

Die Abwärtswanderung der Fische

- **1. Warum wandern Fische?**
- **2. Abwanderzahlen**
- **3. Passage von Kraftwerken**
- **4. Fisch schonende Maßnahmen**

1. Warum wandern Fische?

Sie suchen geeignete Laichhabitate



Brütlinge und Jungfische suchen geeignete Habitate zum Überleben



Bei Nahrungsmangel suchen sie nährstoffreichere Regionen



Im Winter brauchen sie Ruhezeiten



Die verschiedenen Habitate sind oft weit voneinander entfernt und erfordern Flussaufwärts- und Flussabwärtswanderungen.

Zeichnungen: R. Zawazal

2. Abwanderzahlen

Abwärtswanderung im Marchfeldkanal

An der Wehr 4 wurden in den Wintern 1998/1999 und 2000/2001, jeweils von November bis Jänner Driftnetze mit einer Maschenweite von 2 mm angebracht und täglich kontrolliert. Die Flussbreite beträgt 12 m, es flossen 4 m³/s.



Extrapoliert über die gesamte Wehrbreite, passierten im

1. Winter 73 000 und im

2. Winter 58 000

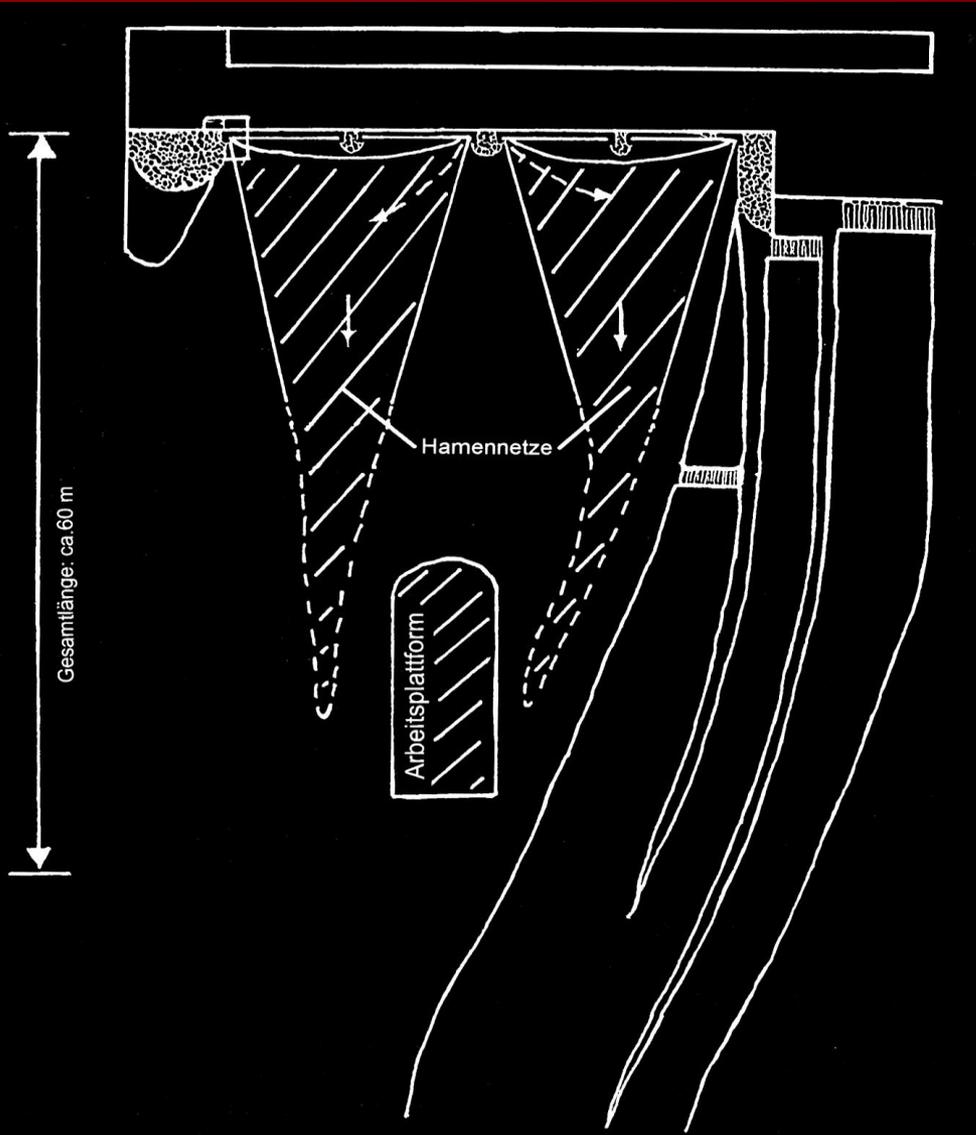
Fische die Wehr, deren Körperlängen zu 99,5% unter 150 mm lagen. Es wurden 30 Fischarten festgestellt und sie wanderten zu 64% in der Flussmitte, die rheophilen Nasen sogar zu 91%.



Turbinenpassagen im Mainkraftwerk Dettelbach

Ausbaudurchfluss 120 m³/s, Fallhöhe 4,55 m, 2 Kaplansturbinen mit 3,54 m Durchmesser, 100 U/min

Lichte Weite des Rechs: 90 mm



Hamengrößen:

Breite 12 m

Höhe 4,5 m

Länge 45 m

Maschenweiten in Fließrichtung von 100 mm auf 16 und zeitweise 4 mm zurückgehend.

Damit konnte ein Großteil der Fische ab etwa 10 cm erfasst werden. Von kleineren Fischen wurde nur ein kleinerer Anteil erfasst, Fischlarven dagegen überhaupt nicht.

**In 111 Tagen wurden
30 726 Fische erfasst**

3. Passage von Kraftwerken

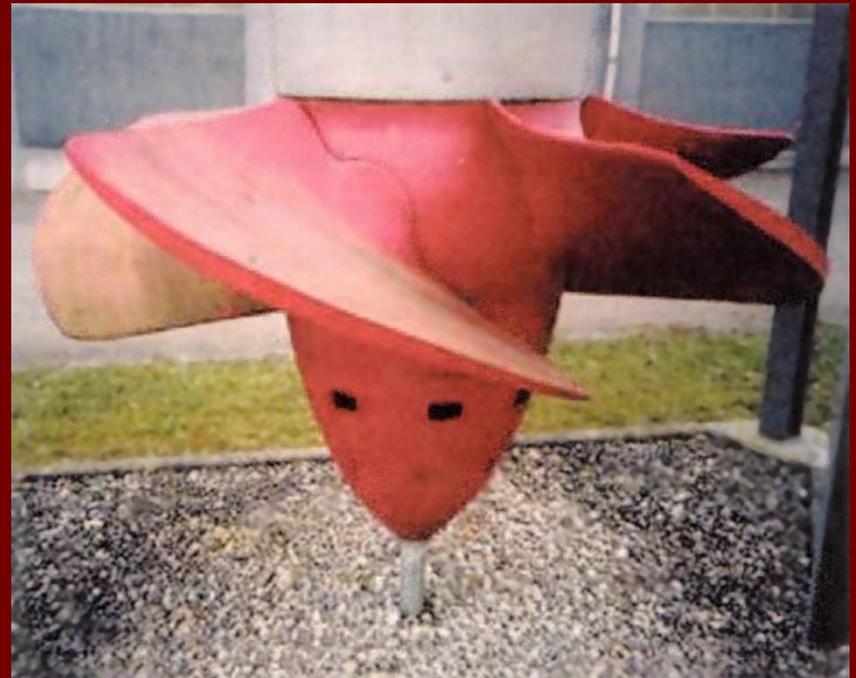
- Für **alle Entwicklungsstadien** von Süßwasserfischen ist eine **stromabwärts gerichtete Wanderung** zu beobachten, wobei insbesondere die **Drift von Fischbrut, Larven und Jungfischen eine weit verbreitete und mengenmäßig beträchtliche Strategie zur Arterhaltung und Besiedlung geeigneter Lebensräume** darstellt.
- **Die Abwanderung erfolgt mit der Hauptströmung im Bereich der höchsten Strömungsgeschwindigkeit**, bei mittleren Wasserständen also in Richtung Turbinen.
- **Salmoniden und Larven anderer Arten wandern bevorzugt oberflächennah**.
- **Fischaufstiegshilfen sind für den Abstieg nicht geeignet, sie werden nur von wenigen, in Ufernähe schwimmenden Fischen angenommen.**

