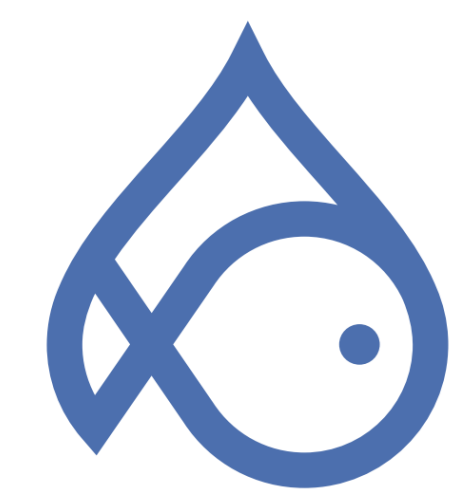


# Ökologische Optimierung der Fischpassagen durch Turbinen

## - IDA -



### Background

#### Schädigung von Fischen bei der Turbinenpassage

Abwandernde Fische können bei der Passage von Wasserkraftanlagen in den Turbinen potenziell verletzt oder getötet werden. Die entsprechenden Schädigungsraten sind ggf. durch Maßnahmen zu Fischschutz und Fischabstieg auf gewässerökologisch bzw. rechtlich zulässige Werte einzugrenzen. Bewertungsmaßstab hierfür ist i.d.R. der Schutz der Fischpopulation [1].

Die tatsächlichen Schädigungsraten einer Wasserkraftanlage lassen sich einerseits durch spezielle experimentelle Untersuchungen bestimmen. Andererseits stehen Modelle zur Prognose der Schädigungsraten zur Verfügung. Bei korrekter Anwendung können diese Methoden die Höhe der Schädigungsraten und ihre Zusammenhänge mit relevanten Parametern klären [2].

#### Abhängigkeiten der Schädigungsraten

Die Schädigungsraten von Fischen bei der Turbinenpassage hängen grundsätzlich ab von:

- Turbinentyp, Turbinenauslegung und Betriebszustand
- Fischart und Entwicklungsstadium/Fischgröße

Detailliertere Betrachtungen zeigen zudem einen Einfluss von Parametern, die durch das Fischverhalten bestimmt werden [3]:

- Position des Turbinendurchgangs (vgl. Abb. 1)
- Ausrichtung des Fischkörpers bezüglich Strömungsrichtung und Laufradebene
- Schwimmbewegungen des Fischen.

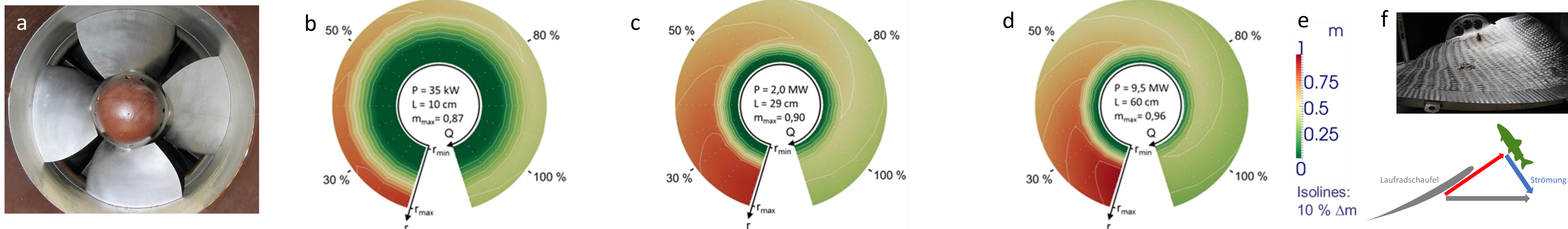


Abb. 1: a: Draufsicht eines Kaplan Laufrads; b, c, d: Berechnete Mortalitätsraten  $m$  für verschiedenen Größenklassen von Kaplan-Turbinen (vgl. Leistung  $P$ ) und Fischlängen  $L$  in Abhängigkeit von Passageradius  $r$  und Turbinendurchfluss  $Q$ ; e: Legende zu  $m$ ; f: Beispielhafte Ansicht einer Kaplan-Laufradschaufel (oben) und schematische Darstellung zur Herleitung von Schädigungswahrscheinlichkeiten anhand der Laufradbewegung und Strömungsverhältnisse

