FICHTNER
WATER & TRANSPORTATION

DWA-Merkblatt M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessungsphilosophie und Auslegungsgrundsätze

Praxisseminar Fischwechselanlagen
Stand der Technik/Stand des Wissens
Leipzig, 12.10.2017

Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl
Sprecher der DWA-AG WW-8.3
Fichtner Water & Transportation GmbH
Stuttgart

Siedlungswasserwirtschaft

Wasserbau

Verkehr

Umwelt

FICHTNER
WATER & TRANSPORTATION

Fichtner Water & Transportation auf einen Blick

- Mitglied der Fichtner-Gruppe, Deutschlands größtem unabhängigen, familiengeführten Planungs- und Beratungsunternehmen
- Spezialisiert auf Planungs- und Beratungsleistungen für Infrastrukturprojekte in den Bereichen Wasser und Verkehr
- Weltweit mehr als 200 spezialisierte Mitarbeiter
- Standorte in Stuttgart, Freiburg, Hamburg, Leipzig, Essen und Berlin; Tochterunternehmen: Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH, Aachen
- Mehr als 500 laufende Projekte, davon 380 in Deutschland
- Vertreten in mehr als 25 Ländern
- Umsatz 2016 ca. 30,5 Mio. Euro

Alter Stand der Technik von Fischaufstiegsanlagen in D

… und eine vermeintliche ungarische Raubkopie (2007)

- Verkaufsschlager der DWA
- 21 Jahre alt - zwischenzeitlich deutlicher Erkenntniszuwachs. Felduntersuchungen und Projekte haben Verständnis über Wanderverhalten von Fischen und Effektivität von FAA erweitert.
- Wichtige Aspekte bisher nicht ausreichend präzise behandelt, z. B. Einbindung von FAA in Gewässerquerschnitt und UW-Anbindung
- Es fehlten nachvollziehbare & exakte geometrische und hydraulische Vorgaben zur Gewährleistung der Passierbarkeit für Fische aller Größen & Leistungsfähigkeit
- Keine Aussagen zu anderen Wasserbau-werken (z. B. HRB, Kreuzungsbauwerke)
- ungewollte Bevorzugung sogenannter „naturnaher“ Bautypen

DWA-M 509 - Historie

- Bearbeitungsbeginn 2002, über 40 Sitzungen
- Gelbdruck Februar 2010
- 66 Eingaben mit rd. 1400 Punkten

Legende:		kein Handlungsbedarf (allgemeine Kommentare etc.)
		Muss noch vom jeweiligen Kapitelautor bearbeitet werden.
		Vorschlag, den Einspruch ohne Diskussion im Ausschuss anzunehmen, i. d. R. ist eine Textänderung erforderlich. Wird im Ausschuss nur dann behandelt, wenn Diskussionsbedarf angemeldet wird.
		Einspruch zur Ablehnung vorgeschlagen, keine Textänderung erforderlich. Wird im Ausschuss nur dann behandelt, wenn Diskussionsbedarf angemeldet wird.
		muss im Ausschuss diskutiert werden

Textstelle	Einwand	Originaltext des Einwandes	Kommentar	weitere Bearbeitung
027/links/01	BW-02	Der fischbiologisch-ökologische Teil des Entwurfs hat über weite Strecken den Charakter eines Lehrbuches. Allerdings ist z. B. meistens nicht die aktuelle oder relevante Literatur berücksichtigt (s. unten), so dass manche Sachverhalte ausschließlich aus dem Blickwinkel der Bearbeiter dargestellt sind. Außerdem sind Sprache und Begriffe zum Teil unpräzise.	o.k. Soweit konkrete Hinweise auf aktuelle Publikationen kommen, werden diese natürlich eingebaut. ¶ Ansonsten ist diese Anmerkung zu unpräzise, als dass sie berücksichtigt werden könnte.	
027/links/01	Geb-02	Sehr gut gelungen sind die Kapitel 2 „Biologische Grundlagen“ …		
027/links/01	LTV-01	Das Merkblatt ist mit 285 Seiten sehr umfangreich. Für die Arbeit mit dem Merkblatt wäre es angebracht, die biologischen Grundlagen in einem separaten Dokument darzustellen und den gesamten Inhalt zu straffen.	Nein. Die biologischen Grundlagen sind für das Verständnis der Thematik unverzichtbar.	
027/links/01	BfG-20	Bisweilen wird nicht ausreichend klar, z. B. im Kap. 2 „Biologische Grundlagen“, ob Quellenangaben bei Tabellen und Abbildungen fehlen oder es sich um „eigene“ Erkenntnisse, Zusammenstellungen, etc. handelt. Einige Darstellungen wirken daher eher „behauptet“ als belegt. Wir empfehlen, den Text daraufhin noch einmal zu prüfen	o.k., wird im Rahmen der Überarbeitung überprüft.	
027/links/01	Har-10	Der Einfluss von Querbauwerken auf den Lebensraum Fließgewässer und seiner Funktionselemente sollte unbedingt dargestellt werden, damit auch die Hinterfragung der Bestands-Notwendigkeit des jeweiligen Bauwerks verstandlich ist. Hierbei muss außerdem betont werden, dass FAA meist nur «Hilfskrücken zur Bauwerksüberwindung darstellen.	o.k., das ist im Gelbruck bereits so dargestellt (Kap. 2.4.1 und 4).	
027/links/19	MV-05	„… welche die Wasserführung und das Abflussverhalten im Gewässerbett sowie die hydrochemischen Eigenschaften des abströmenden Wassers bestimmen und …“ Anm.: Der Begriff „Wasserkörper“ wurde im Kontext mit der WRRL stark überprägt und sollte vermieden oder im Fachsinne nur noch eineindeutig Anwendung finden	o.k., wird geändert	
027/links/23	MV-06	„… Ausprägung von natürlichen Fließgewässerökosystemen …“	o.k., wird geändert	
027/links/26	MV-07	„… über die Biotopstrukturen von Gewässer und Aue …“ Anm.: Grundsatz zum Begriff „Aue“ – dieser ist in D nicht allgemeingültig für Flusstal-	o.k., wird hier geändert, ¶ Änderungen im übrigen Text werden geprüft.	

- keine prinzipiellen Einwendungen, z. B. zur Philosophie
- Weißdruck Mai 2014

DWA-M 509 - Grundsätze

- Klassifizierung von Anlagen
  - Differenzierung nach Funktion, Lage, hydraulischem System
  - Keine Wertung hinsichtlich technischer oder naturnaher Bauweisen
- Funktionsfähigkeit: Auffindbarkeit + Passierbarkeit
- Begründung in der Biologie der Fische (und Makrozoobenthos)
- Ansatz mit Grenz- und Bemessungswerten
  - Allgemeine Anforderungen
  - Sicherheitsbeiwerte
- Vorgehensweise → Ablaufschema
- Qualitätssicherung in Planung und Betrieb
  - Bewertung (WRRL-Schema)
  - Notwendigkeit einer Funktionskontrolle (nicht zwingend Monitoring)
  - Planung für den dauerhaften, langfristigen Betrieb
    - Sichere Zugänglichkeit (Arbeitssicherheit) → Gewährleistung der Funktionalität

