

Seilrechen an Fischabstiegsanlagen

Konzept und Grundlagen

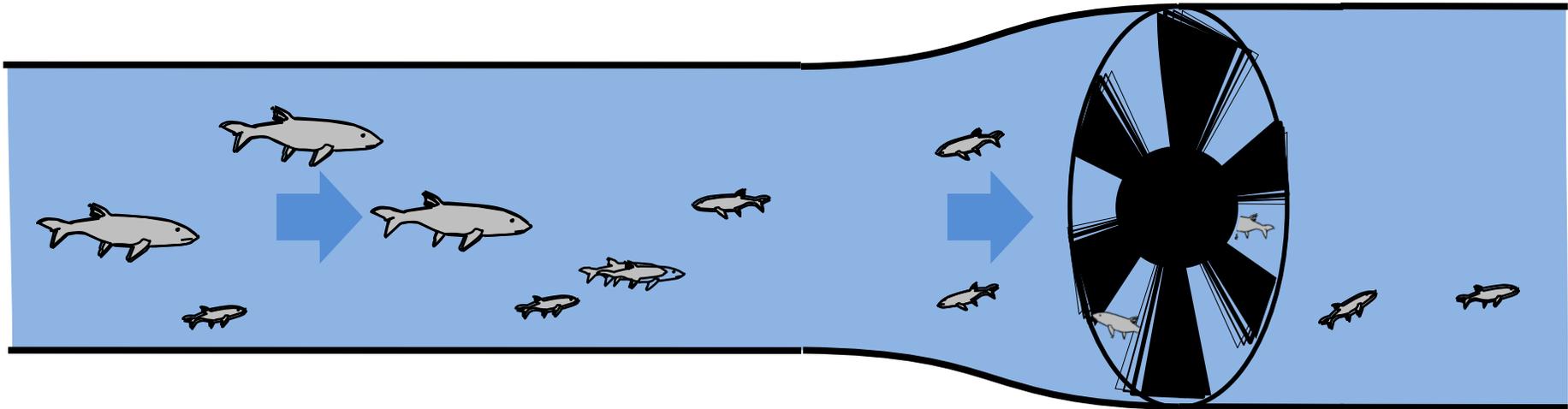
Markus Aufleger

Zürich, 3.7.2019

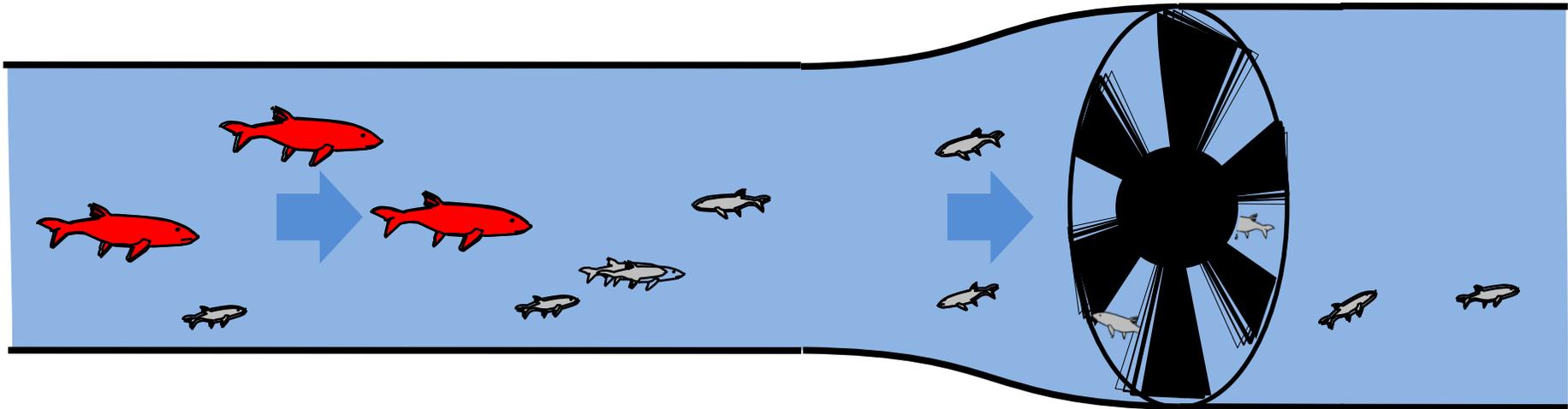


Fischschutz und Fischabstieg

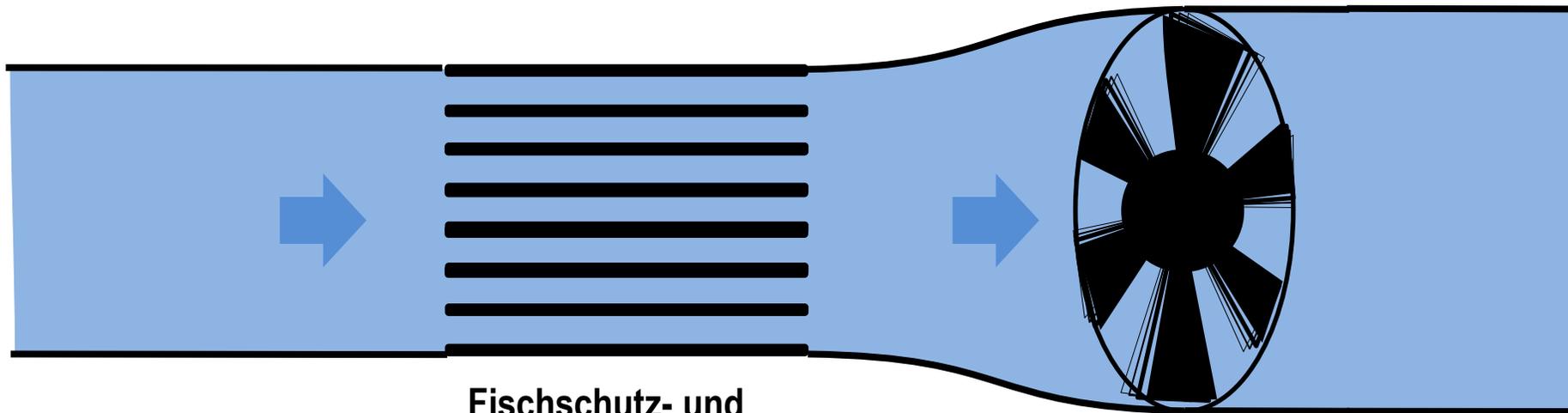




Turbine

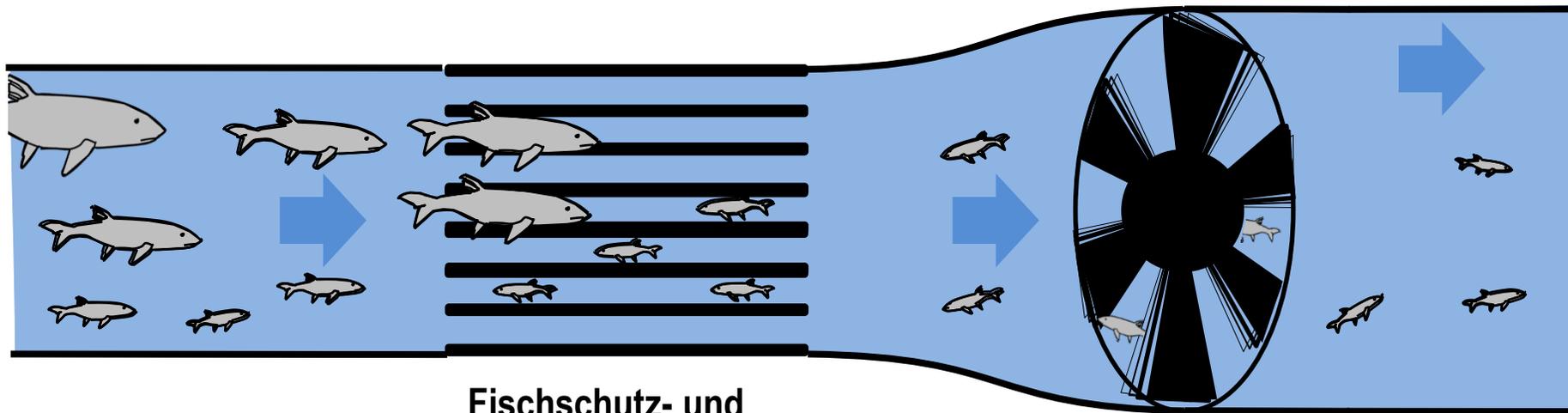


Turbine



**Fischschutz- und
Leitsystem**

Turbine

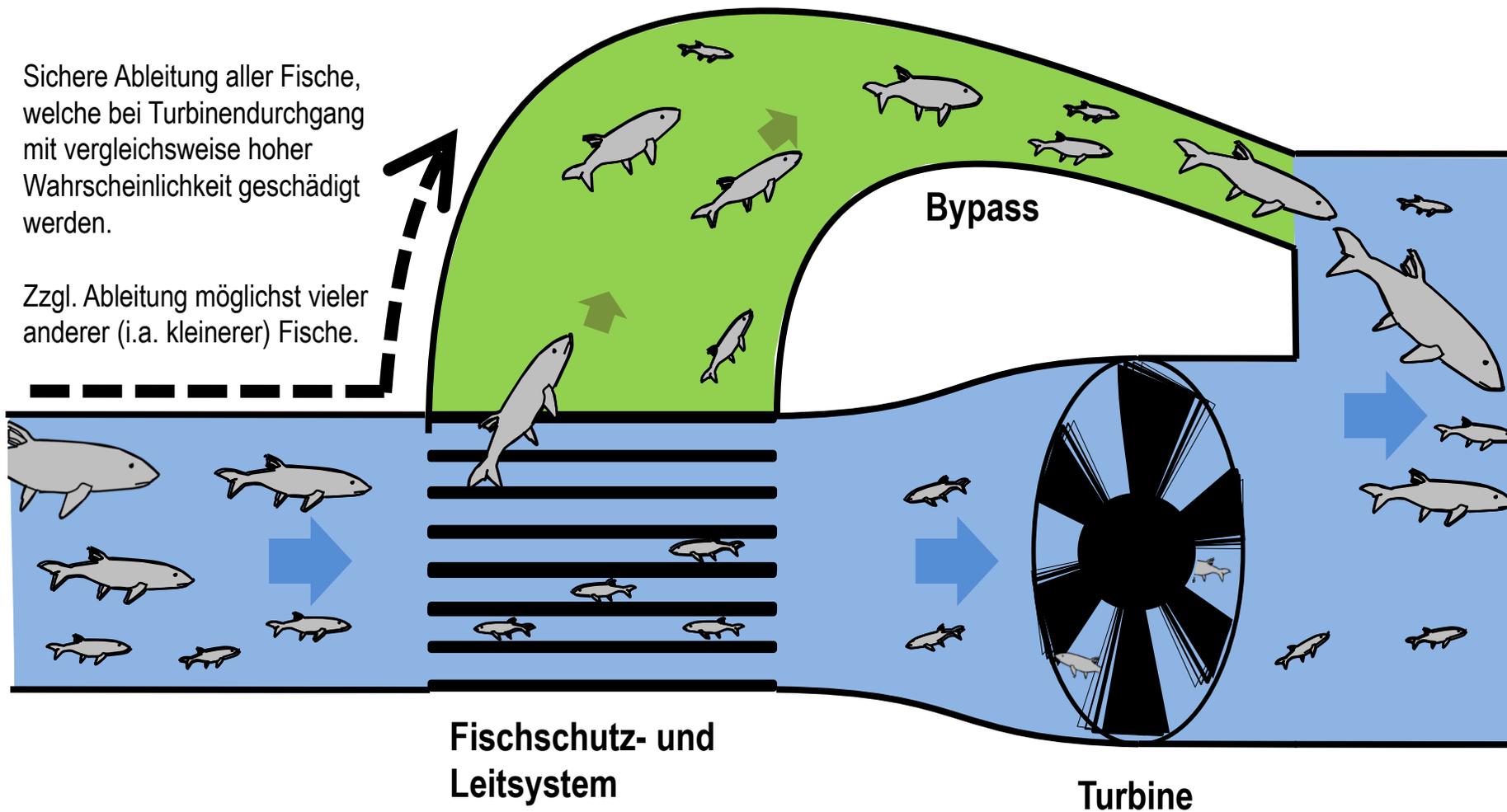


Fischschutz- und
Leitsystem

Turbine

Sichere Ableitung aller Fische,
welche bei Turbinendurchgang
mit vergleichsweise hoher
Wahrscheinlichkeit geschädigt
werden.

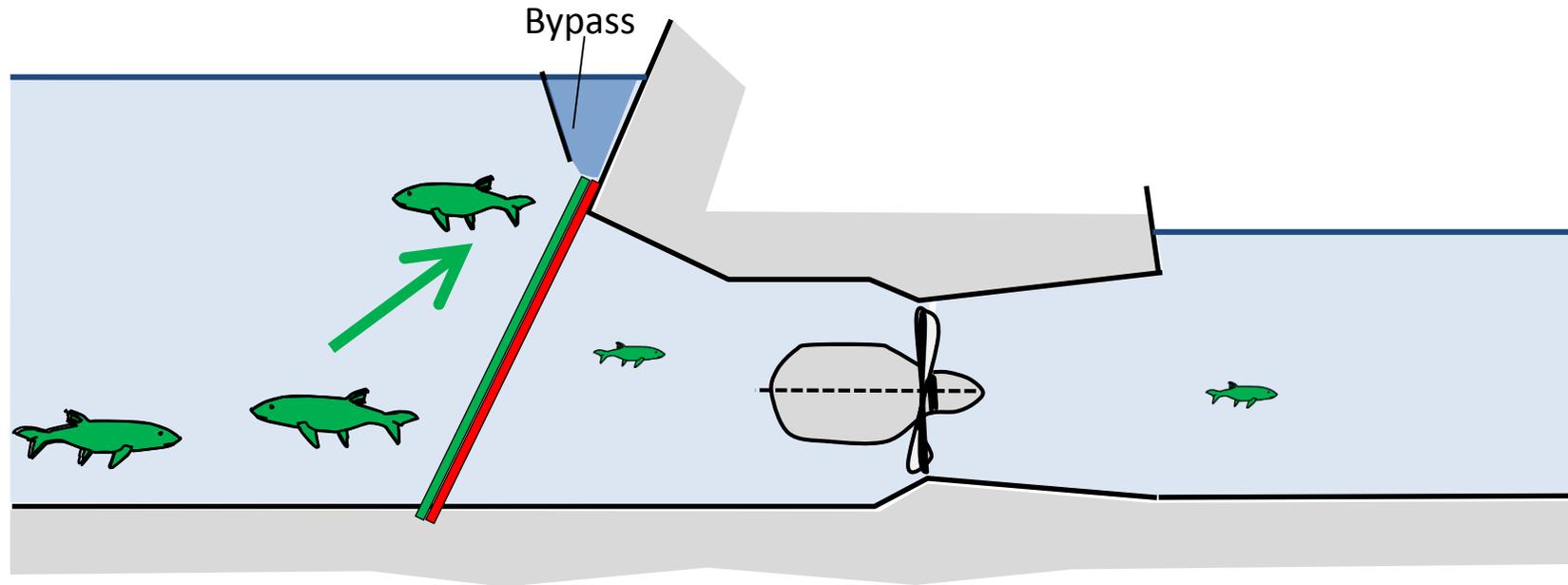
Zzgl. Ableitung möglichst vieler
anderer (i.a. kleinerer) Fische.



Fischschutz und Fischabstieg

Konzepte im Längsschnitt

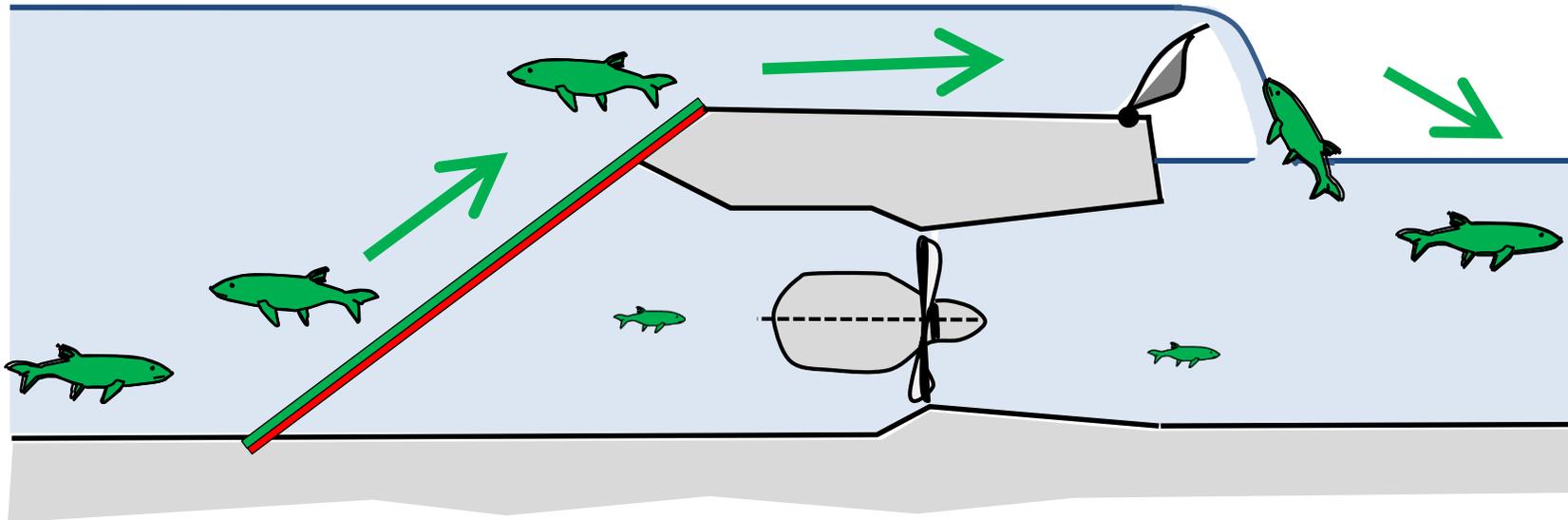
Steiler „konventioneller“ Rechen



Nicht überströmbare Anlage
(mit Bypass)

 Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

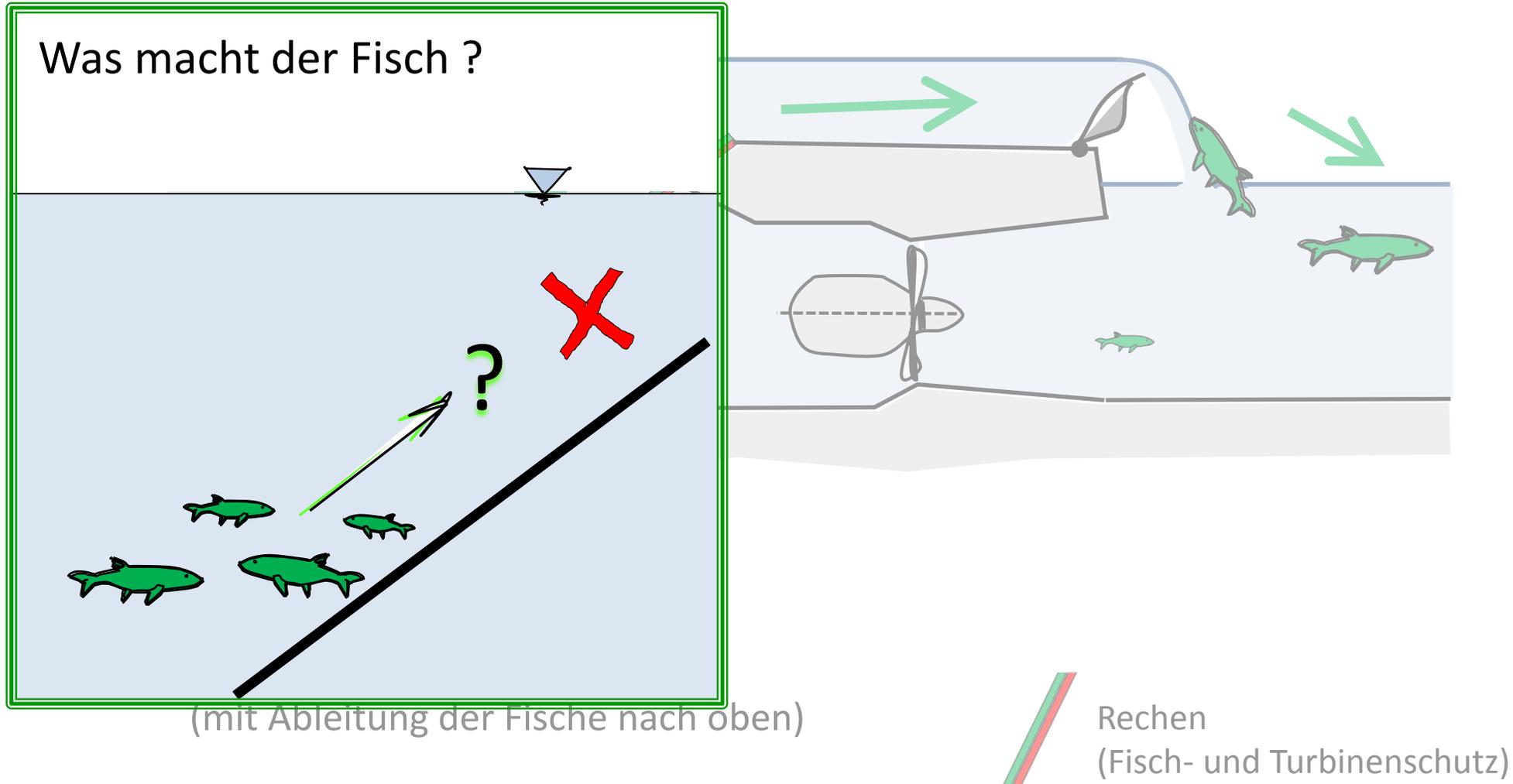
Stärker geneigter „konventioneller“ Rechen (bzw. „steiler Flachrechen“)



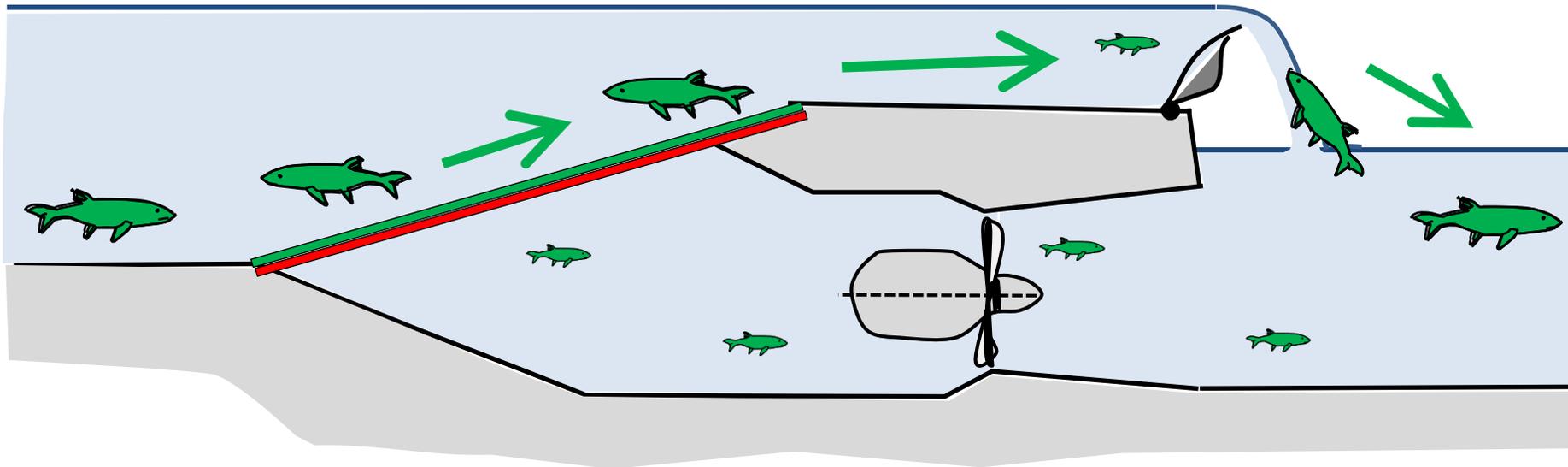
überströmbare Anlage
(mit Ableitung der Fische nach oben)

 Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

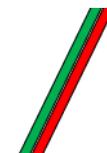
Stärker geneigter „konventioneller“ Rechen (bzw. „steiler Flachrechen“)



Flachrechen mit Überströmung



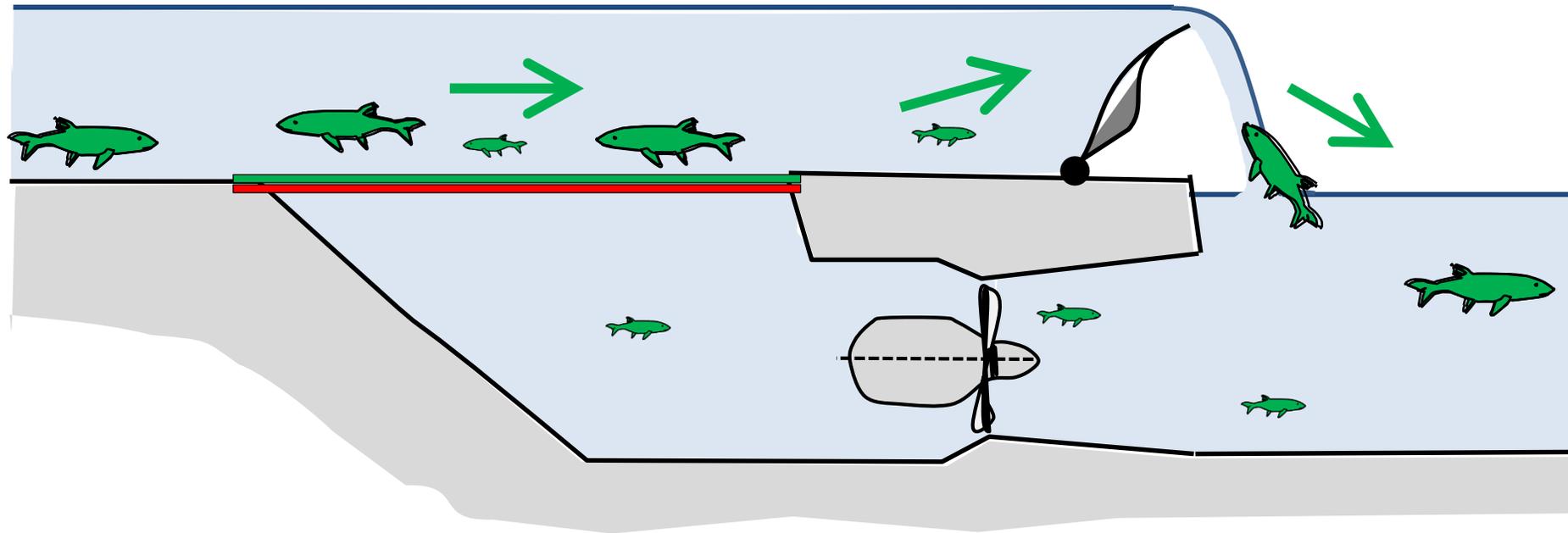
überströmbare Anlage
(mit Ableitung der Fische nach oben)



