



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



FISCHSCHUTZ AN WASSERKRAFTANLAGEN

Aktueller Stand und neue Perspektiven

Katharina Bensing

29. Symposium

Flussgebietsmanagement

19. – 20. Mai 2026 in Wuppertal



WUPPERVERBAND

für Wasser, Mensch und Umwelt



CC BY-NC 4.0 International · ausgenommen Materialien aus Fremdquellen



AGENDA

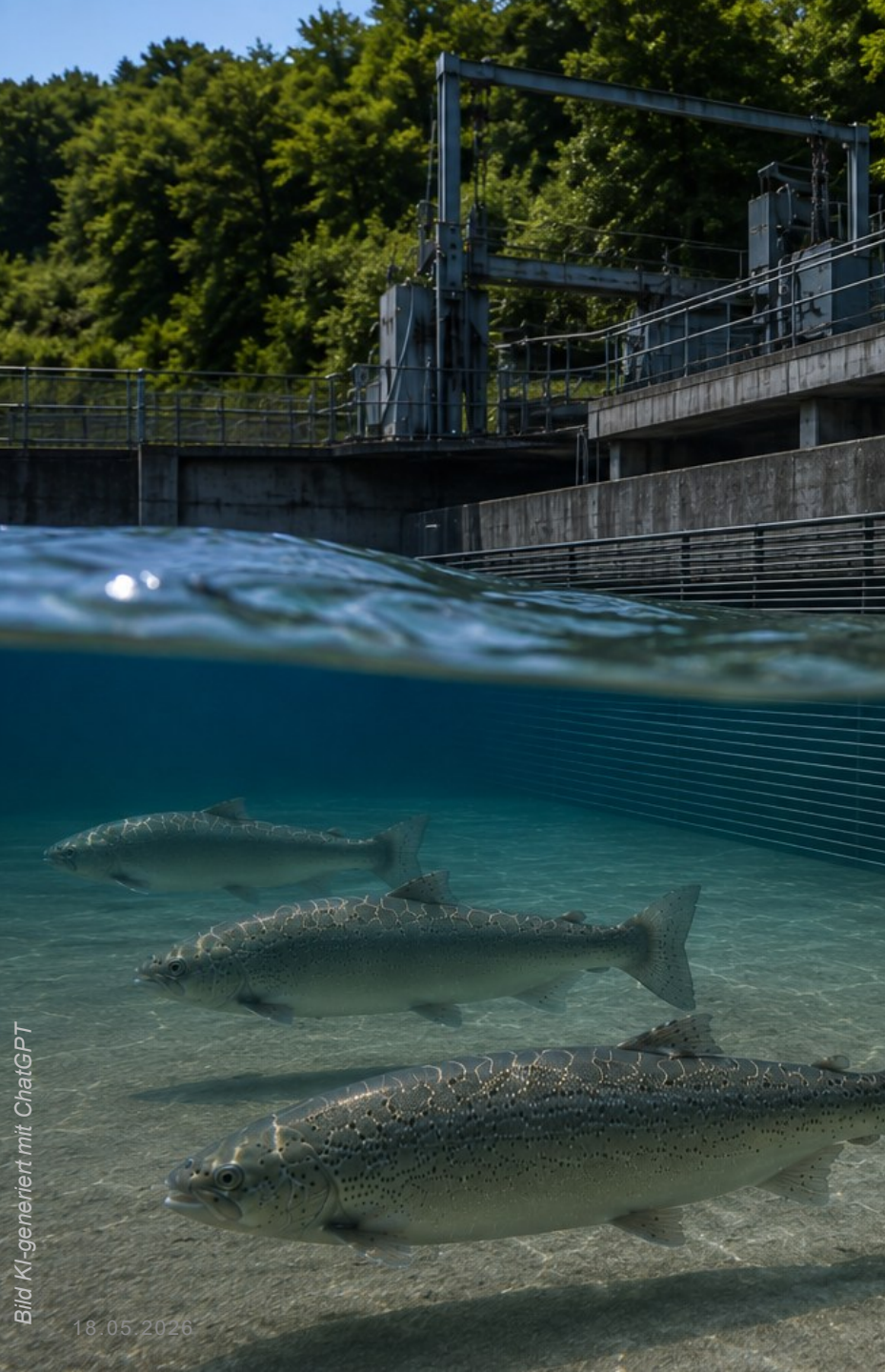
Warum Fischschutz?

Rechtliche Vorgaben und Regelwerke

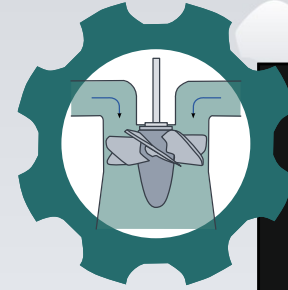
Stand der Wissenschaft

Herausforderungen und neue Perspektiven

Fazit



WARUM FISCHSCHUTZ?



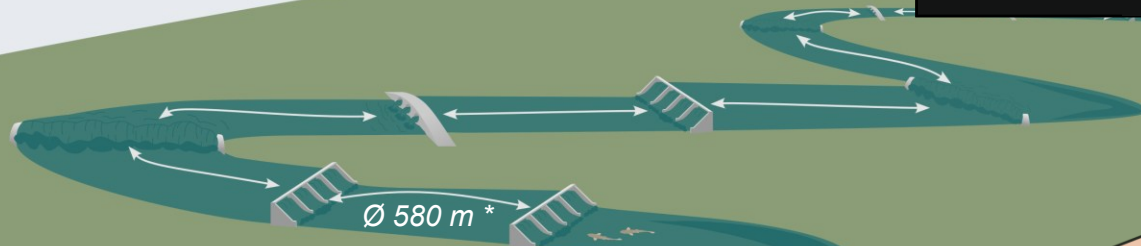
Ärger um Wasserkraft in NRW

Rölnner Stadt-Anzeiger

Turbinen schreddern jährlich Millionen Lachse, Aale und Meerforellen

Von Gerhard Voogt 17.04.2024, 13:22 Uhr Lesezeit 3 Minuten

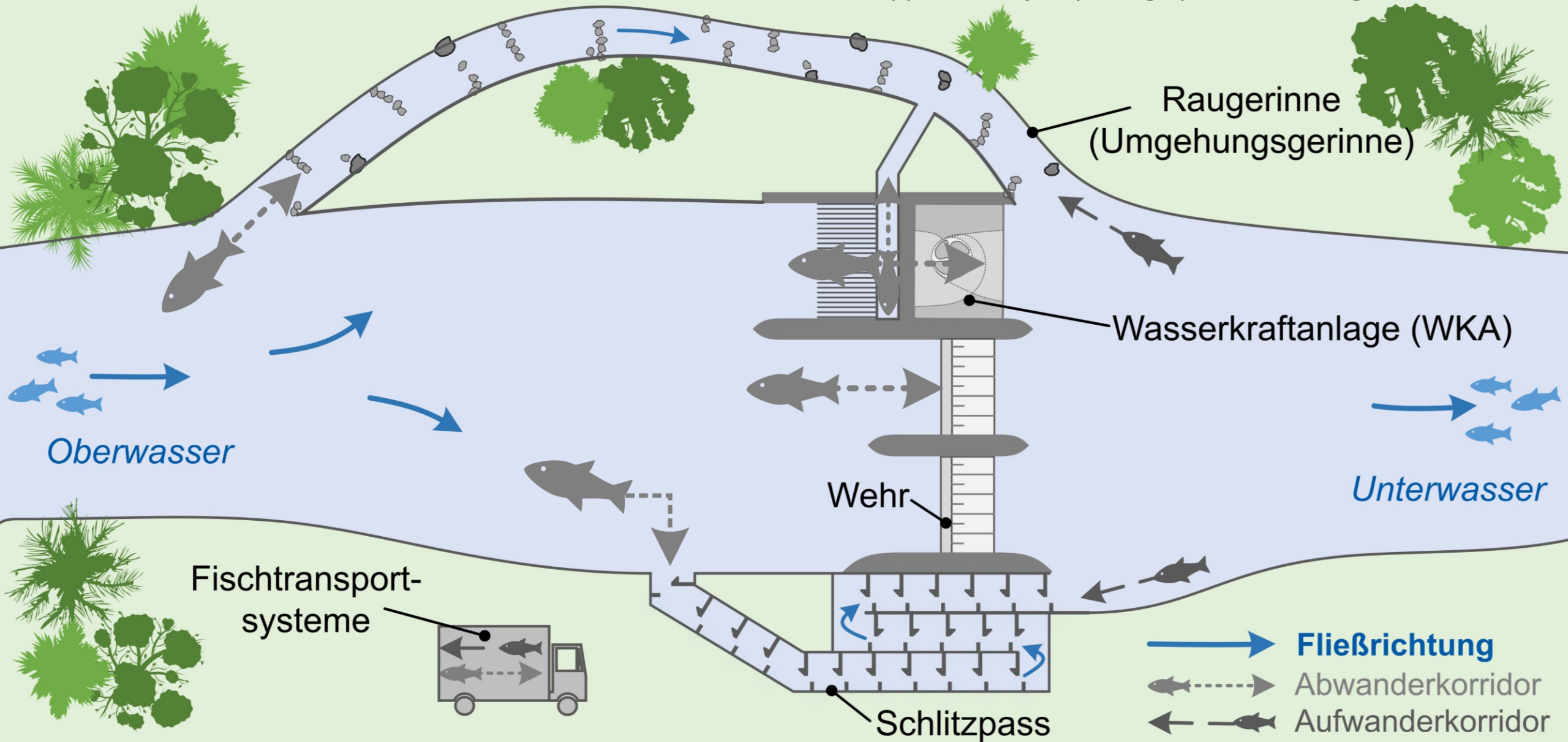
„Wanderfische werden zerhäckelt“



- » Fische müssen wandern
- » Wasserkraftanlagen und Barrieren behindern die Wanderung
- » Biodiversitätsverlust und Verschlechterung des Gewässerzustandes

SITUATION AN EINER WKA

Connectivity is a two-way street – the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers*