➔Neue Bemessungsphilosophie

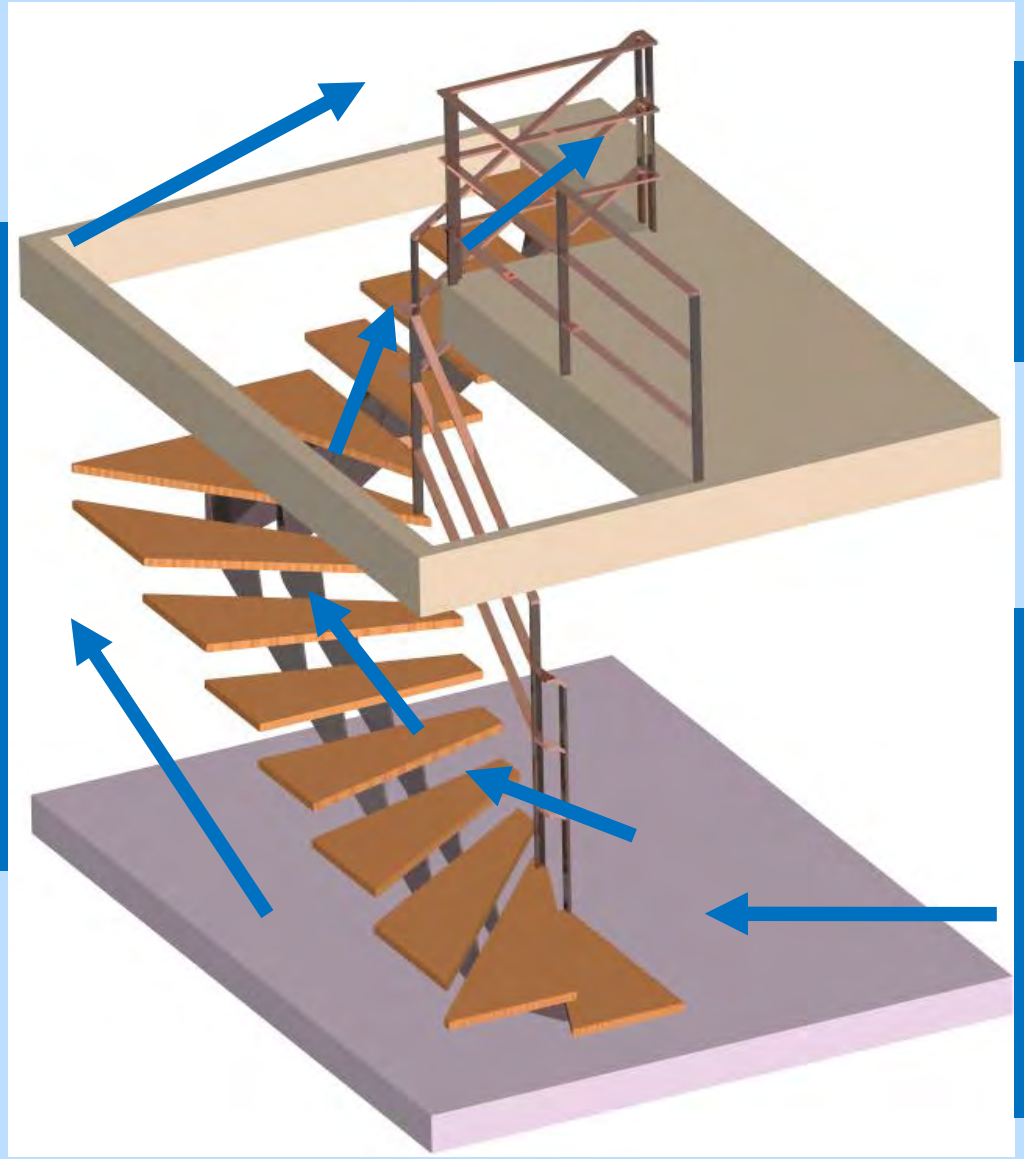
➔Merkblatt kein Kochrezept, sondern Anleitung zum Nachdenken und Ausgestalten!

Funktionalität - Gewährleistung der Durchgängigkeit

Projekt-

Passierbarkeit
- Wanderkorridor
- Geometrie: Wassertiefe, Beckengröße, Schlitzweite
- Hydraulik: Fließgeschwindigkeit, Turbulenz

Gegeben-heiten



Betriebszeit
- ≥300 Tage
- zwischen Q_{30}/W_{30} und Q_{330}/W_{330}

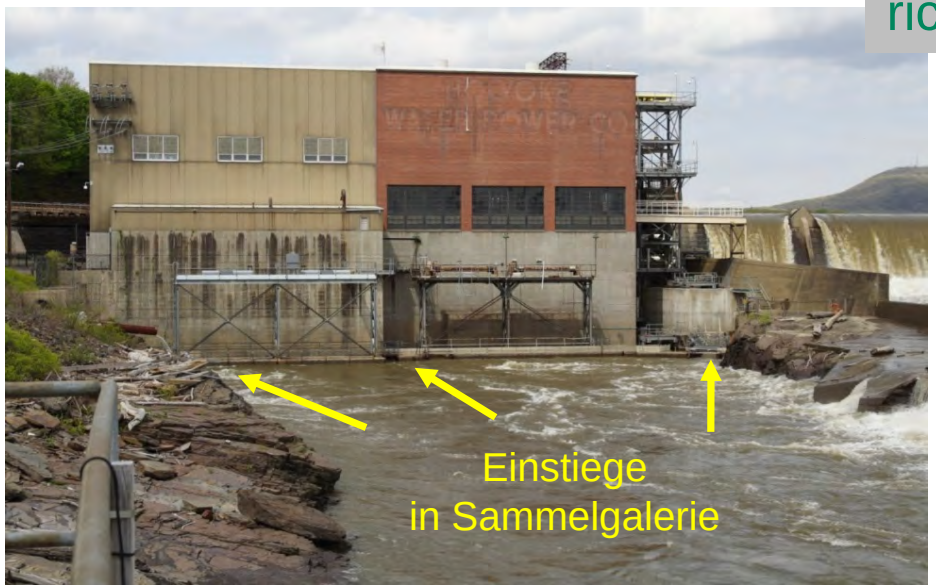
standort- und anlagenspezifische

Auffindbarkeit
- großräumige Anordnung
- Positionierung des Einstiegs
- Leitströmung i. V. m. Fisch-Rheotaxis

© Redeker/Heimerl

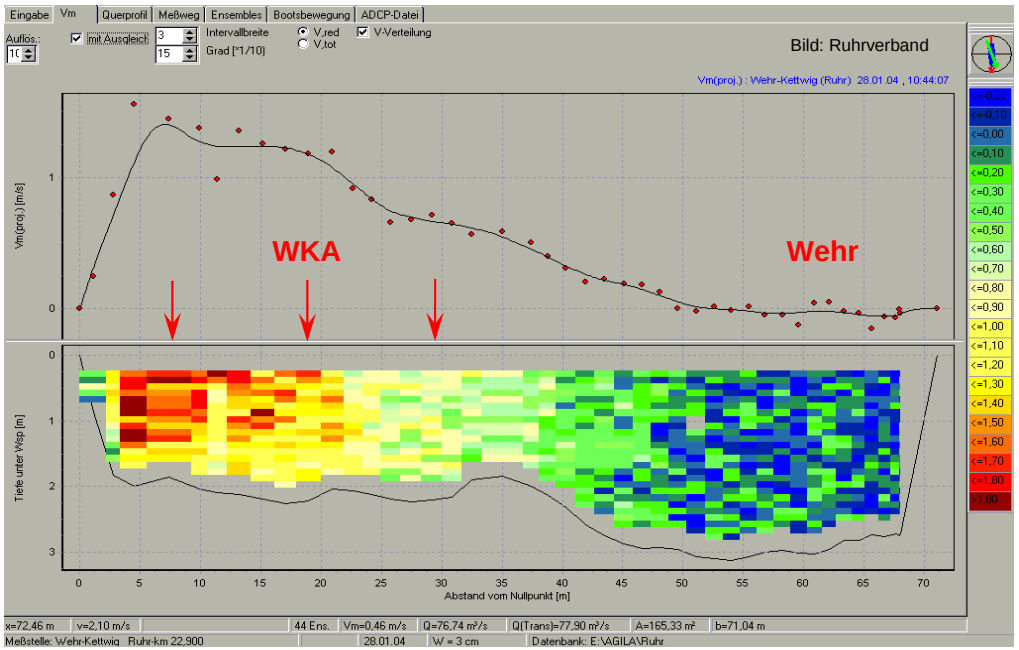
Auffindbarkeit - Positionierung Einstieg & Leitströmung