### Basic Principle and Technology Concept

#### Fischverhalten bei der Turbinenpassage

Das tatsächliche Verhalten der Fische bei der Turbinenpassage lässt sich durch einen Abgleich konkurrierender Modellierungen und experimenteller Befunde zur Schädigung rückschließen [4]. Dies zeigt als typisches Passageverhalten:

- Passage am mittleren Radius
- Rheotaktische Ausrichtung/parallel zur lok. Strömungsrichtung
- Keine relevante Schwimmggeschwindigkeit

Die Passage der Turbine erfolgt somit nicht derart, dass die damit verbundenen Belastungen und resultierende Schädigungsraten minimiert werden.

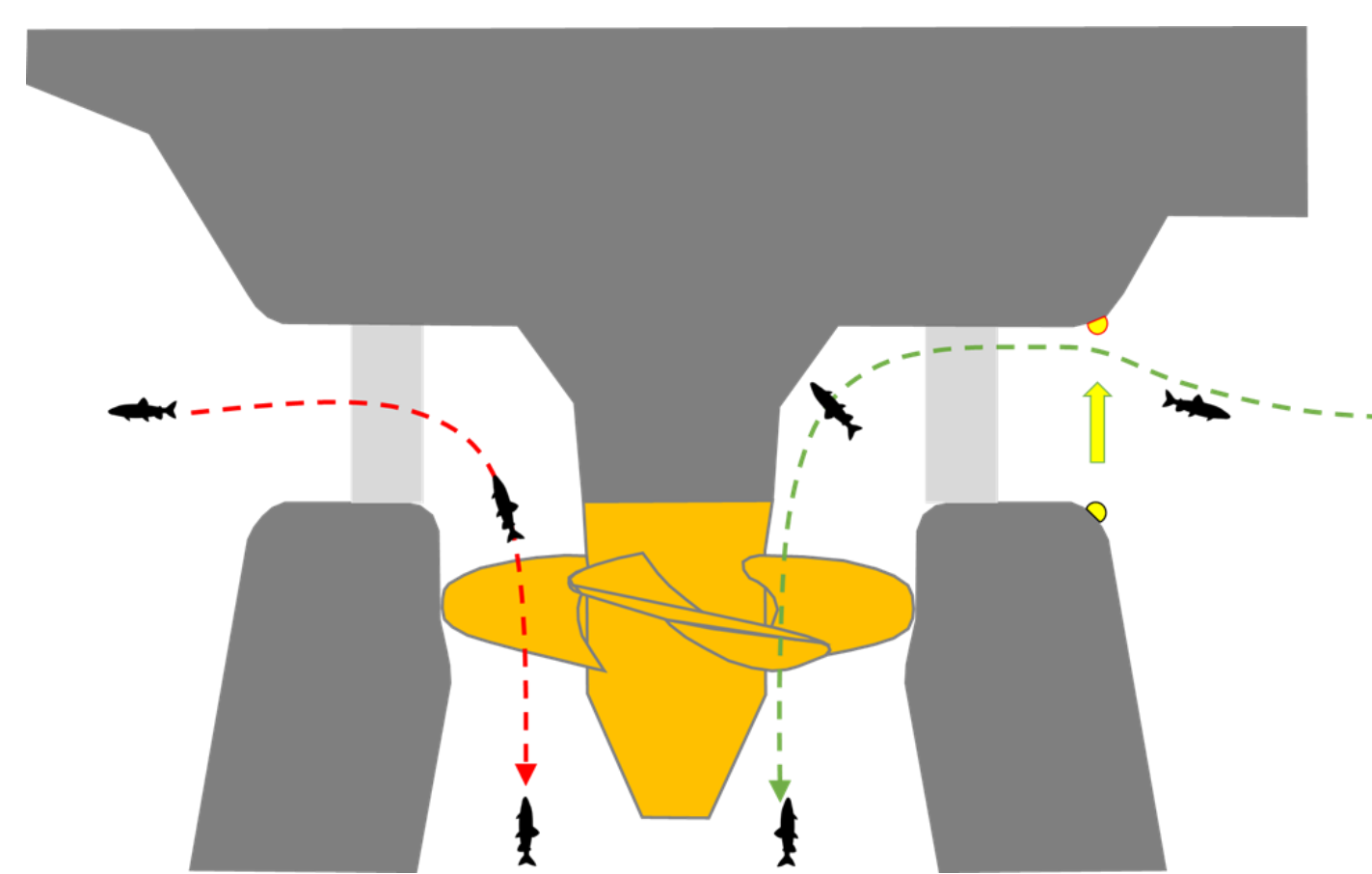


Abb. 2: Schematischer Schnitt einer vertikalachsigen Kaplan-Turbine mit typischer Fisch-Trajektorie (links, rot) und einer mittels IDA ökologisch optimierten Fischspassage (rechts, grün)

#### Verhaltensoptimierung: IDA

Durch eine gezielte Manipulation des Fischverhaltens vor bzw. während der Turbinenpassage können die Belastungen und die Schädigungsraten der Fische reduziert werden (IDA-Prinzip) [3]. Im Fall gängiger Kaplan-Turbinen erfordert dies:

- die Fisch-Trajektorie zur Nabe hin verlagern (vgl. Abb. 2),
- die Ausrichtung des Fisch-Körpers anpassen (z.B. zufällig),
- eventuelle Schwimmbewegungen unterdrücken

Wie stark die Schädigungsraten reduziert werden können, hängt ab von Turbinengestaltung, Betriebszustand, Fischart und -größe.