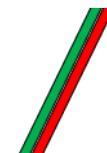
Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

Horizontaler Rechen

(bzw. „sehr flacher“ Flachrechen, ~ Schachtkraftwerk)



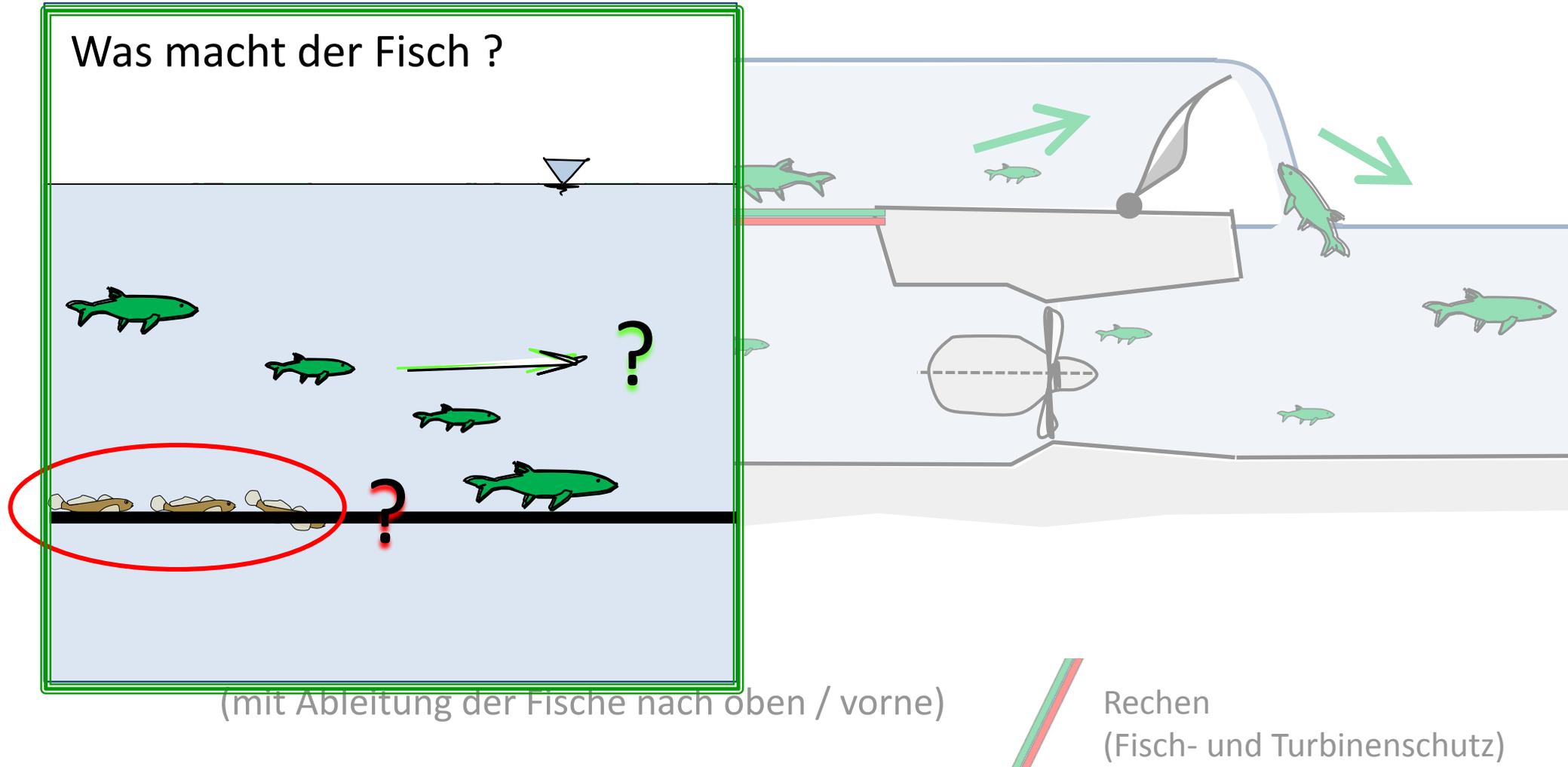
überströmbare Anlage
(mit Ableitung der Fische nach oben / vorne)



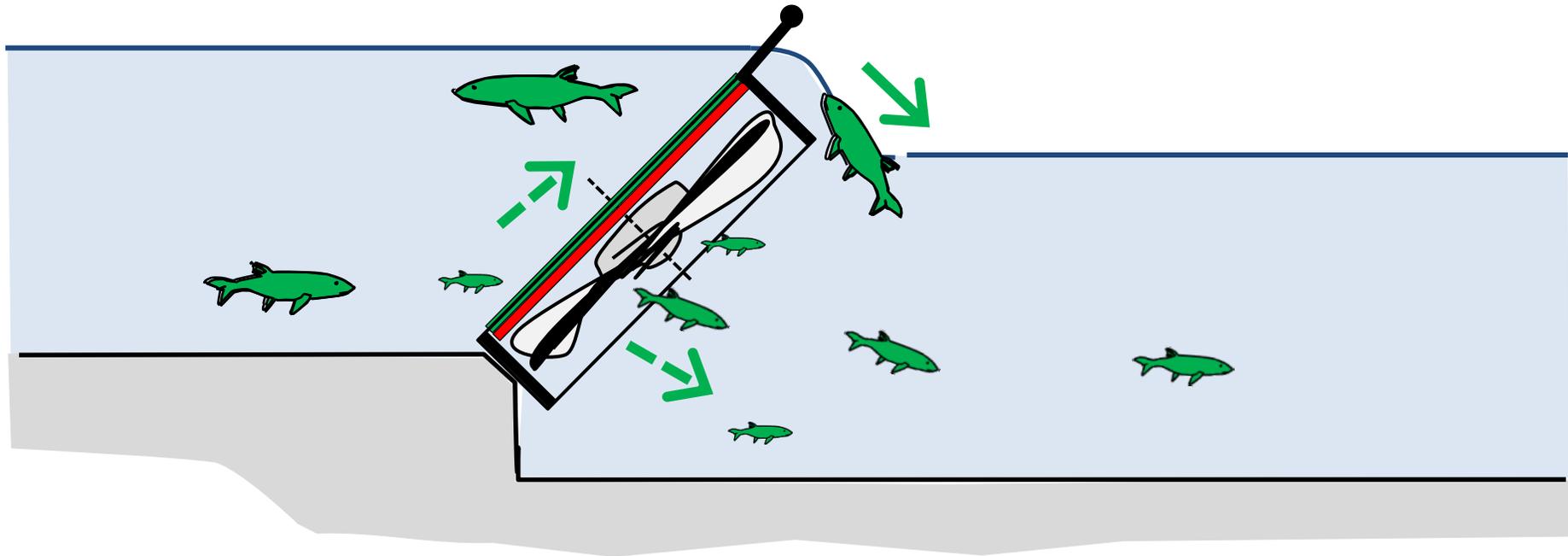
Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

Horizontaler Rechen

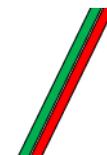
(bzw. „sehr flacher“ Flachrechen, ~ Schachtkraftwerk)



Fischfreundliche Turbine mit Fisch- / Turbinenschutz (z.B. Very Low Head Turbine)



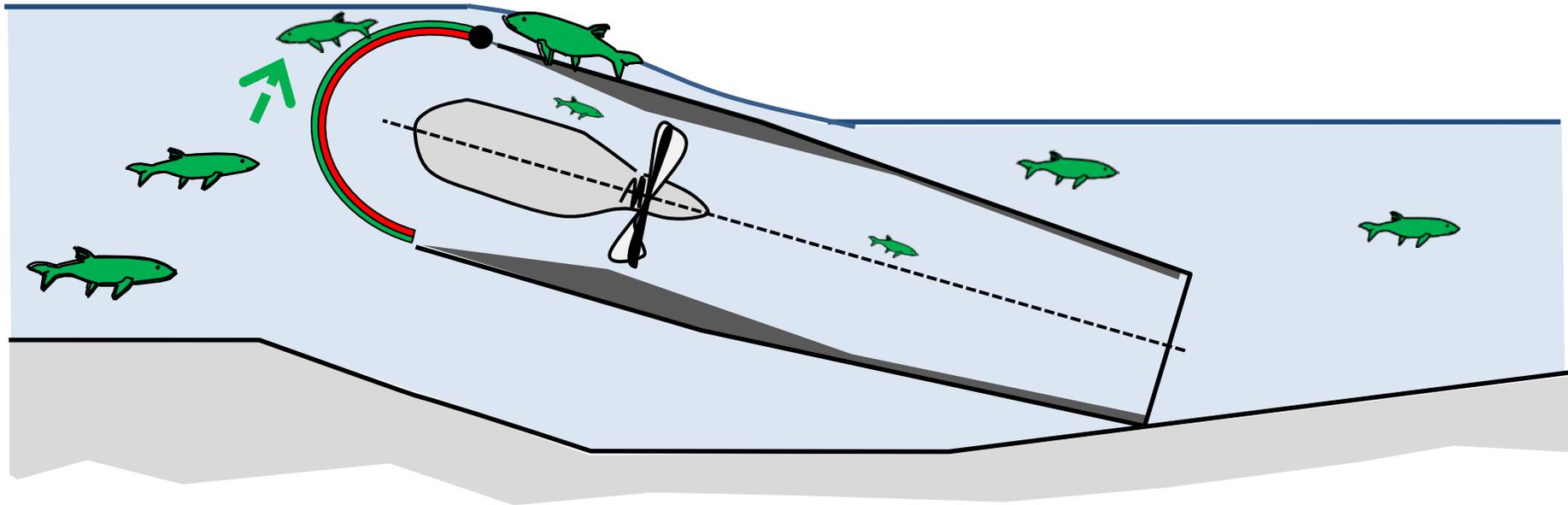
Schwenkbare Turbinen mit
direkt vorgesetzten Rechen
(mit Ableitung der Fische nach oben / vorne)



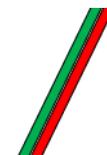
Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

Schwenkbare Turbine mit Fisch- / Turbinenschutz

(z.B. Bewegliches Kraftwerk)

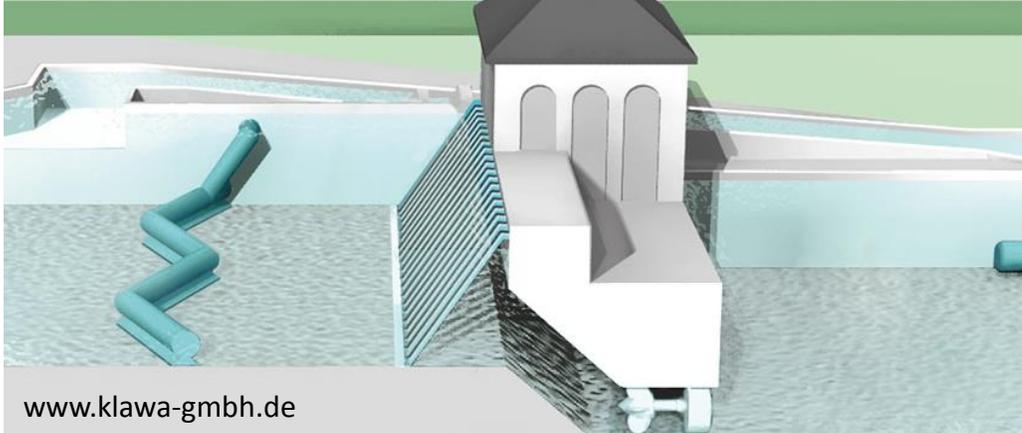


Schwenkbare Turbinen mit
direkt vorgesetzten Rechen
(mit Ableitung der Fische nach oben / vorne)

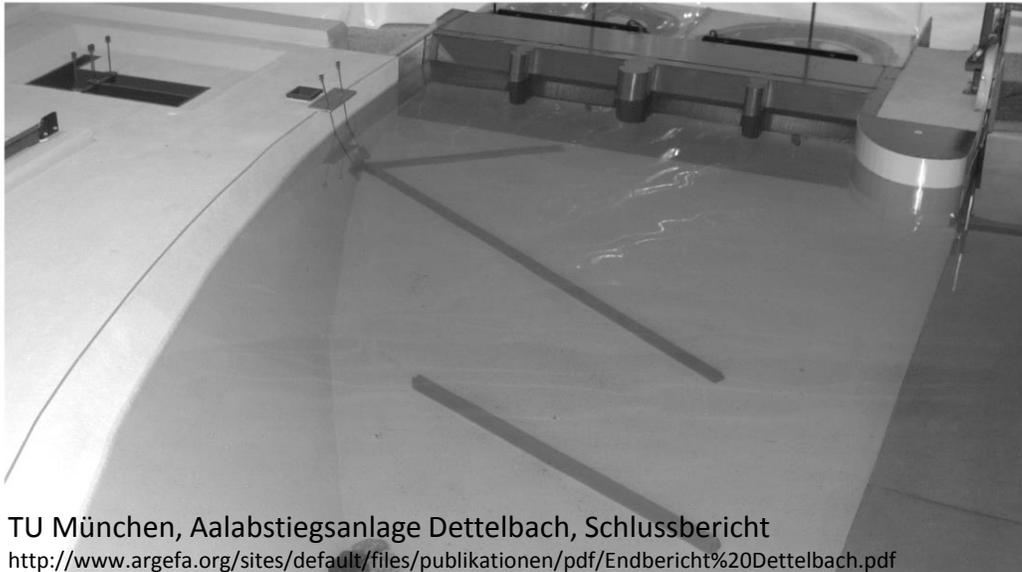


Rechen
(Fisch- und Turbinenschutz)

„Spezialfall“ Aal

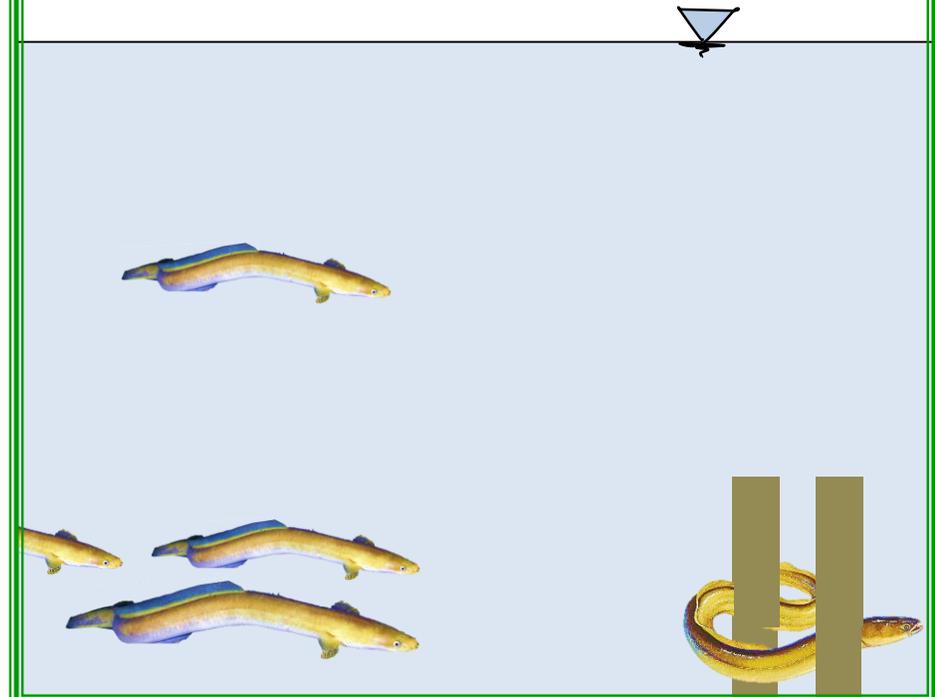


www.klaw-gmbh.de



TU München, Aalabstiegsanlage Dettelbach, Schlussbericht
<http://www.argefa.org/sites/default/files/publikationen/pdf/Endbericht%20Dettelbach.pdf>

Was macht der Aal ?

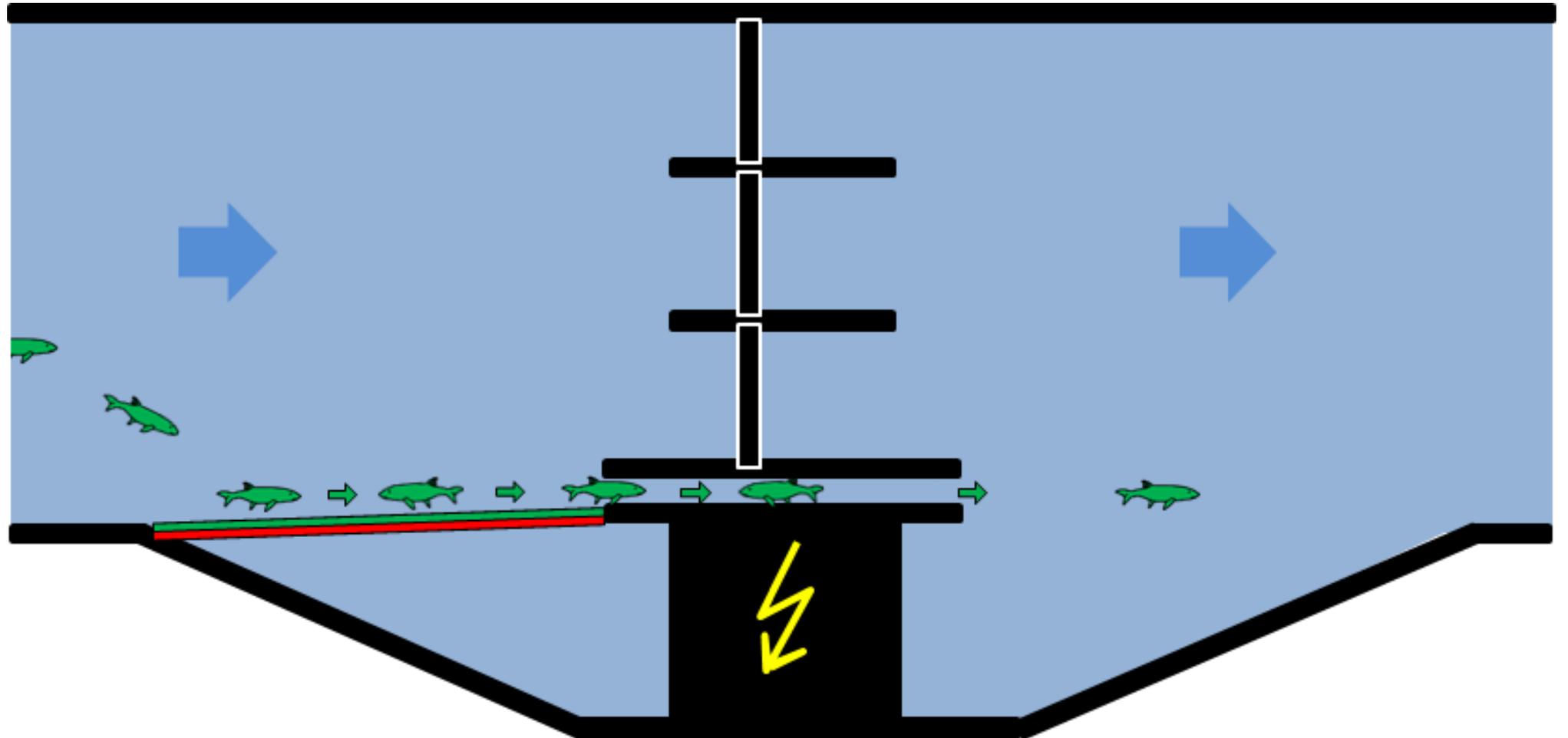


Fischschutz und Fischabstieg

Konzepte im Grundriss

Schrägrechen

(mit vertikal oder horizontal angeordneten Stäben - auch Bar Rack oder Louver)

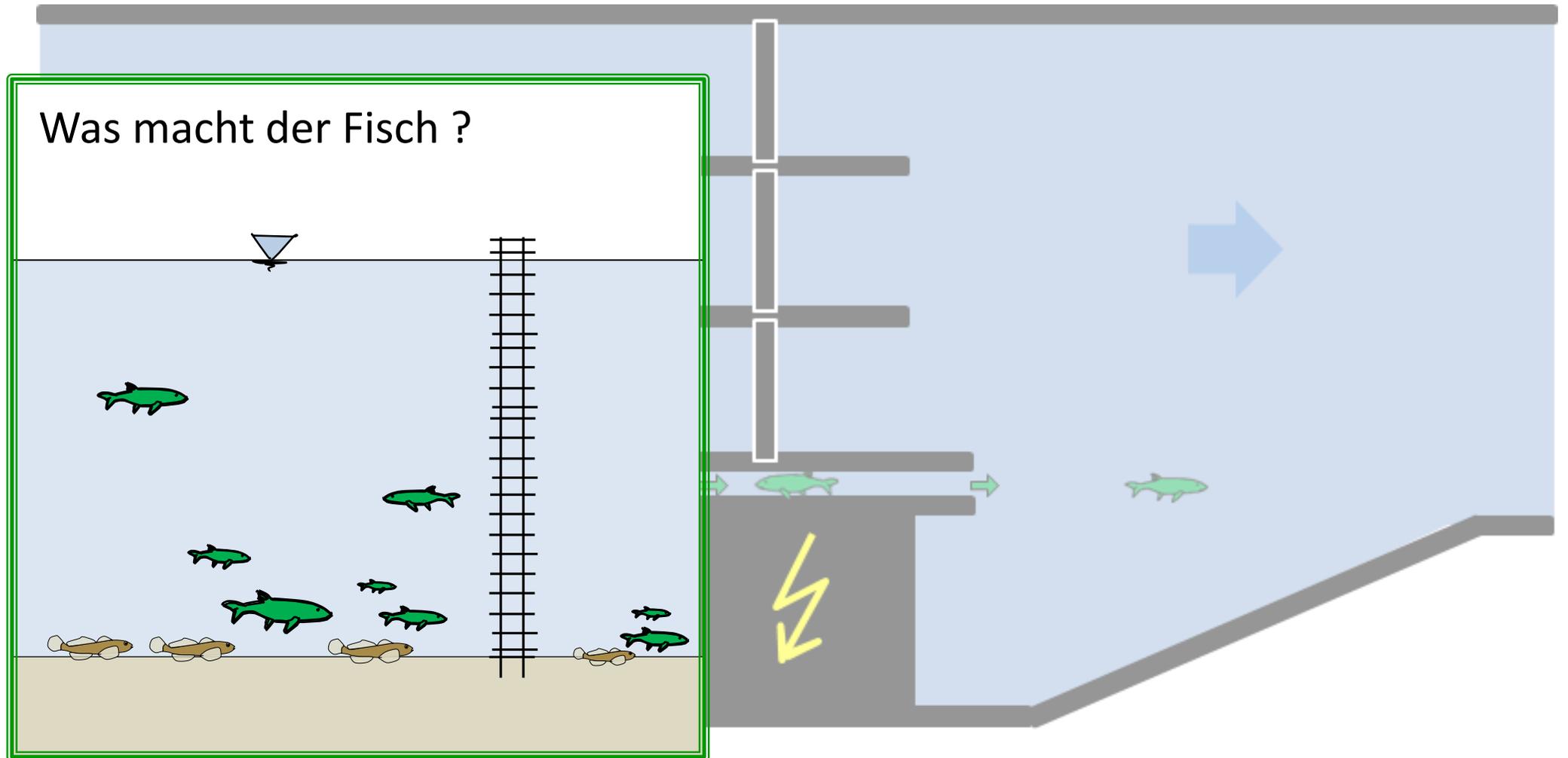


- Kombiniertes Fisch – und Turbinenschutz
- Nicht überströmbare Anlagen

 Schrägrechen

Schrägrechen

(mit vertikal oder horizontal angeordneten Stäben - auch Bar Rack oder Louver)