Bevorzugte Turbinenarten bei Flusskraftwerken

Lauftrad einer Francisturbine



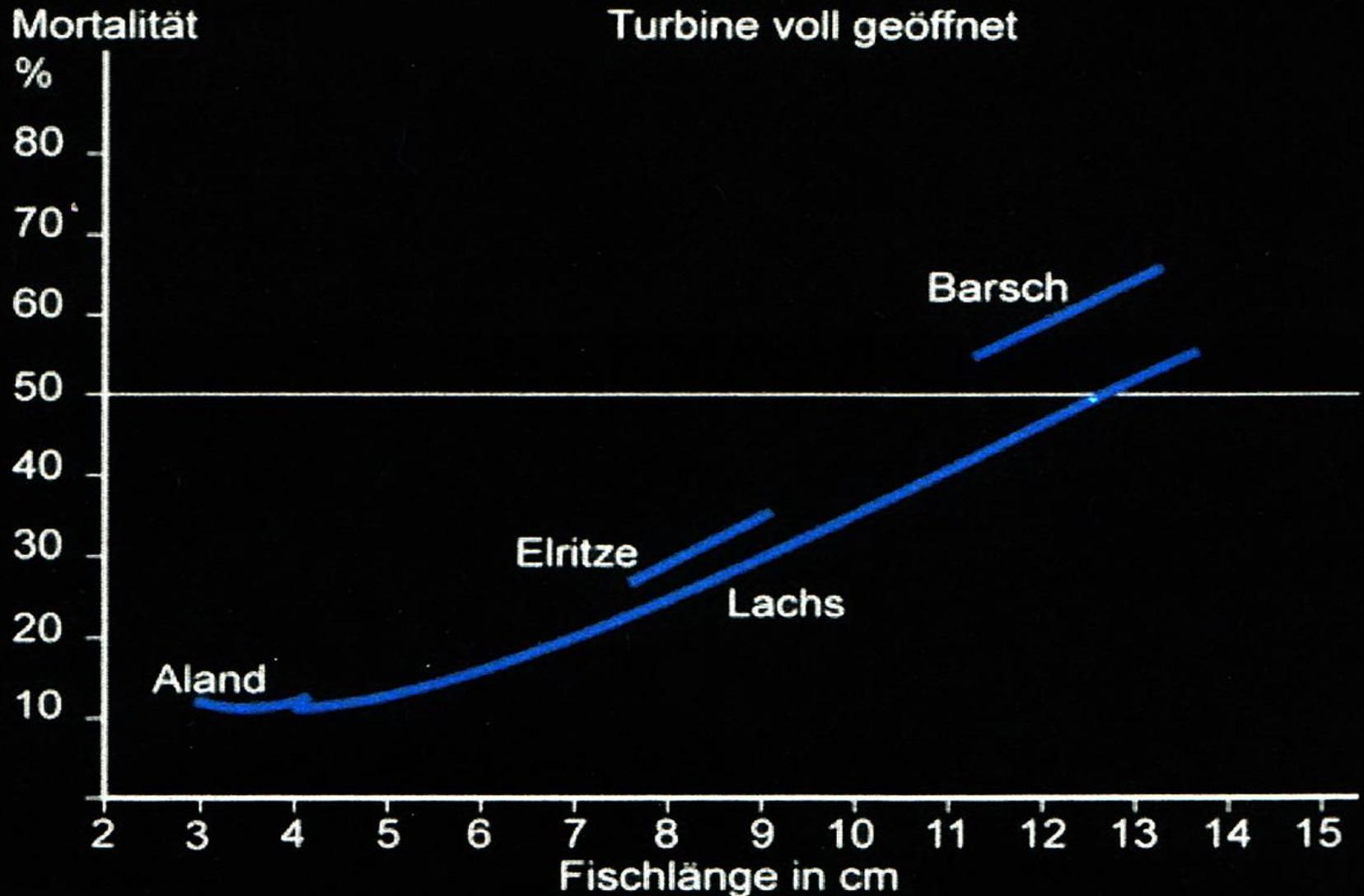
Lauftrad einer Kaplanmaschine



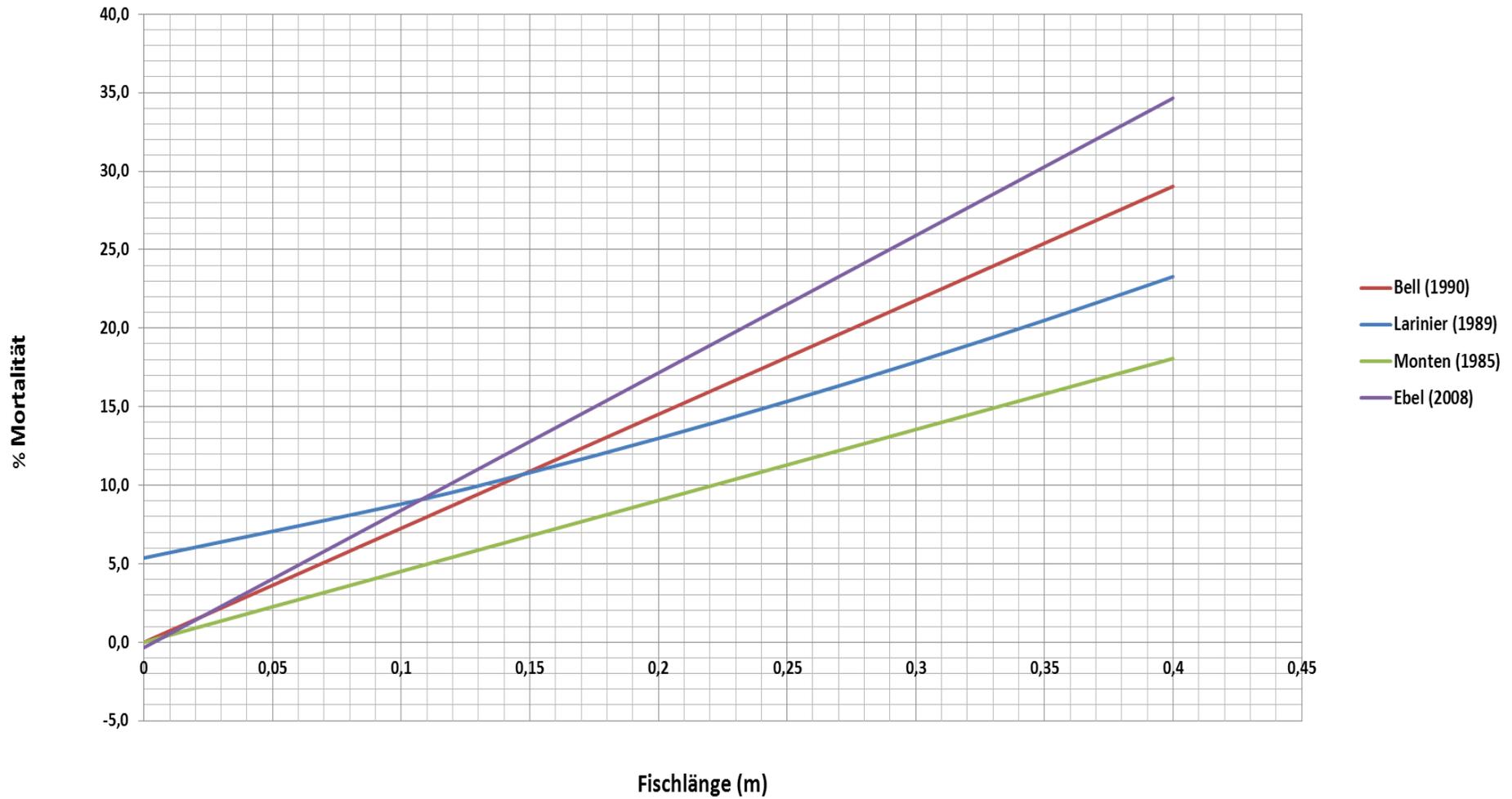
In der Literatur werden Mortalitätsraten zwischen 4% und 92% angegeben.

Bei Teillastbetrieb der Kaplanmaschine steigt die Mortalität, weil die Schaufeln flacher gestellt und die freien Spalten dazwischen kleiner werden.

Typischer fischlängenabhängiger Mortalitätsverlauf



Berechnung der Fischmortalität in einer Kaplanturbine unter gleichen Randbedingungen



Verletzungen bei Turbinenpassage

Bei größeren Fischen an Laufradschaufelkanten und durch Einklemmen in Spalten



Innere Verletzungen

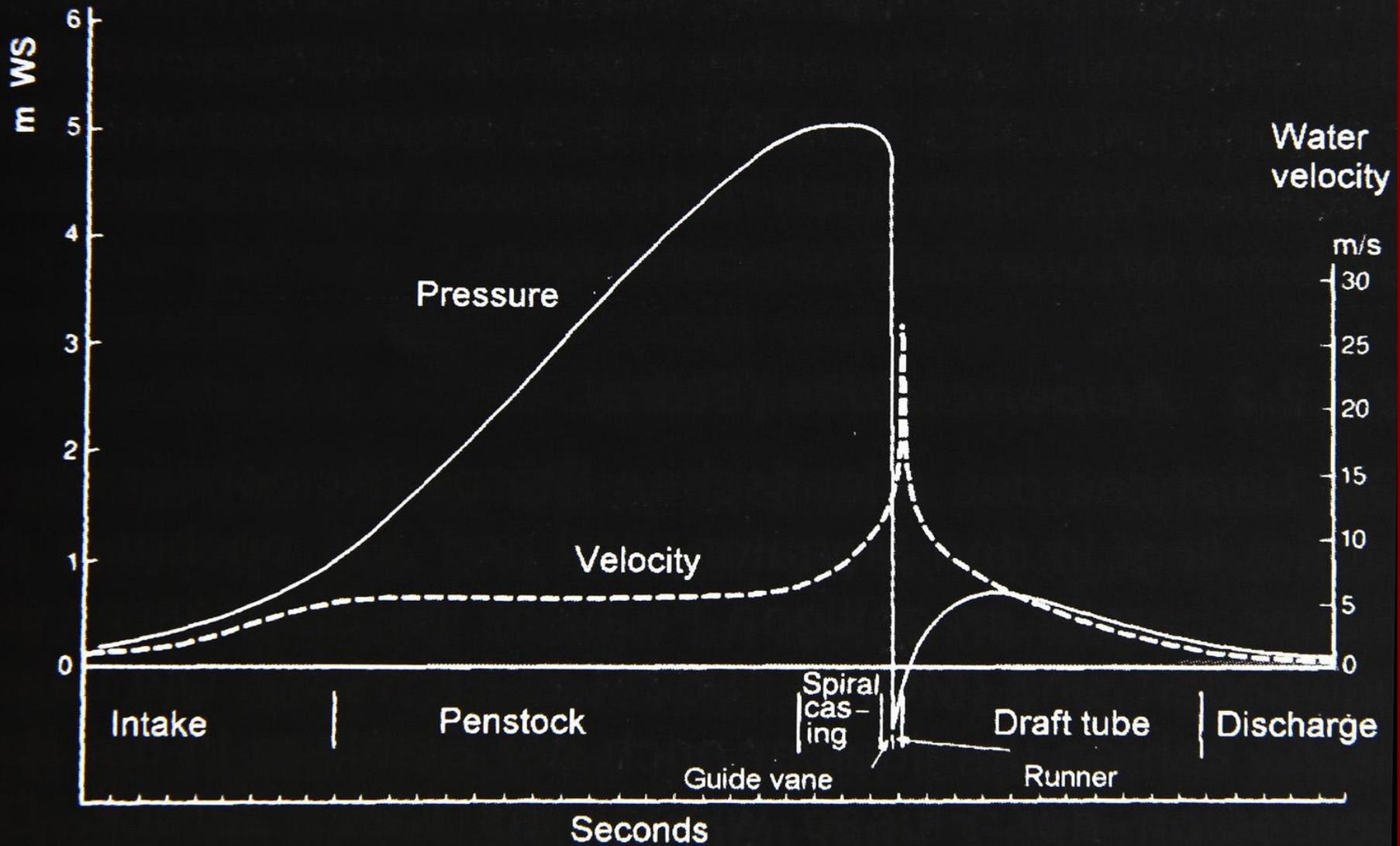
Bevorzugt bei kleinen Fischen und bei der Erstuntersuchung äußerlich nicht erkennbar. Tod trat erst während der Hälterung ein.

Ursache: Große, kürzestfristige Druckänderungen an den Schaufelblättern



Barsch: Wirbelbruch und Blutungen im Schwanzbereich

Water pressure



Durch den Unterdruck an der Unterseite der Schaufelblätter können Gasblasen entstehen (Kavitation), bei deren Implosion Druckwellen von bis zu 10 000 kPa auftreten können.

Tabelle 4.1: Gesamtzahl sowie durchschnittliche Mortalitätsrate der bei Hamenuntersuchungen am Wasserkraftwerk Dettelbach/Main an 111 Untersuchungstagen registrierten Fische (aus: HOLZNER, 1999)

Art	Anzahl Individuen	Mortalität in [%]
Aal	2.840	27,0
Bachforelle	244	15,0
Barbe	56	15,0
Brachsen	594	48,0
Flussbarsch	2.846	25,0
Giebel	33	45,0
Güster	54	46,0
Hasel	51	31,0
Hecht	28	16,5
Karpfen	33	20,0
Kaulbarsch	975	17,0
Plötze	1.626	34,6
Rapfen	63	14,2
Regenbogenforelle	31	13,0
Schleie	49	11,0
Ukelei	308	22,0
Wels	33	6,0
Zander	20.860	21,0

Literatur über Fischmortalitäten in Kaplan turbinen

Autor (Jahr)	Turbinentyp (Leistung)	Fischart (Länge in cm)	Mortalität (in %)
MONTEN et al. (1960/61)	Kaplan (0,6 MW)	Salmo salar (14,5)	13
	Kaplan (??)		19,5
MONTEN et al. (1960)	Kaplan (1,6 MW)	Salmo salar (14,5)	8
	Kaplan (2,1 MW)		1,3
	Kaplan (3,1 MW)		8
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Kaplan (0,9 MW)	Bachforellen (14,8-18,5)	4–11,5
LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989)	Kaplan (4,7 MW)	Bachforellen (durchschnittlich 19,5)	mind. 8,3–17
BELL & BRUYA (1981)	Kaplan (10,2 MW)	Chinook Salmon (12)	11,2
HOLMES (1952)	Kaplan (54,5 MW)	Chinook Salmon (8-12)	11–15
KYNARD et al. (1982)	Kaplan (8,8 MW)	Salmo salar (??)	4,9
MASSEY (1967)	Kaplan (1,3MW)	Steelhead Trout (??)	7,7–9,9
		Chinook Salmon (??)	10,5–11,8
OLIGHER & DONALDSON (1965)	Kaplan (19,5 MW)	Chinook Salmon (10)	4,5–22
OLIGHER & DONALDSON (1966)	Kaplan (19,5 MW)	Chinook Salmon (10)	5,5–10,3
OLSON & KACZYNSKI (1980)	Kaplan (52,7 MW)	Coho Salmon (11,3–11,9)	7
		Steelhead Trout (16,5)	3,1
Oregon Dept. of Fish and Wildlife (1984)	Kaplan (??)	Chinook Salmon (13,5)	13,0
PREMPRIDI (1964)	Kaplan (??)	Pink, Chum und Coho Salmon (jeweils 3,8)	34–42
SCHOENEMAN et al. (1961)	Kaplan (??)	Chinook Salmon (4,5–6)	11
STIER (1983)	Kaplan (8,8 MW)	Salmo salar (Smolt)	12,8–13,1
WEITKAMP et al. (1985)	Kaplan (55,2 MW)	Steelhead Trout (Smolt)	16

4. Fisch schonende Maßnahmen

- **4.1 Änderungen an Turbinen:**
 - **Verminderung der Schaufelzahl** und Drehzahl – Reduktion der Kollisionswahrscheinlichkeit,
 - **Vergrößerung des Laufraddurchmessers** – Reduktion der Kollisionswahrscheinlichkeit
 - **Einbauhöhe möglichst nahe dem Unterwasserspiegel** und hydraulisch günstige Schaufelformen – Vermeidung von Kavitation,
 - **Abrunden der Schaufelkanten** – geringeres Verletzungsrisiko,
 - **Minimierung der Spaltbreiten zwischen Laufrad und Gehäuse** (Toleranzen) – Verringerung des Quetschrisikos.
- **4.2 Neue Einrichtungen zur Wasserkraftnutzung.**
- **4.3 Möglichkeiten zur Umgehung der Turbinen.**

Minimierung der Spaltbreiten bei einer Kaplanmaschine

Die Überlebensrate von Lachsmolts konnte von 88% auf 98% gesteigert werden.

