglich besonders sensiblen Fischarten, wie der Nase, kommt dabei dem Nachweis der Funktionsfähigkeit für die jeweilige größenbestimmende Fischart in der entsprechenden Größe besondere Bedeutung zu. Ebenso wesentlich ist der Nachweis des Aufstieges in ausreichenden Stückzahlen (absolut und in Relation zum Bestand im Unterwasser), insbesondere bei Fischarten mit Laichwanderungen in größeren Individuenzahlen. Für die generelle Bestätigung der Funktionsfähigkeit eines FAH-Typs in einer bestimmten Fischregion ist daher oft auch eine höhere Anzahl an Einzeluntersuchungen notwendig, um den Nachweis für alle relevanten Fischarten bzw. saisonale Bedingungen (Laichzeit, Wanderungen) zu erhalten.

Die biologische Funktionsüberprüfung einer Einzelanlage muss hingegen stets auf Basis der vor Ort verfügbaren wanderwilligen Fischartengemeinschaft erfolgen. Dies gestaltet sich oft schwierig, weil in vielen Fällen die Fischbestände im Unterwasser stark reduziert sind und viele Fischarten der aktuellen gewässertypspezifischen Leitbilder nach dem „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“ (BMNT 2019) fehlen. Vor allem repräsentative Individuen der größenbestimmenden

Fischarten, für welche die Dimensionen der FAH-Anlagen ausgelegt werden, fehlen sehr oft (siehe dazu auch Kapitel 9).

Entsprechend dem derzeitigen Wissensstand in Österreich werden einige FAH-Typen für alle Gewässertypen als funktionsfähig (erprobt und erwiesen) dargestellt, da deren Funktionsfähigkeit an allen im FAH-Leitfaden ausgewiesenen Gewässertypen mit den unterschiedlichen größenbestimmenden Fischarten an zahlreichen Stellen belegt ist. Bei anderen FAH-Bautypen (FAH-Schnecken) liegen positive Monitoringergebnisse für eine Reihe von Gewässertypen vor. Ihr Einsatz wird daher für diese Gewässertypen bzw. größenbestimmende Fischarten als erprobt und erwiesen angesehen. Bei manchen Gewässertypen und Fischarten bzw. Bemessungsgrößen ist ihre Funktionsfähigkeit noch nicht belegt (z.B. für Großfische größer 85 cm Länge, bei Laichwanderungen von großen Schwarmfischen wie der Nase). Werden zukünftig diese Nachweise erbracht, werden die Angaben bei der nächsten Überarbeitung des FAH-Leitfadens entsprechend erweitert. Fischeaufstiegsschnecken sind daher grundsätzlich als funktionierende Technik anzusehen. Um deren Funktionsfähigkeit in unterschiedlichen Situationen an den verschiedenen Gewässertypen besser absichern zu können, wird ein entsprechendes biologisches Monitoring empfohlen.

Bei den in Kapitel 5.3 bis 5.8 bzw. in Tabelle 5 dargestellten FAH-Typen wurde deren Funktionsfähigkeit (Auffindbarkeit und Durchwanderbarkeit) für die in Tabelle 5 angeführten Gewässertypen und Rahmenbedingungen erprobt und erwiesen. Anlagen dieser FAH-Typen, die gemäß dem Leitfaden geplant und errichtet werden, stellen für die genannten Gewässertypen den Stand der Technik dar.

Für die in den Kapiteln 5.9 und 5.10 dargestellten alternativen neuen Typen von Fischeaufstiegshilfen liegen an einzelnen Anlagen für einzelne Gewässertypen bereits positive Monitoringergebnisse für mehrere Fischarten vor. Ihre generelle Funktionsfähigkeit ist aber noch nicht erwiesen. Für die weitere Erprobung enthält der Leitfaden wesentliche Kriterien für die Planung, Errichtung und den Betrieb, die jedoch im Einzelfall entsprechend den jeweiligen Rahmenbedingungen eingehend hinsichtlich Funktionsfähigkeit zu prüfen sind. Dies gilt auch für FAH-Typen der Tabelle 5, bei denen die Funktionsfähigkeit an einzelnen Gewässertypen noch nicht ausreichend erprobt oder erwiesen ist (kein x in Tabelle 5).

Eine detaillierte Zusammenstellung der bisher vorliegenden Monitoringergebnisse dieser neuen FAH-Typen samt Bewertung der bisher erprobten Funktionsfähigkeit ist dem

**Begleitbericht zum FAH-Leitfaden 2021** zu entnehmen (BMLRT 2021b) – inklusive Aufstiegszahlen für die einzelnen Fischarten. Diese Informationen können als Grundlage für die Bewertung der Eignung dieser neueren FAH-Typen an einem speziellen Standort dienen.

Andere FAH-Typen haben sich in der Vergangenheit nicht bewährt – z.B. klassischer (nicht modifizierter) Denilpass, konventioneller (technischer) Beckenpass (lt. DWA M509 (2014)).

**Die Tatsache, dass ein FAH-Typ bzw. eine neuartige FAH-Lösung nicht als erprobt und erwiesen dargestellt wurde und in der nachfolgenden Tabelle nicht aufscheint, bedeutet nicht, dass er nicht funktioniert, sondern lediglich, dass die Funktionsfähigkeit derzeit nicht an ausreichend vielen Fällen (bzw. Gewässertypen) nachgewiesen wurde. Der Einsatz und die Planung derartiger FAH-Typen bedarf daher besonderer Sorgfalt und einer genauen Funktionsüberprüfung.**

Aktuell werden folgende FAH-Typen für die einzelnen Gewässertypen als funktionsfähig (erprobt und erwiesen) angesehen (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5 Für die einzelnen Gewässertypen in ihrer Funktionsfähigkeit erprobte und erwiesene FAH-Typen (Stand 2021)

| Fischregion               | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | FAH-Typen                      |                       |             |                     |                      |                 |                   |                     |
|---------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------|----------------------|-----------------|-------------------|---------------------|
|                           |                                 |                  | gewässertyp. Umgehungs-gerinne | naturnaher Beckenpass | Schlitzpass | Multi-Struktur-Pass | aufgelöste Sohlrampe | asymmetr. Rampe | Monorohr-Schnecke | Doppelrohr-Schnecke |
| Epirhithral, MQ < 2 m³/s  | Bachforelle                     | 30               | X                              | X                     | X           | X                   | X                    | X <sup>2</sup>  | X                 | X                   |
| Epirhithral, MQ > 2 m³/s  | Bachforelle                     | 40               | X                              | X                     | X           | X                   | X                    | X <sup>2</sup>  | X                 | X                   |
| Metarhithral, MQ < 2 m³/s | Bachforelle                     | 40               | X                              | X                     | X           | X                   | X                    | X <sup>2</sup>  | X <sup>3</sup>    | X <sup>3</sup>      |
| Metarhithral, MQ > 2 m³/s | Äsche, BF                       | 50               | X                              | X                     | X           | X                   | X                    | X <sup>2</sup>  | X <sup>3</sup>    | X <sup>3</sup>      |
| Hyporhithral, MQ < 2 m³/s | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50               | X                              | X                     | X           | X                   | X                    | X <sup>2</sup>  | X <sup>3</sup>    | X <sup>3</sup>      |

| Fischregion                    | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | FAH-Typen                      |                       |             |                     |                     |                 |                   |                     |                |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|
|                                |                                 |                  | gewässertyp. Umgehungs-gerinne | naturnaher Beckenpass | Schlitzpass | Multi-Struktur-Pass | aufgeößte Sohlrampe | asymmetr. Rampe | Monorohr-Schnecke | Doppelrohr-Schnecke |                |
| Hyporhithral, MQ > 2 m³/s      | Aalrutte, Barbe                 | 60               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    | X <sup>3</sup>      | X <sup>3</sup> |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m³/s | Huchen                          | 80               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    | X <sup>3</sup>      | X <sup>3</sup> |
| Hyporhithral, MQ > 20 m³/s     | Huchen                          | 100              | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Epipotamal klein               | Aitel, Äsche, Barbe             | 60               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    | X <sup>3</sup>      | X <sup>3</sup> |
| Epipotamal mittel              | Barbe                           | 60               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    | X <sup>3</sup>      | X <sup>3</sup> |
| Epipotamal mittel              | Hecht                           | 90               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Epipotamal mittel              | Huchen                          | 90               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Epipotamal groß                | Huchen                          | 100              | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Epipotamal groß                | Wels                            | 120              | X                              | X                     | X           | X <sup>1</sup>      | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Seezubringer, -ausrinn         | Seeforelle                      | 90               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    |                     |                |
| Gründlings- und Schmerlenbach  | Aitel                           | 40               | X                              | X                     | X           | X                   | X                   | X               | X <sup>2</sup>    | X                   | X              |
| Donau                          | Wels                            | 150              | X                              | X                     | X           |                     |                     | X <sup>4</sup>  | X <sup>4</sup>    |                     |                |

X<sup>1</sup> ... bei Einhaltung der Mindest-Bemessungswerte lt. Kapitel 5.5.6 (Beckenlänge, -breite, Schlitzweite)

X<sup>2</sup> ... sofern Q330 (Überschreitungsdauer 330 Tage) über den in Tabelle 17 angeführten Mindestabflüssen

X<sup>3</sup> ... wenn auch langfristig keine größeren Stückzahlen von Nasen oder Äschen während der Laichwanderung zu erwarten sind

X<sup>4</sup> ... nicht Donau selbst, aber einmündende Nebengewässer/Zuflüsse bzw. FAH-Einstiege

**Fischpassierbare Rampen**, über die der gesamte Abfluss des Gewässers fließt, gewährleisten die Durchgängigkeit flussauf für fast alle aufstiegswilligen Individuen sowie vollständig flussab und sind daher grundsätzlich zu bevorzugen. Sie werden im Kapitel 5.7 überblicksweise behandelt. Bei diesen Rampenbauwerken, die zur Gänze im HW- Abflussbereich liegen, kommt den bautechnischen Details für die Gestaltung hohe Bedeutung zu. Für die Detaildimensionierung von Rampen wird daher als Ergänzung auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

**Teilrampen** umfassen nur einen Teil der Gewässerbreite und werden nur bei NW bis MW vom gesamten Abfluss durchflossen. Verlaufen sie in der Uferböschung bzw. vom Gerinne getrennt, liegen fließende Übergänge zu FAHs vor.

Bei allen im Leitfaden als funktionsfähig (erprobt und erwiesen) dargestellten Bautypen ist bei Einhaltung der Bemessungswerte und Empfehlungen die grundsätzliche Funktionalität einer FAH in Bezug zur flussauf gerichteten Fischpassage mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt. Hinsichtlich der Passierbarkeit gibt es daher keine Präferenz zwischen den einzelnen FAH-Typen. Ob allerdings mit dem FAH-Typ zusätzlich gewässertypischer (Fließgewässer-) Lebensraum zur Verfügung gestellt wird, kann für die Wirkung einer FAH im Gesamtsystem und das Erreichen des ökologischen Zielzustandes, vor allem bei regulierten und gestauten Flüssen, wesentlich sein (siehe Kapitel 5.2).

## 5.1 Äquivalente FAH-Typen des DWA-Merkblattes

Nachfolgende Tabelle 6 gibt einen Überblick, unter welchen Bezeichnungen die FAH-Typen des FAH-Leitfadens im DWA-Merkblatt M509 zu finden sind (Stand 2014).

Tabelle 6 Äquivalente FAH-Typen des FAH-Leitfadens im DWA-Merkblatt M509

| <b>FAH-Typ<br/>lt. FAH-Leitfaden 2020</b> | <b>äquivalenter FAH-Typ<br/>lt. DWA M 509</b>             | <b>Bemerkungen</b>   |
|---|---|--|
| gewässertypisches Umgehungsgerinne        | Spezialform eines Raugerinne-Umgehungsgerinnes            | Morphologie ist natürlichen Fließgewässern nachempfunden, keine Schwellen etc.                   |
| naturnaher Beckenpass                     | Raugerinne mit Beckenstruktur (mit NW-Schwellen)          | Ausformung der Schwelle mit einem Beckenübertritt, wobei eine gewisse Sohlanrampung zulässig ist |
| Schlitzpass                               | Schlitzpass   | identische Bezeichnung und Ausformung  |
| Multi Struktur Fischpass                  | Multislotpass   | Aufnahme bei Überarbeitung des DWA M 509 in Prüfung  |
| aufgelöste Sohlrampe/Teilrampe            | gewässerbreites/teilbreites Raugerinne mit Beckenstruktur |  |
| asymmetrische Rampe/Raugerinne            | gewässerbreites/teilbreites Raugerinne mit Störsteinen    | Störsteine sind zu Buhnen zusammengefasst  |

| <b>FAH-Typ<br/>lt. FAH-Leitfaden 2020</b> | <b>äquivalenter FAH-Typ<br/>lt. DWA M 509</b> | <b>Bemerkungen</b>  |
|---|---|---|
| Monorohrschnecke                          |   | ev. Aufnahme bei Überarbeitung des DWA M 509 in Diskussion                                    |
| Doppelrohrschnecke                        |   | ev. Aufnahme bei Überarbeitung des DWA M 509 in Diskussion                                    |
| Fischliftschleuse                         | vereinfachte „Pavlov-Schleuse“                | Pavlov-Schleuse hat zusätzliche Bauteile, Fischschleusen sollen in DWA fortgeschrieben werden |
| Fischlift                                 | Fischaufzug                                   | Fischaufzüge sollen in DWA fortgeschrieben werden   |
| Modifizierter Denilpass                   |   | in DWA M 509 2014 nicht enthalten   |
| Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe             |   | in DWA M 509 2014 nicht enthalten   |

Dies soll die Nutzung der im DWA-Merkblatt M509 enthaltenen detaillierten Planungs- und Dimensionierungsanleitungen erleichtern, wobei für die Konformität mit vorliegendem FAH-Leitfaden die angeführten Bemessungswerte, die teilweise von den Werten des DWA-Merkblattes abweichen, einzuhalten sind.

## **5.2 Wahl des geeigneten FAH-Typs**

Die richtige und optimale Typenwahl für den jeweiligen Standort vereinigt fischökologisches Wissen, hydraulische Erfahrung und technische Kenntnisse. Sie ist die wichtigste konzeptive Aufgabe des Projektanten. Der zu wählende Typ der Fischaufstiegshilfe und ihre Dimensionierung richtet sich grundsätzlich nach der Art der Kontinuumsunterbrechung (Absturzbauwerk, Kraftwerk mit Ausleitung, Kraftwerk ohne Ausleitung, etc.), den gewässertypspezifischen größenbestimmenden Fischarten und der Abflusscharakteristik des jeweiligen Gewässers. Je nach den technischen Gegebenheiten, den zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen und den ökologisch für die Fischwanderung notwendigen Abflüssen bieten sich verschiedene Lösungsmöglichkeiten (Sohlrampe, Umgehungsgerinne, naturnahe FAH, technische FAH, FAH-Schnecke, etc.) für das Thema Fischaufstieg an. Jede dieser FAH-Typen hat ihren optimalen Einsatzbereich bei bestimmten Gegebenheiten und Dotationen (siehe Tabelle 7). Ein Auswahlschema für den passenden FAH-Typ in Abhängigkeit vom verfügbaren Platz findet sich in Zitek et al. (2007).

Mittels gewässertypischen Umgehungsgerinnen in ausreichender Gewässergröße kann neben der Durchgängigkeit gleichzeitig Lebensraum für die gewässertypischen Fischarten geschaffen werden. Damit kann in hydromorphologisch stark beeinträchtigten Gewässern ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung des ökologischen Zustands/Potentials erfolgen. Bei Stauketten können damit Laichplätze und Jungfischlebensräume für die strömungsliebenden Leitfischarten und typischen Begleitfischarten geschaffen werden, die außer in der Stauwurzel sonst nicht mehr herstellbar sind. Gerade in diesen Fällen hat der Bau von gewässertypischen Umgehungsgerinnen daher höchste Priorität. (vgl. Leitfaden zur Bewertung erheblich veränderter Gewässer, biologische Definition des guten ökologischen Potentials, BMLRT 2020). In hydromorphologisch wenig beeinträchtigten Gewässern hat der zusätzliche Lebensraum hingegen weniger Einfluss auf die Typenwahl. Eine FAH kann, abhängig vom Typ und der Gestaltung, auch einen Beitrag zur flussabgerichteten Durchgängigkeit ermöglichen bzw. einer von mehreren möglichen Abwärtswanderkorridoren sein.

Auch eine Kombination zweier FAH-Typen (hintereinander) ist möglich und erlaubt unter Umständen eine optimale Anpassung an besondere Umstände (z.B. Schlitzpass unter beengten Verhältnissen und Umgehungsgerinne in großflächigeren Abschnitten). Beim Übergang der beiden FAH-Typen ist jedoch darauf zu achten, dass die jeweiligen Anforderungen an Fließgeschwindigkeiten, Wasserspiegeldifferenzen, Wassertiefen, Turbulenzen etc.) eingehalten werden.

Tabelle 7 Vor- und Nachteile der einzelnen FAH Typen

| <b>FAH-typen</b>  |
|---|
| <b>Gewässertypisches Umgehungsgerinne:</b>  |
| <p><b>Vorteil:</b> gewässertypischer Lebensraum, relativ geringe Bau- und Instandhaltungskosten Bei diesem Typ wird gleichzeitig mit der Durchgängigkeit auch Lebensraum zur Verfügung gestellt, der v.a. bei hydromorphologisch stark beeinträchtigten Gewässern einen deutlichen Beitrag zur Erreichung des guten ökologischen Zustands/Potentials leisten kann.</p> <p><b>Nachteil:</b> großer Platzbedarf, optimaler Einstieg in beengten Verhältnisse tw. schwierig herzustellen</p> |
| <b>Naturnaher Beckenpass</b>  |
| <p><b>Vorteil:</b> Lebensraum, relativ geringe Bau- und Instandhaltungskosten</p> <p><b>Nachteil:</b> erfordert Erfahrung beim Bau der Schwellen/Beckenübergänge</p>  |

|  |
|--|
| <b>FAH-typen</b>   |
| <b>Schlitzpass (inkl. Multi-Struktur-Fischpass)</b>  |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, optimaler Einstieg auch in beengten Verhältnisse herstellbar, (Multi-Struktur-Fischpass: geringere Dotation erforderlich, sofern nicht höhere Dotation für Leitströmung erforderlich)</p> <p><b>Nachteil:</b> vergleichsweise höhere Baukosten, hoher Instandhaltungsaufwand, kein Lebensraum (sofern notwendig)</p>  |
| <b>Fischpassierbare Rampe und Teilrampe (inkl. asymmetr. Rampe)</b>  |
| <p>Vorteil: Wiederherstellung der fast vollständigen Durchgängigkeit flussauf und flussab, geringe Instandhaltungskosten</p> <p>Nachteil: bei größeren Gewässern sehr hohe Baukosten, im Fall einer geringen Niederwasserführung oder in Restwasserstrecken ist die Durchgängigkeit oft schwer dauerhaft herstellbar (vor allem bei asymmetr. Rampe)</p>   |
| <b>Fischaufstiegsschnecke/Monorohrschnecke</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, kaum Dotationsverluste (wenn Leitströmung über Triebwasser gewährleistet wird), auch bei stärker schwankenden Oberwasserspiegeln einsetzbar</p> <p><b>Nachteil:</b> Funktionsfähigkeit noch nicht bei allen Gewässertypen belegt, höherer Instandhaltungsaufwand, noch keine Langzeiterfahrungen, ausreichende Leitströmung erfordert zusätzliche Maßnahmen, kein Lebensraum (sofern notwendig), keine Fischabstiegsmöglichkeit</p> |
| <b>Fischaufstiegsschnecke/Doppelrohrschnecke</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, kaum Dotationsverluste, auch Fischabstieg quantitativ möglich</p> <p><b>Nachteil:</b> Funktionsfähigkeit noch nicht bei allen Gewässertypen belegt, höherer Instandhaltungsaufwand, noch keine Langzeiterfahrungen, vergleichsweise höhere Baukosten, kein Lebensraum (sofern notwendig)</p>  |
| <b>Fischlift</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, auch bei sehr hohen Höhendifferenzen und stark schwankenden Oberwasserspiegeln einsetzbar (auch wo andere FAH-Typen nicht einsetzbar sind)</p> <p><b>Nachteil:</b> bisher Einzelstandorte, Funktionsfähigkeit noch nicht ausreichend belegt, höherer Instandhaltungsaufwand, noch keine Langzeiterfahrungen, vergleichsweise höhere Bau- und Betriebskosten, kein Lebensraum (sofern notwendig), keine Fischabstiegsmöglichkeit</p> |
| <b>Fischliftschleuse</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, auch bei sehr hohen Höhendifferenzen und stark schwankenden Oberwasserspiegeln einsetzbar (auch wo andere FAH-Typen nicht einsetzbar sind)</p> <p><b>Nachteil:</b> bisher Einzelstandorte, Funktionsfähigkeit noch nicht ausreichend belegt, höherer Instandhaltungsaufwand, noch keine Langzeiterfahrungen, kein Lebensraum (sofern notwendig), keine Fischabstiegsmöglichkeit (bei Standorten mit Überpumpen)</p>                 |
| <b>Modifizierter Denilpass</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, geringe Baukosten</p> <p><b>Nachteil:</b> bisher Einzelstandorte, Funktionsfähigkeit noch nicht ausreichend belegt, nur geringe Höhendifferenzen pro Einzelmodul (sonst Hintereinanderschaltung mehrerer Module), kein Lebensraum (sofern notwendig)</p>  |

|   |
|---|
| <b>FAH-typen</b>  |
| <b>Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe</b>  |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, geringe Baukosten</p> <p><b>Nachteil:</b> bisher Einzelstandorte, Funktionsfähigkeit noch nicht ausreichend belegt, nur geringe Höhendifferenzen pro Einzelmodul (sonst Hintereinanderschaltung mehrerer Module), kein Lebensraum (sofern notwendig)</p> |
| <b>Kombiniertes Fischliftsystem</b>   |
| <p><b>Vorteil:</b> geringer Platzbedarf, geringe Baukosten</p> <p><b>Nachteil:</b> bisher Einzelstandort, Funktionsfähigkeit noch nicht ausreichend belegt, kein Lebensraum (sofern notwendig)</p>  |

## 5.3 Gewässertypisches Umgehungsgerinne

### 5.3.1 Generelle Gestaltung

Ein gewässertypisches Umgehungsgerinne stellt vor allem dort eine optimale Lösung dar, wo relativ viel Platz zur Überwindung des Höhenunterschiedes zur Verfügung steht.

Das Umgehungsgerinne ist als naturnahes Gerinne ausgestaltet, das Gefälle ist dem Gewässertyp angepasst (Abbildung 23 und Abbildung 24, Tabelle 8). Art und Ausformung von Umgehungsgerinnen orientieren sich immer an Typ und Größe des Gewässers bzw. dessen Zubringern. Im Epi- und Metarhithral liegt bei steilen Gewässern mit natürlicher Kaskaden-/Kolkabfolge ein fließender Übergang zum naturnahen Beckenpass vor. Essentiell für eine längerfristige Funktionalität naturnaher Umgehungsgerinne ist der Erhalt einer heterogenen Tiefenstruktur entsprechend natürlichen Kolk/Furt-Sequenzen.

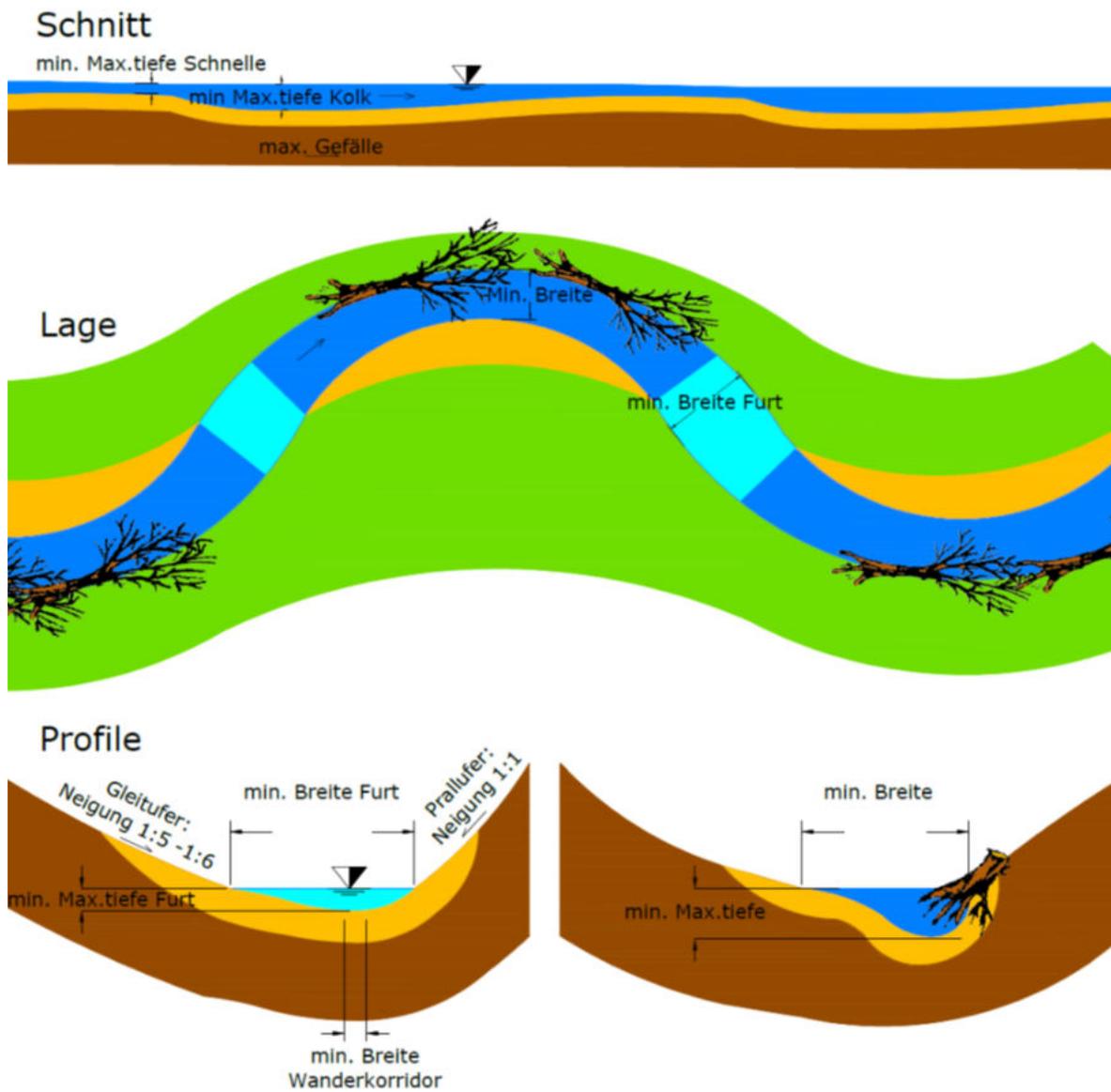
Eine wesentliche Zusatzfunktion von gewässertypischen Umgehungsgerinnen ist die zusätzliche Schaffung von Lebensraum, speziell von Laichplätzen und Jungfischlebensräumen strömungsliebender Fischarten.

Abbildung 23 Gewässertypspezifisches Umgehungsgerinne vom Gewässerbett völlig abgesetzt, dynamisch dotiert



Fotos: ezb

Abbildung 24 Skizzenartige Darstellung eines naturnahen Umgehungsgerinnes mit detaillierter Darstellung der Beckenübergänge mit minimalen Maximaltiefen und Ausformung der Beckenübergänge zur standardisierten Abflussberechnung; siehe auch Anhang I: „Bemessungsbeispiele für die einzelnen FAH-Typen“



Grafik: ezb

## 5.3.2 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

### 5.3.2.1 Gerinneausformung

Für naturnahe Umgehungsgerinne werden minimale Kolkiefen von 60-120 cm (Ausnahme: Donau mit 170 cm) vorgeschlagen (siehe Tabelle 9). Dies ergibt zusammen mit den Mindesttiefen in den Furten im Wanderkorridor mittlere Wassertiefen von rd. 48-96 cm (rd. 80% „minimale Kolkiefen“).

### 5.3.2.2 Furten

Entsprechend den in Kapitel 4.2 angeführten allgemeinen Anforderungen wird die hydraulische Mindestwassertiefe an den Furten mit 2,5 x der Körperhöhe der größtenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mindestens 20 cm festgelegt (Tabelle 3).

Die erforderliche Breite der Furt wird durch die Breite des Wanderkorridors, in dem die erforderliche Mindestwassertiefe vorliegt, und die anschließenden Uferböschungen bis zur Wasseranschlagslinie bestimmt. Die Breite des Wanderkorridors wird mit 3 x der Körperbreite der größtenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mindestens 15 cm festgelegt (Tabelle 3). Durch asymmetrische Uferböschungen („Prallbereich“ 1:1 und „Gleituferbereich“ 1:5-6) kann die Breite optimiert werden. Lediglich im Epirhithral mit Abflüssen unter  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  wird auch das Gleitufer mit 1:2 angenommen, da hier Furten aufgrund des hohen Gefälles und der Gewässercharakteristik meist Steinschwellen entsprechen.

Da in den Rinner-/Kolkbereichen nur ein relativ geringes Gefälle vorliegt, stellt sich in den Furten ein Gefälle deutlich über dem unten angegebenen Ausgleichsgefälle ein. Aus Erfahrungswerten wird für die hydraulische Berechnung der Furten das 1,5-fache Ausgleichsgefälle angesetzt.

### 5.3.2.3 Gefälle

Bei gewässertypspezifischen Umgehungsgerinnen besteht wie bei natürlichen Gewässern eine starke Wechselwirkung zwischen Abfluss und Gefälle. Tabelle 8 beinhaltet daher sowohl Mindestdotationen für naturnahe Umgehungsgerinne in Abhängigkeit des jeweiligen Gewässerabflusses als auch das maximal zulässige mittlere Gefälle in Abhängigkeit der Dotation und der Fischregion als Hilfwerte für die Bemessung. Die angegebenen Gefällewerte sind an die Werte der Fischregionen nach Huet (1959) angelehnt und auf Basis von Monitoringergebnissen von Umgehungsgerinnen adaptiert.

Tabelle 8 Maximales mittleres Gefälle (Ausgleichsgefälle) von Umgehungsgerinnen in Abhängigkeit der Dotation und der Fischregion

| MQ Gewässer [m³/s] | 5       | 10      | 20      | 50      | 100     | 200     | Donau   |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MQ FAH [m³/s]      | 0,25    | 0,5     | 0,8     | 1       | 1,5     | 2       | >2      |
| ER Gefälle [%]     | 2,0-3,0 | 1,5-2,5 | 1,2-2,0 | 1,0-1,5 | 0,9-1,4 |         |         |
| MR Gefälle [%]     | 1,5-2,0 | 1,0-1,5 | 0,9-1,2 | 0,8-1,0 | 0,7-0,9 |         |         |
| HR Gefälle [%]     | 1,0-1,5 | 0,8-1,0 | 0,7-0,9 | 0,6-0,8 | 0,5-0,7 | 0,4-0,6 |         |
| EP Gefälle [%]     | 0,7-1,0 | 0,6-0,8 | 0,5-0,8 | 0,5-0,7 | 0,4-0,7 | 0,3-0,6 | 0,3-0,4 |

### 5.3.3 Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich

Für gewässertypische Umgehungsgerinne ergeben sich vor allem bei kleineren und mittleren Gewässern, wo der Sohlanschluss meist schon konstruktionsbedingt gegeben, die gleichen Anforderungen an den Einstiegsbereich wie bei den anderen FAH-Typen. Details zu den großen Gewässern werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Bei Flüssen mit höheren Schwankungen des Unterwasser-Spiegels ist die optimale Lage am Wanderhindernis meist schwieriger zu erreichen als beim Schlitzpass, da der Wasserspiegelanstieg im Unterwasser bei höheren Abflüssen nicht durch Hochziehen der Trennwände wie beim Schlitzpass kompensiert werden kann.

Bei Gewässern mit entsprechend großen Schwankungen des Unterwasser-Spiegels sind daher Lösungen vorzusehen, die bei allen Abflüssen ausreichende Fließgeschwindigkeiten

bis zum Rand des Wanderkorridors der Fische sicherstellen. Eine Möglichkeit stellen Mündungsrampen entlang des Unterwasser-Ufers oder Mündungsseitenarme mit Erhöhung der Leitströmung während der Hauptwanderzeit der Leitarten dar. Dadurch rückt zwar der Einstieg bei niedrigen Unterwasser-Ständen etwas vom Wanderhindernis weg, bei höheren Abflüssen liegt der Einstieg aber optimal bzw. existiert eine deutlich höhere Leitstromdotation. Bei größeren Flüssen wird dringend empfohlen, den Einstieg mittels hydraulischer Modellierung entsprechend den lokalen Verhältnissen zu optimieren, damit zur Hauptwanderzeit und den dabei vorherrschenden Wasserständen eine optimale Auffindbarkeit erreicht werden kann (siehe auch unten).

### **5.3.3.1 Erfahrungen bei Einstiegen bei Umgehungsgerinnen bei großen Flüssen**

In den letzten Jahren wurden mehrere große Umgehungsgerinne an großen Flüssen, vor allem der Donau, errichtet. Teilweise besitzen sie einen Einstieg, der turbinenseitig und relativ wehrnahe bzw. unmittelbar flussab der Bereiche mit sehr hohen Fließgeschwindigkeiten liegt (z.B. FAH am KW Greifenstein/Donau). Die gleiche Lage des Einstieges weist auch die FAH am KW Abwinden/Asten/Donau auf.

Einstiege, die zwar etwas flussab des Wehres liegen, aber an die Strömungsbereiche des Unterwassers angrenzen, weisen ebenfalls eine gute Auffindbarkeit auf, auch für adulte, strömungsliebende Fische während ihrer Laichwanderung. In diesen Fällen sorgen Flussstrukturen, wie z.B. abflussstarke Seitenarme im Einstiegsbereich oder einmündende Zuflüsse mit zur Laichzeit höheren Wassertemperaturen als der Vorfluter und einer insgesamt erhöhten Leitströmung für eine zusätzliche Attraktion. Beim KW Rheinfelden am Rhein wanderten mehr Fische in ein neues Umgehungsgerinne mit gut wahrnehmbarer Leitströmung entlang des Wanderkorridors ein als in den älteren, direkt turbinenseitig am Wehr gelegenen Schlitzpass, obwohl der Einstieg weiter vom Wehr flussab lag.

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass Umgehungsgerinne an großen Flüssen, die aufgrund der zusätzlich angestrebten Lebensraumfunktion meist auch höhere Dotation als andere FAH-Typen aufweisen, auch dann eine gute Auffindbarkeit – selbst für adulte, strömungsliebende Fische während ihrer Laichwanderung – aufweisen, wenn sie zwar etwas wehrferner (bis 500 m), aber mit gut wahrnehmbarer Leitströmung entlang des Wanderkorridors der Fische einmünden bzw. zudem zusätzliche Attraktion aufgrund von Flussstrukturen bzw. Zuflusseinmündungen besitzen.

### **5.3.4 Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser**

Auch hier gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie für alle anderen FAH-Typen. Bei größeren regelmäßigen Abflussschwankungen ist die Höhenlage der obersten Furt auf den tiefsten häufigen Oberwasser-Spiegel so zu bemessen, dass die Mindestabmessungen zur Sicherstellung der Passierbarkeit der FAH eingehalten werden. Die sich bei höherem Oberwasser-Spiegel einstellende größere Dotation kann für die Annäherung an eine naturnahe Abflussschwankung genutzt werden oder es sind entsprechende Steuerelemente zum Ausgleich der Dotationsschwankungen vorzusehen. Dabei ist auf die entsprechend raue Ausgestaltung der obersten Furt entsprechend den allgemeinen Anforderungen zu achten, um die uneingeschränkte Passierbarkeit zu gewährleisten. Bewährt haben sich Horizontalschieber mit ausreichend rauer Sohle im Wanderkorridor (siehe Kapitel 5.4 Naturnaher Beckenpass). Bei größeren Anlagen können auch ein naturnah gestalteter unveränderbarer Querschnitt und ein davon getrennter zweiter steuerbarer Querschnitt vorgesehen werden. Ersterer regelt die Dotation bei hohem Oberwasser-Spiegel und stellt den Wanderkorridor (mit entsprechender Größe) dar; zweiterer ergänzt die Dotation bei niedrigerem Oberwasser-Spiegel und unterliegt keinen Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit.

### **5.3.5 Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne**

Bringt man die in Kapitel 4 bzw. oben angeführten Bemessungswerte zur Anwendung, ergeben sich je Fischregion die in Tabelle 9 dargestellten Dimensionen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Durchwanderbarkeit sicherstellen.

Die angegebenen Dotationen für FAHs sind als standardisierte Rechenbeispiele zu verstehen, welche sich auf Basis der zur Anwendung gebrachten spezifischen hydraulischen und geometrischen Mindestbemessungswerte der FAH ergeben. Konkrete Planungen können sich im Rahmen der möglichen Kombinationen der Bemessungswerte von diesen unterscheiden.

So kann durch Reduktion des Gefälles die für die Passierbarkeit erforderliche Dotation in gewissem Umfang reduziert werden (unter Berücksichtigung der Einhaltung der Mindestfließgeschwindigkeit von 0,3 m/s in der FAH und einer ausreichenden Leitstromdotation bzw. entsprechender Zusatzdotation in den unteren Teil der FAH).

Details zu den Berechnungen finden sich im Anhang I „Bemessungsbeispiele für die einzelnen FAH-Typen“.

Tabelle 9 Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte

| Fischregion                                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximales Ausgleichsgefälle [%] | min. Breite Wanderkorridor an Furten [cm] | Hydraulische Mindesttiefe an Furten [cm] | min. Kolktiefe [cm] | min. mittlere Tiefe im Wanderkorridor <sup>3</sup> [cm] | Min. Breite Furt <sup>2</sup> [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte <sup>1</sup> [l/s] |
|---|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---|--|---------------------|---|------------------------------------|--|
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 30               | 3,0                             | 19  | 20                                       | 60                  | 48  | 80                                 | 100  |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 40               | 3,0                             | 23  | 20                                       | 75                  | 60  | 135                                | 180  |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | Bachforelle                     | 40               | 1,8                             | 19  | 20                                       | 65                  | 52  | 135                                | 140  |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Äsche, BF                       | 50               | 1,5                             | 30  | 25                                       | 80                  | 64  | 175                                | 230  |
| Hyporhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50               | 1,0                             | 30  | 25                                       | 70                  | 56  | 170                                | 190  |
| Hyporhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Aalrutte, Barbe                 | 60               | 1,0                             | 38  | 30                                       | 85                  | 68  | 220                                | 330  |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m <sup>3</sup> /s | Huchen                          | 80               | 1,0                             | 45  | 35                                       | 100                 | 80  | 240                                | 470  |
| Hyporhithral, MQ > 20 m <sup>3</sup> /s     | Huchen                          | 100              | 0,7                             | 53  | 40                                       | 110                 | 88  | 260                                | 530  |
| Epipotamal klein                            | Aitel, Äsche, Barbe             | 60               | 0,7                             | 30  | 25                                       | 70                  | 56  | 180                                | 160  |
| Epipotamal mittel                           | Barbe                           | 60               | 1,0                             | 38  | 30                                       | 85                  | 68  | 220                                | 330  |
| Epipotamal mittel                           | Hecht                           | 90               | 0,7                             | 41  | 35                                       | 85                  | 68  | 250                                | 380  |
| Epipotamal mittel                           | Huchen                          | 90               | 0,6                             | 48  | 37                                       | 100                 | 80  | 290                                | 470  |
| Epipotamal groß                             | Huchen                          | 100              | 0,6                             | 53  | 40                                       | 110                 | 88  | 300                                | 560  |
| Epipotamal groß                             | Wels                            | 120              | 0,6                             | 75  | 45                                       | 120                 | 96  | 370                                | 930  |
| Seezubringer, -ausrinn                      | Seeforelle                      | 90               | 0,6                             | 53  | 45                                       | 110                 | 88  | 370                                | 820  |
| Gründlings- und Schmerlenbach               | Aitel                           | 40               | 0,9                             | 23  | 20                                       | 65                  | 52  | 130                                | 90   |
| Donau                                       | Wels                            | 150              | 0,4                             | 90  | 60                                       | 170                 | 136   | 450                                | 1.880  |

<sup>1</sup> aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit (vgl. Anhang), eventuell erhöhte (Zusatz-) dotation für Sicherstellung Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich (vgl. Kap. 4)

<sup>2</sup> aus Mindestabmessungen Wanderkorridor in Furt und erforderlichen Uferböschungen abgeleiteter Mindestwert (siehe Abbildung 24 und Anhang)

<sup>3</sup> aus minimaler Kolktiefe im Becken und hydraulischer Mindesttiefe im Beckenübergang ermittelter Richtwert

Wenn eine Bemessungsgröße, wie z.B. das maximale Ausgleichsgefälle, abweichend von obenstehender Tabelle festgelegt wird, so ergeben sich auch andere Rechenergebnisse für z.B. die Dotation, wie dies im Folgenden beispielhaft für ein gewässertypisches Umgehungsgerinne im Hyporhithral gezeigt wird.

Tabelle 10 Variationsbeispiel zu Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne

| Fischregion                                      | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximales Ausgleichsgefälle [%] | min. Breite Wanderkorridor an Furten [cm] | Hydraulische Mindesttiefe an Furten [cm] | min. Kolkttiefe [cm] | min. mittlere Tiefe im Wanderkorridor [cm] | Min. Breite Furt [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte [l/s] |
|--|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---|--|----------------------|--|-----------------------|---|
| Hyporhithral, $2 < MQ < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ | Huchen                          | 80               | 1,0                             | 45  | 35                                       | 100                  | 80   | 240                   | 470   |
| Hyporhithral, $2 < MQ < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ | Huchen                          | 80               | 0,7                             | 45  | 35                                       | 100                  | 80   | 240                   | 390   |

## 5.4 Naturnaher Beckenpass

Beim naturnahen Beckenpass erfolgt die Überwindung des Höhenunterschieds mithilfe einer Riegel/Schwellen-Becken-Abfolge, die einer Schwellen-Kolk Abfolge eines kleinen Gewässers der Forellenregion nachempfunden ist. Das Gefälle und die Dimensionen sind, ebenso wie bei den zuvor beschriebenen FAHs, an den Gewässertyp anzupassen.

### 5.4.1 Generelle Gestaltung

Wie bei der aufgelösten Rampe setzen sich auch naturnahe Beckenpässe aus mehreren Einzelschwellen/-riegeln mit dazwischenliegenden Kolken zusammen, sodass sich im Längenschnitt eine beckenartige Struktur ergibt (Abbildung 25 bis Abbildung 27). Im Gegensatz zu aufgelösten Rampen führen Beckenpässe jedoch um das Querbauwerk herum und leiten nicht den gesamten Hochwasserabfluss ab.