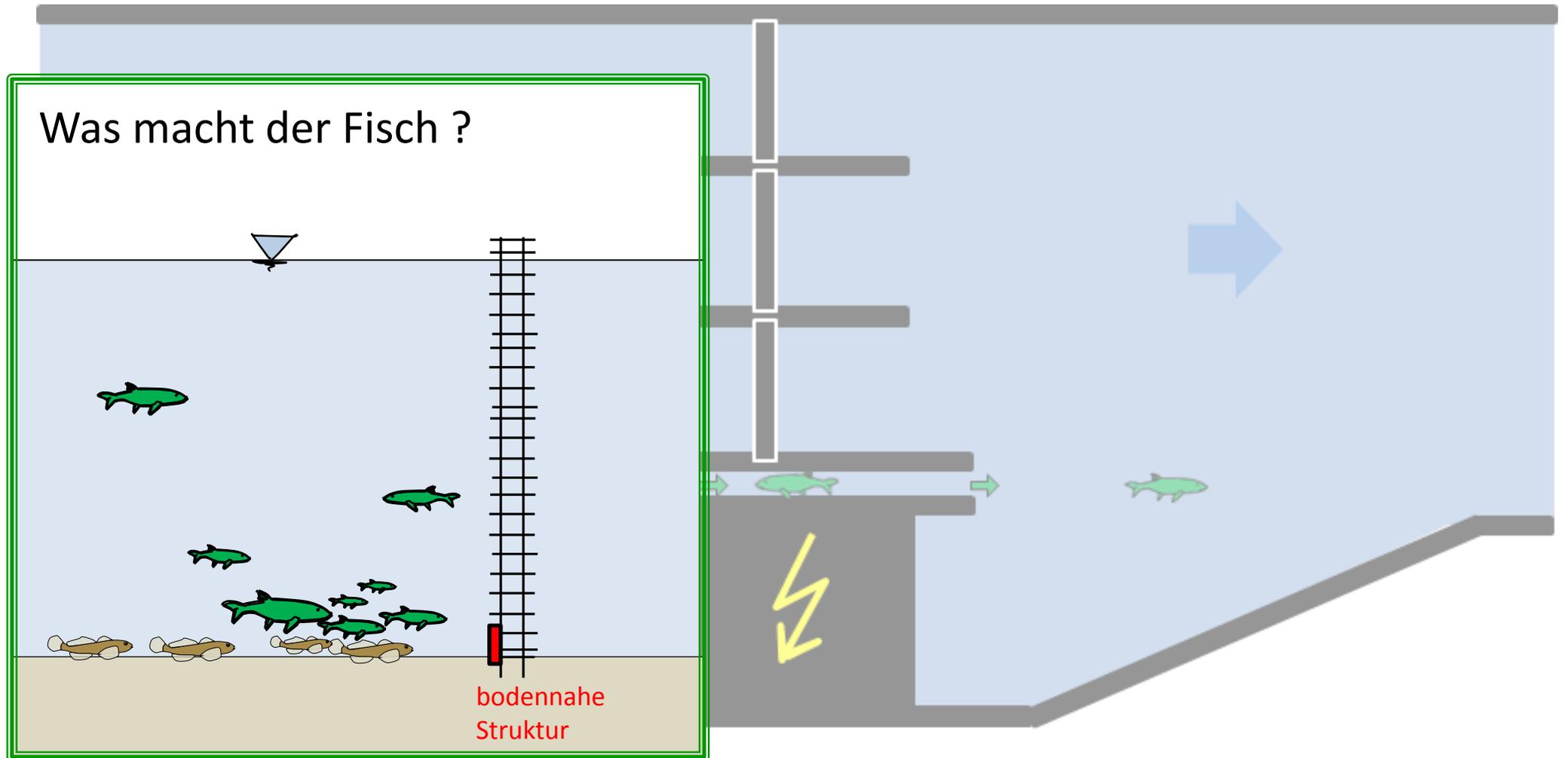


- Kombiniertes Fisch – und Turbinenschutz
- Nicht überströmbare Anlagen

 Schrägrechen

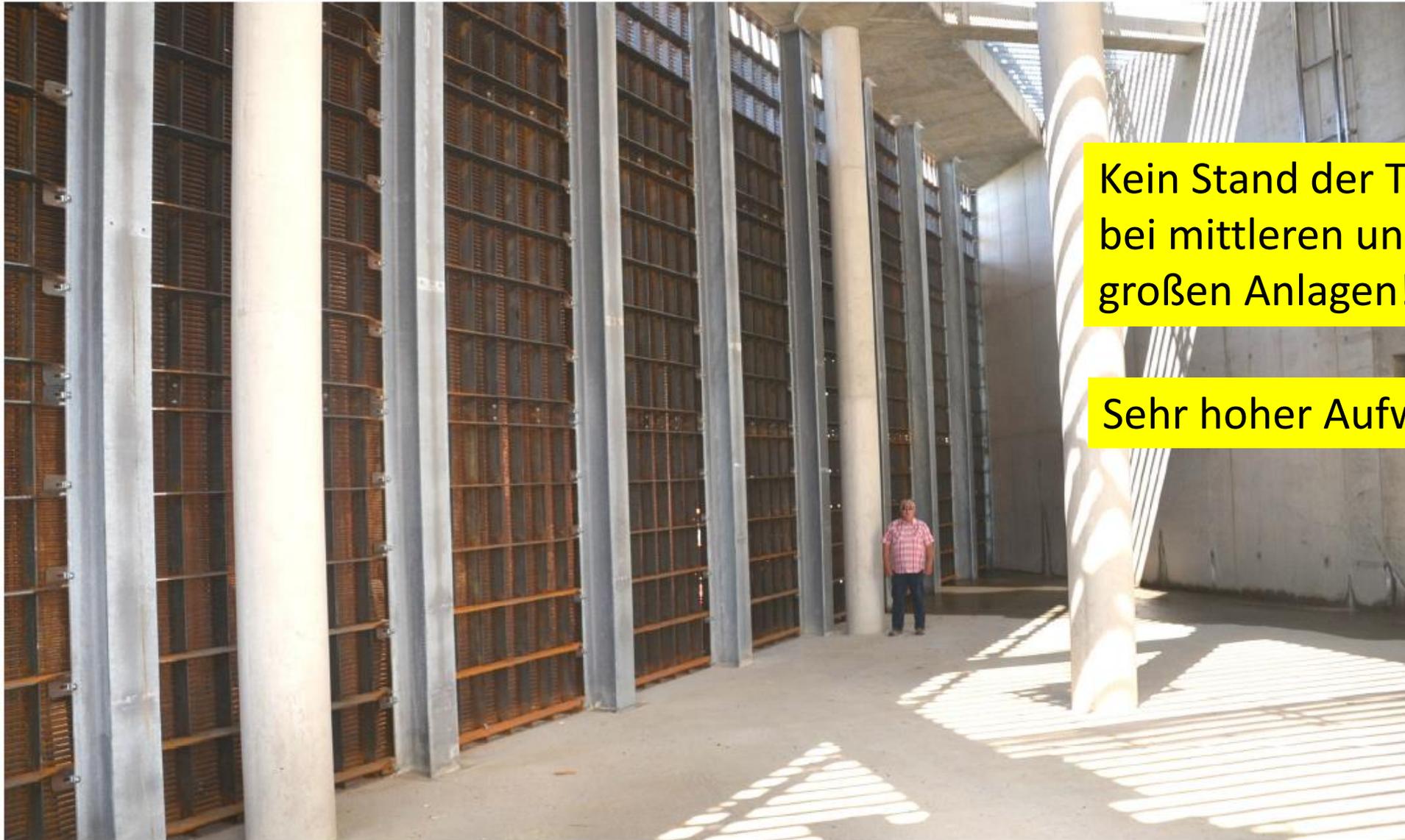
Schrägrechen

(mit vertikal oder horizontal angeordneten Stäben - auch Bar Rack oder Louver)



- Kombiniertes Fisch – und Turbinenschutz
- Nicht überströmbare Anlagen

 Schrägrechen



Kein Stand der Technik
bei mittleren und
großen Anlagen!

Sehr hoher Aufwand!

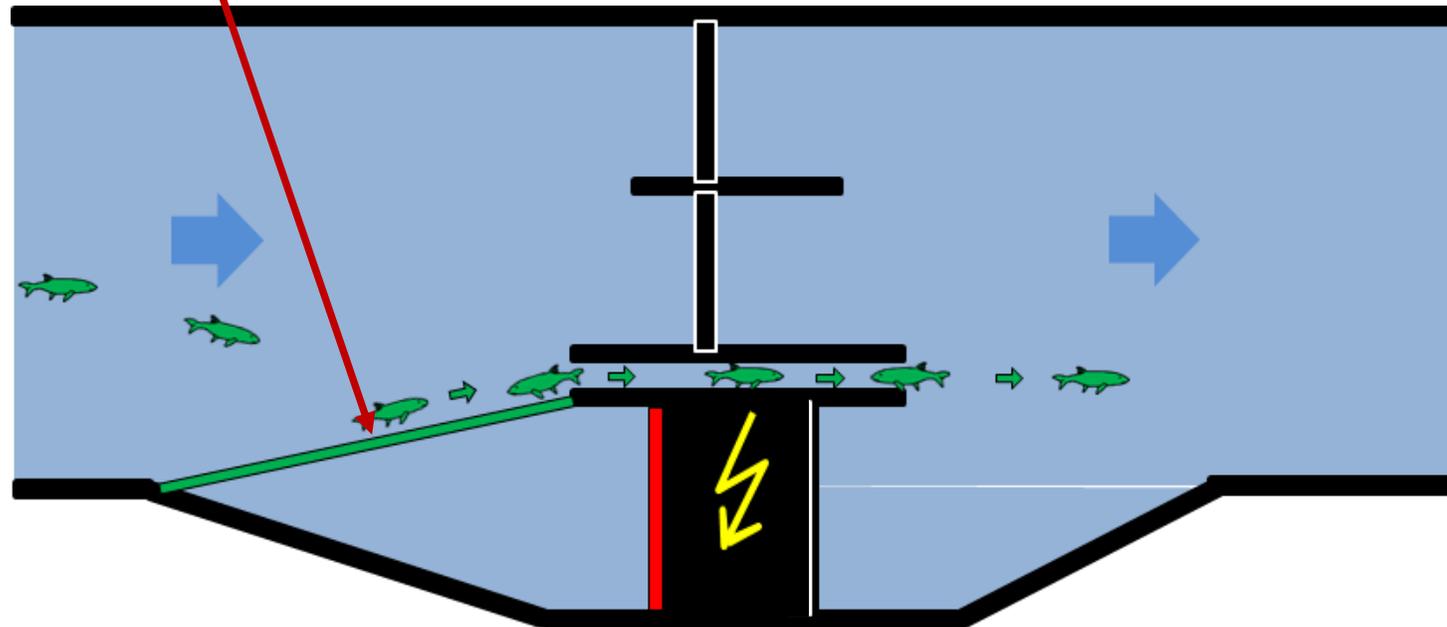
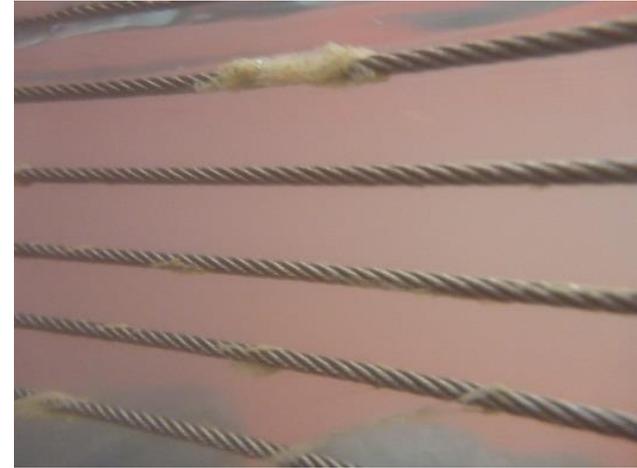
Leitrechen mit einer lichten Stabweite von 10 mm an einer Wasserkraftanlage mit einem Ausbaudurchfluss von $48 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Foto zeigt den Rechen von der Abströmseite vor der Inbetriebnahme (Foto: Ebel)



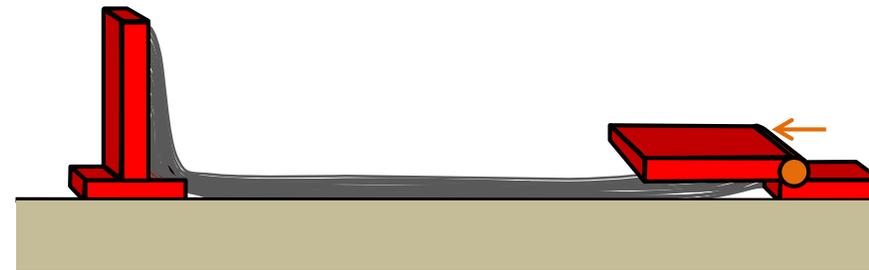
Seile spannen ?



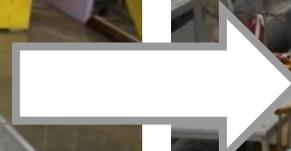
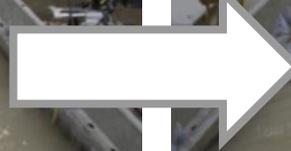
Seile spannen ?

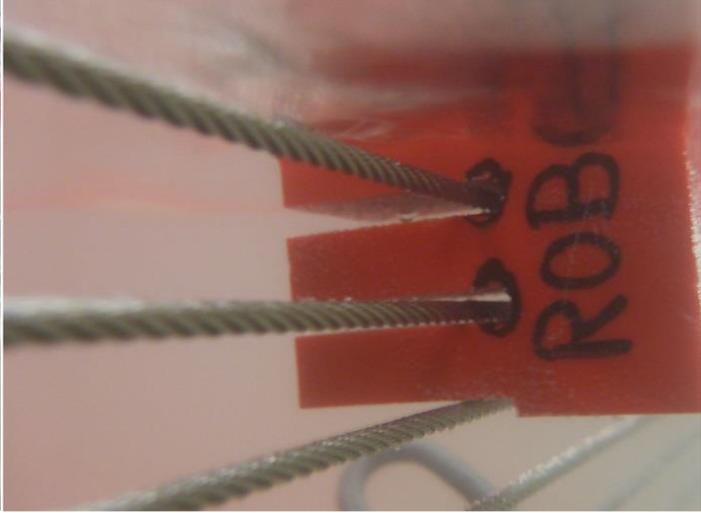


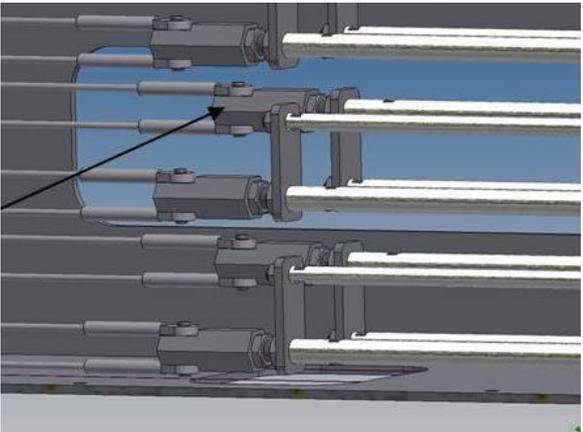
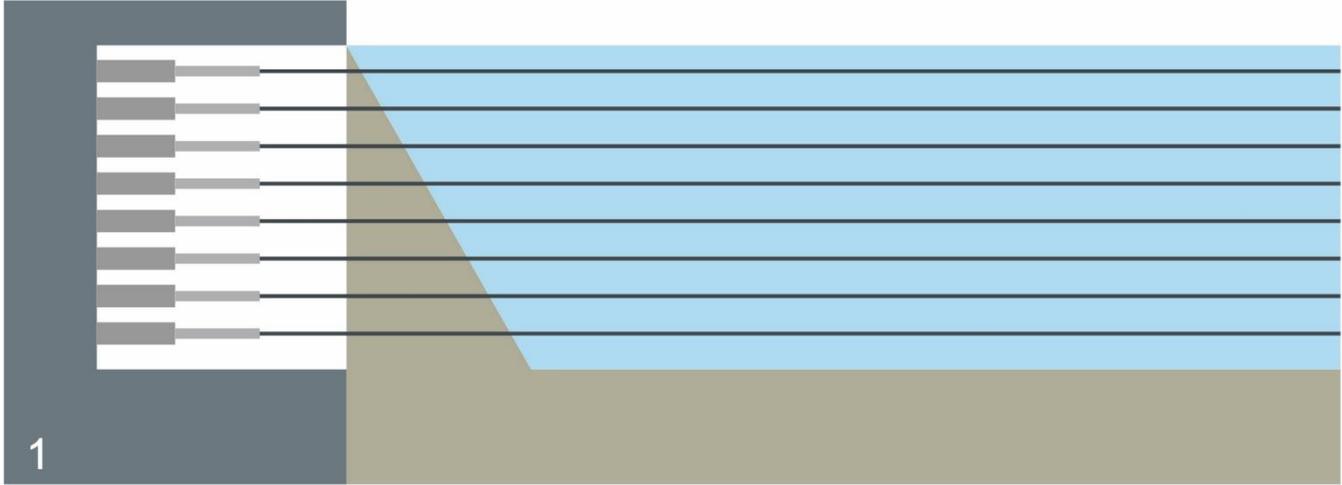
Seile spannen ?

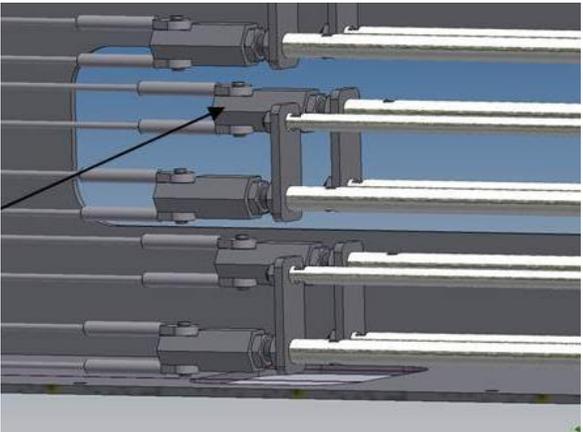
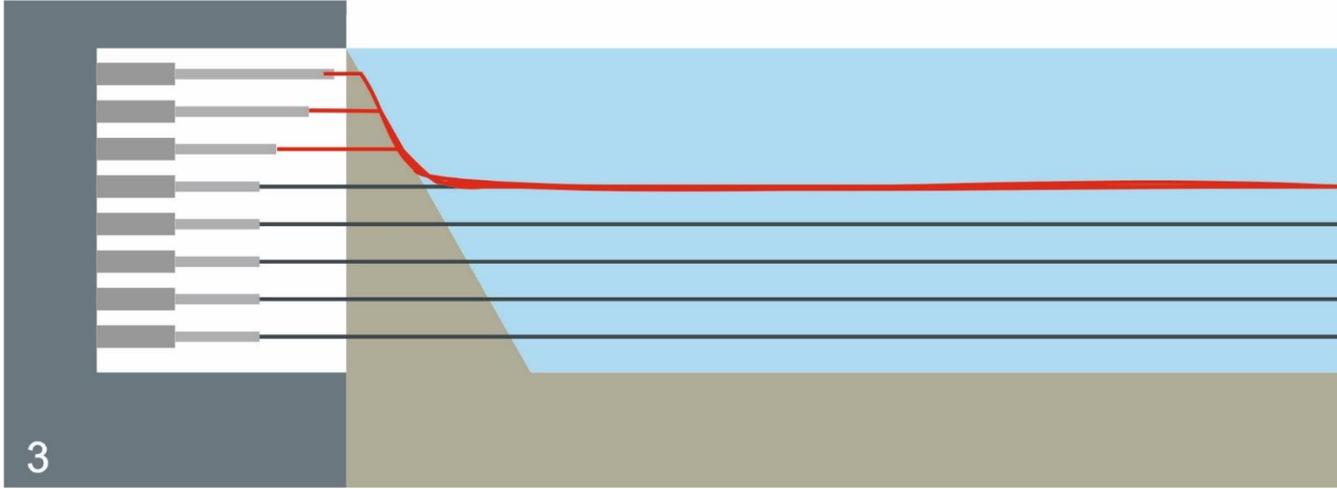


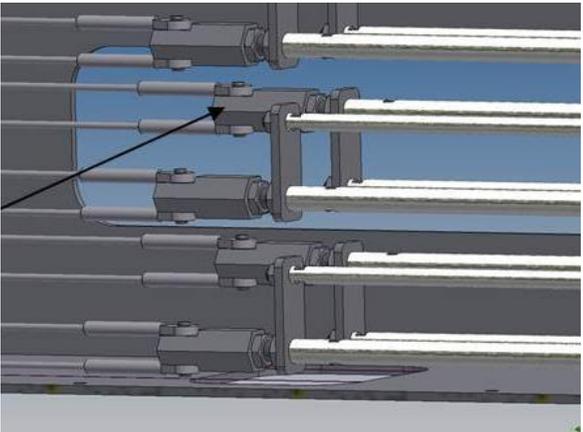
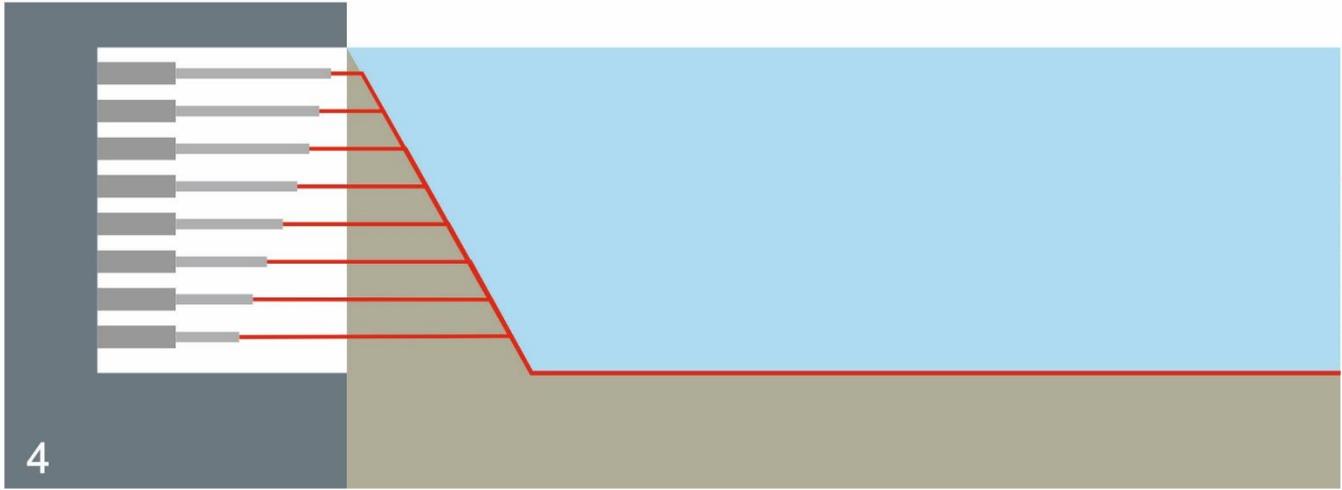
Seile spannen ?

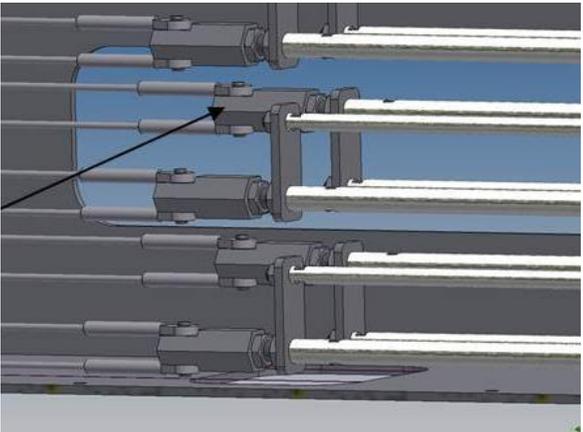
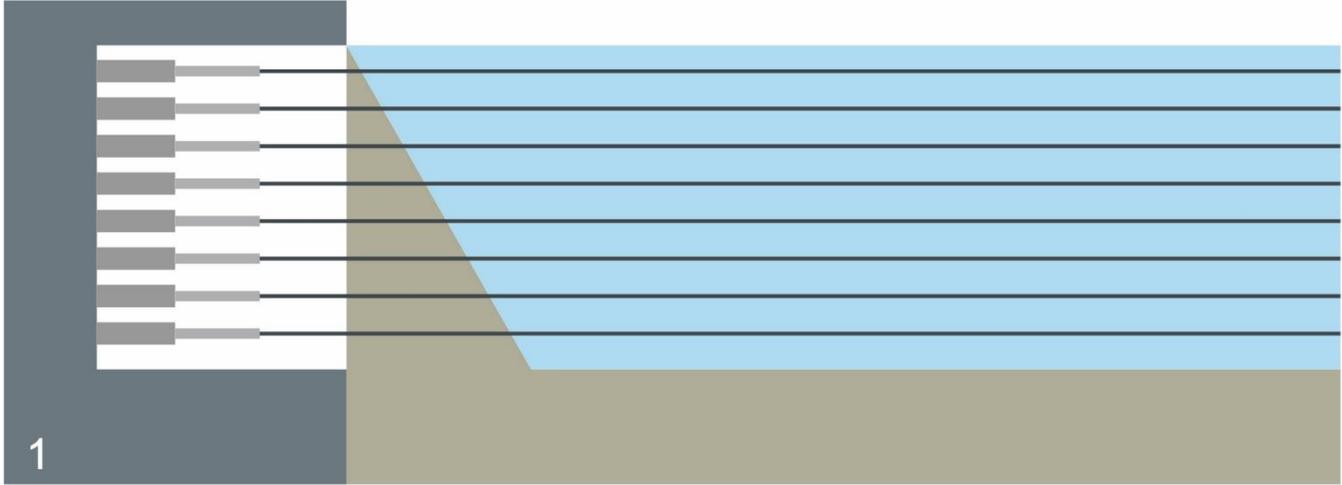