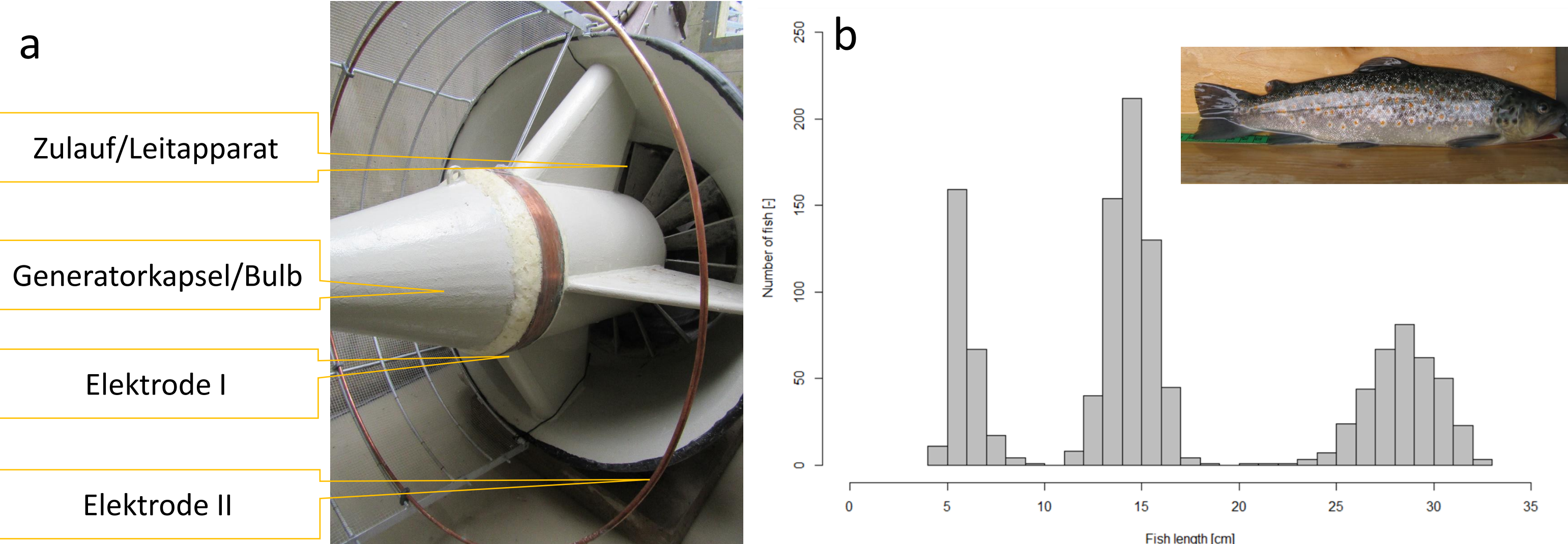
### Proof of Concept

#### Technische Umsetzung

Die spezifische Elektrosensitivität der Fische stellt eine vorteilhafte Möglichkeit für eine einfache und effiziente Umsetzung der IDA-Technologie dar. Die Wirkung elektrischer Felder auf Fische wird z.B. in der Elektrofischereipraxis regelmäßig eingesetzt. Bei korrekter Anwendung ist der Einsatz für die Fische unschädlich und gliedert sich mit steigender Feldstärke in folgende Wirkungsweisen:

- Vermeidung des Feldbereiches bei geringen Feldstärken
- Elektrotaxis: zwangsläufige Bewegung zur Anode
- Elektronarkose: Betäubung der Fische

Darüber hinaus kann eine Umsetzung der IDA-Technik grundsätzlich auch mit anderen Stimuli oder Kombinationen verschiedener Reize erfolgen.



#### Fischbiologische Untersuchungen

Im Rahmen des EU Horizon 2020 Projektes FITHydro wurden an einer 35 kW Kaplan Turbine auf dem Versuchsgelände der Technischen Universität München in Obernach Untersuchungen durchgeführt [3]. Bei dem Versuchsvorhaben kamen 1201 Bachforellen mit Totallängen von 5 bis 33 cm zum Einsatz, und es wurden verschiedene Lastzustände der Turbine berücksichtigt. Die Ergebnisse bestätigten den Einfluss des Fischverhaltens auf die resultierenden Schädigungsraten bei der Turbinenpassage.