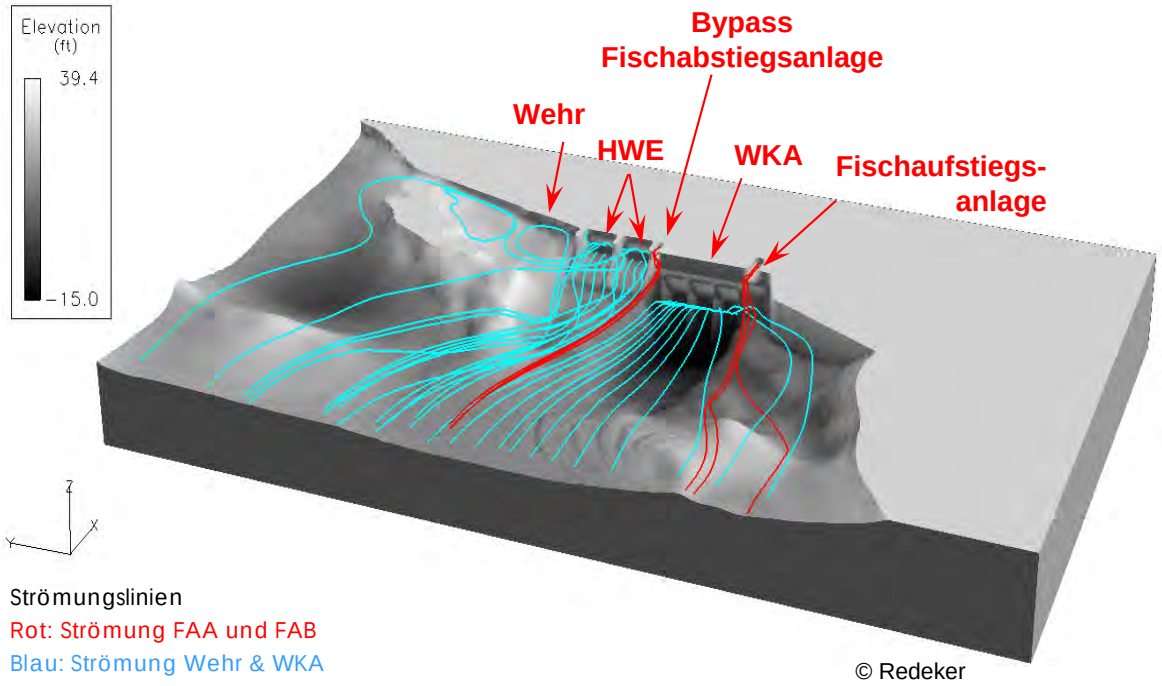
richtig



© Redeker

Auffindbarkeit - Dotation



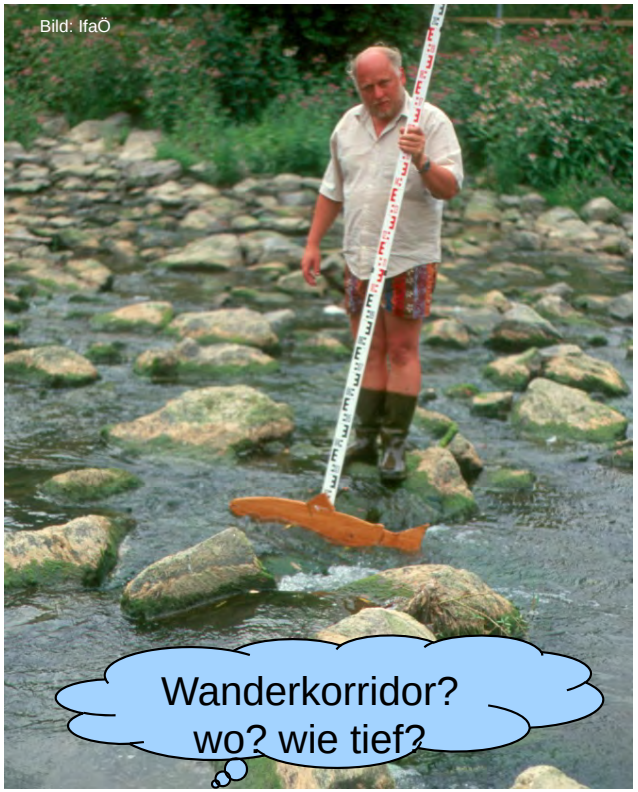


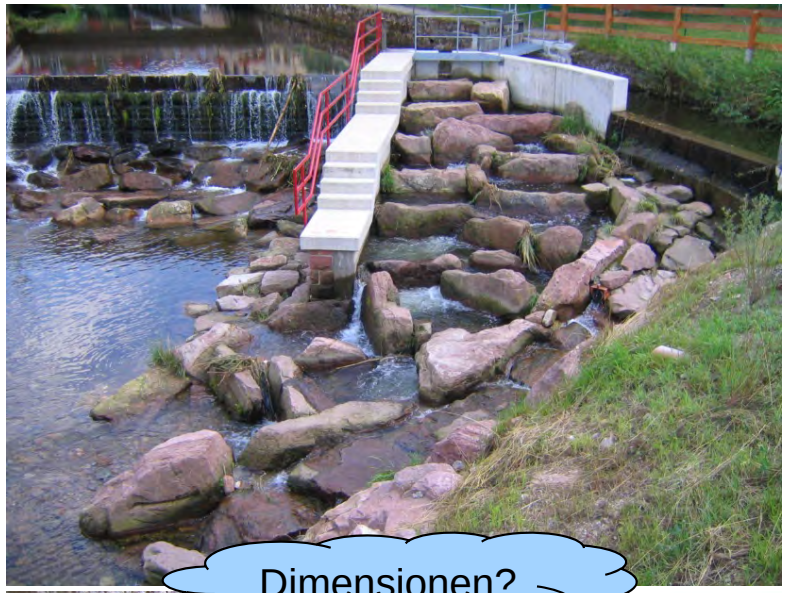
Strömungslinien
Rot: Strömung FAA und FAB
Blau: Strömung Wehr & WKA

© Redeker

- Wesentlich: Strömungsimpuls = Geschwindigkeit x Wasservolumen x Dichte
- Prinzipiell gilt: Auffindbarkeit einer FAA umso besser, je höher Leitstrom im Verhältnis zum Gesamtabfluss ist; Geschwindigkeit darf allerdings nicht zu hoch sein
- Orientierungswerte für Dotation:
  - Larinier et al.: ca. 1 bis 5 % des konkurrierenden Abflusses (umgekehrt proportional)
  - Weitere Ansätze vorhanden, allerdings Übertragbarkeit vielfach fraglich

Passierbarkeit - Geometrie & Wanderkorridor & Hydraulik





© IfÖ & Redeker

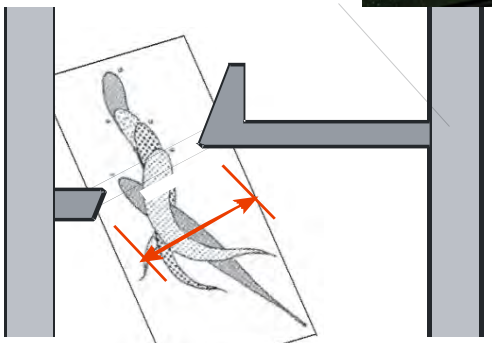
Passierbarkeit - Grenz- und Bemessungswerte - Zielsetzung