AGENDA

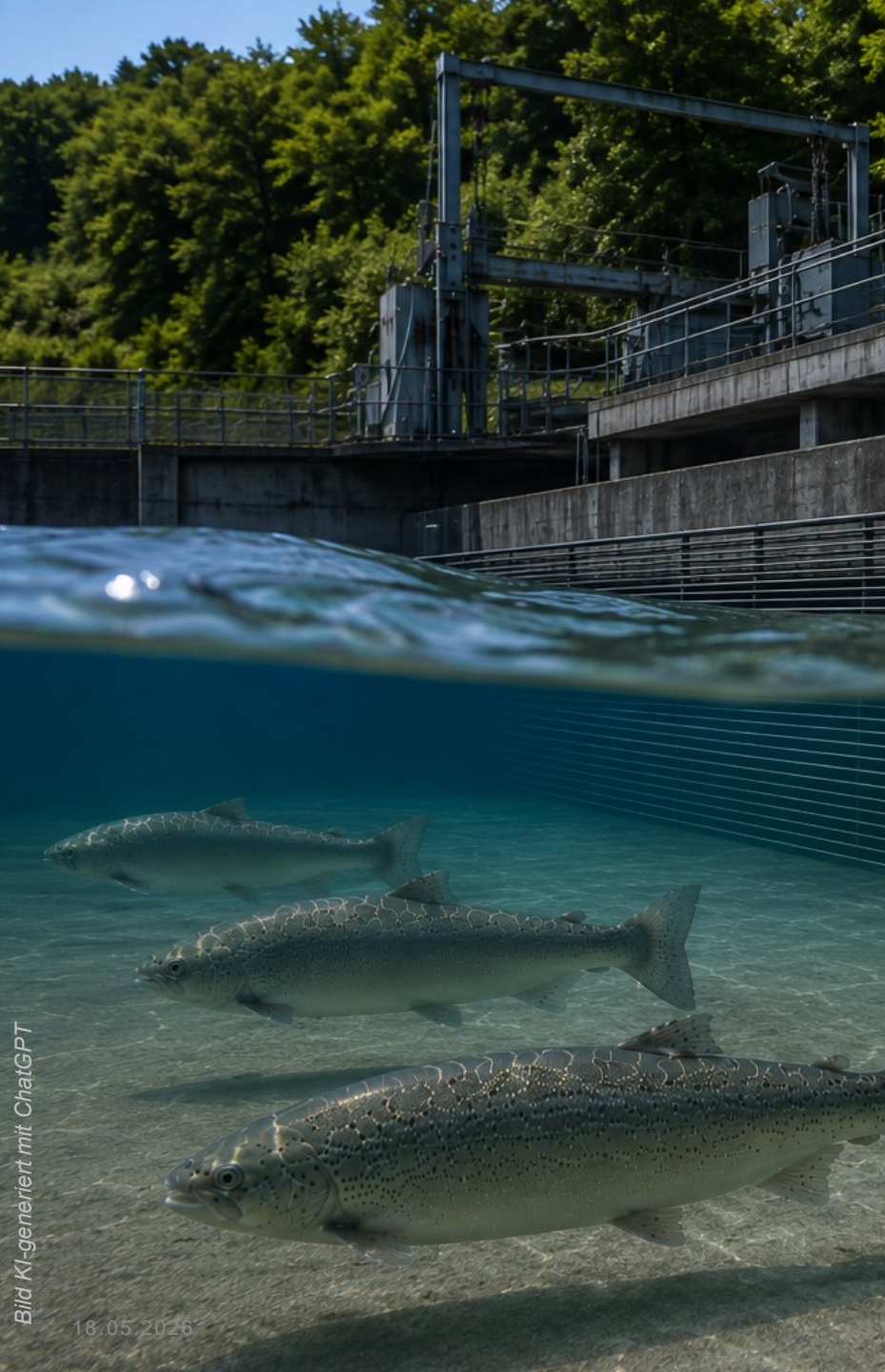
Warum Fischschutz?

Rechtliche Vorgaben und Regelwerke

Stand der Wissenschaft

Herausforderungen und neue Perspektiven

Fazit





RECHTLICHE GRUNDLAGEN *nicht abschließend

Europa

- EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG
- EU-Aalschutzverordnung EG/1100/2007
- Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG 1992)

Deutschland

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

§ 33: ausreichende Mindestwasserführung
§ 34: Durchgängigkeit der Gewässer
§ 35: Maßnahmen zum Schutz der
Fischpopulationen an WKA

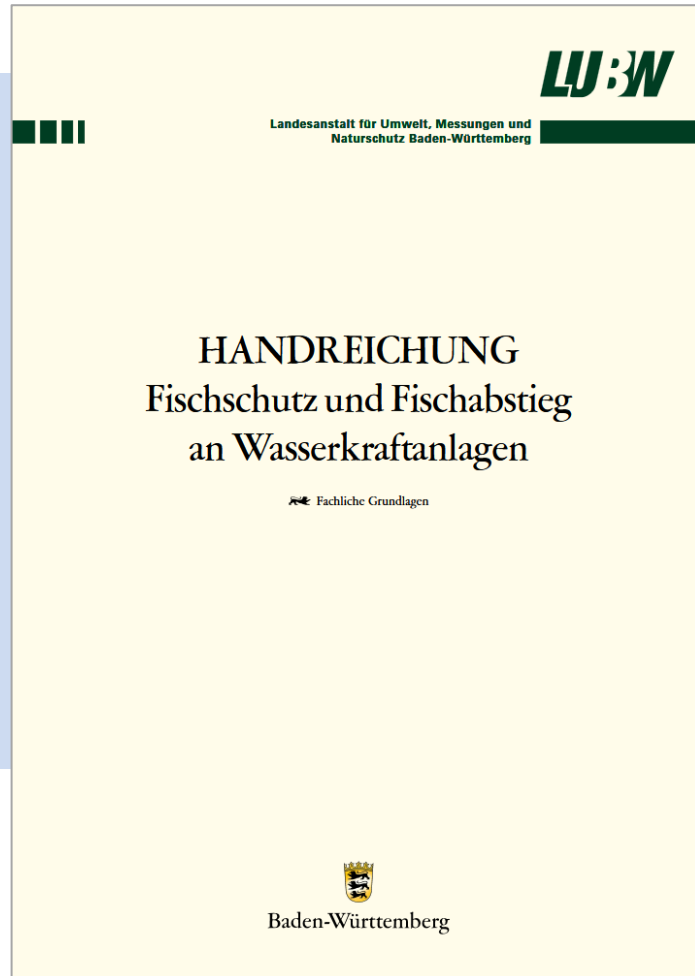
Förderale Regelungen

- Landeswassergesetze
- Fischereigesetze und -verordnungen der Bundesländer

Bereits im Fischereigesetz für den
preußischen Staat vom 30. Mai 1874
§35: „Vorrichtungen (Gitter usw.), zum
**Schutze der Fische gegen
Beschädigung durch Turbinen**“



HANDREICHUNGEN UND EMPFEHLUNGEN



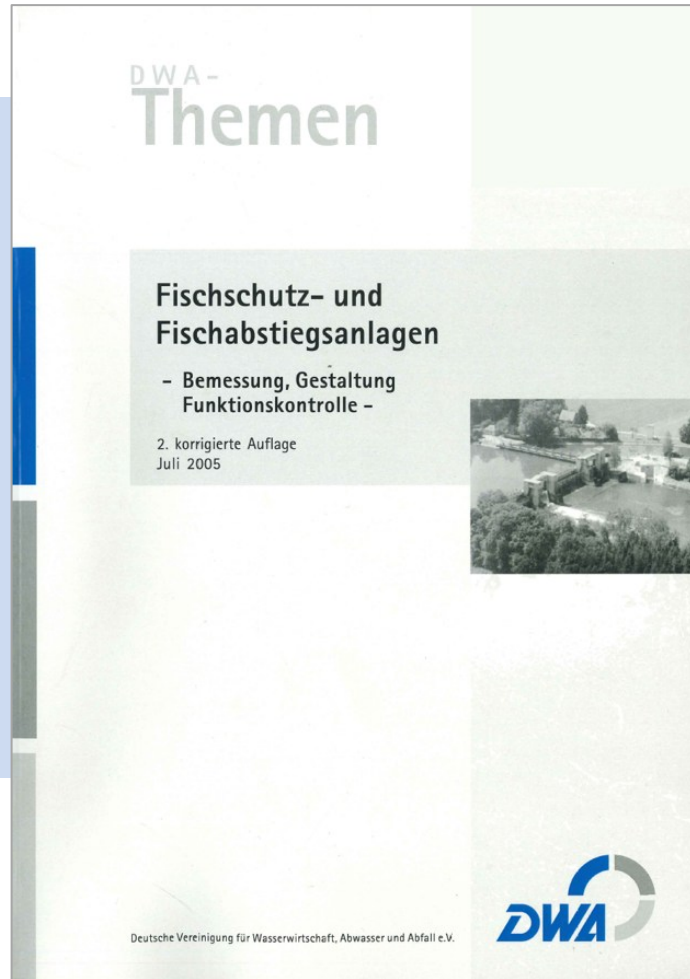
Länder-
spezifische
Handreichungen



Flusseinzugs-
gebietsspezifische
Empfehlungen



BUNDESWEITE REGELWERKE



Aktuell:
Weiterentwicklung
zum Regelwerk

Zur einheitlichen
und reproduzierbaren
Evaluierung





Fischschutzziele in Europa

Überblick über die europäischen Rechtsgrundlagen des Fischschutzes an Wasserbauwerken



Ziele für den Fischschutz und Fischabstieg in Deutschland

Überblick über Instrumente des Fischschutzes in Deutschland



Kernaussagen

- » In vielen europäischen Ländern für den Fischschutz an Wasserbauwerken
- » Die Verbesserung der flussaufwärts Durchgängigkeit wird häufig getroffen und durch strategische Wasserkräftnutzung unterstützt
- » Die europäischen Länder sind für den Fischschutz- und Fischabstieg

Kernaussagen

- » Das Wasserhaushaltsgesetz ist das zentrale Instrument zum Fischschutz in Deutschland.
- » Die deutschen Bundesländer gehen nicht einheitlich vor. Während einige Bundesländer Priorisierungskonzepte und konkrete Zielvorgaben ausgearbeitet haben, fordern andere Bundesländer lediglich geeignete Maßnahmen oder haben keine konkreten Festlegungen.
- » Maßnahmenseitig werden am häufigsten Vorgaben für den Stababstand (zwischen 10 mm und 20 mm je nach Zielart) und die maximale Anströmgeschwindigkeit (0,5 m/s) am Rechen festgelegt.