Die IDA Verhaltensbeeinflussung wurde durch zwei Ring-förmige Elektroden im Zuströmbereich der Turbine und eine entsprechende Spannungsversorgung realisiert (Abb. 4). Gegenüber der normalen Turbinenpassage konnten die Schädigungsraten hiermit für alle untersuchten Fischgrößen und Lastzustände reduziert werden. Die Schädigungsraten wurden um rund 55 % verringert.

Abb. 4: a: Elektrodenanordnung an der 35 kW Kaplan-(Bulb)-Turbine an der TUM; b: Größenverteilung der eingesetzten Bachforellen und exemplarische Ablichtung eines Individuums; c: Beobachteten Mortalitätsraten für unbeeinflusste Passage (normal) und Passage unter IDA-Einsatz in Abhängigkeit der Fischgröße; die drei Größenklassen der Fische wurden hierzu gruppiert und sind mit der durchschnittlichen Totallängen (TL) der Gruppen referenziert, Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle (Clopper-Pearson)

### Perspective

An geeigneten Standorten können durch die IDA-Technik die Schädigungsraten beim Fischabstieg von unzulässig hohen Werten soweit gesenkt werden, dass die Anforderungen zum Populationsschutz erfüllt werden. Die IDA-Technik kann alternativ zu konventionellen Fischschutz-Systemen eingesetzt werden (Abb. 5) oder in Kombination mit diesen. Ein besonderes Anwendungsgebiet stellen Bestandsanlagen dar, an denen Rechen-Bypass-Systeme oder „fischverträgliche“ Turbinentechniken nicht umsetzbar sind. Die Nachrüstung von Elektroden und Steuerungstechnik ist mit vergleichsweise geringem Aufwand für Herstellung und Betrieb verbunden und kann i.d.R. im Zuge üblicher Revisionsarbeiten erfolgen.