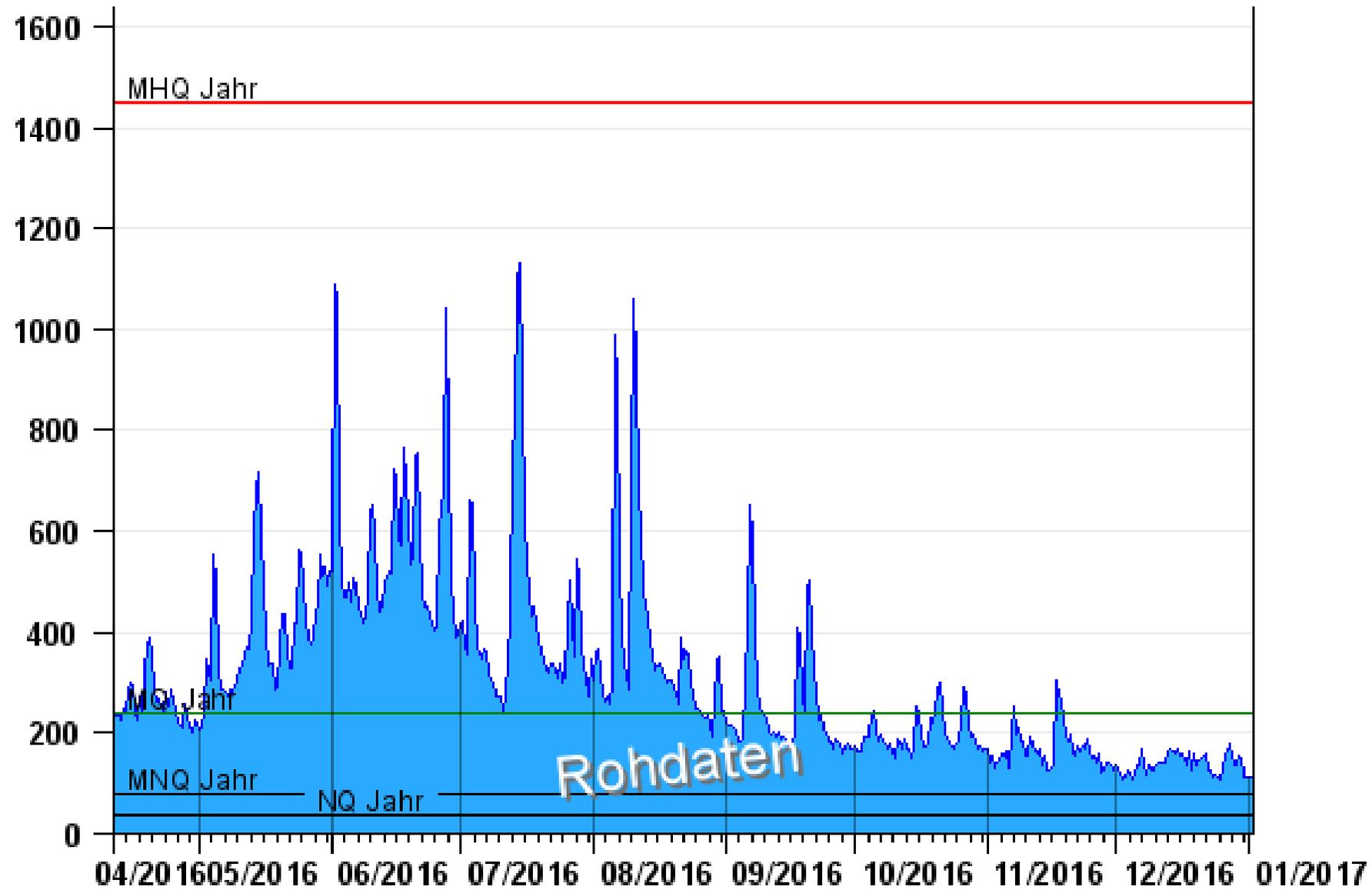




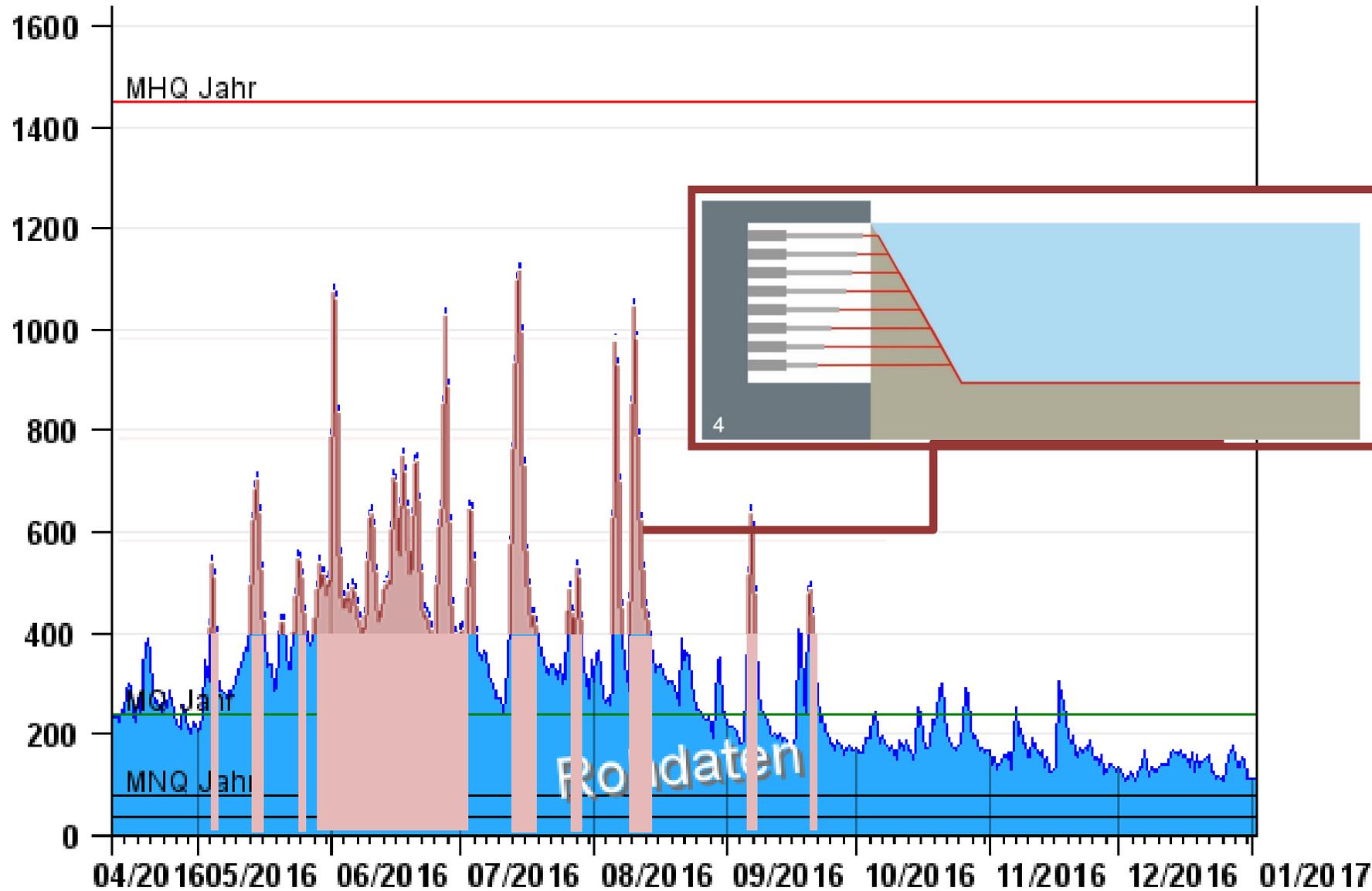




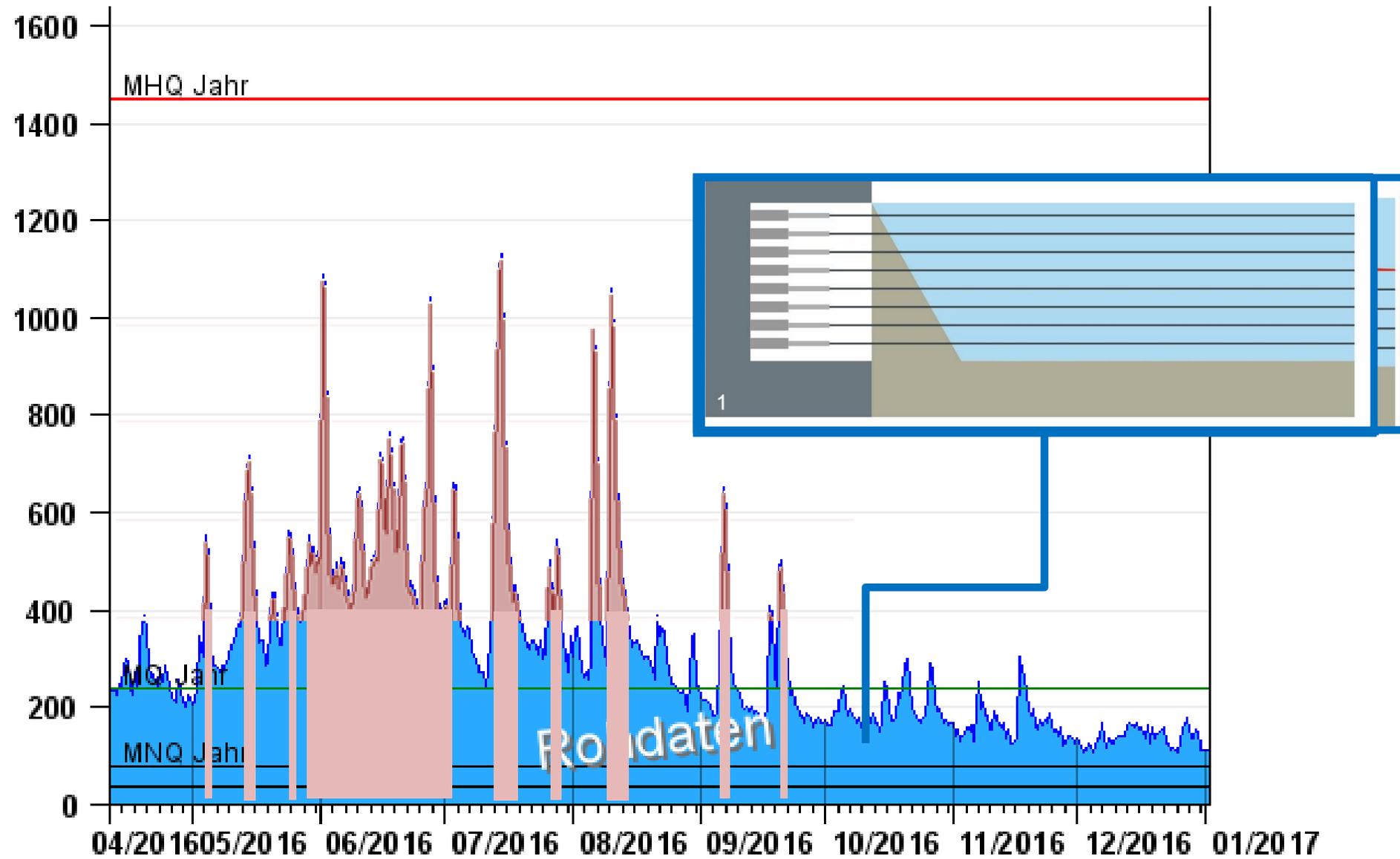
Abfluss [m³/s]



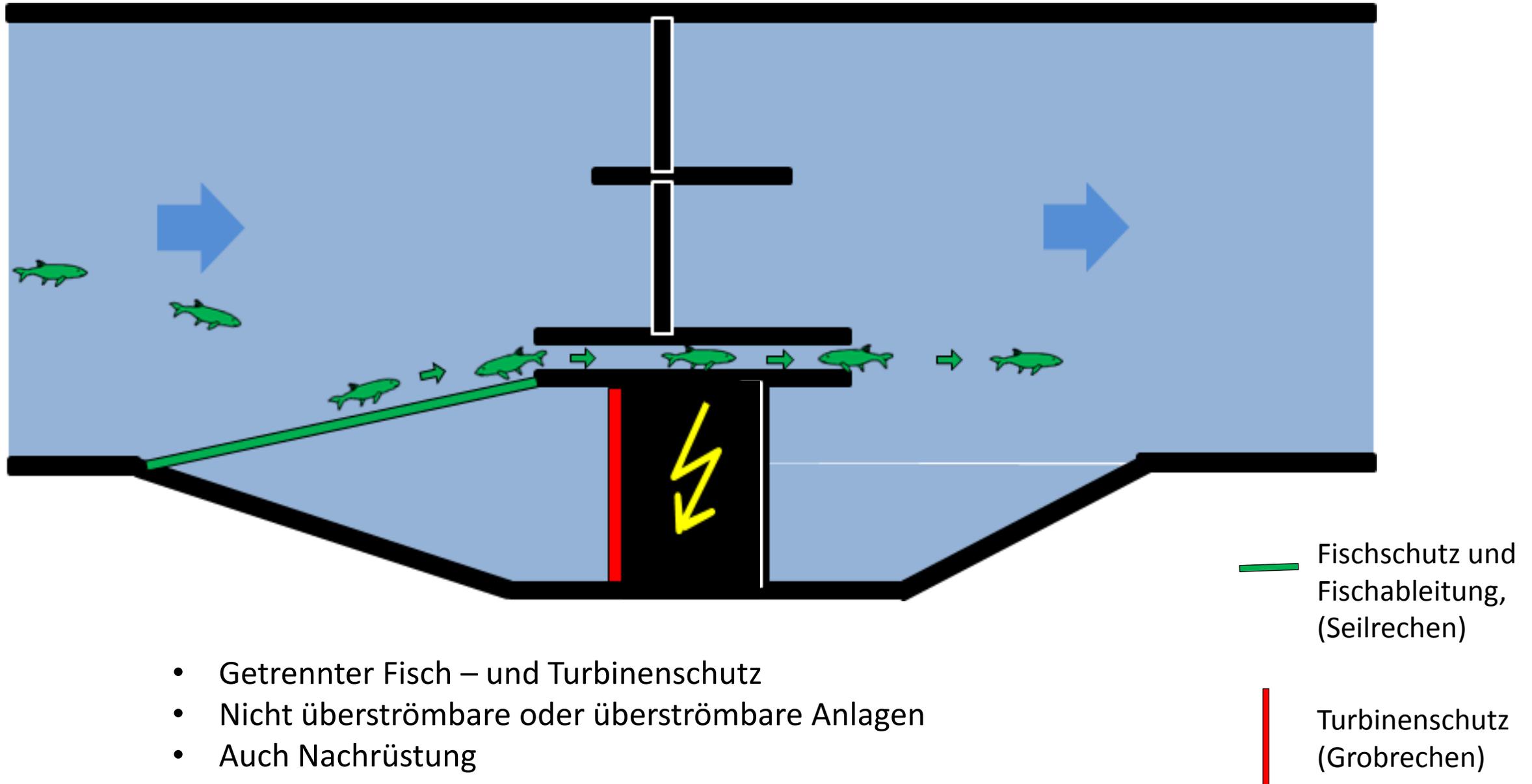
Abfluss [m³/s]



Abfluss [m³/s]



Seilrechen (horizontal gespannte Drahtseile)