Evaluierung primärer Schädigung von Fischen an Wasserkraftanlagenstandorten

Methodische Empfehlungen zur Quantifizierung des Schädigungs- und Mortalitätsrisikos von Fischen bei der Passage von Wasserkraftanlagenstandorten



Kernaussagen

- » Bei Untersuchungen zur Ermittlung der Schädigung von Fischen an Wasserkraftanlagen ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse
- » Dies erfordert eine Mindeststandardisierung. Ein einheitliches Vorgehen ist dafür erforderlich
- » Experimentelle Untersuchungen mit individuell markierten Fischen liefern die besten Daten und ein hohes Maß an

Technische Funktionsfähigkeit großer Fischschutzzechen in der Praxis bestätigt

Betriebsfahrungen mit großen Rechenanlagen



Kernaussagen

- » Die Aussage des Forums Fischschutz & Fischabstieg, dass es gegenwärtig einen Stand des Wissens und der Technik gibt, mit dem funktionstaugliche Fischschutzzechen an Wasserkraftanlagen (WKA) (bis ca. 50 m/s Beaufschlagung je Rechenanlage) einschließlich der erforderlichen Reinigungstechnik für Fische ab 10 cm Größe realisiert werden können, wird bestätigt.
- » Der Einsatz von Rechenreinigern mit zahn- oder bürstenartigen Elementen kann Probleme mit dauerhaften Verlegungen an Fischschutzzechen mit geringen Stababständen vermeiden.
- » Der Planung, Auslegung und technischen Umsetzung von Fischschutzzechen und Rechenreinigung ist eine hohe Bedeutung für die Funktionsfähigkeit der WKA beizumessen.



Wann ist ein Rechen ein Fischschutzzechen?

Die funktionalen Elemente eines Fischschuttsystems



Kernaussagen

- » Ein Fischschuttsystem muss kraftanlagen zwingend drei Leiten und Ableiten.
- » In Fischschuttsystemen bilden eine funktionale Einheit. Rechen ohne geeigneten Rechenströmung über die gesamte Wassersäule in ihrem natürlichen Schwerefeld.
- » Vertikal schräg angeströmte oberflächennahe Bypassen über die gesamte Breite des



Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen – Praxisbeispiele im Überblick

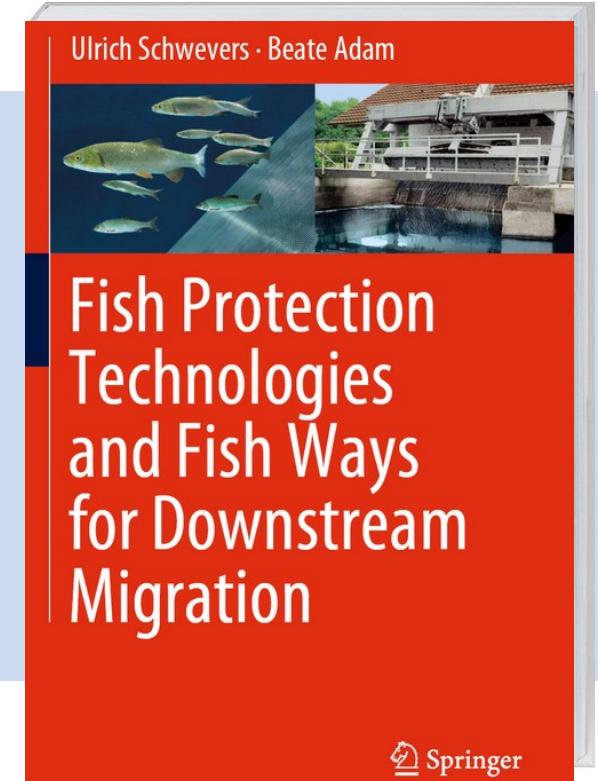
Atlas für den Wissenstransfer zu Fischschutz und Fischabstieg



Kernaussagen

- » Der Atlas Fischschutz & Fischabstieg liefert einen Überblick über alle gängigen Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen vorrangig im deutschsprachigen Raum, die sich über ein typisches Leistungs- und Abflussspektrum erstrecken.
- » Im Atlas können derzeit Informationen zu 89 Standorten mit einer Fischschutteinrichtung, zu 82 Standorten mit einer Fischabstiegsanlage und zu 111 Standorten mit einer Begleitunterstützung abgerufen werden.
- » Die Inhalte und Daten des Atlas können strukturiert heruntergeladen werden, so dass sie den individuellen Informationsbedürfnissen angepasst und ausgewertet werden können.

WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN



+ zahlreiche nationale und internationale Forschungsarbeiten

KURZES ZWISCHENFAZIT

In Deutschland keine
einheitliche Regelung



Oft standortspezifische
Vorgehensweise mit
Einzelfallentscheidungen



Erfordert entsprechend
geschultes Personal



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

WASSERBAU
HYDRAULIK



AGENDA

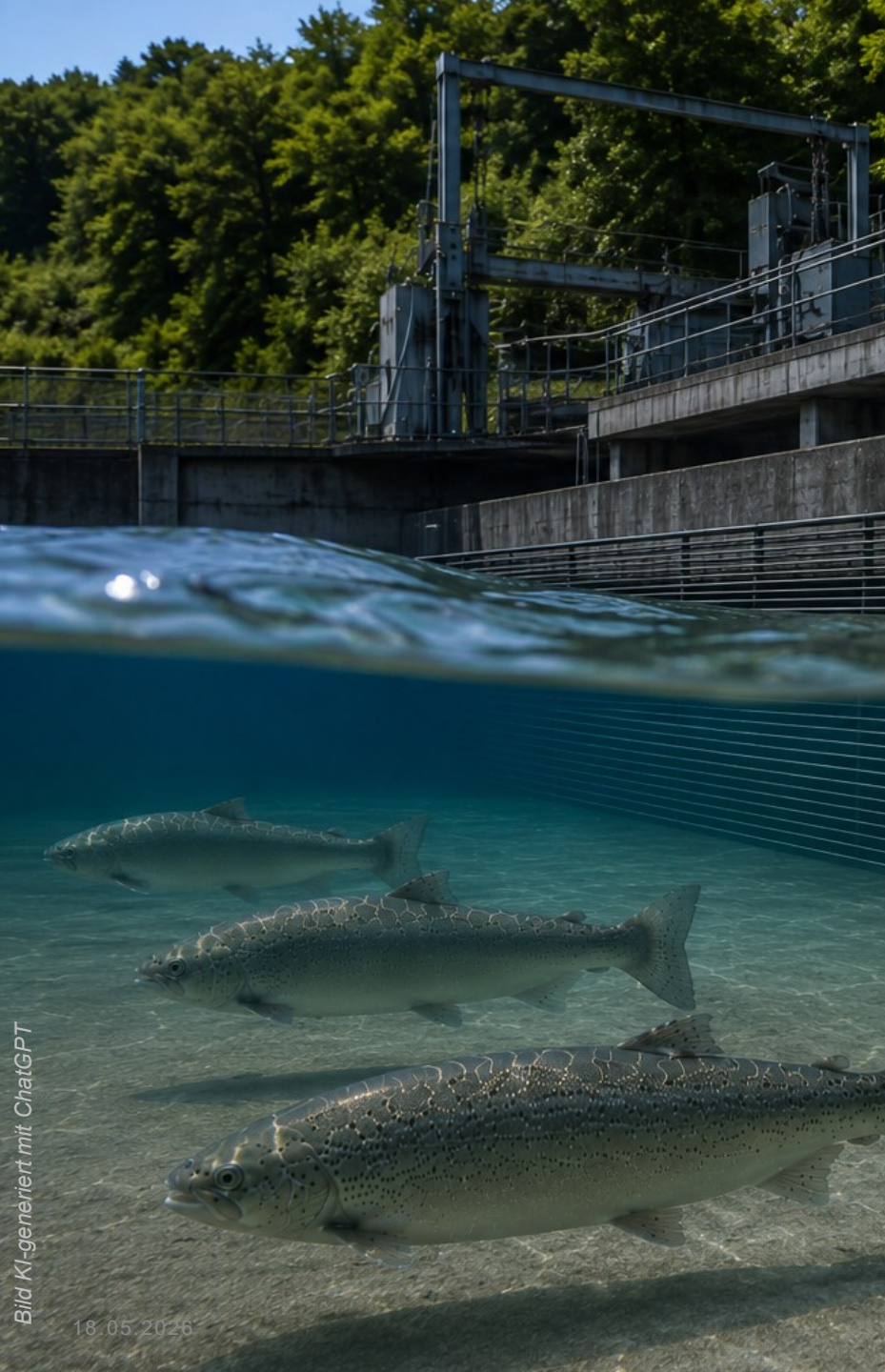
Warum Fischschutz?

Rechtliche Vorgaben und Regelwerke

Stand der Wissenschaft

Herausforderungen und neue Perspektiven

Fazit





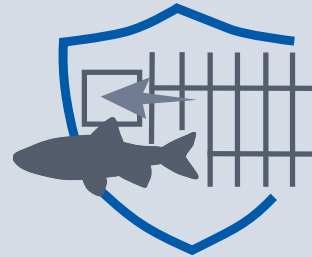
FISCHSCHUTZ- UND -ABSTIEGSSYSTEME

Verhaltensbarrieren

- elektrisch, akustisch, optisch
- Kettenvorhänge, Luftblasen, Chemikalien
- selektive Wirkung (!)



Mechanische Barrieren



- „physische“ Barriere mit Leitwirkung (*Fischschutzrechen mit kleinem Stababstand*)
- Abwanderkorridor (*gut auffindbarer Bypass*)

Fischschonende Turbinen

- optimierte Drehzahl und Rotor-/Lauftradgeometrie
- kleine Spaltweiten
- geringe Druckschwankungen



Alternative Korridore / Sonderformen

- Transportsysteme
- Fischschleusen
- Fischaufstiegsanlagen
- ...