Wesentliche Bedeutung kommt der rauen, asymmetrischen Ausformung (trapezförmig) der Beckenübergänge mit rauem Sohlanschluss zu, um die Passierbarkeit bei allen Abflusssituationen sicherzustellen (Abbildung 27). Glatte bzw. scharfkantige Beckenabstürze sowie kleine V-förmige Zwickel ohne Sohlanschluss sind aufgrund ihrer schlechten Passierbarkeit für Fische zu vermeiden (Haunschmid et al. 2009). Die Sohle darf

im Bereich der Beckenübergänge nur so weit angehoben werden, dass ein Sohlanschluss der Beckenübergänge und damit die Passierbarkeit für bodenwandernde Fischarten sichergestellt ist (siehe Kapitel 4.2.3.1 sowie Abbildung 27).

Naturnahe Beckenpässe mit einheitlich rechteckiger Breite der Beckenübergänge entsprechen eher Schlitzpässen bzw. „Raugerinnen mit Beckenstruktur“ entsprechend DWA-Merkblatt M509 und sind daher ohne Sohlanhebung auszuführen (siehe auch Kapitel 5.4.2.1). Durch die Verwendung großer Steine und ein weitgehendes Auflösen der Beckenstruktur kann ein pendelnder Verlauf mit gleichzeitig hoher Rauigkeit erreicht werden, wobei die typischen Beckenübergänge in schlitz- bzw. rinnerartige Elemente (bei Einhaltung aller anderen Grenzwerte) übergehen können. Bei Anlagen im Übergangsbereich zu Umgehungsgerinnen (Auflösung von Schwellen/Riegeln) sind die jeweiligen Bemessungsgrößen sorgfältig individuell festzulegen.

Abbildung 25 Beispiele naturnaher Beckenpässe



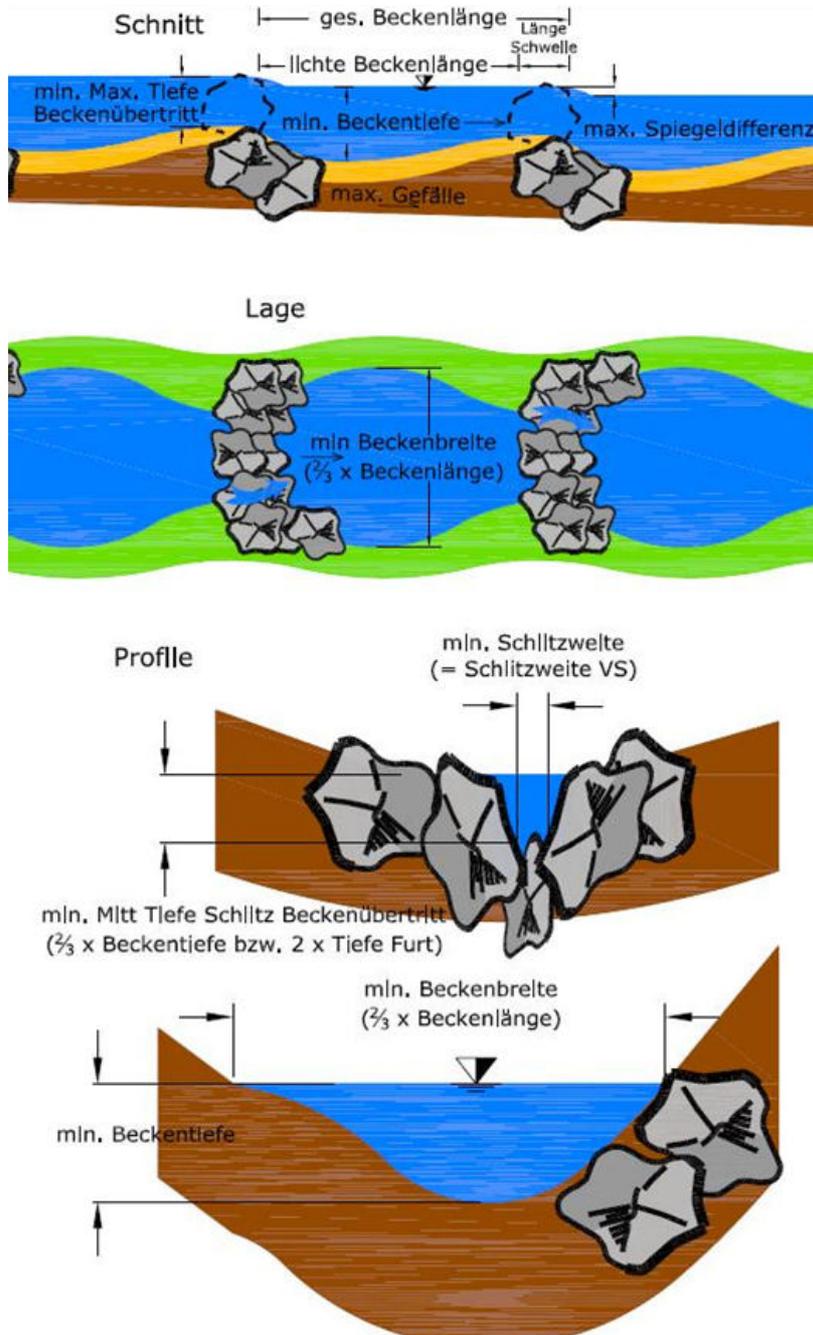
Fotos: ezb

Abbildung 26 Kristeinerbach, Sohlrauigkeit und bis zur Sohle durchgehende raue Beckenübergänge, Beschattung und Unterstände durch austriebsfähige Weidenstöcke vor und nach Flutung



Fotos: links Bauaufsichtsbericht Kristeinerbach, rechts Ullmann 2008

Abbildung 27 Skizzenartige Darstellung eines naturnahen Beckenpasses mit detaillierter Darstellung der Beckenübergänge. In der Skizze sind die im Text und der Tabelle 11 angeführten Bemessungswerte eingezeichnet



Grafik: ezb

## 5.4.2 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

### 5.4.2.1 Beckenausformung

Beckenlänge und Beckenbreite werden von Größe und Verhalten (z. B. Wanderung in großen Gruppen oder Schwärmen) der größtenbestimmenden Fischart(en) des jeweiligen Gewässertyps abgeleitet, wobei diesbezüglich die „lichte“ Beckengröße bestimmend ist.

Dieses Innenmaß beträgt wie bei den technischen FAHs bei der Beckenlänge 3 x die Körperlänge der größtenbestimmenden Fischart; das Innenmaß der Breite ergibt sich mit mindestens 2 x der Körperlänge.

Bei naturnahen Beckenpässen ist die Innenbeckenlänge aber nicht exakt festlegbar. Um die räumlichen Anforderungen der größtenbestimmenden Fischart zu erfüllen, muss neben der Berücksichtigung der 3- bzw. 2-fachen Körperlängen im Becken auch das Volumen der entsprechenden technischen Bauweise Platz finden. Das Volumen der Becken muss ausreichend groß sein, um die fischregionsspezifischen Leistungsdichten einzuhalten, wodurch auch größere Becken als die sich aus der 3- bzw. 2-fachen Fischlänge ergebenden Innenmaße erforderlich sein können.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die oben angeführten Werte die lichte Beckenlänge definieren. Für die Gesamtlänge der FAH ist die Stärke der Schwellen hinzuzurechnen.

Die Mindestbreite erfordert bei Einhaltung der Mindestdiefe relativ steile Ufer und damit häufig – insbesondere im tiefsten Beckenteil flussab der Schwellen – lokal eine Stabilisierung der Ufer mit Steinen/Wurzelstöcken. Diese bilden jedoch gleichzeitig Unterstände und Erholungsplätze für aufsteigende bzw. im naturnahen Beckenpass lebende Fische. Steht mehr Raum zur Verfügung, kann durch entsprechend flache, naturnahe Ausführung der Ufer auf einen Großteil der Sicherungen verzichtet werden. Dabei ist jedoch im Wanderkorridor stets die Mindestfließgeschwindigkeit von 0,3 m/s einzuhalten (siehe Kapitel 4.2.4.4). Mittels durchgehender Sicherung der Ufer mit Wasserbausteinen können diese noch steiler gestaltet werden und das erforderliche Beckenvolumen mit geringerer Beckenlänge und -breite als in Tabelle 11 angegeben erreicht werden, wobei allerdings die Mindestlänge bzw. -breite von 3 Mal bzw. 2 Mal der Fischlänge bzw. das Verhältnis zueinander einzuhalten ist. Der Mehraufwand an

Steinmaterial und Arbeit erhöht jedoch die Baukosten beträchtlich, während gleichzeitig die Lebensraumfunktion deutlich reduziert wird.

Jungwirth und Pelikan (1989) fordern für kleinere Rhithralgewässer mittlere Beckentiefen von 60-80 cm, für größere Rhithralgewässer mittlere Beckentiefen von 80-150 cm und für das Potamal 100-200 cm. Mindestwassertiefen von 60-100 cm werden von Gebler (1991) und Jäger (1994) für Raugerinne-Beckenpässe und naturnahe Beckenpässe unterhalb des Querriegels angegeben. Im Praxishandbuch Fischeaufstiegshilfen Bayern (Seifert 2012) werden minimale hydraulische Maximaltiefen flussab der Beckenübergänge von 0,7-1,5 m angeführt.

Für naturnahe Becken in Beckenpässen werden je nach Gewässertyp Mindest-Kolk-tiefen von 60-120 cm (Donau 170 cm) vorgeschlagen (Tabelle 11), die allerdings nur lokal – in den Bereichen flussab der Beckenübergänge in Beckenmitte – vorliegen (siehe generelle Gestaltung). Im Wanderkorridor ergeben sich damit mittlere Wassertiefen von mindestens rd. 48-96 cm (rd. 80 % der „minimalen Kolk-tiefen im Becken“).

#### **5.4.2.2 Mindesttiefe der Beckenübergänge**

Bei naturnahen Beckenpässen bestimmt in der Regel der erforderliche Sohlanschluss der Beckenübergänge die minimale Wassertiefe.

Ein Sohlanschluss der Beckenübergänge ist vor allem für die Passierbarkeit von bodenorientierten Fischarten wesentlich. Dies umfasst insbesondere einen Großteil der Leit- und typischen Begleitarten des Hyporhithrals und Epipotamals wie Nase, Barbe. Da diese Arten entlang der Gewässersohle wandern, stellen Sohl-sprünge bzw. zu steile Anrampungen, an denen die „Gewässersohle praktisch endet“, vor allem im Bereich der Beckenübergänge wesentliche Wanderhindernisse dar. Um die Passierbarkeit der hydraulisch hoch belasteten Beckenübergänge für die verschiedenen Arten und Stadien ab 1+ zu gewährleisten, sind sprungfreie Übergänge mit möglichst flachen Anrampungen mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeitsbereichen und möglichst rauen Sohlverhältnissen erforderlich. Diesbezüglich besonders sensibel sind die Nase und die sogenannten Donauperciden (Zingel, Streber, etc.). Für diese Arten wurde bisher kein Aufstieg über Beckenübergänge ohne Sohlanschluss dokumentiert. Andererseits wurden in Aufstiegsanlagen, in denen diese Bedingungen erfüllt sind, der Aufstieg von

diesbezüglich sensiblen Arten nachgewiesen (z.B. Zauner et al. 2009, Mitteilung Mühlbauer 2012).

Wie in Kapitel 4.2.3.1 dargelegt beträgt die empfohlene Mindestwassertiefe an Beckenübergängen  $\frac{2}{3}$  der Mindestkolkentiefe der Becken. Im Epirhithral und Metarhithral mit  $MQ < 2 \text{ m}^3$  kann entsprechend der auch natürlich vorkommenden Steinschwellen die Mindestwassertiefe an Beckenübergängen auf 40 cm reduziert werden.

### **5.4.2.3 Mindestschlitzweite der Beckenübergänge**

Bei den Beckenübergängen wird eine trapezförmige Ausformung angestrebt, wobei im sohnahen Bereich die minimale Schlitzbreite (3-fache Fischbreite) eingehalten werden soll. Die obere Breite des Trapezes soll ca. das Doppelte der Breite im sohnahen Bereich betragen. Daraus ergibt sich eine rechnerische mittlere Breite des Beckenübergangs von ca. der 1,5-fachen minimalen Schlitzweite.

Bei kleinen Epi- und Metarhithralgewässern wird der Wert entsprechend der auch natürlich vorkommenden Steinschwellen auf 1,25 reduziert, zumal die Tiefe der Beckenübergänge hier ebenfalls geringer ist. Aufgrund der Ausformung der Beckenübergänge und der bei diesem Bautyp größeren Rauigkeit der sohnahen Bereiche (vgl. Abbildung 27) kann im Gegensatz zum Schlitzpass eine gewisse Anhebung der Sohle in diesen Bereichen toleriert werden (siehe Kapitel 4.2.3.1), wodurch hinsichtlich der erforderlichen Dotation die größere Breite wieder kompensiert wird.

Insgesamt ergibt sich durch den im Vergleich zum Schlitzpass breiteren, sich nach oben öffnenden Beckenübergang eine geringere Verklauungstendenz und eine bessere „Räumbarkeit“ im Verklauungsfall.

Beckenpässe mit einheitlicher rechteckiger Breite der Beckenübergänge entsprechen eher Schlitzpässen bzw. „Raugerinnen mit Beckenstruktur“ entsprechend DWA-Merkblatt M509 und sind daher ohne Sohl-anhebung auszuführen. Wesentlich für die Passierbarkeit ist auch hier eine raue Sohle im Beckenübergang.

**Achtung:** Teilweise wird bei diesem Typ für die Breite des Schlitzes jene des Schlitzpasses herangezogen (= 3-mal Fischbreite, rd. 67% der mittleren Breite des naturnahen Beckenpasses), gleichzeitig wird auch eine Anrampung des Beckenüberganges vorgesehen (Verringerung der Wassertiefe im Beckenübergang um 1/3 und damit ebenso der Dotation). Die Vermischung der Bemessungswerte von 2 FAH-Typen bei Auswahl der jeweils geringeren führt zu einer deutlich kleineren FAH als die beiden erprobten Typen Schlitzpass und naturnaher Beckenpass. **Nachweise für die Funktionsfähigkeit dieses stark verkleinerten „Mischtyps“ liegen aktuell nicht vor (vgl. Begleitbericht zum FAH-Leitfaden, BMLRT 2021b).**

Abbildung 28 Beckenpass mit Betontrennwänden und einheitlicher rechteckiger Breite der Beckenübergänge



Foto: Seidl

### 5.4.3 Mindestgröße naturnaher Beckenpässe

Bringt man die oben dargestellten Bemessungswerte zur Anwendung, ergeben sich je Fischregion die in Tabelle 11 dargestellten Dimensionen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Durchwanderbarkeit der entsprechenden FAH Typen sicherstellen. Die angegebenen Dotationen für die FAHs sind als standardisierte Rechenbeispiele zu verstehen, welche sich auf Basis der zur Anwendung gebrachten spezifischen hydraulischen und geometrischen Mindestbemessungswerte der FAH ergeben. In konkreten Planungen können aus den möglichen Kombinationen der Bemessungswerte andere Werte für z.B. die Dotation oder die Beckenlänge und -breite resultieren (siehe oben). So ergibt sich aus der Leistungsdichte das erforderliche Beckenvolumen. Länge und Breite wiederum resultieren aus dem Volumen und der Beckentiefe. Entsprechend der für naturnahe Beckenpässe typischen, sowohl im Längs- als auch Querprofil konvexen Beckenform wird für Tabelle 11 der Einfachheit halber das Beckenvolumen mit  $0,5 \times L \times B \times T_{\max}$  (Länge, Breite, Maximaltiefe) berechnet (vgl. Abbildung 27). Eine detailliertere und damit dem Naturzustand näherkommende Beschreibung bzw. Berechnung des Beckenvolumens ist selbstverständlich zulässig bzw. zu empfehlen.

Je nach Form des Beckens können Länge und Breite von den in der Tabelle 11 angegebenen Werten abweichen, wobei aber die Mindestlängen und –breiten gemäß Kapitel 5.4.2.1 sowie das Verhältnis zueinander eingehalten werden müssen (vgl. Kapitel 4.2.2.1).

Ein maßgebliches Überschreiten der lichten Beckendimensionen über die unten angeführten Werte ist zulässig, jedoch ist auf das Einhalten einer ausreichenden Leitströmung über einen Großteil der Beckenlänge zu achten. Großflächige Stillwasserzonen verhindern die Orientierung der aufsteigenden Fische und gefährden ebenso die Funktionsfähigkeit wie zu kleine Becken.

Durch Reduktion der Spiegeldifferenz zwischen den Becken kann die für die Passierbarkeit erforderliche Dotation reduziert werden (unter Berücksichtigung der Einhaltung einer ausreichenden Leitstromdotations bzw. entsprechender Zusatzdotations in den unteren Teil der FAH).

Details zu den Berechnungen finden sich im Anhang I „Bemessungsbeispiele für die einzelnen FAH-Typen“.

Tabelle 11 Mindestgröße naturnaher Beckenpässe zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte

| Fischregion                                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fischlänge [cm] | Max. Spiegel-differenz zwischen Becken [cm] | max. Leistungsdichte [W/m <sup>3</sup> s] | mittl. Breite Beckenübergang <sup>2</sup> [cm] | Hydraulische Mindesttiefe an Beckenübergängen aufgr. Sohlanschluss [cm] | min. Kolk-tiefe im Becken [cm] | min. mittlere Tiefe im Wanderkorridor <sup>3</sup> [cm] | Min. lichte Beckenlänge <sup>1</sup> [cm] | Min. lichte Beckenbreite <sup>1</sup> [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte <sup>4</sup> [l/s] |
|---|---------------------------------|-----------------|---|---|--|---|--------------------------------|---|---|--|--|
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 30              | 20  | 160                                       | 19   | 40  | 60                             | 48  | 230                                       | 140  | 80   |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 40              | 20  | 160                                       | 23   | 40  | 75                             | 60  | 230                                       | 140  | 100  |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | Bachforelle                     | 40              | 18  | 140                                       | 19   | 40  | 65                             | 52  | 230                                       | 140  | 80   |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Äsche, BF                       | 50              | 18  | 130                                       | 30   | 53 <sup>5</sup>   | 80                             | 64  | 340                                       | 200  | 200  |
| Hyporhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50              | 15  | 120                                       | 30   | 46  | 70                             | 56  | 310                                       | 190  | 160  |
| Hyporhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Aalrutte, Barbe                 | 60              | 15  | 120                                       | 38   | 56  | 85                             | 68  | 350                                       | 210  | 260  |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m <sup>3</sup> /s | Huchen                          | 80              | 15  | 120                                       | 45   | 66  | 100                            | 80  | 400                                       | 240  | 390  |
| Hyporhithral, MQ > 20 m <sup>3</sup> /s     | Huchen                          | 100             | 15  | 120                                       | 53   | 73  | 110                            | 88  | 440                                       | 260  | 510  |
| Epipotamal klein                            | Aitel, Äsche, Barbe             | 60              | 13  | 100                                       | 30   | 46  | 70                             | 56  | 310                                       | 190  | 160  |
| Epipotamal mittel                           | Barbe                           | 60              | 13  | 100                                       | 38   | 56  | 85                             | 68  | 350                                       | 210  | 250  |
| Epipotamal mittel                           | Hecht                           | 90              | 13  | 100                                       | 41   | 56  | 85                             | 68  | 370                                       | 220  | 270  |
| Epipotamal mittel                           | Huchen                          | 90              | 13  | 100                                       | 48   | 66  | 100                            | 80  | 410                                       | 250  | 400  |
| Epipotamal groß                             | Huchen                          | 100             | 13  | 100                                       | 53   | 73  | 110                            | 88  | 440                                       | 260  | 490  |
| Epipotamal groß                             | Wels                            | 120             | 13  | 100                                       | 75   | 79  | 120                            | 96  | 530                                       | 320  | 780  |
| Seezubringer, -ausrinn                      | Seeforelle                      | 90              | 13  | 100                                       | 53   | 73  | 110                            | 88  | 440                                       | 260  | 490  |
| Gründlings- und Schmerlenbach               | Aitel                           | 40              | 10  | 100                                       | 23   | 40  | 65                             | 52  | 210                                       | 130  | 90   |
| Donau                                       | Wels                            | 150             | 10  | 100                                       | 90   | 112   | 170                            | 136   | 480                                       | 290  | 1.190  |

<sup>1</sup> aus Bemessungswerten berechneter Wert (siehe Anhang)

<sup>2</sup> trapezförmiger Querschnitt mit minimaler Schlitzweite (3\*D-Fisch) im Sohlbereich und ca. doppelter Schlitzweite am WSP

<sup>3</sup> aus minimaler Kolk-tiefe im Becken und hydraulischer Mindesttiefe im Beckenübergang ermittelter Richtwert

<sup>4</sup> aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit, eventuell erhöhte (Zusatz-)dotation für Sicherstellung Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich (vgl. Kap. 4)

<sup>5</sup> In Gewässern, in denen nur die Bachforelle größenbestimmende Fischart ist, kann die Wassertiefe im Beckenübergang auf 48 cm reduziert werden.

Wenn eine Bemessungsgröße wie z.B. die Spiegeldifferenz zwischen den Becken abweichend von Tabelle 11 festgelegt wird, so ergeben sich auch andere Rechenergebnisse für z.B. die Dotation oder die Beckenlänge und -breite, wie dies im Folgenden beispielhaft für einen naturnahen Beckenpass im Hyporhithral gezeigt wird.

Tabelle 12 Variationsbeispiel zur Mindestgröße naturnaher Beckenpässe

| Fischregion                                      | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fischlänge [cm] | Max. Spiegeldifferenz zwischen Becken [cm] | max. Leistungsdichte [W/m³s] | mittl. Breite Beckenübergang [cm] | Hydraulische Mindesttiefe an Beckenübergängen aufgr. Sohlanschluss [cm] | min. Kolkentiefe im Becken [cm] | min. mittlere Tiefe im Wanderkorridor [cm] | Min. lichte Beckenlänge [cm] | Min. lichte Beckenbreite [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte [l/s] |
|--|---------------------------------|-----------------|--|------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|---|
| Hyporhithral, $2 < MQ < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ | Huchen                          | 80              | 15   | 120                          | 45                                | 66  | 100                             | 80   | 400                          | 240                           | 390   |
| Hyporhithral, $2 < MQ < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ | Huchen                          | 80              | 10   | 120                          | 45                                | 66  | 100                             | 80   | 310                          | 190                           | 350   |

#### 5.4.4 Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich

Für naturnahe Beckenpässe ergeben sich die gleichen Anforderungen an den Einstiegsbereich wie bei den anderen FAH-Typen (siehe Kapitel 4.1).

Der Sohlanschluss ist vor allem bei kleineren und mittleren Gewässern meist konstruktionsbedingt schon gegeben.

Bei größeren Gewässern mit höheren Schwankungen des Unterwasser-Spiegels ist aber die optimale Lage am Wanderhindernis meist schwieriger zu erreichen als beim Schlitzpass, da der Wasserspiegelanstieg im Unterwasser bei höheren Abflüssen nicht durch Hochziehen der Trennwände wie beim Schlitzpass kompensiert werden kann.

Bei Gewässern mit entsprechend großen Schwankungen des Unterwasser-Spiegels sind daher Lösungen vorzusehen, die bei allen Abflüssen ausreichende Fließgeschwindigkeiten bis zum Rand des Wanderkorridors der Fische sicherstellen. Eine Möglichkeit stellen Mündungsrampen entlang des Unterwasser-Ufers oder Mündungsseitenarme mit Erhöhung der Leitströmung während der Hauptwanderzeit der Leitarten dar (z.B. FAH am KW Freudenu). Dadurch rückt zwar der Einstieg bei niedrigen Unterwasser-Ständen etwas vom Wanderhindernis weg, bei höheren Abflüssen liegt der Einstieg aber optimal bzw. existiert eine deutlich höhere Leitstromdotation.

Bei größeren Flüssen wird dringend empfohlen, den Einstieg mittels hydraulischer Modellierung entsprechend den lokalen Verhältnissen zu optimieren, damit zur Hauptwanderzeit und den dabei vorherrschenden Wasserständen eine optimale Auffindbarkeit vorliegt.

#### **5.4.5 Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser**

Auch hier gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie für alle anderen FAH-Typen. Bei größeren regelmäßigen Abflussschwankungen sind die Höhenlage des obersten Beckenüberganges auf den tiefsten häufigen Oberwasser-Spiegel zu bemessen und die Becken auf die größere Dotation bei höheren Oberwasser-Spiegeln auszulegen oder entsprechende Steuerelemente zum Ausgleich der Dotations-schwankungen vorzusehen. Dabei ist auf die entsprechend raue Ausgestaltung des obersten Beckenüberganges entsprechend den allgemeinen Anforderungen an die Beckenübergänge zu achten, um die uneingeschränkte Passierbarkeit zu gewährleisten. Bewährt haben sich Horizontalschieber mit ausreichend rauer Sohle im Wanderkorridor (Beispiel FAH Kemmelbach, Abbildung 29). Bei größeren Anlagen können auch ein naturnah gestalteter unveränderbarer Querschnitt und ein davon getrennter zweiter steuerbarer Querschnitt vorgesehen werden. Ersterer regelt die Dotation bei hohen Oberwasser-Spiegeln und stellt den Wanderkorridor (mit entsprechender Größe) dar; zweiterer ergänzt die Dotation bei niedrigeren Oberwasser-Spiegeln und unterliegt keinen Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit.

Abbildung 29 Reduktion der Öffnungsbreite durch Horizontalschieber zur Dotationssteuerung am Ausstieg der FAH



Foto: ezb

## 5.5 Schlitzpass („Verticalslot“)

### 5.5.1 Generelle Gestaltung

Der Schlitzpass ist durch über die gesamte Höhe reichende, vertikale Schlitze der Zwischenwände gekennzeichnet (Abbildung 30). Die erforderlichen Beckenabmessungen ergeben sich aus dem Gewässertyp bzw. den Fischzönosen und ihren größenbestimmenden Fischarten.

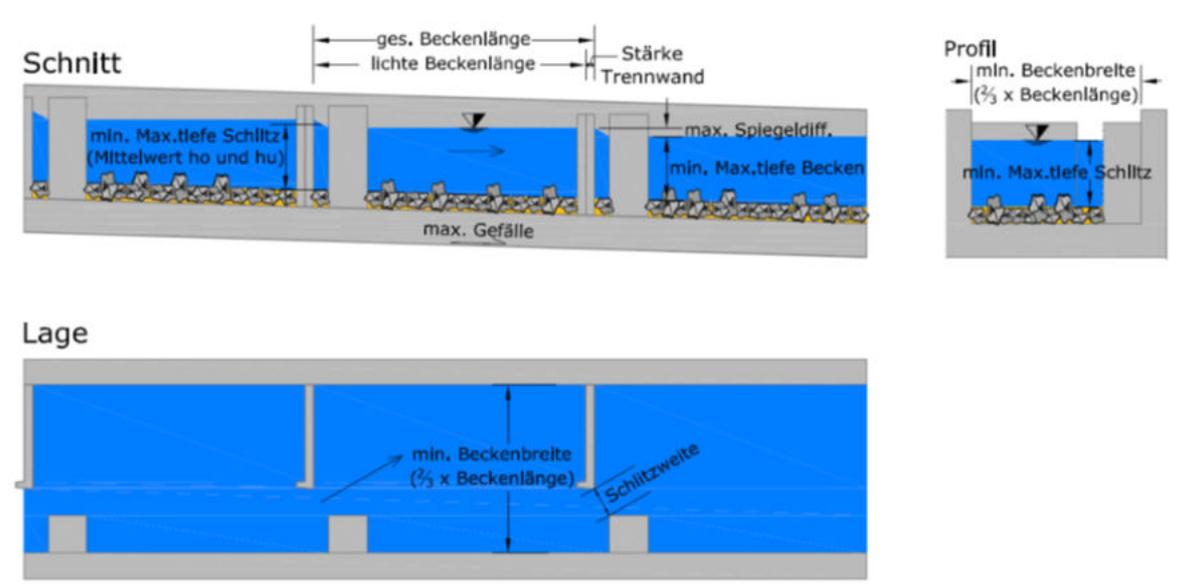
Die Beckendimensionierung dient ebenfalls der Energieumwandlung des Wasserspiegelgefälles zwischen den Becken beim gegebenen Durchfluss und wird über die maximal zulässige Energiedissipation bzw. Leistungsdichte in den jeweiligen Gewässerzonen bestimmt. Die Form der Einbauten soll die Ausbildung einer von Schlitz zu Schlitz geradlinig durchgehenden Kurzschlussströmung verhindern und eine geschwungene Hauptströmung, die das gesamte Beckenvolumen zur turbulenzarmen Energieumwandlung ausnutzt, bewirken (Heimerl und Hagemeyer 2005, Heimerl et al. 2008, siehe auch Abbildung 31 und Abbildung 32).

Die Zwischenwände sind mit einem hakenförmig gestalteten Vorsatz versehen, der eine Strömungsumlenkung im Bereich vor der Schlitzöffnung bewirkt. Die wandseitige Schlitzbegrenzung erfolgt mit einem versetzt angeordneten Umlenkblock. Das Versatzmaß des Umlenkblockes erzeugt eine um den Winkel  $\alpha$  abgelenkte Schlitzströmung, so dass sich eine in Beckenmitte verlaufende Hauptströmung einstellt.

Mit fixen Größenverhältnissen zwischen den einzelnen Bauelementen und der Berechnungsdotation zählt der Schlitzpass zu den hydraulisch am genauesten berechenbaren Bautypen. In Natur- und Modellversuchen wurde nachgewiesen, dass nur bei genauer Einhaltung der typischen Konstruktionsvorgaben die angestrebten Strömungsverhältnisse erreicht werden können (DVWK 1996, Heimerl und Hagemeyer 2005). Entgegen der weitverbreiteten gegenteiligen Meinung sind Schwankungen im Ober- und Unterwasserspiegel auch bei der Planung von Schlitzpässen unbedingt zu berücksichtigen, um die erwünschten hydraulischen Bedingungen im Betrieb zu gewährleisten (Mayr 2007).

In den Schlitzpass ist durchgehend raues Sohlssubstrat einzubringen (siehe Kapitel 4.2.4, Abbildung 16), um eine Abnahme der sohnahen Strömungsgeschwindigkeit zu erzielen und auch für die auf das Lückensystem der Gewässersohle angewiesene benthische Fauna und für die bodenbewohnenden Fischarten (z.B. Koppe) eine Vernetzung zu erreichen.

Abbildung 30 Schlitzpass („Verticalslot“) mit bis zur Sohle durchgehenden Schlitzfenstern und eingebrachtem rauem Sohlssubstrat



Grafik: ezb

Abbildung 31 Schlitzpass mit strömungs-  
dissipierendem Strömungsmuster  
(DWA M509 2014)

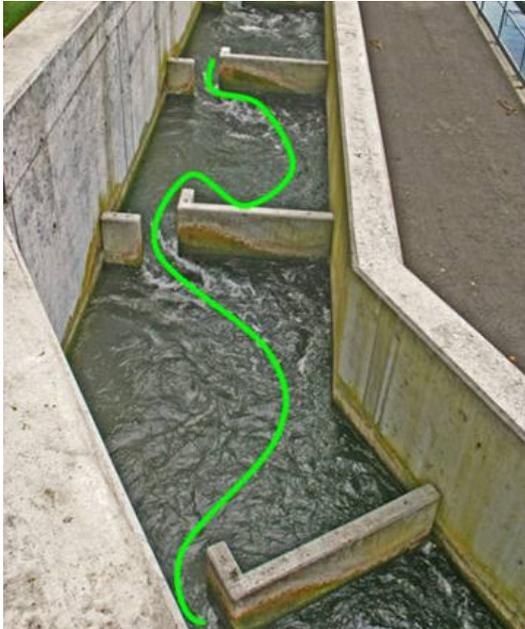
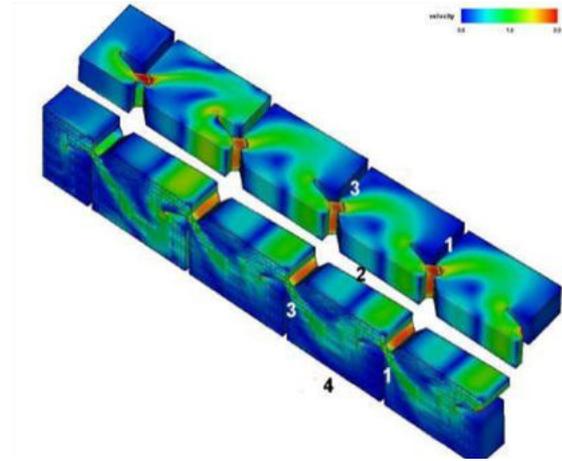


Foto: Jäger und Zitek 2009

Abbildung 32 3-dimensionales  
Strömungsmodell eines Schlitzpasses



Grafik: Heimerl und Hagemeyer 2005

## 5.5.2 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

### 5.5.2.1 Beckenausformung

Beim Schlitzpass kann die Beckenlänge und Beckenbreite exakt bestimmt werden. Das Innenmaß der Beckenlänge ergibt sich aus 3 x der Länge der größtenbestimmenden Fischart; das Innenmaß der Breite aus mindestens 2 x der Körperlänge. Zusätzlich können aufgrund der Leistungsdichte größere Becken erforderlich sein.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der oben angeführte Wert die lichte Beckenlänge definiert. Für die Gesamtlänge der FAH ist die Stärke der Trennwände zwischen den Becken hinzuzurechnen.

Katapodis (1992) als maßgeblicher Entwickler des Schlitzpasses gibt 60 cm als allgemein bekannte Mindestwassertiefe für einen guten Betrieb von Schlitzpässen an.

Mindestwassertiefen von 60 bis 100 cm werden auch von Gebler (1991) und Jäger (1994) für Schlitzpässe unterhalb der Trennwand angegeben.

Die Mindestwassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand soll daher 60 cm betragen. Entsprechend dem Vorkommen und den Ansprüchen größerer Fischarten in Gewässern mit geringerem Gefälle werden die Wassertiefen unterhalb der Trennwand größer. In kleinen Gewässern des Epi- und Metarhithrals mit einem  $MQ < 2\text{m}^3/\text{s}$ , in denen Bachforelle und Koppe die relevanten Fischarten sind, kann aufgrund der geringen Fisch- und Gewässergröße die Mindestwassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand auf minimal 50 cm reduziert werden.

### **5.5.2.2 Beckenübergänge**

Die hydraulische Mindestwassertiefe der Beckenübergänge beim Schlitzpass ergibt sich aus der minimalen Wassertiefe der Becken bzw. dem Höhenunterschied zwischen den Beckenwasserspiegeln.

Die Mindestschlitzweite der Beckenübergänge beim Schlitzpass kann aufgrund der exakten Herstellbarkeit mit den allgemeinen Mindestwerten von der dreifachen Körperbreite der größtenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mit 15 cm festgelegt werden (Tabelle 3). Auf Grund der hohen Verklausungsgefahr ist zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit bei Schlitzweiten unter 20 cm eine sorgfältige Wartung besonders wichtig.

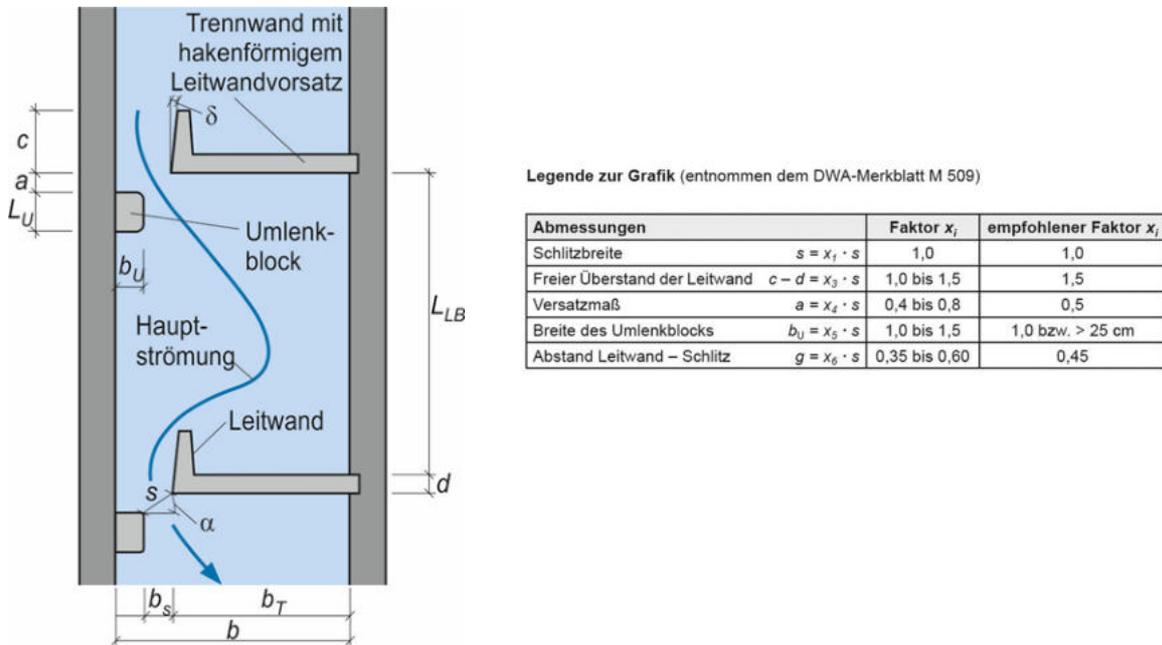
### **5.5.2.3 Einbauten und Umlenkblöcke**

Einbauten und Umlenkblöcke sollen für eine optimierte Energiedissipation sorgen und eine turbulenzarme Energieumwandlung unter Ausnutzung des Beckenvolumens ermöglichen. Die genaue Einhaltung der fixen Größenverhältnisse zwischen den einzelnen Bauelementen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Erreichung der angestrebten Strömungsverhältnisse und damit der Funktionsfähigkeit.

Abbildung 33 zeigt die geometrischen Kennwerte eines Schlitzpasses; und die empfohlenen Größenverhältnisse der einzelnen Bauteile in Abhängigkeit der Schlitzweite (aus DWA- Merkblatt M-509 2014). Demnach soll der Umlenkblock so ausgeführt werden,

dass der Ablenkungswinkel ( $\alpha$ ) mindestens  $20^\circ$  beträgt, es werden aber größere Winkel zwischen  $30^\circ$  und  $45^\circ$  empfohlen.

Abbildung 33 Geometrische Kennwerte eines Schlitzpasses DWA –Merkblatt M509 (2014)



#### 5.5.2.4 Sohlausformung

Das Einbringen einer rauen Sohle führt zu einer deutlichen Verminderung der Fließgeschwindigkeit im Bereich der Sohlrauigkeit. Die Sohlausformung muss dabei so dimensioniert sein, dass ein ausreichend großer Bereich mit verminderten Geschwindigkeiten innerhalb der Sohlrauigkeit entsteht, der auch kleineren und schwimmschwächeren Altersstadien und Arten die Passage einer FAH erlaubt (Dumont et al. 2005).

In Schlitzpässe wird eine 10-20 cm mächtige Substratauflage aus kantigem Material eingebracht (Korngröße größer 50 mm), aus welcher größere Steine zur Erhöhung der Sohlrauigkeit und Bildung eines sohlnahen strömungsberuhigten Bereiches herausragen bzw. liegend aufgebracht sind (siehe (Abbildung 16)). Die Rausteine sollen dabei nicht mehr als 15 cm im Rhithral und nicht mehr als 20 cm im Potamal das Sohlniveau überragen. Der lichte Abstand zwischen den Rausteinen sollte bei einer Belegung mit 4- 5 Steinen pro  $m^2$  mindestens 50 cm betragen (Adam und Lehmann 2011), um den

Fischen einen Einstand in Sohlnähe zu ermöglichen. Ebenso gut bewährt hat sich eine strukturierte SohlSchlichtung aus Kantgestein mit einem Durchmesser von 10-20 cm (vgl. auch Kapitel 4.2.4.3).

Dies ist besonders im Bereich vor und nach dem Schlitz wichtig, ohne dass dieser jedoch blockiert wird, d. h. im Schlitz darf sich kein Raustein befinden. Dadurch wird auch die Ausschwemmgefahr im Schlitz beim Befüllen der FAH wesentlich verringert.

Zu geringe Korngrößen beim flächigen Sohlaufbau führen zum Ausräumen der Sohlbedeckung im Schlitzbereich bei zu schnellem Fluten der FAH (vgl. Kapitel 4.2.4.3). Fehlt die raue Sohle, verringert sich die bodennahe Fließgeschwindigkeit in den Schlitzen kaum, der Aufstieg von Klein- und Jungfischen sowie der wirbellosen Fauna wird erschwert bzw. verhindert.

### **5.5.3 Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich**

Mit dem Schlitzpass kann auch bei sehr beengten und schwierigen Verhältnissen die optimale Lage am Wanderhindernis am ehesten erreicht werden. Der Einstiegsbereich sollte als entsprechend dimensionierter Schlitz in der Einstiegsmauer ausgebildet werden (vgl. auch DWA M509 2014). Falls erforderlich ergänzt durch eine Dotationsstaffelung, kann damit auch bei großen Gewässern bei allen Unterwasser-Bemessungsständen eine geeignete Auffindbarkeit gewährleistet werden.

Auch in der FAH sind die Trennwände auf den höchsten Unterwasser-Bemessungsspiegel bzw. den resultierenden höheren Wasserspiegeln in den unteren Becken zu bemessen, um in der FAH die Mindestfließgeschwindigkeit und eine Orientierung der Fische sicherzustellen.

Da der Einstieg von Schlitzpässen meist im Bereich von Unterwasser-Mauern erfolgt, sind für die Herstellung des Sohlanschlusses entsprechende bauliche Vorkehrungen zu treffen (siehe Kapitel 4.1).

#### **5.5.4 Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser**

Aufgrund des schmäleren, bis zur Beckensohle reichenden Schlitzes ist der Schlitzpass gegenüber Schwankungen des Oberwasser-Spiegels unempfindlicher. Wie bei allen anderen FAH-Typen sind aber bei größeren regelmäßigen Abflussschwankungen die Höhenlage des obersten Beckenüberganges auf den tiefsten häufigen Oberwasser-Spiegel zu bemessen und die Becken auf die größere Dotation bei höheren Oberwasser-Spiegeln auszulegen oder entsprechende Steuerelemente zum Ausgleich der Dotationsschwankungen vorzusehen. Bei größeren OW-Spiegelschwankungen sind mehrere Ausgänge vorzusehen. Dabei ist auf die entsprechend raue Ausgestaltung des obersten Beckenüberganges entsprechend den allgemeinen Anforderungen an die Beckenübergänge zu achten, um die uneingeschränkte Passierbarkeit zu gewährleisten. Bewährt haben sich Horizontalschieber mit ausreichend rauer Sohle im Wanderkorridor. Bei größeren Anlagen können auch ein rau gestalteter unveränderbarer Querschnitt und ein davon getrennter zweiter steuerbarer Querschnitt vorgesehen werden. Ersterer regelt die Dotation bei höheren Oberwasser-Spiegeln und stellt den Wanderkorridor (mit entsprechender Größe) dar; zweiterer ergänzt die Dotation bei niedrigeren Oberwasser-Spiegeln und unterliegt keinen Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit.

#### **5.5.5 Mindestgröße von Schlitzpässen**

Bringt man die oben dargestellten Bemessungswerte zur Anwendung, ergeben sich je Fischregion und maßgebender Fischart die in Tabelle 13 dargestellten Dimensionen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Durchwanderbarkeit sicherstellen.