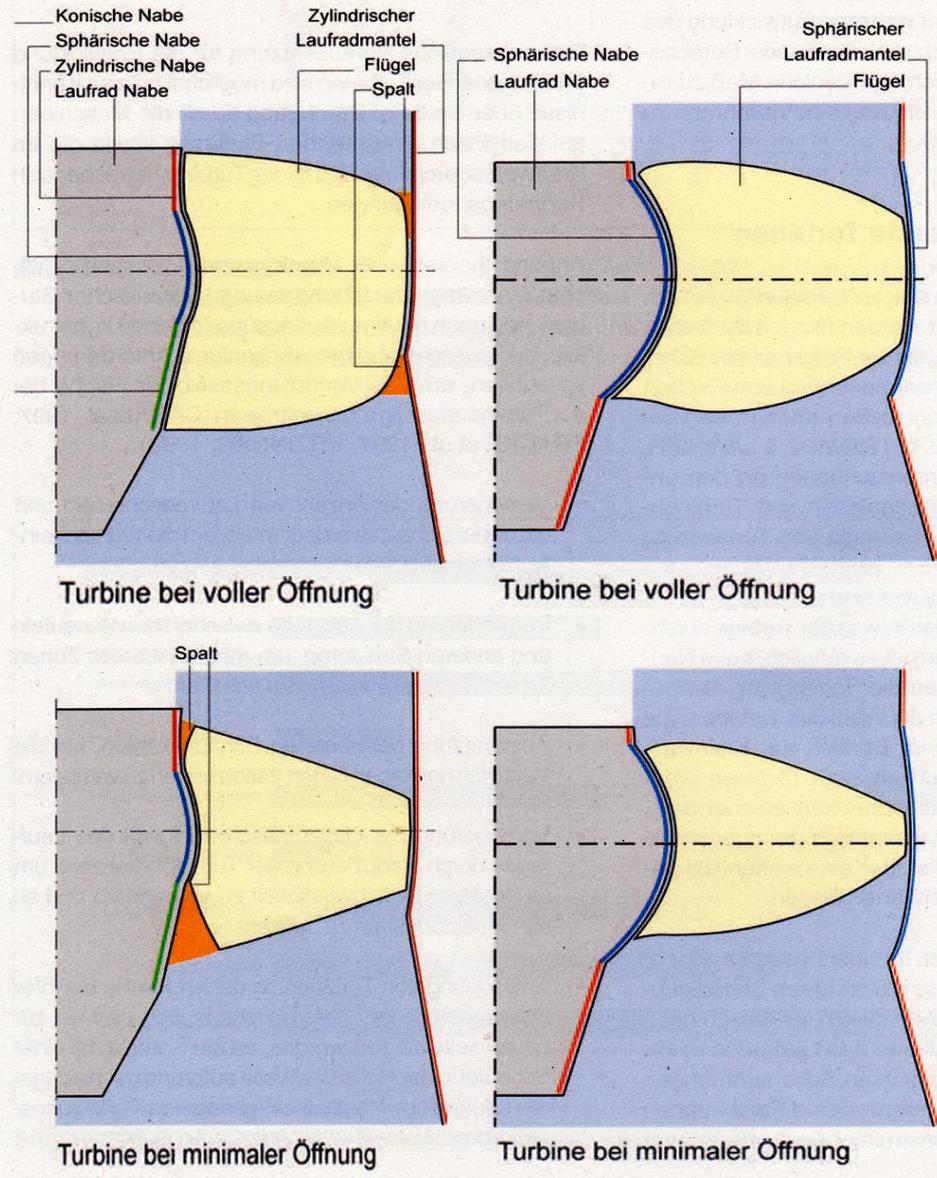


Bild 5.121: Vergleich eines konventionellen Laufrades links mit einem MG-Runner rechts: Durch eine Anpassung der Turbinengeometrie, z.B. einer kugelförmigen Nabe und einem aufgeweiteten Profilring, werden Spalten minimiert

Wasserkraftschnecke

Schluckvermögen: bis 5,5 m³

Fallhöhen: bis 8 m

Wirkungsgrad: bis 84%



Mortalitätsraten montageabhängig

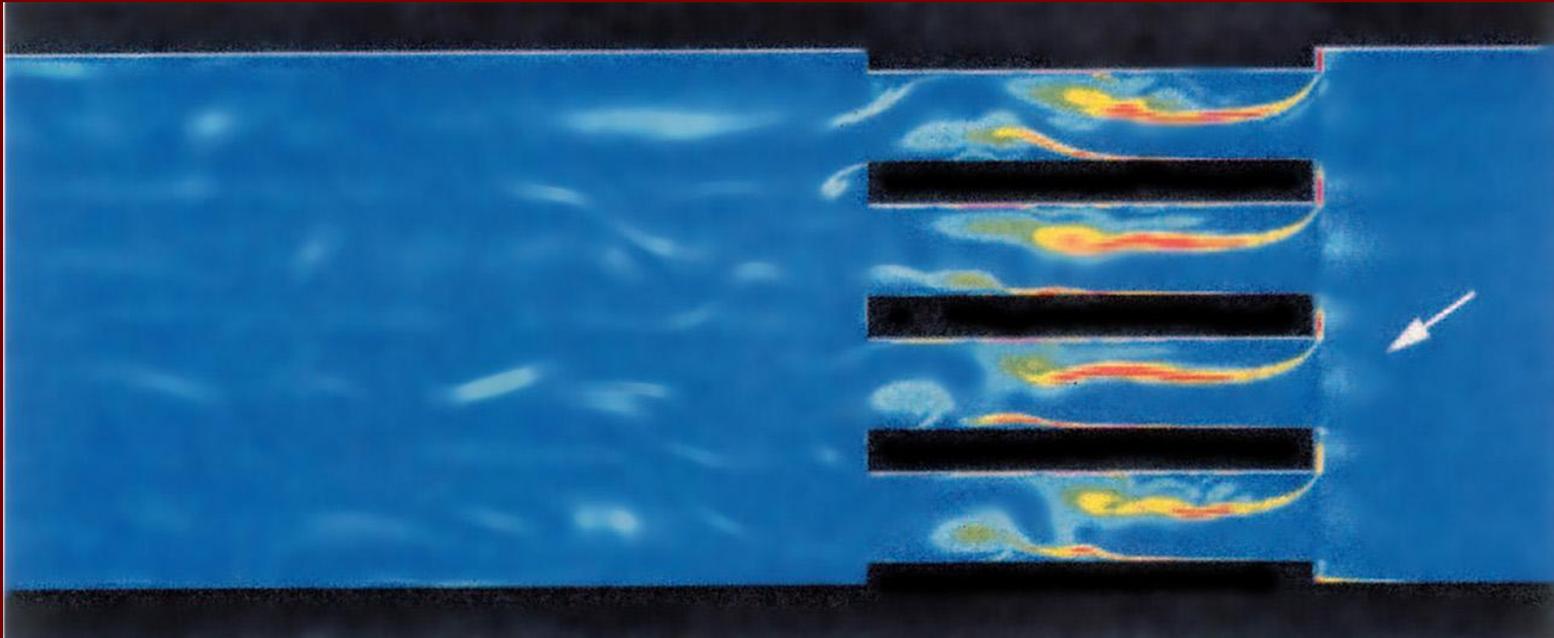
**Taucht das untere Schneckenende auch bei Niederwasser ein: unter 6%,
Taucht es nicht ein, dann reißt die untere Kante Luft mit (deutliches
Schlagen zu hören) und es kann zu einer Vervielfachung der
Mortalitätsraten kommen wegen Druckschäden bei Jungfischen mit 4 – 8
cm Körperlänge.**

4.3 Möglichkeiten zur Umgehung der Turbinen

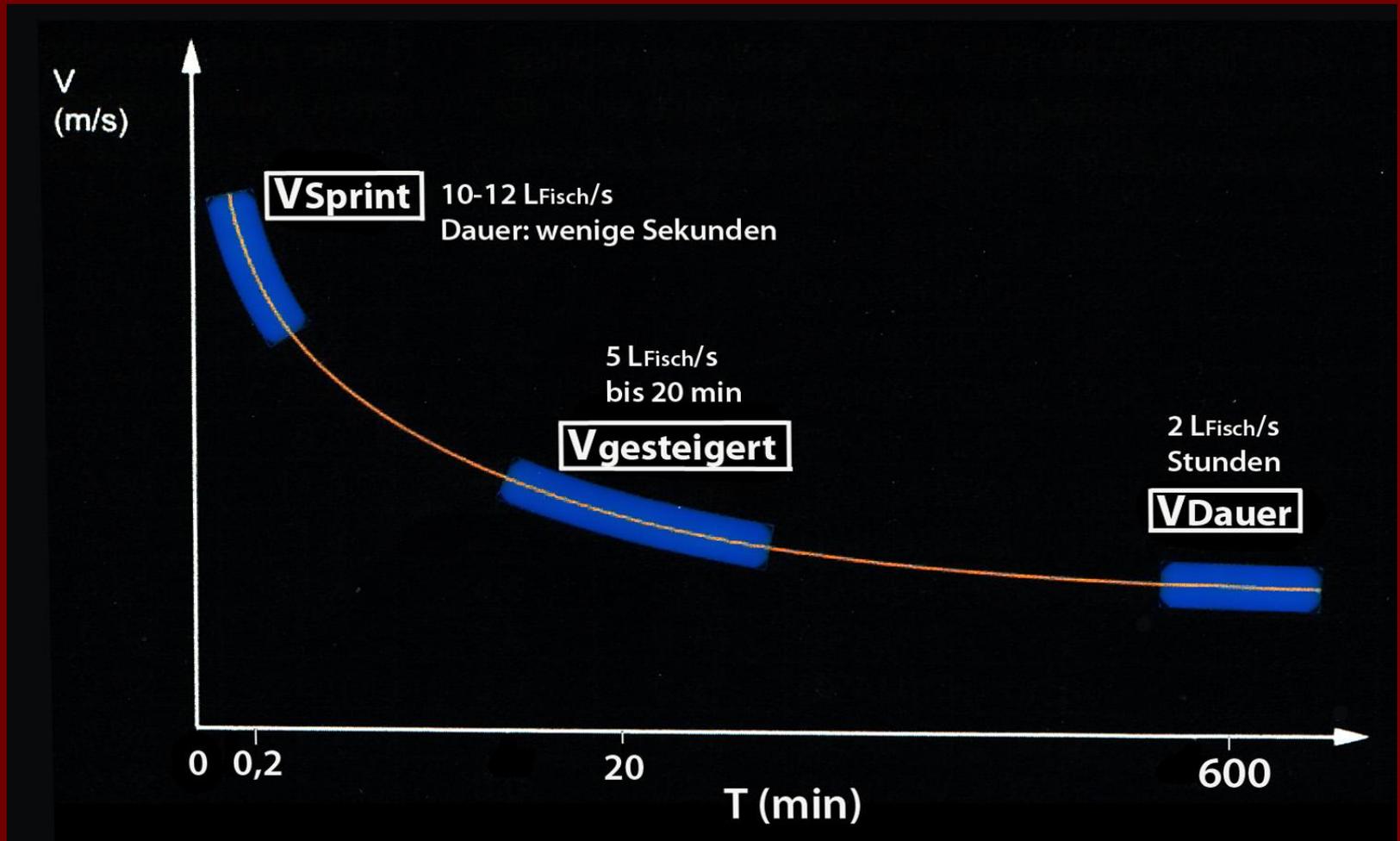
- **Feinrechen als Verhaltensbarriere.**
- **Schräggestellte Leiteinrichtungen, welche die Fische zu Abstiegsöffnungen führen, die direkt ins Unterwasser münden (Bypässe).**
- **Fallbeispiele und Effizienzen.**

Feinrechen als Verhaltensbarriere

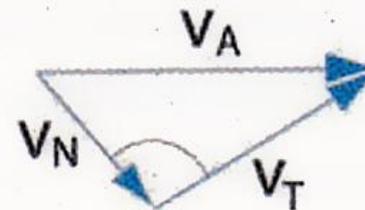
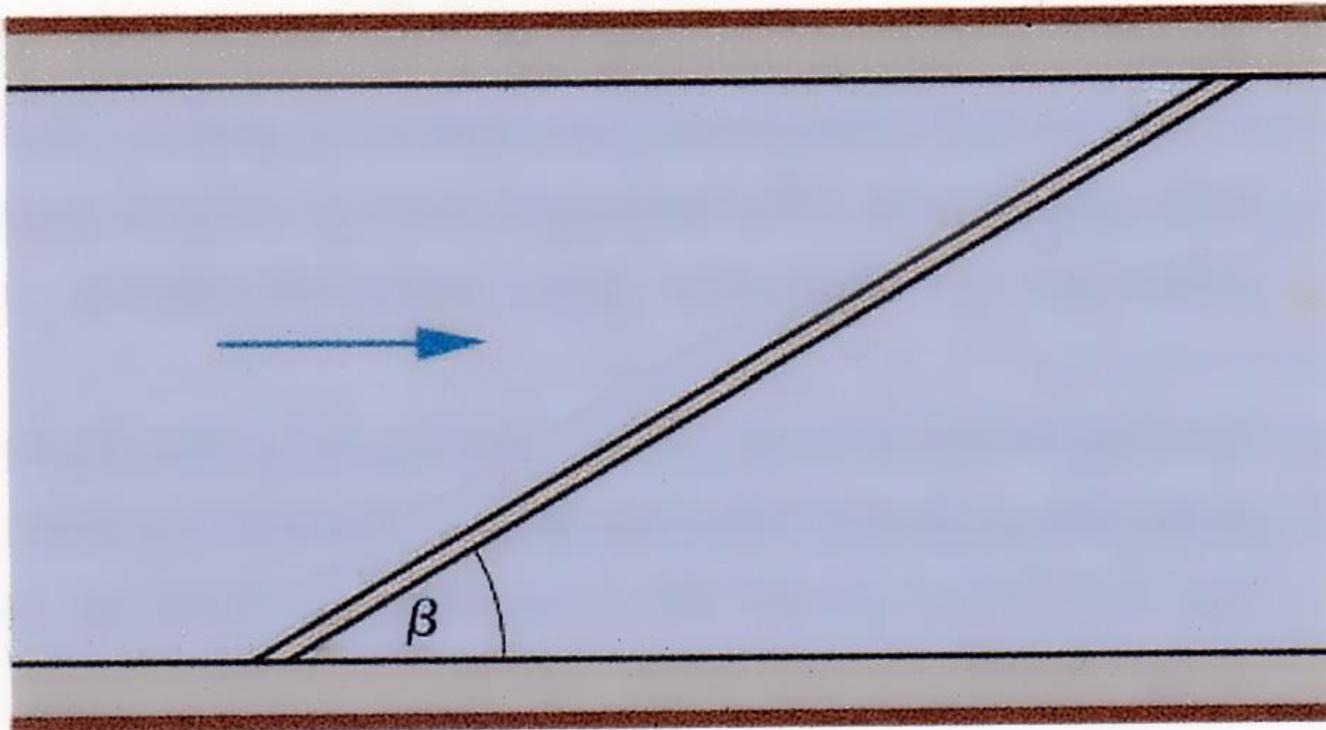
Die Turbulenzen an den Stäben/Lamellen des Feinrechens werden von den Fischen wahrgenommen (Seitenlinie) und gemieden, und zwar auch von Exemplaren, deren Körperdicken kleiner sind als die lichte Weite des Feinrechens.