90

80

70

60

50

40

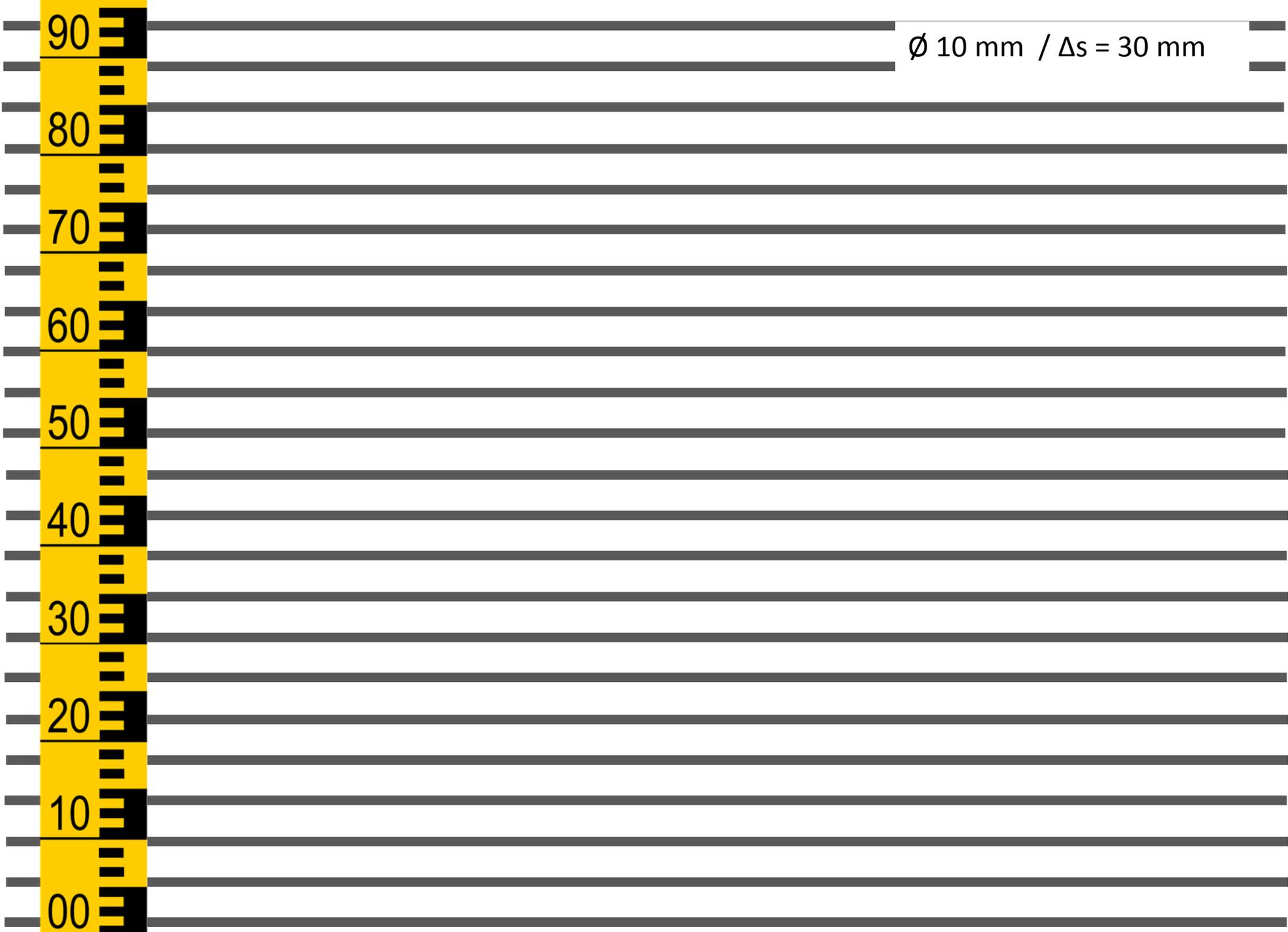
30

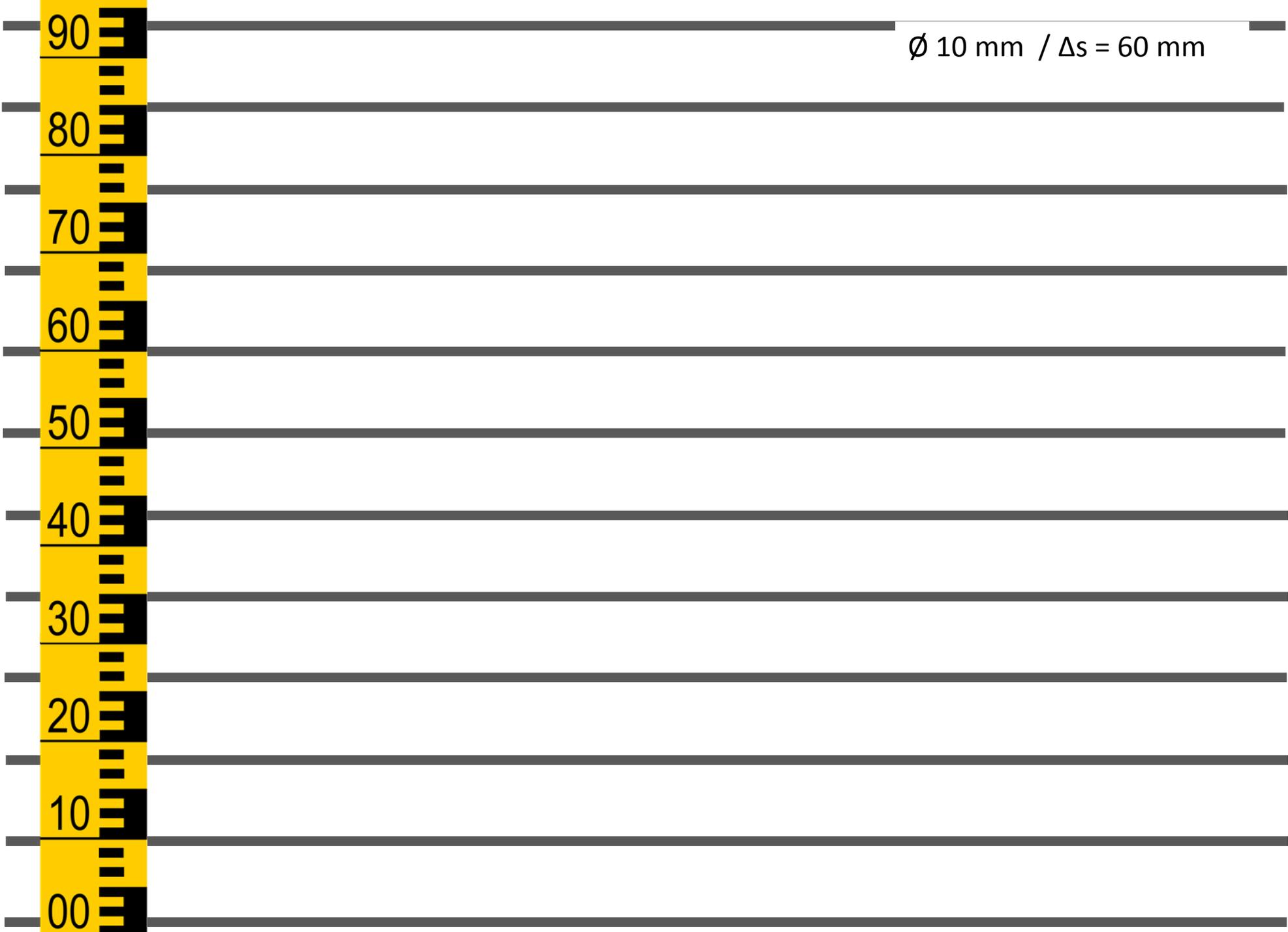
20

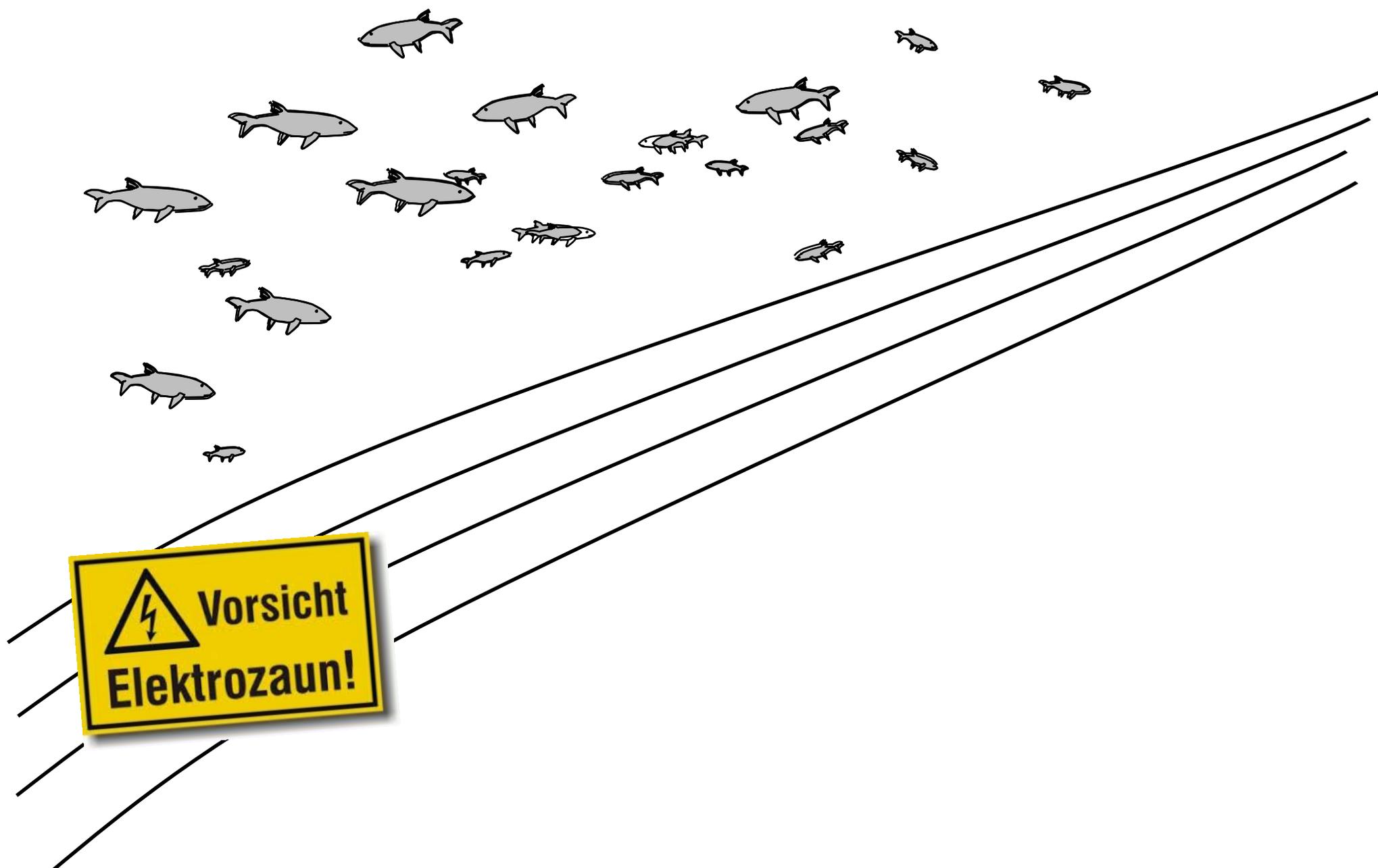
10

00

Ø 10 mm / Δs = 10 mm





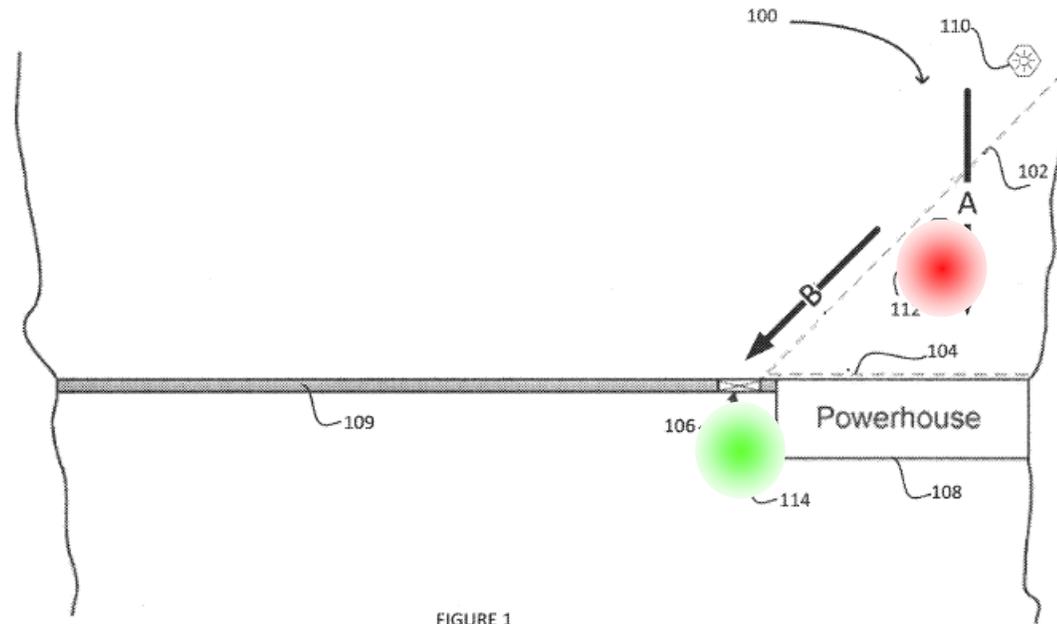


 **Vorsicht
Elektrozaun!**

Verhaltensbarrieren

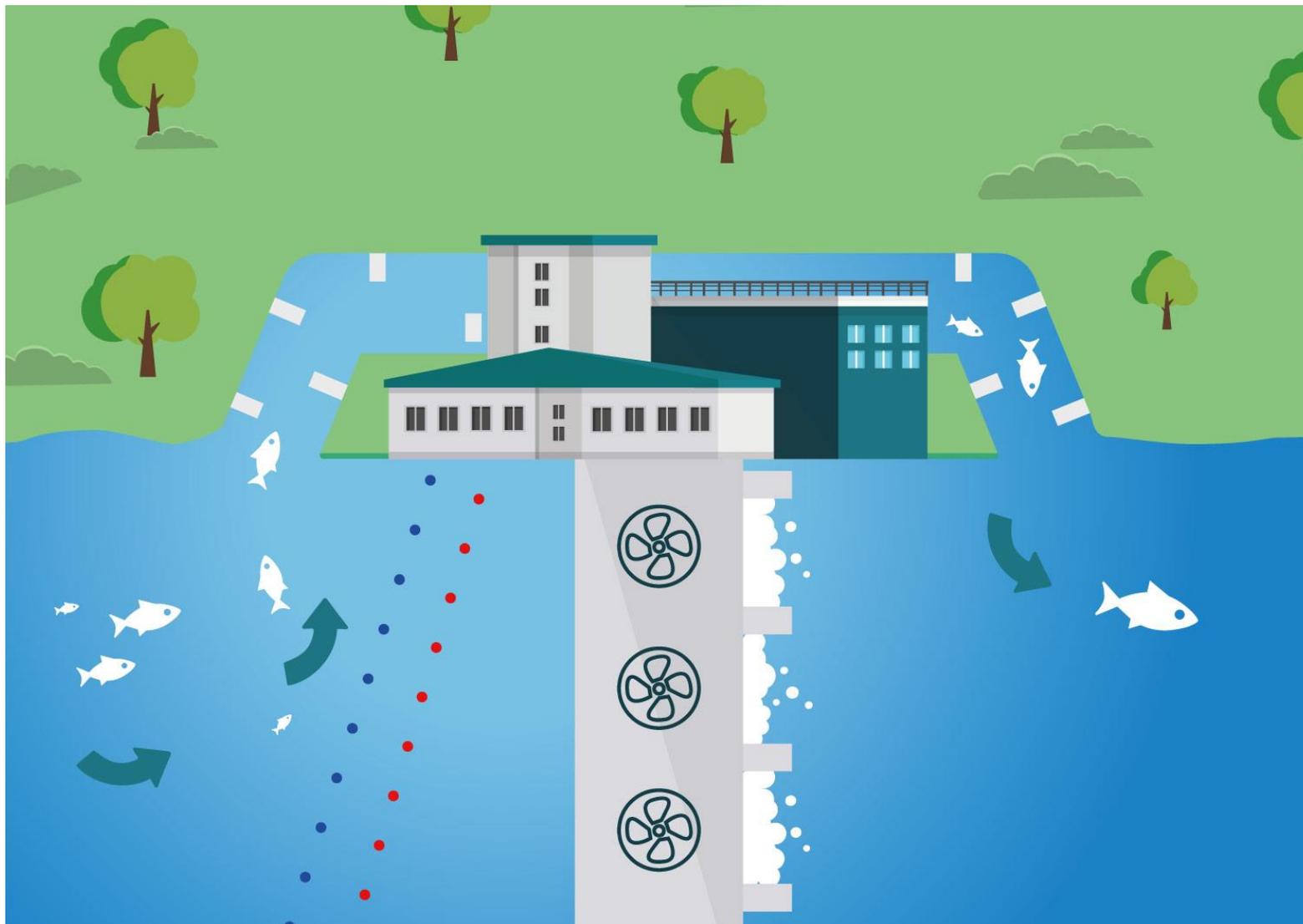
Akustisch

Optisch



Elektrisch

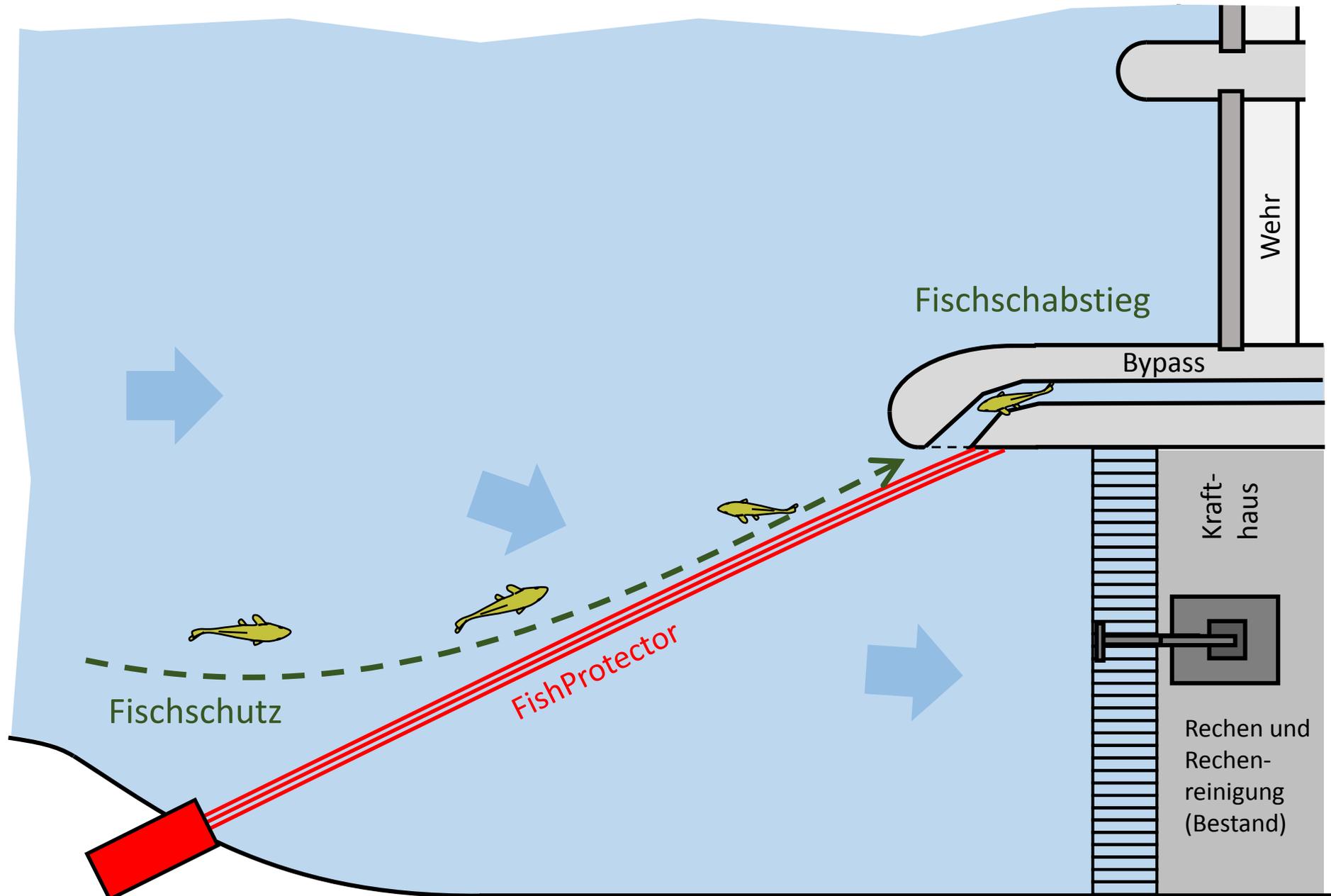




PROCOM SYSTEM S.A.
ul. Północna 15-19 bud. 2.2.
54-105 Wrocław
POLAND

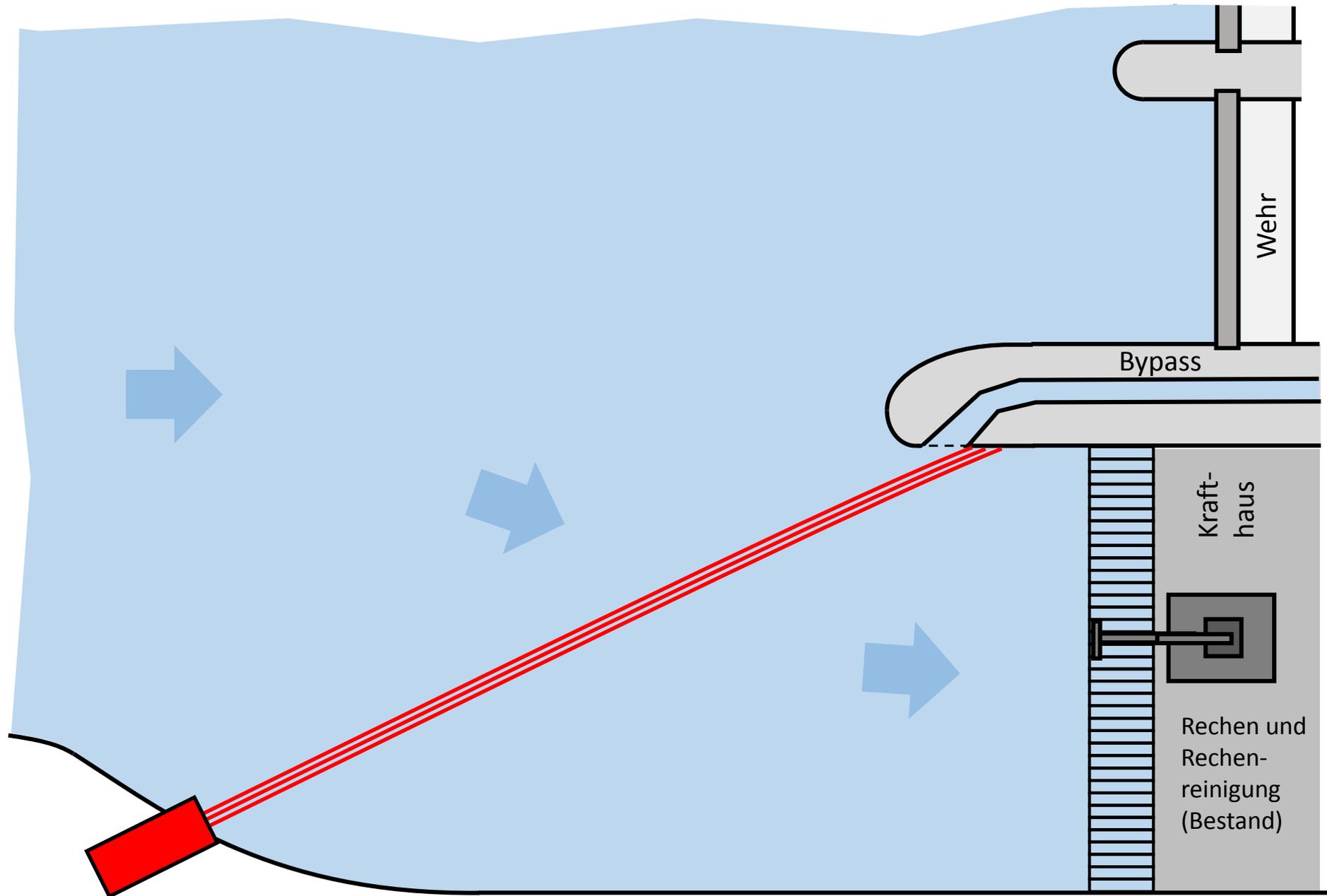
info@fishprotection.eu

Hybrider Fischschutz



Steuerung

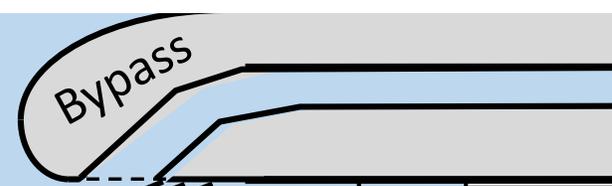
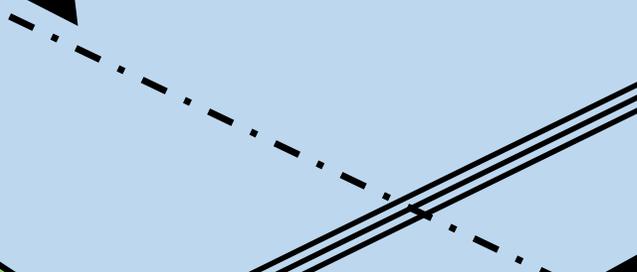
- Ablegen und Anspannen der Seile
- Elektroanschluss



A-A:



Lageskizze



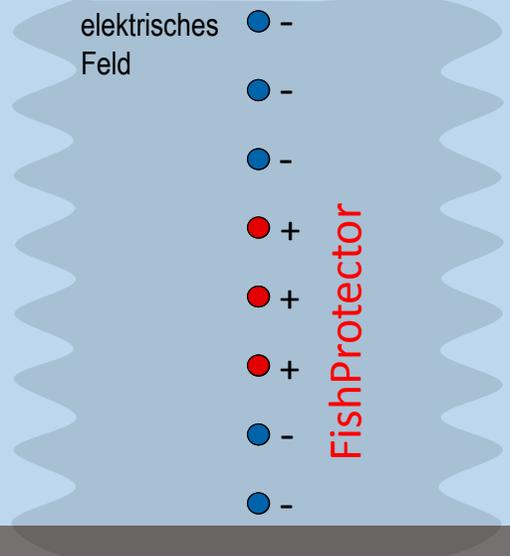
Bypass



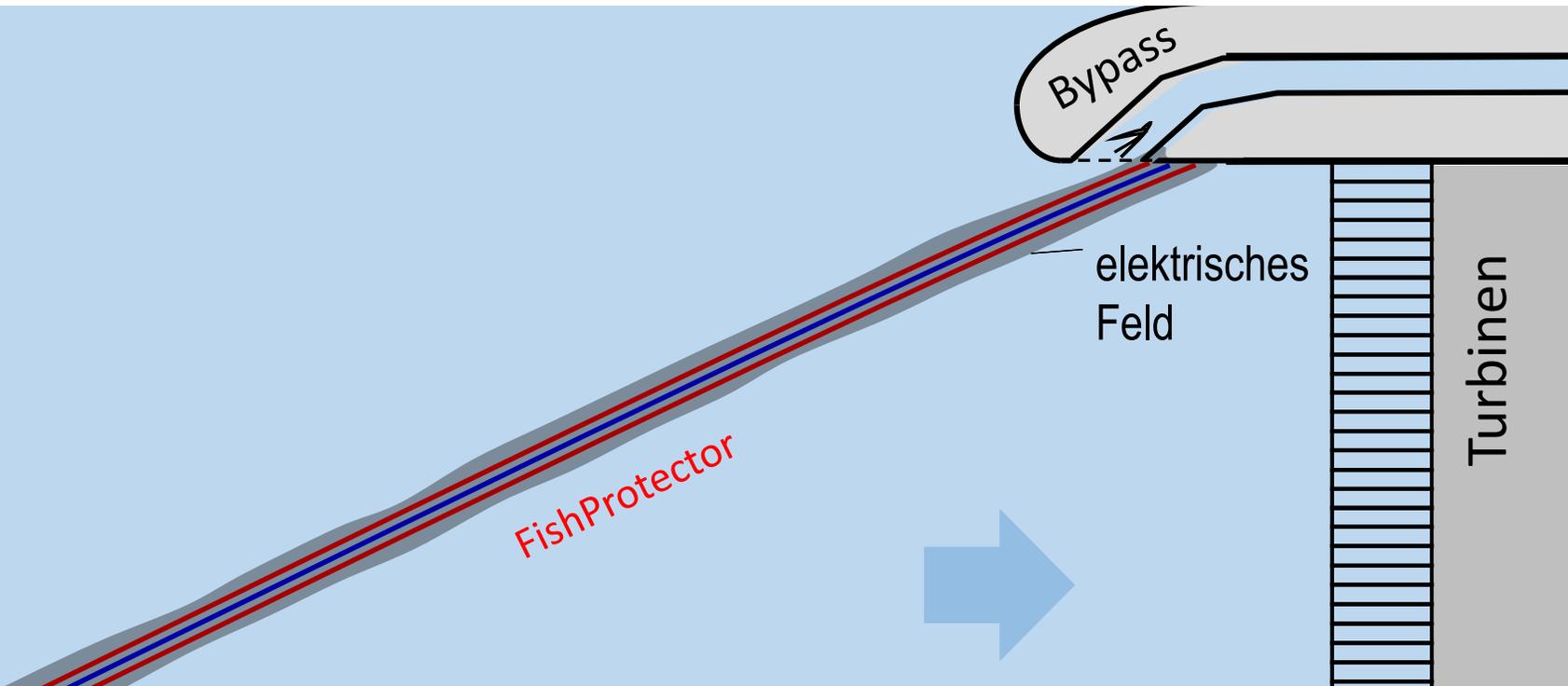
Turbinen



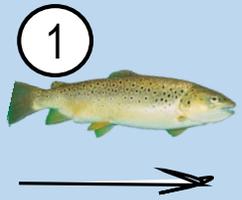
A-A:



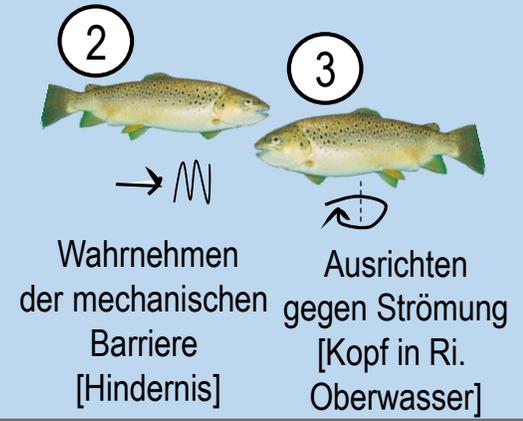
Lageskizze



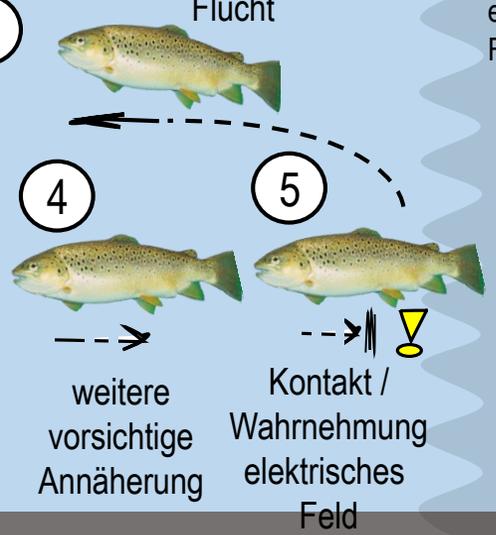
A-A:



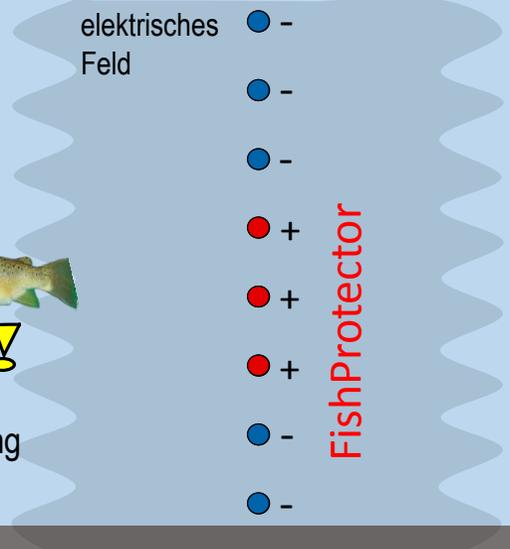
Wanderung, Annäherung



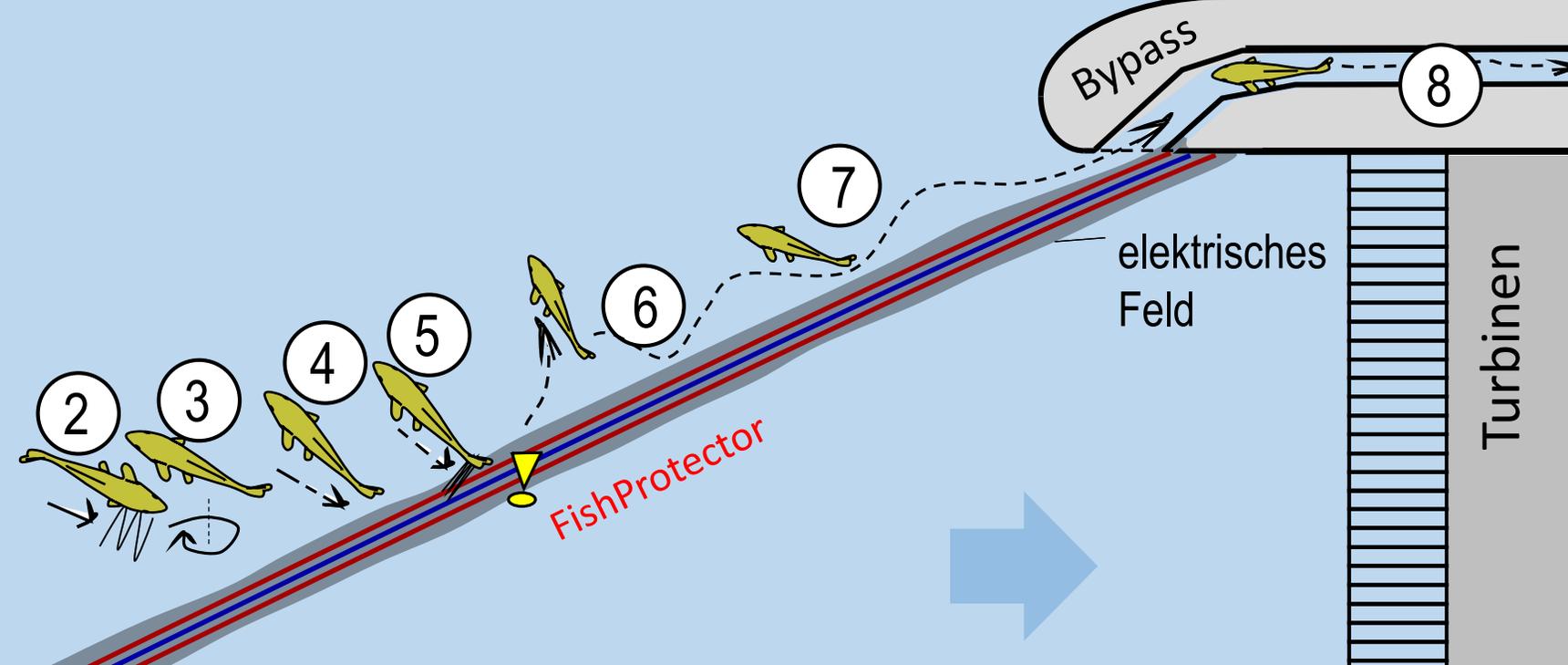
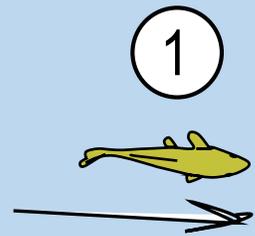
Wahrnehmen der mechanischen Barriere [Hindernis]
Ausrichten gegen Strömung [Kopf in Ri. Oberwasser]