Die in Tabelle 13 angegebenen Dotationen sind als standardisierte Rechenbeispiele zu verstehen, welche sich auf Basis der zur Anwendung gebrachten spezifischen hydraulischen und geometrischen Mindestbemessungswerte der FAH ergeben. Konkrete Planungen können sich im Rahmen der möglichen Kombinationen der Bemessungswerte von diesen unterscheiden.

So kann durch Reduktion der Spiegeldifferenz zwischen den Becken die für die Passierbarkeit erforderliche Dotation reduziert werden (unter Berücksichtigung der Einhaltung einer ausreichenden Leitstromdotations bzw. entsprechender Zusatzdotations in den unteren Teil der FAH).

Details zu den Berechnungen finden sich im Anhang I „Bemessungsbeispiele für die einzelnen FAH-Typen“.

Tabelle 13 Mindestgröße von Schlitzpässen zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte

| Fischregion                                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximale Spiegel-differenz zwischen Becken [cm] | max. Leistungsdichte [W/m <sup>2</sup> s] | Schlitzweite [cm] | Hydraulische Mindesttiefe uh. Trennwand [cm] | Min. lichte Beckenlänge <sup>1</sup> [cm] | Min. lichte Breite <sup>1</sup> [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte <sup>2</sup> [l/s] |
|---|---------------------------------|------------------|---|---|-------------------|--|---|--------------------------------------|--|
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 30               | 20  | 160                                       | 15                | 50   | 210                                       | 140                                  | 140  |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 40               | 20  | 160                                       | 15                | 65   | 210                                       | 140                                  | 180  |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | Bachforelle                     | 40               | 18  | 140                                       | 15                | 55   | 200                                       | 130                                  | 140  |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Äsche, BF                       | 50               | 18  | 130                                       | 20                | 70   | 250                                       | 170                                  | 240  |
| Hyporhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50               | 15  | 120                                       | 20                | 60   | 230                                       | 150                                  | 190  |
| Hyporhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Aalrutte, Barbe                 | 60               | 15  | 120                                       | 25                | 75   | 250                                       | 170                                  | 290  |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m <sup>3</sup> /s | Huchen                          | 80               | 15  | 120                                       | 30                | 85   | 280                                       | 190                                  | 400  |
| Hyporhithral, MQ > 20 m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>                          | 180 <sup>3</sup>                     | 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                                  | 880 <sup>4</sup>   |
| 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 <sup>3</sup>                          | 300 <sup>3</sup>                     | 1.240 <sup>4</sup>   |

<sup>1</sup> aus Bemessungswerten berechneter Wert (siehe Anhang)

<sup>2</sup> aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit, eventuell erhöhte (Zusatz-)dotation für Sicherstellung Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich (vgl. Kap. 4)

<sup>3</sup> Bemessungswert aus Fischlänge d. größtenbestimmenden Fischart

<sup>4</sup> geänderte Dotation aufgrund neuem Abflussbeiwert aus DWA M 509 (2014)

Wenn eine Bemessungsgröße wie z.B. die Spiegeldifferenz zwischen den Becken abweichend von obenstehender Tabelle festgelegt wird, so ergeben sich auch andere Rechenergebnisse für z.B. die Dotation oder die Beckenlänge und -breite, wie dies im Folgenden beispielhaft für einen Schlitzpass im Epirhithral gezeigt wird.

Tabelle 14 Variationsbeispiel zur Mindestgröße von Schlitzpässen

| Fischregion                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximale Spiegel-differenz zwischen Becken [cm] | max. Lei-stungs-dichte [ $W/m^2s$ ] | 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, $MQ < 2 m^3/s$ | Bachforelle                     | 30               | 20  | 160                                 | 15                 | 50   | 210                           | 140                     | 140   |
| Epirhithral, $MQ < 2 m^3/s$ | Bachforelle                     | 30               | 15  | 160                                 | 15                 | 50   | 170                           | 110                     | 120   |

### 5.5.6 Multi-Struktur-Fischpass

Der Multi-Struktur-Fischpass (MSF) stellt eine Sonderform des Schlitzpasses dar. Wie der Schlitzpass ist der MSF durch über die gesamte Höhe reichende, vertikale Schlitze der Zwischenwände gekennzeichnet (Abbildung 34).

Im Gegensatz zum Schlitzpass wird der Höhenunterschied allerdings über zwei Schlitze sowie im dazwischenliegenden Abschnitt abgebaut. Es bildet sich somit anstelle eines einzelnen Überfalls eine kurze Steilstrecke aus. Nachdem dabei ein Teil der Energie bereits abgebaut wird, ist der Eintrag ins darunterliegende Becken entsprechend geringer. Dem steht aufgrund der größeren Einbauten ein etwas geringeres Beckenvolumen gegenüber.

Wie beim Schlitzpass soll die Ausbildung einer geradlinig durchgehenden Kurzschlussströmung im Becken verhindert werden. Vielmehr wird auf eine geschwungene Hauptströmung abgezielt, die das gesamte Beckenvolumen zur möglichst gleichmäßigen und turbulenzarmen Energieumwandlung ausnutzt.

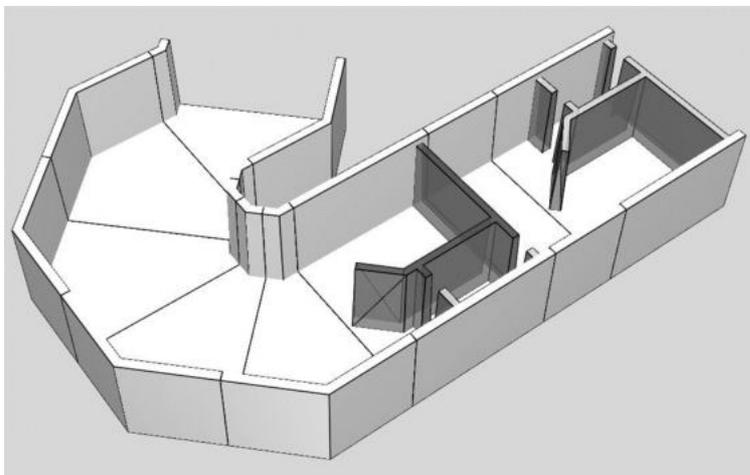
Ein weiterer wesentlicher Unterschied zum Schlitzpass besteht in der Anordnung der Beckenübergänge. Während diese beim Schlitzpass in Fließrichtung gesehen durchgehend auf der gleichen Seite anzuordnen sind, sollen die Beckenübergänge (bestehend aus

jeweils 2 Schlitzten) beim MSF in Längsverlauf wechselseitig – links und rechts – angeordnet werden.

Mit fixen Größenverhältnissen zwischen den einzelnen Bauelementen und der Berechnungsdotation zählt der MSF ebenso wie der Schlitzpass zu den hydraulisch am genauesten berechenbaren Bautypen. Im Rahmen von Modellversuchen wurde nachgewiesen, dass die Geometrie der Einbauten entscheidenden Einfluss auf die hydraulischen Verhältnisse hat und nur bei genauer Einhaltung der typischen Konstruktionsvorgaben die angestrebten Strömungsverhältnisse erreicht werden können (Mader und Tauber 2010).

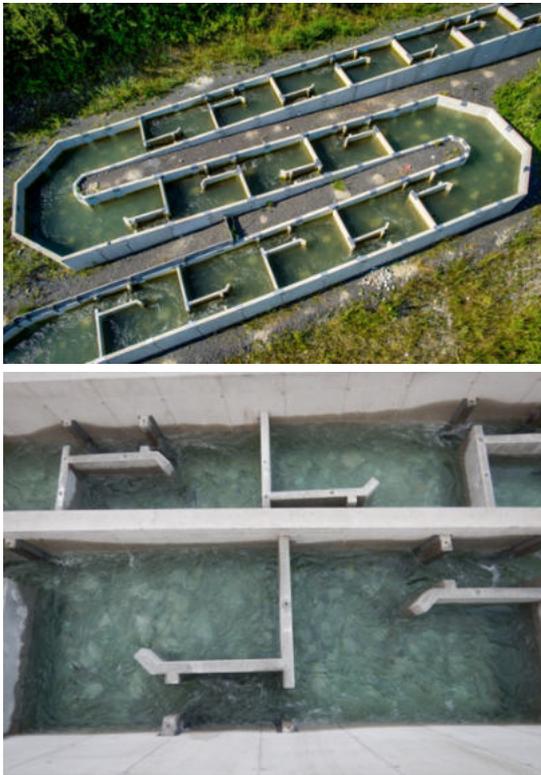
Wie beim Schlitzpass ist auch in den MSF durchgehend raues Sohls substrat einzubringen (siehe Kapitel 4.2.4, Abbildung 16), um eine Abnahme der sohn nahen Strömungsgeschwindigkeit zu erzielen und auch für die – auf das Lückensystem der Gewässersohle angewiesene – benthische Fauna und für bodenbewohnende Fischarten (z.B. Koppe) eine Vernetzung zu erreichen.

Abbildung 34 Multi-Struktur-Fischpass - Systemskizze mit perspektivischer Ansicht

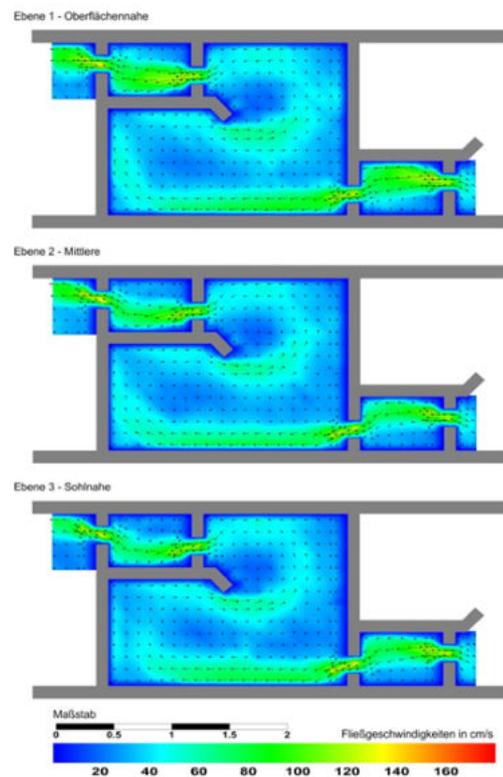


Grafik: Mader

Abbildung 35 Multi-Struktur-Fischpass, rechts: Darstellung der Fließgeschwindigkeiten in 3 horizontalen Ebenen



Fotos: links oben VHP, links unten Mader



Grafik: Mader

### 5.5.6.1 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich „Passierbarkeit“

#### Beckenausformung

Beim Multi-Struktur-Fischpass ergeben sich aufgrund der hydraulischen Anforderungen etwas andere Beckendimensionen als beim Schlitzpass (Verhältnis Länge zu Breite 1,37). Als Mindestwert gelten aber auch hier das Innenmaß der Beckenlänge mit 3 x der Länge der größtenbestimmenden Fischart, das Innenmaß der Breite mit mindestens 2 x der Körperlänge der größtenbestimmenden Fischart. Bei der Beckenbreite wird dabei die größte Breite ohne Berücksichtigung der Einbauten verstanden.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der oben angeführte Wert die lichte Beckenlänge definiert. Für die Gesamtlänge der FAH ist die Stärke der Trennwände zwischen den Becken hinzuzurechnen.

Die Mindestwassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand beträgt beim Multi-Struktur-Fischpass wie beim Schlitzpass 60 cm. Entsprechend dem Vorkommen und den Ansprüchen größerer Fischarten in Gewässern mit geringerem Gefälle sind die Wassertiefen unterhalb der Trennwand bei vielen Gewässertypen größer. In kleinen Gewässern des Epi- und Metarhithrals mit einem  $MQ < 2\text{m}^3/\text{s}$ , in denen Bachforelle und Koppe die relevanten Fischarten sind, kann aufgrund der geringen Fisch- und Gewässergröße die Mindestwassertiefe in den Becken unterhalb der Trennwand auf minimal 50 cm bzw. 55 cm reduziert werden.

### **Beckenübergänge**

Beim Multi-Struktur-Fischpass wird der Höhenunterschied über zwei Schlitze (jeweils ca. 40%) sowie im dazwischenliegenden Abschnitt (ca. 20%) abgebaut. Das zwischen den beiden Schlitzen bzw. Trennelementen liegende Becken hat eine lichte Länge bzw. Breite von rd. 1/3 der Abmessungen des Hauptbeckens. Die hydraulische Mindestwassertiefe der Beckenübergänge ergibt sich aus der minimalen Wassertiefe der Becken bzw. dem Höhenunterschied zwischen den Beckenwasserspiegeln.

Die Mindestschlitzweite der Beckenübergänge kann wie beim Schlitzpass aufgrund der exakten Herstellbarkeit mit den allgemeinen Mindestwerten von der dreifachen Körperbreite der größtenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mit 15 cm festgelegt werden. Aufgrund der hohen Verkläusungsgefahr ist zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit bei Schlitzweiten unter 20 cm eine sorgfältige Wartung besonders wichtig. Die beiden Schlitze werden um rd. 10 cm versetzt angeordnet. Im Bereich der jeweils oberen der beiden Zwischenwände wird eine kurze Leitwand mit einem Winkel von 45° vorgesehen mit Längen von 15 cm bis über 20 cm (je nach Beckengröße). Diese bewirkt wie der Vorsatz beim Schlitzpass eine Strömungsumlenkung im Bereich vor der Schlitzöffnung.

### **Sohlausformung**

Hinsichtlich der Ausformung wird auf die Ausführungen beim Schlitzpass im Kapitel 5.5.2.4 verwiesen.

## **Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich**

Generell liegen die gleichen Anforderungen an den Einstiegsbereich wie beim Schlitzpass vor. Aufgrund der im Vergleich zum Schlitzpass geringeren Dotation, kann es bei Errichtung von MSF eher erforderlich sein, im Mündungsbereich eine entsprechende zusätzliche Leitstromdotation vorzusehen.

## **Mindestgröße von Multi-Struktur-Fischpässen**

Für die drei bisher eingesetzten Systeme mit unterschiedlichen Beckengrößen wurde die Funktionsfähigkeit erwiesen (siehe Begleitbericht). Beim System „klein“ (Becken 200 x 145 cm) sind dabei Schlitzweiten von 15 cm, 20 cm und 25 cm verfügbar, beim System „mittel“ (Becken 300 x 217,5 cm) Schlitzweiten von 30 cm, 35 cm und 40 cm. Das System „groß“ (Becken 400 x 290 cm) hat eine fixe Schlitzweite von 50 cm.

Die unterschiedlichen Wasserspiegeldifferenzen zwischen den Becken werden durch eine angepasste Neigung eingestellt.

Die in der Tabelle 15 für die einzelnen Gewässertypen angegebenen Werte entsprechen diesen Systemen und wurden den bisher gebauten und als funktionsfähig nachgewiesenen Anlagen entnommen. Lediglich für den Gewässertyp „EP, groß mit Wels“ wurde die Dimensionen des „Systems groß“ eingesetzt, da nur dieses System die Mindestwerte entsprechend der Fischlänge einhält. Ein allfälliges neues System müsste mindestens eine Beckenlänge von 360 cm und eine Beckenbreite von 240 cm bei einer Wassertiefe von 120 cm erfüllen. Die angegebenen Dotationen wurden den Rechenbeispielen der derzeit vorliegenden Systeme entnommen und auf 10 l/s gerundet. Konkrete Planungen können sich im Rahmen der möglichen Kombinationen der Bemessungswerte von diesen unterscheiden. Dabei sind aber die spezifischen hydraulischen Anforderungen des MSF zu beachten, um negative hydraulische Phänomene (Kurzschlussströmungen, Pulsieren, etc.) zu vermeiden.

Tabelle 15 Größe der Fertigteilsysteme von MSF zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit für die einzelnen Gewässertypen lt. FAH-Leitfaden

| Fischregion                                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximale Spiegel-differenz zwischen Becken [cm] | max. Leistungsdichte [W/m <sup>3</sup> s] | Schlitz-weite [cm] | Hydraulische Mindesttiefe uh. Trennwand [cm] | Min. lichte Becken-länge <sup>1</sup> [cm] | Min. lichte Breite <sup>1</sup> [cm] | Dotation auf Basis der Mindest-bemessungs-werte <sup>2</sup> [l/s] |
|---|---------------------------------|------------------|---|---|--------------------|--|--|--------------------------------------|--|
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 30               | 20  | 160                                       | 15                 | 50   | 200  | 145                                  | <b>90</b>  |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 40               | 20  | 160                                       | 15                 | 65   | 200  | 145                                  | <b>120</b>   |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | Bachforelle                     | 40               | 18  | 140                                       | 15                 | 55   | 200  | 145                                  | <b>100</b>   |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Äsche, BF                       | 50               | 18  | 130                                       | 20                 | 70   | 200  | 145                                  | <b>150</b>   |
| Hyporhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50               | 15  | 120                                       | 20                 | 60   | 200  | 145                                  | <b>120</b>   |
| Hyporhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Aalrutte, Barbe                 | 60               | 14  | 120                                       | 25                 | 75   | 200  | 145                                  | <b>190</b>   |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m <sup>3</sup> /s | Huchen                          | 80               | 15  | 120                                       | 30                 | 85   | 300  | 218                                  | <b>240</b>   |
| Hyporhithral, MQ > 20 m <sup>3</sup> /s     | Huchen                          | 100              | 15  | 120                                       | 35                 | 100  | 300  | 218                                  | <b>330</b>   |
| Epipotamal mittel                           | Barbe                           | 60               | 13  | 100                                       | 25                 | 75   | 200  | 145                                  | <b>180</b>   |
| Epipotamal mittel                           | Hecht                           | 90               | 13  | 100                                       | 30                 | 75   | 300  | 218                                  | <b>200</b>   |
| Epipotamal mittel                           | Huchen                          | 90               | 13  | 100                                       | 35                 | 90   | 300  | 218                                  | <b>280</b>   |
| Epipotamal groß                             | Huchen                          | 100              | 13  | 100                                       | 35                 | 105  | 300  | 218                                  | <b>320</b>   |
| Epipotamal groß                             | Wels                            | 120              | 13  | 100                                       | 50                 | 120  | 400 <sup>3</sup>                           | 290 <sup>3</sup>                     | <b>550</b>   |
| Seezubringer, -ausrinn                      | Seeforelle                      | 90               | 13  | 100                                       | 35                 | 105  | 300  | 218                                  | <b>320</b>   |
| Gründlings- und Schmerlenbach               | Aitel                           | 40               | 10  | 100                                       | 15                 | 60   | 200  | 145                                  | <b>70</b>  |

<sup>1</sup> Wert entsprechend den Fertigteilsystemen bzw. den empfohlenen Mindestwerten

<sup>2</sup> aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit, eventuell erhöhte (Zusatz-)dotation für Sicherstellung Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich (vgl. Kapitel 4)

<sup>3</sup> Beckendimension für System groß, Mindestwerte für Beckenlänge 360 cm und 240 cm für Beckenbreite

## Eignung

Anhand der bisher umgesetzten Multi-Struktur-Fischpässe und den durchgeführten biologischen Untersuchungen ist eine gute Funktionsfähigkeit dieses Bautyps für Gewässer aller Fischregionen belegt. Dabei wurde einerseits die Passage von stark bodenorientierten (Koppe) bzw. schwimmschwachen Fischarten (Rotfeder) und

Jungfischen sowie Neunaugen dokumentiert. Andererseits wurde die Passierbarkeit für praktisch alle größenbestimmenden Fischarten nachgewiesen (Wels 1.350 mm, Huchen 1.200 mm, Hecht 1.140 mm, Aalrutte 600 mm, Barbe 660 mm, Äsche 460 mm). Zudem wurde auch ein quantitativer Aufstieg adulter Nasen im Zuge der Laichwanderung in der Restwasserstrecke am KW Rosegg nachgewiesen, wo aufgrund der Restwassersituation eine sehr gute Leitströmung vorliegt.

Aufgrund der im Vergleich zum Schlitzpass geringeren Dotation ist jedenfalls ein besonderes Augenmerk auf die Ausgestaltung des Einstiegs sowie die Leitstromdotation zu legen. Neben der optimalen Positionierung und geometrischen Ausformung (siehe Kapitel 4.1) kann insbesondere bei größeren Gewässern für die Gewährleistung einer guten Auffindbarkeit eine zusätzliche Dotation erforderlich sein.

### **Einschränkungen**

Das System „groß“ wurde bisher noch nicht umgesetzt, weshalb keine generelle Aussage zur Erprobung erfolgen kann. Bei Beachtung der allgemeinen Planungsparameter (richtige Lage des Einstiegs, ausreichende Leitstromdotation) ist aber auch die Funktionsfähigkeit dieses Systemtyps anzunehmen.

Das System „mittel“ unterschreitet die geometrischen Mindestanforderungen laut FAH-Leitfaden im Epipotamal groß mit Wels (1.200 mm Länge) hinsichtlich der Beckenlänge (300 cm statt mind. 360 cm) und Mindestschlitzweite (40 statt mind. 50 cm). Es wurde zwar der Aufstieg von 3 Welsen ( $\geq 1.200$  mm), weiters ein Huchen mit 1.200 mm belegt und ein Hecht mit 1.140 mm. Die Anzahl von 5 Fischen ist aber zu relativieren, da für diesen FAH-Typ an 4 Standorten im EP groß sowie einem großen Seeausrinn insgesamt über mehrere Jahre hinweg Monitoringuntersuchungen erfolgten. Damit liegt der Untersuchungszeitraum ein Vielfaches über jenen der anderen FAH-Typen, die als Grundlage für deren Bewertung dienen. Es wird daher dringend empfohlen, auch bei diesem System/Gewässertyp die Empfehlungen des Leitfadens einzuhalten. Diese Empfehlung und die dadurch höhere Dotation tragen auch zu einer ausreichenden Leitstromdotation bei.

## 5.6 Fischeaufstiegsschnecke (FAS)

### 5.6.1 Generelle Gestaltung

Die Fischeaufstiegsschnecke (FAS) stellt im Wesentlichen eine Archimedische Schraube dar. Diese dient der Förderung bzw. dem Heben von Wasser oder auch anderer Güter bzw. kann im Umkehrprinzip ebenso für die Energiegewinnung z.B. in Form von Wasserkraftschnecken zum Einsatz kommen.

Wesentlicher Unterschied zu herkömmlichen Wasserkraftschnecken ist der Aufbau der Fischeaufstiegsschnecken als sogenannte Innenrohrschnecken, bei denen die Wendelung fest mit dem Außenrohr verbunden ist und somit keine gegeneinander beweglichen Teile mit dazwischenliegendem Spalt bestehen.

Im Gegensatz zu anderen FAH-Typen erfolgt bei der FAS keine aktive Durchwanderung, die Fische werden durch die Förderschnecke ins Oberwasser befördert. Dementsprechend ergeben sich auch unterschiedliche Anforderungen an die hydraulische und geometrische Dimensionierung. Allerdings muss die Einwanderung der Fische in die FAS aktiv erfolgen und damit ergeben sich im Wesentlichen die gleichen Anforderungen hinsichtlich Positionierung, Ausformung und Leitströmung wie bei den anderen FAH-Typen.

In Österreich kommen derzeit die zwei Bautypen Monorohrschnecke und Doppelrohrschnecke zum Einsatz, die sich hinsichtlich des Aufbaus und damit in weiterer Folge hinsichtlich des Antriebs unterscheiden. Ferner gibt es bei der Monorohrschnecke 2 Varianten betreffend die Ausformung des Einstiegsbereiches zur Abgabe einer „inneren“ Leitstromdotation.

### 5.6.2 Monorohrschnecke

Bei der Monorohrschnecke handelt es sich um eine einfache Förderschnecke, die durch einen Elektromotor angetrieben wird. Die Drehzahl kann zur Optimierung der Funktion in einem gewissen Bereich frei gewählt werden. Als günstig hat sich eine Drehzahl von ca. 6 U/min erwiesen, mit der auch die untersuchten Anlagen im Regelfall betrieben wurden. Die Durchmesser der bisher umgesetzten Anlagen liegen zwischen 1.000- 1.400 mm. Pro Windung wird ein Wasservolumen von ca. 100-150 l transportiert.

Bei der üblichen Drehzahl ergibt das eine ins Oberwasser beförderte Wassermenge von ca. 10- 20 l/s.

Abbildung 36 Monorohrschnecke (links) neben herkömmlicher Wasserkraftschnecke (rechts).

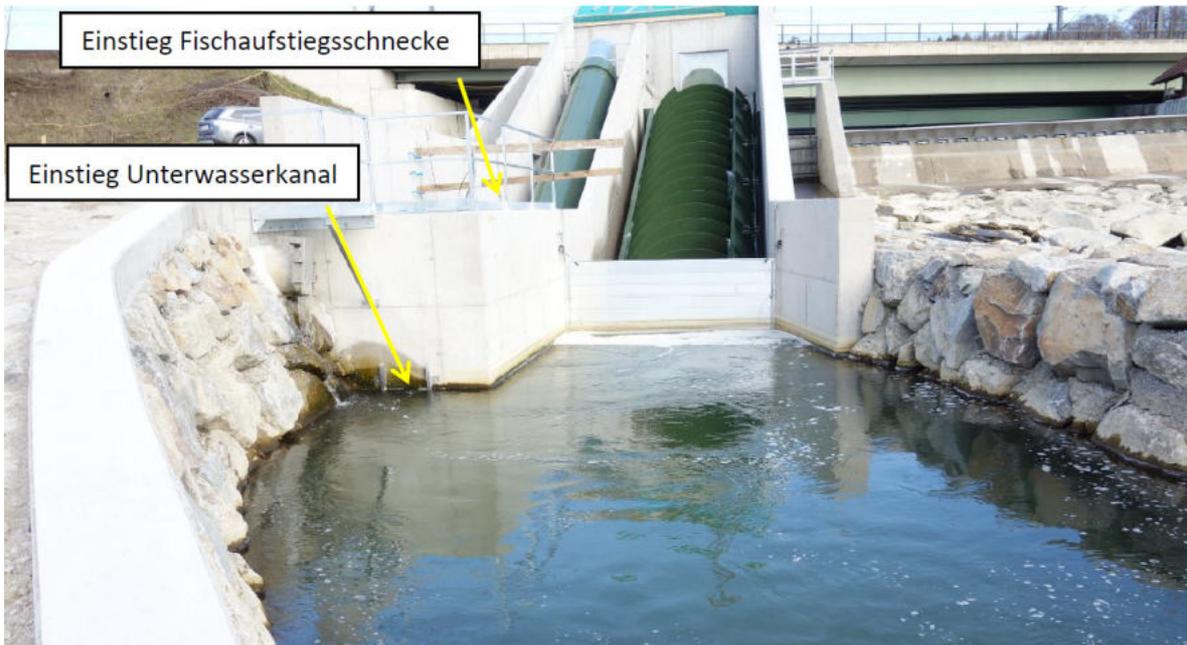


Foto: Mitterlehner

### 5.6.3 Doppelrohrschnecke

Die Doppelrohrschnecke besteht aus zwei konzentrischen, gegenläufigen Schnecken. Die Außenrohrschnecke wird mit dem Triebwasser dotiert und dient der Bewegung der innen liegenden FAS und darüber hinaus der Energieerzeugung (Wasserkraftschnecke). Die Innenrohrschnecke dient dem Fischaufstieg und entspricht hinsichtlich Ausformung den o.a. Ausführungen zur Einfachrohrschnecke.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Bautyps besteht in der Einbringung des Triebwassers unmittelbar im Bereich des Einstiegs in die FAS. Damit steht das gesamte Triebwasser für die Erzeugung der Leitstromdotation zur Verfügung.

Die Drehzahl der Außenrohrschnecke – und aufgrund der starren Verbindung der beiden Schnecken auch jene der Innenrohrschnecke – wird durch das jeweilige Wasserdargebot bestimmt und ist somit variabel. Die Drehzahl liegt im Bereich zwischen 3 und 20 U/min. Im Mittel wird eine Wassermenge von ca. 20 l/s ins Oberwasser transportiert. Der Durchmesser der bisher hergestellten FAS (Innenrohr) beträgt 1,2 m, jener der Außenrohrschnecke beträgt 1,8 bis 2,4 m.

Abbildung 37 Doppelrohrschnecke (oben), Einstiegsbereich (unten)



Fotos: oben Zeiringer, unten Struska

## 5.6.4 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

Nachdem bei FAS keine aktive Durchwanderung erfolgt, sondern die Fische durch die Förderschnecke ins Oberwasser befördert werden, ergeben sich im Vergleich zu den anderen FAH-Typen unterschiedliche Anforderungen an die hydraulische und geometrische Dimensionierung. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der in der Wendel gehobene Wasserkörper jedenfalls ausreichend groß sein muss, um der größenbestimmenden Fischart hinsichtlich Körperlänge, -breite und -höhe ausreichend Platz zu bieten. Dabei sind entsprechende Sicherheitsabstände einzuhalten, um die stress- und verletzungsfreie Passage zu gewährleisten.

Bestimmend für die Ermittlung des zur Verfügung stehenden Volumens ist die Geometrie der Schnecke und hierbei der Innendurchmesser, die Höhe der Wendel sowie der Anstellwinkel der Schneckenachse. Bei der Dimensionierung wird derzeit von einer optimalen Ausnützung des vorhandenen Volumens ausgegangen. Es wird angenommen, dass der Fisch sich quer zur Schneckenachse und somit der größten Länge des beförderten Volumens ausrichtet.

Die Dimensionierung ist zwar je nach Anbieter im Detail unterschiedlich. Dennoch lassen sich für die Monorohrschnecke bzw. die Innenrohrschnecke bei der Doppelrohrschnecke folgende Dimensionierungsgrundsätze in Abhängigkeit von der Länge der größenbestimmenden Fischart angeben.

Tabelle 16 Aus allen Detail-Dimensionierungen (der beiden derzeit am Markt verfügbaren Anbieter) abgeleitete, generelle Dimensionierungsgrundsätze von Monorohr- und Innenrohrschnecken in Abhängigkeit von der Länge der größenbestimmenden Fischart bei einer Neigung der FAS von 25-30°

| Fischgröße bis | Durchmesser FAS [mm] | Steghöhe [mm] | Wasser pro „Becken“ [l] |
|----------------|----------------------|---------------|-------------------------|
| 50 cm          | rd. 800              | 280           | 35                      |
| 70 cm          | rd. 1.000            | 340           | 50                      |
| 90 cm          | rd. 1.200            | 420           | 100                     |
| 100-110 cm     | rd. 1.400            | 480           | 150                     |
| 120-130 cm     | rd. 1.600            | 550           | 250                     |

Die bisherigen Monitoringergebnisse belegen dabei für Fische bis 850 mm Länge einen verletzungsfreien Aufstieg (der Aufstieg größerer Individuen wurde bisher noch nicht dokumentiert).

#### **5.6.4.1 Spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich**

Besonderes Augenmerk ist auf die Ausgestaltung des Einstiegsbereichs zu legen, da hier hinsichtlich Auffindbarkeit die gleichen Anforderungen bestehen wie bei den anderen FAH-Bautypen. Dementsprechend muss die FAS ausreichend tief ins Unterwasser eintauchen und es ist ein Sohlanschluss sicherzustellen.

Bei der Doppelrohrschnecke ist zu berücksichtigen, dass die Achse der Schnecke aufgrund des größeren Durchmessers der Außenrohrschnecke weiter von der Sohle entfernt bleibt als bei einer einfachen Schnecke. Um dennoch den Sohlanschluss sicherzustellen, ist bei der Doppelrohrschnecke die Innenrohrschnecke in Abhängigkeit des Gefälles bzw. Winkels entsprechend länger auszubilden, als die außenliegende Wasserkraftschnecke.

Wie bisherige Monitoringergebnisse zeigen, ist die Funktionsfähigkeit des Sohlanschlusses in jedem Einzelfall zu überprüfen, da dies eine wesentliche Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der FAS ist.

#### **5.6.4.2 Spezifische Anforderungen zur Sicherstellung der Leitströmung**

In FAS wird prinzipiell das Wasser flussaufwärts transportiert, während flussaufwärts wandernde Fische gegen die Strömung wandern. Im unteren Teil der FAS muss daher eine **„innere“ Leitströmung** erzeugt werden, welche die Fische ins Innere der FAS einschwimmen lässt, von wo sie anschließend weiter gehoben werden.

Für die Gewährleistung dieser „inneren“ Leitströmung kommen bei Monorohrschnecken unterschiedliche Systeme zur Anwendung. Bei einem System weist der untere Teil der FAS einen größeren Durchmesser auf, wodurch hier mehr Wasser als im oberen Teil der FAS gehoben wird. Das überschüssige Wasser fließt im Inneren der Wendelung ab und erzeugt die innere Leitströmung.

Beim zweiten System befindet sich im untersten Abschnitt der FAS eine zusätzliche Wendung, die die Förderkapazität erhöht. Da dieses zusätzliche Wasser nur bis zum oberen Ende der zusätzlichen Wendung befördert wird bzw. oberhalb eine entsprechend geringere Förderkapazität besteht, kommt es wie beim anderen System zu einem Rückfluss der überschüssig geförderten Wassermenge.

Zusätzlich ist eine „äußere“ Leitströmung zu erzeugen, welche die aufstiegswilligen Fische in den Nahbereich der FAS wandern lässt. Für die Gewährleistung dieser Leitströmung kommen ebenfalls unterschiedliche Systeme zur Anwendung. Bei einem System wird ein Teil des Wassers, das aus einer benachbarten Wasserkraftschnecke ausfließt, durch entsprechende Leiteinrichtungen zur Erzeugung der „äußeren“ Leitströmung verwendet. Dieses Prinzip kann grundsätzlich auch bei einer alternativen Anlage zur Wasserkrafterzeugung (z.B. Turbinen) genutzt werden.

Abbildung 38 Monorohrschnecke mit doppelter Wendung im unteren Bereich (rechts) in Kombination mit Wasserkraftschnecke (links)



Foto: Strasser

Abbildung 39 Einstiegsbereich einer Monorohrschnecke mit flussauf der Schnecke eingeleitetem Dotationswasser. Der Rechen verhindert, dass Fische entlang der Leitströmung am Einstiegsbereich der Schnecke vorbei wandern



Foto: Mitterlehner

Bei der Doppelrohrschnecke wird das Triebwasser (aus der äußeren Wendelung) direkt in den Bereich des Einstiegs eingebracht, wodurch grundsätzlich gute Voraussetzungen für die Ausbildung einer entsprechenden Leitströmung bestehen.

Neben diesen Möglichkeiten besteht bei FAS – wie bei herkömmlichen Bautypen – die Möglichkeit, eine Leitstromdotations durch eine Bypassleitung vorzusehen.

#### **5.6.4.3 Spezifische Anforderungen an den Anschluss ans Oberwasser**

Im Oberwasser wird das Wasser mit den darin befindlichen Fischen über den Oberwasserspiegel angehoben und entweder direkt oder über eine Rinne in das Oberwasser abgegeben. Die Abgabe der Fische erfolgt dabei entweder über eine seitliche Öffnung in der Rohrwand oder alternativ am offenen Rohrende.

### 5.6.5 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

Bis Ende 2020 wurden über 20 FAS, primär in den Gewässertypen Hyporhithral mittel und Epipotamal mittel errichtet. Dabei liegen für 13 Standorte von Monorohrschnecken und 2 Standorte von Doppelrohrschnecken fischökologische Funktionskontrollen vor. Aufgrund des gemeinsamen Funktionsprinzips werden die vorliegenden Informationen für beide Konstruktionstypen im „FAH-Typ FAS“ zusammengefasst.

Für eine detaillierte Betrachtung wird auf den Begleitbericht verwiesen. Dort werden die Monitoringergebnisse von Monorohrschnecke und Doppelrohrschnecke getrennt behandelt, um die bisherigen Nachweise der Funktionsfähigkeit klar zu unterscheiden. Zudem sind die Gründe für die gemeinsame Behandlung im FAH-Leitfaden erläutert.

Anhand der Monitoringergebnisse konnte eine unbeschadete Passage eines großen Fischartenspektrums von insgesamt 39 heimischen Fischarten nachgewiesen werden. Darunter waren Arten mit sehr unterschiedlichen Ansprüchen von stark bodenorientierten (Koppe) sowie oberflächenorientierten (Laube) bzw. schwimmschwachen (Bitterling) bis hin zu schwimmstarken Arten (Bachforelle). Für beide FAS-Typen wurden zudem der Aufstieg von Neunaugen dokumentiert. Ferner konnte hinsichtlich der Altersstadien von kleinen Jungfischen bis hin zu größeren Adultfischen bis 850 mm Länge auch ein breites Spektrum an Fischgrößen nachgewiesen werden.

Für Monorohrschnecken ist der Aufstieg von Barbe (670 mm), Aalrutte (530 mm), Bachforelle (520 mm), Aitel (490 mm) und Nase (430 mm) dokumentiert. Die unbeschadete Passage von größeren Huchen (780 mm) ist bisher nur im Rahmen eines Versuchs dokumentiert.

Für die Doppelrohrschnecke konnte der Aufstieg von Wels (850 mm), Hecht (675 mm), Barbe (630 mm), Aalrutte und Aitel (530 mm), Nase (470 mm) und Bachforelle (430 mm) belegt werden. Die unbeschadete Passage von Huchen (590 mm) konnte hier ebenfalls im Rahmen eines Versuchs nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der Anzahl der aufgestiegenen Fische zeigt sich in Abhängigkeit der Fischgröße bzw. des Stadiums sowie der Ansprüche (Kurzstreckenwanderer / Mittelstreckenwanderer) ein differenziertes Bild. Insbesondere bei kleineren Fischarten wurden im Verhältnis zum jeweiligen Fischbestand im Unterwasser vergleichsweise hohe Aufstiegszahlen nachgewiesen.

Der Aufstieg von größeren Stückzahlen (Schwärmen) von adulten Nasen im Zuge ihrer Laichwanderung konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden. Gleiches gilt für die ebenfalls zur Laichzeit in Schwärmen wandernden größeren strömungsliebenden Arten Äsche und Nerfling. Für adulte Barben ist hingegen ein quantitativer Aufstieg belegt.

Daraus kann – insbesondere auch aufgrund der, im Vergleich zu den herkömmlichen FAH-Typen, geringen Anzahl an Untersuchungen – keine mangelnde Funktionsfähigkeit abgeleitet werden. Umgekehrt ist die quantitative Funktionsfähigkeit für große Mittelstreckenwanderer allerdings auch noch nicht hinreichend belegt.

Zusammenfassend kann aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse daher die FAS für alle Gewässertypen als funktionsfähig (erprobt und erwiesen) angesehen werden, an denen die Länge der größtenbestimmenden Fischart 850 mm nicht übersteigt und auch langfristig keine Laichwanderung von Nasen oder Äschen in größeren Stückzahlen zu erwarten ist.

Dies umfasst alle Gewässertypen im Epi- und Metarhithral, sowie Gewässer des Hyporhithrals mit Mittelwasserabflüssen unter  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , weiters Gewässer des Epipotamal klein bzw. Epipotamal mittel mit der Barbe als größtenbestimmende Fischart.

Standorte in Gewässern des Metarhithrals, Hyporhithrals und Epipotamals, in denen bereits aktuell oder auch langfristig Laichwanderungen von Nasen oder Äschen in größeren Stückzahlen zu erwarten sind, sind eingehend auf die Eignung einer FAS zu überprüfen.

Zur Absicherung der Ergebnisse werden biologische Funktionskontrollen empfohlen, wobei stets auch die Funktionsfähigkeit des Sohlanschlusses zu überprüfen ist. Jedenfalls sollte dabei die Funktionsfähigkeit im Hinblick auf die Laichwanderung von größeren Stückzahlen der Nase und Äsche besonders berücksichtigt werden.

## **5.7 Aufgelöste Sohlrampe oder Teilsohlrampe**

Bei aufgelösten Sohlrampen ist grundsätzlich zwischen Rampen, die sich über die gesamte Flussbreite erstrecken und den gesamten Abfluss von Nieder- bis zum Hochwasser sowie den gesamten Geschiebetrieb abführen (Abbildung 40) und Teilsohlrampen, die nicht über

das gesamte Abflussprofil reichen und dementsprechend nur mit einem Teil des Abflusses und des Geschiebetriebes dotiert werden (Abbildung 41), zu unterscheiden.

Der Vorteil von Teilrampen besteht in der geringeren erforderlichen Breite und damit geringeren Materialmengen. Demgegenüber werden an den längsseitigen Abschluss zum Hauptquerbauwerk aber hohe Anforderungen hinsichtlich Stabilität und Dichtheit gestellt. Teilrampen bieten sich daher vor allem für breite Flüsse an. Zur Sicherstellung einer guten Auffindbarkeit ist das flussabwärtige Ende der Teilrampe auf einer Linie mit dem Querbauwerk anzuordnen. Ist dies nicht möglich, muss ein möglichst großer Teilabfluss über die Teilrampe abgeführt werden, um ein Vorbeischwimmen aufstiegswilliger Fische am Einstieg der Teilrampe bis zum Querbauwerk zu verhindern („Sackgasseneffekt“).

Grundsätzlich ist anzuführen, dass bei Sohlrampen aufgrund der Hochwasserdynamik neben der Durchgängigkeit auch der langfristigen Stabilität erhebliche Bedeutung zukommt. Die Gestaltung wird damit zu einem erheblichen Teil von der bautechnischen Ausführung bestimmt. In vorliegendem Leitfaden werden nur die für die Durchgängigkeit maßgebenden Gestaltungsparameter beschrieben. Für die Planung von Sohlrampen und Teilsohlrampen wird daher auf die einschlägigen Leitfäden verwiesen (z.B. DWA 2009, Naturnahe Sohlengleiten, Korecky 2007, Hengl 2015, Oertel 2015).

### **5.7.1 Generelle Gestaltung**

Unabhängig von der beanspruchten Gewässerbreite setzen sich aufgelöste Sohlrampen aus mehreren Einzelschwellen/-riegeln mit dazwischenliegenden Kolken zusammen, sodass sich im Längenschnitt eine beckenartige Struktur ergibt, welche auch bei Niederwasser die Fischpassierbarkeit sicherstellt. Die Becken sind bei Niederwasser durch raue Übergänge mit Sohlanschluss als Wanderkorridore von Becken zu Becken pendelnd verbunden.

Die Becken können dabei sowohl an der Sohle mit Wasserbausteinen befestigt (Abbildung 43) als auch ohne Sohlisierung ausschließlich mit natürlicher Sohle ausgeführt sein. Aufgrund der Hochwasserbeaufschlagung ist der Standsicherheit der Rampe im Vergleich zu den anderen FAH-Typen höhere Beachtung zu schenken. Die Abdichtung der Schwellen/Riegel erfolgt durch einen sorgfältigen Riegelbau und den natürlichen Geschiebetrieb bzw. wenn notwendig, mittels geeigneten Materials, z.B. Feinsediment bzw. Geotextil. Dadurch kann auch bei Niederwasserabflüssen die Versickerung innerhalb

der Rampe auf ein Minimum reduziert und ein für die Passierbarkeit ausreichender Abfluss gewährleistet werden.