- Keine Dimensionierung der Anlagen am Limit
- Dauerhafte Einhaltung von Grenzwerten im Betrieb
- Berücksichtigung der Fließgewässerzone und Arten
- Differenzierung zwischen Bauformen (hydraulische Einwirkungen)
  - Einwirkung der Strömung (kontinuierlich, diskontinuierlich, intermittierend)
  - Anforderungen an das Schwimmverhalten
- Differenzierung nach Gesamtgröße/-länge der Anlage
  - Zu überwindende Distanz und Ruhemöglichkeiten
- Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen

Grenzwert	Bemessungswert
Limit aufgrund der biologischen Anforderungen	Bedingt durch Bautyp und Randbedingungen
Relevant für die Beurteilung der Funktionsfähigkeit	Verwendung zur Dimensionierung

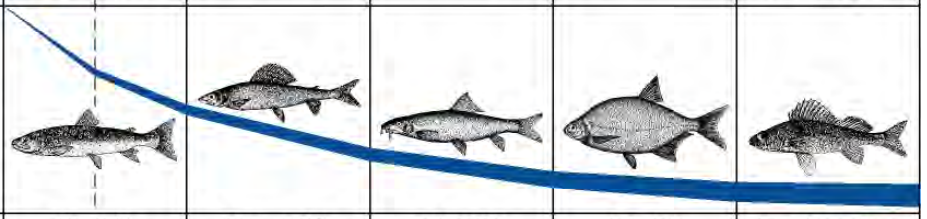
Passierbarkeit - Grenzwerte

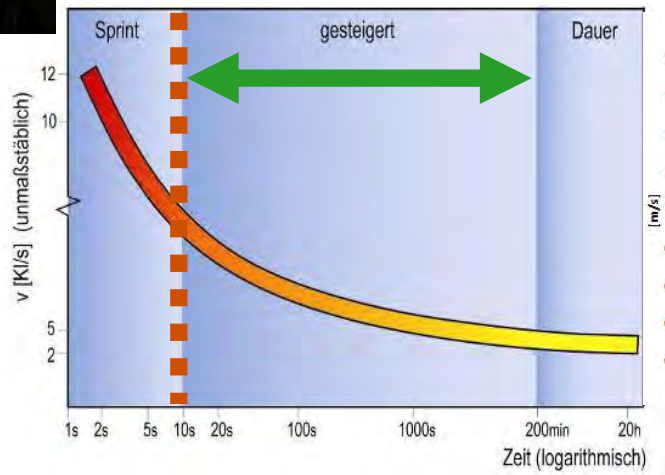
Geometrie

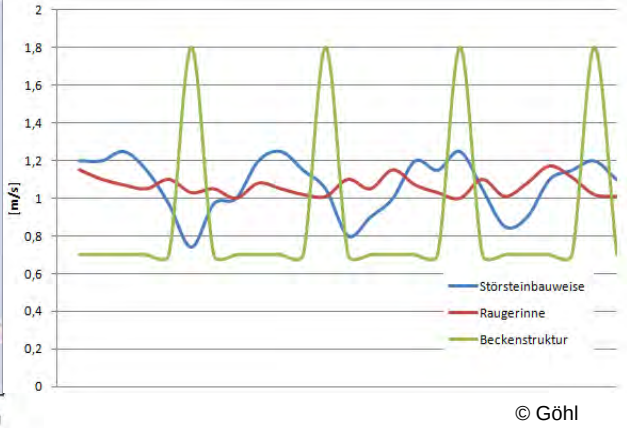


$S_{min} = 3 \times D_{Fisch}$

Hydraulik

Fliessgewässer-zonierung	Rhitral: Forellenregion obere	Rhitral: Forellenregion untere	Rhitral: Äschenregion	Potamal: Barbenregion	Potamal: Brachsenregion	Potamal: Kaulbarsch-Flunderregion
Schematische Abnahme des Gefälles und der Strömung und schematische Zunahme der Wasserführung						
Gefälle [%]	10 - 0,45		0,75 - 0,125	0,3 - 0,025	0,1 - 0,0	Gezeiteneinfluss





© Göhl

- Geometrische Grenzwerte richten sich nach Orientierungsmechanismen, Gesamtlänge und Gestalt bzw. Proportionen adulter Exemplare der größten Fischart
- Hydraulische Grenzwerte basieren auf Modell der Fließgewässerzonierung (d. h. typischen Ausbildung der Fischartengemeinschaften im Verlauf eines Gewässers) sowie Leistungsfähigkeit von Fischen

DWA-M 509 - Anlagenklassifizierung

<table>
<tr><th colspan="5">Fischaufstiegsanlagen</th><th colspan="2">fischpassierbare Bauwerke</th></tr>
<tr><td>Sonderkonstruktionen (Abs. 8.4)</td><td>gerinneartige Fischaufstiegsanlagen (Abs. 8.3)</td><td>beckenartige Fischauf-stiegsanlagen (Abs. 8.2)</td><td>Teilbreite Rau-gerinne (Abs. 7)</td><td>Umgehungs-gerinne (Abs. 7.10)</td><td>Sohlenstufen und Stütz-schwellen</td><td>Quer- und Kreuzungs-bauwerke (Abs. 6)</td></tr>
<tr><td colspan="4">direkt im oder am Querbauwerk angeordnet</td><td>weitläufige Umgehung des Querbau-werks</td><td>Raugerinne über die gesamte Gewässer-breite (Abs. 7)</td><td>fischaufstiegsgerechte Gestaltung oder Betriebs-weise der Anlagen (Abs. 6)</td></tr>
<tr><td>Fisch-schleusen (Abs. 8.4.2)
Fischauf-züge (Abs. 8.2.3)</td><td>Denilpässe (Abs. 8.3.1)
Aalleitern (Abs. 8.3.3)</td><td>konventionelle Beckenpässe (Abs. 8.2.3)
Schlitzpässe (Abs. 8.2.4)
Sonderbau-weisen</td><td colspan="2">Raugerinne (Abs. 7)
• ohne Einbauten
• mit Störsteinen
• mit Beckenstrukturen
• Mischbauweisen</td><td rowspan="3">Düker
Durchlässe
Siele
Schöpfwerke
Bootsgassen
Schiffs- und Kahnschleusen
Pegel
Hochwasser-rückhaltebecken</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Misch-formen</td><td></td><td colspan="3">Raugerinne-Beckenpässe (Abs. 8.2.5)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Borstenfischpässe (Abs. 8.3.2)</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

© DWA

Beckenartige FAA - Bemessungskonzept & Bemessungswerte

$v_{bem} = S_v \times S_b \times v_{grenz}$

$p_{D,bem} = S_p \times p_{D,grenz}$

Bemessungswert = Grenzwert/S_g

Sicherheitsbeiwerte (typische Wertebereiche)

- S_v: Hydraulische Unschärfen, z. B. Abflussbeiwerte (0,8-0,95)
- S_b: Betriebssicherheit, z. B. Wartungsintervalle, Versatz mit Treibgut (0,8-1,0)
- S_p: Turbulenzen, Geschwindigkeitsverteilung (0,9)
- S_g: Bauart bedingte Maßabweichungen, z. B. Natursteine (0,65-1,0)