weitere vorsichtige Annäherung
Kontakt / Wahrnehmung elektrisches Feld
Flucht

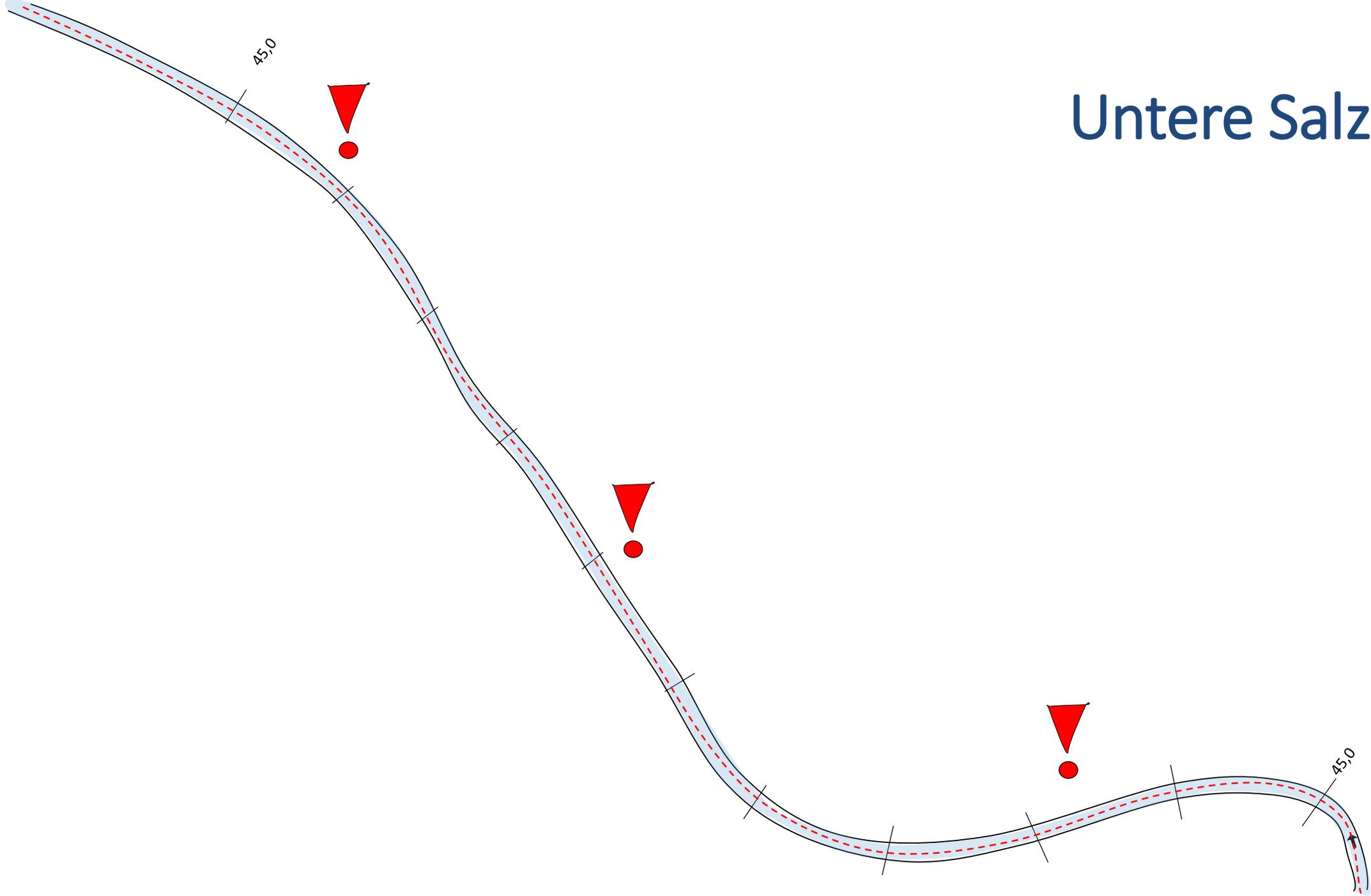


Lageskizze



Hybrider Fischschutz an der Unteren Salzach

Untere Salzach



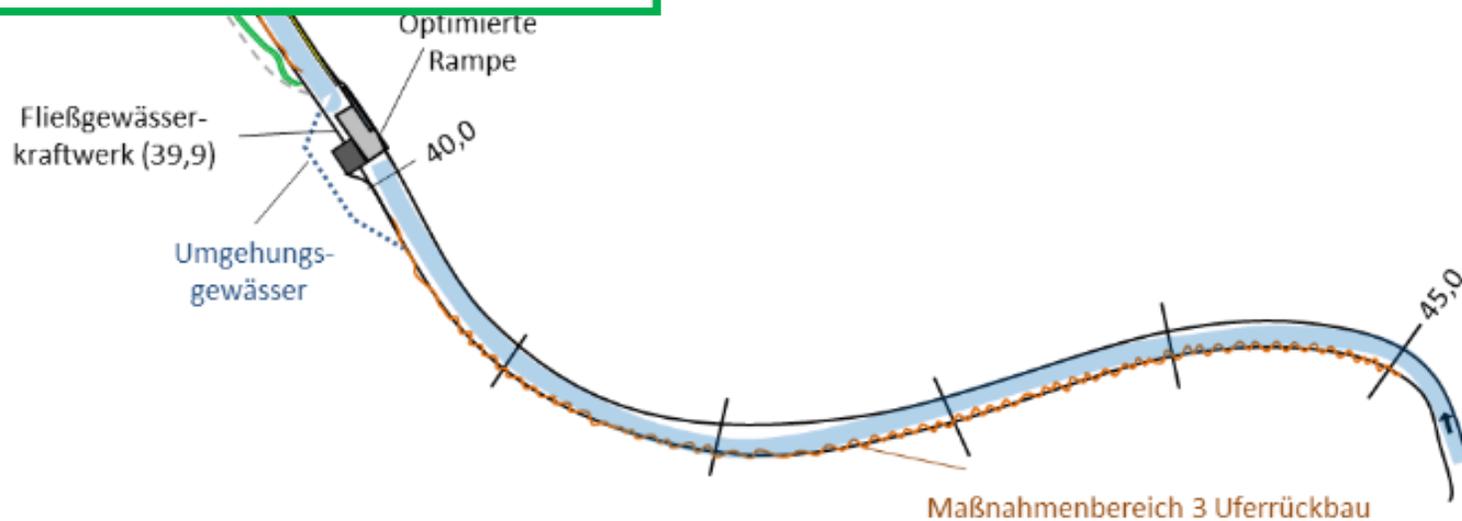
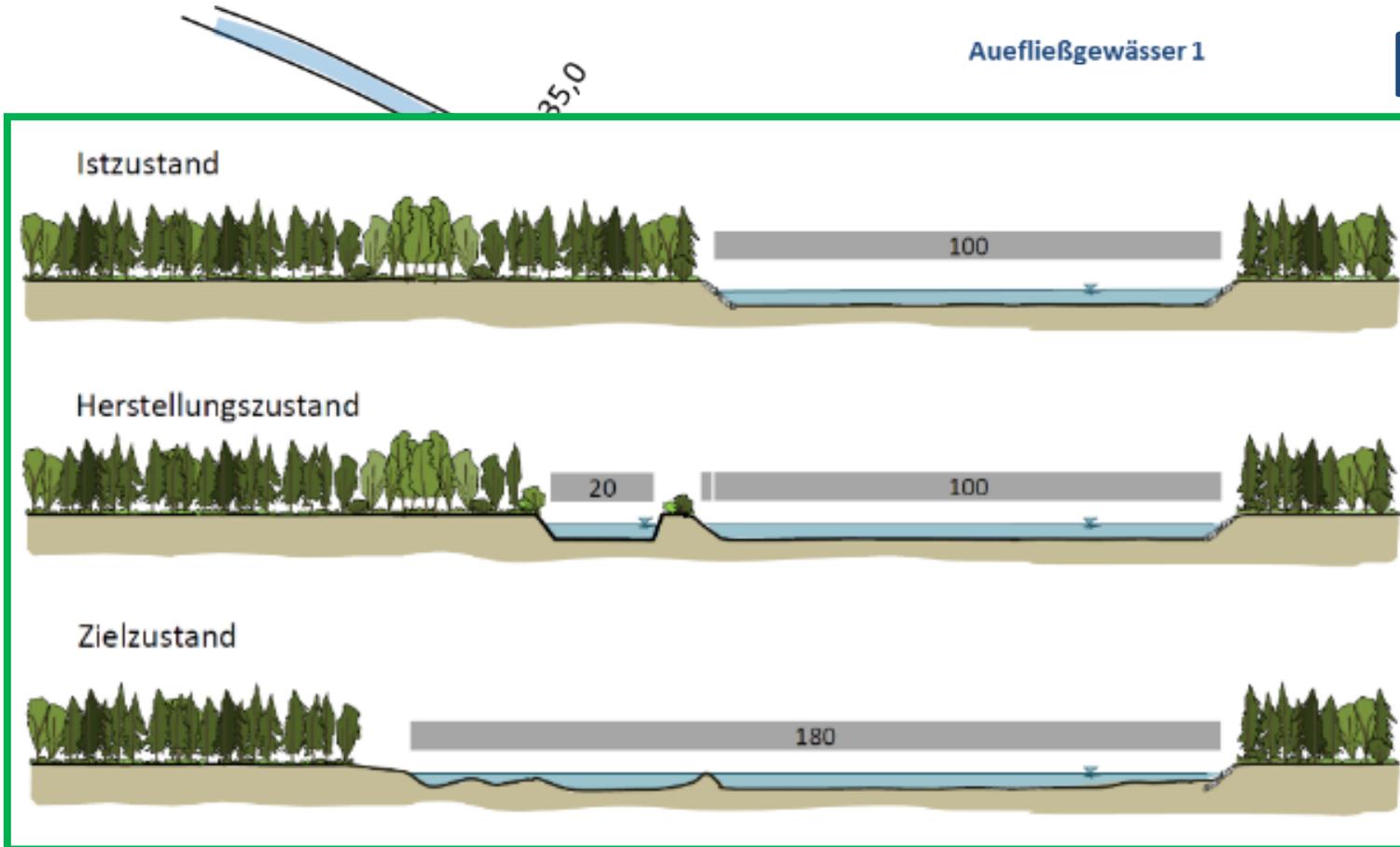
Fließgewässerkraftwerk Untere Salzach