Abbildung 40 Aufgelöste Sohlrampe



Foto: ezb

Abbildung 41 Teilsohlrampe

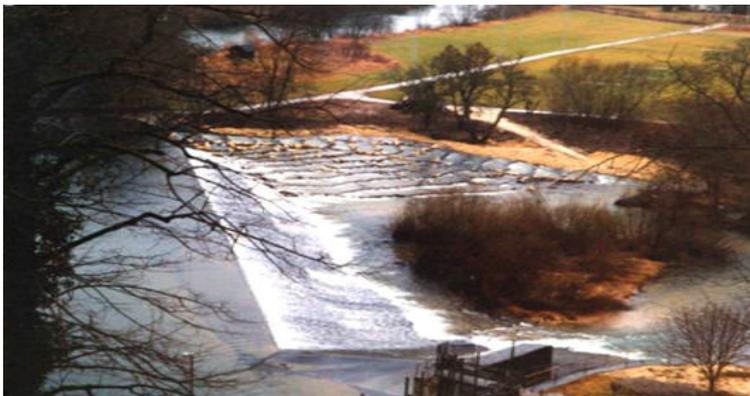
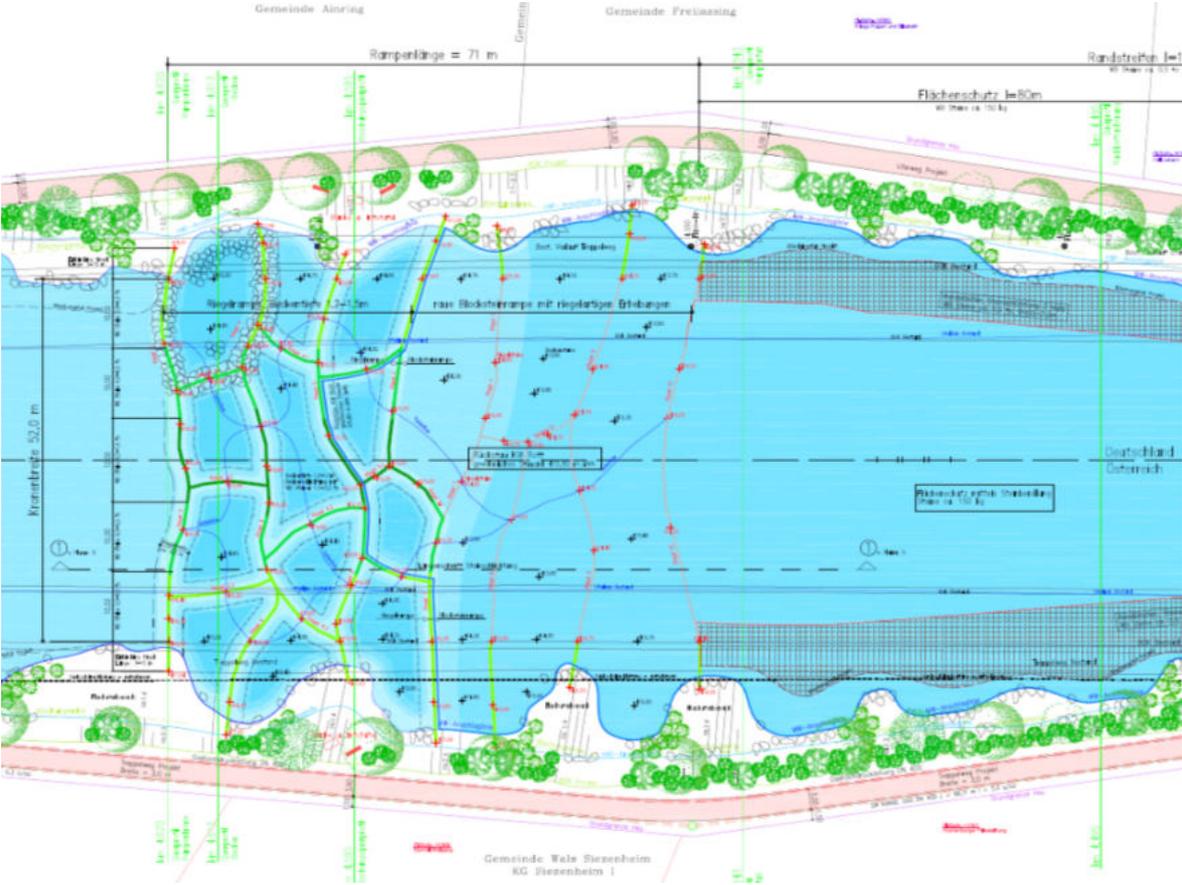


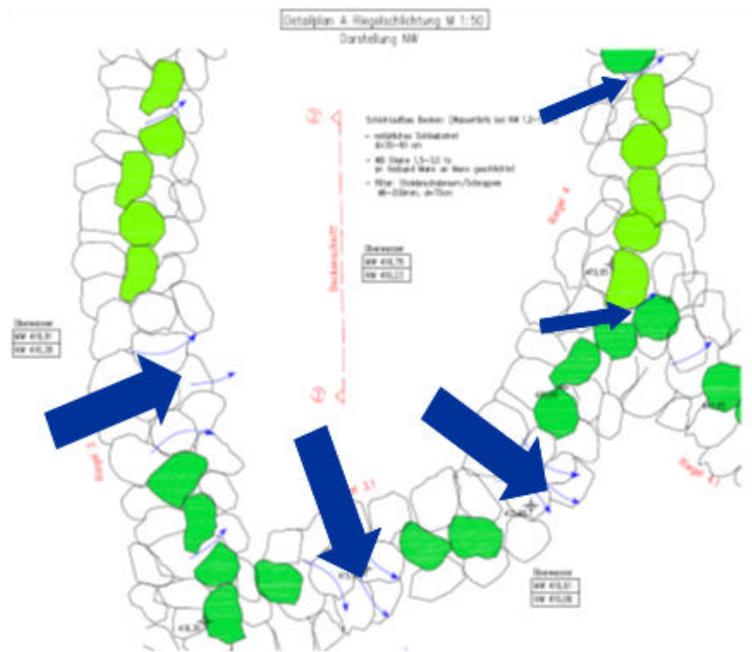
Foto: Gebler 2009

Abbildung 42 Lageplan (Aufsicht) einer Sohlrampe



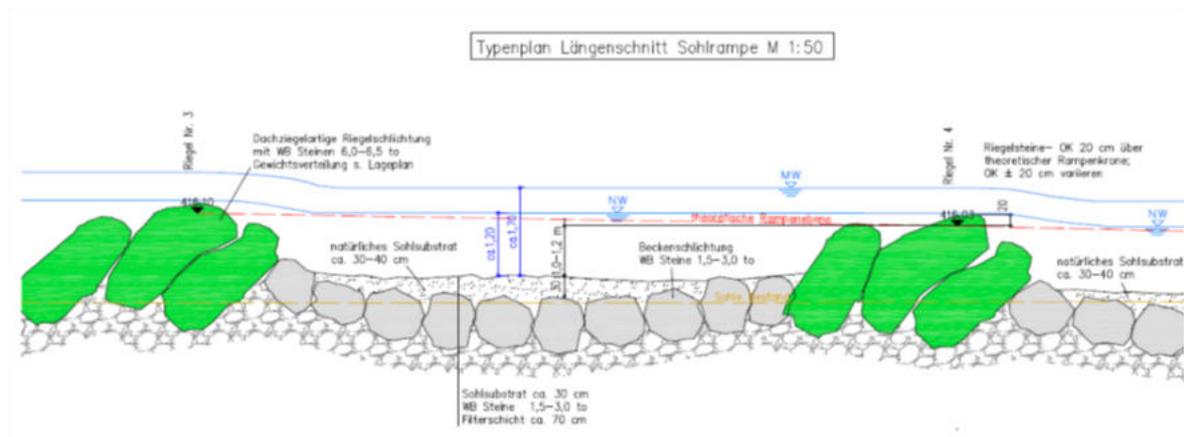
Grafik: Ulmer 2007

Abbildung 43 Riegelschichtung der Sohlrampe mit Beckenübergängen



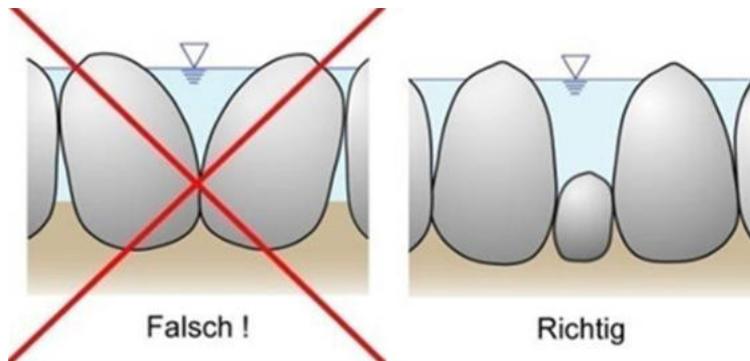
Grafik: Ulmer 2007

Abbildung 44 Längenschnitt eines Beckens der Sohlrampe, Beckensohle mit Wasserbausteinen ausgeführt, auf der sich Geschiebe dynamisch auf- und umlagert



Grafik: Ulmer 2007

Abbildung 45 Annähernd rechteckige bzw. trapezförmige Ausformung der Beckenübergänge– keine V-förmigen Zwickel **ohne** Sohlanschluss



Grafik: Gebler 2009

### 5.7.2 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

Bei Rampen ist vor allem darauf zu achten, dass sowohl zur Niederwasserführung als auch bei erhöhten Wasserführungen (außer bei Extremereignissen) ein entsprechender Wanderkorridor zur Verfügung gestellt wird (Funktionsfähigkeit zwischen  $Q_{330}$  und  $Q_{30}$ ). Bei höheren Abflüssen verlagern sich die Wanderkorridore entlang der Uferbereiche.

Die Dimensionierung erfolgt für den Niederwasserabfluss ( $Q_{330}$  bzw.  $MJNQ_T$ ) bei dem ein kompakter Wanderkorridor vorhanden sein muss und für  $Q_{30}$  bzgl. einer ausreichend großen Dimensionierung der Rampe. Grundsätzlich sind dabei die gleichen Bemessungswerte wie für naturnahe Beckenpässe hinsichtlich geometrischer (z. B. Mindestschlitzweiten) und hydraulischer Dimension (z. B. Leistungsdichte, Fließgeschwindigkeit) einzuhalten.

Teilweise werden derzeit Rampen mit einer Längsschwelle in der Rampenmitte errichtet, in die ebenfalls Beckenüberfälle ausgespart sind. Dadurch ergeben sich pro Querriegel 2 Beckenübergänge mit entsprechenden Wasserspiegeldifferenzen, wodurch sich die Zahl der erforderlichen Querriegel halbiert und die Rampenlänge deutlich reduziert wird. Dieser Rampentyp wird vor allem in Oberösterreich verwendet und dort als „Pendelrampe“ bezeichnet. Dabei ist aber zu beachten, dass es auch bei den höheren Abflüssen zu keiner hydraulischen Überlastung kommt und die Grenzwerte für die Leistungsdichte eingehalten werden. Bei diesem Rampentyp sollte dies daher explizit berechnet werden. Die generelle Annahme, dass bei höheren Abflüssen ausreichend Wanderkorridore entlang der Uferbereiche entstehen, ist bei diesem Rampentyp nicht

zulässig, da das Gefälle deutlich höher ist als bei einfachen aufgelösten Sohlrampen und die Querriegel im Längsverlauf entlang der Uferlinie eine doppelt so hohe Wasserspiegeldifferenz aufweisen. Weiters ist darauf zu achten, dass bei höheren Abflüssen die Strömung über die quer zu Hauptfließrichtung liegenden Riegel nicht durch die konkurrierende Strömung in Hauptfließrichtung überlagert und damit die Durchgängigkeit beeinträchtigt wird.

### **5.7.2.1 Beckendimensionen**

Derzeit werden in Österreich v. a. aufgelöste Rampenbauwerke mit sohlgesicherten Beckenstrukturen gebaut, welche bei Niederwasser definierte Beckenübergänge für die Fischwanderung besitzen. Die Beckendimensionen ergeben sich anhand der größenbestimmenden Fischart (Tabelle 2) bzw. der geforderten Leistungsdichte (siehe Tabelle 4).

Aufgrund der dynamischen An- und Ablagerung von Geschiebe müssen größere Bautiefen als bei FAH-Typen ohne Geschiebeeintrag gewählt werden, um auch bei Geschiebeanlandungen die notwendigen Kolk-tiefen von mind. 60-100 cm sicherzustellen.

Generell wird empfohlen, die Becken von Sohlrampen um 20 cm tiefer als bei naturnahen Beckenpässen auszuführen. Bei geringem Geschiebetrieb kann die Erhöhung der Beckentiefe auf 10 cm reduziert werden.

### **5.7.2.2 Beckenübergänge**

Bei Nieder- und Mittelwasserführung bilden die Beckenübergänge die Wanderkorridore für die Fische. Wie bei naturnahen Beckenpässen sind die Schlitze annähernd rechteckig bzw. trapezförmig und vor allem im Sohlbereich rau mit Anschluss zur künftigen Anlandungssohle auszuformen. Scharfkantige Beckenübergänge sowie V-förmige Zwickel ohne Sohlanschluss sind aufgrund ihrer schlechten Passierbarkeit für Fische zu vermeiden (Haunschmid et.al 2009, siehe Abbildung 45).

Damit können auch die bodenwandernden Fischarten die Passage problemlos bewältigen. Das Anheben der Sohle im Bereich der Beckenübergänge führt dabei zur Beibehaltung der Beckenstruktur auch bei geringeren Abflüssen. Bei Sohlrampen bestimmt in der Regel der

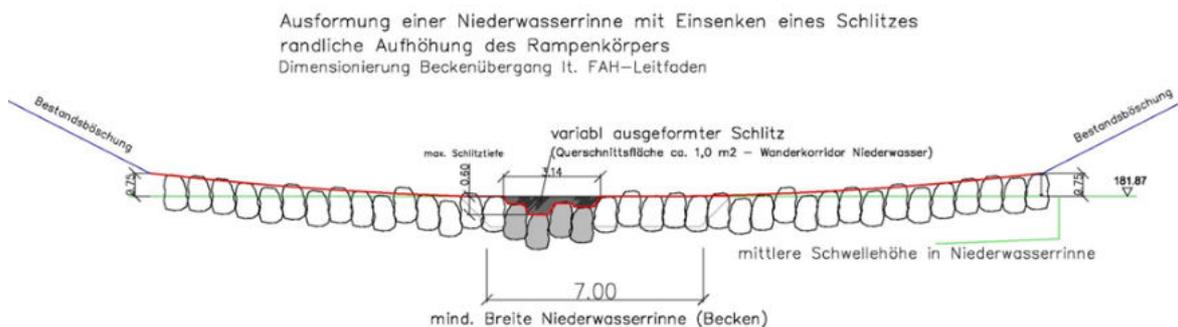
erforderliche Sohlanschluss der Beckenübergänge die minimale Wassertiefe. Die Mindestwassertiefe an Beckenübergängen in Sohlrampen wird daher mit  $\frac{2}{3}$  der Mindestkolkttiefe („minimale Maximaltiefe“) der Becken festgelegt.

Die Mindestschlitzbreite orientiert sich grundsätzlich wie beim naturnahen Beckenpass an den größtenbestimmenden Fischarten (= 4,5-fache Körperbreite der größtenbestimmenden Fischart). Vor allem bei mittleren und größeren Gewässern sind aufgrund des großen Niederwasserabflusses die Beckenübergänge breiter als diese Mindestbreiten.

Bei tiefen Durchlassöffnungen bzw. Beckenübergängen sind aufgrund des großen Höhenunterschiedes zwischen der Sohle des Schlitzes und den Randsteinen sehr große Steingrößen erforderlich, um die Standsicherheit der Schwellen und damit der gesamten Rampe nicht zu gefährden. Bei hohen Niederwasserabflüssen sollten daher die Riegel im Bereich des Beckenüberganges verlaufend bis zur erforderlichen Schlitztiefe abgesenkt werden, um eine kompakte Niederwasserrinne/Wanderkorridor zu erreichen. Dadurch werden auch Verklausungen weitgehend vermieden (Abbildung 46).

Die Querriegel werden im Gegenzug an den Ufern hochgezogen, um den Fischen auch bei höheren Wasserführungen und hydraulischer Überlastung der Niederwasserrinne randlich einen Wanderkorridor und Einstand zu bieten.

Abbildung 46 Bei hoher Niederwasserführung Ausführung des Beckenüberganges als breite Niederwasserrinne, deren Tiefe  $\frac{2}{3}$  der Beckentiefe beträgt. Aufgrund der großen Breite kaum Verklausungsgefahr. Durch die verlaufende Absenkung der Steinblöcke ergibt sich eine bessere Abstützung zueinander und damit eine bessere Standsicherheit der Schwelle.



Grafik: ezb

### 5.7.2.3 Gefälle

Die Höhendifferenz zwischen den Becken entspricht jenen der anderen FAH-Typen (siehe Kapitel 4.2.3).

Die Neigung der Rampe ergibt sich aus der Differenz der Wasserspiegelhöhen zwischen den Becken und der Beckenlänge. Letztere wird durch die Länge der größenbestimmenden Fischart bzw. über das erforderliche Beckenvolumen zur Einhaltung der zulässigen Leistungsdichte entsprechend den Fischregionen bestimmt. Durch die starke Abhängigkeit dieses Bautyps vom Niederwasserabfluss und Gewässertyp können hier keine weiteren eindeutigen Vorgaben zur Dimensionierung von Rampen gemacht werden, es wird jedoch auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (DWA 2009, Korecky 2007, DWA M509 2014, Hengl 2015, Oertel 2015).

## 5.8 Asymmetrische Rampe / Asymmetrisches Raugerinne

Die asymmetrische Rampe (ASR) ist hinsichtlich des Bautyps und der räumlichen Anordnung mit der aufgelösten Sohlrampe vergleichbar. Wie bei aufgelösten Sohlrampen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Rampen, die sich über die gesamte Flussbreite erstrecken und den gesamten Abfluss von Nieder- bis zum Hochwasser sowie den gesamten Geschiebetrieb abführen, und andererseits dem Bautyp der Teilrampen, die nicht über das gesamte Abflussprofil reichen und dementsprechend nur mit einem Teil des Abflusses und des Geschiebetriebes dotiert werden. Es ist daher jedenfalls die Hochwasserdynamik zu berücksichtigen und die bautechnische Ausführung entsprechend anzupassen.

Hinsichtlich der geometrischen Ausformung ist die asymmetrische Rampe (ASR) durch das Fehlen von Schwellen mit entsprechenden Beckenübergängen geprägt. Die ASR ist durch das namensgebende asymmetrische Profil charakterisiert, das baulich auf die Erfordernisse der biologischen Passierbarkeit optimiert ist und so auch bei vergleichsweise hohem Gefälle die Anforderungen an die Fisch-Passierbarkeit erfüllt. Es wird im Wesentlichen eine überfallsfreie Steilstrecke nachgebildet und technisch bzw. hydraulisch optimiert. Das Gefälle und die Dimensionen sind, ebenso wie bei den zuvor beschriebenen FAH-Typen, an den Gewässertyp und die Größe des Abflusses anzupassen.

Die Vorteile gegenüber aufgelösten Sohlrampen sind vor allem die einfachere Bauausführung durch das Fehlen von Schwellen mit entsprechenden Beckenübergängen und Anrampungen, die genau und damit aufwändig herzustellen sind und hinsichtlich der Passierbarkeit die kritischen Bereiche darstellen. Zudem liegen bei der ASR permanent mehrere Migrationsachsen im Abflussprofil vor. Ein weiterer Vorteil ist eine geringere Verklausungsgefahr durch das Fehlen der Schwellen bzw. Beckenübergänge.

Da das Wasser nicht durch Schwellen aufgestaut wird, erfordern asymmetrische Rampen im Vergleich zu aufgelösten Sohlrampen ein geringeres Gefälle und damit eine größere Bauwerkslänge. Gleichzeitig erfordert die Einhaltung der Mindestwassertiefen höhere Abflüsse als bei aufgelösten Sohlrampen. Somit ergeben sich Einschränkungen beim Einsatz in Gewässern mit natürlicherweise geringer Niederwasserführung insbesondere bei – im Vergleich zur Gewässergröße – großen großenbestimmenden Fischarten bzw. eingeschränktem Wasserdargebot aufgrund von Ausleitungen.

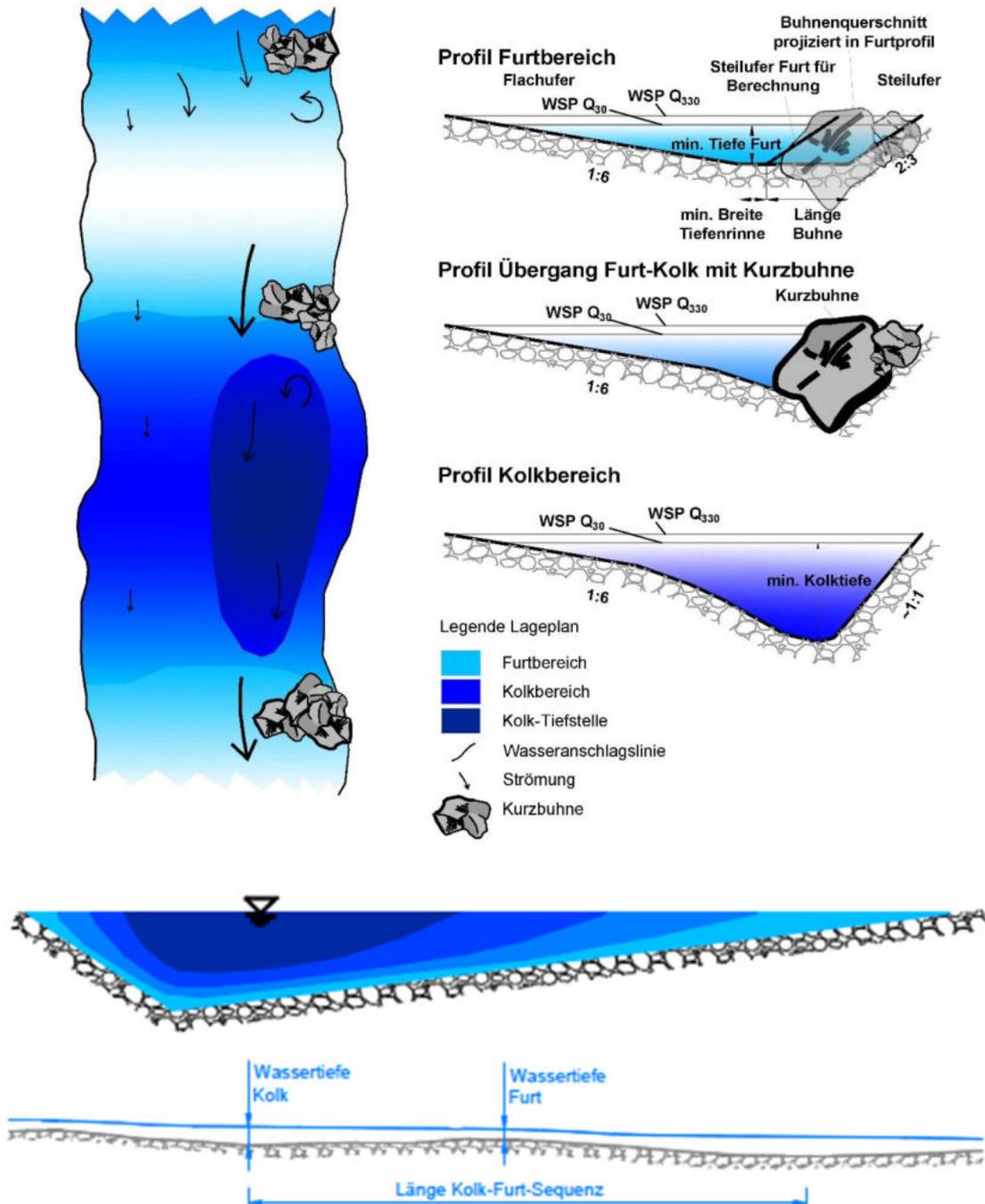
### **5.8.1 Generelle Gestaltung**

Die ASR ist durch das namengebende asymmetrische Profil charakterisiert. Dementsprechend weist zumindest ein Ufer eine flache Neigung auf. Dadurch ergibt sich ein stark asymmetrisches Profil und es konzentrieren sich Abfluss und hohe Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Tiefenrinne entlang des Steilufers. Am Flachufer sind hingegen strömungsberuhigte Zonen für leistungsschwache Arten und Stadien gegeben.

Das Flachufer soll durchgehend auf einer Seite verlaufen. Ist es aus topographischen Gründen notwendig, im Längsverlauf die Seite zu wechseln, ist dazwischen ein Abschnitt mit maximal einem Drittel des maximal zulässigen Gefälles erforderlich, der schwimmschwachen Fischarten einen ungehinderten Wechsel von einer Flachuferzone in die andere ermöglicht. Die Länge dieses Abschnitts sollte mindestens eine Gerinnebreite betragen. Wird das Gefälle um 20% geringer als das empfohlene Maximalgefälle gewählt, kann auf die gefällereduzierten Abschnitte verzichtet werden.

Bei größeren Flüssen (ab ca. 30-40 m Breite) können bei ASR, welche sich über die gesamte Gewässerbreite erstrecken, auf beiden Seiten flache Ufer hergestellt werden, um schwimmschwachen Stadien/Arten auf beiden Ufern den Aufstieg zu ermöglichen. Die Bühnen sind dann als beidseitig umströmte Strömungsteiler zu konzipieren und entsprechend stabil auszuführen.

Abbildung 47 Skizzenartige Darstellung einer asymmetrischen Rampe in der Draufsicht (links oben), im Profil (rechts oben) und im Längenschnitt (unten). Anmerkung: für die hydraulische Berechnung in Tabelle 17 wurde das eingeeigte Furtprofil (rechts oben, strichlierte Linie) angesetzt.



Grafik: Mühlbauer

Zur dauerhaften Sicherstellung der Einhaltung der für die Passierbarkeit erforderlichen geometrischen und hydraulischen Kenngrößen sowie zur Gewährleistung einer ausreichenden Stabilität werden ASR in Abhängigkeit der Beaufschlagung (Hochwasser) mit Wasserbausteinen und einer entsprechenden Rollierung hergestellt.

Die Gerinnesohle wird relativ eben ohne Sprünge bzw. steile Anrampungen hergestellt und durch einzelne Rauigkeitselemente in Form von Kurzbuhnen entlang der Tiefenlinie auf der steilen Uferseite – jeweils im Übergangsbereich zwischen Furt und Rinnerbereich – strukturiert. Die Kurzbuhnen am flussauf- und flussabwärtigen Ende des Furtbereichs dienen dazu, einen langgestreckten Gefälleabbau zu erreichen. Nur wenn die gewählte Länge der Kolk-Furt-Sequenz im Bereich der empfohlenen „minimalen Länge Kolk-Furt-Sequenz“ liegt oder das gewählte Gefälle um zumindest 20% unter dem empfohlenen Maximalgefälle liegt, kann auf die Buhne am flussabwärtigen Ende des Furtbereichs verzichtet werden.

Bei breiten Rampen werden lokal Störsteine eingebaut. Die ebene Sohlstruktur soll durch diese Elemente allerdings nicht auf ganzer Breite unterbrochen werden. Die Rauigkeitselemente werden eingesetzt, um gezielt größere Turbulenzbereiche mit anschließenden Ruhigwasserbereichen zu erzeugen; auf flächig verteilte Rauigkeitselemente wird bei diesem Typ bewusst verzichtet.

Die Anordnung der Rauigkeitselemente wird in Abhängigkeit von der Fischregion bzw. des Gewässertyps gewählt. Im Rhithral ist eine sehr raue Sohle mit großen Steinen als typisch anzusehen. Im Potamal sollten die Sohlstrukturen – im Verhältnis zur Profilgröße – entsprechend kleiner ausgebildet sein. Diese verschiedenen Rauigkeiten werden bei der hydraulischen Berechnung der Gerinne in den unterschiedlichen Fischregionen berücksichtigt (siehe unten).

Abbildung 48 Asymmetrische Rampe: Flutmulde Machland (o.l.), Mündung Liesing (o.r.);  
asymmetrische Raugerinne: Ybbs bei Amstetten (u.l.) und Michelbach bei Furth (u.r.)



Fotos: Mühlbauer

## 5.8.2 Dimensionierung – Anforderungen hinsichtlich Passierbarkeit

### 5.8.2.1 Gerinneausformung

Die Tiefenlinie in der Gewässerachse ist mit Furten und Rinnern variabel herzustellen. In den Tiefstellen (Rinner) erfolgt eine Strömungsberuhigung. Die Länge einer Rinner-Furt-Abfolge soll der 2,5-fachen Mindestgerinnebreite (siehe unten) entsprechen.

Um ausgeprägte Ruhigwasserzonen und Einstandsmöglichkeiten zu erhalten, werden Tiefstellen seitlich versetzt, hinter ausgeprägten Störelementen (Kurzbuhen) positioniert. Durch die seitliche Anordnung der Tiefstellen wird ein zumindest leicht pendelnder Talweg erreicht. Das Verhältnis aus der Wassertiefe im Rinnerbereich und der Wassertiefe auf der Furt soll bei Ausschöpfen des maximal zulässigen Gefälles nicht über 2:1 liegen.

### 5.8.2.2 Furten

Entsprechend den in Kapitel 4.2 angeführten allgemeinen Anforderungen wird die hydraulische Mindestwassertiefe an den Furten mit 2,5 x der Körperhöhe der größenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mindestens 20 cm festgelegt (Tabelle 3).

Die erforderliche Breite der Furt wird durch die Breite des Wanderkorridors (mit entsprechender Mindestwassertiefe) und die anschließenden Uferböschungen bis zur Wasseranschlagslinie bestimmt. Die Breite des Wanderkorridors wird mit 3 x der Körperbreite der größenbestimmenden Fischart (gerundete Werte) bzw. mindestens 15 cm festgelegt (Tabelle 3). Durch asymmetrische Uferböschungen („Pralluferbereich“ 2:3 und „Gleituferbereich“ 1:6-1:8 bzw. bis zu 1:10-1:20 bei entsprechendem Wasserdargebot) kann die Breite optimiert werden.

Bei Gewässern mit großer Abflussspreizung bzw. vergleichsweise geringer Niederwasserführung kann die Böschungsneigung des Flachufers variiert werden. Im unteren Böschungsbereich kann die Neigung des Flachufers auf bis zu 1:3 erhöht werden.

### 5.8.2.3 Rinner/Kolke

Entsprechend der Planungsvorgaben beträgt die Wassertiefe in den Rinnern zumindest die 2,5-fache Wassertiefe in der Furt. In den Rinnern wird eine vergleichsweise kompakte Tiefenrinne hergestellt mit steilen Uferneigungen von 1:2,5 bzw. 3:2. Nur im randlichen Bereich werden entsprechend flachere Böschungen vorgesehen (siehe oben). Ferner entfällt hier die Ausbildung einer ebenen Sohle in der Tiefenrinne (Dreieckprofil). Die Tiefe der randlichen Kolke entspricht der Mindesttiefe der Kolke im gewässertypischen Umgehungsgerinne (siehe Tabelle 17)

### 5.8.2.4 Gefälle

Bei ASR besteht eine starke Wechselwirkung zwischen Abfluss und Gefälle. Tabelle 17 beinhaltet daher sowohl die Mindestdotationen für ASR in Abhängigkeit des jeweiligen Gewässerabflusses als auch das maximal zulässige mittlere Gefälle in Abhängigkeit der Dotation und der Fischregion als Hilfwerte für die Bemessung. Die angegeben

Gefällewerte ergeben sich aus der geometrischen bzw. hydraulischen Optimierung und wurden auf Basis von Monitoringergebnissen von ASR adaptiert.

Hinsichtlich des Gefälles im Längsverlauf ist zu berücksichtigen, dass bei NW und MW in den Furten ein Gefälle deutlich über dem unten angegebenen Ausgleichsgefälle entsteht und dementsprechend in den Rinnern ein flacheres Gefälle vorliegt. Aus Erfahrungswerten wird für die hydraulische Berechnung der Furten das 1,5-fache Sohlgefälle angesetzt. Aufgrund des vergleichsweise hohen Gefälles der ASR ist der Anteil der Furten im Längsverlauf mit 30% jedenfalls als Obergrenze zu sehen.

Bei höheren Abflüssen kommt es zunehmend zu einem Ausgleich des Energielinien- bzw. Wasserspiegelgefälles zwischen Rinner und Furt und der Faktor kann für die Berechnung entsprechend abgemindert bzw. eine detaillierte hydraulische Modellierung durchgeführt werden.

Je näher das gewählte Gefälle an das empfohlene Maximalgefälle heranreicht, umso genauer ist auf die Gestaltung der asymmetrischen Rampe zur Gewährleistung der Passierbarkeit zu achten.

### **5.8.3 Mindestgröße von ASR**

Bringt man die oben angeführten Bemessungswerte zur Anwendung, ergeben sich je Fischregion die in Tabelle 17 dargestellten Dimensionen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Durchwanderbarkeit sicherstellen. Die angegebenen Dotationen sind als standardisierte Rechenbeispiele zu verstehen, welche sich auf Basis der zur Anwendung gebrachten spezifischen hydraulischen und geometrischen Mindestbemessungswerte ergeben. Konkrete Planungen können sich im Rahmen der möglichen Kombinationen der Bemessungswerte von diesen unterscheiden.

Tabelle 17 Mindestgröße von ASR zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte

| Fischregion                                 | Maßgebende Fischart (für Länge) | Fisch-Länge [cm] | Maximales Ausgleichsgefälle [%] | min. Breite Wanderkorridor an Furten [cm] | Hydraulische Mindesttiefe an Furten [cm] | Rinner/Kolk Tiefe [cm] | Min. Breite Furt <sup>2</sup> [cm] | Dotation auf Basis der Mindestbemessungswerte <sup>1</sup> [l/s] |
|---|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---|--|------------------------|------------------------------------|--|
| Epirhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 30               | 7,0                             | 19  | 20                                       | 60                     | 105                                | 130  |
| Epirhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s       | Bachforelle                     | 40               | 7,0                             | 23  | 22                                       | 75                     | 160                                | 220  |
| Metarhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | Bachforelle                     | 40               | 4,5                             | 19  | 20                                       | 65                     | 145                                | 140  |
| Metarhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Äsche, BF                       | 50               | 4,0                             | 30  | 25                                       | 80                     | 185                                | 240  |
| Hyporhithral, MQ < 2 m <sup>3</sup> /s      | BF, Aitel, Äsche, Aalrutte      | 50               | 2,6                             | 30  | 25                                       | 70                     | 210                                | 220  |
| Hyporhithral, MQ > 2 m <sup>3</sup> /s      | Aalrutte, Barbe                 | 60               | 2,3                             | 38  | 30                                       | 85                     | 250                                | 360  |
| Hyporhithral, 2 < MQ < 20 m <sup>3</sup> /s | Huchen                          | 80               | 2,1                             | 45  | 35                                       | 100                    | 295                                | 580  |
| Hyporhithral, MQ > 20 m <sup>3</sup> /s     | Huchen                          | 100              | 1,9                             | 53  | 40                                       | 110                    | 335                                | 800  |
| Epipotamal mittel                           | Barbe                           | 60               | 2,1                             | 38  | 30                                       | 85                     | 250                                | 380  |
| Epipotamal mittel                           | Hecht                           | 90               | 1,8                             | 41  | 35                                       | 85                     | 290                                | 560  |
| Epipotamal mittel                           | Huchen                          | 90               | 1,7                             | 48  | 37                                       | 100                    | 345                                | 750  |
| Epipotamal groß                             | Huchen                          | 100              | 1,6                             | 53  | 40                                       | 110                    | 375                                | 900  |
| Epipotamal groß                             | Wels                            | 120              | 1,1                             | 75  | 45                                       | 120                    | 505                                | 1.330  |
| Seezubringer, -ausrinn                      | Seeforelle                      | 90               | 1,6                             | 53  | 45                                       | 110                    | 420                                | 1200   |
| Gründlings- und Schmerlenbach               | Aitel                           | 40               | 2,5                             | 23  | 20                                       | 65                     | 165                                | 120  |
| Donau                                       | Wels                            | 150              | 0,8                             | 90  | 60                                       | 170                    | 660                                | 2.590  |

<sup>1</sup> aus Bemessungswerten berechnete Dotation für Passierbarkeit (vgl. Anhang), eventuell erhöhte (Zusatz-) dotation für Sicherstellung Leitströmung (Auffindbarkeit) erforderlich (vgl. Kap. 4)

<sup>2</sup> aus Mindestabmessungen Wanderkorridor in Furt und erforderlichen Uferböschungen abgeleiteter Mindestwert (Abbildung 47 und Anhang)

<sup>3</sup> aus minimaler Kolkentiefe im Becken und hydraulischer Mindesttiefe im Beckenübergang ermittelter Richtwert

Durch Reduktion des Gefälles kann die für die Passierbarkeit erforderliche Dotation grundsätzlich auch geringer ausfallen.

Bei ASR ist wie bei aufgelösten Rampen vor allem darauf zu achten, dass sowohl zur Niederwasserführung als auch bei erhöhten Wasserführungen (außer bei Extremereignissen) ein entsprechender Wanderkorridor zur Verfügung gestellt wird. Die Dimensionierung erfolgt für den Niederwasserabfluss (MJNQ<sub>T</sub>) bei dem ein kompakter

Wanderkorridor vorhanden sein muss. Grundsätzlich sind dabei die gleichen Bemessungswerte wie für Umgehungsgerinne hinsichtlich geometrischer und hydraulischer Dimension einzuhalten.

Durch die asymmetrische Profilausformung besteht auch bei höheren Wasserführungen und hydraulischer Überlastung der Niederwasserrinne randlich ein Wanderkorridor und Einstand. In diesem Fall wird sich – wie bei den aufgelösten Rampen – die Migration auf die Randbereiche der asymmetrischen Rampe konzentrieren, wo die Leistungsdichte deutlich geringer ist.

#### **5.8.4 Asymmetrisches Raugerinne (Bypass)**

Neben dem Bautyp der Rampe wurde dieser Bautyp auch als Asymmetrisches Raugerinne (Bypass) mit gedrosseltem Hochwasserabfluss (dynamisches Umgehungsgerinne) bzw. ohne Hochwasserabfluss realisiert. In diesem Fall stellt das asymmetrische Raugerinne einen Übergangstyp zwischen dem gewässertypischen Umgehungsgerinne und dem naturnahen Beckenpass dar.

Das asymmetrische Raugerinne ist hinsichtlich der Geometrie ähnlich wie das Umgehungsgerinne ausgeformt, das Gefälle ist allerdings höher und entspricht einer Steilstrecke. Dementsprechend ist zu berücksichtigen, dass die Lebensraumqualität im Vergleich zum Umgehungsgerinne geringer ist. Das gilt insbesondere für die Unterläufe (Barbenregion), wo entsprechende Steilstrecken kein gewässertypisches Element darstellen.

Hinsichtlich der Dimensionierung gelten auch hier die o.a. angeführten Parameter. Aufgrund des bei diesem Bautyp oftmals begrenzten Wasserdargebots ist hier besonders auf die Gewährleistung ausreichender Wassertiefen zu achten bzw. diese gegebenenfalls durch eine adaptierte Profilausformung oder ein geringeres Gefälle sicherzustellen.

Bei geschiebeführenden Raugerinne (siehe Melk) sind die Buhnen in den Rinnen so anzuordnen, dass die Tiefstellen freigespült werden.

Wenn der zu überwindende Höhenunterschied über 3 m beträgt, ist außerdem zusätzlich eine ausgedehnte Ruhezone vorzusehen. Diese kann in Form eines Abschnitts mit reduziertem Gefälle ( $< 1/3$  des maximal zulässigen Gefälles) auf einer Länge von zumindest einer Rinner-Furt-Abfolge erfolgen.

Abbildung 49 Asymmetrische Raugerinne an der Aschach (l.) und an der Melk (r.)



Fotos: Mühlbauer

Bei einer Errichtung als Bypass sind darüber hinaus die Anforderungen für den Einstiegs- und Einlaufbereich zu beachten.

Bei kleineren und mittleren Gewässern ist der Sohlanschluss im Einstiegsbereich meist schon konstruktionsbedingt gegeben. Bei großen Flüssen mit höheren Schwankungen des Unterwasser-Spiegels ist aber die optimale Lage am Wanderhindernis meist schwieriger zu erreichen als z.B. beim Schlitzpass, da der Wasserspiegelanstieg im Unterwasser bei höheren Abflüssen nicht durch Hochziehen der Trennwände wie beim Schlitzpass kompensiert werden kann.

Bei Gewässern mit entsprechend großen Schwankungen des Unterwasser-Spiegels sind daher Lösungen vorzusehen, die bei allen Abflüssen ausreichende Fließgeschwindigkeiten bis zum Rand des Wanderkorridors der Fische sicherstellen. Hier stellen (asymmetrische) Mündungsrampen entlang des Unterwasser-Ufers eine gute Möglichkeit dar. Dadurch rückt zwar der Einstieg bei niedrigen Unterwasser-Ständen etwas vom Wanderhindernis weg, bei höheren Abflüssen liegt der Einstieg aber optimal bzw. existiert eine deutlich höhere Leitstromdotations. Alternativ kann ein verengtes Mündungsprofil angeordnet werden.

### 5.8.5 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

Anhand der bisher umgesetzten asymmetrischen Rampen und den durchgeführten biologischen Untersuchungen konnte eine unbeschadete Passage eines großen Fischartenspektrums von insgesamt 40 heimischen Fischarten nachgewiesen werden. Dabei wurde einerseits die Passage von stark bodenorientierten (Koppe, Weißflossengründling, Steingressling, Streber, Zingel, etc.) bzw. schwimmschwachen Fischarten (Rotfeder, Schleie, Güster) und Jungfischen dokumentiert. Andererseits wurde auch die Passierbarkeit für größere Adultfische (Wels 860 mm Länge, Wildkarpfen 770 mm, Barben 720 mm, Brachse 645 mm, Hecht 650 mm, Bachforelle 590 mm) nachgewiesen. Am Gamlitzbach wurde indirekt die Passage mehrerer Huchen bis 900 mm Länge belegt (Die aus der Mur aufgestiegenen Fische wurden flussauf gefilmt).

Bis Ende 2020 wurden 6 asymmetrische Rampen bzw. Raugerinne, vor allem im Epipotamal und in Donaunähe errichtet, wobei anhand der fischökologischen Funktionskontrollen eine gute Funktionsfähigkeit dieses Bautyps für diese Gewässertypen belegt wurde. Aufgrund des breiten Fischartenspektrums wurde damit auch der erfolgreiche Aufstieg der meisten Fischarten der anderen Gewässertypen belegt. Da die ASR mit dem gesamten Nieder- und Mittelwasserabfluss dotiert wird, ist zudem grundsätzlich die Passierbarkeit für alle schwimmstarken Großfischarten, die im jeweiligen Gewässer vorkommen, anzunehmen. Wesentliche Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit ist ein ausreichendes Wasserdargebot, weshalb dieser Bautyp für einen Einsatz in Gewässern mit eher ausgeglichenen Abflussverhältnissen empfohlen wird. Jedenfalls muss das Q30 (Überschreitungsdauer 330 Tage) über den in der Tabelle 17 angeführten Mindestabflüssen liegen.