Beispiele

$S_v = 0,95$
$S_b = 0,95$
$S_p = 0,9$
$S_g = 1,0$

Schlitzpass

$S_v = 0,85$
$S_b = 0,9$
$S_p = 0,9$
$S_g = 0,9$

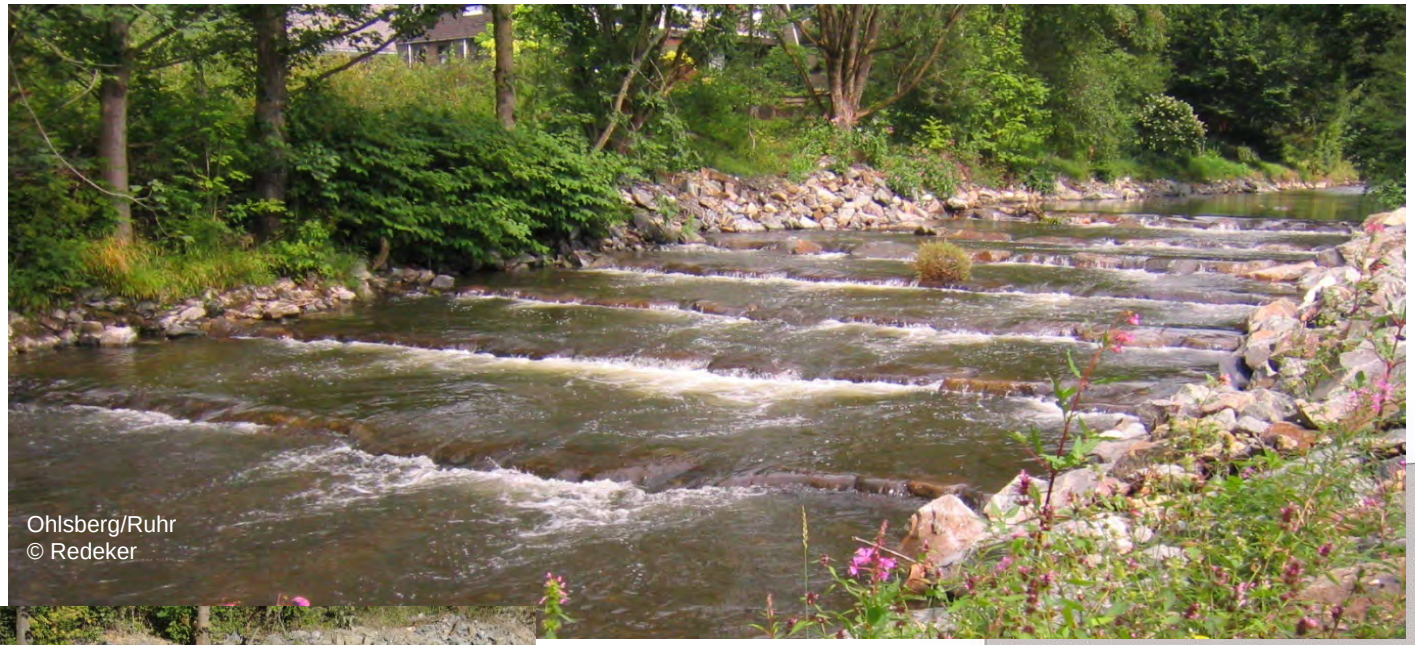
Raugerinne

$S_v = 0,8$
$S_b = 0,95$
$S_p = 0,9$
$S_g = 1,0$

Denil-Gerinne

© Krüger

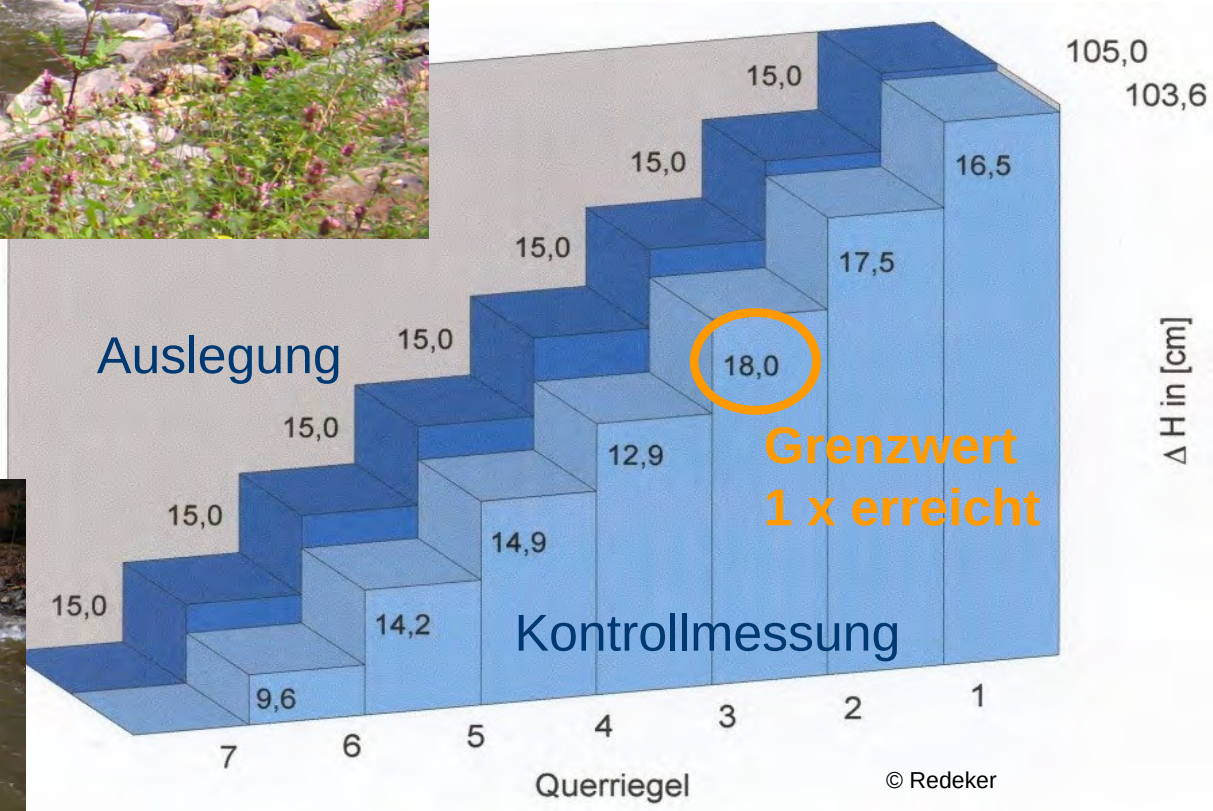
Beckenartige FAA - Bemessungskonzept & Bemessungswert


Ohlsberg/Ruhr
© Redeker

Ohlsberg/Ruhr
© Redeker

Ohlsberg/Ruhr
© Redeker

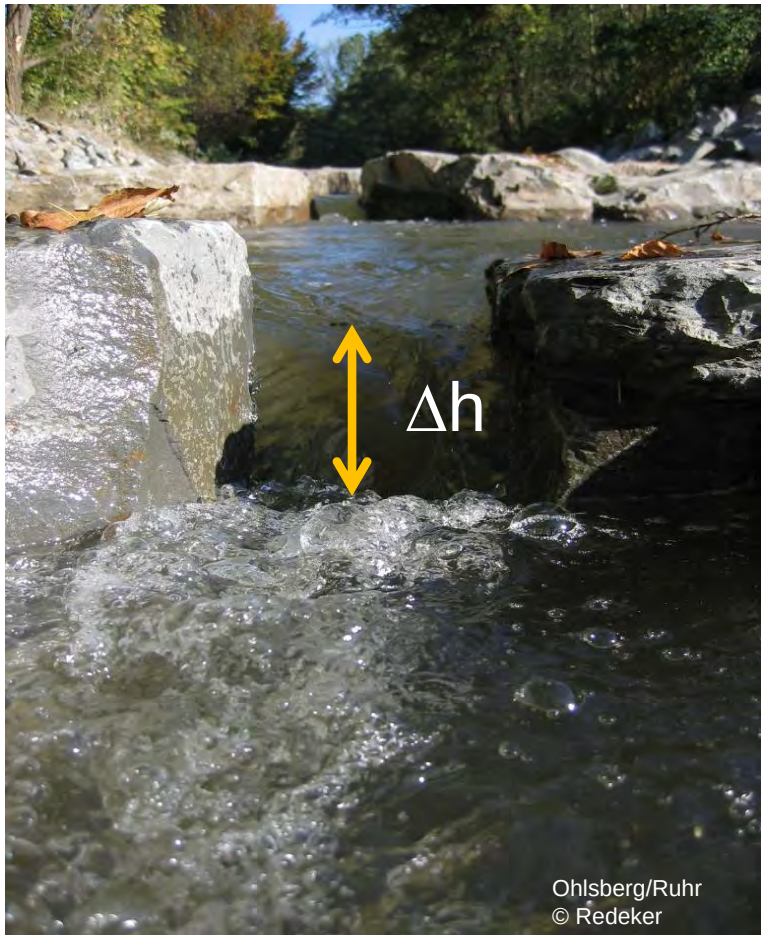
- Bauart und Material bedingte Maßabweichungen
- hydraulische Unschärfen
- unterschiedliche Betriebszustände