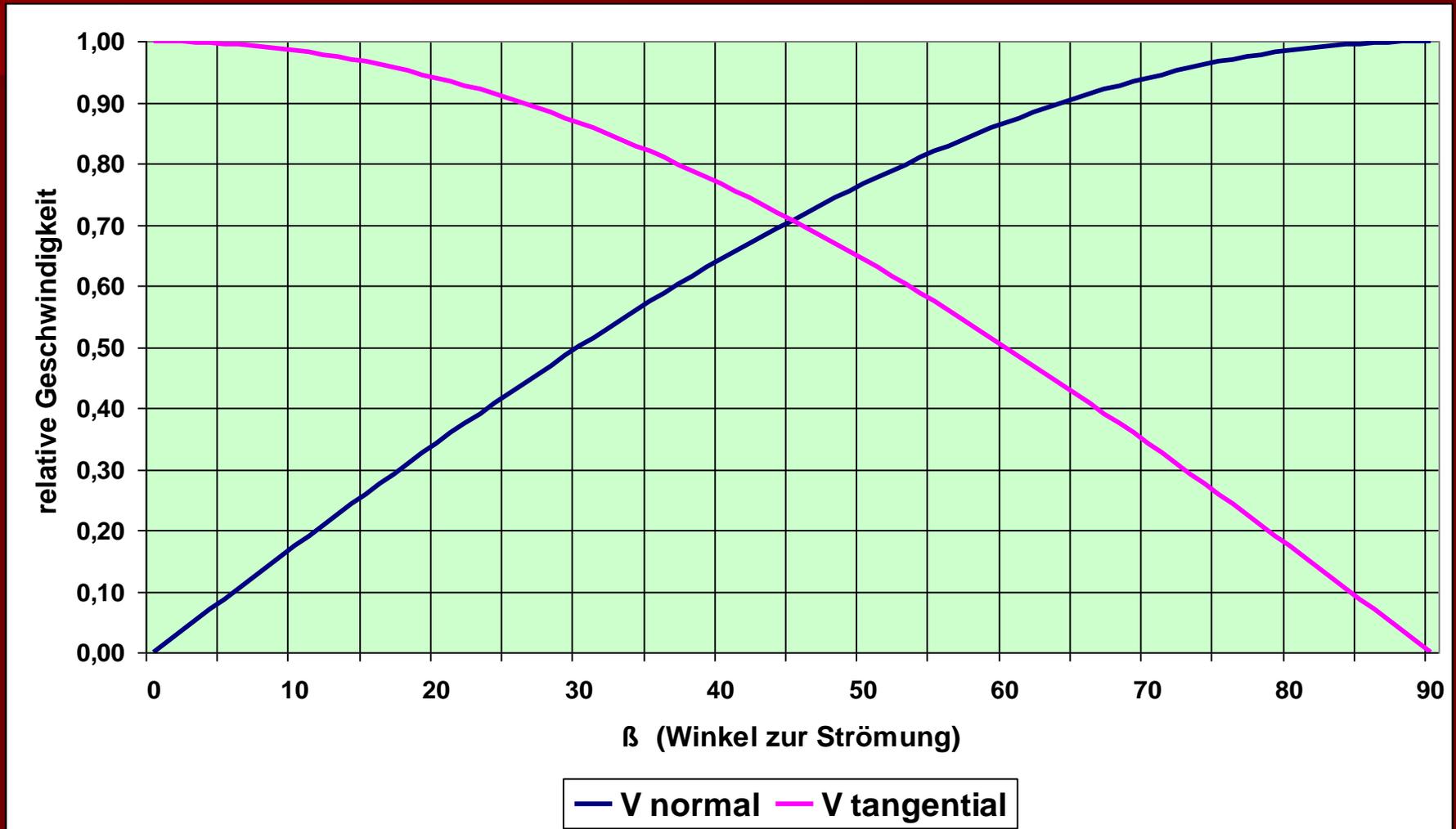
Für die Wirksamkeit als Verhaltensbarriere ist die **Anströmgeschwindigkeit** von entscheidender Bedeutung. **Ist sie zu hoch, driften die Fische durch den Rechen, ist sie zu nieder, dann haben sie Zeit zu suchen und schwimmen größtenteils durch den Rechen. Optimal sind Anströmgeschwindigkeiten, die im Bereich von $V_{\text{gesteigert}}$ ($=V_{\text{kritisch}}$), einer forcierten Schwimgeschwindigkeit liegen.**



Bei schräg gestellten Rechen wirken die Vektoren der Anströmgeschwindigkeit V_A sehr unterschiedlich auf Fische. V_N wirkt senkrecht zur Rechenfläche und presst die Fische an, V_T wirkt parallel dazu und treibt sie entlang der Rechenfläche stromab.



Diese Effekte werden ausgenutzt, um Fische in die Richtung von Bypässen zu leiten. Die optimalen Anstellwinkel liegen zwischen 10° und 20°, in Deutschland wurden 35° bis 45° bis jetzt realisiert.



Die Effizienz dieser Abstiegsanlagen ist umso besser

- **je kleiner der Winkel zwischen Rechen und Strömungsrichtung,**
- **je kleiner die lichte Weite des Rechens,**
- **je größer die Dotation des Bypasses und**
- **je geringer die Turbulenzen im Bereich des Bypasseintrittes sind.**

Im Bypass muß das Wasser schließlich eine Geschwindigkeit erreichen, die es auch den schnellsten Fischen unmöglich macht, dagegen anzuschwimmen.

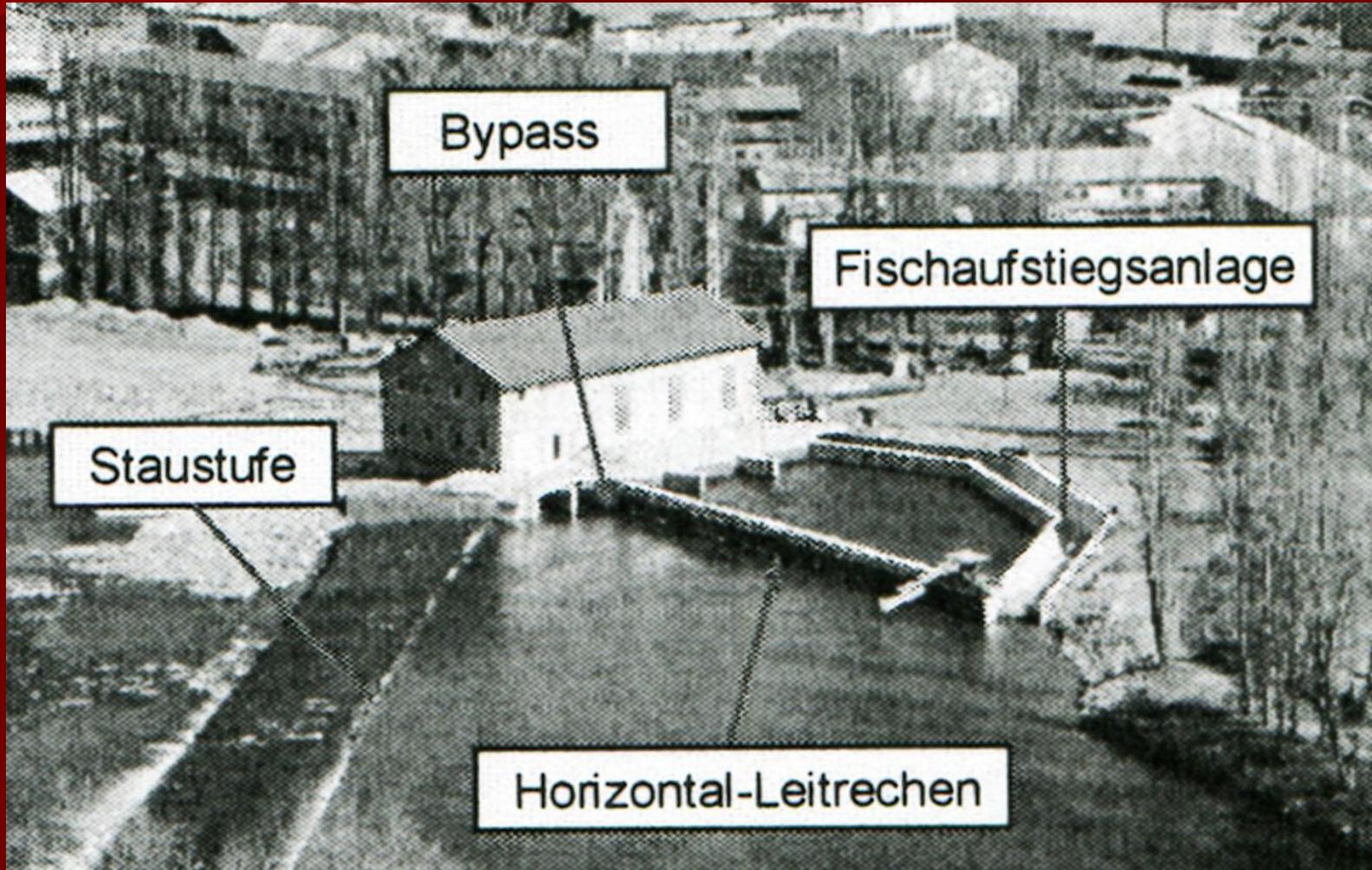
Bypässe, die nur während der Rechenreinigung dotiert werden, um das Rechengut ins Unterwasser zu schwemmen, funktionieren nicht, weil die Fische vor den Turbulenzen, die der bewegte Rechenkamm verursacht, ins Oberwasser flüchten.

Betriebserfahrungen an 7 Standorten in Deutschland mit Ausbaudurchflüssen zwischen 5 und 80 m³/s ergaben eine verletzungsfreie Passage von 30 Fischarten.

In den kommenden 2 Jahren ist die Inbetriebnahme mehrerer ingenieurbiologisch weiterentwickelter Abstiegsanlagen geplant.

Die folgenden Folien zeigen ein Beispiel der Evaluierungsergebnisse an einem der 7 Standorte.

Beispiel aus Deutschland: Wasserkraftanlage Rothenburg an der Saale



WKA Rothenburg: Allgemeine Daten

Lage

- Gewässer: untere Saale
- Bundesland: Sachsen-Anhalt
- Staustufe: Rothenburg (Flusskilometer 59,600)

Hydrographie und fischereibiol. Klassifizierung

- Gefälle: 0,03 %
- Gewässerbreite: 80 m
- MQ: 99,9 m³/s
- Fischregion: unt. Epipotamal / ob. Metapotamal

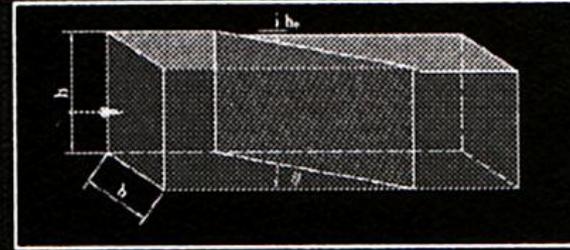
Wasserkraftanlage

- Typ: Buchtenkraftwerk (rechtes Wehrwiderlager)
- Ausbaudurchfluss: 60 m³/s
- Fallhöhe bei MQ: 2,35 m
- Turbinen: 3 Kaplan-Turbinen mit stehender Welle (d = 2,80 m, z = 4, n = 92 Umdrehungen/min)

WKA Rothenburg: Fischabstiegsanlage

Leitsystem

- Typ: Horizontalrechen
- Stabweite: 20 mm
- horizontaler Anströmwinkel $\leq 38^\circ$
- vertikaler Anströmwinkel: 90°
- Sohlleitwand: ja, Höhe = 0,60 m
- Rechenlänge: 50 m



Bypass

- Typ: schachtartiges Freispiegelgerinne (Fisch-Treibgut-Ableiter nach GLUCH 2007)
- Kanalbreite: 2,00 m
- Kanallänge: 12 m
- Dotation: $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei MQ Saale)

WKA Rothenburg: Funktionskontrolle

- 34 Kontrolltage (14 d Frühjahr + 20 d Herbst)
- 6.385 Individuen aus 29 Arten nachgewiesen
- häufigste Arten im Gesamtfang: Ukelei (66,8 % / 4.266 Individ.), Aal (18,9 % / 1.205 Individ.)
- Körperlänge 5 – 130 cm (Mittelwert: 24,5 cm, Mittelwert ohne Aal: 14,0 cm)

Interessant ist, dass der Ausbaudurchfluss der WKA Rothenburg nur 60% des MQ beträgt. Die Frage, ob das bei deutschen WKA üblich ist, wurde so beantwortet, dass auch Ausbaudurchflüsse bis etwa 10% über dem MQ vorkommen.