Im ER und MR ergeben sich aus den Bemessungswerten höhere Gefälle als bei den bisher umgesetzten ASR. Zwar liegen diese unter den Werten für den Schlitzpass und naturnahen Beckenpass und aufgrund der rauen Ausformung ist eine Passierbarkeit für die Koppe und die hier meist schwimmstärkeren Fischarten zu erwarten. Es wird aber dringend ein Monitoring für diese Gewässertypen empfohlen. Dies gilt umso mehr, wenn Äschen oder Neunaugen im Leitbild aufgelistet sind.

Für den Bautyp des asymmetrischen Raugerinnes als Bypass entsprechend den angeführten Dimensionen gibt es mehrere Belege für die Funktionsfähigkeit für kleine bis mittelgroße Fischarten bis zu Körperlängen von 65 cm. Insbesondere ist auch eine gute quantitative Passierbarkeit für adulte Nasen und Barben während der Laichwanderung

dokumentiert. Darüber hinaus bestehen zumindest bei sehr großen Raugerinnen mit entsprechend hoher Dotation von  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  auch Nachweise für die Passierbarkeit für Großfischarten (Wels 860 mm Länge). Bei kleineren und mittleren Raugerinnen sind entsprechende Nachweise noch nicht ausreichend erbracht. Der Einsatz von asymmetrischen Raugerinnen wird daher in Gewässern mit einer größenbestimmenden Fischart mit einer Körperlänge bis 65 cm als funktionsfähig (erprobt und erwiesen) angesehen.

## 5.9 Modifizierter Denilpass

Der klassische Standard-Denilpass ist weltweit verbreitet und wurde auch im deutschsprachigen Raum vielerorts umgesetzt. Wenngleich dieser Bautyp für großwüchsige und schwimmstarke Individuen, vor allem Salmoniden, bei kleineren Höhen teilweise gute Ergebnisse lieferte, wurde vor allem für schwimmschwächere Fischarten, hochrückige Arten, Kleinfischarten und insbesondere sohl-orientierte Wanderer vielfach eine schlechte Funktionalität dokumentiert (vgl. auch DWA M 509 2014). Der Grund für die Einschränkung hinsichtlich dieser Fischarten bzw. Altersstadien wird meist den hohen Turbulenzen und dem fehlenden Sohlsubstrat zugeschrieben, da viele Arten in ihrem Wanderverhalten einen ausgeprägten Sohlbezug aufweisen.

Im Zuge einer Modifizierung wurden daher die Möglichkeiten zur Einlagerung von Sohlsubstrat und die konstruktive Überarbeitung der Lamellengeometrie untersucht (Seidl et al. 2021a).

Abbildung 50 Modifizierter Denil-Fischpass

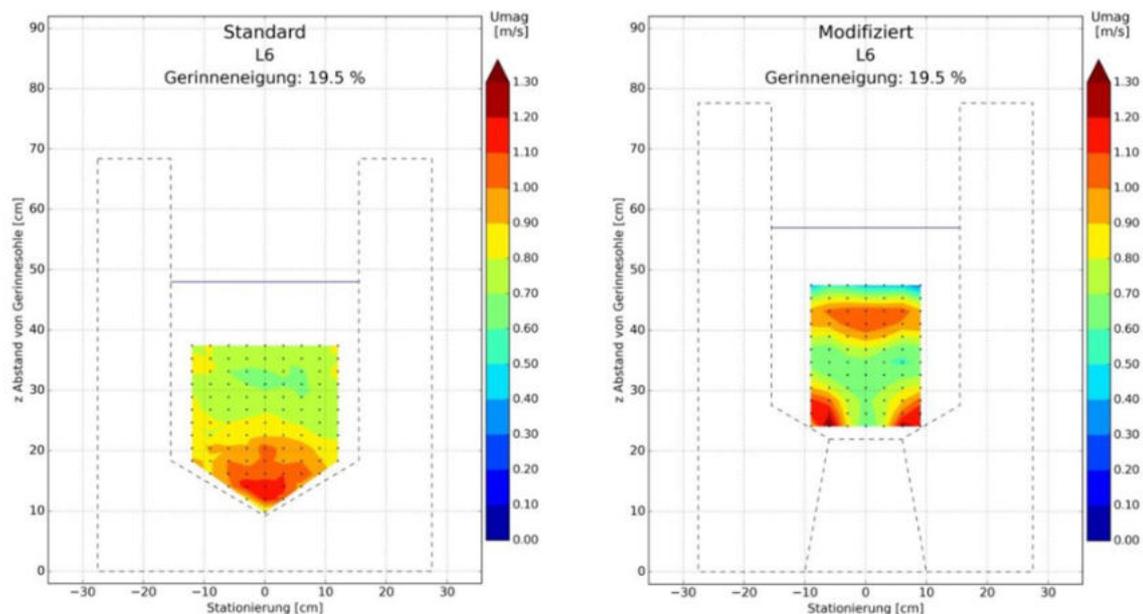


Fotos: Seidl

Im Zuge der Forschungen am neuen, modifizierten System wurde auch der Standard-Denilpass in mehreren Modellversuchen hydraulisch untersucht. Das Resultat der Entwicklung des modifizierten Denilpasses war eine Fischaufstiegshilfe, welche sich neben der konstruktiven Gestaltung v.a. hydraulisch vom Standard-Denilpass wie folgt unterscheidet:

- Geringere resultierende Fließgeschwindigkeit im sohnahen Bereich
- Geringere Fließgeschwindigkeit in der z-Komponente
- Erhöhung der Fließgeschwindigkeit in der Hauptströmungsrichtung

Abbildung 51 Resultierende Fließgeschwindigkeiten im Standard-Denilpass (links) und im modifizierten Denilpass



Grafiken: Seidl et al. 2021a

Abbildung 51 liefert eine Gegenüberstellung der Fließgeschwindigkeiten im konventionellen und im modifizierten Denilpass. Die Fließgeschwindigkeiten sind dabei im modifizierten System vorwiegend durch die Komponente  $v_x$  (Hauptströmungsrichtung) geprägt. Im Standard-Denilpass liegt hingegen aufgrund des Umwälzeffektes im sohnahen Zwischenlamellenbereich die Komponente  $v_z$  in Sohlnähe (nach oben gerichtete Strömungskomponente) um das 3 bis 4-fache höher ist als die Fließgeschwindigkeit in Hauptströmungsrichtung (Seidl et al. 2021a).

Dies lässt einen Stabilitätsverlust bzw. Verdriften von Kleinfischen in Sohlnähe ableiten und erklärt die schlechte Funktionalität für schwache Individuen, insbesondere für sohlorientierte Wanderer. Der modifizierte Denilpass verfügt in der gesamten Wassersäule über eine gerichtete Strömung. Somit ließen die hydraulischen Ergebnisse der Entwicklung auf eine gute Funktionalität, auch für Kleinfische schließen.

### 5.9.1 Systemauslegung und Dimensionierung

Bisher wurden 6 Standorte mit einem Gefälle von 20% errichtet und eine Anlage mit 30% Neigung errichtet.

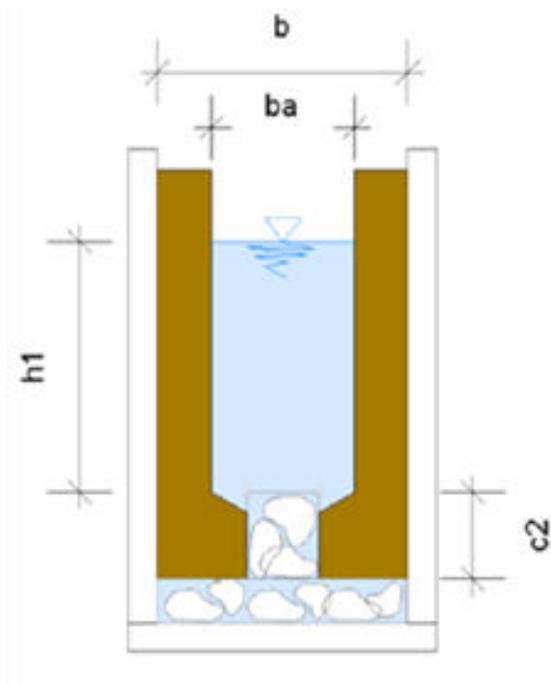
Für das System mit 20% Gerinne-Neigung werden grundsätzlich 4 Bautypen (BT) vorgeschlagen:

Tabelle 18 Baugrößen modifizierter Denil-Pass für unterschiedliche Gewässertypen, Erklärung der Maße siehe Abbildung 52

| Fischregion                                      | Bezeichnung | b [cm] | Dotation [l/s] |
|--|-------------|--------|----------------|
| Gewässer, $MQ < 1 \text{ m}^3/\text{s}$          | BT I        | 25     | > 50           |
| Epirhithral, $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$       | BT II       | 35     | > 85           |
| Epirhithral, $MQ > 2 \text{ m}^3/\text{s}$       | BT II       | 35     | > 85           |
| Metarhithral, $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$      | BT II       | 35     | > 85           |
| Metarhithral, $MQ > 2 \text{ m}^3/\text{s}$      | BT II       | 35     | > 85           |
| Hyporhithral, $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$      | BT II       | 35     | > 85           |
| Hyporhithral, $MQ > 2 \text{ m}^3/\text{s}$      | BT III      | 55     | > 240          |
| Hyporhithral, $2 < MQ < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ | BT III      | 55     | > 240          |
| Hyporhithral, $> 20 \text{ m}^3/\text{s}$        | BT IV       | 78     | > 350          |
| Epipotamal mittel (Barbe)                        | BT III      | 55     | > 240          |
| Epipotamal mittel (Hecht)                        | BT III      | 55     | > 240          |
| Epipotamal mittel (Huchen)                       | BT III      | 55     | > 240          |
| Epipotamal groß (Huchen)                         | BT IV       | 78     | > 350          |
| Seezubringer, -ausrinn                           | BT III      | 55     | > 240          |
| Gründlings- und Schmerlenbach                    | BT II       | 35     | > 85           |

Seidl et al. 2021a

Abbildung 52 Relevante Maße für modifizierten Denil-Pass. Siehe auch Tabelle 18



Grafik: Seidl et al. 2021a

Dabei orientiert sich die Bautypengröße an der Fischbreite, sodass  $ba$  mindestens der 3-fachen Fischbreite entspricht (Tabelle 18).

Das modifizierte Denilsystem wurde bisher bei Höhendifferenzen von 0,61 bis 2,0 m getestet. Die maximale Höhendifferenz pro Element beträgt aus gegenwärtiger Sicht 2,0 m (Rhithral) und 1,0 m (Epipotamal) (pers. Mittl. Seidl)

Zwischenzeitlich wurde auch eine Anlage mit 30% Systemneigung gemonitort, weitere Untersuchungen bei höheren Neigungen werden gegenwärtig durchgeführt.

### 5.9.2 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

Anhand der Monitoringergebnisse an 4 Standorten konnte eine unbeschadete Passage von insgesamt 12 heimischen Fischarten nachgewiesen werden (Seidl et al. 2021b, Seidl et al. 2021 c, Zach 2018)

Im ER wurde an 2 kleineren Gewässern ein erfolgreicher Aufstieg für die Bachforelle und auch die Koppe belegt. Nachweise des Aufstieges für andere Arten des Rhithrals sowie hinsichtlich der Auffindbarkeit an mittleren und größeren Gewässern stehen noch aus.

Aufgrund der geringen Zahl an Untersuchungsstandorten können noch keine generellen Aussagen zur Funktionsfähigkeit erfolgen.

Im EP mittel wurden neben adulten Barben und Aiteln sowie 1 adulten Nase vor allem zahlreiche Kleinfischarten belegt, was eine Passierbarkeit für letztgenannte Gruppe bestätigt. Größere Individuen, insbesondere von Großfischarten konnten noch nicht nachgewiesen werden. Aufgrund des größeren Artenspektrums sind allerdings im HR und EP vermutlich mehr Standorte für einen generellen Funktionsnachweis als im ER und MR erforderlich.

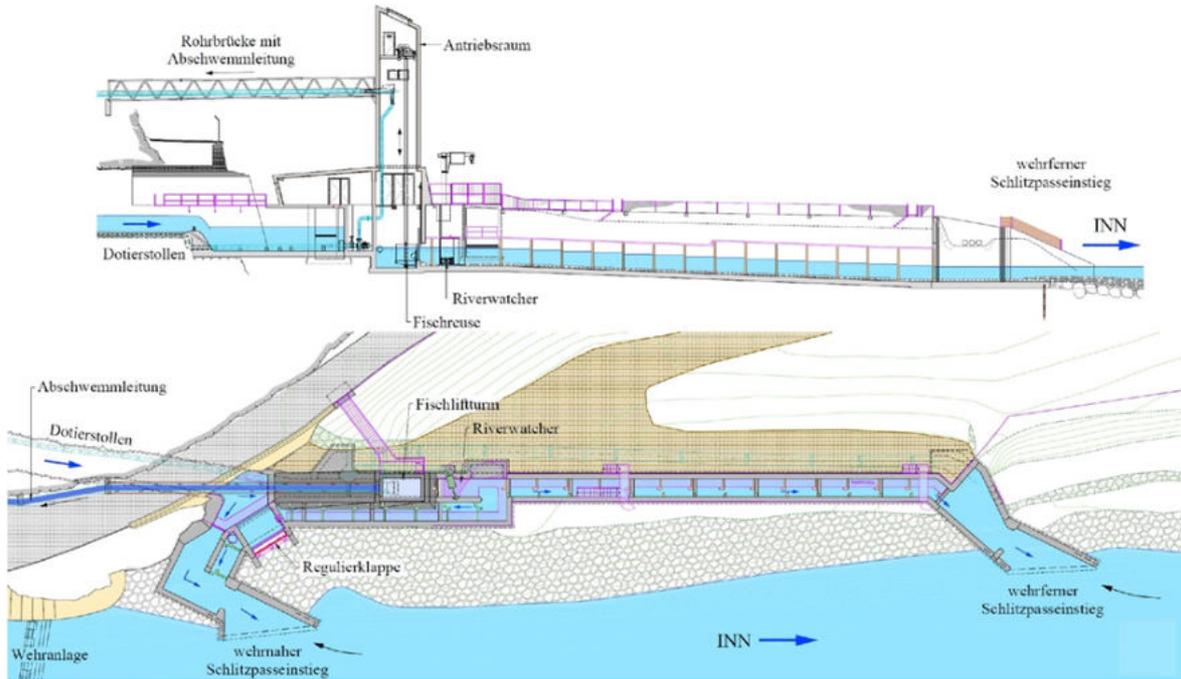
## **5.10 Fischlifte und Fisch(lift)schleusen**

### **5.10.1 Fischlifte**

Fischlifte sind durch einen beweglichen Hebekorb/Behälter gekennzeichnet, in dem die Fische von der Höhe des Unterwassers bis zur Höhe des Oberwassers transportiert werden. Neben dem üblichen vertikalen Aufzug wurden auch schon Sonderformen, wie Schrägaufzüge (z.B. Wyaralong Dam am Teviot Brook, Australien) oder Seilbahnen (z.B. Frieira dam am Miño river in Spanien/Portugal) ausgeführt. Weltweit wurden circa 60 Anlagen ausgeführt (Schletterer et al. 2016), beginnend mit der 1927 gebauten Anlage am Lower Baker Dam im US-Bundesstaat Washington. Mechanische Fischlifte wurden oftmals bei beengten Platzverhältnissen und großen Höhenunterschieden konzipiert und installiert, insbesondere in Frankreich wurden dazu auch Standards definiert (vgl. Travade und Larinier 1992, Travade und Larinier 2002). Diese technische Lösung kann aufgrund der platzsparenden und nahezu höhenunabhängigen Bauweise bei der nachträglichen Installation an Bestandsanlagen die einzig umsetzbare Lösung für die flussaufwärtsgerichtete Wanderung sein. Eine Abwärtswanderung von Fischen an einer Fischlift-Anlage ist dabei jedoch nicht möglich.

In Österreich wurde bisher ein Fischlift am Inn in Runserau errichtet, der seit Dezember 2015 betrieben wird.

Abbildung 53 Fischlift: Schematischer Lageplan und Schnitt



Grafiken: TIWAG aus Schletterer et al. 2016, Thonhauser et al. 2017

Abbildung 54 Fischlift



Foto: Lanthaler / TIWAG

Damit einschwimmende Fische nicht wieder aus dem Hebekorb, in dem sie vom Unterwasser ins Oberwasser transportiert werden sollen, ausschwimmen, werden meist Rückhalteeinrichtungen im Einstiegsbereich des Hebekorbes eingesetzt. Lifte für Salmoniden (Atlantischer Lachs, Forelle) weisen einen integrierten Reusenkorb auf, während an Tieflandflüssen (mit höheren Wanderzahlen) Fische meist in eine Vorkammer gelockt werden und anschließend kurz vor der Fahrt mit einem „crowder“ in die Reusenkammer gescheucht werden (Travade und Larinier 1992, Travade und Larinier 2002).

Empfehlungen zur Dimensionierung finden sich in Travade und Larinier (2002). Die Reusen weisen meist relativ kleine Stababstände auf, um auch kleinere Fische zurückzuhalten.

Um ein Verklausen zu verhindern, erfolgt daher meist eine Dotation mit Reinwasser bzw. werden relativ enge Rechen vor dem Dotierwassereinlauf angeordnet. In der „Transportphase“ ist für unten einschwimmende Fische keine Einwanderung in den Hebekorb möglich („intermittierender Betrieb“).

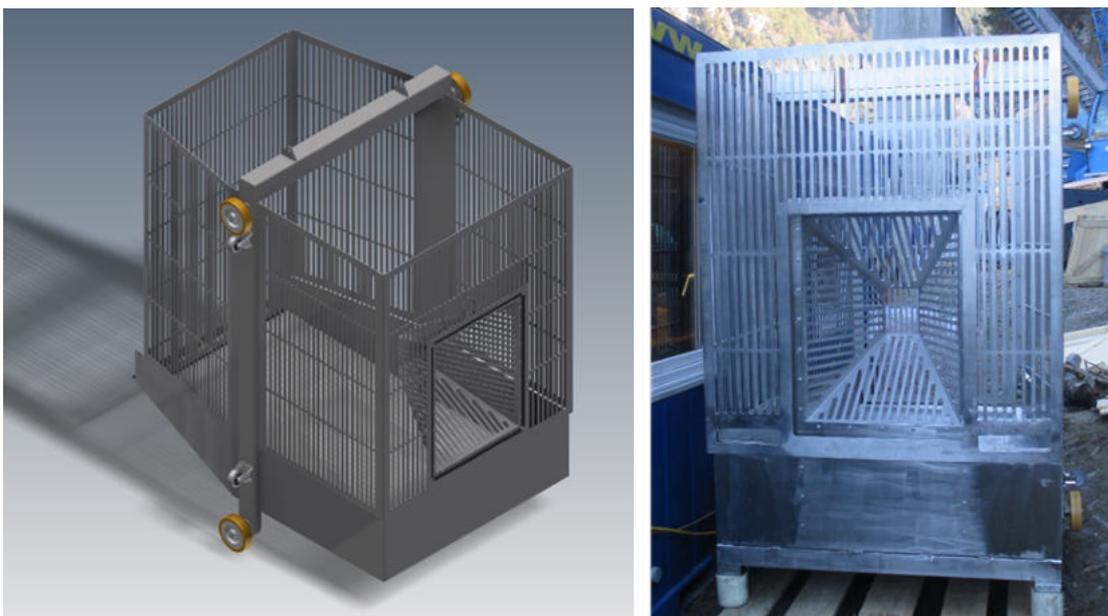
Tabelle 19 Kennzahlen des Fischliftes und der Abschwemmleitung am Inn/Runserau

|  |   |
|--|---|
| Differenz zwischen Unter- und Oberwasser | 10,2 m  |
| Gesamthub                                | 16,6 m  |
| Abmessungen Reusenkorb                   | 2,0 m x 1,35 m  |
| Ausführung der Reuse                     | Schlitze mit L x B = 350 mm x 20 mm lichter Weite   |
| Einschwimmöffnungen                      | Einschwimmtrichter B x H = 150 mm x 200 mm und im unteren Reusenbereich befinden sich zwei Koppen-Öffnungen mit L x B von 265 mm x 60 mm  |
| Volumen der Transportwanne               | 480 l (Wassertiefe ca. 20 cm)   |
| Abschwemmleitung                         | DN 400 (37 cm Innendurchmesser) mit einem Gefälle von 1%, Freispiegel (Fülltiefe von ca. 25 cm), nur während Transportzyklus wassergefüllt (170 l/s), Fließgeschwindigkeit von ca. 2,5 m/s gewährleisten, dass die Fische nicht gegen die Strömung anschwimmen (Transportdauer ca. 4 Minuten) |

Schletterer et al. 2016, Thonhauser et al. 2017

Der Fischlift Runserau ist eine Sonderlösung, die sich aus der Kombination von Standard-Komponenten (Schlitzpass und Lift sowie Abschwemmleitung) zusammensetzt.

Abbildung 55 Grafik (links) und Foto der Reuse (rechts) am Fischlift



Grafik links: Ingenieurbüro Gracner, Foto rechts: TIWAG Schletterer

## **Einstieg**

Um die Auffindbarkeit für aufstiegswillige Fische zu gewährleisten, ist eine stetige Leitstromdotations im Einstiegsbereich des Fischliftes vorzusehen. Wesentlich ist eine gesicherte Einstiegsituation, die meist über Leitelemente, collection-galleries oder einen Schlitzpass ausgeführt wird, wodurch ein Einstau des eigentlichen Einstiegsbereiches in den Fischlift bei höheren Unterwasserständen vermieden wird. Beim Fischlift in Runserau am Inn wurde ein Schlitzpass mit 2 Einstiegsbereichen in unterschiedlicher Entfernung vom Wehr angeordnet, um die Auffindbarkeit für verschiedene Fischarten zu verbessern (Schletterer et al. 2015, Thonhauser et al. 2017).

## **Ausstieg**

Der Ausstieg der Fische ins Oberwasser erfolgt meist zwangsweise durch Ausleeren des Hebekorbes in eine Spülrinne, in der die Fische ins Oberwasser gespült werden. Dazu ist es notwendig, den Wasserspiegel im Hebekorb über jenen des Oberwassers anzuheben. Damit verbunden bietet sich die Möglichkeit der Optimierung des Rückgabepunktes an, so erfolgt z.B. aufgrund des stark schwankenden Oberwasserspiegels die Rückgabe der Fische am Fischlift Runserau ca. 600 m flussauf der Wehranlage.

Bei der Verwendung einer Abschwemmlleitung ist wichtig, dass diese nur teilgefüllt betrieben wird. Am Fischlift Runserau wurde eine PP-Leitung DN 400 (37 cm Innendurchmesser) in einem Gefälle von 1 % installiert. Um im Winter Probleme mit Eisbildung zu vermeiden, kommen vorisolierte Rohre mit Heizdrähten zum Einsatz. Die Abschwemmlleitung wurde nach den Vorgaben für Bypässe bei Fischabstiegsanlagen (Ebel 2016) konzipiert und erfüllt die fischökologischen Vorgaben für Bypässe. Der Freispiegelabfluss weist mit einer Fülltiefe von ca. 25 cm eine ausreichende Wassertiefe auf und die Linienführung der Rohrleitung vermeidet enge Krümmungsradien. Mit der ausreichend hohen Fließgeschwindigkeit von ca. 2,5 m/s wird sichergestellt, dass die Fische nicht gegen die Strömung anschwimmen. Fische benötigen circa 4 Minuten, bis sie die Rohrleitung in Richtung Oberwasser verlassen. Bei abgesenktem Stauraum fallen die Fische maximal ca. 5 m tief nach unten, wobei sie diesen Weg in einem Wasserstrahl (170 l/s) eingebettet zurücklegen. Das Monitoring inkl. veterinärmedizinischer Begutachtung hat nachgewiesen, dass Fische die Anlage schadlos passieren (Tuhtan et al. 2018), in der Literatur sind zudem mögliche Absturzhöhen von bis zu 13 m dokumentiert (DWA 2005).

### 5.10.1.1 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

In Österreich wurde bisher ein mechanischer Fischlift am Inn an der Wehranlage Runserau (KW Imst der TIWAG) errichtet. Dieser Standort liegt im Metarhithral, wobei ober- und unterhalb Hyporhithral-Abschnitte liegen; somit sind aus fischökologischer Sicht Bachforelle (*Salmo trutta*) und Koppe (*Cottus gobio*) die Leitarten und die Äsche (*Thymallus thymallus*) wird als typische Begleitart geführt (BMNT 2019). Der Einstieg erfolgt über einen Schlitzpass mit zwei Einstiegspositionen (wehrnah und wehrfern). Die Lage der Einstiege und die Verteilung der Dotation zwischen diesen wurde für unterschiedlichste Abflussbedingungen mit einer hydraulischen Modellierung optimiert (Kopecki et al. 2016). Da die gesamte Mindestrestwasserdotations von 5 m<sup>3</sup>/s über die Anlage abgegeben wird, ist eine gute Leitströmung ausgeprägt.

An diesem Einzelstandort konnte eine gute Passierbarkeit für Bach- und Regenbogenforelle, sowie Äsche und Koppe (alle Arten des Unterwassers) belegt werden, wobei aufgrund der Einstiegssituation (siehe oben) eine gute Auffindbarkeit auch für strömungsliebende Fischarten anzunehmen ist. Beispielsweise wurden 66% aller aufgestiegenen Äschen innerhalb von 4 Tagen bei der Laichwanderung Ende März dokumentiert (Thonhauser et al. 2017).

Zudem wurde durch kontinuierliches Monitoring (Filmen jeder Liftfahrt mit einer Kamera) nachgewiesen, dass bei sehr niedrigen Wassertemperaturen keine relevante Fischwanderung stattfindet (z.B. im Dezember 2016 lediglich 7 Fische bei 748 Fahrten). Der Fischlift Runserau wird während der Laichzeit der Bachforelle (Mitte Oktober bis Mitte Dezember) bzw. Äsche (Mitte März bis Mitte April) stündlich betrieben, außerhalb dieser Zeiten alle 4 Stunden bzw. wurde auf Basis der Monitoringergebnisse festgelegt, dass der Lift bei Wassertemperaturen unter 4 °C nur 1x pro Tag fährt.

Darüber hinaus sind aufgrund des Einzelstandortes und des geringen Fischartenspektrums keine generellen Aussagen betreffend die Funktionsfähigkeit an anderen Standorten möglich. Weitere Ergebnisse von Funktionskontrollen werden aber gesammelt und analysiert.

## 5.10.2 Fischliftschleuse

Fischliftschleusen sind durch einen beweglichen Hebekorb/Behälter gekennzeichnet, in dem die Fische von der Höhe des Unterwassers bis zur Höhe des Oberwassers transportiert werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fischliften ist die Fischliftschleuse mit einer Konstruktion bestehend aus Schwimmer, festen Verbindungsstücken und Lochblech ausgestattet. Diese Konstruktion ermöglicht, dass das Transportsystem ohne Einwirken von zusätzlicher Fremdenergie auf- und abschwimmen kann. Damit sind grundsätzlich auch größere Höhenunterschiede ohne großen Platzbedarf zu überwinden.

In der „Transportphase“ ist für unten einschwimmende Fische keine Einwanderung in den Hebekorb/Behälter möglich („intermittierender Betrieb“).

Der Einstieg erfolgt meist über einen herkömmlichen FAH-Typ, meist Schlitzpass oder Multi-Struktur-Pass.

Bei diesem System werden zwei Systemvarianten umgesetzt:

- Fischliftschleuse ohne Überpumpen
- Fischliftschleuse mit Überpumpen

Je nach Standort- und Bauwerksgegebenheiten ist die geeignete Variante zu wählen (siehe die nachfolgenden Ausführungen).

### 5.10.2.1 Funktionsbeschreibung Fischliftschleuse ohne Überpumpen

#### Wartebereich

Der Fischliftschleuse ist ein Wartebereich vorgeschaltet. Ankommende Fische aus dem Unterwasser können in den Wartebereich einschwimmen, auch wenn der Schieber im Unterwasser gerade geschlossen ist. Der Wartebereich kann mittels eines Art Tosbeckens (Wasserbausteine) gestaltet sein. Bei Bedarf kann eine Reusenkonstruktion angeordnet werden, um das Ausschwimmen von Fischen aus dem Wartebereiche zu verhindern.

## **Fangphase**

In der Fangphase befindet sich der Wasserspiegel im Schacht und damit auch der Transportkorb auf Niveau des UW-Spiegels. Das Lochblech auf den Seiten und am Boden des Transportkorbes soll ein Lochraster von etwa 10 cm aufweisen. Die Löcher besitzen einen Durchmesser von maximal 10 mm.

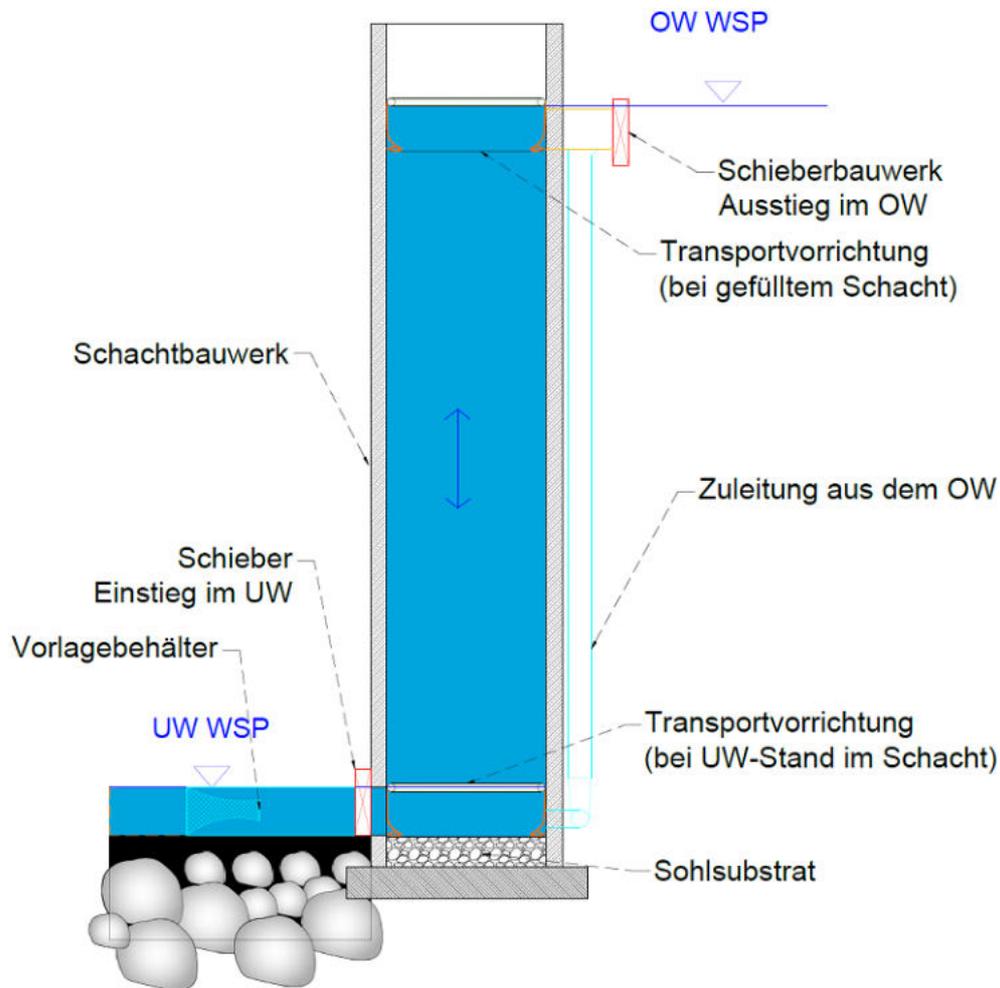
Der Schieber für den Bypass, der zur Erzeugung einer Leitströmung im Unterwasser sorgt, ist offen. Die Sohle im Wartebereich vor dem Unterwasserschütz (Einstieg in die Fischliftschleuse), liegt mit dem Boden des Transportkorbes im Schacht auf gleicher Höhe. Der Schieber für die Schachtbefüllung ist etwas geöffnet. Das einfließende Wasser wird mittels Bypass nach unten gleitet und gelangt über ein Verteilersystem, welches am Schachtboden liegt, in den Schacht.

Diese Art der Leitstromerzeugung hat den Vorteil, dass die Turbulenzintensität im Fangkorb trotz Leitstrom-Durchströmung sehr klein ist und der Aufenthalt von Fischen dadurch nicht gestört wird.

Infolge der Durchströmung des Schachtes von außen nach innen werden Verlegungen auf der Innenseite der seitlichen Lochbleche abgespült und mitgenommen.

Die Fische werden durch diesen Wasserstrom angelockt und schwimmen in den Fangkorb ein (Abbildung 56).

Abbildung 56 Schematische Darstellung des Fischliftsystems ohne Überpumpen



Grafik: Monai

Es hat sich aus Versuchen gezeigt, dass Einbauteile in der Fischliftschleuse (z.B. Reusenkehlenkonstruktion) zu signifikant höherem Wartungsaufwand bzw. zu erhöhtem Betriebsaufwand (Reinwasserbetrieb) führen. Daher wird bei diesem System im Schacht keine derartige Konstruktion vorgesehen. Die Fische können somit in den Schacht ein- und auch wieder ausschwimmen.

### Hubphase

Nach der Fangzeit von ca. fünf bis zehn Minuten wird das Unterwasserschütz geschlossen. Die Schachtbefüllungsleitung füllt den Schacht und der ansteigende Wasserspiegel nimmt das Schwimmersystem mit den Fischen darin mit nach oben.

## Ausstiegsphase

Wenn der Wasserspiegel im Schacht mit dem Wasserspiegel im OW-Kanal des Kraftwerkes annähernd ausgeglichen ist, wird das Oberwasserschütz langsam ganz geöffnet. Der Durchfluss vom OW-Kanal in den Schacht hinein (bei gleichzeitig leicht geöffneter Einstiegsöffnung) mit einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 0,40 m/s veranlasst die Fische, gegen die Strömung den Schacht zu verlassen.

Die Dauer der Ausstiegsphase muss am jeweiligen Standort optimiert werden.

## Absenken

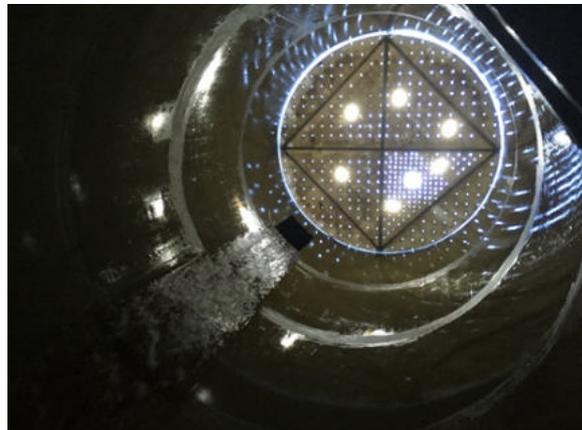
Nach erfolgreichem Ausstieg wird der Oberwasserschieber ganz geschlossen. Das Unterwasserschütz ist etwas geöffnet. Der Zufluss von oben ist abgestellt, so dass der Wasserspiegel im Schacht sinkt. Die schwimmende Transporteinheit bewegt sich mit dem sinkenden Wasserspiegel nach unten. Das Lochblech sinkt auf die sohlbündige Position ab. Dann wird das Unterwasserschütz ganz geöffnet. Die Zufuhr von Leitstromwasser vom Schacht heraus beginnt von Neuem (Fangphase).

Bei dieser Ausführung ist auch ein Fischabstieg über das System möglich.

Nachfolgende Abbildungen zeigen Fischliftschleusen ohne Überpumpen.

Abbildung 57 Links Fischliftschleuse im Metarhithral mit einer Hubhöhe von 4 m.

Rechts: Innenbereich des Schachtes der Fischliftschleuse



Fotos: Monai

### 5.10.2.2 Fischliftschleuse mit Überpumpen

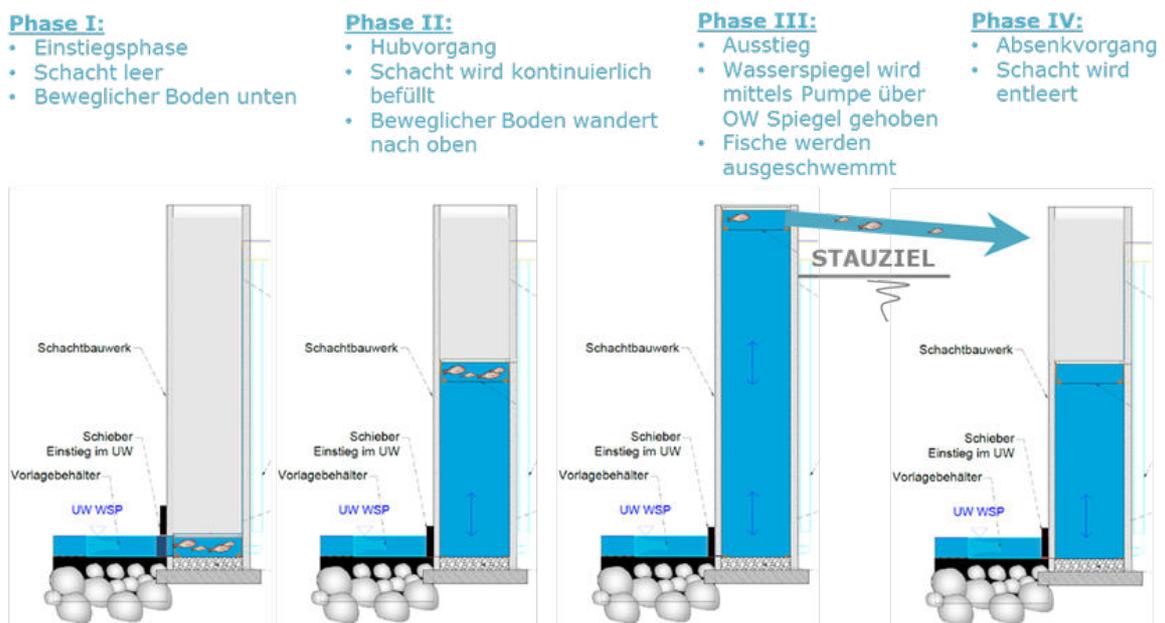
Die Fischliftschleuse mit Überpumpen besteht wie bei der Ausführung ohne Überpumpen aus einem Fischliftschleusenschacht und einem eingebauten Transportsystem, welches mit steigendem und sinkendem Wasserspiegel im Schacht auf- und absteigt.

Bei dieser Systemvariante wird der Wasserspiegel im Schacht nach Ausgleichen mit dem Oberwasserspiegel durch den Einsatz einer Pumpe überpumpt. Der Wasserspiegel im Schacht liegt in dem Fall höher als der Oberwasserspiegel. In der Ausstiegsphase werden die Fische durch eine Schwemtleitung ins Oberwasser ausgeschwemmt. Diese Einrichtung ist so konstruiert, dass für Fische ein Rückschwimmen in den Schacht nicht möglich ist.

Ein wesentlicher Vorteil der Fischliftschleusenvariante mit Überpumpung ist der Einsatz bei schwankenden OW-Spiegeln.

Bei dieser Ausführung ist der Fischabstieg über das System wegen des Ausschwemmvorgangs nicht möglich.

Abbildung 58 Phasen des Fischliftschleusensystems mit Überpumpen



Quelle: Monai

Abbildung 59 Fischliftschleuse mit der Ausschwemmleitung an zwei Standorten



Fotos: Monai

### 5.10.2.3 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

Bis Ende 2020 liegen für 6 Standorte Monitoringergebnisse vom Epi- bis zum Hyporhithral inklusive eines großen Seeausrinnns vor.

Anhand der Monitoringergebnisse konnte eine unbeschadete Passage von insgesamt 20 heimischen Fischarten nachgewiesen werden. Dabei wurde der Aufstieg von strömungsliebenden, indifferenten und Ruhigwasser liebenden Fischarten dokumentiert. Es wurden sowohl Kleinfischarten als auch große Individuen bis 1.140 mm Länge (Hecht) bzw. 1.000 mm (Aal) nachgewiesen.

Im ER und MR wurde an je einem Standort ein erfolgreicher Aufstieg für die Bachforelle belegt. Die Koppe konnte nur mit 3 Individuen, bei allen 6 Standorten zusammen mit 11 Individuen belegt werden. Bei beiden Standorten waren allerdings das Aufstiegspotential ebenso wie die quantitativen Aufstiegszahlen gering.

Insgesamt konnte der Aufstieg von 50 Äschen dokumentiert werden, der sich allerdings auf alle Standorte gleichmäßig verteilt (max. 18 Äschen pro Standort). Für Nasen konnte im HR mittel ein quantitativer Aufstieg, allerdings nur von subadulten Individuen nachgewiesen werden. Für adulte Barben wurde hingegen an einem Standort (HR groß, Seeausrinn) ein quantitativer Aufstieg während der Laichwanderung dokumentiert. Aufgrund des größeren Aufstiegspotentials wurden hier auch mehrere andere Fischarten in größeren Stückzahlen dokumentiert (Seelaube, Rotaugen, Flussbarsch).

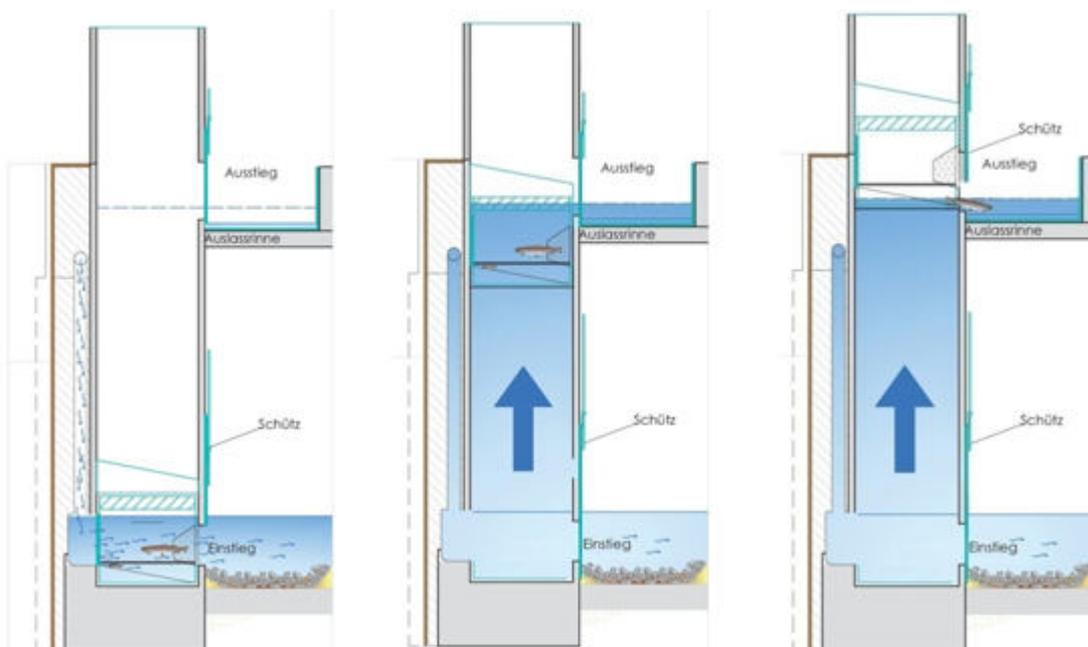
Aufgrund des größeren Artenspektrums sind allerdings im HR und EP vermutlich mehr Standorte als im ER und MR erforderlich.