© Redeker

Beckenartige FAA - Funktionsprinzip

max. Fließgeschwindigkeit
i. d. R.:
$v_{max} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot \Delta h)}$

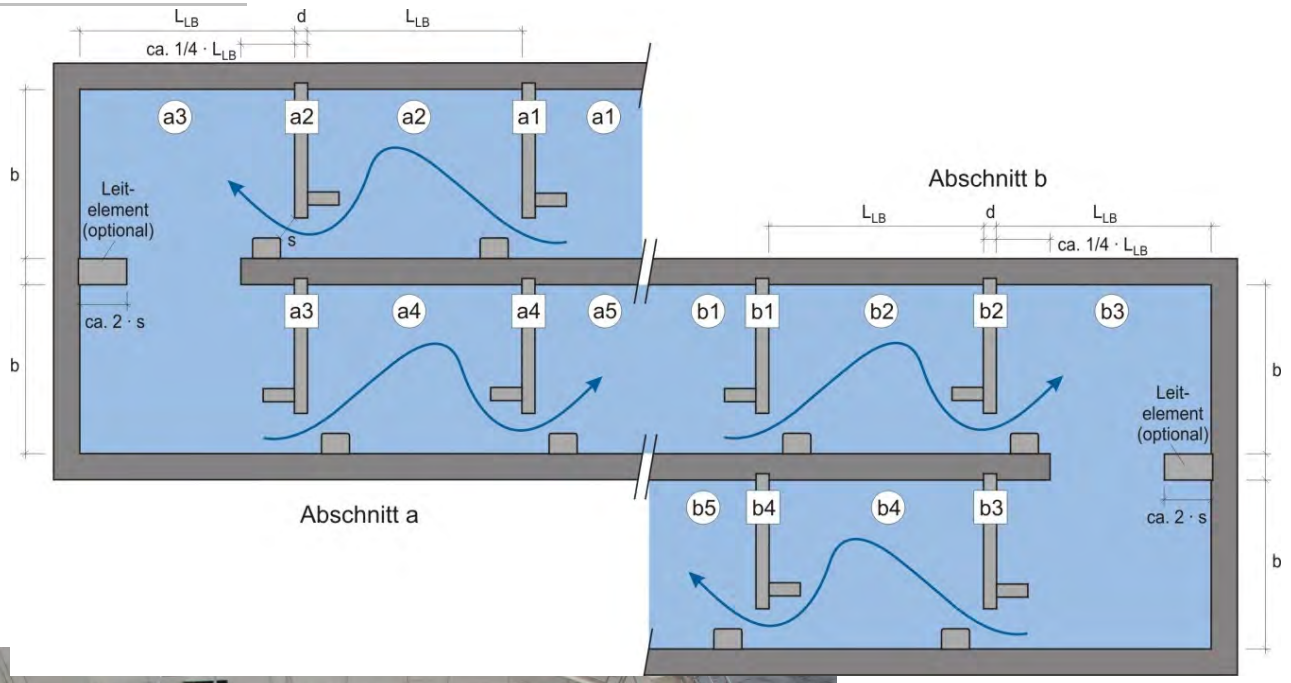


Grenzwerte:

- abhängig von der Fließgewässerregion und Gesamthöhenunterschied
- $v_{max} < 2{,}2$ m/s ($\Delta h_{max} < 0{,}24$ m)
- Keine Ruhebecken, dafür Abstufung von v

Beckenartige FAA - Grundriss & Linienführung

Stiftsmühle/Ruhr
© Heimerl



© Heimerl

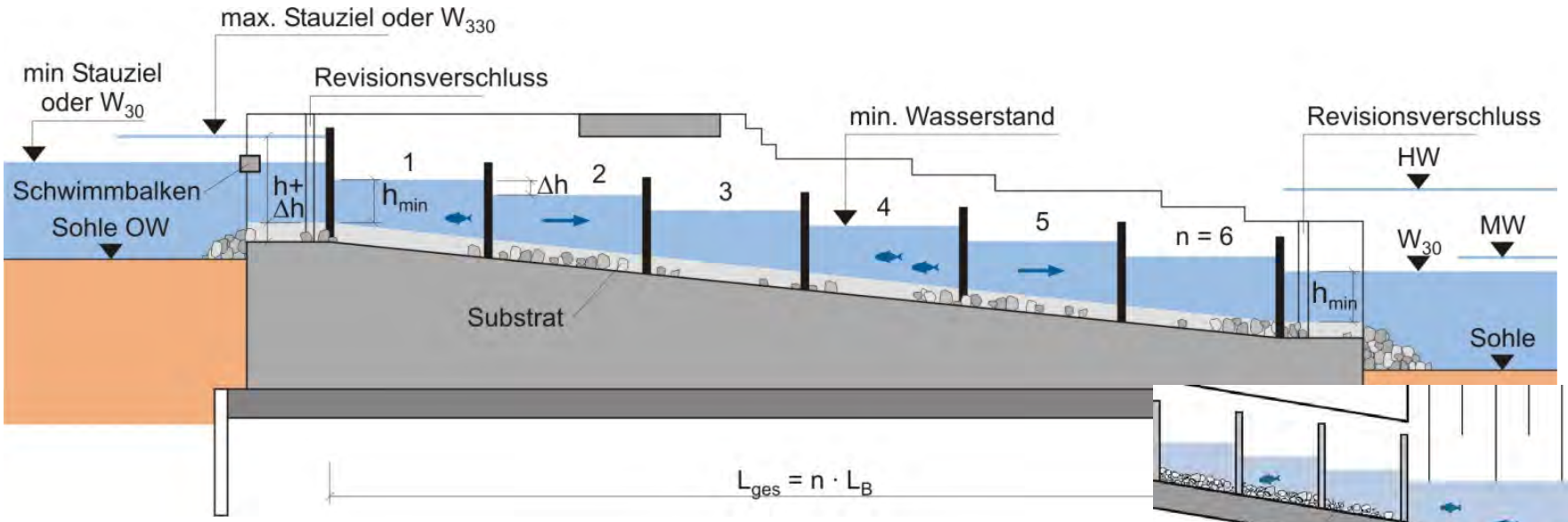
Spremberg/Spree
© Krüger

© Ruhrverband

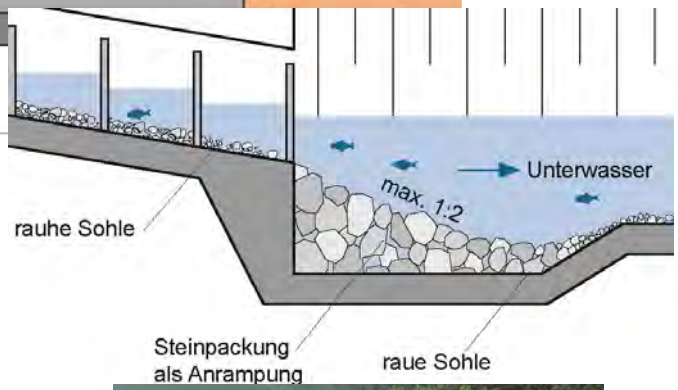
Hengsteysee/Ruhr
© Redeker

Vorsicht vor hydraulischem Kurzschluss!