Die standortspezifische Eignung der IDA-Technik hängt z.B. von der konkreten Turbinengestaltung ab und ist bereits im Vorfeld zu klären. Zur Weiteren Entwicklung des Potenzials wird die Umsetzung von Pilotanlagen repräsentativer Größenordnung empfohlen. Für die IDA-Methodik wurde ein Europäisches Patent erteilt. Interessenten können sich an HYCOR – Ecohydraulics wenden (s.u.).

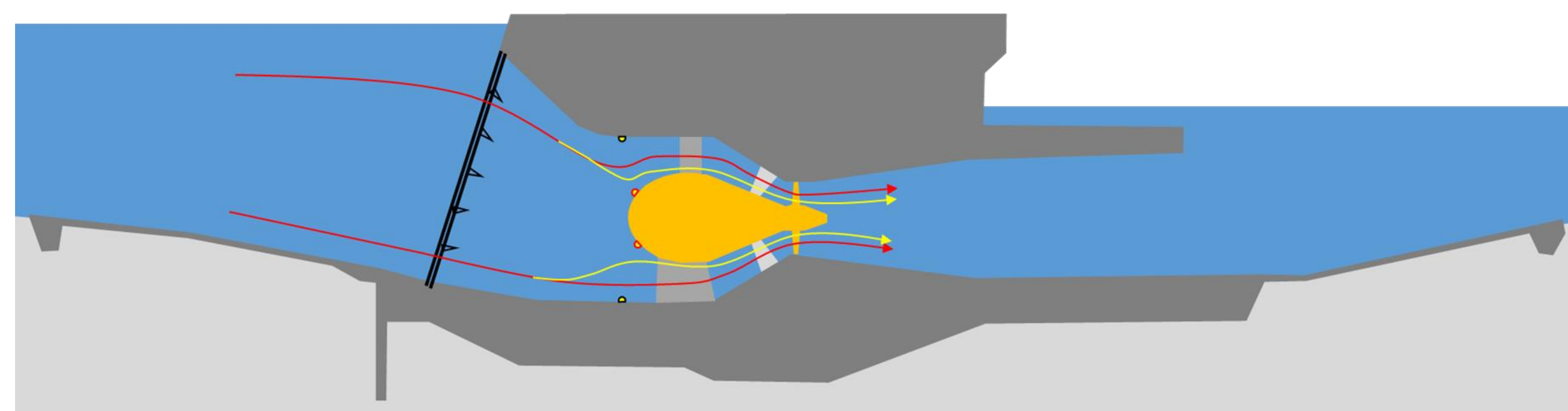


Abb. 5: Schematischer Längsschnitt einer Kaplan-Bulb-Turbine mit IDA Nachrüstung, symbolische Darstellung der Elektroden, konventionelle Fisch-Trajektorie (rot) und mittels IDA-Technik ökologisch optimierten Fischspassage (gelb)

#### Kontakt

Franz Geiger  
franz.geiger@hycor.de

**HYCOR**  
Ecohydraulics

#### Referenzen

- [1] Wasserhaushaltsgesetz (WHG), § 35, 2009
- [2] Ebel G., „Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen“, 2013
- [3] Geiger F., Cuchet M., Rutschmann P.: Zur Verringerung von Fischschäden in Turbinen mittels Verhaltensbeeinflussung. WasserWirtschaft, 12, 2020
- [4] Geiger F., Cuchet M., Rutschmann P.: Zur Berechnung der Schädigungsraten von Fischen bei der Turbinenpassage. WasserWirtschaft, 12, 2020

#### Danksagung

Teile der vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Horizon 2020 Projektes FITHydro an der Technischen Universität München durchgeführt und durch die Europäische Kommission finanziert.

Technische Universität München



FITHydro