Insgesamt ist aufgrund der eingeschränkten Anzahl an Standorten, die sich auf mehrere Gewässertypen verteilen, eine generelle Angabe zur Erprobung noch nicht möglich. Weitere Ergebnisse von Funktionskontrollen werden aber gesammelt und analysiert.

### 5.10.3 Kombiniertes Fischlifftsystem

Dieses bisher an einem Standort errichtete System kombiniert die Eigenschaften von Fischliften und Fischliftschleusen. Damit sind grundsätzlich auch größere Höhenunterschiede ohne großen Platzbedarf zu überwinden. Der bewegliche Hebekorb/ Behälter, in dem die Fische von der Höhe des Unterwassers bis zur Höhe des Oberwassers transportiert werden, „schwimmt“ mit ansteigendem Wasserspiegel auf, wird aber durch Pumpen über den Oberwasserspiegel gehoben. Dadurch ist eine „Zwangsentleerung“ der Fische ins Oberwasser möglich.

Abbildung 60 Betriebsweise des kombinierten Fischlifftsystems (links: Einschwimmphase, Mitte: Hub, rechts: Ausstiegsphase)



Grafik: Seidl

In der „Transportphase“ ist für unten einschwimmende Fische keine Einwanderung in den Hebekorb/Behälter möglich („intermittierender Betrieb“).

Da die Fische passiv hinauf transportiert werden, ergeben sich keine speziellen Anforderungen für die Größe des Hebekorbes entsprechend dem Schwimmverhalten. Es ist jedoch ausreichend Raum für aufsteigende Fische, speziell bei Großfischarten und Laichwanderungen vorzusehen, um Verletzungen zu vermeiden. Hier ist zusätzlich zu beachten, dass aufgrund des intermittierenden Betriebes vor allem im Zuge von Wanderungen mit größeren Stückzahlen einwandernder Fische zu rechnen ist.

### **Einstieg**

Um die Auffindbarkeit für aufstiegswillige Fische zu gewährleisten, ist eine stetige Leitstromdotation im Einstiegsbereich des Fischliftes vorgesehen. Der Einstiegsbereich ist als Schlitzpass ausgeführt, wodurch auch ein Einstau des eigentlichen Einstiegsbereiches in den Fischlift bei höheren Unterwasserständen vermieden wird.

Damit einschwimmende Fische nicht wieder aus dem Hebekorb ausschwimmen, wird bei diesem System eine Rückhalteeinrichtung („Reusenkehle“) im Einstiegsbereich des Hebekorbes eingesetzt. Diese Rückhalteeinrichtung weist relativ kleine Stababstände/Maschenweiten auf, um auch kleinere Fische zurückzuhalten. Um ein Verklausen zu verhindern, erfolgt eine Dotation mit Reinwasser.

### **Ausstieg**

Der Ausstieg der Fische ins Oberwasser erfolgt zwangsweise durch Ausleeren des Hebekorbes in eine Spülrinne, in der die Fische ins Oberwasser gespült werden. Dazu ist es notwendig, den Wasserspiegel im Hebekorb über jenen des Oberwassers anzuheben. Beim kombinierten Fischliftsystem wird dies durch Pumpen erreicht.

#### **5.10.3.1 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen**

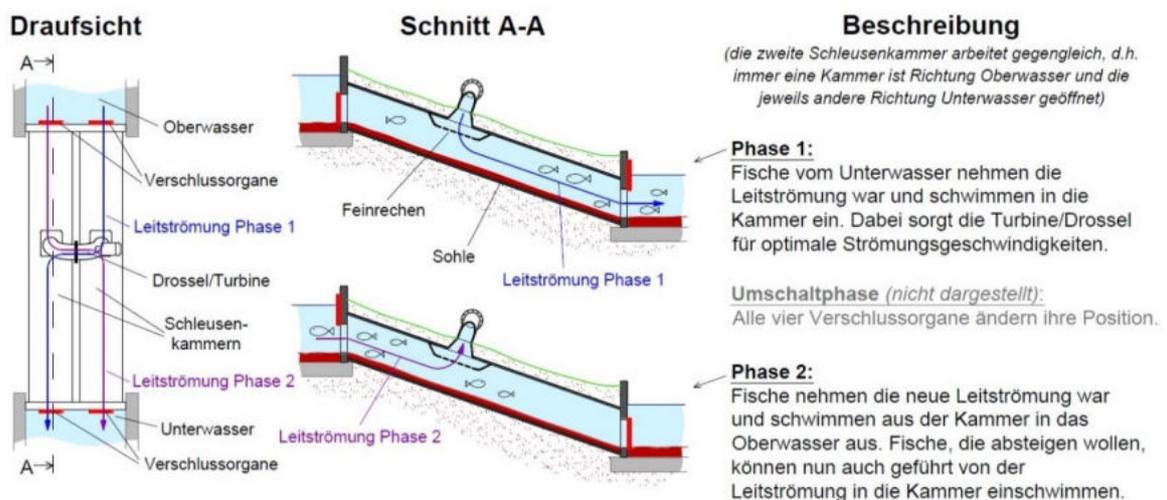
Das System wurde bisher an einem Standort im Epipotamal mittel errichtet und getestet (KW Blumau, Safenbach 2016/17 (EP mittel, MQ 2 m<sup>3</sup>/s)).

Anhand der Monitoringergebnisse konnte eine unbeschadete Passage von insgesamt 21 heimischen Fischarten nachgewiesen werden. Für den Standort konnten damit Hinweise für eine gute Passierbarkeit für hyporhithrale / potamale Kleinfischarten sowie mittelgroße Individuen weiterer Arten eines kleinen epipotamalen Gewässers (MQ = 2 m<sup>3</sup>/s) dokumentiert werden. Aufgrund des Einzelstandortes sind allerdings weitere Aussagen für andere Standorte noch nicht möglich.

### 5.10.4 Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe

Bei der Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe handelt es sich um eine Weiterentwicklung einer Fischschleuse. Die Technologie beruht auf einer patentierten hydraulischen Verschaltung zweier gegenläufig betriebener Schleusenammern. Aufgrund dieser Betriebsweise wird ein kontinuierliches Einschwimmen von Fischen von beiden Seiten in die Schleusenammern ermöglicht und ein intermittierender Betrieb, welcher bei herkömmlichen Fischschleusen und Fischliften vorliegt, verhindert. Dies führt zu einer Steigerung der Effektivität und ermöglicht neben dem Fischaufstieg zeitgleich auch einen Fischabstieg.

Abbildung 61 Funktion der Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe



Grafik: Mayrhofer

Aufgrund der Energiedissipation außerhalb des Fischwanderbereichs, wahlweise mit Drossel oder Mikro-Turbine, und der einstellbaren Leitstromdotatation liegen in den

Kammern keine hohen Turbulenzen vor bzw. können optimale Strömungsgeschwindigkeiten für die Fischwanderung realisiert werden. Standardmäßig ist eine durchgehende Sohle aus in einem Betonbett verlegten Kantkorn mit einem Durchmesser von ca. 100 mm vorgesehen, um eine Passierbarkeit für sohlbezogene Fischarten zu erreichen.

Um ein Einschwimmen von Fischen in den turbulenzstarken Bereich der Schleuse zu verhindern, sind Feinrechen angeordnet, die sich aufgrund der wechselseitigen Durchströmung automatisch reinigen.

Das System wird derzeit in vier standardisierten Größen angeboten, die sich im Wesentlichen aufgrund des Kammerdurchmessers (0,6 bis 1,5 m) unterscheiden, welche ca. das 1,5-fache der Fischlänge betragen soll. Die Länge der Kammer sollte mindestens 6 m betragen. Vor allem bei Vorkommen von größeren Fischarten sind längere Kammerausführungen zu empfehlen. Aufgrund der Standardisierung, der kompakten Bauweise und technologischer Rahmenbedingungen ist der Bautyp vor allem für die Überwindung mittlerer Höhen geeignet (1,5 bis 6 m).

Das System wurde bisher bei Höhendifferenzen von 1,35 bis 2,5 m mit Leitstromdotationen von 50 bis 126,5 l/s und einer Neigung von 13,15 bis 20° errichtet.

Eine Kombination mit weiteren FAH-Typen oder mehrerer Schleusen ist möglich, um beispielsweise größere Höhen zu überwinden.

Das System weist einen geringen Platzbedarf auf und kann auch bei Oberwasserspiegelschwankungen eingesetzt werden. Die Leitstromdotation kann in gewissem Rahmen (abhängig vom Rohrdurchmesser und der Schwimmkapazität der gewässertypischen Fischfauna) angepasst werden.

Abbildung 62 Zwei-Kammern-  
Fischwanderhilfe parallel zur  
Restwasserschnecke



Foto: Mayrhofer

Abbildung 63 Zwei-Kammern-  
Fischwanderhilfe



Foto: Mayrhofer

#### 5.10.4.1 Nachgewiesene Funktionsfähigkeit für Gewässertypen

Das System wurde bisher an einem Standort im Metarhithral (Alm, OÖ) und einem im Epipotamal mittel (Aschach, OÖ) errichtet und getestet.

Anhand der Monitoringergebnisse konnte eine unbeschadete Passage von insgesamt 28 heimischen Fischarten nachgewiesen werden.

Im MR wurde an 1 Standort ein erfolgreicher Aufstieg für alle Stadien der Bachforelle belegt. Koppe und Äsche konnten nur mit 1 bzw. 2 Individuen nachgewiesen werden. Nachweise des Aufstieges für die anderen Arten des Rhithrals sowie hinsichtlich der Auffindbarkeit an mittleren und größeren Gewässern stehen noch aus.

Im EP konnte der erfolgreiche Aufstieg von 25 heimischen Fischarten dokumentiert werden. Dabei wurden zahlreiche adulte Individuen von Nase, Barbe und Aitel sowie mehrere Kleinfischarten dokumentiert. Größere Individuen (> 610 mm), insbesondere von Großfischarten konnten mit Ausnahme eines Aals noch nicht nachgewiesen werden. Aufgrund des größeren Artenspektrums sind allerdings im HR und EP vermutlich mehr Standorte für einen generellen Funktionsnachweis als im ER und MR erforderlich.

Aufgrund der geringen Zahl an Untersuchungsstandorten (je ein Einzelstandort im MR bzw. EP mittel) können noch keine generellen Aussagen zu Erprobung erfolgen.

# 6 Beispiele für Anpassungen an Sondersituationen

Der Leitfaden ist eine Unterstützung für die Planung und den Bau von Fischaufstiegshilfen und beinhaltet Kriterien für Planung und Dimensionierung für die typischen Situationen, die im Regelfall vor Ort vorgefunden werden. Die Erfahrungen zeigen, dass davon abweichende Bedingungen auftreten können, die bei der Heranziehung des Leitfadens durch den/die Sachverständige/n zu berücksichtigen sind. Derartige Situationen sind bereits in Kapitel 3 des Leitfadens enthalten. **Dabei lautet das Grundprinzip, dass bei etwaig notwendigen Abweichungen von den Vorgaben des Leitfadens zwar einzelne Werte entsprechend den abweichenden Anforderungen angepasst werden, dabei aber die Grundprinzipien des Leitfadens eingehalten werden.**

In diesem Kapitel werden beispielhaft einige Sondersituationen angeführt. Verschiedene Möglichkeiten, die dem Sachverständigen im Rahmen der Kriterien des Leitfadens zur Verfügung stehen, werden skizziert und erläutert.

Für diese Sondersituationen ist vom Sachverständigen im Rahmen einer Einzelfallbeurteilung festzustellen, was bei diesem Standort der (mit verhältnismäßigen Mitteln erreichbare) Stand der Technik sein kann. Der Leitfaden kann dabei für die Festlegung des Standes der Technik Anhaltspunkte bieten.

## 6.1 Beispiel 1: Ungünstiges Verhältnis zwischen leitfaden- konformem Dotationserfordernis und Abflussgröße

**Situation:** Ungünstiges Verhältnis zwischen Länge der größenbestimmenden Fischart und Wasserführung in Gewässern mit geringem Abfluss – z.B. Huchen als größenbestimmende Fischart (Länge 90 cm) im Epipotamal mittel, in einem Gewässer MQ zwischen 1 und 5 m<sup>3</sup>/s (ähnlich: Huchen (Länge 80 cm) im Hyporhithral bei MQ zwischen 2 und 5 m<sup>3</sup>/s).

Aufgrund der geringeren Gewässergröße ist der Anteil der sich lt. Leitfaden ergebenden Dotation des Fischeaufstiegs prozentuell deutlich größer als bei abflussstärkeren Gewässern dieser Klasse. Die Dotation bei der maximal zulässigen WSP-Differenz zwischen den Becken (13 cm) beträgt beim Schlitzpass 420 l/s. Bei Einsatz eines naturnahen Beckenpasses reduziert sich die erforderliche Dotation auf 400 l/s.

**Lösungsmöglichkeit A: Bauliche Optimierung zur Verringerung der Wasserverluste**

Die Möglichkeit der flacheren Bauweise wird im Leitfaden für den Schlitzpass in Kapitel 5.5.5 behandelt. In diesem Beispiel besteht diese Option für Gewässer mit MQ von 3- 5 m<sup>3</sup>/s. Der Gewässerabschnitt flussauf ist wesentliches Lebensraumareal für Huchen. Eine Reduktion der größtenbestimmenden Länge hätte deutliche Auswirkungen auf die Huchenpopulation im gesamten Gewässer.

**Anpassung:** FAH-Dimensionen entsprechend dem Leitfaden, aber geringere Spiegeldifferenz zwischen den Becken.

Tabelle 20 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“

| Eingangsparameter             | Leitfaden              | Sondersituation   |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|
| Fischregion                   | Epipotamal mittel      |                   |
| Größenbestimmender Fisch      | Huchen, L = 90 cm      | Huchen, L = 90 cm |
| MQ-Klasse [m <sup>3</sup> /s] | 1-20 m <sup>3</sup> /s |                   |
| MQ-Detail [m <sup>3</sup> /s] |                        | 3 bis 5           |
| Gesamthöhendifferenz: [m]     |                        | 4                 |

Tabelle 21 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und resultierende Bemessungswerte bzw. Dotation

| <b>Dimensionierung</b>              | <b>FAH-Leitfaden Standard</b> | <b>adaptierte FAH-Dimension</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| max. Spiegeldifferenz [cm]          | 13                            | <b>10</b>                       |
| Min. Beckenlänge [cm]               | 290                           | 270                             |
| Min. Breite [cm]                    | 190                           | 180                             |
| Min. Maximaltiefe Becken/ Kolk [cm] | 90                            | 90                              |
| Min. Schlitzweite [cm]              | 32                            | 32                              |
| <b>Dotation [l/s]</b>               | <b>420</b>                    | <b>380</b>                      |
| Gesamtlänge bei 4 m Höhe [m]:       | 90                            | 104                             |

Die volle Durchgängigkeit für adulte Huchen mit 90 cm Länge ist ganzjährig gegeben, damit ist das Qualitätskriterium der Durchgängigkeit erhalten. Die FAH ist rd. 15% länger und verursacht damit etwas höhere Baukosten.

Würde im obigen Beispiel die Länge der größtenbestimmenden Fischart Huchen auf 80 cm reduziert, würde sich die Schlitzweite auf 30 cm und die minimale Beckentiefe auf 85 cm reduzieren. Damit würden sich Beckenlänge und Gesamtlänge der FAH nur geringfügig verringern (< 5%), die Dotation würde nur geringfügig unter der oben angeführten flacheren FAH liegen (ca. 370 l/s statt 380 l/s). Bei einer nur geringfügigen Kostenreduktion würde es dadurch zu einer deutlichen Verschlechterung der fischökologischen Verhältnisse kommen. Von dieser Vorgehensweise wird daher abgeraten.

### **Lösungsmöglichkeit B: gestaffelte Dotation**

In Sonderfällen, wenn das natürliche Wasserdargebot in einem besonderen Missverhältnis zu dem Dotationserfordernis nach Leitfaden steht (z.B. MQ von 1 bis 3 m<sup>3</sup>/s oder sehr ausgeprägte NW-Abflüsse), wäre auch eine gestaffelte Dotation anzudenken. Es muss dabei gewährleistet sein, dass zumindest während der Hauptwanderzeit die volle Durchgängigkeit für adulte Huchen mit 90 cm Länge sichergestellt ist. Die restliche Zeit wird die Dotation so reduziert, sodass zumindest die volle Durchgängigkeit für die nächste größtenbestimmende Fischart gegeben ist.

## Überlegungen für eine mögliche Dotationsstaffelung:

Im Frühjahr (März bis Mai) während Hauptlaichzeit bzw. Hauptwanderzeit des Huchens die volle Dotation mit 420 l/s (bzw. 380 l/s bei flacher gebauter FAH), im restlichen Jahr Reduktion der Dotation, sodass zumindest die volle Durchgängigkeit für die nächstkleinere größenbestimmende Fischart gegeben ist.

Tabelle 22 Mögliche Dotationsstaffelung für die flachere FAH lt. Lösungsmöglichkeit A

| Monat          | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Gewichteter Mittelwert |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------------------------|
| Dotation [l/s] | 190 | 190 | 380 | 380 | 380 | 330 | 330 | 330  | 270 | 270 | 270 | 190 | 293                    |

Bei der Minimaldotation von 190 l/s ergibt sich eine minimale Maximaltiefe im Becken/Kolk von rd. 45 cm.

## 6.2 Beispiel 2: FAH an der Fischregionsgrenze

**Situation:** Übergang von Metarhithral (größenbestimmende Fischart: Äsche 50 cm) zu Hyporhithral (Huchen, 80 cm) mit MQ 2-20 m<sup>3</sup>/s, die Dotation bei der maximal zulässigen WSP-Differenz zwischen den Becken beim Schlitzpass beträgt im MR 240 l/s, im HR 400 l/s.

In derartigen Fällen, in denen ein Querbauwerk sich unweit flussab des Endes des natürlichen Fischlebensraums oder in der Nähe von Fischregionsgrenzen oder in Gewässerabschnitten mit natürlicherweise sehr geringen Abflüssen befindet, könnten die Vorgaben des Leitfadens entsprechend angepasst werden.

### Lösungsmöglichkeit A: Bauliche Optimierung und Dotationsstaffelung zur Verringerung der Wasserverluste

**Anpassung:** Errichtung der FAH mit den Dimensionen entsprechend dem Leitfaden für Hyporhithral MQ 2-20 m<sup>3</sup>/s (Huchen, 80 cm), aber geringeres Gefälle und Voll-Dotation nur während Hauptwanderzeit, sonst reduzierte Dotation für Äsche mit 50 cm Länge.

Tabelle 23 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“

| Eingangsparameter             | Leitfaden                              | Sondersituation                 |
|-------------------------------|--|---------------------------------|
| Fischregion                   | Hyporhithral MQ 2-20 m <sup>3</sup> /s | Grenze zu MR groß /Hyporhithral |
| Größenbestimmender Fisch      | Huchen, L = 80 cm                      | Huchen, L = 80 cm               |
| MQ-Klasse [m <sup>3</sup> /s] | 2-20 m <sup>3</sup> /s                 |                                 |
| MQ-Detail [m <sup>3</sup> /s] |  | 2 bis 5                         |
| Gesamthöhendifferenz: [m]     |  | 4                               |

Tabelle 24 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und gestaffelte Dotation

| Dimensionierung                     | FAH-Leitfaden Standard | adaptierte FAH-Dimension |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| max. Spiegeldifferenz [cm]          | 15                     | <b>10</b>                |
| Min. Beckenlänge [cm]               | 280                    | 240                      |
| Min. Breite [cm]                    | 190                    | 160                      |
| Min. Maximaltiefe Becken/ Kolk [cm] | 85                     | 85                       |
| Min. Schlitzweite [cm]              | 30                     | 30                       |
| <b>Dotation [l/s]</b>               | <b>400</b>             | <b>330</b>               |
| Gesamtlänge bei 4 m Höhe [m]        | 76                     | 96                       |

### Überlegungen für eine eventuelle Dotationsstaffelung:

Im Frühjahr (März bis Mai) während der Hauptlaich- und Wanderzeit des Huchens volle Dotation mit 400 l/s (bzw. 330 l/s bei flacher gebauter FAH), im restlichen Jahr Reduktion der Dotation auf Bemessungswert für die Äsche mit einer Länge von 50 cm (330 l/s bzw. 240 l/s bei flacherer FAH).

Tabelle 25 Mögliche Dotationsstaffelung für die flachere FAH lt. Lösungsmöglichkeit A

| Monat          | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Gewichteter Mittelwert |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------------------------|
| Dotation [l/s] | 240 | 240 | 330 | 330 | 330 | 240 | 240 | 240  | 240 | 240 | 240 | 240 | 263                    |

Bei der Minimaldotation von 240 l/s ergibt sich eine minimale Maximaltiefe im Becken/Kolk von rd. 60 cm. Auf eine weitere Reduktion der Dotation wird wegen der auch im Spätherbst/Winter wandernden Bachforelle im Gegensatz zum Beispiel vorher im Epiopotamal verzichtet.

### **Lösungsmöglichkeit B: Überprüfung der für die Dimensionierung relevanten größenbestimmenden Fischlänge**

Die für die Dimensionierung der Fischaufstiegshilfe relevante Länge der größenbestimmenden Fischart kann im speziellen Fall überprüft und ggf. geändert werden – z.B. falls nachweislich nur kleinere Huchen vorkommen/einwandern bzw. künftig zu erwarten sind oder das Gewässer so klein ist, dass davon auszugehen ist, dass auch größere Individuen an die beengten Verhältnisse angepasst sind. Eine derartige Anpassung bedarf aber jedenfalls einer nachvollziehbaren fischökologischen Begründung und einer nachweislichen Abstimmung mit dem zuständigen Amtssachverständigen.

Falls sich aufgrund der Lage der Fischaufstiegshilfe an der Fischregionsgrenze flussauf keine geeigneten Habitate für die größenbestimmende Fischart befinden, wären Überlegungen entsprechend Kapitel 6.4.2 anzustellen.

Würde im Beispiel aufgrund von derartigen fischökologischen Rahmenbedingungen und Überlegungen des Sachverständigen als Alternative die **Länge der größenbestimmenden Fischart Huchen auf 70 cm** reduziert, würde sich die Schlitzweite auf 27 cm und die minimale Beckentiefe auf 80 cm reduzieren. Damit würden sich Beckenlänge und Gesamtlänge der FAH nur geringfügig verringern (< 5%), die Dotation würde der oben angeführten flacheren FAH entsprechen (ca. 330 l/s). Die Durchgängigkeit für adulte Huchen wäre jedoch während der Hauptwanderzeit im Frühjahr deutlich reduziert. Dieser Möglichkeit sollte daher nicht der Vorzug gegeben werden.

### 6.3 Beispiel 3: FAH befindet sich an der Grenze zweier Abflussklassen

**Situation:** Die FAH befindet sich im Übergang von Metarhithral klein (größenbestimmende Fischart: Bachforelle 40 cm) zu Metarhithral groß (größenbestimmende Fischart: Äsche 50 cm). Die Dotation bei der maximal zulässigen WSP-Differenz zwischen den Becken beim Schlitzpass beträgt im MR klein 140 l/s, im MR groß 240 l/s.

#### Lösungsmöglichkeit A: Bauliche Optimierung und Dotationsstaffelung zur Verringerung der Wasserverluste

**Anpassung:** Errichtung der FAH mit den Dimensionen entsprechend Leitfaden für MR groß, aber geringeres Gefälle und Voll-Dotation nur während Hauptwanderzeit der Äsche im Frühjahr, sonst reduzierte Dotation für Bachforelle 40 cm.

Tabelle 26 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“

| Eingangsparameter             | Leitfaden             | Sondersituation             |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Fischregion                   | MR groß               | Grenze zu MR klein /MR groß |
| Größenbestimmender Fisch      | Äsche, L = 50 cm      | Äsche, L = 50 cm            |
| MQ-Klasse [m <sup>3</sup> /s] | > 2 m <sup>3</sup> /s |                             |
| MQ-Detail [m <sup>3</sup> /s] |                       | 2 bis 3 m <sup>3</sup> /s   |
| Gesamthöhendifferenz [m]      |                       | 4                           |

Tabelle 27 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und gestaffelte Dotation

| Dimensionierung                     | FAH-Leitfaden Standard | adaptierte FAH-Dimension |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| max. Spiegeldifferenz [cm]          | 18                     | 15                       |
| Min. Beckenlänge [cm]               | 250                    | 220                      |
| Min. Breite [cm]                    | 170                    | 150                      |
| Min. Maximaltiefe Becken/ Kolk [cm] | 70                     | 70                       |
| Min. Schlitzweite [cm]              | 20                     | 20                       |
| <b>Dotation [l/s]</b>               | <b>240</b>             | <b>220</b>               |
| Gesamtlänge bei 4 m Höhe [m]        | 58                     | 59                       |

Tabelle 28 Vorschlag für eine monatsweise gestaffelte Dotation

| Monat          | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Gewichteter Mittelwert |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------------------------|
| Dotation [l/s] | 160 | 160 | 220 | 220 | 220 | 160 | 160 | 160  | 160 | 160 | 160 | 160 | 175                    |

Bei der Dotation von 160 l/s ergibt sich eine minimale Maximaltiefe im Becken/ Kolk von rd. 50 cm.

### **Lösungsmöglichkeit B: Überprüfung der für die Dimensionierung relevanten größenbestimmenden Fischlänge**

Eine derartige Anpassung bedarf jedenfalls einer nachvollziehbaren fischökologischen Begründung und einer nachweislichen Abstimmung mit dem zuständigen Amtssachverständigen.

Würde als Alternative die **Länge der größenbestimmenden Fischart auf Bachforelle** mit einer **Länge von 45 cm** reduziert, würde sich die Schlitzweite auf 17 cm und die minimale Beckentiefe auf 60 cm reduzieren. Damit würden sich Beckenlänge und Gesamtlänge der FAH nur geringfügig verringern (<10%), die Dotation würde der oben angeführten flacheren FAH mit einer jahreszeitlichen Staffelung entsprechen (ca. 170 l/s). Die Durchgängigkeit vor allem für adulte Äschen wäre aber in der Hauptwanderzeit im Frühjahr reduziert. Diese Möglichkeit könnte in Gewässern in Betracht gezogen werden, in denen Äschen kaum über 45 cm Länge erreichen (z.B. Mur).

## 6.4 Sonderfall: Größenbestimmende Fischart fehlt aktuell

### 6.4.1 Größenbestimmende Fischart fehlt kurz- bis mittelfristig, langfristig ist ihr Vorkommen aber nicht auszuschließen

**Situation:** Die größenbestimmende Fischart fehlt aktuell im Gewässer und ihr Vorkommen ist in den nächsten Jahren nicht zu erwarten.

In diesem Fall ist eine neue FAH trotzdem auf die größenbestimmende Fischart zu dimensionieren.

**Lösungsmöglichkeit: Verringerung Dotation bis vollständige Durchgängigkeit stromab oder die größenbestimmende Fischart nachgewiesen ist.**

Durch unabhängigen Nachweis muss sichergestellt sein, dass die ursprüngliche größenbestimmende Fischart tatsächlich nicht vorkommt bzw. auch in naher Zukunft nicht vorkommen wird. Als Anpassung an die Gegebenheiten vor Ort könnte in diesem Fall die Dotation entsprechend Leitfaden zeitlich befristet so lange auf die nächstkleinere größenbestimmende Fischart reduziert werden, bis die Durchgängigkeit flussab hergestellt wurde, d.h. bis alle flussab liegenden Wanderhindernisse durchgängig sind bzw. bis die ursprüngliche größenbestimmende Fischart wieder nachgewiesen wird. Die temporäre Reduktion der Dotation könnte z.B. beim Schlitzpass durch Verengung der Schlitze mittels Kanthölzer erfolgen. Eine weitere Möglichkeit wäre das Vorsehen einschiebbarer zusätzlicher Trennwände, die langfristig für eine Dotationsreduktion im Winter (siehe Kapitel 3.2) verwendet werden könnte.

### 6.4.2 Größenbestimmende Fischart fehlt langfristig

**Situation:** Die größenbestimmende Fischart fehlt aktuell im Gewässer und ihr Vorkommen ist in den nächsten Jahrzehnten bzw. überhaupt nicht mehr zu erwarten.

In diesem Fall ist die Ausweisung des Verbreitungsgebietes und des Wanderkorridors für die größenbestimmende Fischart durch die zuständige Fachdienststelle des Landes in Abstimmung mit dem BMLRT zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Es ist sicherzustellen, dass die FAH für alle vorkommenden bzw. kurz- bis mittelfristig im Unterwasser zu erwartenden Fischarten funktionsfähig ist. Dies gilt insbesondere auch bei Auftreten von Laichwanderungen von größeren Schwarmfischen in größeren Stückzahlen (z.B. Nasen, Barben, Brachsen, Nerflingen, etc.), die eine größere Dimensionierung der FAH erfordern. Bei größeren Gewässern ist darüber hinaus auch auf eine ausreichende Auffindbarkeit bzw. ausreichende Leitströmung zu achten.

## 6.5 FAH an Grenze zu Fischlebensraum

In diesem Kapitel werden Erfahrungen der Wildbach- und Lawinenverbauung (BMLRT Abteilung III/4) mit der Umsetzung von Fischaufstiegshilfen im Zuge von Hochwasserschutzprojekten dargestellt:

Im oberen Epirhithral an der Grenze zum natürlichen Fischlebensraum, ergeben sich vor allem aufgrund des hohen Sohlgefälles Einschränkungen für eine dauerhafte Fischpassierbarkeit von Querbauwerken. Da der FAH-Leitfaden Aussagen für Fließgewässer mit einem MQ von größer als  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  gibt, liegen diese Strecken meist außerhalb des Anwendungsbereiches. Trotzdem können selbst in diesem Grenzbereich fischpassierbare und standsichere FAH errichtet werden, sofern dadurch das Hochwasserschutzziel nicht beeinträchtigt wird.

Bei einem Sohlgefälle von 5 bis 10% führt die hohe Schleppkraft des Wassers bereits bei häufigen (1 jährlichen) Hochwasserereignissen zu einer großen Dynamik und bei entsprechender Geschiebeverfügbarkeit im Einzugsgebiet zu Auflandungen (Geschiebeablagerungen). FAH im Nebenschluss haben sich in diesen Bereichen nicht bewährt, da die Wartung der Ein- und Auslaufbauwerke sehr intensiv ist und in der Praxis nicht ausreichend gewährleistet werden kann. Auch bei FAH im Hauptschluss können aus diesem Grund die Bemessungsparameter (max. Leistungsdichte, maximale Absturzhöhe) ebenfalls nicht immer zur Gänze eingehalten werden.

Aus bisherigen Erfahrungen im Rahmen von Projekten der WLW lassen sich folgende Empfehlungen für die Herstellung der Durchgängigkeit in diesem Grenzbereich formulieren:

- **Aufweitung**

Bei ausreichender Grundstückverfügbarkeit ist eine Aufweitung eine ökologisch wertvolle wie auch finanziell günstige Variante. In einem Beispielprojekt wurde bei einem Sohlgefälle von 5% der Hochwasserschutz als äußerste Grenze zu einer Landesstraße und einer Forststraße durch Steinsätze mit Wasserbausteinen hergestellt. In der großzügigen Fläche zwischen den Steinsätzen wurde ein unbefestigtes Gerinne errichtet und mit standortgerechter Initialbepflanzung (z.B. *Salix purpurea*) versehen. Nach einem mittleren (ca. 50-jährlichen) Hochwasser hat sich das Flussbett umgestaltet, blieb aber fern der randlichen Begrenzung der Aufweitung und es konnte sogar die Fischpassierbarkeit für Bachforellen nachgewiesen werden.

- **Modifizierter Beckenpass im Niederwasserbereich der Gerinnesohle**

Im Beispielprojekt wurde eine bestehende, glatte „Schussrinne“ mit einem Sohlgefälle von 10% durch einen in der Gerinnesohle eingelassenen Beckenpass aus Wasserbausteinen ersetzt. Aus Standsicherheitsgründen mussten die Wasserbausteine in Beton verlegt werden, wobei dieser tief in den offenen Fugen zurückblieb, sodass sich in den fertigen Fugen ein natürliches Sohlsubstrat einstellen konnte. Durch die Anordnung und Querneigung der Becken zur Fließrichtung beträgt das mittlere Längsgefälle des Niederwasserfließweges 5 bis 6%. Der Beckenpass überstand bereits ein mittleres Hochwasser mit nur minimalen Schäden und es konnte die Passierbarkeit für Bachforellen nachgewiesen werden.

- **Pendelnde Niederwasserrinne mit Sohlgurten**

Bei einem Sohlgefälle von ca. 5% können fischpassierbare und hochwasserstandsichere Gerinneabschnitte mit Sohlgurten hergestellt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass in jedem Sohlgurt eine Niederwasserrinne auf der Höhe des Unterwasserbereichs (ca. 20 cm unter OK restl. Sohlgurt) situiert ist. Die Breite dieses Bereiches entspricht dem Abflussquerschnitt für den Niederwasserabfluss. Diese Niederwasserrinnen sollten alternierend angeordnet werden, wobei darauf zu achten ist, dass zwischen Niederwasserrinne und Böschungsfuß ein Mindestabstand eingehalten werden sollte (quer zur Fließrichtung), um eine Unterkolkung der Böschungen zu vermeiden. Im Beispielbach mit einem  $HQ_{100}$  von ungefähr  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  mussten aus Standsicherheitsgründen die Sohlgurte mit großen Wasserbausteinen, zweireihig in Beton hergestellt werden. Der Beton stellt hier aufgrund des Verbundes zwischen dem Steinen zwar einen wichtigen Faktor für die Standsicherheit dar, soll aber aus ökologischen Gründen möglichst tief in den Fugen zurückbleiben, sodass sich die Fugen im oberen Bereich mit natürlichem Sohlsubstrat füllen können.

Abbildung 64 Gerinneabschnitt des Zauchbaches, 10% Sohlgefälle; links: historische, glatte Rampe „Schussrinne“; rechts: in die Sohle eingelassener Niederwasser- Beckenpass (vor der Uferbestockung)



Fotos: die.wildbach

# 7 Checkliste für Planung und Dimensionierung von FAHs

Als Orientierungshilfe für die Verwendung des vorliegenden Leitfadens sind hier die für die Planung und die Dimensionierung von Fischaufstiegshilfen nötigen Schritte mit den jeweiligen Verweisen zu den entsprechenden Kapiteln im Leitfaden aufgelistet:

1. Bestimmung des **vorliegenden Gewässertyps** und der zugehörigen **größenbestimmenden Fischart** entsprechend Tabelle 2, Kapitel 3.3
2. Festlegung der **relevanten Fischgröße der maßgebenden größenbestimmenden Fischart** (Länge, Breite, Höhe) entsprechend Tabelle 3, Kapitel 3.3
3. **Ermittlung der am FAH-Standort vorliegenden relevanten Abflusswerte**
4. **Wahl des geeigneten FAH-Typs** (Kapitel 5.2)
5. **Bemessung der Mindestgröße der FAH** hinsichtlich Passierbarkeit entsprechend der größenbestimmenden Fischart und des Gewässertyps (Bemessungswerte gemäß den entsprechenden Tabellen in den Kapiteln 5.3 bis 5.10.
  - Die geometrischen und hydraulischen Bemessungswerte orientieren sich an den Leitfischarten und typischen Begleitfischarten der Fischleitbilder für die Gewässertypen (Fischregionen) und werden generell in Kapitel 4.2 sowie bei den Beschreibungen der einzelnen FAH-Typen (Kapitel 5) dargestellt.
6. **Festlegung der FAH Dotation**
  - a) **Bestimmung der aus der FAH-Dimension resultierenden, für die Passierbarkeit nötigen FAH-Dotation** bei Verwendung der Standardbemessungswerte gemäß den entsprechenden Tabellen in den Kapiteln 5.3 bis 5.10.  
bzw. **Berechnung der resultierenden FAH-Dotation bei Abweichungen** innerhalb der zulässigen Bemessungswerte (z.B. geringere Höhendifferenz zwischen den Becken als Mindestwert)  
Ausnahme: Fischaufstiegsschnecken und Fischliftschleusen
  - b) **Bestimmung der für eine ausreichende Leitstromdotation und Fließgeschwindigkeit erforderlichen FAH-Dotation** entsprechend Kapitel 4.1.2  
Festlegung einer Zusatzdotation, wenn die aus der FAH-Dimension resultierende Dotation nicht ausreicht, einen angemessenen Wanderkorridor vor allem in Bezug

auf die Auffindbarkeit der FAH herzustellen. Diese ist entweder gemeinsam mit der Basisdotation über die FAH oder als Zusatzdotation für den Leitstrom direkt in den untersten Abschnitt der FAH abzugeben. Dies gilt auch für Fischaufstiegsschnecken und Fischliftschleusen. Bei Fischliftschleusen wird häufig im Einstiegsbereich ein Schlitzpass oder ähnliches angeordnet.

## **7. Detailplanung der FAH**

Berücksichtigung der jeweiligen Gestaltungskriterien der unterschiedlichen FAH-Typen hinsichtlich:

- spezifische Anforderungen an den Einstiegsbereich
- spezifische Anforderungen hinsichtlich Durchwanderbarkeit
- spezifische Anforderungen an den Anschluss ins Oberwasser (inkl. Überlegungen zur Optimierung des Ausstieges für abwandernde Fische)
- Dimensionierung hinsichtlich Stabilität bei Hochwasser und (bei Rampen) Einbindung in das flussmorphologische Längsprofil

# 8 Wartung und Betriebssicherheit

Jede FAH bedarf einer regelmäßigen Kontrolle und Wartung, um die Passierbarkeit und nachhaltige Funktionsfähigkeit im Betrieb sicherzustellen. FAHs müssen beispielsweise regelmäßig auf Verklausungen oder Verlegungen im Ein-/Ausstiegsbereich oder in den Beckendurchlässen kontrolliert werden und diese müssen beseitigt werden. Dies erfordert Regelungen für den regulären Betrieb einer FAH sowie besondere Vorkehrungen und Kontrollen für Störfälle (wie z.B. Hochwasser oder Vereisung), die ggf. im Bescheid zu verankern sind.

In der technischen Planung ist auch die Zugänglichkeit aller Anlagenteile für die erforderlichen Wartungstätigkeiten zu berücksichtigen. Beispielsweise sind in der Anlage Wartungsstege oder Leitern (mit Fallschutz) vorzusehen bzw. Zufahrtsmöglichkeiten einzuplanen.

Im **regulären Betrieb** sind zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit die erforderlichen Dotierwassermengen der FAH abzugeben und (gegebenenfalls dauerregistrierend) zu kontrollieren sowie die maßgeblichen geometrischen und hydraulischen Parameter zu überprüfen. Dazu kommen die laufende Wartung der entsprechenden technischen Anlagenteile im Zuge des Betriebes des Kraftwerkes, die Erstellung von Spülordnungen für Entsanderspülungen sowie von Betriebsordnungen für Staulegung und Wiedereinstau. Informationen zu diesen Themen finden sich im ÖWAV-Arbeitsbehelf 56, Wartung von Fischaufstiegshilfen (2020).

Zur **Störfallvorsorge** ist die Anlage für den Hochwasserfall vor Geschiebe, Treibholz oder sonstiger Zerstörung zu sichern, für notfalls erforderliche Abfischungen ist eine entsprechende Vorgangsweise festzulegen. Bei Staulegung oder extremem Niederwasser ist eine Notdotation, bei Ausfall einer dynamischen Dotation sind einzuhaltende statische Mindestwassermengen vorzusehen.

# 9 Überprüfung der Funktionsfähigkeit von FAHs

Die Funktionskontrolle einer Fischaufstiegsanlage kann entweder auf die Überprüfung abiotischer Parameter beschränkt oder aber durch biologische Untersuchungen ergänzt werden. Insbesondere bei komplexen Anlagen in größeren Gewässern oder bei wesentlichen Abweichungen von den Bemessungswerten werden biologische Funktionskontrollen empfohlen.

- **Abiotische Untersuchungen** dienen im Wesentlichen zur Überprüfung der konsensgemäßen Herstellung bzw. des Betriebs der FAH und sind als Teil der Kollaudierungsunterlagen durchzuführen. Sie umfassen u.a. eine Überprüfung des FAH-Ein- und Ausstiegs (Lage, Sohlanschluss, Wirkung der Leitstromdotation, Höhenlage in Bezug zu Stauspiegel, etc.), der Beckendimensionen (Anzahl, Größe, Beckenübergänge, etc.) und der bewilligten Dotation (hydraulische Verhältnisse, evtl. Staffelung oder Zusatzdotation).
- Durch **biologische Untersuchungen** kann überprüft werden, ob alle relevanten Fischarten und Altersstadien tatsächlich in ausreichender Anzahl in die FAH einwandern und diese auch erfolgreich durchwandern können. Wesentliche Untersuchungsmethoden sind einerseits Elektrobefischungen zur Erfassung des Aufstiegs potentials bzw. Fischbestands im Unterwasser, andererseits Reusenfänge oder andere Methoden (Video, PIT-Tag, etc.), die aufsteigende Individuen in der FAH erfassen. Die Intensität der fischökologischen Untersuchung orientiert sich an der Größe der Wasserkraftanlage und an der Fischregion. In Sonderfällen, beispielsweise bei FAHs in großen Potamalgewässern, können weitergehende Untersuchungen (z.B. Telemetrie) sinnvoll sein. Eine biologische Untersuchung sollte jedenfalls bei großen Flüssen, bei für die Wanderung besonders bedeutenden Abschnitten, bei den noch nicht ausreichend erprobten FAH-Typen sowie bei Abweichungen von Bemessungsparametern des Leitfadens in Betracht gezogen werden.

Aus dem Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Aufstiegszählungen mit Fischbestandserhebungen im Unterwasser und dem jeweiligen fischbiologischen Leitbild (nach BMNT 2019) kann, ggf. unter Einsatz statistischer Methoden, eine Bewertung der Funktionsfähigkeit erfolgen.

Bisher wurde die Überprüfung der Funktionsfähigkeit von FAH-Anlagen meist nach der Richtlinie des Fischereiverbands von Woschitz et al. (2003) vorgenommen. Aufgrund der dabei schwierigen – weil subjektiv vorzunehmenden – Einschätzungen, bestand von Sachverständigen und Stakeholdern seit längerem der Wunsch nach besserer Quantifizierbarkeit. Von den Experten des Fischereiverbands wurde ein Bewertungsmodell, basierend auf Unterwasserbefischung und Monitoring der FAH, entwickelt und mit Amtssachverständigen in einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe diskutiert und abgestimmt. Diese Bewertungsmethodik wurde vom Österreichischen Fischereiverband als Neuauflage der Richtlinie veröffentlicht (Woschitz et al. 2020).