Beckenartige FAA - Längsschnitt



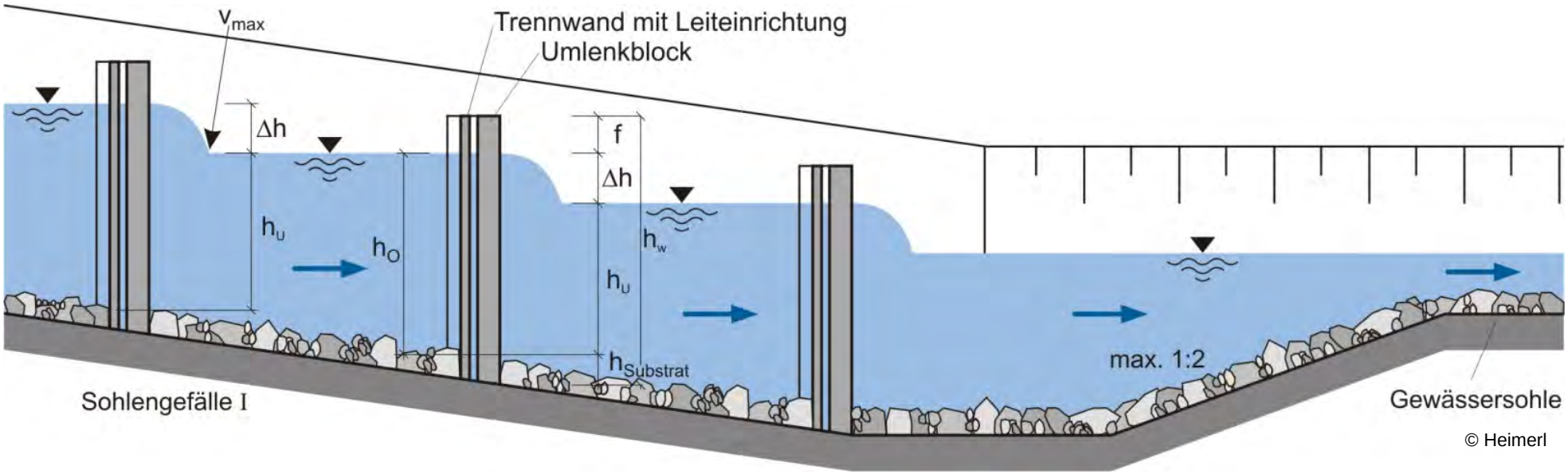
© DWA



- Wasserspiegeldifferenzen Δh zwischen einzelnen Becken und damit v_{max} limitierender Faktor
- Gesamtwasserspiegeldifferenz ergibt erforderliche Beckenanzahl ➔ größte Differenz für Bemessung entscheidend, i. d. R. bei W_{30}
- Sohle i. d. R. mit gleichmäßig durchgehendem Gefälle
- Für Anbindung an OW und UW jeweilige Wasserspiegel und nicht Sohle maßgebend!

© Heimerl

Passierbarkeit - Einstieg im Unterwasser



© Heimerl

© Heimerl

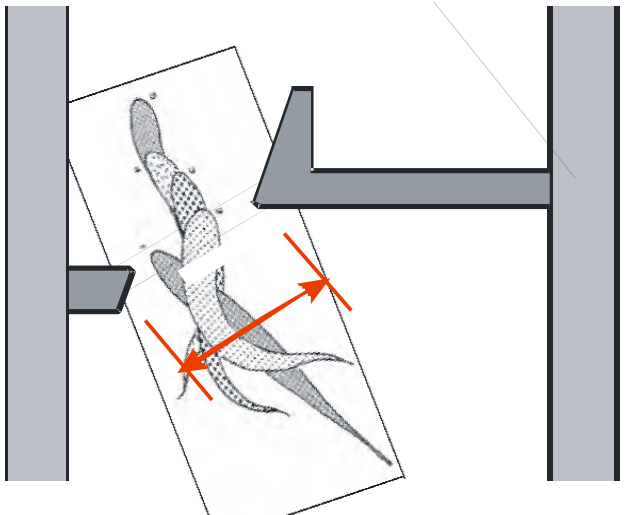
© Heimerl

Schlitzpass - Bemessung

Fischarten	Beckenabmessungen [m]		Schlitz [m]	
	Länge L_{LB}	Breite b	Schlitzweite s	Wassertiefe h_u
Bachforelle	1,95 [1)]	1,50	0,20	0,50 [4)]
Äsche, Döbel, Plötze	2,45 [3)]	1,85	0,30	0,70 [5)]
Barbe, Zander, Meerforelle	2,45 [3)]	1,85	0,30	0,70 [5)]
Lachs, Huchen, Hecht	3,00 [2)]	2,25	0,35	0,80 [5)]
Brachsen, Karpfen	3,25 [3)]	2,45	0,40	0,90 [5)]
Stör	9,00 [2)]	6,75	1,10	2,20 [5)]
Maßgebliche Faktoren:	1) Energiedissipation 2) Fischlänge (L_{Fisch}) 3) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung) 4) $h_u > h_{kr}$ 5) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung); gerundeter Wert gemäß möglichem Wertebereich der Tabelle 47 in Verbindung mit Abschnitt 3.5.2 ($h_u > 2,5 \cdot h_{Fisch}$)			

Bemessungswerte für $S_g = 1,0$

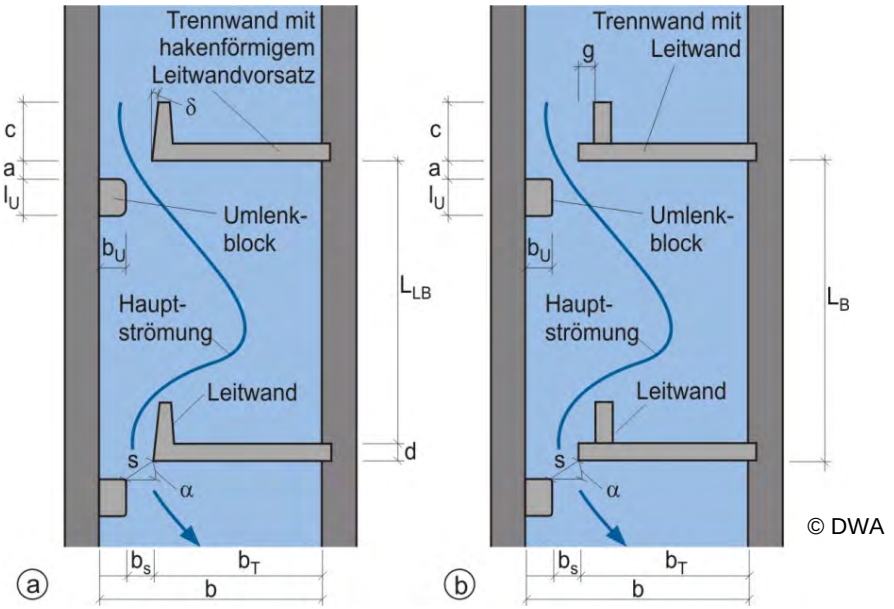
Stiftsmühle/Ruhr
© Heimerl



$s_{min} = 3 \times D_{Fisch}$

© DWA

Schlitzweite ist bestimmende Kenngröße für Dimensionen und Abmessung der Einbauten