E1+ „Mehr Fluss“

Renaturierung und Sanierung
der Unteren Salzach

Verbund

universität
innsbruck



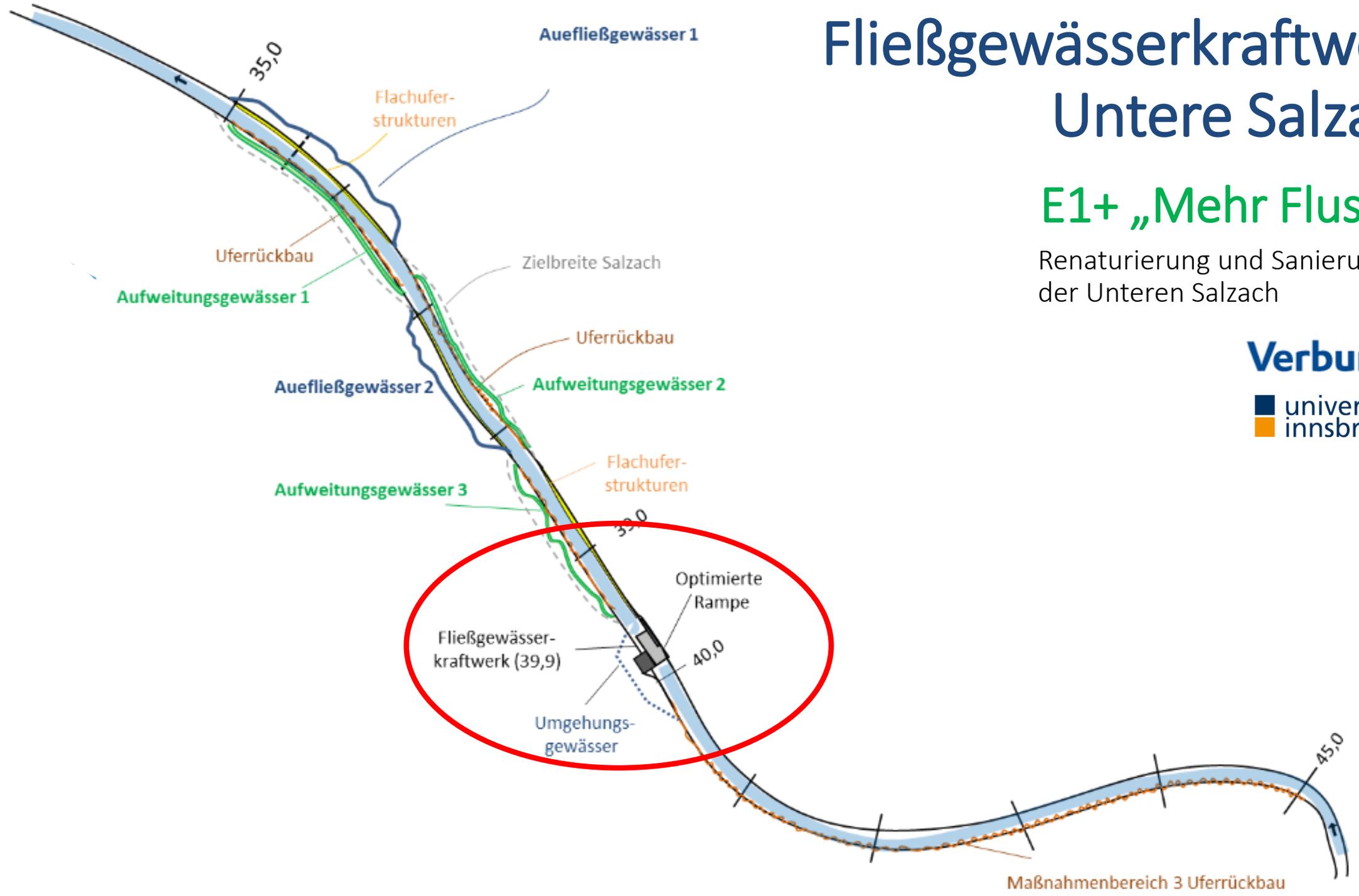
Fließgewässerkraftwerk Untere Salzach

E1+ „Mehr Fluss“

Renaturierung und Sanierung
der Unteren Salzach

Verbund

universität
innsbruck



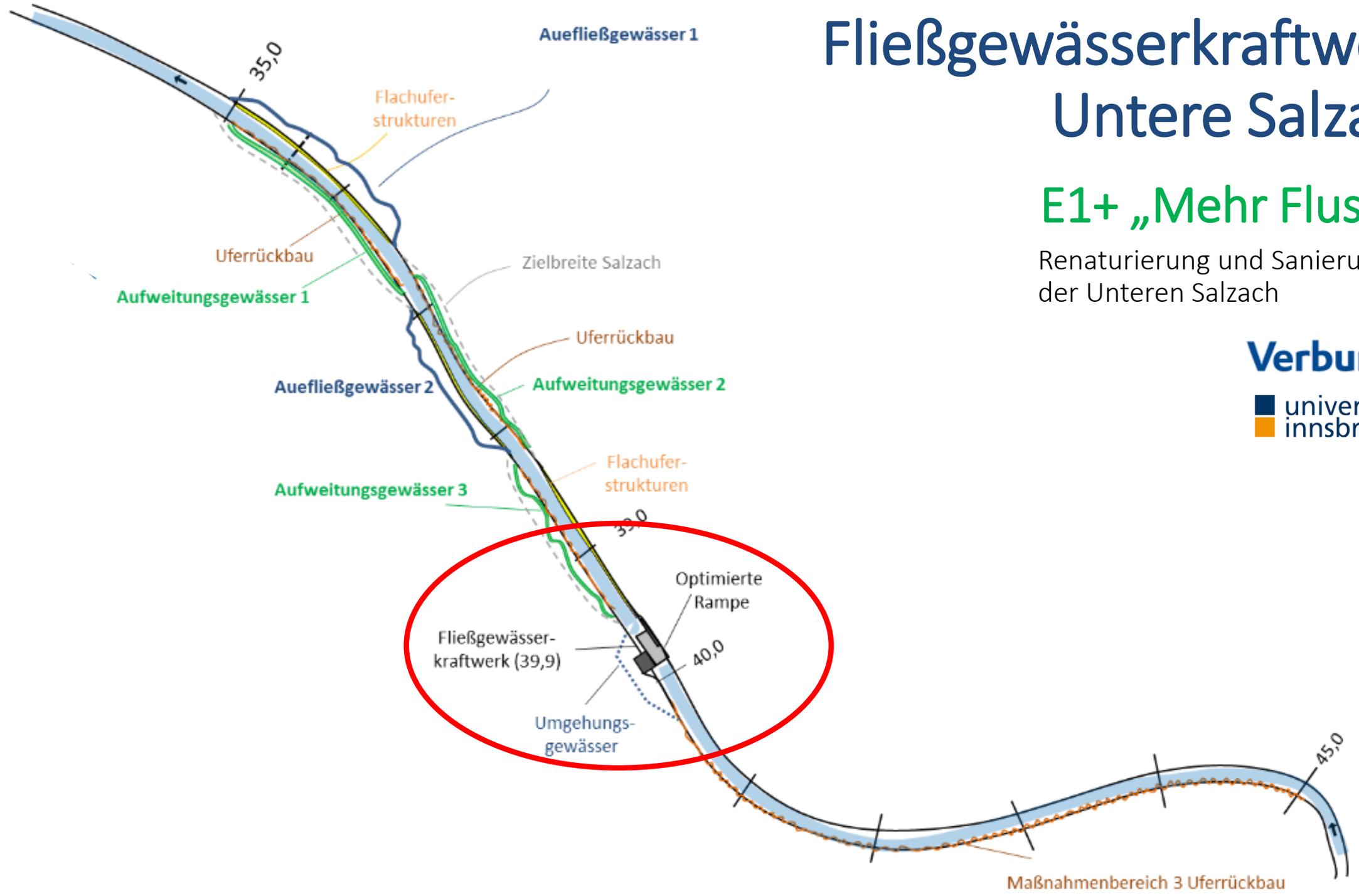
Fließgewässerkraftwerk Untere Salzach

E1+ „Mehr Fluss“

Renaturierung und Sanierung
der Unteren Salzach

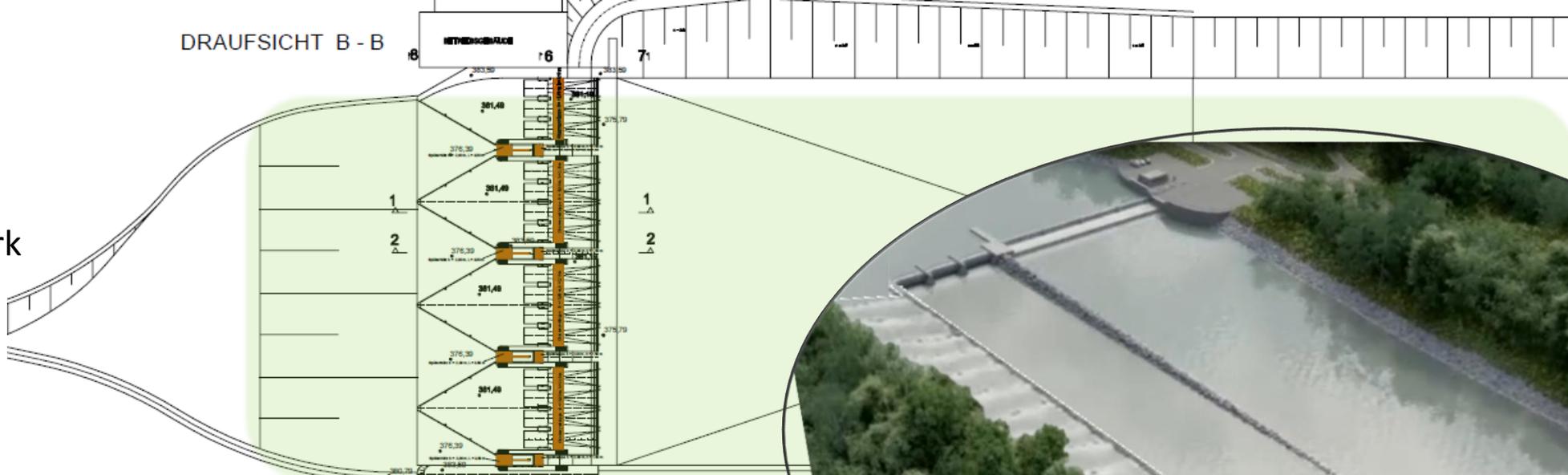
Verbund

universität
innsbruck

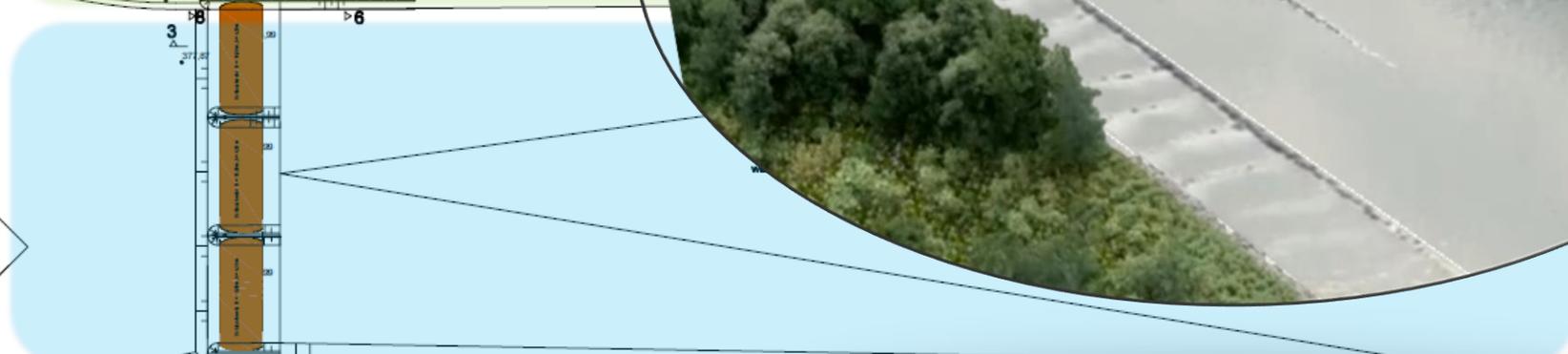


DRAUFSICHT B - B

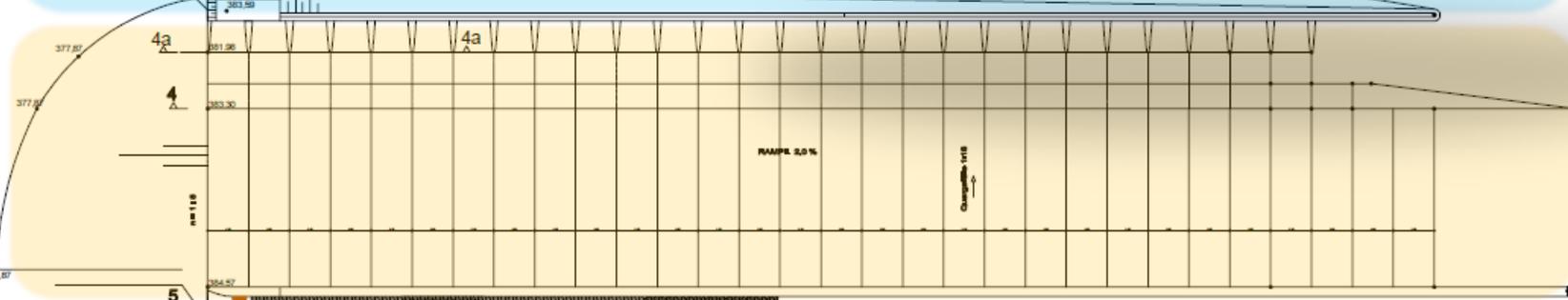
Kraftwerk



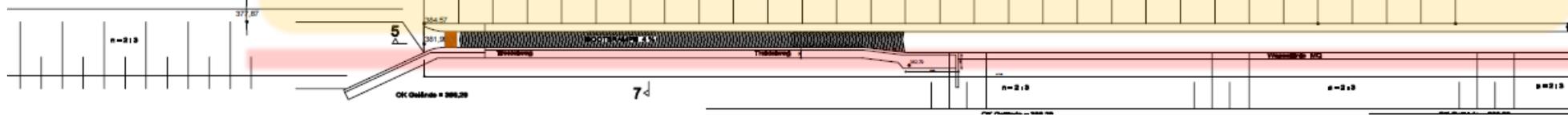
Hochwasser
Geschiebe



Riegelrampe

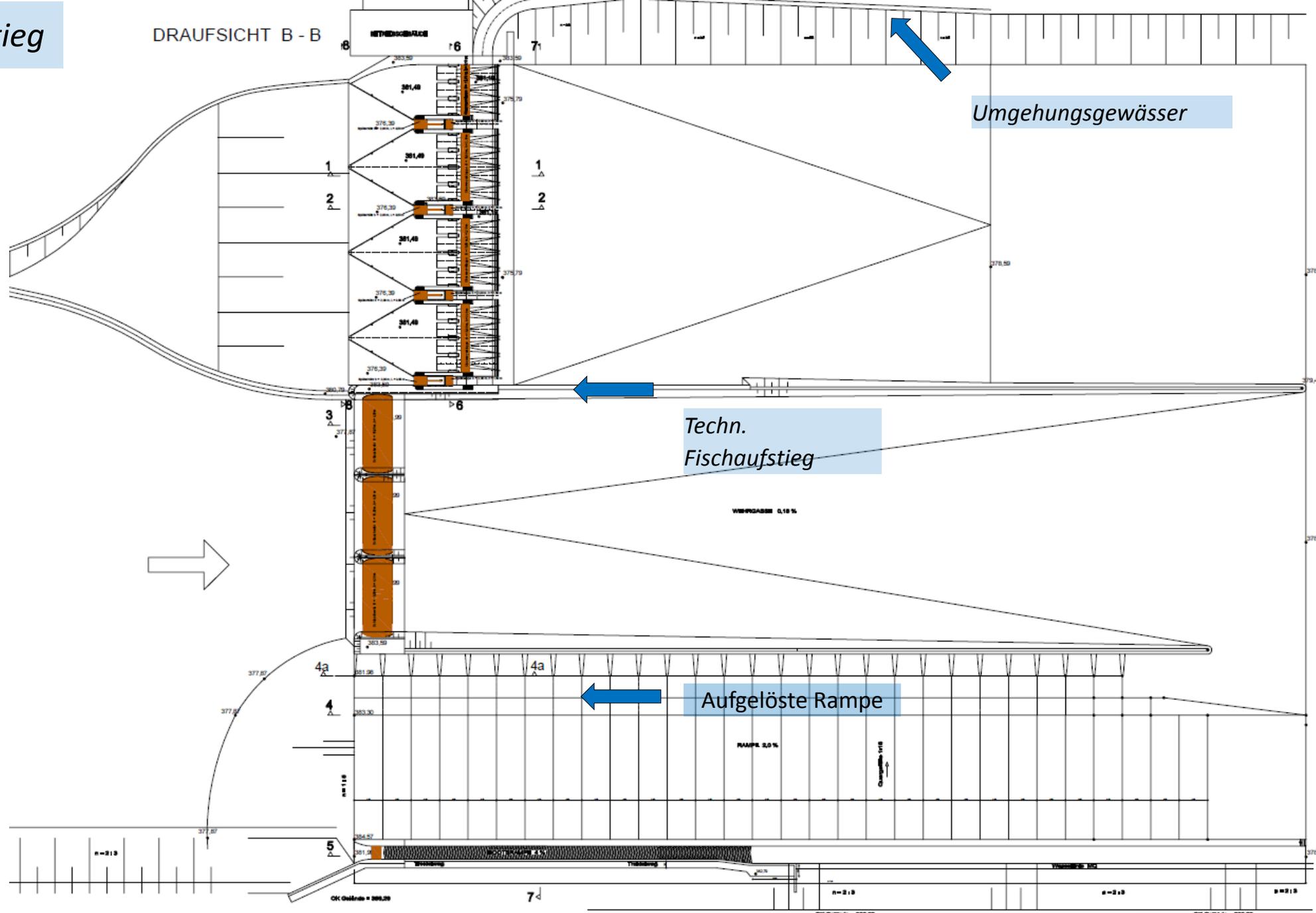


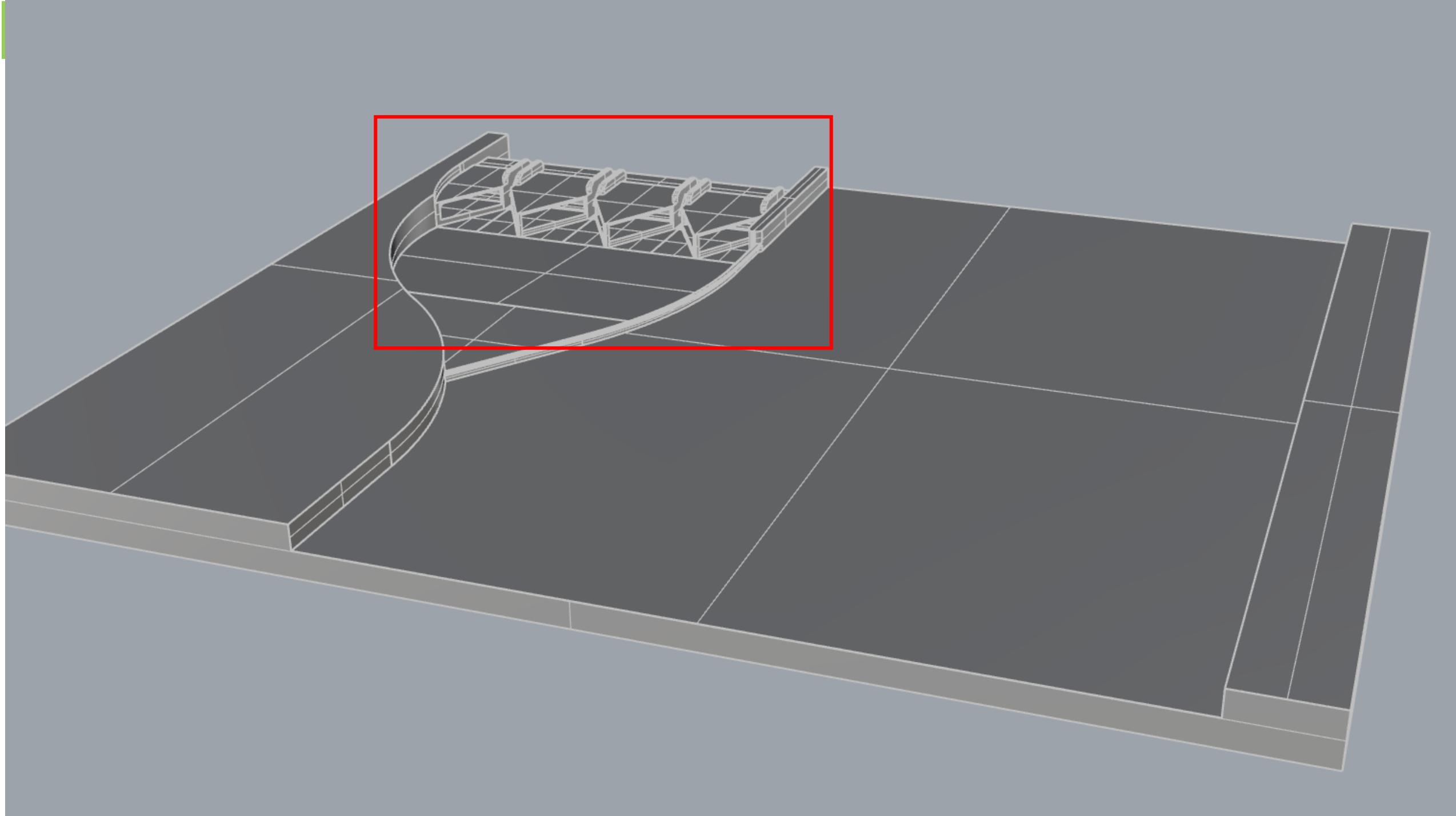
Boote



Fischaufstieg

DRAUFSICHT B - B

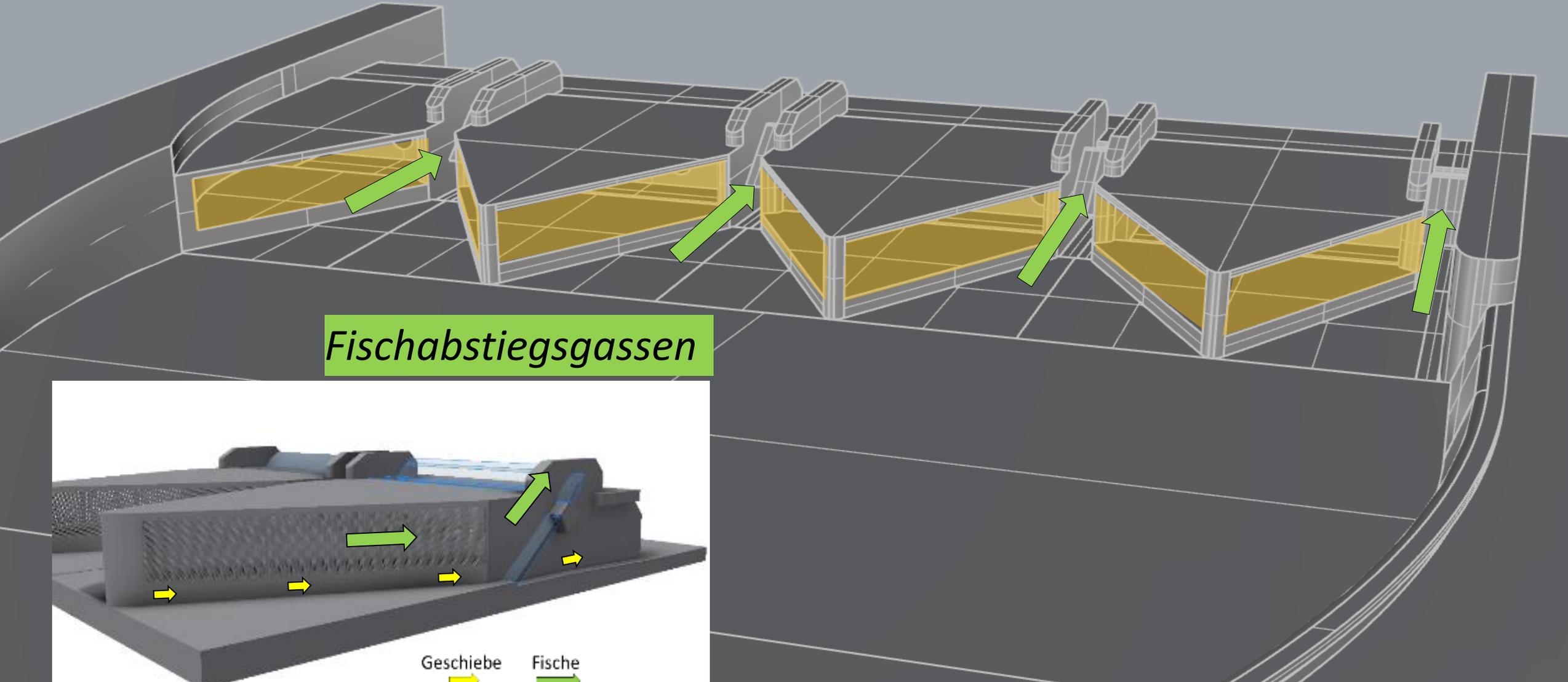




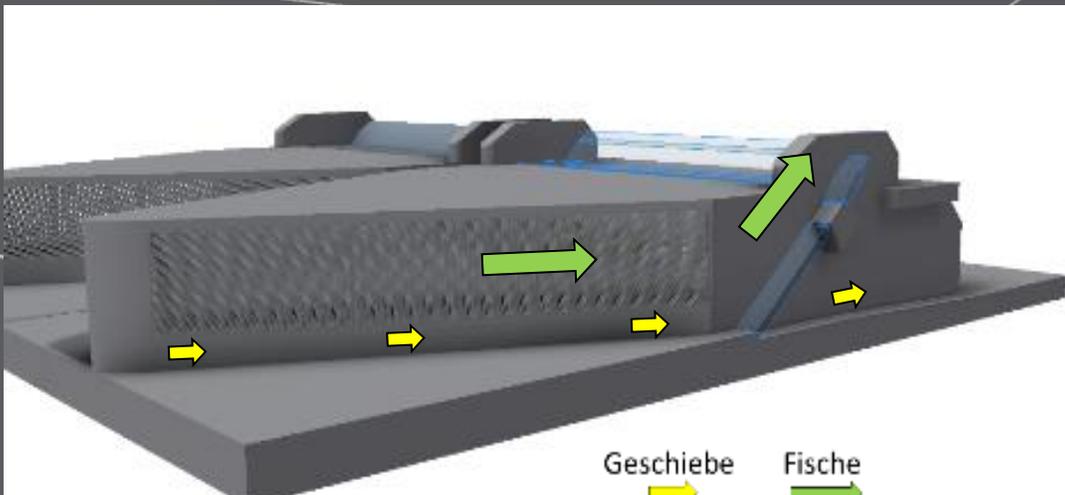
HYBRIDER FISCHSCHUTZ

Horizontalrechen, elektrifiziert,

$\Delta s \sim 50 \text{ mm bis } 100 \text{ mm}$

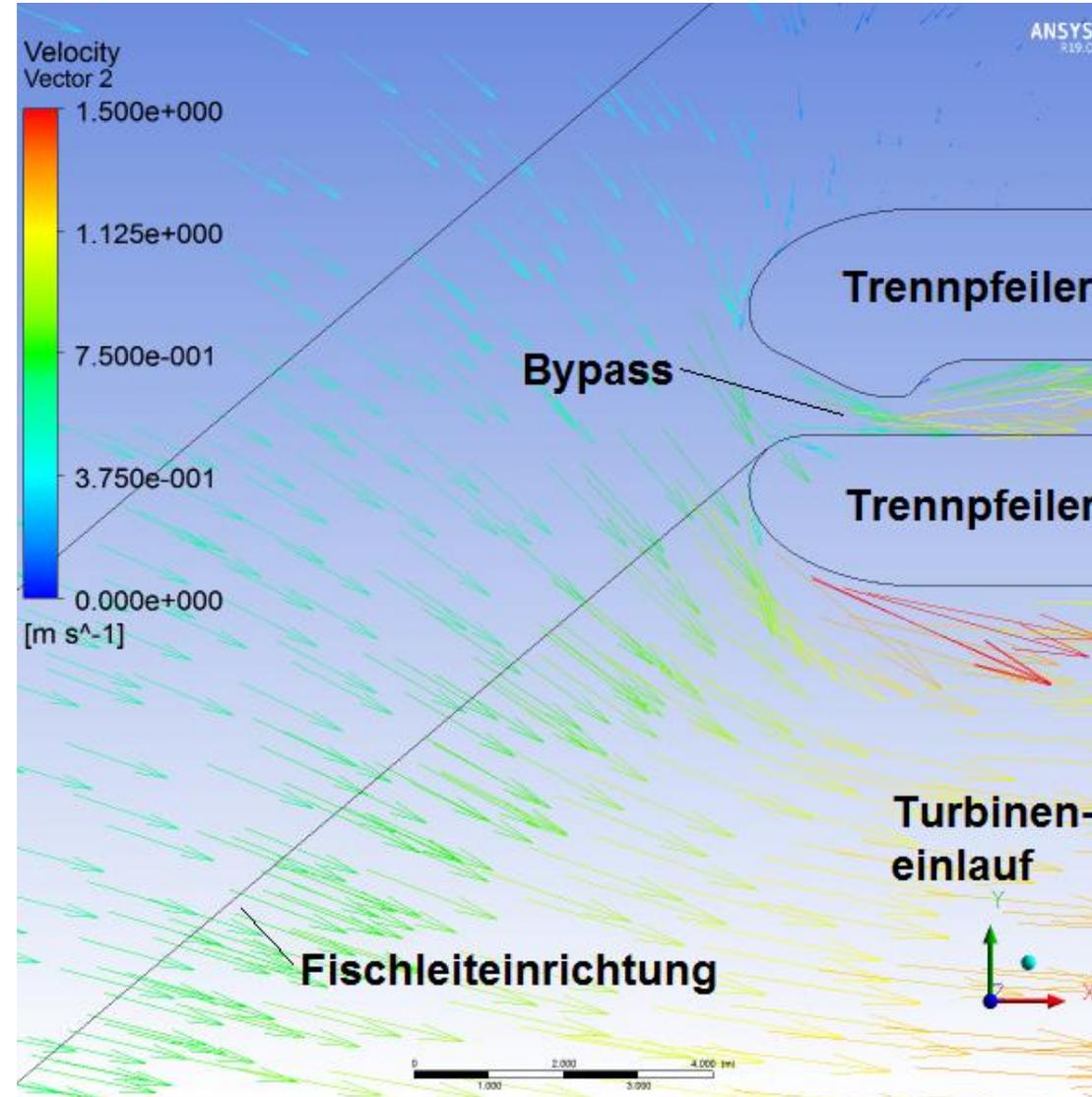


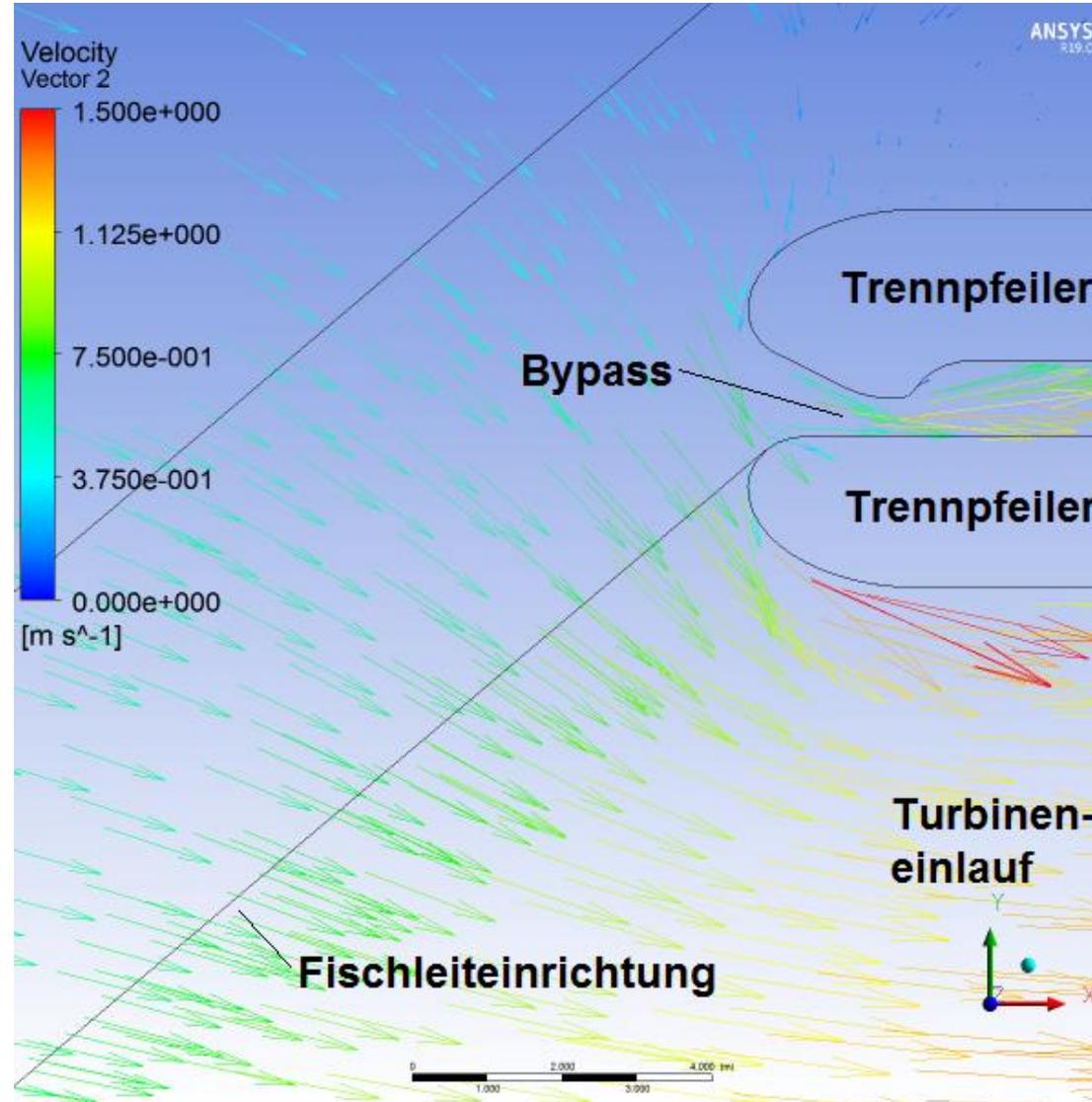
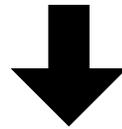
Fischabstiegsgassen



Geschiebe Fische

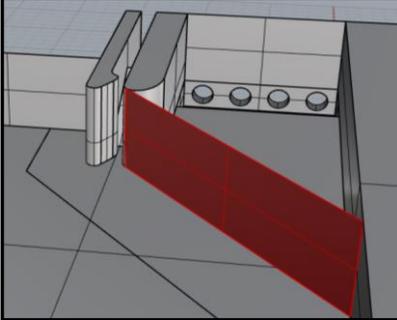
FINI





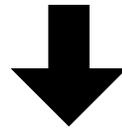
3D Numerik

Wasserkraftanlage mit
Fischleiteinrichtungen



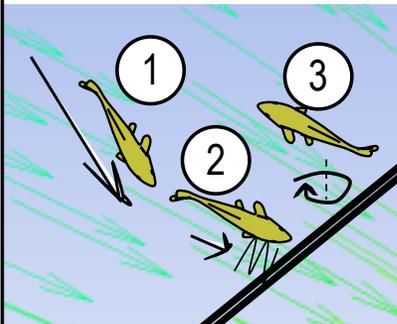
Mortalität

Anwendung / Überprüfung
3D numerischer Methoden

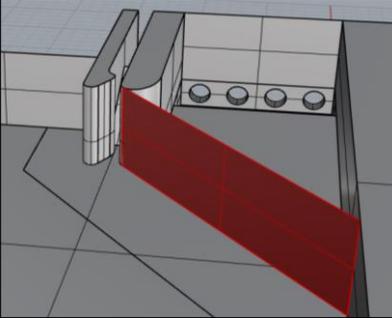


Fischverhalten

Bewertung auf Basis von
Strömungsvektoren etc.



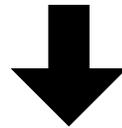
3D Numerik
Wasserkraftanlage mit
Fischleiteinrichtungen



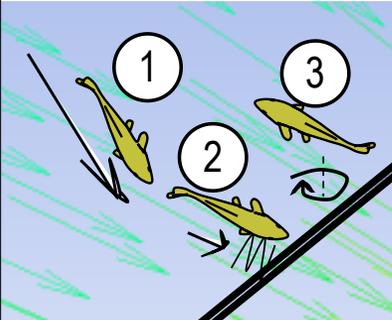
Mortalität
Anwendung / Überprüfung
3D numerischer Methoden



Turbinenversuche
Einfluss der Leiteinrichtungen
auf den Turbinenwirkungsgrad

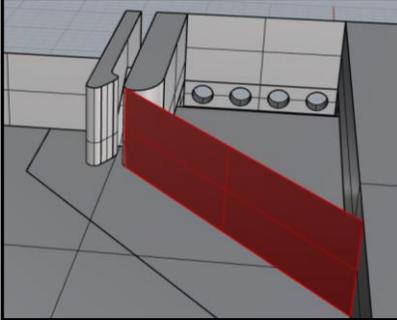



Fischverhalten
Bewertung auf Basis von
Strömungsvektoren etc.



3D Numerik

Wasserkraftanlage mit
Fischleiteinrichtungen



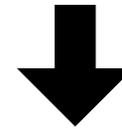
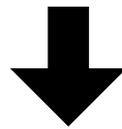
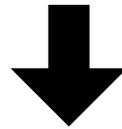
Mortalität

Anwendung / Überprüfung
3D numerischer Methoden



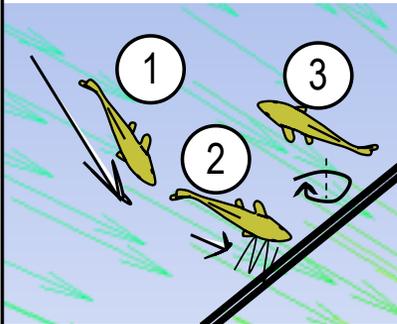
Turbinenversuche

Einfluss der Leiteinrichtungen
auf den Turbinenwirkungsgrad



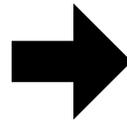
Fischverhalten

Bewertung auf Basis von
Strömungsvektoren etc.



Empfehlungen

Erhöhung der Stromproduktion mit
ökologisch nachhaltigen Wasserkraftanlagen



Seilrechen an Fischabstiegsanlagen

Konzept und Grundlagen

Markus Aufleger

Zürich, 3.7.2019



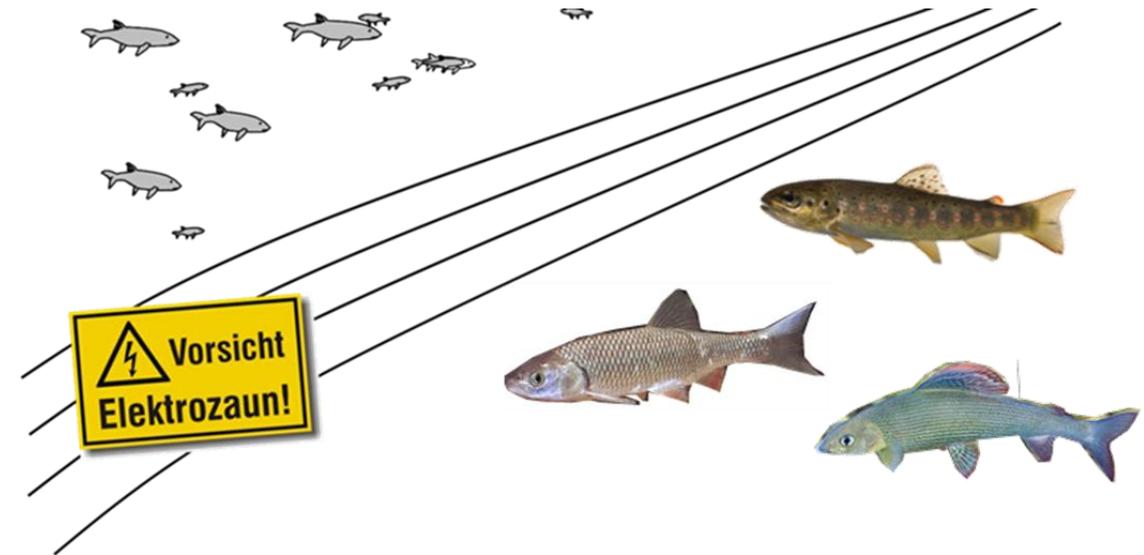
Elektro-Seilrechen

Ergebnisse der ethohydraulischen Versuche



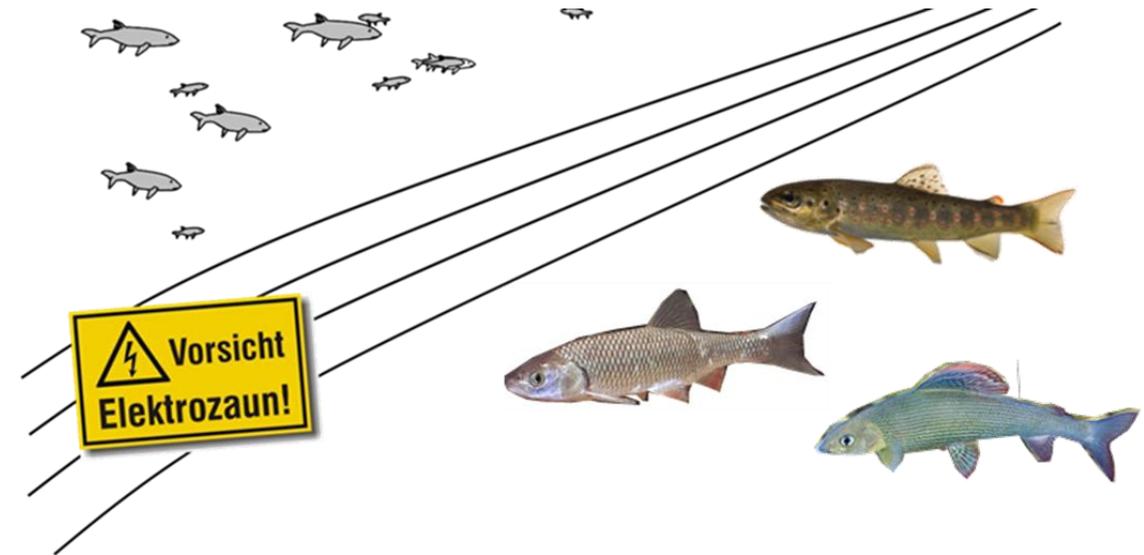
Übersicht

1. Versuchsssetup / Versuchsdurchführung
2. Ergebnisse Seilrechen
3. Ergebnisse Elektro-Seilrechen



Übersicht

1. Versuchsssetup / Versuchsdurchführung
2. Ergebnisse Seilrechen
3. Ergebnisse Elektro-Seilrechen



Versuchssetup / Versuchsdurchführung



Versuchssetup / Versuchsdurchführung

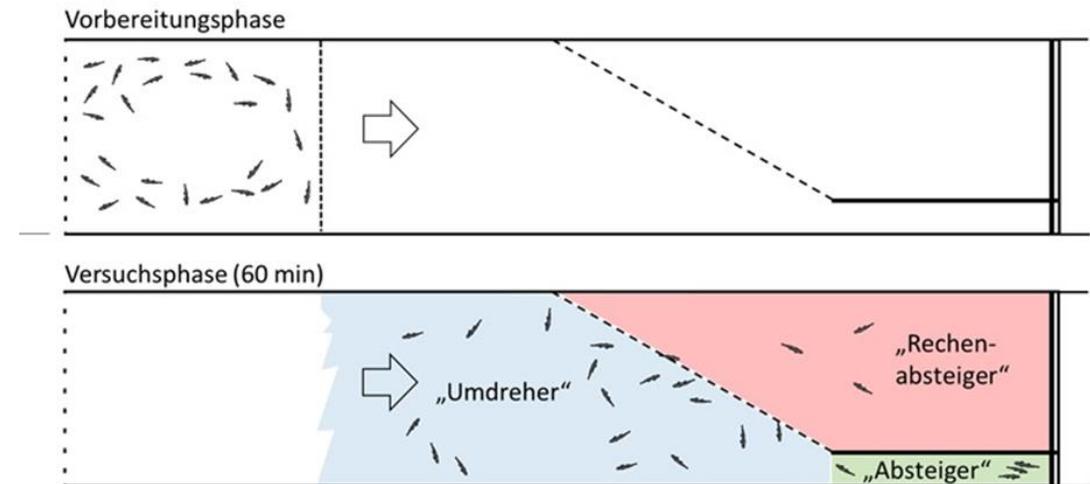
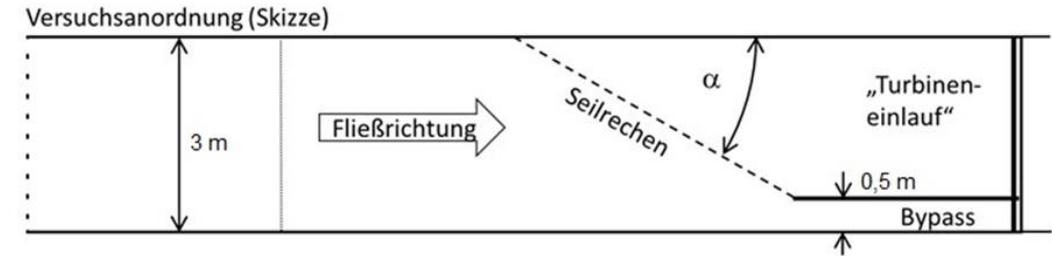