Fischschonendes Betriebsmanagement

- häufigeres Öffnen der Leerschüsse
- an Wanderzeiten angepasster Betrieb
- temporäres Abschalten...



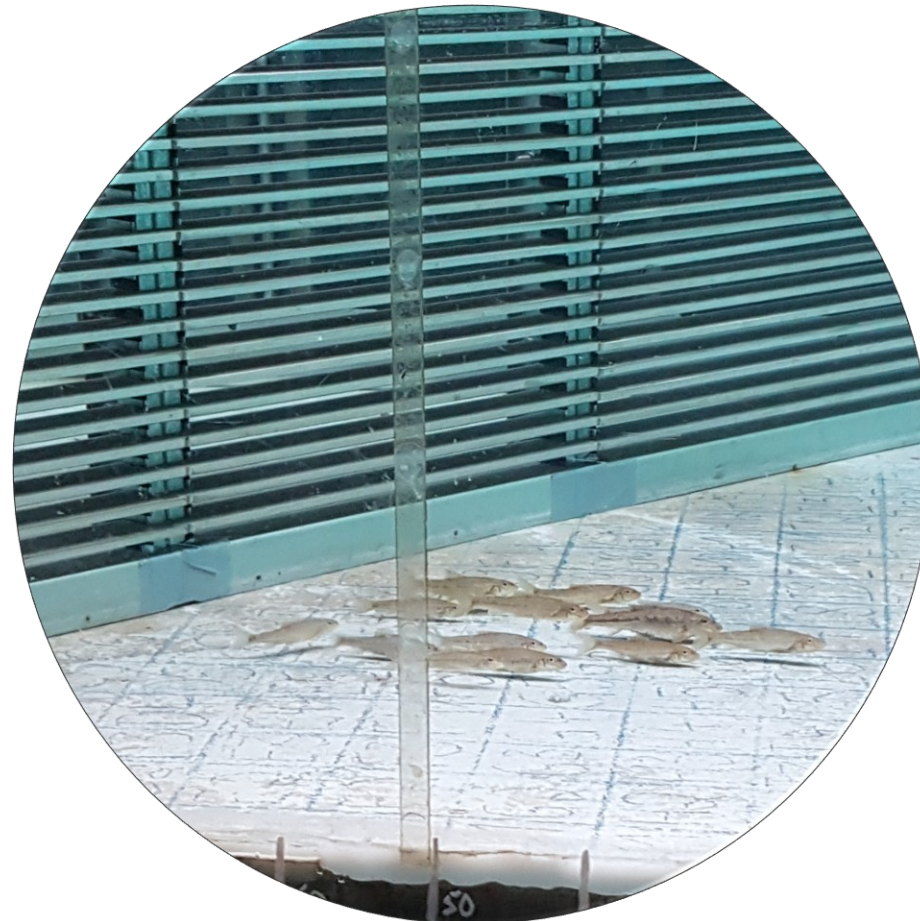
EIN RECHEN – VIELE VARIATIONEN

Stabgeometrie
(Form, Länge, Breite)

Stababstand

Stabverlauf
(vertikal, horizontal)

Stabausrichtung
zur Anströmung
(z.B. Louver, Bar Rack)



Neigungsachse
zur Strömung
(Flach-/Schrägrechen)

Neigungswinkel
Rechenfläche

ggf. elektrifiziert

IM LABOR: FLACHRECHEN & SCHRÄGRECHEN

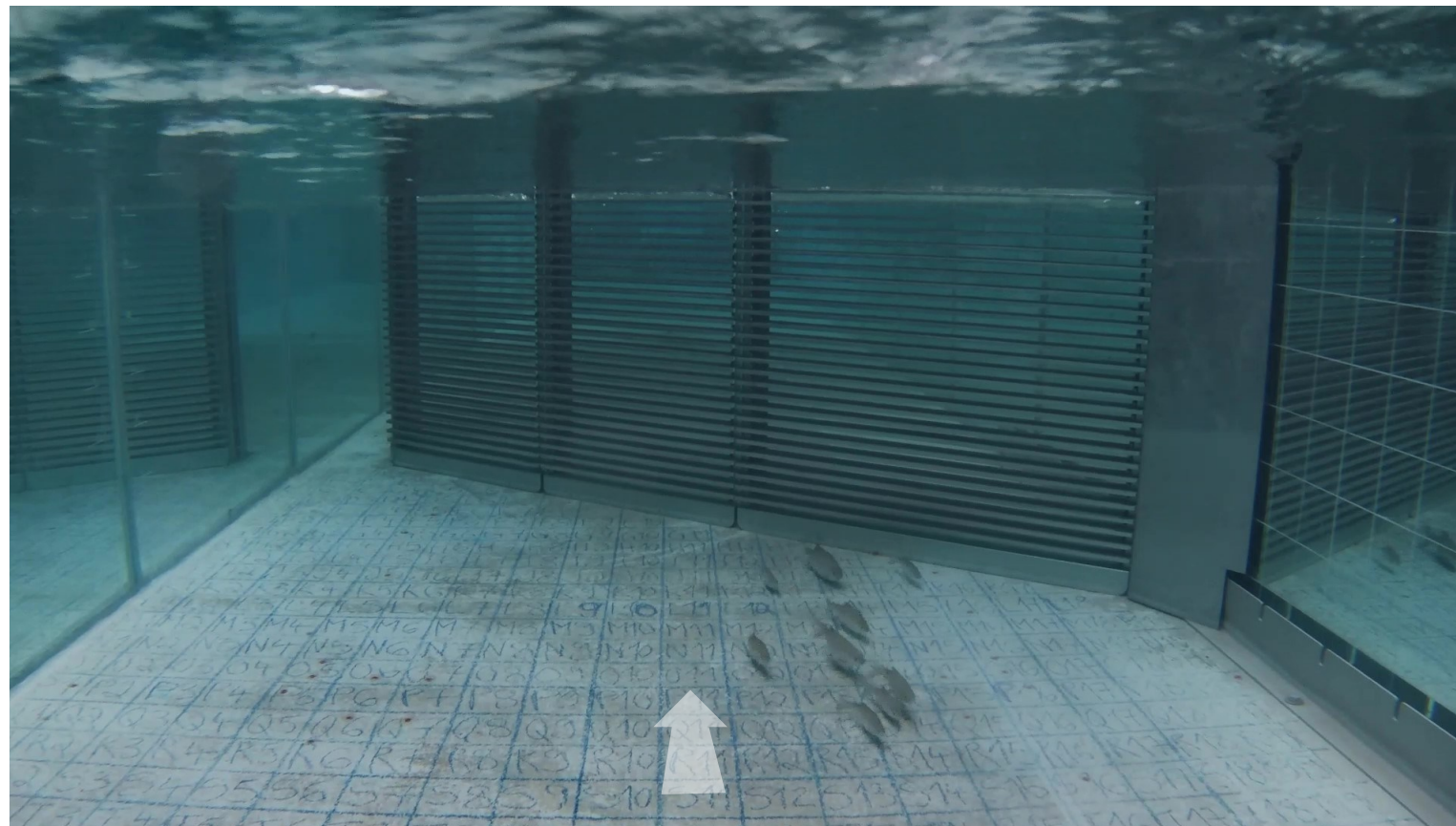
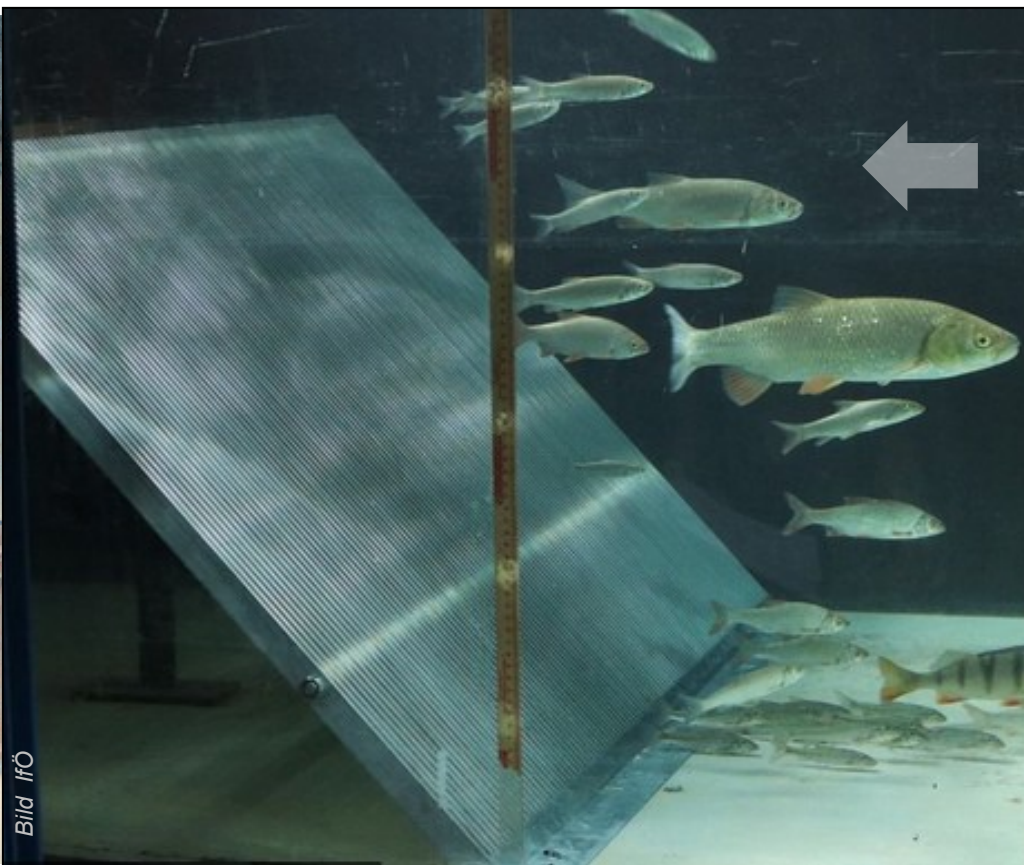
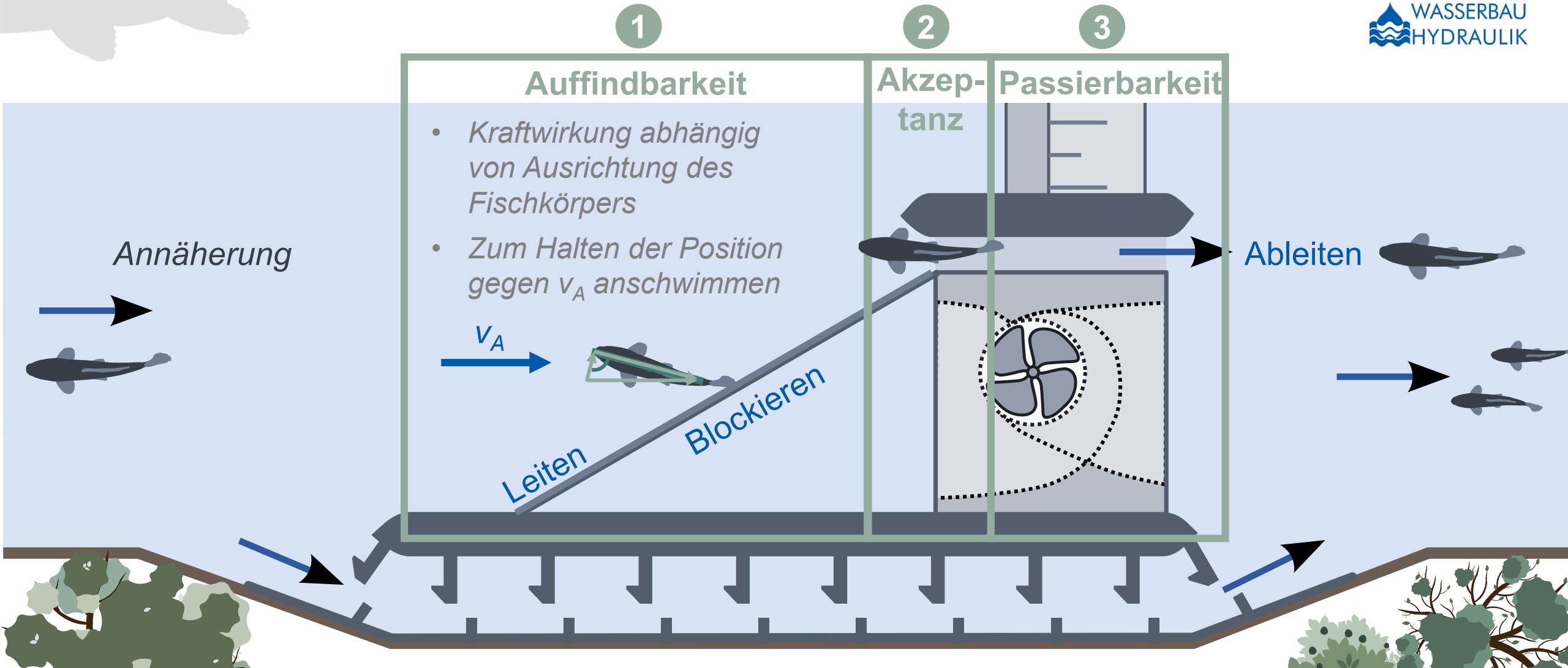