Die Abstiegsanlagen mit schräg angeströmten Horizontalrechen und schachtartigen Bypässen besitzen inzwischen **bei Anlagenbetreibern aufgrund ökonomischer Vorteile eine hohe Akzeptanz:**

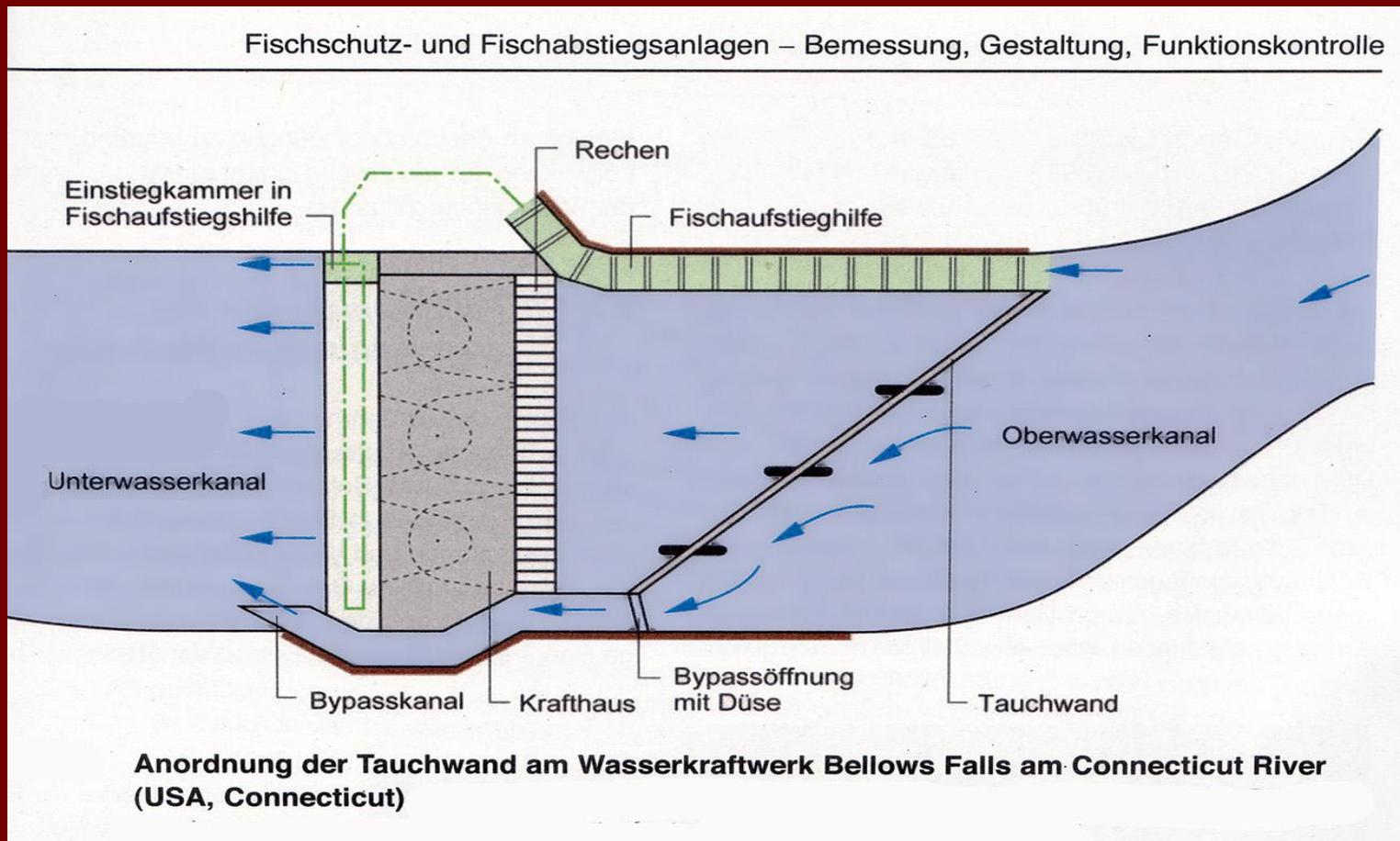
- **keine Treibgutentsorgungskosten** (Treibgutweiterleitung ins Unterwasser),
- vergleichsweise **geringe Rechenverluste**,
- **nur 1 Rechenreinigungsmaschine**,
- **partielle Selbstreinigung des Rechens** durch tangentialen Strömungsvektor,
- **vorteilhafte Eigenschaften im Winterbetrieb** (Ableitung von Eisschollen und
- **minimale Unterhaltungsaufwendungen** zur Bypassfreihaltung.

Beispiel aus den USA: Bellows Falls, Connecticut River

Die Leitfunktion wird hier von einer **Tauchwand** übernommen.

Sie ist **63 m lang** und hat eine Eintauchtiefe von 4,6 m. Die 3 Turbinen weisen zusammen einen Durchfluss von $297 \text{ m}^3/\text{s}$ auf, der **Bypass** wird mit $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ dotiert (**knapp 2% des Turbinendurchflusses**).

84% der ankommenden Fische gehen durch den Bypass.



Gesamtansicht der Anlage.

Im Vordergrund die Tauchwand, am linken Ende die Bypassöffnung.



Fisch schonende Maßnahmen in anderen Ländern

*Die meisten Fisch schonenden Einrichtungen sind **in den USA** verwirklicht. In einigen Bundesstaaten werden von den Genehmigungsbehörden **funktionsfähige Fischschutz- und Abstiegsanlagen vorgeschrieben, deren Effizienz vom Betreiber nachzuweisen sind.** Auch in den Niederlanden, England und Frankreich werden in größerem Umfang Anlagen zum Schutz abwandernder Fische betrieben, Deutschland holt in den letzten Jahren merklich auf. (In Österreich ging das erste Kraftwerk mit einer Fischabstiegshilfe 2009 an der Salzach in Werfen in Betrieb.)*

Das Wichtigste in Kürze

Für die Erhaltung/Wiederherstellung intakter Fischpopulationen sind Flussaufwärts- und Flussabwärtswanderungen gleich wichtig.

Als beste Möglichkeit, Fische verletzungsfrei an Turbinen vorbei ins Unterwasser zu bringen haben sich schräg gestellte Horizontalrechen bewährt, welche die Fische zu Bypässen leiten. Diese Rechen dürfen zur Flussrichtung maximal 40° geneigt sein und eine lichte Weite von maximal 20 mm aufweisen. Die Dotation des Bypasses muss mindestens 1,5% der ankommenden Wassermenge ausmachen.

Fischfreundliche Turbinen sollen bei neuen WKA zwingend vorgeschrieben werden, ebenso beim Turbinentausch.

Da wir in Österreich keine Meerwanderer haben (Störe sind bei uns ausgestorben) besitzt eine vollständige Durchgängigkeit der Donau derzeit keine Priorität. Allerdings müssen für Wanderarten wie z.B. Barbe und Nase einige WKA durchgängig gemacht werden um die benötigten Lebensräume herzustellen.

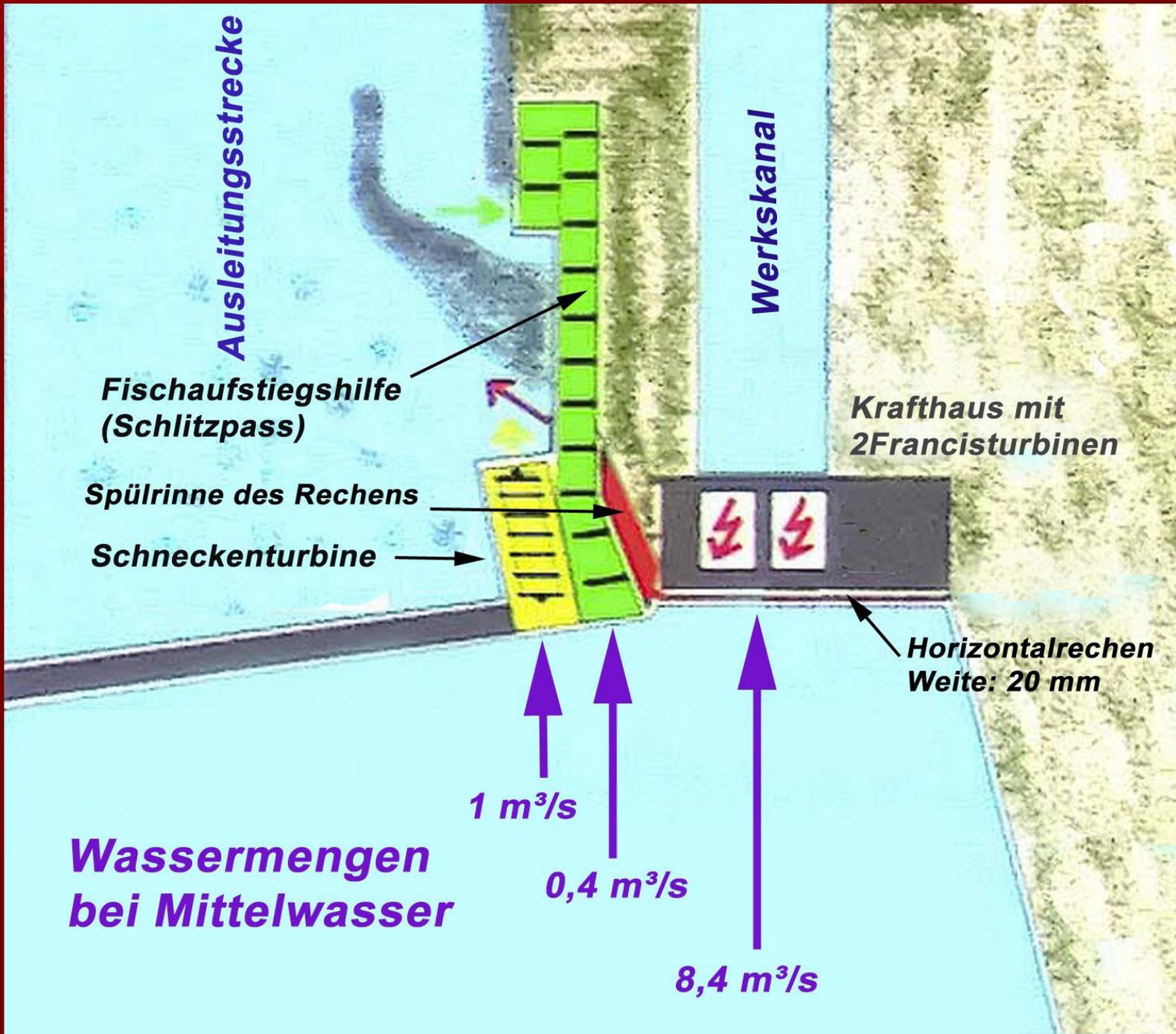
Funktionskontrollen nachträglich errichteter Fischaufstiegs- und Fischableitanlagen am Vilskraftwerk der Stadtwerke Vilshofen

Dipl. Ing. Johannes Schnell, Landesfischereiverband Bayern
und Dipl.Biol. Manfred Ache, Büro für gewässerökologische Fragestellungen.
Funktionskontrollen 2011/2012

Die Vils hat im Untersuchungsgebiet ein MQ von $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und gehört zur Barbenregion. Das KW ist mit 2 Francisturbinen ausgestattet, welche für je $5 \text{ m}^3/\text{s}$ Ausbaudurchfluss ausgelegt sind. Damit können bis zu 150 kW Wirkleistung erzeugt werden. Es gab keinerlei Vorkehrungen für einen Fischauf- bzw. -abstieg.