Die Feststellung der Funktionsfähigkeit von FAH-Anlagen gestaltet sich schwierig, wenn im Gewässer jene Fischarten und -größen fehlen, für welche die Funktionsfähigkeit der FAH nachgewiesen werden sollte. Zudem kann die Qualität der Befischungsdaten (Feststellung der wanderfähigen Fische vor Ort) das Ergebnis deutlich in die positive oder negative Richtung beeinflussen. In der Bund-Länder-Arbeitsgruppe wurde daher eine zweijährige Testphase vereinbart, um Erfahrungen mit dem neuen Bewertungsmodell zu sammeln. Danach wird das BMLRT im Bedarfsfall Anpassungen oder Interpretationshilfen veröffentlichen.

Als Grundlage für die Bewertung der Funktionsfähigkeit einer FAH-Anlage wird empfohlen, die neue Richtlinie von Woschitz et al. (2020) anzuwenden, die Ergebnisse bedürfen jedoch einer sorgfältigen Interpretation und Plausibilitätsprüfung durch die Sachverständigen. Um Rückmeldung der Erfahrungen und Ergebnisse an das BMLRT wird gebeten.

# 10 Danksagung

Grundlage für die erste Ausgabe des FAH-Leitfadens (BMLFUW 2012) war neben nationaler und internationaler Literatur zum Thema Fischaufstiegshilfen vor allem die im März 2011 vom damaligen „Lebensministerium“ veröffentlichte Studie „Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen“, erstellt von der Arbeitsgruppe FAH (Projekt im Auftrag des BMLFUW, Auftragnehmer: Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement der Universität für Bodenkultur Wien, Projektleitung und Projektkoordination: Andreas Zitek, Projektbearbeitung Jürgen Eberstaller, Paul Jäger, Andreas Zitek, Beratende Experten: Michael Buchart, Barbara Friehs, Rolf-Jürgen Gebler, Reinhard Haunschmid, Wolfgang Honsig-Erlenburg, Thomas Kaufmann, Helmut Mader, Andreas Murrer, Nikolaus Schotzko, Melanie Ullmann und Benno Wagner. Der Leitfaden unterschied sich vom Grundlagenbericht, es wurden aber zahlreiche Textpassagen direkt übernommen.

Die vorliegende Überarbeitung des FAH-Leitfadens erfolgte im Auftrag des BMLRT durch Jürgen Eberstaller, begleitet durch Fachexperten aus den Bundesländern der Arbeitsgruppe FAH-Monitoring (Vinzenz Bammer, Michael Buchart, Daniel Erhart, Alfred Ellinger, Thomas Friedl, Clemens Gumpinger, Andreas Murrer, Nikolaus Schotzko, Renate Schrempf, Norbert Wohlschlager). Zahlreiche konstruktive Stellungnahmen und Beiträge von Experten aus Wissenschaft, Verwaltung, E-Wirtschaft und Herstellern von FAH-Systemen wurden eingearbeitet und haben den Leitfaden verbessert und auf den neuesten Stand gebracht.

Das BMLRT bedankt sich bei allen Personen, die zur Publikation des Leitfadens beigetragen haben – für Textbeiträge, Korrekturen, Hintergrundinformationen, Daten, Monitoringberichte und Fotos.

# 11 Literatur

**Adam, B. und U. Schwevers (1998):** Zur Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Verhaltensbeobachtungen an Fischen in einem Modellgerinne. *Wasser und Boden* 50. Jahrgang (4): 55-58.

**Adam, B. und U. Schwevers (2001):** Planungshilfen für den Bau funktionsfähiger Fischaufstiegsanlagen. Solingen, Verlag Natur und Wissenschaft.

**Adam, B. und B. Lehmann (2011):** Ethohydraulik. Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse. Springer Verlag, 351.S.

**AG-FAH (2011):** Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAH). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 87. [http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/plan\\_gewaesser\\_ngp/massnahmenprogramme/grundlagen\\_fah.html](http://www.lebensministerium.at/wasser/wasser-oesterreich/plan_gewaesser_ngp/massnahmenprogramme/grundlagen_fah.html)

**Albanese, B., P. L. Angermeier und S. Dorai-Raj (2004):** Ecological correlates of fish movement in a network of Virginia streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61(6): 857-869.

**Anonymus (1940):** Von den Wanderungen der Fische in unseren Flüssen. Schweiz. Fischerei-Zeitung 48(1): 3-5.

**Bell, M. (1980):** General considerations for upstream fish passage facilities. Analysis of environmental issues related to small scale hydroelectric development II: design considerations for passing fish upstream around dams. S. G. HILDEBRAND. Oak Ridge, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), Environmental Sciences Division. No. 1567: 47-62.

**Bell, M. (1990):** Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria (Third Edition). Portland, Oregon, Fish Passage and Development and Evaluation Program, Corps of Engineers, North Pacific Division: 307.

**Berg, K. und C. Gumpinger (2009):** Endbericht zur Funktionsüberprüfung der Organismenwanderhilfe am Kraftwerk Breitenbach (Traun) der Welsstrom GmbH.

**Berg, K., Fischer A., Dail, D., Graf, C. und C. Gumpinger (2018):** Funktionsüberprüfung Fischwanderhilfen Kraftwerk Enns und Wehr Thurnsdorf, Zwischenbericht des ersten Monitoringjahres 2016/2017. Wels.

**Bless, J. (1981):** Untersuchung zum Einfluss von gewässerbaulichen Maßnahmen auf die Fischfauna in Mittelgebirgsflächen. Natur und Landschaft 56(7/8): 243-252.

**BMLFUW (2010):** Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

**BMLFUW (2012):** Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen.

**BMLFUW (2017):** Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

**BMLRT (2020):** Leitfaden zur Ableitung und Bewertung des ökologischen Potentials bei erheblich veränderten Wasserkörpern. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

**BMLRT (2021a):** Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

**BMLRT (2021b):** Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen 2021. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.

**BMNT (2019):** Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische, BMLFUW. Wien.

**Bohl, E. und T. Vordermeier (1999):** Untersuchungen zur Durchgängigkeit von Fließgewässern für Fische. Materialien. B. L. F. WASSERWIRTSCHAFT. München, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: 222.

**Born, O. (1995):** Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fischaufstiegshilfen am unterfränkischen Main. Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau, Institut für Tierwissenschaften. München, Technische Universität: 235.

**Clay, C. H. (1995):** Design of Fishways and Other Fish Facilities, Lewis Publishers.

**Clough, S. C., I. E. Lee-Elliott, A. W. H. Turnpenny, S. D. J. Holden und C. Hinks (2001):** Swimming Speeds in Fish: Phase 2. Southampton, Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd, Marine & Freshwater Biology Unit. R&D Technical Report W2-049/TR1: 93.

**Clough, S. C., N. J. O’Keeffe und S. D. J. Holden (2004):** Swimming Speeds of Young-of-the-Year Dace: Phase 2. Southampton, Jacobs Babbie Aquatic. R&D Technical Report W2- 026/TR1: 18.

**Clough, S. C. und 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: 94.

**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.

**Collins, G. B. und C. H. Elling (1960):** Fischway research at the fisheries-engineering research laboratory. Washington, D. C., US Fish and Wildlife Service. Circular 98.

**Danner, H. (1884):** Ein Kapitel vom Donaulachs. Mitteilungen des Oberösterreichischen Schutzvereins für Jagd und Fischerei: 50-55.

**Degel, D. (2006):** Die Rheinstaustufe mit Fischpass in Iffezheim (aktualisierte Ausgabe vom 31.12.06), Rheinpachtgemeinschaft 1 e.V., Fischpass-Team Iffezheim. Im Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden e.V. unter der fachlichen Betreuung der Fischereibehörde beim RP-Karlsruhe: 52.

**Dumont, U., P. Anderer und U. Schwevers (2005):** Handbuch Querbauwerke. Düsseldorf, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: 212.

**DVWK (1996):** Fischeaufstiegsanlagen-Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Bonn, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.

**DWA (2005):** Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. DWA-Themen. 2. Aufl., 256 S.

**DWA (2006):** Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen/ Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durchführung und Bewertung. DWA Themen. 123 S.

**DWA (2009):** Naturnahe Sohlengleiten. DWA-Themen. Hennef, DWA: 142.

**DWA Merkblatt M 509 (2014):** Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke-Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung.

**Ebel, G. (2002):** Untersuchung zur Stabilisierung von Barbenpopulationen – dargestellt am Beispiel eines mitteldeutschen Fließgewässers. Halle, Saale, BGF.

**Ebel, G. (2016):** Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Halle: Eigenverlag des Büros für Gewässerökologie und Fischereibiologie, 2016.

**Eberstaller, J., Frangez, C., Köck, J und B. Droop (2018):** OWH Nussdorf, Abiotisches und Biotisches Monitoring 2017/2018, Endbericht. i.A. von DHK – Donauhochwasserkonkurrenz und Verbund Hydro Power GmbH.

**Eberstaller, J. und C. Gumpinger (1997):** Überfallfreies Umgehungsgerinne an der Pielach. Österreichs Fischerei 50. Jahrgang, Heft 2/3: 47-51.

**Eberstaller, J., C. Gumpinger und N. Novak (1996):** Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegshilfe an der Wehranlage des KW Fischening - Studie im Auftrag der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts AG. Wien, Universität für Bodenkultur; Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur: 145pp.

**Eberstaller, J. und A. Kaminitschek (2001):** Untersuchung der Passierbarkeit an 7 ausgewählten FAH's an der Piesting und Schwarza - Studie im Auftrag der Österreichischen Fischereigesellschaft. Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement: 61.

**Eberstaller, J., P. Pinka und H. Honsowitz (2001):** Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegsanlage am Donaukraftwerk Freudenau. Wien, Österreichische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft.

**Ecker, G. (2000):** Besiedelung des MFK-Systems aus fischökologischer Sicht 1993-1998. Diplomarbeit an der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät. Wien, Universität Wien: 186.

**FFH-RL:** Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie. Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen.

**Flöcksmühle (2004):** Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume: Planungsempfehlungen zu Fischaufstiegsanlagen. Aachen, Ingenieurbüro Flöcksmühle: 54.

**Frangez, C. und J. Eberstaller (2020):** OWH Nussdorf, Biotisches Monitoring 2020, Ergänzungsbericht. i.A. von DHK – Donauhochwasserkonkurrenz und Verbund Hydro Power GmbH.

**Fries, G. und W. Tesch (1965):** Aufenthalt der Fische im Bereich von Stauwehren. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 27: 257-272.

**Führer, S., Zeiringer, B. und G. Unfer (2019):** Fischschutz und Fischabstieg in Österreich – Teilbericht 5 – Konzeptstudie Murau. BMNT 2019.

**Gebler, R. J. (1991):** Sohlrampen und Fischaufstiege. Walzbach, Deutschland, Eigenverlag.

**Gebler, R. J. (2009):** Fischwege und Sohlengleiten, Band 1: Sohlengleiten. Walzbachtal, D., Verlag Wasser u. Umwelt.

**Gerster, S. (1992):** Fischpassanlagen der Hoahrheinkraftwerke; Aufstiegskontrollen 1985/86 und Vergleich mit früheren Erhebungen. Schriftenreihe Fischerei. Bern, BUWAL. 48: 109.

**Gerster, S. (1998):** Hoahrhein: Aufstiegskontrollen 1995/96 - Vergleich mit früheren Erhebungen. Mitteilungen der Fischerei. Bern, BUWAL. 60.

**Graf, C. und C. Gumpinger (2019):** Fischökologische Effekte durch die Herstellung der Durchgängigkeit an drei aufeinanderfolgenden Standorten im Unterlauf der Enns (Oö). – Im Auftrag der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftliche Planung. Wels, 49 S.

**Guthruf, J. (2008):** Fischaufstieg am Hochrhein. Koordinierte Zählungen 2005/2006. Umwelt Wissen. Bern, Bundesamt für Umwelt. Nr. 8010: 161.

**Guthruf, J. und K. Guthruf-Seiler (2006):** Koordinierte Fischaufstiegskontrollen an den Aare-Kraftwerken zwischen Solothurn und der Mündung in den Rhein. Wichtrach, Aquatica GmbH: 58.

**Hartmann, F. (2004):** Der Fischpass am Rheinkraftwerk Iffezheim – eine Entschuppungsmaschine für Fische, Vortrag bei der 16. SVK Fischereitagung in Künzel bei Fulda am 02.03.2004.

**Haunschmid, R., W. Petz, R. Petz-Glechner, M. Ullmann, U. Stephan, R. Enzenbner und N. Schotzko (2009):** Durchgängigkeit an Beispiel Modell Oberösterreich – Aufgelöste Rampe: Fischökologische Beweissicherung. Durchgängigkeit an Fließgewässern: Anforderungen aus Sicht der EU-WRRL – Erkenntnisse aus der Praxis, ÖWAV.

**Haunschmid, R., G. Wolfram, T. Spindler, W. Honsig-Erlenburg, R. Wimmer, A. Jagsch, E. Kainz, K. Hehenwarter, B. Wagner, R. Konecny, R. Riedmüller, G. Ibel, B. Sasano und N. Schotzko (2006):** Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustands gemäß EU- Wasserrahmenrichtlinie. Wien, Schriftenreihe des BAW: 104.

**Heimerl, S. und M. Hagemeyer (2005):** Optimierte Auslegung von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen – Strömungssimulation als Hilfsmittel. 5. Seminar Kleinwasserkraft – Praxis und aktuelle Entwicklung, IHS, Universität Stuttgart, 14.10.2005, pp. 18.

**Heimerl, S., M. Hagemeyer und C. Ehteler (2008):** Numerical flow simulation of pool-type fishways: new ways with well known tools. Hydrobiologia 609: 198-196.

**Hengl, M. (2015):** Übersicht zu Einsatzmöglichkeiten und wasserbaulicher Dimensionierung verschiedener Rampen-Bautypen. ÖWAV Seminar Rampen – Grundlagen, Dimensionierung und Praxisbeispiele am 21. Mai 2015, Wien.

**Hofer, J. (1906):** Von der Nase. Schweiz. Fischerei-Zeitung (14): 140-142.

**Huet, M. (1959):** Profiles and Biology of Western European Stream as Related to Fish Management. Transactions of the American Fisheries Society 88: 155-163.

**Hvidsten, N. A., A. J. Jensen, H. Vivas, O. Bakke und 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.

**Jacobsaquatic (2006):** SWIMIT. Southampton, Environment Agency.

**Jäger, P. (1986):** Kleinwasserkraftwerke und Fischerei. *Österreichs Fischerei* 39: 246-255.

**Jäger, P. (1994):** Zum Stand der Technik von Fischaufstiegshilfen. *Österreichs Fischerei* 47 (Heft 2/3): 50-61.

**Jäger, P., Ed. (2002):** Salzburger Fischpass-Fibel. Reihe Gewässerschutz. Salzburg, Amt der Salzburger Landesregierung.

**Jäger, P. (2002):** Stand der Technik bei Fischpässen an großen Flüssen. Salzburger Fischpassfibell. P. Jäger, Amt der Salzburger Landesregierung. Reihe Gewässerschutz, 1, 2. Auflage: 75-88.

**Jäger, P. (2007):** Automatische Restwasserregulierung und Fischpassdotierung – dynamische Restwasserabgabe praktisch gelöst. Salzburger Fischpassexkursion 2007 – Vorträge von Gebler, Unterweger, Jäger, Schrempf, Ulmer, Lehmann, Mayr, Travade & Larinier. 11 Vorträge. P. Jäger und D. Latzer. Salzburg, Land Salzburg, Gewässerschutz. Datensammlung Gewässerschutz, Thema Fischpässe, Komponente 13/2.

**Jäger, P. (2007):** Downstream fish migration in the rhithral zone of alpine rivers. Fish Passage best practices. EIFAC working party - 2nd meeting 8.-10.10.2007, Salzburg. P. Jäger und G. Marmulla. Salzburg, Land Salzburg, Gewässerschutz, Austria, 13 presentations and some technical papers. Datensammlung Gewässerschutz, Thema Fischpässe, Komponente 13/3.

**Jäger, P. (2009):** Mindestanforderungen an die Überprüfung von Fischwanderhilfen im Kollaudierungsverfahren. Salzburg, Gewässerschutz, Land Salzburg. Fassung vom 30.10.2009: 7.

**Jäger, P., V. Gfrerer und N. Bayrhammer (2010):** Morphometrische Vermessung von Fischen zur Ermittlung des Phänotyps. *Österreichs Fischerei* 63(Heft 1): 14-28.

**Jäger, P. und A. Zitek (2009):** Fischwanderhilfen – Kriterien und Standards. Durchgängigkeit an Fließgewässern: Anforderungen aus Sicht der EU-WRRL – Erkenntnisse aus der Praxis, Ybbs, 07.05.2009, ÖWAV.

**Jansen, W., B. Kappus, J. Böhmer und 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, Aaaleitern und Fischschleusen. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey.

**Jens, G., O. Born, R. Hohlstein, M. KÄMMEREIT, R. Klupp, P. Labatzki, G. Mau, K. Seifert und P. Wondrak (1997):** Fischwanderhilfen: Notwendigkeit, Gestaltung, Rechtsgrundlagen. Offenbach am Main, Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V.: 114.

**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., P. Parasiewicz, M. Hinterhofer, A. Matitz, C. Meiss, P. Partl und W. Steinberger (1994):** Vergleichende Untersuchung des Fischaufstieges an drei Fischaufstiegshilfe im Rhithralbereich.- Wasserwirtschaftskataster, BMLF, 245 pp.

**Jungwirth, M., G. Haidvogel, O. Moog, S. Muhar und S. Schmutz (2003):** Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Wien, Facultas Verlag.

**Jungwirth, M., S. Muhar und S. Schmutz (2000):** Fundamentals of fish ecological integrity and their relation to the extended serial discontinuity concept. *Hydrobiologia* 422: 85-97.

**Jungwirth, M. und B. Pelikan (1989):** Zur Problematik von Fischaufstiegshilfen. *Österreichische Wasserwirtschaft* 41(3/4): 81-89.

**Jungwirth, M., S. Schmutz und S. Weiss (Hrsg.), (1998):** Fish Migration and Fish Bypasses. Oxford – London – Berlin, Fishing News Books, Blackwell Sciences.

**Katapodis, C. (1992):** Introduction to fishway design. Winnipeg, Manitoba, Canada, Freshwater Institute, Central and Arctic Region, Department of Fisheries and Oceans, University Crescent: 68.

**Kaufmann, T. und A. Zitek (2006):** Visuelles Monitoring der Fischwanderung an der Spielberger Wehr, Pielach, NÖ – Studie im Auftrag des NÖ Landesfischereiverband und NÖ Landschaftsfonds. Wien, Büro Freiwasser: 18.

**Kolbinger, A. (2002):** Fischbiologische Kartierung der Durchgängigkeit niederbayrischer Fließgewässer. Department für Tierwissenschaften, AG Fischbiologie. München, TU München: 219.

**Kopecki, I., M. Schneider, J. A. Tuhtan, J. Ortlepp, S. Thonhauser und M. Schletterer (2016):** Leitströmung an Fischaufstiegsanlagen: Bewertung und Optimierung über ethohydraulische Modellierung. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 10/2016. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.

**Korecky, N. (2007):** Flach geneigte Riegelrampen: Bauwerksbemessung sowie konstruktive Ausführung des Ufer- und Nachbettschutzes. Schriftenreihe des Bundesamts für Wasserwirtschaft Nr. 28, Wien.

**Kottelat, M. und J. Freyhof (2007):** Handbook of European Freshwater Fishes, Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.

**Larinier, M. (2002):** Location of fishways. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364 (Supplement) (39-53).

**Larinier, M. (2007):** Nature-like fish passes. 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.

**Larinier, M., F. Travade und J. P. Porcher (2002):** Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364 (Supplement).

**Lelek, A. und G. Buhse (1992):** Die Fische des Rheins. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag.

**Lucas, M. und E. Baras (2001):** Migration of Freshwater Fishes. Oxford, Blackwell Science.

**Lucas, M. C. und 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., T. Mercer, G. Peirson und P. A. Frear (2000):** Seasonal movements of coarse fish in lowland rivers and their relevance to fisheries management. *Management and ecology of river fisheries*. I. G. COWX. Oxford, Blackwell Science: 87-100.

**Lucas, M. C., T. J. Thom, A. Duncan und O. Slavik (1998):** Coarse fish migration – occurrence, causes and implications. Bristol, Environment agency: 160.

**Mader, H. und K. Bogner (2001):** Lockströmung bei naturnahen Umgehungsgerinnen im Potamal. *Wasserwirtschaft* 91: 194-199.

**Mader, H., Brandl, A., Prohart, A., Gradnitzer, N., Kratzert, F., Kraml, J. und K. Lebieczinski (2017a):** Monitoring enature Fishpass KW Rottau, i.A. Verbund Hydro Power GmbH

**Mader, H., Kratzert, F. Brandl, A. und M. Üblacker (2018):** Wirksamkeitsanalysen bei bestehenden Leitstromzusatzdotationsbauwerken und weiterführende Untersuchungen zur Auffindbarkeit von FAH, i.A. Salzburg AG

**Mader, H., Reichmann, M., Kratzert, F., Egger, M., Fajtak, A. und P. Mayr (2016a):** Monitoring Fischwanderhilfe KW Rosegg, i.A. Verbund Hydro Power GmbH

**Mader, H., Reichmann, M., Kratzert, F., Üblacker, M. und P. Mayr (2016b):** Monitoring Fischwanderhilfe KW Schwabeck, Zwischenbericht 2016, i.A. Verbund Hydro Power GmbH

**Mader, H., Reichmann, M., Kratzert, F., Waldner, M. und P. Mayr (2017b):** Monitoring Fischwanderhilfe KW Lavamünd, Endbericht 2017, i.A. Verbund Hydro Power GmbH

**Mader, H. und M. Tauber (2010):** The development of the multi structure slot MABA – Fishpass, field of application and case studies. *Proceedings, International Symposium of Ecohydraulics*, September 12 – 16, 2010, COEX, Seoule/Korea.

**Margreiter (1935):** Die Fische Tirols und Vorarlbergs: Die Flußbarbe. Tiroler und Vorarlberger Fischer (10): 74-77.

**Margreiter (1935):** Die Fische Tirols und Vorarlbergs: Die Nase. Tiroler und Vorarlberger Fischer (10): 88-90.

**Mayr, D. (2007):** Hydraulik von Fischaufstiegsanlagen bei schwankenden Ober- und Unterwasserspiegellagen. Salzburger Fischpassexkursion 2007 - Vorträge von Gebler, Unterweger, Jäger, Schrempf, Ulmer, Lehmann, Mayr, Travade & Larinier. P. Jäger und D. Latzer. Salzburg, Land Salzburg – Gewässerschutz, 11 Vorträge. Datensammlung Gewässerschutz, Thema Fischpässe, Komponente 13/2.

**McKeown, B. A. (1984):** Fish Migration. London & Sydney, Croom Helm Ltd.

**Mitterlehner, C. (2012):** Abschlussbericht Monitoring FAH Greinsfurth, i.A. Stadwerke Amstetten.

**Mühlbauer, M. und E. Traxler (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: 197.

**NGP – Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009, BMLFUW:** 225.

**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 und W. H. NEIL. New York – London, Plenum Press: 317-355.

**Oertel, M. (2015):** Bemessung von Blocksteinrampen in Riegelbauweise – Hydraulik und Stabilität. Wasserwirtschaft 7/8, S 51-56.

**Ovidio, M. und J.-C. Philippart (2002):** The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Hydrobiologia 483(1-3): 55-69.

**ÖWAV (2016):** Arbeitsbehelf 46, Teil 1: Praktische Umsetzung und Beispiele des Fischeaufstiegshilfen-Leitfadens. Teil 1: Vorschläge für zulässige Bautoleranzen bzw. zulässige Variation der technischen Parameter bei errichteten FAHs. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Wien.

**ÖWAV (2020):** Arbeitsbehelf 56, Wartung von Fischeaufstiegshilfen. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Wien.

**Parkinson, D., J. C. Philippart und 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.

**Pavlov, D. S. (1989):** Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. Rome, FAO: 97.

**Pavlov, D. S., V. N. Mikheev, A. I. Lupandin und M. A. Skorobogatov (2008):** Ecological and behavioural influences on juvenile fish migrations in regulated rivers: a review of experimental and field studies. *Hydrobiologia* 609: 125-138.

**Pinka, P. und J. Eberstaller (2008):** Flache Sohlrampen im Potamal - Anforderungen an die Funktionsfähigkeit. *Österreichs Fischerei* 61(5/6): 122-130.

**Rauch, P. und G. Unfer (2019):** Fischschutz und Fischabstieg in Österreich – Teilbericht 4 – Fallstudie Fritzbach/Kleinarler Ache. BMNT 2019.

**Reinartz, R. (1997):** Untersuchungen zur Gefährdungssituation der Fischart Nase (*Chondrostoma nasus* L.) in bayrischen Gewässern. Institut für Tierwissenschaften. München, TU München: 379.

**Rosengarten, J. (1954):** Der Aufstieg der Fische im Moselfischpaß Koblenz im Frühjahr 1952 und 1953. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften*: 489-552.

**Schaefer, J. (2001):** Riffles as barriers to interpool movement by three cyprinids (*Notropis boops*, *Campostoma anomalum* and *Cyprinella venusta*). *Freshwater Biology* 46(3): 379- 388.

**Scheuring, L. (1949):** Fischpässe, ihre Leistung und Zweckmäßigkeit. Österreichs Fischerei 2: 26-31.

**Schletterer, M., Reindl, R. und S. Thonhauser (2015):** Ökologische Grundlagen und Randbedingungen für die Planung des 1. Fischliftes Österreichs an der Wehranlage Runserau, Tirol. Österr. Wasserwirtschaft 07-08-2015.

**Schletterer M., Reindl R. und T. Thonhauser (2016):** Options for re-establishing river continuity, with an emphasis on the special solution "fish lift": examples from Austria. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA) 4/1: 109-128.

**Schmalz, W. und M. Schmalz (2007):** Durchführung systematischer Untersuchungen zur Konzeption funktionsgerechter Wanderhilfen im Bereich von Wasserkraftanlagen am Beispiel der Wasserkraftanlage Camburg/Döbritschen (Thüringen). Schleusingen, Bauhaus Universität Weimar: 184.

**Schmutz, S., C. Giefing und C. Wiesner (1998):** The efficiency of a nature-like bypass channel for pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in the Marchfeldkanalsystem. Hydrobiologia 371/372: 355-360.

**Schmutz, S., Kaufmann M., Vogel, B. und M. Jungwirth (2000):** Grundlagen zur Bewertung der fischökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern. Wien, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

**Schwevers, U. und B. Adam (1999):** Fischaufstiegsuntersuchungen am hessischen Main. In: Tagungsband 2. Mainsymposium 1999, S. 6–32. Arbeitsgemeinschaft Main e. V., Würzburg.

**Schwevers, U. und B. Adam (2006):** Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Hennef, DWA: 123.

**Seidl, G., Schneider, J. und C. Dorfmann (2021a):** Der modifizierte sohloffene Denil-Pass – Renaissance einer kostensparenden Fischaufstiegsanlage. WasserWirtschaft.2-3/2021.

**Seidl, G., Schneider, J. und G. Parthl (2021b):** Biotisches und abiotisches Monitoring eines modifizierten Denil-Passes an einem Tieflandfluss in der Barben-Region. WasserWirtschaft.2-3/2021.

**Seidl, G., und J. Schneider (2021c):** Comparative biotic monitoring of a modified, open-bed Denil fishway and a pool & slot fishway on a small tributary in the upper trout region. Water.

**Seifert, K. (2012):** Fischaufstiegsanlagen in Bayern, Hinweis und Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb, i.A. d. Bayerischen Landesamtes für Umwelt, des Landesfischerverbandes unter Mitwirkung d. Verbandes der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

**Steiner, H. A. (1992):** Die Fischaufstiegshilfe von der Drau in die Kellerberger Schleife- richtungsweisend für künftige Fischaufstiege. Beiträge zum Symposium „Betrieb, Unterhalt und Modernisierung von Wasserbauten“ 1992 in Garmisch-Partenkirchen; Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU-München 73: 415-427.

**Stuart, T. A. (1962):** The leaping behaviour of salmon and trout at falls and obstructions. Pitlochry, Edinburgh, Freshwater Fisheries Laboratory: 46.

**Thonhauser, S, Oberwalder, M., Mühlbacher, F. und M. Schletterer (2017):** Fischlift Runserau - Eine innovative Lösung für schwierige Verhältnisse. WasserWirtschaft 2-3/2017

**Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Hrsg.):** Fachliche Anforderungen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Thüringer Fließgewässern. 2009

**Travade, F. und M. Larinier (1992):** Ecluses et ascenseurs a poissons. Bull. Fr. Pêche Piscic. 326-327: 95-110, 1992.

**Travade, F. und M. Larinier (2002):** Fish Locks and Fish Lifts. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364: 102-118, 2002.

**Turnpenny, A. W. H., S. R. Blay, J. J. Carronand und S. C. Clough (2001):** Literature Review Swimming Speeds in Fish. Southampton, Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd, Marine & Freshwater Biology Unit. R&D Technical ReportW 2-026/TR2: 45.

**Tuhtan, J., J. Fuentes, Th. Angerer, M. Schletterer, U. Stephan, R. Enzenebner und N. Schotzko (2018):** Monitoring upstream fish passage through a bypass pipe and drop at the fish lift Runserau: Comparing dynamic pressure measurements on live fish with passive electronic fish surrogates. 12th ISE 2018 - International Symposium on Ecohydraulics, Tokyo, Japan.

**Ullmann, M., (2008):** Praxisleitfaden: Bauwerke zur Organismenpassierbarkeit auf Basis fischökologischer Grundlagen – Planung und Ausführung. Linz: Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 160 S.

**Ulmer, B. (2007):** Fischpassierbare Rampen an grösseren Flüssen, Wanderkorridore bei allen Wasserführungen. Salzburger Fischpassekursion 2007 - Vorträge von Gebler, Unterweger, Jäger, Schrempf, Ulmer, Lehmann, Mayr, Travade & Larinier. P. Jäger und D. Latzer. Salzburg, Land Salzburg – Gewässerschutz, 11 Vorträge. Datensammlung Gewässerschutz, Thema Fischpässe, Komponente 13/2.

**Unfer, G. und P. Rauch (2019):** Fischschutz und Fischabstieg in Österreich – Endbericht Studie BMNT (Hrsg.).

**Vordermeier, T. und 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.

**Waidbacher, H. und G. Haidvogel (1998):** Fish Migration and Fish Passage Facilities in the Danube: Past and Present. Fish Migration and Fish Bypasses. M. Jungwirth, S. Schmutz und S. Weiss. Oxford-London-Berlin, Blackwell Sciences Ltd.: 85-98.

**Waidbacher, H., Meulenbroek, P. und S. Drexler (2016):** Endbericht Stauraum Freudenau, Band III: Fischaufstiegshilfe KW Freudenau

**Ward, J. V. (1989):** The 4-dimensional nature of lotic ecosystems. Journal of the North American Benthological Society 8(1): 2-8.

**Watkins, A. (2007):** Swimming Speeds in Fish: Phase 3 – Common bream (*Abramis brama*). Southampton, Jacobs UK Limited: 42.

**Weichert, R., W. Kampke, L. Deutsch und M. Scholten (2013):** Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. In: Wasserwirtschaft Jg. 103 (1-2/2013). S. 33-38.

**Wiesner, C., G. Unfer, C. Tatzber, B. Müller und M. Jungwirth (2007):** Inneralpines Flussraummanagement Obere Mur, Arbeitspaket F.2.3: Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Fischwanderhilfe beim Kraftwerk Murau. Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur.

**Wiesner, C., G. Unfer, A. Zitek und 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.

**Wilsmeier, L., Schölzel, N. und A. Peter (2020):** Wurden die Fischwanderungen in Fließgewässern bisher unterschätzt? Wasser Energie Luft. 112. Jahrgang, 2020, Heft 4.

**Winter, H. V. und 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.

**Wolter C. und C. Schomaker (2019):** Fish passes - design discharge requirements for successful operation. River Res Applic. 2019; 35:1697–1701.  
<https://doi.org/10.1002/rra.3399>

**Woschitz, G., Eberstaller, J. und S. Schmutz (2003):** Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Österreichischer Fischereiverband (Hrsg.), Richtlinie 1/2003.

**Woschitz, G., Gumpinger, C., Ratschan, C., Guttmann, S. und B. Zeiringer (2020):** Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischaufstiegshilfen und Bewertung der Funktionsfähigkeit, Österreichischer Fischereiverband (Hrsg.), Richtlinie 1/2003 in der Fassung von 2020.

**WRG (1959 i.d.g.F.):** Wasserrechtsgesetz BGBl. Nr. 215/1959

**Zach S. (2018):** Feldversuch eines adaptierten Denil-Fischpasses im Epipotamal – Biotisches und abiotisches Monitoring einer Fischaufstiegsanlage. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur. Wien. 111p

**Zauner, G., Ratschan, C., Eberstaller, J. und P. Pinka (2005):** Vertical-Slot-Fischpass mit staffelbarem Abfluss: Eine Möglichkeit zur Optimierung von technischen Fischaufstiegshilfen. Österr. Fischerei, Jg. 58, 2005.

**Zauner, G., Ratschan, C. und Muehlbauer, M. (2009):** KW Spielfeld an der Mur. Herstellung der Fischpassierbarkeit mittels asymmetrischem Raugerinne, Revitalisierung Gamlitzbach Unterlauf und Vertical Slot. Konzeption, Bauaufsicht und fischökologisches Monitoring. I. A. Verbund AHP

**Zitek, A., G. Haidvogel, M. Jungwirth, P. Pavlas und S. Schmutz (2007):** Ein ökologisch-strategischer Leitfaden zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern für die Fischfauna in Österreich. AP 5 des MIRR Projektes - A Model based Instrument for River Restoration. Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement, BOKU: 139.

**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.

**Zitek, A., S. Schmutz und M. Jungwirth (2004):** Fischökologisches Monitoring an den Flüssen Pielach, Melk und Mank - im Rahmen des Eu-LIFE Projektes „Lebensraum Huchen“ – Endbericht. IHGt, Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien – BOKU: 113.

# 12 Glossar

**Auffindbarkeit** – die Funktionalität einer FAH setzt sich grundsätzlich aus der Auffindbarkeit des unterwasserseitigen FAH Einstieges und ihrer Durchwanderbarkeit zusammen; die Auffindbarkeit einer FAH wird vor allem durch die Lage des FAH Einstieges in Bezug zum Wehr, der großräumigen Leitströmung bzw. den bevorzugten Wanderwegen der Fische sowie des austretenden Leitstromimpulses bestimmt.

**Aufgelöste Sohlrampe** – bei aufgelösten Sohlrampen ist grundsätzlich zwischen Rampen, die sich über die gesamte Flussbreite erstrecken und den gesamten Nieder- und Mittelwasserabfluss abführen und Teilsohlrampen, die nicht das gesamte Abflussprofil umfassen und dementsprechend nur mit einem Teil des Nieder- und Mittelwassers dotiert werden, zu unterscheiden. Unabhängig von der beanspruchten Gewässerbreite setzen sich aufgelöste Sohlrampen aus mehreren Einzelschwellen mit dazwischenliegenden Kolken zusammen, sodass sich im Längenschnitt eine beckenartige Struktur ergibt. Die Schwellen werden aus verschiedenen großen Steinblöcken errichtet. Wesentliche Bedeutung kommt der rauen, asymmetrischen Ausformung der Schwellen mit rauem Sohlanschluss zu. Die Schlitze sind dabei zwischen den Steinen der Abflusssektion bis zur rauen Sohle vertieft, um vor allem bodenwandernden Fischarten den Aufstieg zu erleichtern. Das Anheben der Sohle im Bereich der Beckenübergänge führt zur Beibehaltung der Beckenstruktur auch bei geringeren Abflüssen. Glatte bzw. scharfkantige Beckenabstürze sowie V-förmige Zwickel ohne Sohlanschluss sind aufgrund ihrer schlechten Passierbarkeit für Fische zu vermeiden. Weiters werden die Querriegel im Uferbereich hochgezogen, um eine Passierbarkeit der Anlage auch bei erhöhten Abflusssituationen sicherzustellen. Bei diesen Rampen wechselt der Wanderkorridor für die Fische je nach Wasserführung seine Lage. Mit zunehmender Wasserführung und hydraulischer Überlastung der Niederwasserrinne verlegt er sich von der Rampenmitte weg immer weiter in die Randbereiche. Bei stark erhöhten Wasserführungen werden die rauen Uferbereiche mit Kehrwassern zum Wanderkorridor.

**Bemessungswert**– Wert auf den eine FAH bemessen wird, um mit hoher Wahrscheinlichkeit funktionsfähig zu sein.

**Bypass** – um ein Querbauwerk geführtes Zusatzgerinne bzw. eine Zusatzleitung; kann zur zusätzlichen Leitstromdotations einer FAH in die untersten Becken bzw. zur Wiederherstellung des Fischabstieges dienen.

**Collection gallery** – ein Bauwerk, das für die am Wehr ankommenden Fische mehrere FAH Einstiege zur Verfügung stellt, um die Fische quantitativ über einen speziellen Sammelkanal im Unterwasser in die FAH zu leiten.

**Dauerschwimmgeschwindigkeit** – diejenige Geschwindigkeit, die der normalen Fortbewegung im Gewässer dient und die lange Zeit (> 200 min) ohne Ermüdung der Muskulatur aufrechterhalten werden kann. Unter diese Kategorie fallen auch die Wandergeschwindigkeiten diadromer Fischarten.

**Durchwanderbarkeit** – die Funktionalität einer FAH setzt sich grundsätzlich aus der Auffindbarkeit des unterwasserseitigen FAH Einstieges und ihrer Durchwanderbarkeit zusammen; um die Durchwanderbarkeit einer FAH sicherzustellen beziehen sich geometrische und hydraulische Dimensionierung einer FAH auf die Ansprüche der gewässertypspezifischen Fischfauna. Berücksichtigung finden vor allem die größenbestimmende Fischart sowie die schwimmschwächsten Arten und Altersstadien; dabei werden hinsichtlich der Erreichung bzw. des Erhaltes des guten ökologischen Zustands gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie nur die Ansprüche der Leitfischarten und typischen Begleitfischarten ab dem 1+ Altersstadium gemäß der gewässertypspezifischen Fisch-Leitbilder berücksichtigt.

**1+** – einjähriges Altersstadium bzw. einjähriger Fisch, Fisch nach Vollendung des ersten Lebensjahres bzw. zweisömmeriger Fisch

**FAB** – Fischabstiegshilfe; bauliche Einrichtungen, die dem vorhandenen Fischbestand und/oder anderen aquatischen Lebewesen (Benthosorganismen) die Überwindung eines künstlich geschaffenen Hindernisses in Richtung flussab ermöglichen.

**FAH** – Fischaufstiegshilfe; bauliche Einrichtungen, die dem vorhandenen Fischbestand und/oder anderen aquatischen Lebewesen (Benthosorganismen) die Überwindung eines künstlich geschaffenen Hindernisses in Richtung flussauf ermöglichen. Dazu muss Wasser über das Querbauwerk bzw. um das Querbauwerk in einer Weise herumgeführt werden, dass dabei abiotische Bedingungen eingehalten werden, die den wanderwilligen Fischen bzw. Gewässerorganismen die Auffindbarkeit der FAH und eine möglichst stress-, verletzungs- und verzögerungsfreie Passage der FAH ermöglichen; im Gegensatz zu FMH (Fischmigrationshilfe) oder FWH (Fischwanderhilfe) steht bei der FAH die Wiederherstellung des Fischaufstieges im Zentrum.

**Gerichtete Strömung** – Strömung ohne Querströmung

**Gesteigerte Schwimmggeschwindigkeit** – diese Geschwindigkeit kann nur für kürzere Zeit aufrechterhalten werden (20 s bis 200 min) und führt zu einer Ermüdung der Muskulatur.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne** – ein dem Gewässertyp in Gefälle und morphologischer Ausprägung angepasster FAH Typ. Im Epi- und Metarhithral liegt bei steilen Gewässern mit natürlicher Kaskaden-/Kolkabfolge ein fließender Übergang zum naturnahen Beckenpass (Tümpelpass) vor. Essentiell für eine längerfristige Funktionalität naturnaher Umgehungsgerinne ist der Erhalt einer heterogenen Tiefenstruktur entsprechend natürlichen Kolk/Furt-Sequenzen. Ein wesentlicher Vorteil von gewässertypischen Umgehungsgerinnen ist die zusätzliche Schaffung von Lebensraum, speziell von Laichplätzen und Jungfischlebensräumen strömungsliebender Fischarten.

**Grenzgeschwindigkeit** – minimale Strömungsgeschwindigkeit, welche eine eindeutige Orientierungsreaktion von Fischen gegen die Strömung hervorruft (nach Pavlov 1989).

**Hydraulische Mindesttiefe** – ist diejenige Wassertiefe im Abflussprofil, welche über der Sohle bis zum Wasserspiegel frei von Strömungshindernissen ist; im Schlitzpass jene Wassertiefe direkt unterhalb der Trennwand, von der Sohlaufgabe aus welcher die einzelnen Rausteine aufragen, bis zum Wasserspiegel.

**Kritische Sprintgeschwindigkeit** – ist jene Sprintgeschwindigkeit, gegen die ein Fisch eine gewisse Zeit (< 20 s) anschwimmen kann, bevor er abgetrieben wird; sie liegt häufig unter der maximalen Sprintgeschwindigkeit.

**Leitfischarten** – gemäß Haunschmid et al. (2006) jene Arten, die in einer biozönotischen Region auf jeden Fall anzutreffen sind und sich meist durch große Häufigkeit auszeichnen. Ausnahmen bezüglich großer Häufigkeit sind u. a. piscivore Arten.

**Leistungsdichte** – Maß für die Turbulenz in einem Wasservolumen (z.B. Beckenvolumen), ausgedrückt durch die mittlere Leistungsdichte (angegeben in  $W/m^3$ ). Die Leistungsdichte beschreibt welche potentielle und kinetische Energie in das Becken einer FAH eingetragen und umgewandelt wird.

**Leitströmung** – großräumige und sich mit der Wasserführung des Flusses in Lage und Ausprägung ändernde, die Wanderung der Fische leitende Strömung flussab eines Wehres, die bei der Positionierung des FAH Einstieges und der Dimensionierung der Leitstromdotations berücksichtigt werden muss.

**Leitstromdotations** – die aus dem FAH Einstieg im Unterwasser austretende Wassermenge, setzt sich zusammen aus der FAH Dotations, und einer eventuell in den unteren Bereich der FAH eingebrachten dynamischen Zusatzdotations.

**Leitstromzusatzdotations** – eine in Abhängigkeit der Gewässergröße bzw. aktuellen Wasserführung des Flusses dynamisch in die FAH oder z.B. mittels Bypass in den unteren Bereich der FAH eingebrachte Zusatzdotations zur Verbesserung des Leitstromimpulses und damit der Auffindbarkeit einer FAH.

**Migrationsareal** - Gewässerabschnitte, die eine Fischart zumindest in einem Teil ihres Lebenszyklus durchwandert, um essentielle Habitattypen (z.B. Laichplätze, Jungfischhabitate, Rückzugsbereiche) erreichen und nutzen zu können.