© DWA

Schlitzpass - Einschätzung

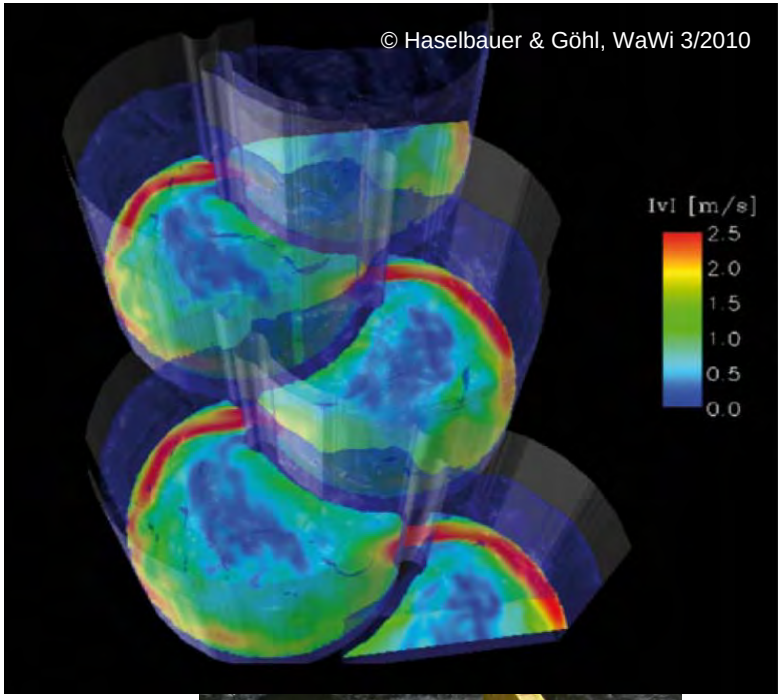
Geesthacht/Elbe
© Redeker

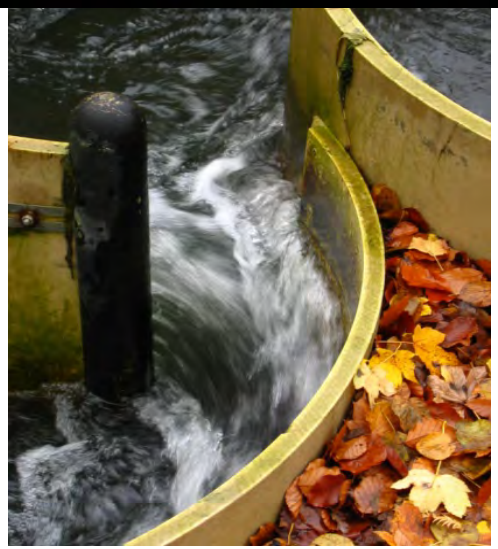
Hengsteysee/Ruhr
© Redeker

+ über gesamte Höhe reichende Öffnung(en) mit differenziertem v-Profil ermöglicht Aufstieg von bodenorientierten & Freiwasser-Arten
+ gute Eignung bei wechselnden OW-Ständen
+ weniger anfällig gegen Verklausungen
+ Abflüsse bis mehrere m³/s möglich

- empfindlich gegen schwankende UW-Stände
  ➔ v. a. Leitströmung zu unterstützen

Rundbecken(schlitz)pass - Einschätzung





Laer/Ruhr
© Redeker

Fischart	Beckenradius R_{Becken} (runde Bauform)	Schlitz [m]	
		Schlitzweite s	Wassertiefe h_u
Bachforelle	1,0 *2	0,30	0,6 *2
Äsche, Döbel, Plötze	1,25 *1	0,45	0,8 *2
Barbe, Zander, Meerforelle	1,5 *1	0,45	0,8 *2
Hecht, Lachs, Huchen	1,8 *1	0,55	0,9 *2
Brachsen, Karpfen	1,8 *2	0,60	1,0 *2
Stör	nicht zur Anwendung empfohlen		
Maßgebliche Faktoren:	*1 Fischlänge (L_{Fisch}) *2 hydraulische Verhältnisse		

Bemessungswerte für $S_g = 0,65$

- Hohe (Wand-) Fließgeschwindigkeiten und fehlende Energiedissipation bedingen ca. 30 % mehr Becken infolge geringerem Δh

$$v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h + v_a^2}$$

- Beeinträchtigter Wanderkorridor ➔ $S_g = 0,65$
- Schlitzbreite gegenüber konventionellen Angaben auf das 1,5- bis 2-fache zu vergrößern.
- Kein Berechnungsansatz verfügbar!!

Was ist für die Planung notwendig?

Grundvoraussetzungen

- Interdisziplinäres Verständnis am besten durch interdisziplinäres Team
- Kommunikationsfähigkeit und Konsensbereitschaft bei allen Beteiligten

Bedeutende Unterlagen und Angaben

- Zielfischarten, d. h. lokale Vorkommen und ggf. Entwicklungsziele
- Hydrologie, v. a. Abflussverhältnisse und Wasserstände
- Topografie, v. a. Δh_{ges}, Grundstücke, Eigentumsverhältnisse und Restriktionen
- Bathymetrische Angaben, d. h. Gewässersohle und -struktur
- Gewässernutzungen und Restriktionen, v. a.
  - Strömungsverhältnisse im Unter- & Oberwasser bei verschiedenen Abflüssen
  - Hochwasserzustände, Treibgut (Art, Menge, Zeiten) …

Wesentliche Erkenntnis

- Nahezu jede Fischaufstiegsanlage stellt (teilweise) einen Kompromiss dar, bei dem vom Idealbild abgewichen werden muss
- Standardbauweisen sind robust und weisen hohe Funktionssicherheit auf
- Wichtige Empfehlung: *Denke wie ein Fisch bei der FAA-Auslegung!*

Betrieb und Unterhalt

Grundlage für sicheren Betrieb und Gewährleistung der Funktionalität

- Planung mit Bemessungswerten, d. h. Sicherheiten
- Inbetriebnahme und ggf. Nachbesserungen ➔ kein Schmach für den Planer!

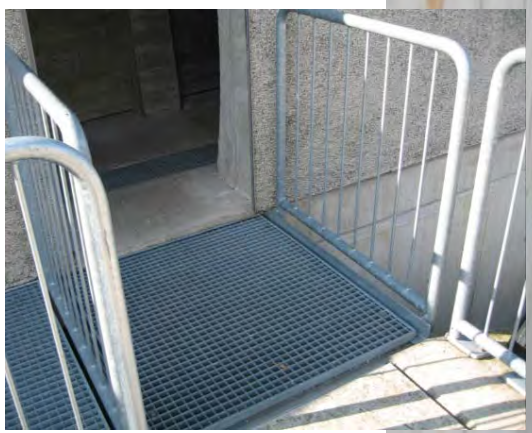
➔Qualitätssicherung von Planung über Bau bis Inbetriebnahme (und Betrieb)!

Aspekte für dauerhaften Betrieb

- Regelmäßige Kontrolle unabhängig von Bauart und Standort
- Sichere Zugänglichkeit (Arbeitssicherheit)

Camlikaya, Region Trabzon, Türkei

Bessere Gestaltung



© Heimerl

Keselstraße/Iller, Kempten, D

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl

ö. b. u. v. Sachverständiger für Wasserbau und Wasserkraftanlagen sowie Fischaufstiegsanlagen (IHK Region Stuttgart)

Fichtner Water & Transportation GmbH
Abteilungsleiter Wasserbau Stuttgart

Tel: +49 163 8995737

E-Mail: Stephan.Heimerl@FWT.Fichtner.de