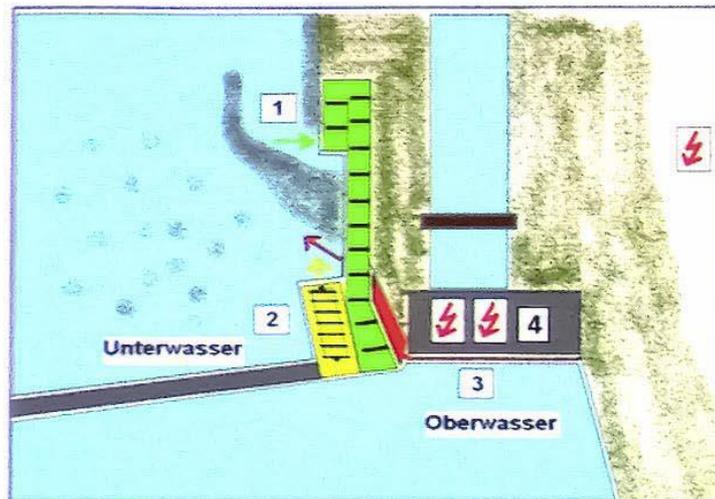
Im Rahmen der EEG-Förderung wurde

- ▶ eine Fischaufstiegshilfe (vertical Slot) mit einer Dotation von 400 l/s errichtet,
- ▶ eine zusätzliche Dotation der Ausleitungsstrecke von 1000 l/s über eine Wasserkraftschnecke realisiert, welche einerseits Fischen einen weitgehend schadlosen Abstieg ermöglichen soll, andererseits dem Betreiber etwa 30 kW Leistung bringt,
- ▶ und schließlich der Vertikalrechen durch einen Horizontalrechen mit einer lichten Stabweite von 20 mm ersetzt, an den eine Spülklappe für Oberflächenwasser angeschlossen wurde. Die Rechenreinigungsanlage fährt von Zeit zu Zeit das Rechenfeld ab und verfrachtet dabei Treibgut zur Spülklappe, die während des Reinigungsvorganges geöffnet wird. Dort fällt es etwa 3 m tief in eine Rinne und dann weiter ins Unterwasser. Auf diese Weise sollen auch Fische schadlos an der Turbine vorbei ins Unterwasser gelangen.



Wanderbilanz

Korridor / Zeitraum	Stunden	1	2	3	4	Summe [n]	1	2	3	4
		FAA [n]	Schnecke [n]	Spülrinne [n]	Francis [n]		FAA [%]	Schnecke [%]	Spülrinne [%]	Francis [%]
Jul 10	200	109	134	259	913	1.415	8%	9%	18%	65%
Nov./Dez. 10	268	21	571	822	9.771	11.185	0%	5%	7%	87%
Mai 11	260	63	151	74	963	1.251 (84 h)	5%	12%	6%	77%
Summe	728	193	856	1.155	11.647	13.851	1%	6%	8%	84%

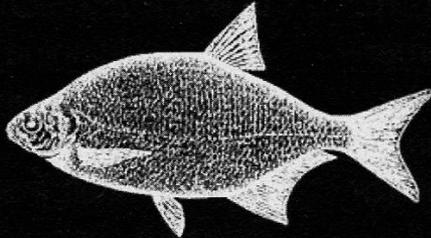
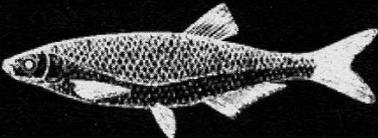
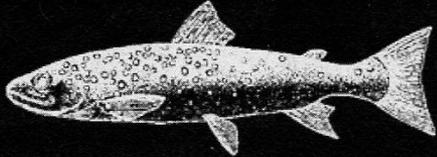


Tödliche Verletzungen

Francisturbine:	5721	(von 11 647 Absteigern)	= 49%
Schnecke:	62	(von 856 Absteigern)	= 7%
Spülklappe:	86	(von 1 155 Absteigern)	= 7%
<u>Insgesamt:</u>	<u>5869</u>	<u>(von 13 851 Absteigern)</u>	<u>= 42,4%</u>

Die meisten Fische wanderten in der Periode Herbst/Winter ab – über 1000 Fische pro Tag, davon 58% Brachsen und 24% Lauben.

Tabelle 5.2: Relevante Körpermaße und Proportionen von Fischen verschiedener Körperform (SCHWEVERS, 2004)

Körperform	Beispiel	Profil	Querschnitt	K_{hoch}	K_{dick}
hochrückig	Brachsen			0,30	0,10
langgestreckt bis torpedoförmig	Ukelei			0,23	0,10
	Bachforelle			0,17	0,10
aalförmig	Aal			0,05	0,05

Brachsen ab 8 cm Körperlänge haben eine Körperhöhe von 2,4 cm und können demnach den Horizontalrechen mit seiner lichten Weite von 2 cm in normaler Schwimmhaltung nicht durchschwimmen. Wie das erste Diagramm der folgenden Folie zeigt, passierten aber 99,9% der Brachsen bis zu einer Körperlänge von 15 cm im Normalbetrieb (die Spülklappe ist nur bei Abwurf des Rechengutes geöffnet) den Rechen, nachdem sie sich um 90° um die Längsachse gedreht hatten.

Das zweite Diagramm zeigt die Situation, wenn die Spülklappe kontinuierlich mit 150 l/s dotiert wird. Etwa 97% der Brachsen ab 8 cm Körperlänge finden die Spülklappe und werden an der Turbine vorbeigeleitet.

Es ist offensichtlich so, dass die Fische erst nach erfolglosem Suchen nach einer Abstiegsmöglichkeit mit einer Körperdrehung den Rechen durchschwimmen.

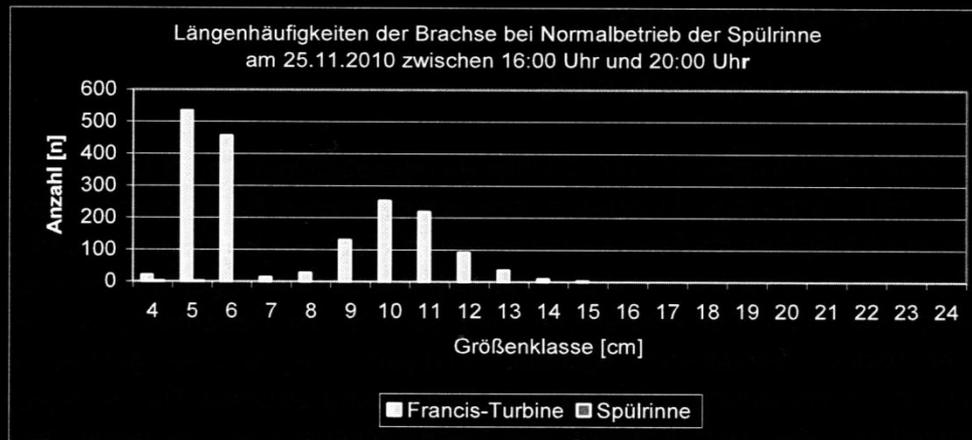


Abbildung 5: Längenhäufigkeit der Brachse/Brasse bei Normalbetrieb der Spülrinne am 25.11.2010 zwischen 16:00 Uhr und 20:00 Uhr (Spülklappe nur während der Rechenreinigung offen)

Ein völlig anderes Bild zeigt sich am 29.11.2010, als die Spülrinne im Dauerbetrieb mit etwa 150 l/s dotiert wurde (Abbildung 6). Während die Mehrzahl der kleineren Fische weiterhin über die Francis-Turbinen abwanderte, wählten Fische ab einer Länge von etwa 9 cm zunehmend den Weg über die Spülrinne, um nach unten zu wandern.

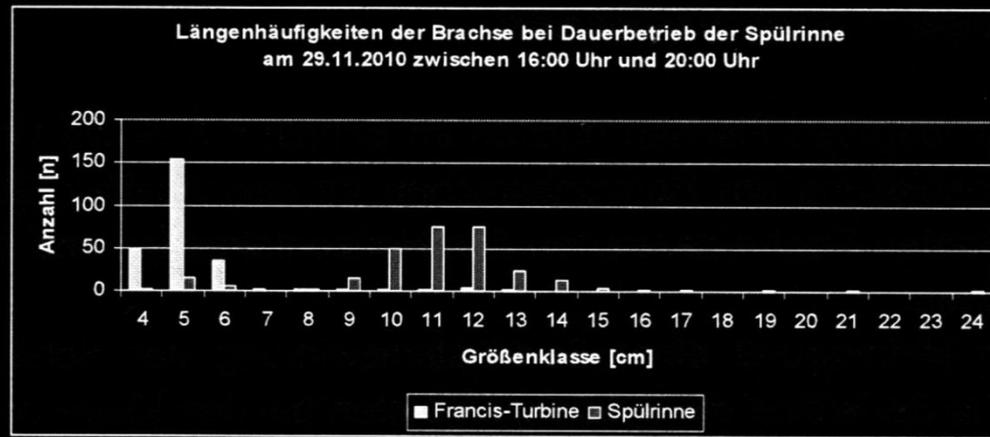


Abbildung 6: Längenhäufigkeit der Brachse/Brasse bei Dauerbetrieb der Spülrinne am 29.11.2010 zwischen 16:00 Uhr und 20:00 Uhr