Bild: ifö

VERHALTEN AM FISCHSCHUTZRECHEN

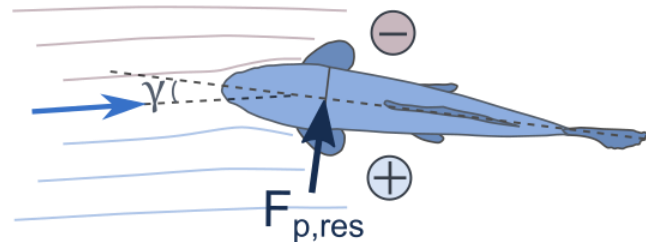
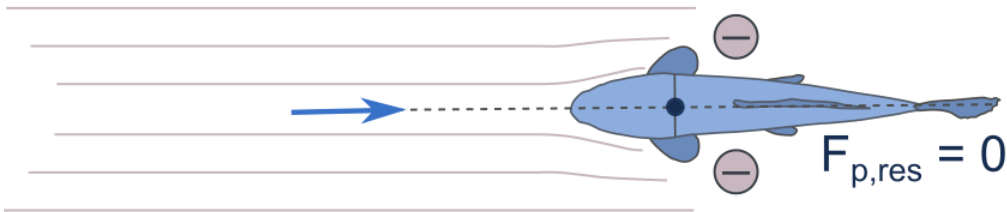
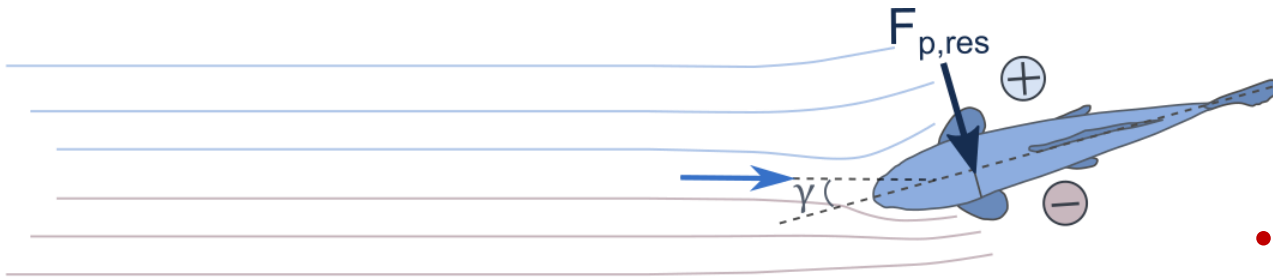


AM FISCHKÖRPER WIRKENDE KRAFT

$F_{p,res}$ resultierende Druckkraft
quer zum Fischkörper

⊕ Druckanstieg

⊖ Druckabfall



- **keine Geschwindigkeitszerlegung am Rechen**, sondern eine **Kräftezerlegung am Fischkörper**

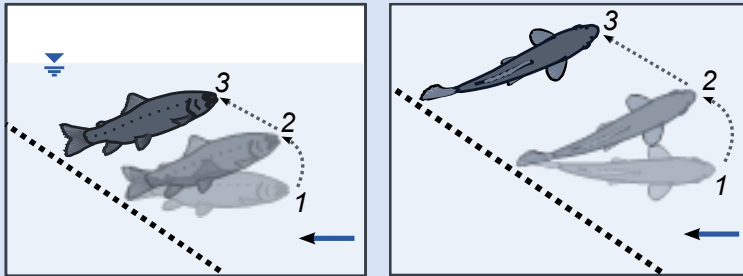
- Fisch kann diese Kraft durch Rotationsbewegungen (z.B. gieren) um die Körperachsen gezielt nutzen

- Plötzliche Änderungen, können ihn jedoch auch destabilisieren (Turbulenz!)

FISCHVERHALTEN AM RECHEN

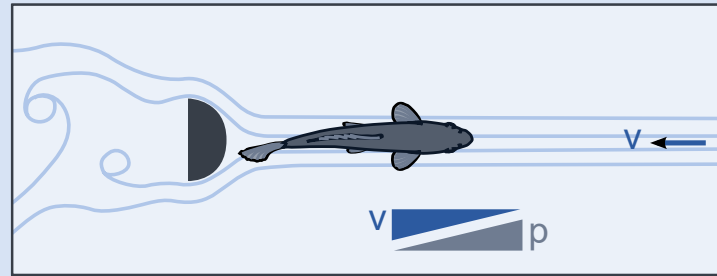
Manövrieren

z.B. Nicken und Gieren



Verharren

z.B. Bow riding



Sondieren

z.B. „Trampolin“, Kreisen

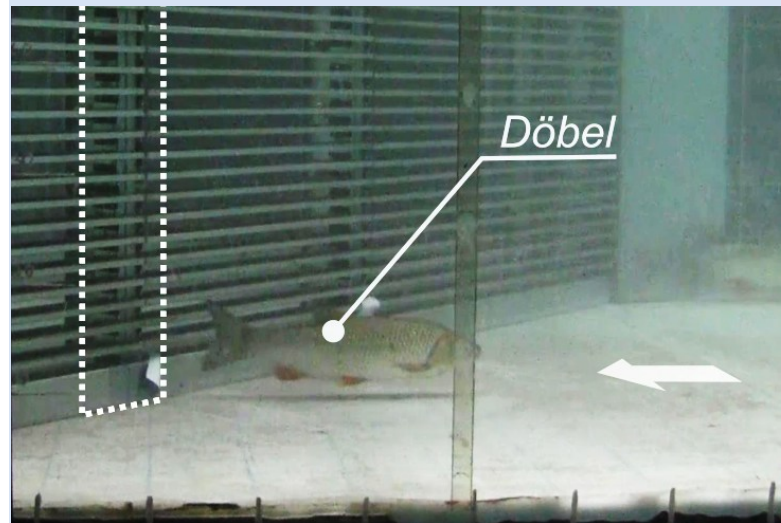


Bensing (2023): Ethohydraulische Modellierung

Bewegungsrichtung stromab



Bild: IfÖ



Döbel

Video: IfÖ

ZU VERHINDERN...