**Naturnaher Beckenpass = Raugerinnebeckenpass** – wie bei der aufgelösten Rampe setzen sich auch naturnahe Beckenpässe aus mehreren Einzelschwellen mit dazwischenliegenden Kolken zusammen, sodass sich im Längenschnitt eine beckenartige Struktur ergibt. Wesentliche Bedeutung kommt der rauen, asymmetrischen Ausformung der Beckenübergänge mit rauem Sohlanschluss zu, um die Passierbarkeit bei allen Abflusssituationen sicherzustellen. Glatte bzw. scharfkantige Beckenabstürze sowie kleine V-förmige Zwickel ohne Sohlanschluss sind auch bei diesem Bautyp aufgrund ihrer schlechten Passierbarkeit für Fische zu vermeiden. Die Sohle wird im Bereich der Beckenübergänge angehoben, um den Sohlanschluss der Beckenübergänge und damit die Passierbarkeit für bodenwandernde Fischarten sicherzustellen. Wird auf eine Sohlhebung bei den Beckenübergängen verzichtet, geht der Beckenpass in den „naturnahen Schlitzpass“ über.

**Schlitzpass = „Vertical Slot“** – technischer Bautyp einer FAH 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 FAH Typ. Bekannt ist jedoch die schlechte Lebensraumeignung von Schlitzpässen.

**Sprintgeschwindigkeit** – Ist die maximale Geschwindigkeit, die ein Fisch erreichen (ATV- DVWK 2004) bzw. unter Inanspruchnahme des anaeroben Stoffwechsels der Muskulatur nur für sehr kurze Zeit (bis max. 20s) aufrechterhalten kann. Auf die Höchstleistung erfolgt unmittelbar ein „Erholungs“- oder „Erschöpfungsschwimmen“.

**Typische Begleitfischarten** – treten in der Regel in der biozönotischen Region auf. Die relative Häufigkeit kann jene von Leitarten erreichen, liegt jedoch meist darunter. Für piscivore Arten gilt das gleiche wie bei den Leitarten.

**Wanderkorridor** – ist der mögliche Weg des Fisches durch eine FAH bei unterschiedlichen Wasserführungen, inklusive des Bereiches der großräumigen Leitströmung und des Leitstromimpulses, und stellt den hydraulischen Raum um den Fisch dar, der über die gesamte Länge der FAH vorhanden sein muss, um dem Fisch sowohl die Auffindbarkeit als auch eine Passage zu ermöglichen. Der Wanderkorridor kann sich zum Beispiel bei Rampenbauwerken in seiner Lage in Abhängigkeit des Abflusses ändern, muss jedoch grundsätzlich erhalten bleiben.

# Anhang I: Bemessungsbeispiele

**Tabelle 29 Fischregion: Epirhithral,  $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,**

Maßgebende Fischart: Bachforelle; Länge: 30 cm, Breite 3 cm

Max. Leistungsdichte:  $160 \text{ W}/\text{m}^3$

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm] | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [ $\text{m}^3$ ] | Dotation [l/s]                  | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 20                          |                  | 230                    | 140              | 60                                 | 1,0                             | 80                              | 40                                   |                               | 19                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 3,0              |                        |                  | 60                                 |                                 | 100                             | 20                                   | 80                            |                        |
| Schlitzpass                        | 20                          |                  | 210                    | 140              | 50                                 | 1,7                             | 140                             |                                      |                               | 15                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 20                          |                  | 200                    | 145              | 50                                 |                                 | 90                              |                                      |                               | 15                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 20                          | *)               | *)                     | *)               | 70                                 | *)                              | *)                              | 40                                   | *)                            | 19                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 7,0              |                        |                  | 60                                 |                                 | 130                             | 20                                   | 105                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        |                  | <b>Steghöhe [mm]</b>               |                                 | <b>Volumen pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        |                  | 340                                |                                 | 50                              |                                      |                               |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,25-fachen Schlitzbreite des Vertical Slot und mit dem 2-fachen der Mindesttiefe in der Furt gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $mü=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt  $3/5$  der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:2. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes. Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt  $2/3$  der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°

**Tabelle 30 Fischregion: Epirhithral, MQ > 2 m<sup>3</sup>/s;**

Maßgebende Fischart: Bachforelle Länge 40 cm, Breite 4 cm;

Max. Leistungsdichte: 160 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 20                          |                  | 230                    | 140                  | 75                                 | 1,2                              | 100                            | 40                                   |                               | 23                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 3,0              |                        |                      | 75                                 |                                  | 180                            | 20                                   | 135                           |                        |
| Schlitzpass                        | 20                          |                  | 210                    | 140                  | 65                                 | 2,2                              | 180                            |                                      |                               | 15                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 20                          |                  | 200                    | 145                  | 65                                 |                                  | 120                            |                                      |                               | 15                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 20                          | *)               | *)                     | *)                   | 85                                 | *)                               | *)                             | 40                                   | *)                            | 23                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 7,0              |                        |                      | 75                                 |                                  | 220                            | 20                                   | 160                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        | 340                  |                                    |                                  | 50                             |                                      |                               |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und mit dem 2-fachen der Mindesttiefe in der Furt gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°

Tabelle 31 **Fischregion: Metarhithral, MQ < 2 m<sup>3</sup>/s**

Maßgebende Fischart: Bachforelle; Länge 40 cm, Breite 4 cm;

Max. Leistungsdichte: 140 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm] | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s] | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 18                          |                  | 230                    | 140              | 65                                 | 1,0                              | 80             | 40                                   |                               | 19                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 1,8              |                        |                  | 65                                 |                                  | 140            | 20                                   | 135                           |                        |
| Schlitzpass                        | 18                          |                  | 200                    | 130              | 55                                 | 1,8                              | 140            |                                      |                               | 15                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 18                          |                  | 200                    | 145              | 55                                 |                                  | 100            |                                      |                               | 15                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 18                          | *)               | *)                     | *)               | 75                                 | *)                               | *)             | 40                                   | *)                            | 19                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 4,5              |                        |                  | 65                                 |                                  | 140            | 20                                   | 145                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        |                  | <b>Steghöhe [mm]</b>               |                                  |                | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b>       |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        |                  | 340                                |                                  |                | 50                                   |                               |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,25-fachen Schlitzbreite des Vertical Slot und mit dem 2-fachen der Mindesttiefe in der Furt gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°

Tabelle 32 **Fischregion: Metarhithral, MQ > 2 m<sup>3</sup>/s**

Maßgebende Fischart: Äsche, BF; Länge 50 cm, Breite 6 cm;

Max. Leistungsdichte: 130 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 18                          |                  | 340                    | 200                  | 80                                 | 2,7                              | 200                            | 53 1                                 |                               | 30                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 1,5              |                        |                      | 80                                 |                                  | 230                            | 25                                   | 175                           |                        |
| Schlitzpass                        | 18                          |                  | 250                    | 170                  | 70                                 | 3,3                              | 240                            |                                      |                               | 20                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 18                          |                  | 200                    | 145                  | 70                                 |                                  | 150                            |                                      |                               | 20                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 18                          | *)               | *)                     | *)                   | 90                                 | *)                               | *)                             | 60                                   | *)                            | 30                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 4,0              |                        |                      | 80                                 |                                  | 240                            | 25                                   | 185                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        | 340                  |                                    |                                  | 50                             |                                      |                               |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit mü=0,6 unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

In Gewässern, in denen nur die Bachforelle größtenbestimmende Fischart ist, kann die Wassertiefe im Beckenübergang auf 48 cm reduziert werden.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet.

Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5 -fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°

**Tabelle 33 Fischregion: Hyporhithral,  $MQ < 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ;**

Maßgebende. Fischart: Aitel, Äsche, Aalrutte; Länge 50 cm, Breite 6 cm;

Max. Leistungsdichte:  $120 \text{ W}/\text{m}^3$

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm] | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [ $\text{m}^3$ ] | Dotation [l/s] | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 15                          |                  | 310                    | 190              | 70                                 | 2,0                             | 160            | 46                                   |                               | 30                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 1,0              |                        |                  | 70                                 |                                 | 190            | 25                                   | 170                           |                        |
| Schlitzpass                        | 15                          |                  | 230                    | 150              | 60                                 | 2,3                             | 190            |                                      |                               | 20                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 15                          |                  | 200                    | 145              | 60                                 |                                 | 120            |                                      |                               | 20                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 15                          | *)               | *)                     | *)               | 80                                 | *)                              | *)             | 53                                   | *)                            | 30                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 2,6              |                        |                  | 70                                 |                                 | 220            | 25                                   | 210                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        |                  | <b>Steghöhe [mm]</b>               |                                 |                | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b>       |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        |                  | 340                                |                                 |                | 50                                   |                               |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°

Tabelle 34 **Fischregion: Hyporhithral,  $MQ > 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ;**

Maßgebende Fischart: Aalrutte, Barbe; Länge 60 cm, Breite 8 cm;

Max. Leistungsdichte:  $120 \text{ W}/\text{m}^3$

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [ $\text{m}^3$ ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 15                          |                  | 350                    | 210                  | 85                                 | 3,2                             | 260                            | 56                                   |                               | 38                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 1,0              |                        |                      | 85                                 |                                 | 330                            | 30                                   | 220                           |                        |
| Schlitzpass                        | 15                          |                  | 250                    | 170                  | 75                                 | 3,6                             | 290                            |                                      |                               | 25                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 15                          |                  | 200                    | 145                  | 75                                 |                                 | 190                            |                                      |                               | 25                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 15                          | *)               | *)                     | *)                   | 95                                 | *)                              | *)                             | 63                                   | *)                            | 38                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 2,3              |                        |                      | 85                                 |                                 | 360                            | 30                                   | 250                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                 | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                       |                  |                        | 340                  |                                    |                                 | 50                             |                                      |                               |                        |

#### Anmerkungen

##### Naturnaher Beckenpass

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $mü=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

##### Gewässertypisches Umgehungsgerinne

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

##### Schlitzpass

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

##### Multi-Struktur-Fischpass

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

##### Aufgelöste Rampe

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

##### Asymmetrische Rampe/Raugerinne

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

##### Fischaufstiegsschnecke

Aufstellwinkel: 25-30°

Tabelle 35 **Fischregion: HR,  $2 \text{ m}^3/\text{s} < \text{MQ} < 20 \text{ m}^3/\text{s}$**

Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 80 cm, Breite 10 cm

Max. Leistungsdichte:  $120 \text{ W}/\text{m}^3$

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [ $\text{m}^3$ ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 15                          |                  | 400                    | 240                  | 100                                | 4,8                             | 390                            | 66                                   |                               | 45                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 0,7              |                        |                      | 100                                |                                 | 470                            | 35                                   | 240                           |                        |
| Schlitzpass                        | 15                          |                  | 280                    | 190                  | 85                                 | 4,9                             | 400                            |                                      |                               | 30                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 15                          |                  | 300                    | 218                  | 85                                 |                                 | 240                            |                                      |                               | 30                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 15                          | *)               | *)                     | *)                   | 110                                | *)                              | *)                             | 73                                   | *)                            | 45                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 2,1              |                        |                      | 100                                |                                 | 580                            | 35                                   | 295                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                 | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.200                       |                  |                        | 420                  |                                    |                                 | 100                            |                                      |                               |                        |

#### Anmerkungen

##### Naturnaher Beckenpass

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und  $2/3$  der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt  $3/5$  der Länge.

##### Gewässertypisches Umgehungsgerinne

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

##### Schlitzpass

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt  $2/3$  der Länge.

##### Multi-Struktur-Fischpass

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

##### Aufgelöste Rampe

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

##### Asymmetrische Rampe/Raugerinne

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

##### Fischaufstiegsschnecke

Aufstellwinkel: 25-30°

Tabelle 36 **Fischregion: Hyporhithral, MQ > 20 m<sup>3</sup>/s**

Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 100 cm, Breite 12 cm;

Max. Leistungsdichte: 120 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 15                          |                  | 440                    | 260                  | 110                                | 6,3                              | 510                            | 73                                   |                               | 53                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 0,7              |                        |                      | 110                                |                                  | 530                            | 40                                   | 260                           |                        |
| Schlitzpass                        | 15                          |                  | 310                    | 210                  | 100                                | 6,7                              | 550                            |                                      |                               | 35                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 15                          |                  | 300                    | 218                  | 100                                |                                  | 330                            |                                      |                               | 35                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 15                          | *)               | *)                     | *)                   | 120                                | *)                               | *)                             | 80                                   | *)                            | 53                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 1,9              |                        |                      | 110                                |                                  | 800                            | 40                                   | 335                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.400*                      |                  |                        | 480*                 |                                    |                                  | 150*                           |                                      |                               |                        |

**Anmerkungen:**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°, \* **Mindestwerte noch nicht bestätigt (keine positiven Monitoringergebnisse)**

### Tabelle 37 Fischregion: Epipotamal mittel

Maßgebende Fischart: Barbe Länge 60 cm, Breite 8 cm

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 350                    | 210                  | 85                                 | 3,2                              | 250                            | 56                                   |                               | 38                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 1,0              |                        |                      | 85                                 |                                  | 330                            | 30                                   | 220                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 250                    | 170                  | 75                                 | 3,4                              | 270                            |                                      |                               | 25                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 200                    | 145                  | 75                                 |                                  | 180                            |                                      |                               | 25                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)                   | 95                                 | *)                               | *)                             | 63                                   | *)                            | 38                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 2,1              |                        |                      | 85                                 |                                  | 380                            | 30                                   | 250                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.000                                    |                  |                        | 340                  |                                    |                                  | 50                             |                                      |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

#### Anmerkungen

##### Naturnaher Beckenpass

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

##### Gewässertypisches Umgehungsgerinne

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

##### Schlitzpass

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

##### Multi-Struktur-Fischpass

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

##### Aufgelöste Rampe

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

##### Asymmetrische Rampe/Raugerinne

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

##### Fischaufstiegsschnecke

Aufstellwinkel: 25-30°

**Tabelle 38 Fischregion: Epipotamal mittel;**

Maßgebende Fischart: Hecht, Länge 90 cm, Breite 9 cm;

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 370                    | 220                  | 85                                 | 3,4                              | 270                            | 56                                   |                               | 41                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 0,7              |                        |                      | 85                                 |                                  | 380                            | 35                                   | 250                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 270                    | 180                  | 75                                 | 4,0                              | 290                            |                                      |                               | 27                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 300                    | 218                  | 75                                 |                                  | 200                            |                                      |                               | 30                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)                   | 95                                 | *)                               | *)                             | 63                                   | *)                            | 41                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 1,8              |                        |                      | 85                                 |                                  | 560                            | 35                                   | 290                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.200*                                   |                  |                        | 420*                 |                                    |                                  | 100*                           |                                      |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°, \* Funktionsfähigkeit dieser Mindestwerte noch nicht belegt wie oben schreibt

### Tabelle 39 Fischregion: Epipotamal mittel

Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 90 cm, Breite 12 cm;

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 410                    | 250                  | 100                                | 5,1                              | 400                            | 66                                   |                               | 48                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 0,6              |                        |                      | 100                                |                                  | 470                            | 37                                   | 290                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 290                    | 190                  | 90                                 | 5,4                              | 420                            |                                      |                               | 32                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 300                    | 218                  | 90                                 |                                  | 280                            |                                      |                               | 32                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)                   | 110                                | *)                               | *)                             | 73                                   | *)                            | 48                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 1,7              |                        |                      | 100                                |                                  | 750                            | 37                                   | 345                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.200*                                   |                  |                        | 420*                 |                                    |                                  | 100*                           |                                      |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

#### Anmerkungen

##### Naturnaher Beckenpass

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

##### Gewässertypisches Umgehungsgerinne

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

##### Schlitzpass

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

##### Multi-Struktur-Fischpass

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

##### Aufgelöste Rampe

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

##### Asymmetrische Rampe/Raugerinne

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

##### Fischaufstiegsschnecke

Aufstellwinkel: 25-30°, \* Funktionsfähigkeit dieser Mindestwerte noch nicht belegt

## Tabelle 40 Fischregion: Epipotamal groß

Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 100 cm, Breite 12 cm;

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm]     | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s]                 | min. Maximal-tiefe Schlitz/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 440                    | 260                  | 110                                | 6,2                              | 490                            | 73                                   |                               | 53                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 0,6              |                        |                      | 110                                |                                  | 560                            | 40                                   | 300                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 310                    | 210                  | 105                                | 7,0                              | 550                            |                                      |                               | 35                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 300                    | 218                  | 105                                |                                  | 320                            |                                      |                               | 35                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)                   | 120                                | *)                               | *)                             | 80                                   | *)                            | 53                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 1,6              |                        |                      | 110                                |                                  | 900                            | 40                                   | 375                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        | <b>Steghöhe [mm]</b> |                                    |                                  | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b> |                                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.400*                                   |                  |                        | 480*                 |                                    |                                  | 150*                           |                                      |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

### Anmerkungen

#### Naturnaher Beckenpass

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014). Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5 fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge. Gewässertypisches Umgehungsgerinne Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

Schlitzpass Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

#### Multi-Struktur-Fischpass

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

#### Aufgelöste Rampe

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

#### Asymmetrische Rampe/Raugerinne

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

#### Fischaufstiegsschnecke

Aufstellwinkel: 25-30°, \* Funktionsfähigkeit dieser Mindestwerte noch nicht belegt

**Tabelle 41 Fischregion: Epipotamal groß;**

Maßgebende Fischart: Wels Länge 120 cm, Breite 18 cm;

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm] | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s] | Hydraulische Mindesttiefe Becken-übergang/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|---|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 530                    | 320              | 120                                | 9,9                              | 780            | 79  |                               | 75                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 0,5              |                        |                  | 120                                |                                  | 930            | 45  | 370                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 360                    | 240              | 120                                | 11,2                             | 880            |   |                               | 50                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 400*                   | 290*             | 120                                |                                  | 550*           |   |                               | 50*                    |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)               | 130                                | *)                               | *)             | 87  | *)                            | 75                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 1,1              |                        |                  | 120                                |                                  | 1.330          | 45  | 505                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        |                  | <b>Steghöhe [mm]</b>               |                                  |                | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b>                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.600*                                   |                  |                        |                  |                                    |                                  |                |   |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014). Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°, \* **Funktionsfähigkeit dieser Mindestwerte noch nicht belegt**

**Tabelle 42 Fischregion: Seezubringer, ausrinn;**

Maßgebende Fischart: Seeforelle, Länge 90 cm, Breite 11 cm

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] <sup>1</sup> | max. Gefälle [%] | Min. Becken-länge [cm] | Min. Breite [cm] | min Maximal-tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s] | Hydraulische Mindesttiefe Becken-übergang/Furt [cm] | min Breite Schwelle/Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|--|------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|---|-------------------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10 - 13                                  |                  | 440                    | 260              | 110                                | 6,2                              | 490            | 73  |                               | 53                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |  | 0,6              |                        |                  | 110                                |                                  | 820            | 45  | 370                           |                        |
| Schlitzpass                        | 10 - 13                                  |                  | 310                    | 210              | 105                                | 7,0                              | 550            |   |                               | 35                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10 - 13                                  |                  | 300                    | 218              | 105                                |                                  | 320            |   |                               | 35                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10 - 13                                  | *)               | *)                     | *)               | 120                                | *)                               | *)             | 80  | *)                            | 53                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |  | 1,6              |                        |                  | 110                                |                                  | 1200           | 45  | 420                           |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b>              |                  |                        |                  | <b>Steghöhe [mm]</b>               |                                  |                | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b>                      |                               |                        |
| Mono- und Innenrohrschnecke        | 1.200*                                   |                  |                        |                  | 420*                               |                                  |                | 100*  |                               |                        |

<sup>1</sup> Bandbreite der maximalen Spiegeldifferenz von 10 cm im unteren Epipotamal (Nahbereich Metapotamal) bis 13 cm im oberen Epipotamal (Nahbereich Hyporhithral)

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechthckschlitz mit der 1,5- fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5- fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegs-schnecke**

Aufstellwinkel: 25-30°, \* **Funktionsfähigkeit dieser Mindestwerte noch nicht belegt**

**Tabelle 43 Fischregion: Gründlings- und Schmerlenb.**

Maßgebende Fischart: Aitel; Länge 40 cm, Breite 5 cm;

Max. Leistungsdichte: 100 W/m<sup>3</sup>

| Fischpasstyp                       | max. Spiegel-differenz [cm] | max. Gefälle [%] | Min. lichte Becken-länge [cm] | Min. lichte Breite [cm] | min Tiefe Becken/Kolk [cm] | Becken-volumen [m <sup>3</sup> ] | Dotation [l/s] | Hydraulische Mindesttiefe Becken-übergang/Furt [cm] | min Breite Furt [cm] | min Schlitz-weite [cm] |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|---|----------------------|------------------------|
| Naturnaher Beckenpass              | 10                          |                  | 210                           | 130                     | 65                         | 0,9                              | 90             | 40  |                      | 23                     |
| Gewässertypisches Umgehungsgerinne |                             | 0,9              |                               |                         | 65                         |                                  | 90             | 20  | 130                  |                        |
| Schlitzpass                        | 10                          |                  | 160                           | 110                     | 60                         | 1,1                              | 110            |   |                      | 15                     |
| Multi-Struktur-Fischpass           | 10                          |                  | 200                           | 145                     | 60                         |                                  | 70             |   |                      | 15                     |
| Aufgelöste Rampe                   | 10                          | *)               | *)                            | *)                      | 75                         | *)                               | *)             | 40  | *)                   | 23                     |
| Asymmetrische Rampe/Raugerinne     |                             | 2,5              |                               |                         | 65                         |                                  | 120            | 20  | 165                  |                        |
| <b>Fischaufstiegs-schnecke</b>     | <b>Durchmesser FAS [mm]</b> |                  |                               |                         | <b>Steghöhe [mm]</b>       |                                  |                | <b>Wasser pro "Becken" [l]</b>                      |                      |                        |
| Mono- und Innenrohrschncke         | 1.000                       |                  |                               |                         | 340                        |                                  |                | 50  |                      |                        |

**Anmerkungen**

**Naturnaher Beckenpass**

Beim Beckenpass wird die Dotation vereinfacht als Rechteckschlitz mit der 1,5-fachen Schlitzweite des Vertical Slot und 2/3 der maximalen Beckentiefe gerechnet. Die tatsächliche Ausformung der Schwellen wird in Kapitel 5 dargestellt.

Die Berechnung der Dotation erfolgt nach der Formel von Poleni mit  $\mu=0,6$  unter Berücksichtigung des Rückstaus des Unterwasserspiegels mit  $s_i = 1 - (h_2/h_1)^{11}$  (DWA M509 2014).

Für die Berechnung des Beckenvolumens wird das 0,5-fache der maximalen Tiefe angesetzt. Die Länge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 3/5 der Länge.

**Gewässertypisches Umgehungsgerinne**

Die hydraulische Berechnung erfolgt mithilfe der Stricklerformel. Das Umgehungsgerinne ist als asymmetrisches Trapezprofil gerechnet. Die Breite der Tiefenrinne ist gleich der Schlitzweite des Schlitzpasses. Das Gefälle in der Furt wurde mit dem 1,5-fachen des mittleren Gefälles angenommen. Die Böschungsneigungen betragen am Prallufer 1:1 und am Gleitufer 1:5 bis 1:6. Der k-Wert beträgt 25.

**Schlitzpass**

Die minimale Beckentiefe entspricht der Wassertiefe unterhalb des Schlitzes.

Die Beckenlänge wird aus dem erforderlichen Beckenvolumen berechnet, die Beckenbreite beträgt 2/3 der Länge.

**Multi-Struktur-Fischpass**

Die angeführte Beckenlänge und -breite entspricht den empfohlenen Fertigteilsystemen des Herstellers.

**Aufgelöste Rampe**

\*) Individuelle Bemessung entsprechend den im Bericht angeführten Bemessungswerten für MJNQT. Minimale Beckentiefe ist gegenüber jener naturnaher Beckenpässe um 10 cm aufgrund Geschiebetrieb erhöht. Bei starkem Geschiebetransport wird eine Erhöhung um 20 cm gegenüber jener naturnaher Beckenpässe vorgeschlagen.

**Asymmetrische Rampe/Raugerinne**

Minimale Breite Furt ist aus Mindestbreite und -tiefe des Wanderkorridor in Furt und den erforderlichen Uferböschungen abgeleitet.

**Fischaufstiegsschncke**

Aufstellwinkel: 25-30°

## Tabellenverzeichnis

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabelle 1  | Wandertypen sowie Gefährdung der ursprünglichen Fischarten Österreichs ..  | 11  |
| Tabelle 2  | Gewässertypen und zugehörige größenbestimmende Fischarten (Leitfischarten und typische Begleitfischarten gemäß der derzeit geltenden Fischleitbilder für die Gewässertypen bzw. Fischregionen gemäß „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente, Teil A1 – Fische“) | 28  |
| Tabelle 3  | Körperhöhe und –breite für unterschiedliche Längen der größenbestimmenden Fischarten entsprechend Tabelle 2 als Basis für die Festlegung der Bemessungswerte in Kapitel 5  | 32  |
| Tabelle 4  | Bemessungswert für die Leistungsdichte in Becken von Schlitzpässen, naturnahen Becken-pässen und Sohlrampen (bei MJNQ <sub>T</sub> ) je Fischregion zur Sicherstellung der erschöpfungs- und verletzungsfreien Passage von Klein- und Jungfischen ab 1+                            | 61  |
| Tabelle 5  | Für die einzelnen Gewässertypen in ihrer Funktionsfähigkeit erprobte und erwiesene FAH-Typen (Stand 2021)  | 72  |
| Tabelle 6  | Äquivalente FAH-Typen des FAH-Leitfadens im DWA-Merkblatt M509   | 74  |
| Tabelle 7  | Vor- und Nachteile der einzelnen FAH Typen   | 76  |
| Tabelle 8  | Maximales mittleres Gefälle (Ausgleichsgefälle) von Umgehungsgerinnen in Abhängigkeit der Dotation und der Fischregion   | 82  |
| Tabelle 9  | Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte   | 85  |
| Tabelle 10 | Variationsbeispiel zu Mindestgröße gewässertypischer Umgehungsgerinne  | 86  |
| Tabelle 11 | Mindestgröße naturnaher Beckenpässe zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte   | 95  |
| Tabelle 12 | Variationsbeispiel zur Mindestgröße naturnaher Beckenpässe   | 96  |
| Tabelle 13 | Mindestgröße von Schlitzpässen zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte  | 105 |
| Tabelle 14 | Variationsbeispiel zur Mindestgröße von Schlitzpässen  | 106 |
| Tabelle 15 | Größe der Fertigteilsysteme von MSF zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit für die einzelnen Gewässertypen lt. FAH- Leitfaden   | 111 |
| Tabelle 16 | Aus allen Detail-Dimensionierungen (der beiden derzeit am Markt verfügbaren Anbieter) abgeleitete, generelle Dimensionierungsgrundsätze von Monorohr- und Innenrohrschnecken in Abhängigkeit von der Länge der größenbestimmenden Fischart bei einer Neigung der FAS von 25-30°    | 116 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 17 Mindestgröße von ASR zur Sicherstellung der Durchwanderbarkeit bei Überlagerung der hydraulischen und geometrischen Bemessungswerte.....   | 136 |
| Tabelle 18 Baugrößen modifizierter Denil-Pass für unterschiedliche Gewässertypen, Erklärung der Maße siehe Abbildung 52 .....   | 142 |
| Tabelle 19 Kennzahlen des Fischliftes und der Abschwemmleitung am Inn/Runserau ....   | 147 |
| Tabelle 20 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“ .....  | 162 |
| Tabelle 21 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und resultierende Bemessungswerte bzw. Dotation.....  | 163 |
| Tabelle 22 Mögliche Dotationsstaffelung für die flachere FAH lt. Lösungsmöglichkeit A.  | 164 |
| Tabelle 23 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“ .....  | 165 |
| Tabelle 24 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und gestaffelte Dotation .....  | 165 |
| Tabelle 25 Mögliche Dotationsstaffelung für die flachere FAH lt. Lösungsmöglichkeit A.  | 166 |
| Tabelle 26 Eingangsparameter Sondersituation im Vergleich zum „Standard-Gewässertyp“ .....  | 167 |
| Tabelle 27 Anpassung: Reduktion FAH-Gefälle und gestaffelte Dotation .....  | 168 |
| Tabelle 28 Vorschlag für eine monatsweise gestaffelte Dotation .....  | 168 |
| Tabelle 29 <b>Fischregion: Epirhithral, <math>MQ &lt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> , Maßgebende Fischart: Bachforelle; Länge: 30 cm, Breite 3 cm Max. Leistungsdichte: $160 \text{ W}/\text{m}^3$ .....              | 202 |
| Tabelle 30 <b>Fischregion: Epirhithral, <math>MQ &gt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> ; Maßgebende Fischart: Bachforelle Länge 40 cm, Breite 4 cm; Max. Leistungsdichte: $160 \text{ W}/\text{m}^3$ .....               | 203 |
| Tabelle 31 <b>Fischregion: Metarhithral, <math>MQ &lt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> Maßgebende Fischart: Bachforelle; Länge 40 cm, Breite 4 cm; Max. Leistungsdichte: $140 \text{ W}/\text{m}^3$ .....               | 204 |
| Tabelle 32 <b>Fischregion: Metarhithral, <math>MQ &gt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> Maßgebende Fischart: Äsche, BF; Länge 50 cm, Breite 6 cm; Max. Leistungsdichte: $130 \text{ W}/\text{m}^3$ .....                 | 205 |
| Tabelle 33 <b>Fischregion: Hyporhithral, <math>MQ &lt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> ; Maßgebende. Fischart: Aitel, Äsche, Aalrutte; Länge 50 cm, Breite 6 cm; Max. Leistungsdichte: $120 \text{ W}/\text{m}^3$ ..... | 206 |
| Tabelle 34 <b>Fischregion: Hyporhithral, <math>MQ &gt; 2 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> ; Maßgebende Fischart: Aalrutte, Barbe; Länge 60 cm, Breite 8 cm; Max. Leistungsdichte: $120 \text{ W}/\text{m}^3$ .....         | 207 |
| Tabelle 35 <b>Fischregion: HR, <math>2 \text{ m}^3/\text{s} &lt; MQ &lt; 20 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 80 cm, Breite 10 cm Max. Leistungsdichte: $120 \text{ W}/\text{m}^3$ ..... | 208 |
| Tabelle 36 <b>Fischregion: Hyporhithral, <math>MQ &gt; 20 \text{ m}^3/\text{s}</math></b> Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 100 cm, Breite 12 cm; Max. Leistungsdichte: $120 \text{ W}/\text{m}^3$ .....                 | 209 |
| Tabelle 37 <b>Fischregion: Epipotamal mittel</b> Maßgebende Fischart: Barbe Länge 60 cm, Breite 8 cm Max. Leistungsdichte: $100 \text{ W}/\text{m}^3$ .....   | 210 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 38 <b>Fischregion: Epipotamal mittel;</b> Maßgebende Fischart: Hecht, Länge 90 cm,<br>Breite 9 cm; Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> .....          | 211 |
| Tabelle 39 <b>Fischregion: Epipotamal mittel</b> Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 90 cm,<br>Breite 12 cm; Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> .....         | 212 |
| Tabelle 40 <b>Fischregion: Epipotamal groß</b> Maßgebende Fischart: Huchen; Länge 100 cm,<br>Breite 12 cm; Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> .....          | 213 |
| Tabelle 41 <b>Fischregion: Epipotamal groß;</b> Maßgebende Fischart: Wels Länge 120 cm,<br>Breite 18 cm; Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> .....            | 214 |
| Tabelle 42 <b>Fischregion: Seezubringer, ausrinn;</b> Maßgebende Fischart: Seeforelle, Länge 90<br>cm, Breite 11 cm Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> ..... | 215 |
| Tabelle 43 <b>Fischregion: Gründlings- und Schmerlenb.</b> Maßgebende Fischart: Aitel; Länge<br>40 cm, Breite 5 cm; Max. Leistungsdichte: 100 W/m <sup>3</sup> ..... | 216 |

## Abbildungsverzeichnis

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1  | Der Zusammenhang zwischen Schwimmgeschwindigkeit und Dauer der Aufrechterhaltung .....   | 17 |
| Abbildung 2  | „Virtueller“ hydraulischer Raum um den Fisch, der über die gesamte Anlage vorhanden sein muss, um die Passage des Fisches zu ermöglichen .....   | 23 |
| Abbildung 3  | Sohlanbindung im Unterwasser im Bereich des Turbinenauslasses durch ansteigende Rampe mit rauer Sohle (links) und Sohlbindung im Unterwasser an natürliche Sohle, im direkten Bereich des Einstieges befestigt; ersichtlich ebenfalls die Lage des Unterwasserspiegels bei unterschiedlichen Wasserführungen und die daraus abgeleitete Notwendigkeit einer dynamischen Zusatzdotation zur Aufrechterhaltung der Ausströmgeschwindigkeit und damit der Auffindbarkeit (rechts) ..... | 36 |
| Abbildung 4  | Beispiele optimaler kleinräumiger Anordnung einer Rampe (links) und des Einstieges in ein naturnahes Umgehungsgerinne im spitzen Winkel einer Wehranlage (rechts) .....  | 39 |
| Abbildung 5  | Optimale kleinräumige Anordnung eines FAH Einstieges an einem Wehr mit Turbine, am Ufer auf der Höhe des Wehres mit einem parallel zur großräumigen Leitströmung mündenden Leitstrom (links) und am Prallhang .....  | 39 |
| Abbildung 6  | Optimale Anordnung eines FAH Einstieges .....  | 40 |
| Abbildung 7  | Energiearmes Einbringen der Leitstromzusatzdotation in den Fischpasseinstieg über strömungsberuhigende senkrechte und waagrechte Leiteinrichtungen. Im spitzen Winkel mündet die Basisdotation der FAH. Verhältnis Leitstrom zur Basisdotation 10:1 .....  | 46 |
| Abbildung 8  | Leitstrombauwerk mit eingebauten Venturiteile. Im Hintergrund sind die Düsenköpfe der Düsenleitungen für die Erzeugung des Leitstroms zu sehen .....   | 48 |
| Abbildung 9  | Anordnung der Lockstrombauwerke gleich neben dem Einstieg in die Fischeaufstiegshilfe (links Bauzustand, rechts im Betrieb) .....  | 48 |
| Abbildung 10 | Abfluss der Leitströmung in das Unterwasser nach Zusammenführung des FAH und Lockstromabflusses .....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 11 Anordnung an zwei unterschiedlichen Einstiegen. Im Vordergrund der turbinennahe Einstieg mit Lockstrompumpen (bzw. deren Stellantriebe) um die Fische vor allem im Ausflussbereich der Turbinen (oberhalb der Saugrohrauslässe) abzuholen. Im Hintergrund ist der zweite Einstieg zu erkennen (siehe auch Foto links). Beide Einstiege sind in diesem Fall mit Lockstrompumpen ausgestattet..... | 50 |
| Abbildung 12 Typische Verklausungsprobleme bei Schlitzpässen, weshalb von allen Autoren auf die Wahl einer ausreichenden Schlitzweite hingewiesen wird  | 57 |
| Abbildung 13 Schlitzströmung mit aufsteigender Bachforelle; Bereich der höchsten Fließgeschwindigkeit ist rot gekennzeichnet.....   | 59 |
| Abbildung 14 Standort der Rotaugen im Strömungsschatten des Umlenkblockes, von hier aus starten sie beim Durchschwimmen des Schlitzes; Bereich der höchsten Fließgeschwindigkeit ist rot gekennzeichnet, die Wirkung der Turbulenz ist anhand der Körperhaltung der Rotaugen zu erkennen .....  | 59 |
| Abbildung 15 Schuppenverluste bei Schied (Rapfen), Nase und Brachse nach der Passage des Schlitzpasses bei Iffezheim am Rhein; als Ursache wurde ein Anpressen an die scharfkantigen Ränder des Schlitzpasses durch hohe Turbulenz und Fließgeschwindigkeit vermutet .....  | 60 |
| Abbildung 16 Beispiel der baulichen Umsetzung der rauen Sohle .....   | 63 |
| Abbildung 17 Ausgeschwemmtes Sohlsubstrat aus Rundkorn im und flussauf des Schlitzes aufgrund des zu geringen Durchmessers .....  | 64 |
| Abbildung 18 Abnahme der Fließgeschwindigkeit im Bereich des Schlitzes eines Schlitzpasses im Bereich der rauen Sohle .....   | 65 |
| Abbildung 19 Massiver Eintrag von Geschwemmsel in einen Schlitzpass.....  | 68 |
| Abbildung 20 Treibgutbelastung im unterwasserseitigen Einstiegsbereich).....  | 68 |
| Abbildung 21 Hochwasser an der Warmen Mandling .....  | 68 |
| Abbildung 22 Vereisung einer FAH in Salzburg .....  | 68 |
| Abbildung 23 Gewässertypspezifisches Umgehungsgerinne vom Gewässerbett völlig abgesetzt, dynamisch dotiert .....  | 79 |
| Abbildung 24 Skizzenartige Darstellung eines naturnahen Umgehungsgerinnes mit detaillierter Darstellung der Beckenübergänge mit minimalen Maximaltiefen und Ausformung der Beckenübergänge zur standardisierten Abflussberechnung; siehe auch Anhang I: „Bemessungsbeispiele für die einzelnen FAH- Typen“ .....  | 80 |
| Abbildung 25 Beispiele naturnaher Beckenpässe .....   | 88 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Abbildung 26 | Kristeinerbach, Sohlrauigkeit und bis zur Sohle durchgehende raue Beckenübergänge, Beschattung und Unterstände durch austriebsfähige Weidenstöcke vor und nach Flutung.....                                       | 88  |
| Abbildung 27 | Skizzenartige Darstellung eines naturnahen Beckenpasses mit detaillierter Darstellung der Beckenübergänge. In der Skizze sind die im Text und der Tabelle 11 angeführten Bemessungswerte eingezeichnet .....      | 89  |
| Abbildung 28 | Beckenpass mit Betontrennwänden und einheitlicher rechteckiger Breite der Beckenübergänge .....   | 93  |
| Abbildung 29 | Reduktion der Öffnungsbreite durch Horizontalschieber zur Dotationssteuerung am Ausstieg der FAH.....   | 98  |
| Abbildung 30 | Schlitzpass („Verticalslot“) mit bis zur Sohle durchgehenden Schlitzfenstern und eingebrachtem rauem Sohlsubstrat .....   | 99  |
| Abbildung 31 | Schlitzpass mit strömungs-dissipierendem Strömungsmuster (DWA M509 2014) .....  | 100 |
| Abbildung 32 | 3- dimensionales Strömungsmodell eines Schlitzpasses .....  | 100 |
| Abbildung 33 | Geometrische Kennwerte eines Schlitzpasses DWA –Merkblatt M509 (2014).....  | 102 |
| Abbildung 34 | Multi-Struktur-Fischpass - Systemskizze mit perspektivischer Ansicht.....   | 107 |
| Abbildung 35 | Multi-Struktur-Fischpass, rechts: Darstellung der Fließgeschwindigkeiten in 3 horizontalen Ebenen.....  | 108 |
| Abbildung 36 | Monorohrschnecke (links) neben herkömmlicher Wasserkraftschnecke (rechts).....  | 114 |
| Abbildung 37 | Doppelrohrschnecke (oben), Einstiegsbereich (unten).....  | 115 |
| Abbildung 38 | Monorohrschnecke mit doppelter Wendelung im unteren Bereich (rechts) in Kombination mit Wasserkraftschnecke (links) .....   | 118 |
| Abbildung 39 | Einstiegsbereich einer Monorohrschnecke mit flussauf der Schnecke eingeleitetem Dotationswasser. Der Rechen verhindert, dass Fische entlang der Leitströmung am Einstiegsbereich der Schnecke vorbei wandern..... | 119 |
| Abbildung 40 | Aufgelöste Sohlrampe.....   | 123 |
| Abbildung 41 | Teilsohlrampe.....  | 123 |
| Abbildung 42 | Lageplan (Aufsicht) einer Sohlrampe.....  | 124 |
| Abbildung 43 | Riegelschichtung der Sohlrampe mit Beckenübergängen .....   | 125 |
| Abbildung 44 | Längenschnitt eines Beckens der Sohlrampe, Beckensohle mit Wasserbausteinen ausgeführt, auf der sich Geschiebe dynamisch auf- und umlagert.....   | 125 |
| Abbildung 45 | Annähernd rechteckige bzw. trapezförmige Ausformung der Beckenübergänge– keine V-förmigen Zwickel <b>ohne</b> Sohlanschluss.....  | 126 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 46 Bei hoher Niederwasserführung Ausführung des Beckenüberganges als breite Niederwasserrinne, deren Tiefe 2/3 der Beckentiefe beträgt. Aufgrund der großen Breite kaum Verklauungsgefahr. Durch die verlaufende Absenkung der Steinblöcke ergibt sich eine bessere Abstützung zueinander und damit eine bessere Standsicherheit der Schwelle. .... | 128 |
| Abbildung 47 Skizzenartige Darstellung einer asymmetrischen Rampe in der Draufsicht (links oben), im Profil (rechts oben und Mitte) und im Längenschnitt (unten). Anmerkung: für die hydraulische Berechnung in Tabelle 17 wurde das eingeeigte Furtprofil (rechts oben, strichlierte Linie) angesetzt.....   | 131 |
| Abbildung 48 Asymmetrische Rampe: Flutmulde Machland (o.l.), Mündung Liesing (o.r.); asymmetrische Raugerinne: Ybbs bei Amstetten (u.l.) und Michelbach bei Furth (u.r.).....   | 133 |
| Abbildung 49 Asymmetrische Raugerinne an der Aschach (l.) und an der Melk (r.).....   | 138 |
| Abbildung 50 Modifizierter Denil-Fischpass.....   | 140 |
| Abbildung 51 Resultierende Fließgeschwindigkeiten im Standard-Denilpass (links) und im modifizierten Denilpass .....  | 141 |
| Abbildung 52 Relevante Maße für modifizierten Denil-Pass. Siehe auch Tabelle 18.....  | 143 |
| Abbildung 53 Fischlift: Schematischer Lageplan und Schnitt.....   | 145 |
| Abbildung 54 Fischlift .....  | 146 |
| Abbildung 55 Grafik (links) und Foto der Reuse (rechts) am Fischlift.....   | 147 |
| Abbildung 56 Schematische Darstellung des Fischliftsystems ohne Überpumpen.....   | 152 |
| Abbildung 57 Links Fischliftschleuse im Metarhithral mit einer Hubhöhe von 4 m.<br>Rechts: Innenbereich des Schachtes der Fischliftschleuse.....  | 153 |
| Abbildung 58 Phasen des Fischliftschleusensystems mit Überpumpen.....   | 154 |
| Abbildung 59 Fischliftschleuse mit der Ausschwemmlleitung an zwei Standorten .....  | 155 |
| Abbildung 60 Betriebsweise des kombinierten Fischliftsystems (links: Einschwimmphase, Mitte: Hub, rechts: Ausstiegsphase).....  | 156 |
| Abbildung 61 Funktion der Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe .....   | 158 |
| Abbildung 62 Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe parallel zur Restwasserschnecke.....   | 160 |
| Abbildung 63 Zwei-Kammern-Fischwanderhilfe .....  | 160 |
| Abbildung 64 Gerinneabschnitt des Zauchbaches, 10% Sohlgefälle; links: historische, glatte Rampe "Schussrinne"; rechts: in die Sohle eingelassener Niederwasser-Beckenpass (vor der Uferbestockung).....  | 172 |

**Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus**

Stubenring 1, 1010 Wien

[bmlrt.gv.at](http://bmlrt.gv.at)