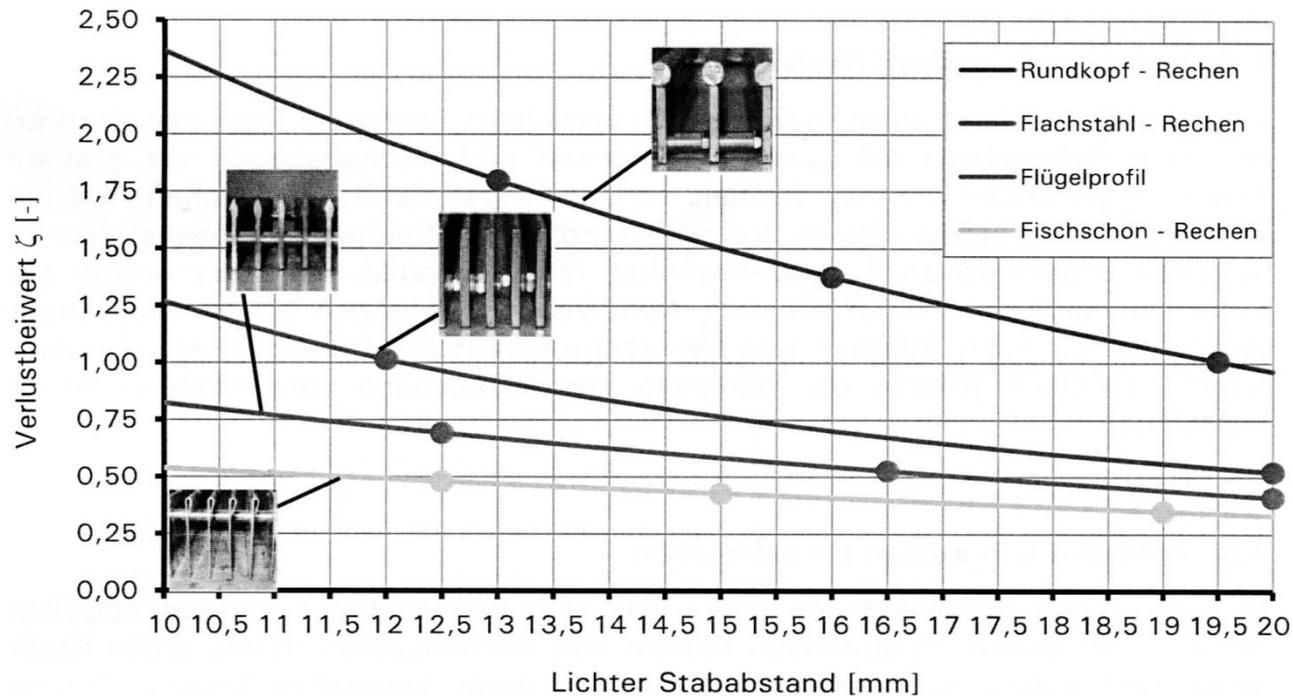


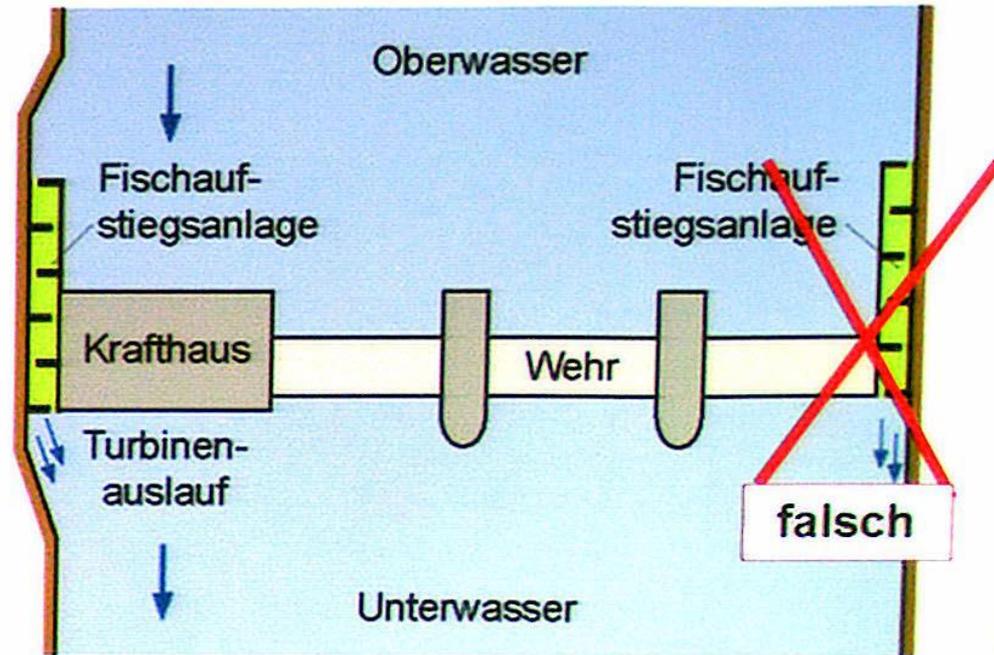
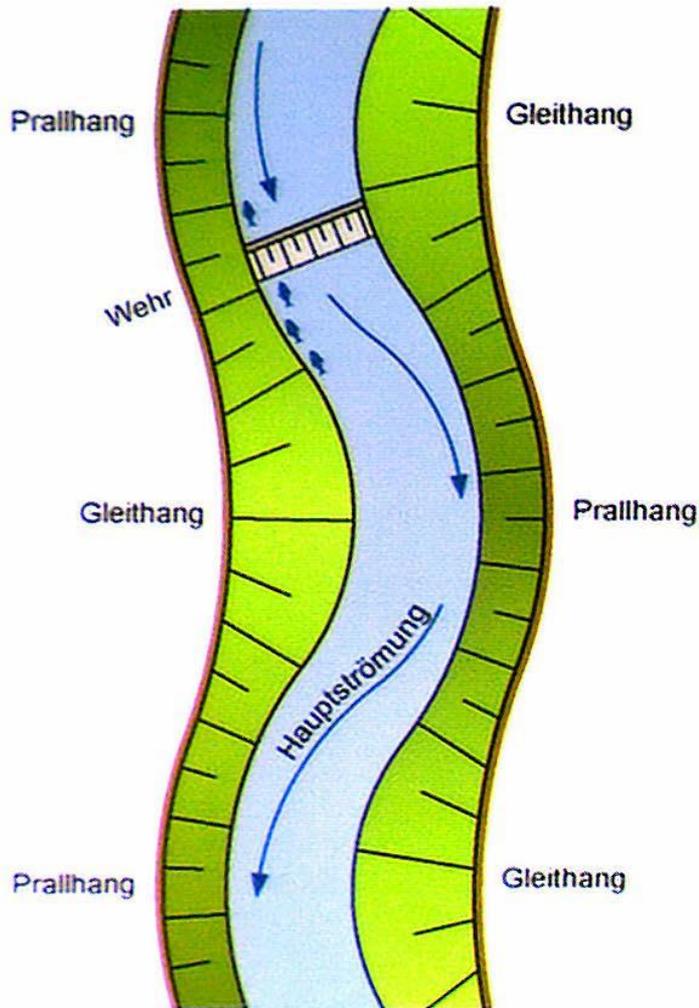
Abb. 3: Verlustbeiwerte in Abhängigkeit vom Stababstand (Verluste für senkrechte Anströmung für saubere Rechenstäbe und Querverbinder ohne Unterbau)

Die Verlusthöhe ist zu berechnen mit der Formel:
$$\Delta h = \zeta * \frac{v^2}{2g}$$

Für die derzeit häufig geforderte Anströmgeschwindigkeit von 0,50 m/s ergibt sich zum Beispiel für den 10-mm- Fischechonrechen eine Verlusthöhe von 7 mm. Beim Flügelprofil wären es 10 mm. In beiden Fällen sind die Verluste praktisch vernachlässigbar.

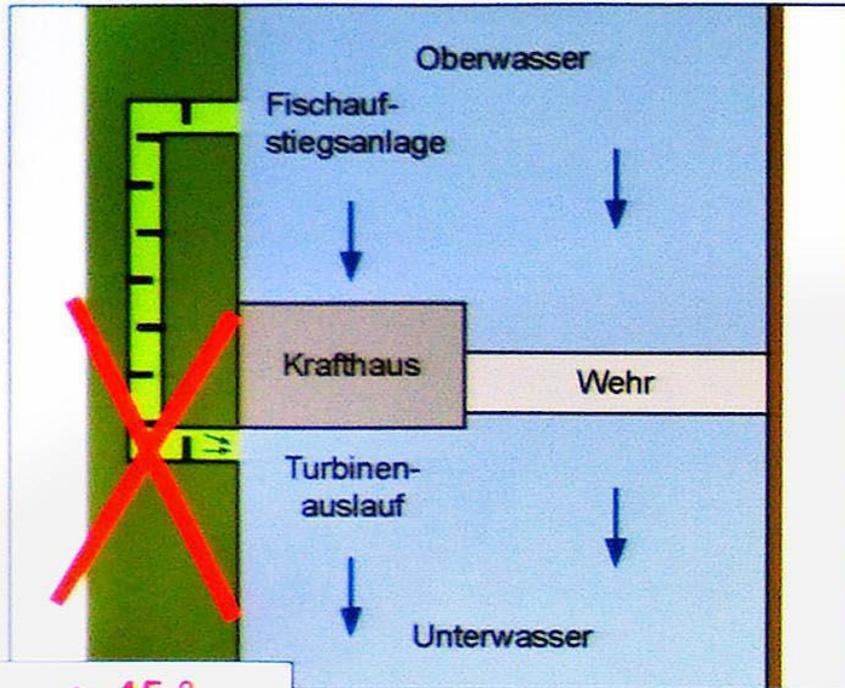
Fischaufstiegshilfen

Lage FAA stets in der Hauptströmung

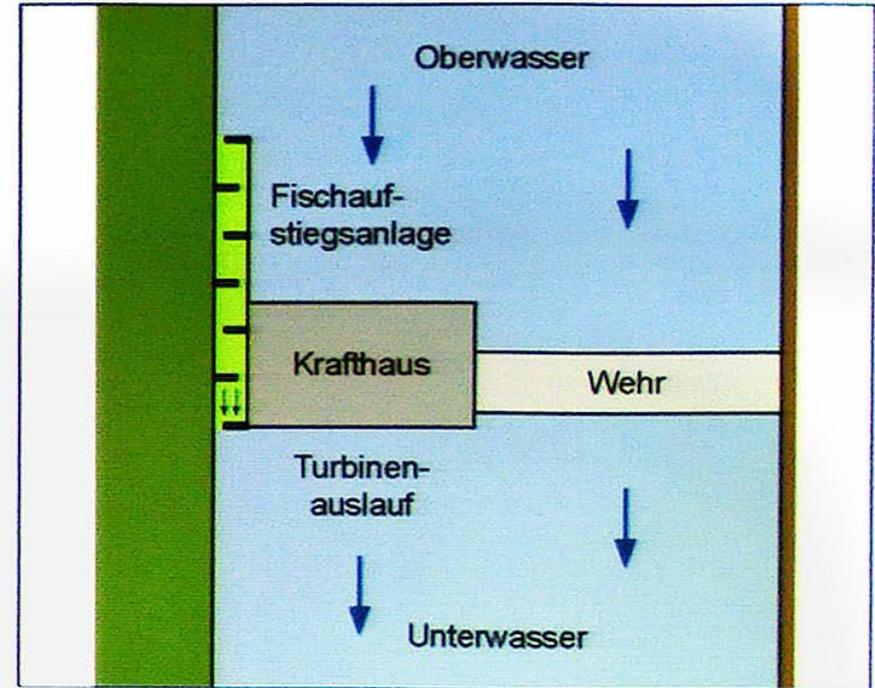


Bilder: Handbuch Querbauwerke NRW

Mündungswinkel



> 45°
falsch

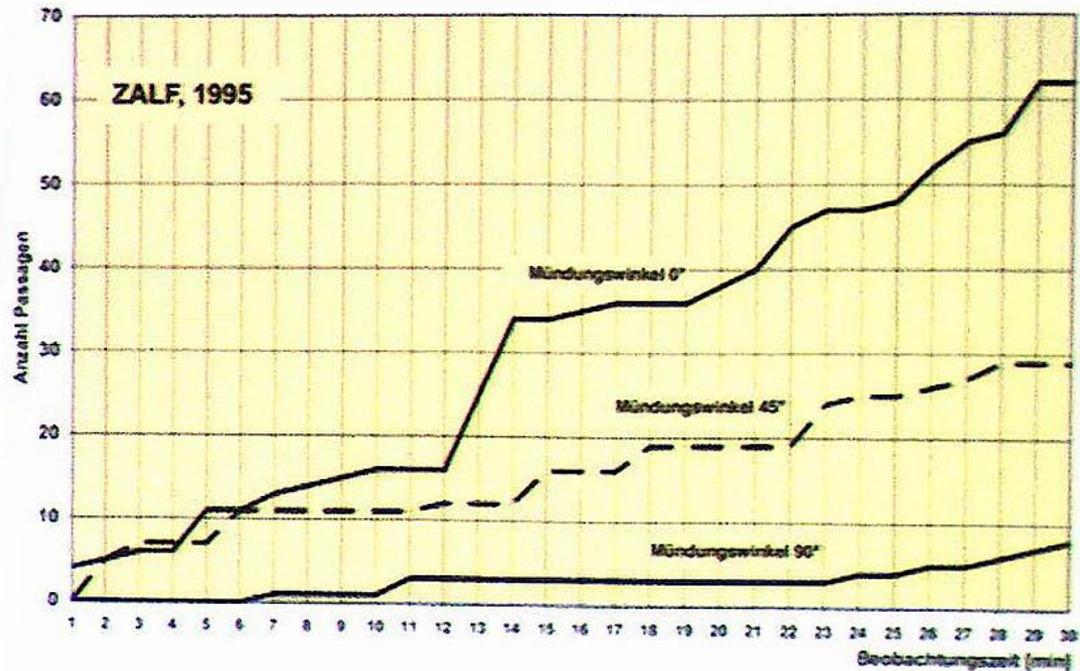
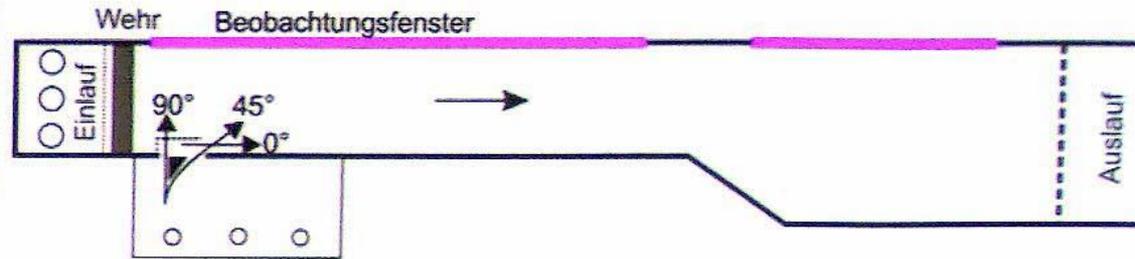


2012/3/6 11

Mündungswinkel des Einstiegs

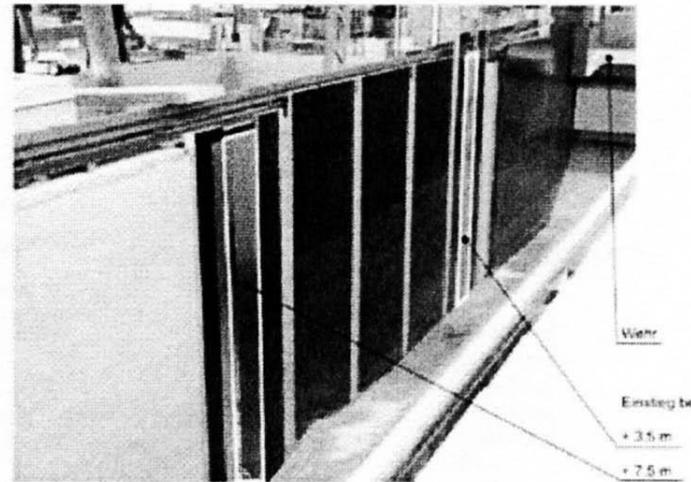
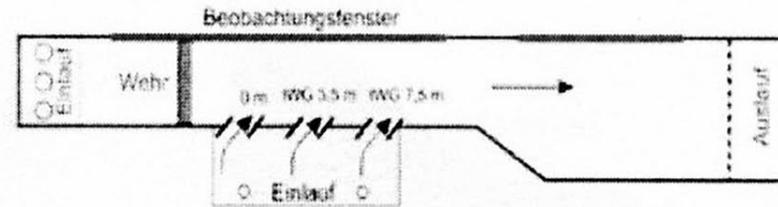
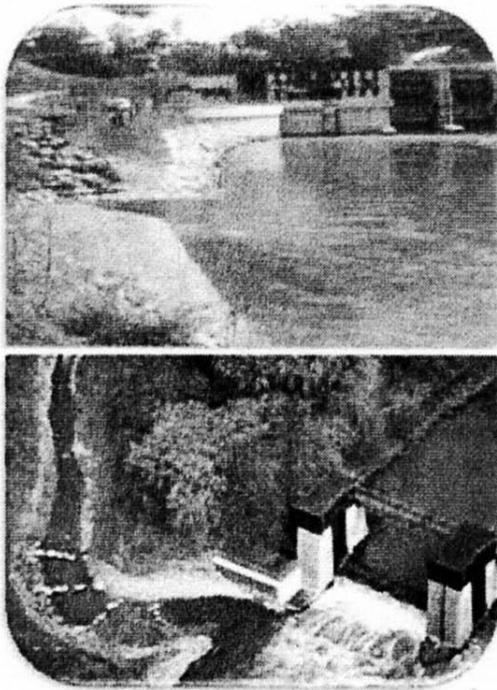