Impingement



Video: IfÖ

$\alpha = 30^\circ$, $v_A = 0,8 \text{ m/s}$, $h_U = 10 \text{ cm}$
Video: IfÖ

Rechenpassage



$\alpha = 30^\circ$, $v_A = 0,5 \text{ m/s}$



FISCHSCHUTZRECHEN

- **Barriere:** Stababstand von **20 mm** für viele adulte Arten passierbar; **10 mm** für viele adulte Arten nicht passierbar, dennoch kein Schutz für viele Jungtiere
- **Leiten:** Bei Schrägrechen mit **horizontalen Stäben** können Fische ihren ursprünglichen Schwimmhorizont beibehalten + Rechenpassage wird verringert
- Anhaltswerte:
 - Empfohlener Anströmwinkel $\leq 45^\circ$
 - Anströmgeschwindigkeit
 $v_A \leq 0,5 \text{ m/s}$ für Aale
 $v_A \leq 0,8 \text{ m/s}$ für andere Arten

Quellen: Keuneke; Massmann (2020); Lehmann et al. (2016, 2021a); Wagner (2021)

$$v_A = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \rightarrow v_A \cong \frac{Q}{A} \cdot 1,3^*$$

*Turnpenny et al. (2005)

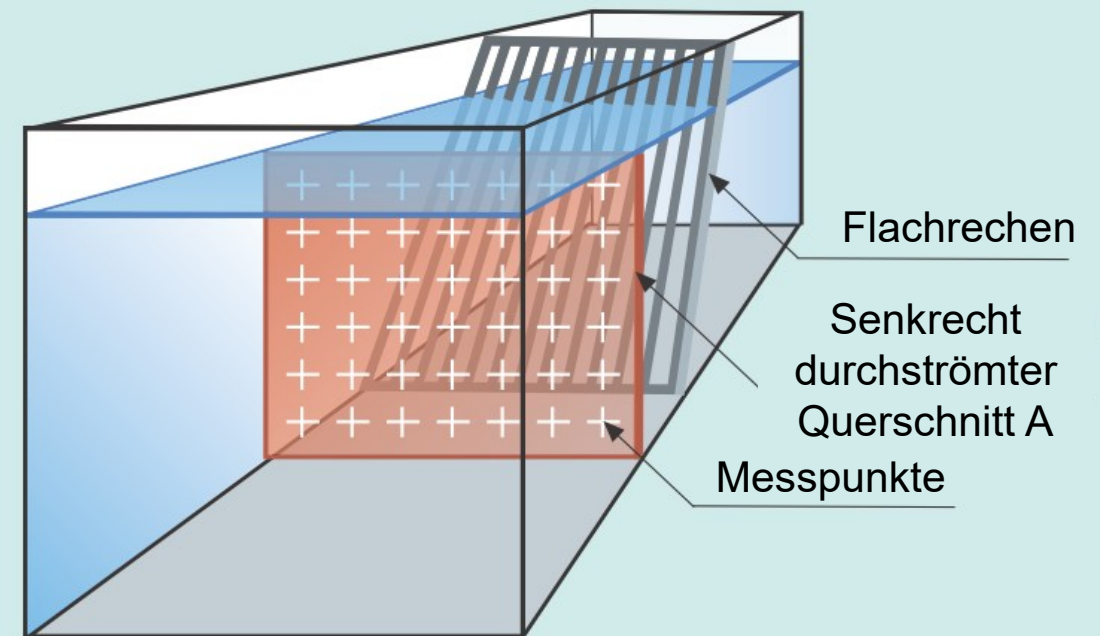


Bild: Schwevers & Adam (2020) verändert nach Adam & Lehmann (2011)

- v_A ist unabhängig von der Ausrichtung des Rechens!
- In der Praxis: ungleichförmige Anströmung möglich!

DER BYPASS (ABLEITEN)

- **Auffindbarkeit:**
 - Unmittelbar am Ende des Rechens
 - Parallel zur Hauptströmung
 - Lage der Einstiegsöffnung (min. sohl- & oberflächennahe)
 - Dotation des Bypasses
- **Akzeptanz:**
 - Geometrie der Einstiegsöffnung (bzw. Überströmhöhe)
 - Übergang vom Rechen zum Bypass
 - Hydraulik: Totwasserzonen, ungünstige Wirbel und große Strömungsgradienten vermeiden; Geschwindigkeit vor Bypassöffnung
- **Passierbarkeit (geometrisch und hydraulisch):**
 - Gestaltung des Bypassverlaufs bezüglich abiotischer Reize wie Strömung und Licht



Ethohydraulische Untersuchungen zur Verbesserung des Fischschutzes an Wasserkraftanlagen

Boris Lehmann, Beate Adam, Oliver Engler, Veronika Hecht und Katharina Schneider



Dimensionierung und Anordnung von Fischschutzeinrichtungen vor Wasserkraftanlagen: Untersuchungen zum Flachrechen-Bypassrinnen-System

Boris Lehmann, Beate Adam, Oliver Engler und Gisela Kiesel



Quellen: Lehmann et al. (2016, 2021a); Wagner (2021)



AGENDA

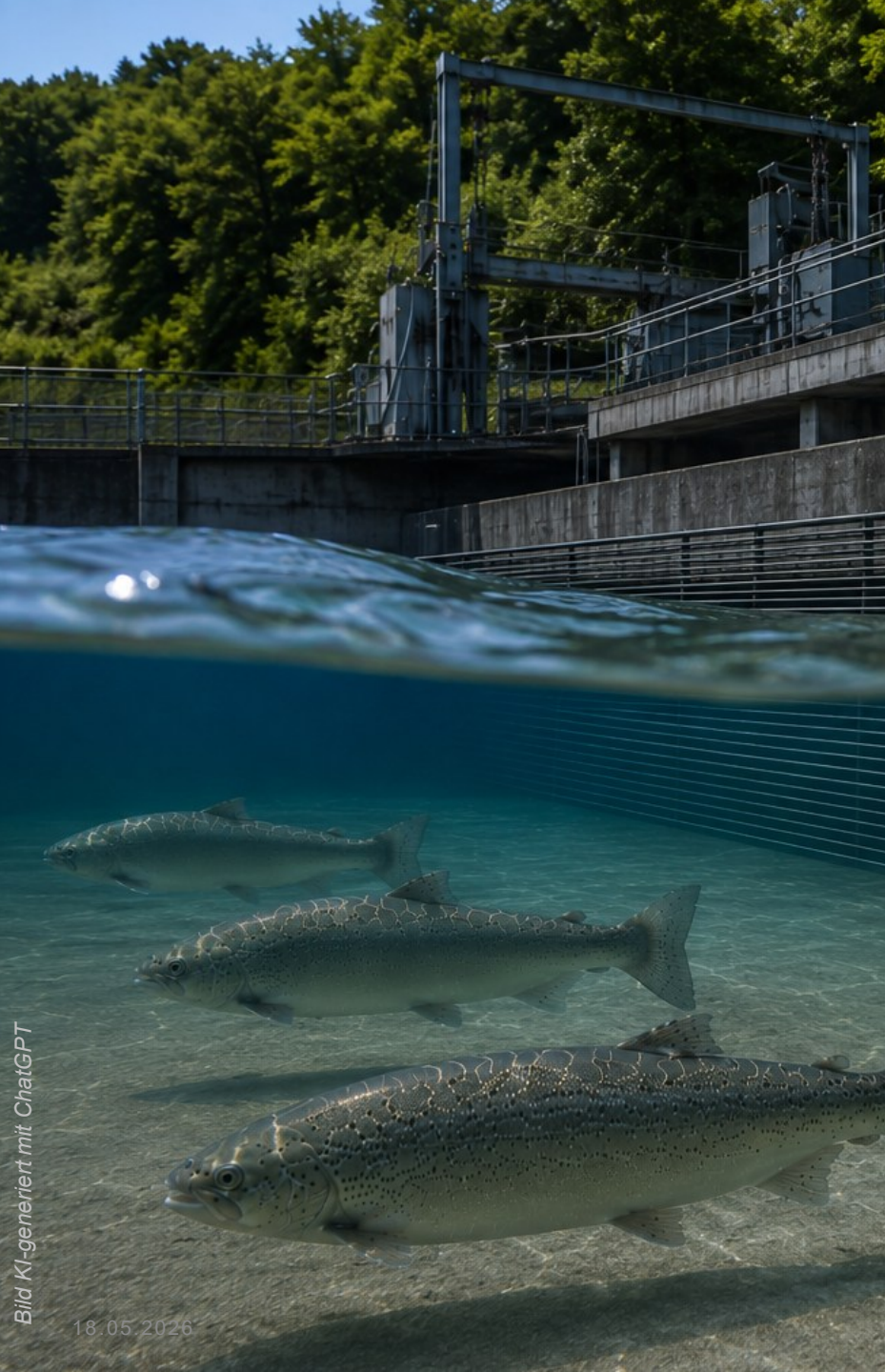
Warum Fischschutz?

Rechtliche Vorgaben und Regelwerke

Stand der Wissenschaft

Herausforderungen und neue Perspektiven

Fazit





BETRIEBS- TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

- **Um- oder Nachrüsten im Bestand**
 - Raumbedarf für Schräg- und Flachrechen
 - Anpassung Rechenreinigung
 - Wasserabgabe für Bypass
- **Heterogene Anströmsituationen**
- **Umgang mit Getreibsel und Feststoffen**
 - Fischeschonende Rechenreinigung
 - Freihalten von Bypassöffnungen

ZUR STRÖMUNGS- DIVERSITÄT AN FISCHSCHUTZ- RECHEN

Flussbarsch bei einer mittleren
Anströmgeschwindigkeit vor
dem Rechen von **0,5 m/s**



BIOINSPIRIERTE MESSTECHNIK: DIE FISCHSINNESSONDE (FSS)

Gründling



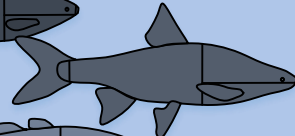
Flussbarsch



Rotauge



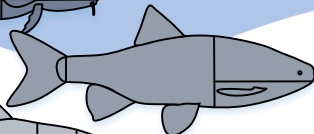
Nase



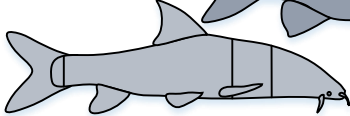
Quappe



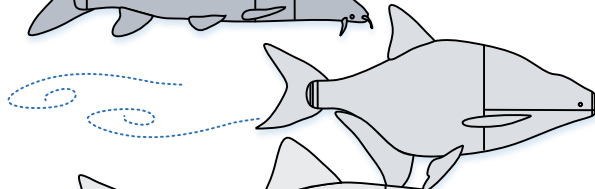
Döbel



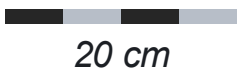
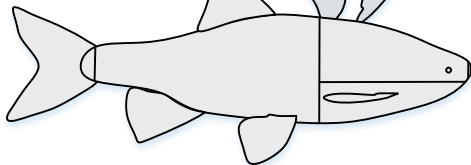
Barbe



Brachse



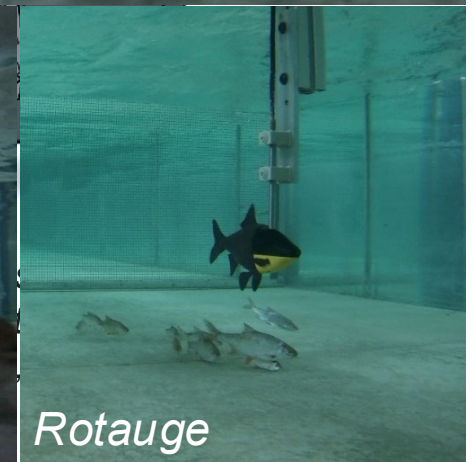
Döbel



Gründling



Flussbarsch

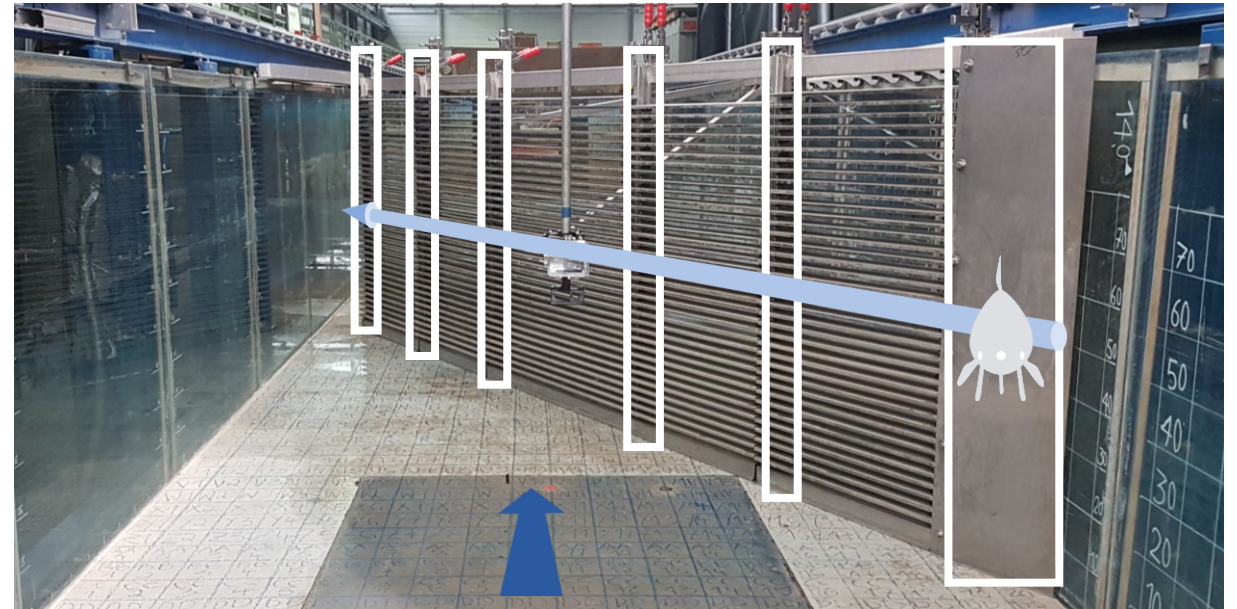
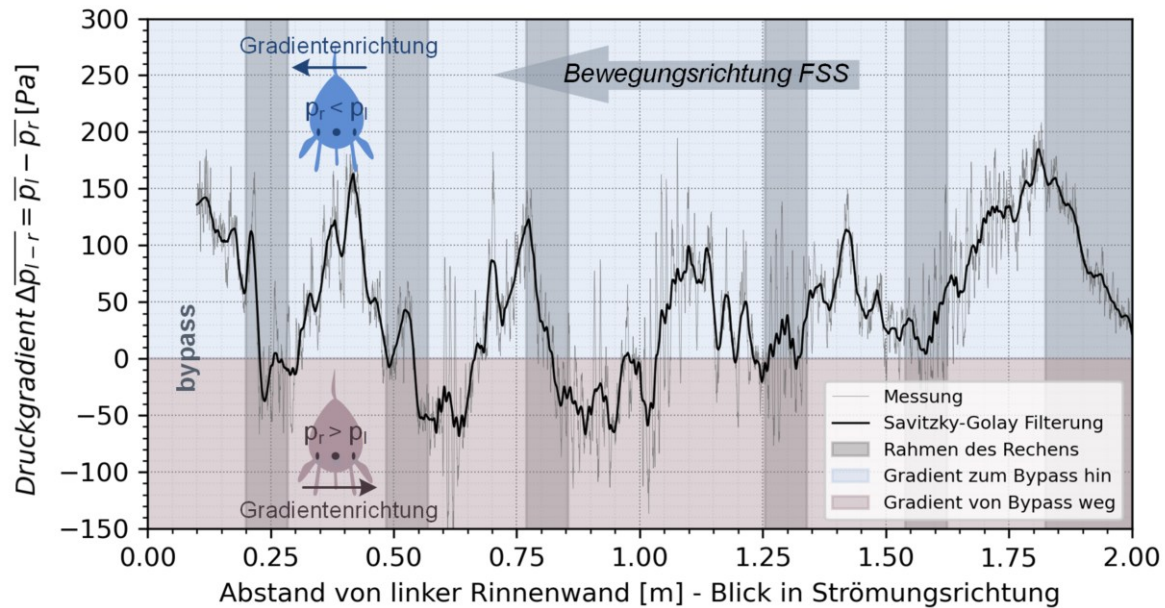


Rotauge

WIRKUNG AUF DEN FISCHKÖRPER



TAL
TECH



Bensing (2023): Ethohydraulische Modellierung

AUSBLICK

Technische Komponenten

z.B. Fischschonende Turbinen & Pumpen,
Betriebsmanagement

Untersuchungsmethoden und Monitoring

z.B. Standardisierung, Robotik, Sensorik,
Fischerkennung

Neue ethohydraulische Signaturen

Reproduzierbare Verknüpfung von Reaktion und Reiz;
z.B. Spatial Velocity Gradient



Bild: Jeffrey A. Tuhtan - TalTech

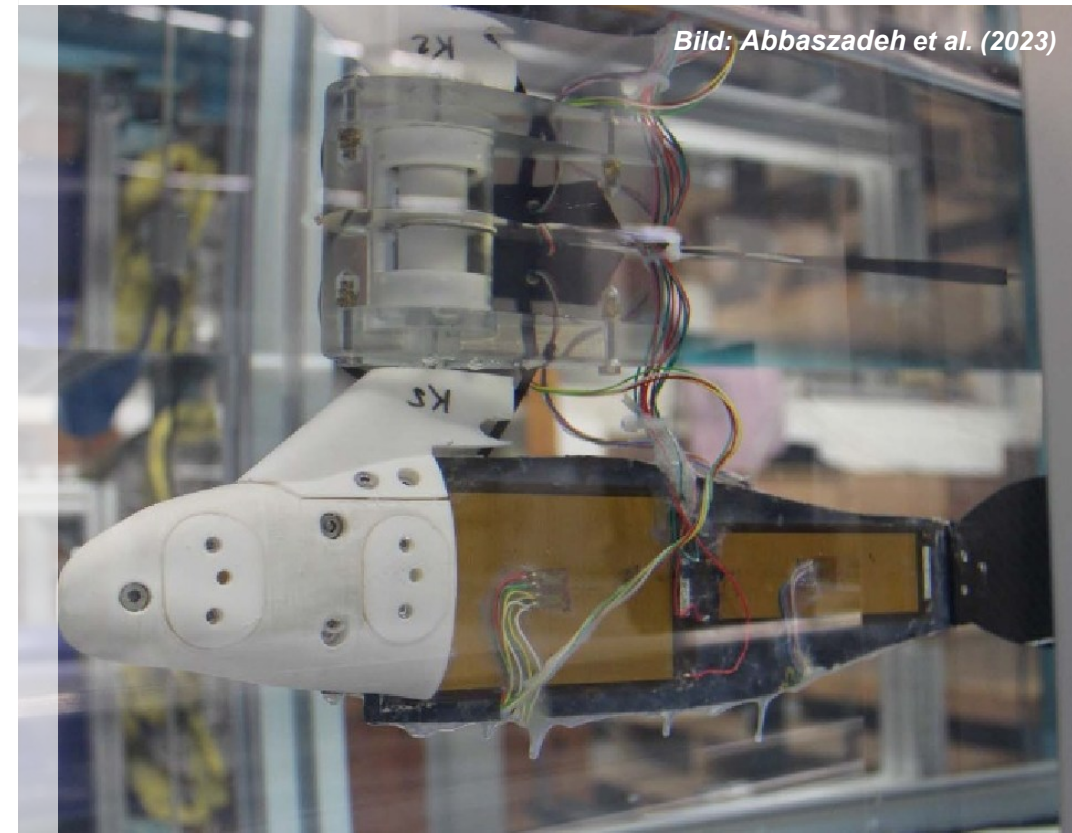


Bild: Abbaszadeh et al. (2023)