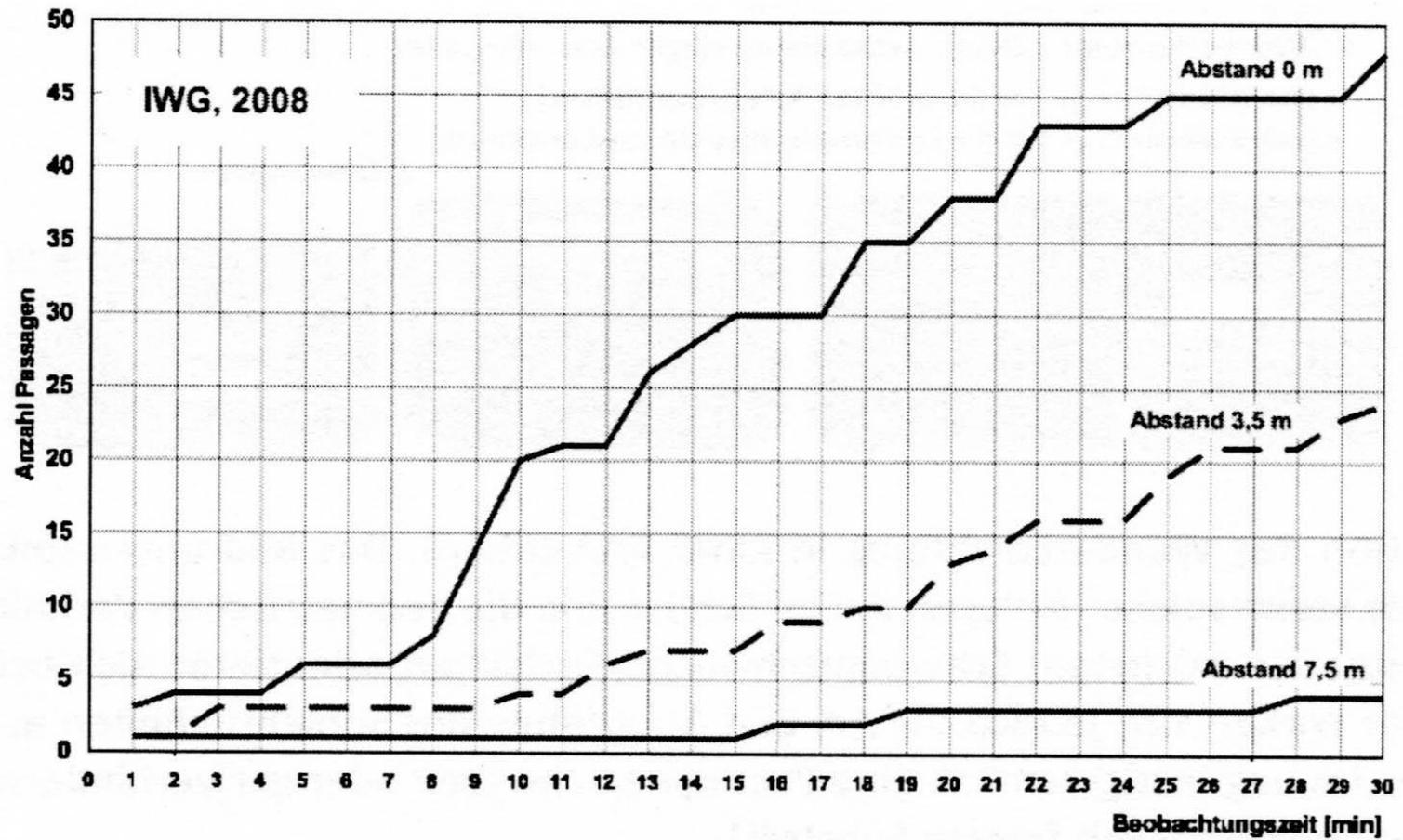
Ändert sich die Auffindbarkeit mit dem Winkel mit dem eine FAA ins Unterwasser mündet?



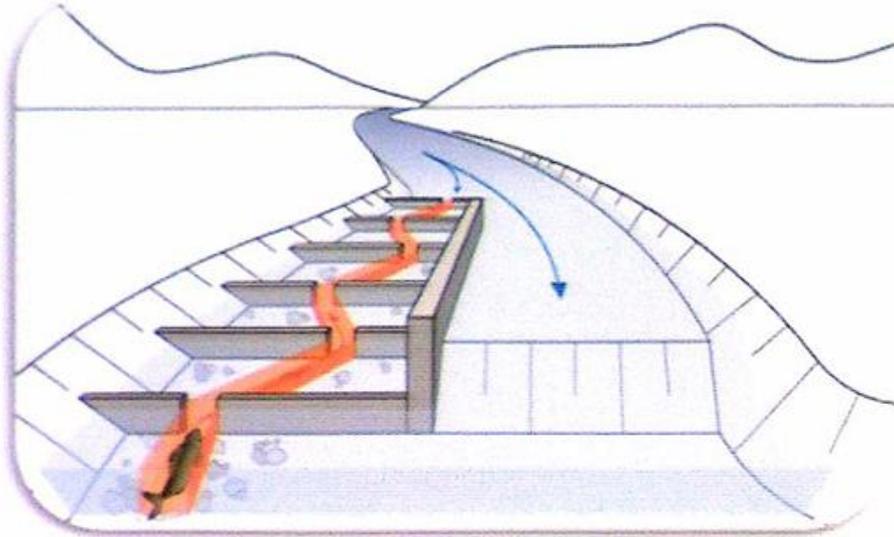
Abstand des Einstiegs vom Auslauf

Zur Ermittlung der optimalen Lage des Einstiegs in eine FAA relativ zur Lage des Wanderhindernisses wurden Einstiegsöffnungen in unterschiedlichen Abständen vom Wanderhindernis im ethohydraulischen Versuch realisiert (rechts). Die Fotos links zeigen eine direkte Positionierung des Einstiegs beim Wanderhindernis (unten) und eine Anbindung weiter unterhalb des Wanderhindernisses (oben) an.





Passierbarkeit des Wanderkorridor hängt wovon ab?



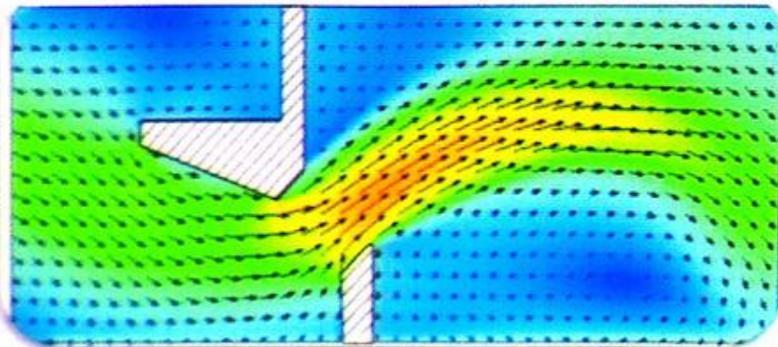
Wanderkorridor:

- ein virtueller Raum mit den Proportionen des größten zu erwartenden Fisches
- ohne Unterbrechung durchgehend vom Unter- bis zum Oberwasser
- von der Oberfläche bis zur Sohle

Im Wanderkorridor müssen nachweisbar eingehalten sein, alle:

- **geometrischen** (= für die größten Arten/Exemplare)
- **hydraulischen** (= für die leistungsschwächsten Exemplare)

... Grenzwerte.



2012/3/6 11:1

Substrattyp

**mittlere Höhe
der Steine (cm)**

**mittlerer
Abstand (cm)**

**Steine
pro m²**

A



13

72

5

B



26

36

7

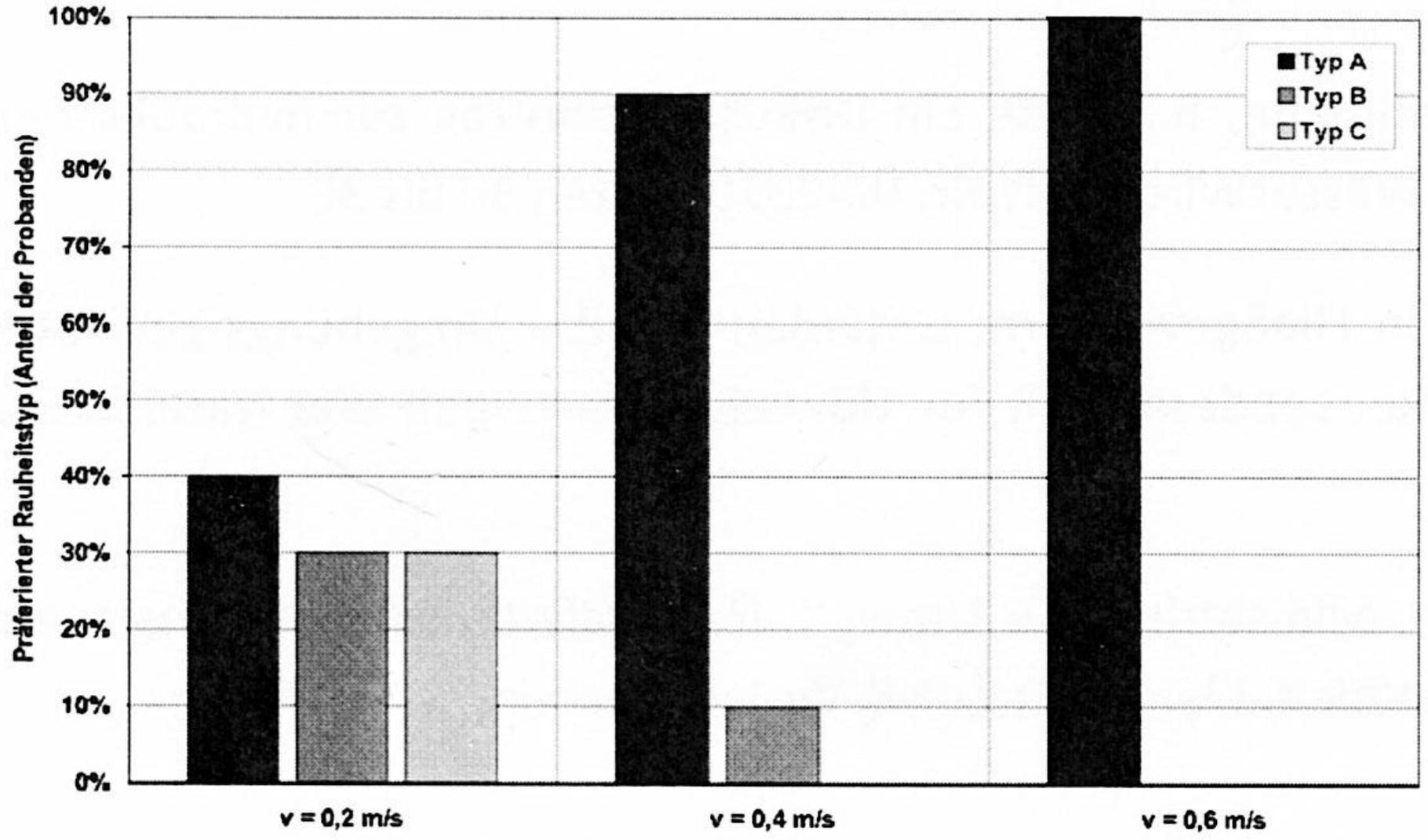
C



26

18

9



Sohlensubstrat

Wie muss das Sohlensubstrat
beschaffen sein, damit es
leistungsschwachen
Schwimmern gerecht wird ?



Fließrichtung ←



Quellen

- **M. Holzner: Untersuchungen zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich dargestellt im Kraftwerk Dettelbach am Main, München 1999, Bezug: Landesfischereiverband Bayern.**
- **DWA –Themen: Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle, 2. korrigierte Auflage 2005, ISBN 3-934063-91-5.**
- **Sachverständigentagungen in Fulda 2010 und 2012, Schwerpunkt Fischwanderung.**

Ende