AGENDA

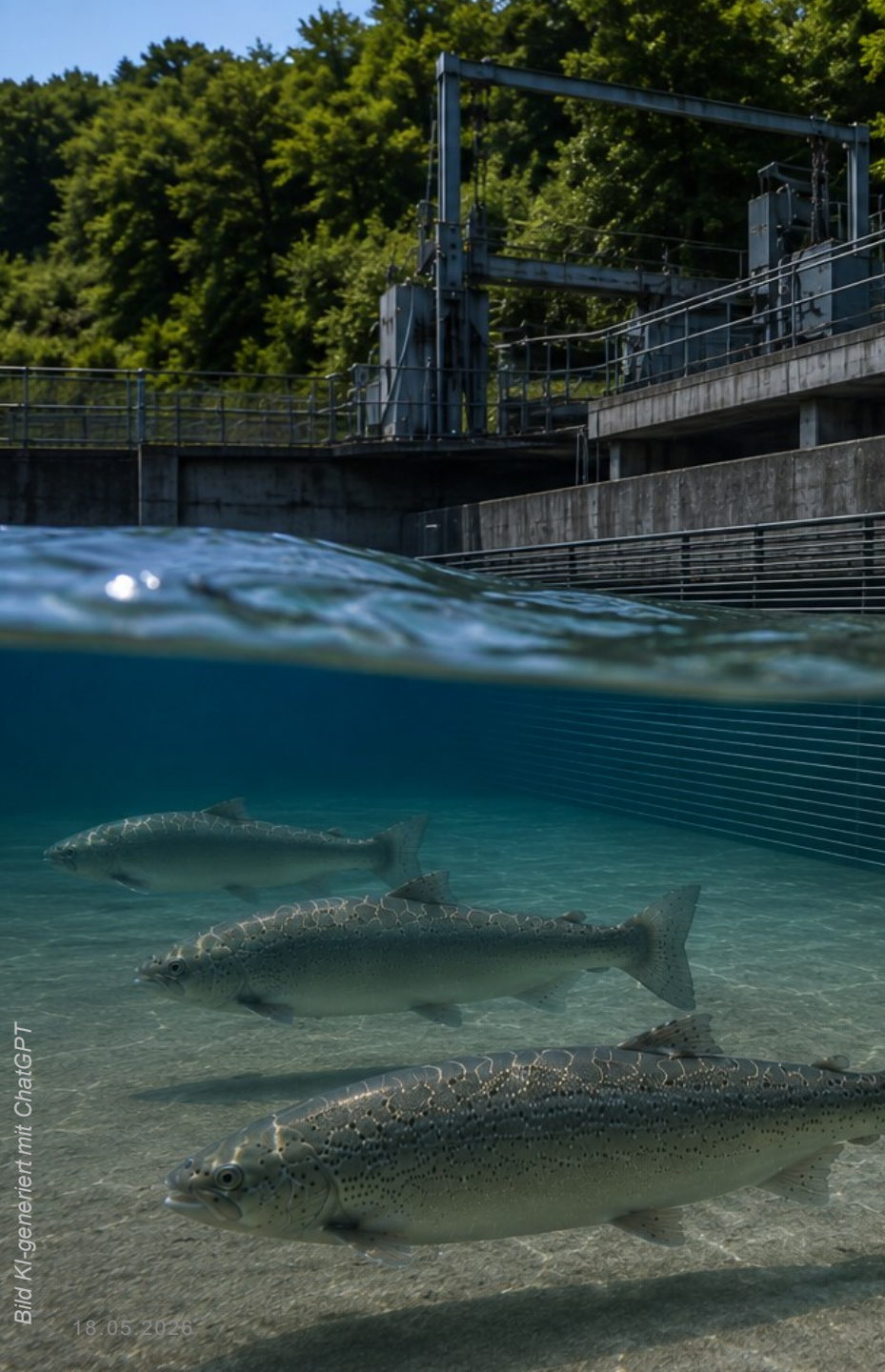
Warum Fischschutz?

Rechtliche Vorgaben und Regelwerke

Stand der Wissenschaft

Herausforderungen und neue Perspektiven

Fazit



FAZIT

- **Fachwissen** notwendig für standörtliche Einzelfallentscheidungen
- Wissensstand für Rechen-**Bypass**-Systeme immer noch begrenzt
- **Neue Perspektiven** durch neue Messtechnik, Methoden und ethohydraulische Signaturen
- **Fische sind fühlende Lebewesen...**



JEDER FISCH IST EIN FÜHLENDES INDIVIDUUM

„Wenn wir anfangen Fische als bewusste Individuen zu verstehen, können wir eine neue Beziehung zu ihnen aufbauen. Mit den unsterblichen Worten eines unbekanntes Dichters:

‘Nichts hat sich verändert außer meiner Einstellung - also hat sich alles verändert.’ “

Aus dem Buch von Jonathan Balcombe *“Was Fische wissen: Wie sie lieben, spielen, planen: unsere Verwandten unter Wasser.”*





VIELEN DANK FÜRS ZUHÖREN

Dr.-Ing. Katharina Bensing
Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Lehmann
Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik, TU Darmstadt

✉ katharina.bensing@tu-darmstadt.de

🌐 <https://www.wasserbau.tu-darmstadt.de>



LITERATUR



Abbaszadeh, S.; Hoerner, S.; Leidhold, R. (2024): *Experimental optimization of a fish robot's swimming modes: a complex multiphysical problem*. In: *Experiments in Fluids* 65 (4), Artikel 51. DOI: 10.1007/s00348-024-03786-0.

Adam, B.; Lehmann, B. (2011): *Ethohydraulik. Grundlagen, Methoden und Erkenntnisse*. Berlin: Springer.

Adam, B.; Schwevers, U.; Dumont, U. (1999): *Beiträge zum Schutz abwandernder Fische: Verhaltensbeobachtungen in einem Modellgerinne*. Bibliothek Natur & Wissenschaft. Melsungen: VNW Verlag Natur & Wissenschaft. ISBN: 978-3-927889-32-3.

Belletti, B.; Garcia de Leaniz, C.; Jones, J. et al. (2020): *More than one million barriers fragment Europe's rivers*. In: *Nature* 588 (7838), S. 436–441. DOI: 10.1038/s41586-020-3005-2.

Bensing, K. (2023): *Ethohydraulische Modellierung*. Dissertation. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.

Bensing, K.; Lehmann, B.; Tuhtan, J. A.; Toming, G. (2024): *Zur Bedeutung bioinspirierter Messtechnik in der Ethohydraulik*. In: *Wasserwirtschaft* 114 (11), S. 26–33.

Berger, C. (2018): *Rechenverluste und Auslegung von (elektrifizierten) Schrägrechen anhand ethohydraulischer Studien*. Dissertation. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.

Calles, O.; Greenberg, L. (2009): *Connectivity is a two-way street – the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers*. In: *River Research and Applications* 25 (10), S. 1268–1286.

DWA (Hrsg.) (2005): *Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle*. DWA-Themenband. Hennef: DWA.

DWA (Hrsg.) (2021): *Methodische Grundlagen zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstiegs*. DWA-Themenband T2/2021. Hennef: DWA.

IKSR (2024): *Empfehlungen für den Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen im Rheineinzugsgebiet*. Fachbericht Nr. 303. Koblenz: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins.

Keuneke, R.; Anderer, P.; Hermens, G.; Pietzsch, B.; Massmann, E.; Schwevers, U.; Adam, B.; Mögeltönder-Löwenberg, S.; Lehmann, B. (2021): *NaBiV Heft 173: Evaluierung von Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit gemäß § 35 WHG*. Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 173. Münster: LV Buch Verlag.

Lehmann, B.; Adam, B.; Engler, O.; Hecht, V.; Schneider, K. (2016): *NaBiV Heft 151: Ethohydraulische Untersuchungen zur Verbesserung des Fischschutzes an Wasserkraftanlagen*. Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 151. Münster: LV Buch Verlag.

Lehmann, B.; Adam, B.; Engler, O.; Kissel, G. (2021a): *NaBiV Heft 169: Dimensionierung und Anordnung von Fischschutzeinrichtungen vor Wasserkraftanlagen*. Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 169. Münster: LV Buch Verlag.

Lehmann, B.; Bensing, K.; Adam, B.; Schwevers, U.; Tuhtan, J. A. (2021b): *Ethohydraulik. Eine Methode für naturverträglichen Wasserbau*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

LITERATUR

Lindsey, C. C. (1978): *Form, function, and locomotory habits in fish*. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J. (Hrsg.): *Fish Physiology*. Volume VII: Locomotion. New York: Academic Press, S. 1–100.

LUBW (2016): *Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Fachliche Grundlagen*. Karlsruhe: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.

Radinger, J.; van Treeck, R.; Wolter, C. (2022): *Evident but context-dependent mortality of fish passing hydroelectric turbines*. In: *Conservation Biology* 36 (3), e13870.

Schmalz, W.; Wagner, F.; Sonny, D. (2015): *Arbeitshilfe zur standörtlichen Evaluierung des Fischschutzes und Fischabstieges*. Hg. v. *Ecologic Institute gemeinnützige GmbH im Auftrag des „Forum Fischschutz und Fischabstieg“*.

Schwevers, U.; Adam, B. (2020): *Fish Protection Technologies and Fish Ways for Downstream Migration*. Cham: Springer.

Turnpenny, A. W. H.; O’Keeffe, N. (2005): *Screening for Intake and Outfalls: A Best Practice Guide*. Science Report SC030231. Bristol: Environment Agency.

Fact Sheets Forum Fischschutz & Fischabstieg: <https://www.forum-fischschutz.de/factsheets.html>

(Diese Website wird seit Oktober 2022 nicht mehr aktualisiert. Sie bleibt zu Dokumentationszwecken bis 2029 online.)

Keuneke, R.; Massmann, E.; Naumann, S. (2020): *Fischschutzziele in Europa. Überblick über die europäischen Rechtsgrundlagen des Fischschutzes an Wasserbauwerken (Fact Sheet 01), Oktober 2020*.

Keuneke, R.; Massmann, E. (2020): *Ziele für den Fischschutz und Fischabstieg in Deutschland. Überblick über Instrumente des Fischschutzes in Deutschland (Fact Sheet 02), Oktober 2020*. Aachen: Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH.

Wagner, F.; Warth, P. (2020): *Evaluierung primärer Schädigung von Fischen an Wasserkraftanlagenstandorten. Methodische Empfehlungen zur Quantifizierung des Schädigungs- und Mortalitätsrisikos von Fischen bei der Passage von Wasserkraftanlagenstandorten (Fact Sheet 03), Oktober 2020*. Jena: Institut für Gewässerökologie & Fischereibiologie.

Keuneke, R. (2021): *Technische Funktionsfähigkeit großer Fischschutzrechen in der Praxis bestätigt. Betriebserfahrungen mit großen Rechenanlagen (Fact Sheet 04), Juni 2021*. Aachen: Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH.

Wagner, F. (2021): *Wann ist ein Rechen ein Fischschutzrechen? Die funktionalen Elemente eines Fischschutzsystems (Fact Sheet 05), Juni 2021*. Jena: Institut für Gewässerökologie & Fischereibiologie.

Massmann, E.; Keuneke, R.; Naumann, S. (2022): *Fischschutz- und Fischabstiegsmaßnahmen – Praxisbeispiele im Überblick. Atlas für den Wissenstransfer zu Fischschutz und Fischabstieg (Fact Sheet 06), Februar 2022*.