Versuchssetup / Versuchsdurchführung



Versuchssetup / Versuchsdurchführung

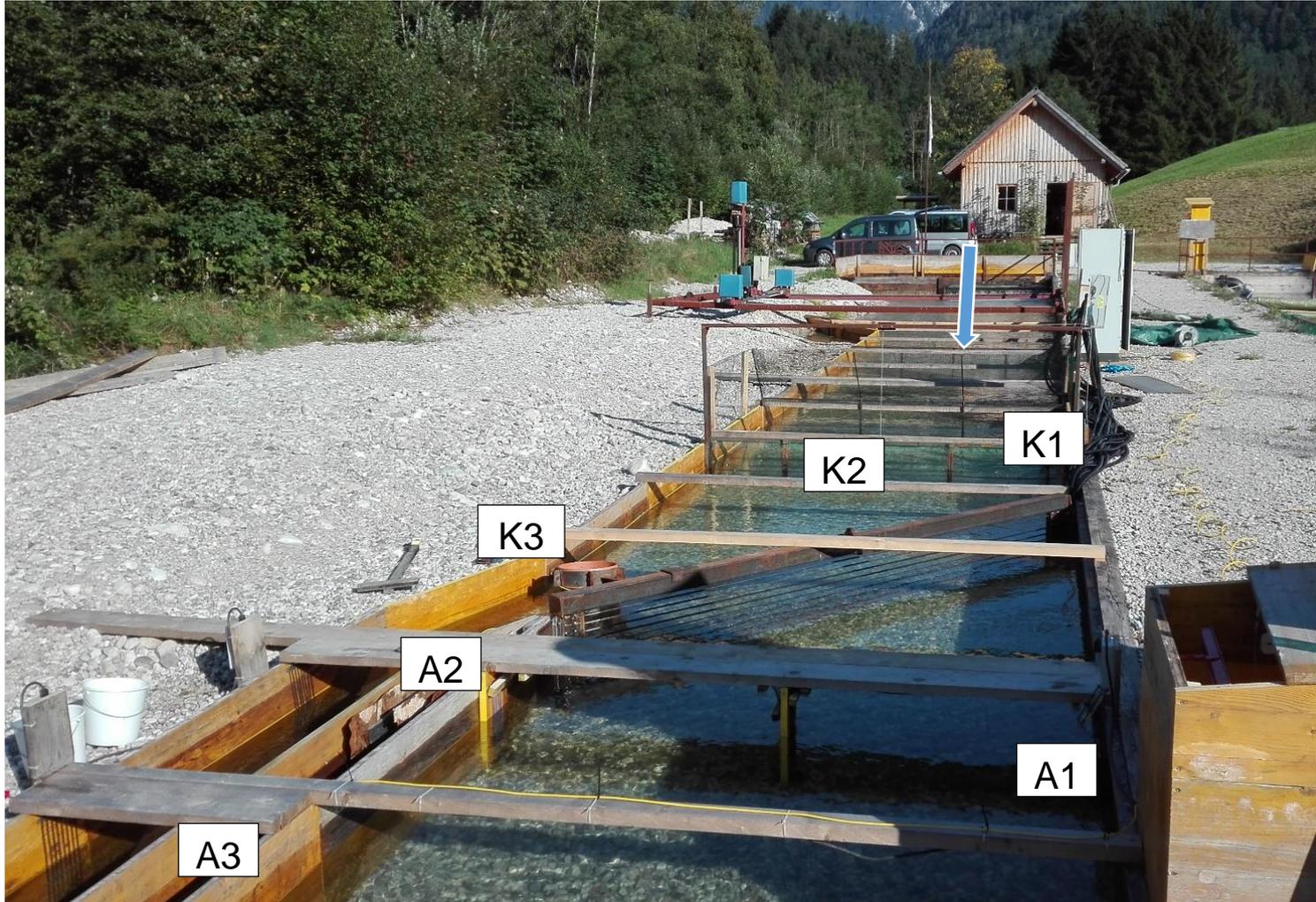
- Min 5 unabhängige Versuche pro Setup
- Durchfluss 650 l/s
- Mittlere Fließgeschwindigkeit 0,43 m/s
- Konstante Fließtiefe von 0,5 m
- Versuchsdauer 1 h
- Geometrie
 - Anstellwinkel: 20° (Rechenlänge 7,3 m) bzw. 40° (Rechenlänge 3,9 m)
 - Lichter Seilabstand: 30 bzw. 60 mm
- Elektrifizierung
 - Gepulster Gleichstrom (80 V) – Kleines elektrisches Feld
 - Gepulster Gleichstrom (80V) – Großes elektrisches Feld
 - Kontrollversuche
- Überwachung
 - PIT-Tag Technologie
 - GoPro Kameras
 - Netzwerkkameras



Versuchssetup / Versuchsdurchführung

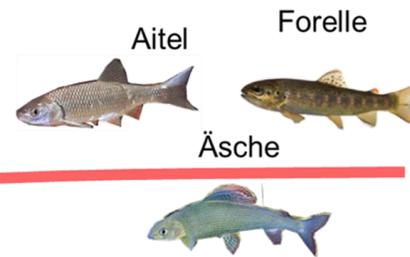
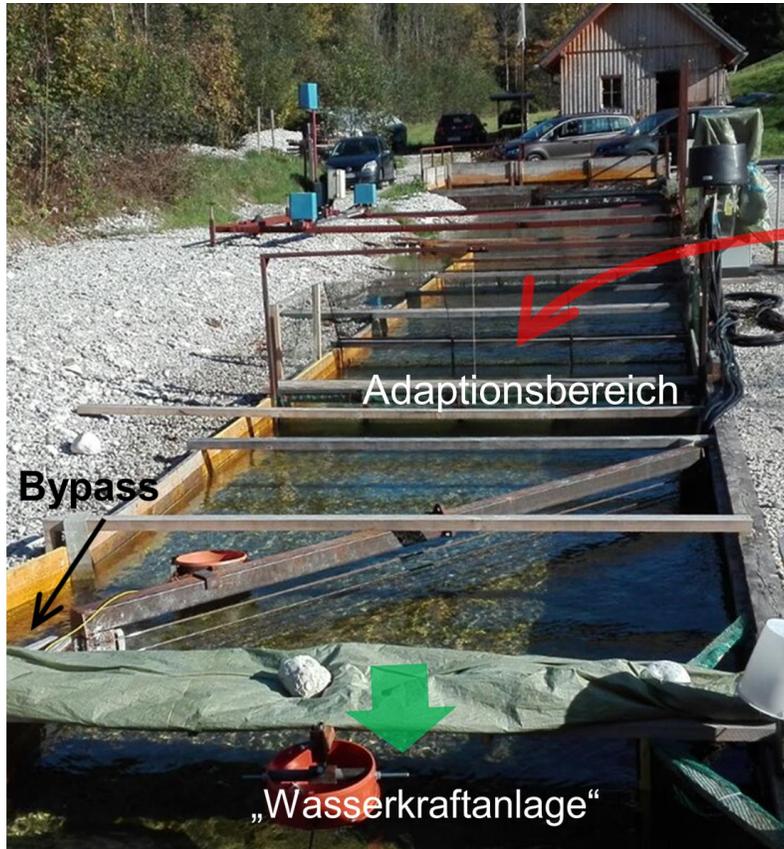
K... Kamera

A... Antenne



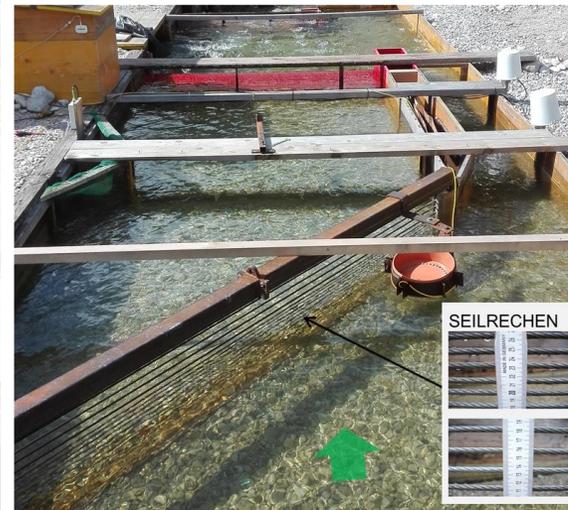
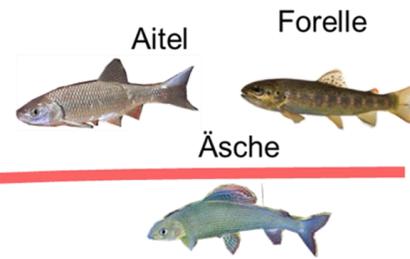
Versuchssetup / Versuchsdurchführung

- Versuchsfische jeweils 15 Wildfische pro Art
- Fischlängen zwischen 10 und 25 cm

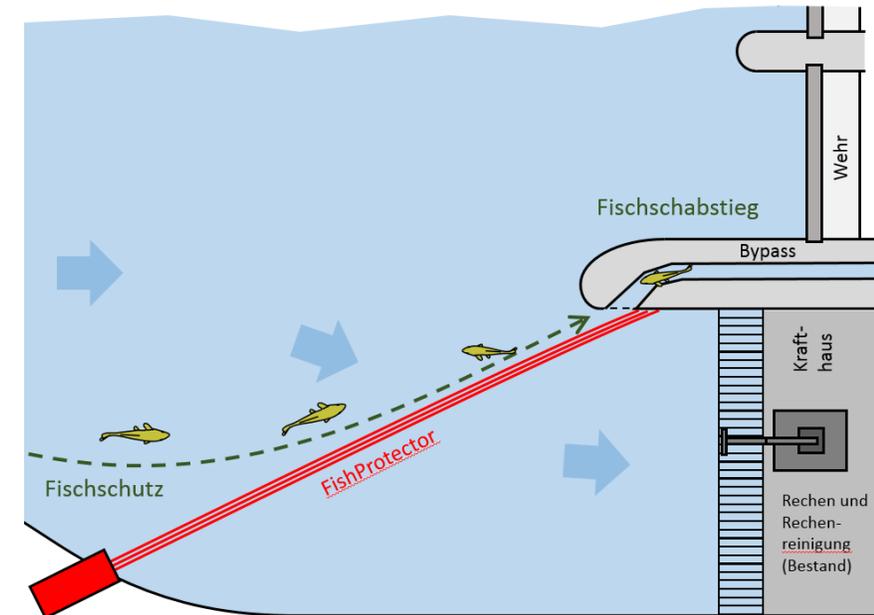


Versuchssetup / Versuchsdurchführung

- Versuchsfische jeweils 15 Wildfische pro Art
- Fischlängen zwischen 10 und 25 cm

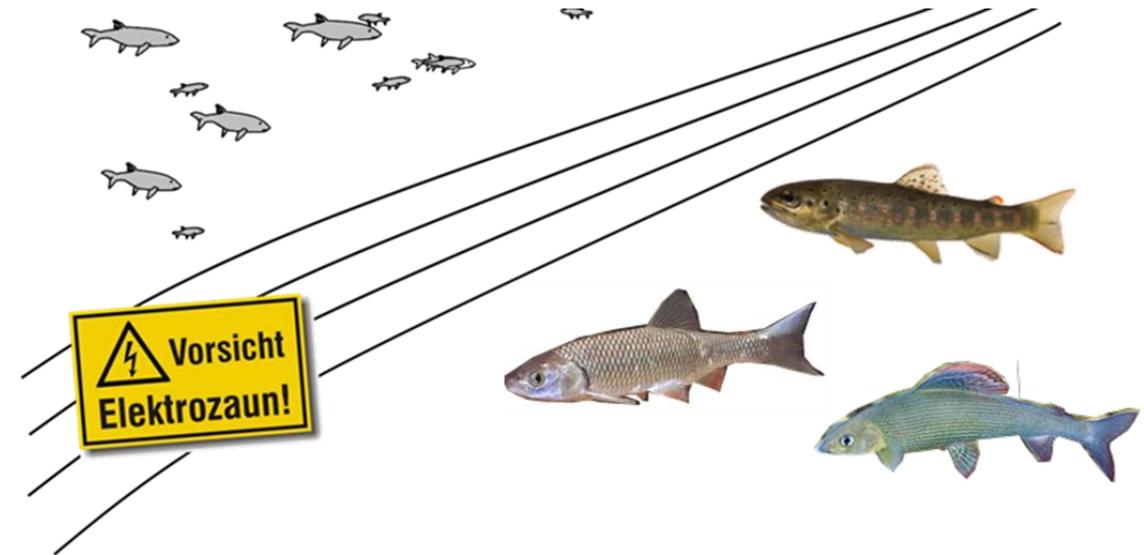


Versuchssetup: Fischschutz- und Fischverhalten



Übersicht

1. Versuchssetup / Versuchsdurchführung
2. Ergebnisse Seilrechen
3. Ergebnisse Elektro-Seilrechen



Ergebnisse Seilrechen

Seilrechen:

- Mechanische Barriere durch horizontal gespannte Stahlseile
- Lichter Seilabstand: 10, 20 und 30 mm
- Variable Fließgeschwindigkeit

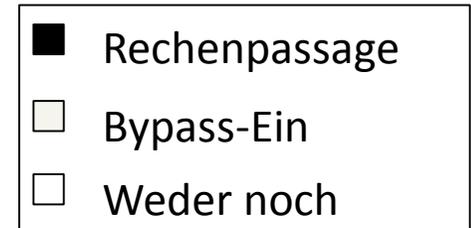
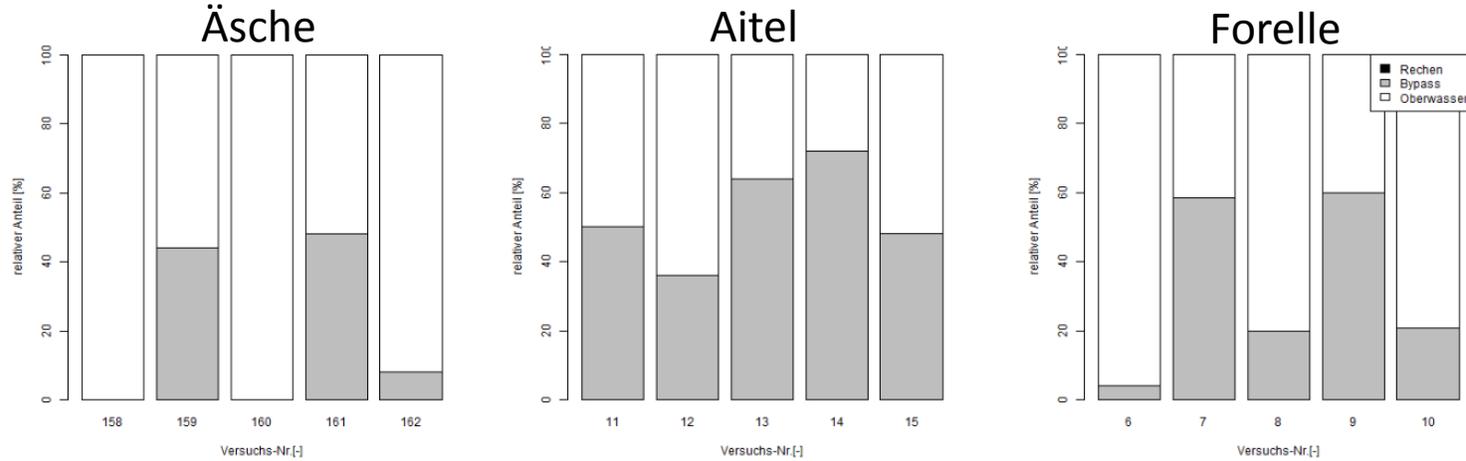
Fragestellungen:

- Verhaltensbarriere durch Seilschwingungen?
- Leitwirkung durch Schrägstellung?

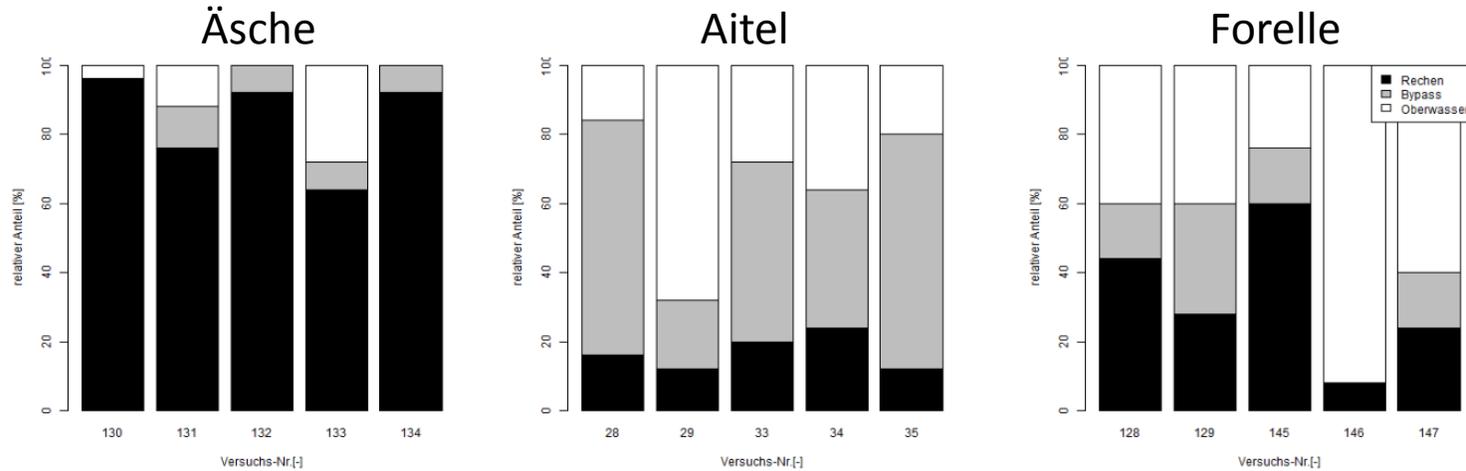


Ergebnisse Seilrechen

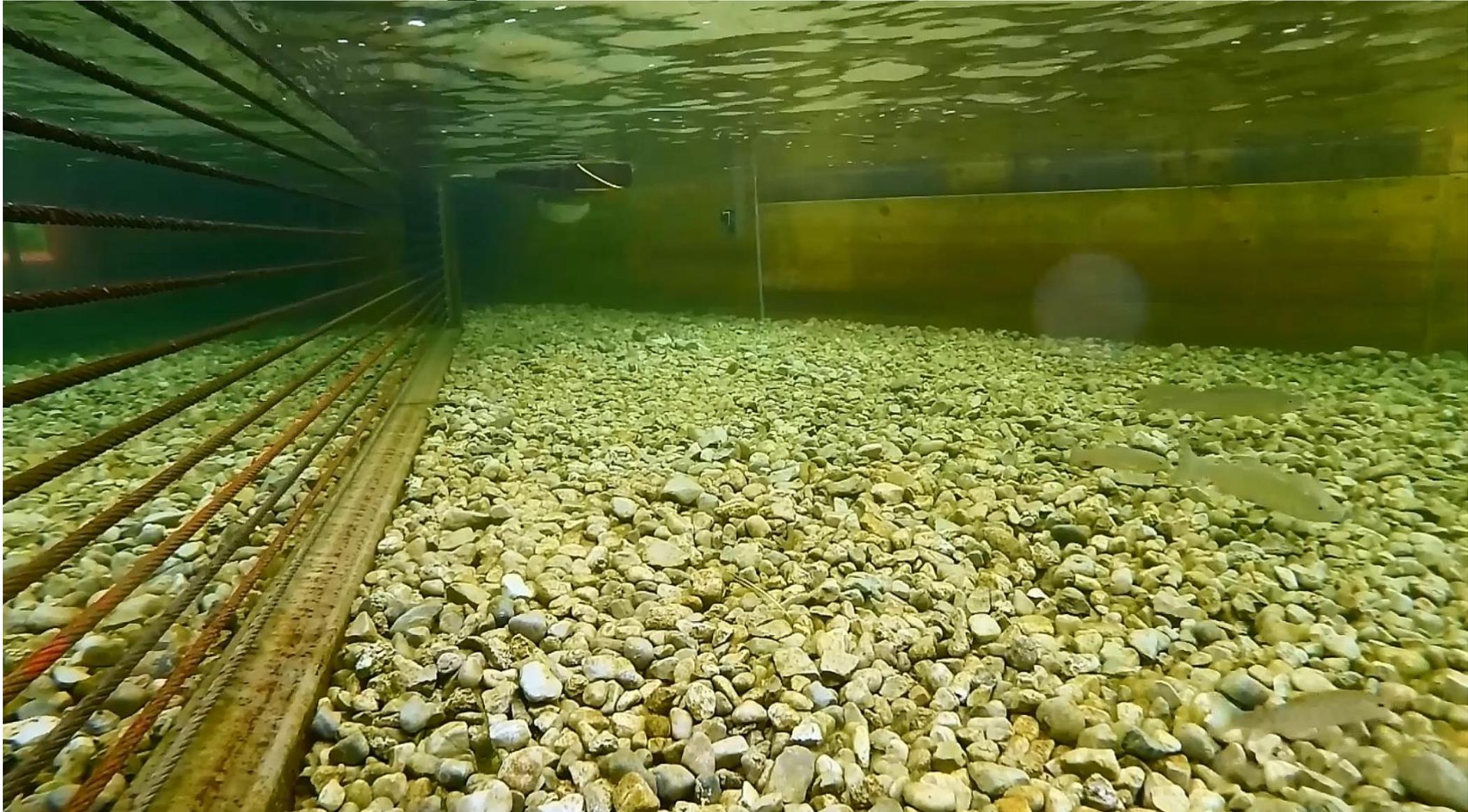
Lichter Seilabstand: 10 mm



Lichter Seilabstand: 20 mm

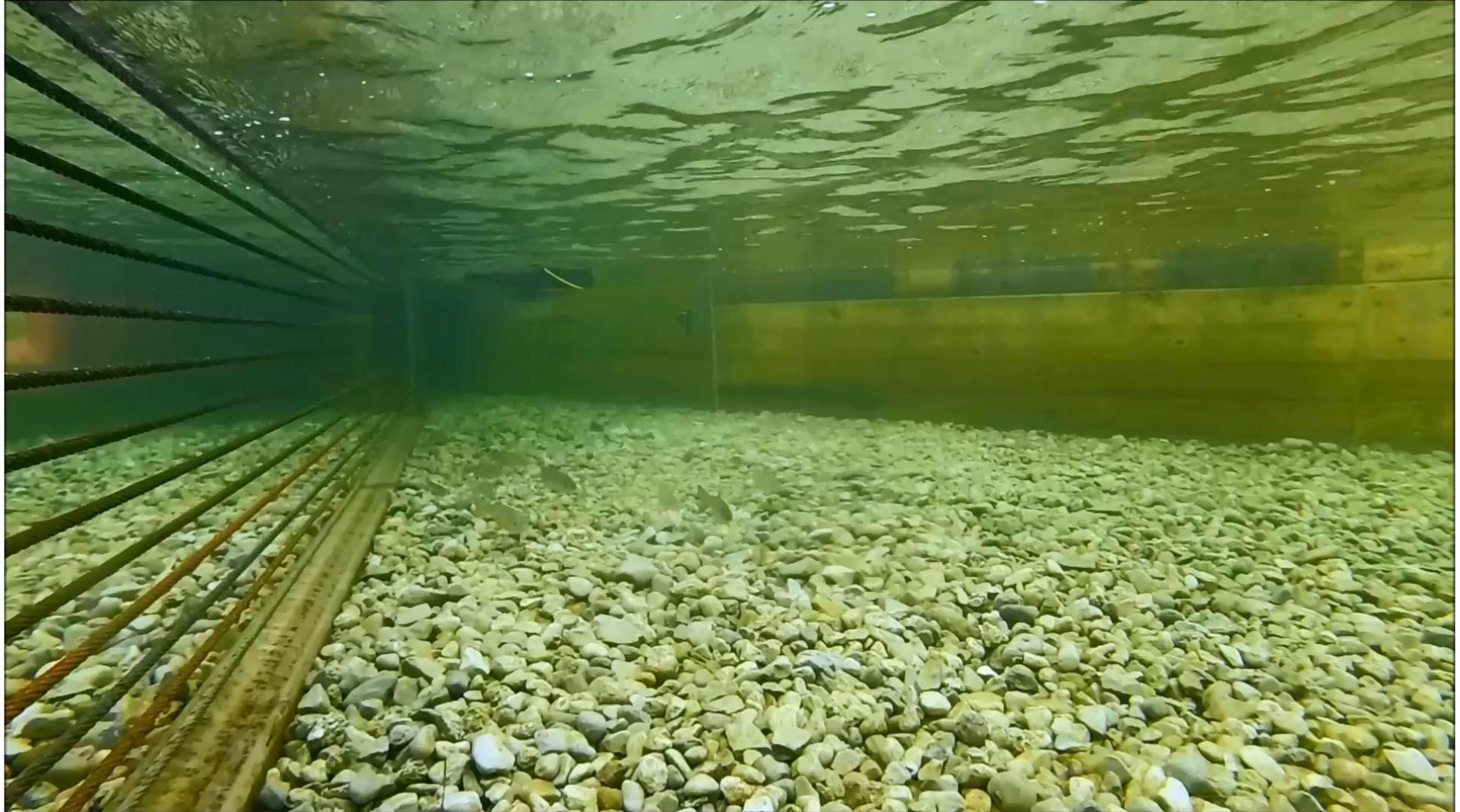


Ergebnisse Seilrechen



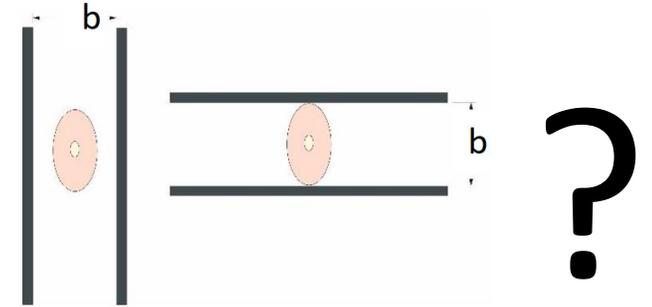
Ergebnisse Seilrechen

Lichter Seilabstand 30 mm



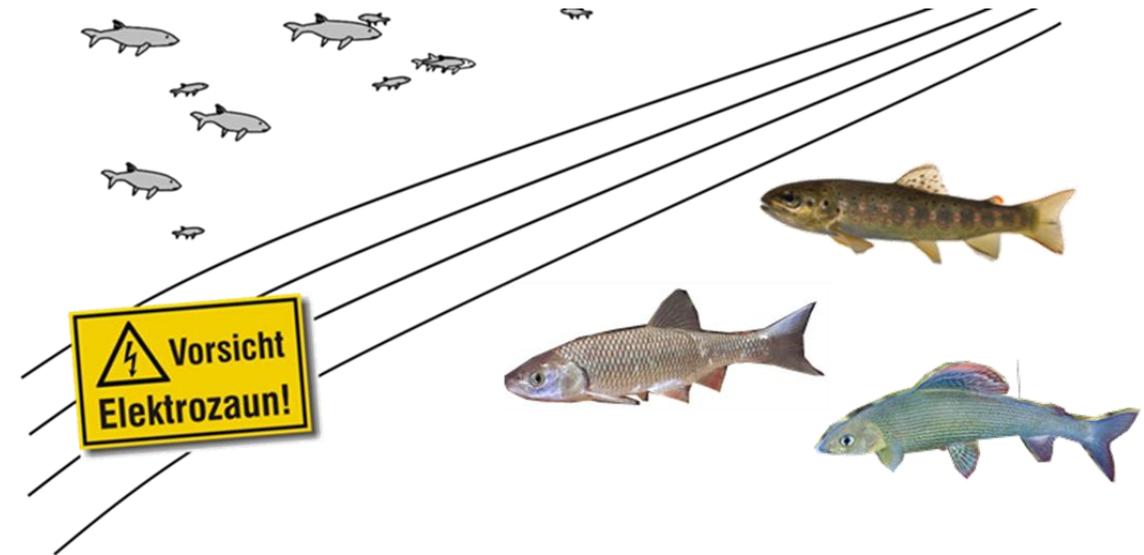
Ergebnisse Seilrechen

- Wenig Scheu vor physischem Kontakt mit den Seilen
- Aktives „Abtasten“ des Rechens mit der Schwanzflosse
- Verhaltensbarriere durch Seilschwingung gering
- Rein mechanische Fischtotungswirkung
- Rechenpassagen durch Querlegen der Fische
- Mit zunehmender Fischlänge und Fließgeschwindigkeit nimmt die Wahrscheinlichkeit für einen Rechendurchgang ab



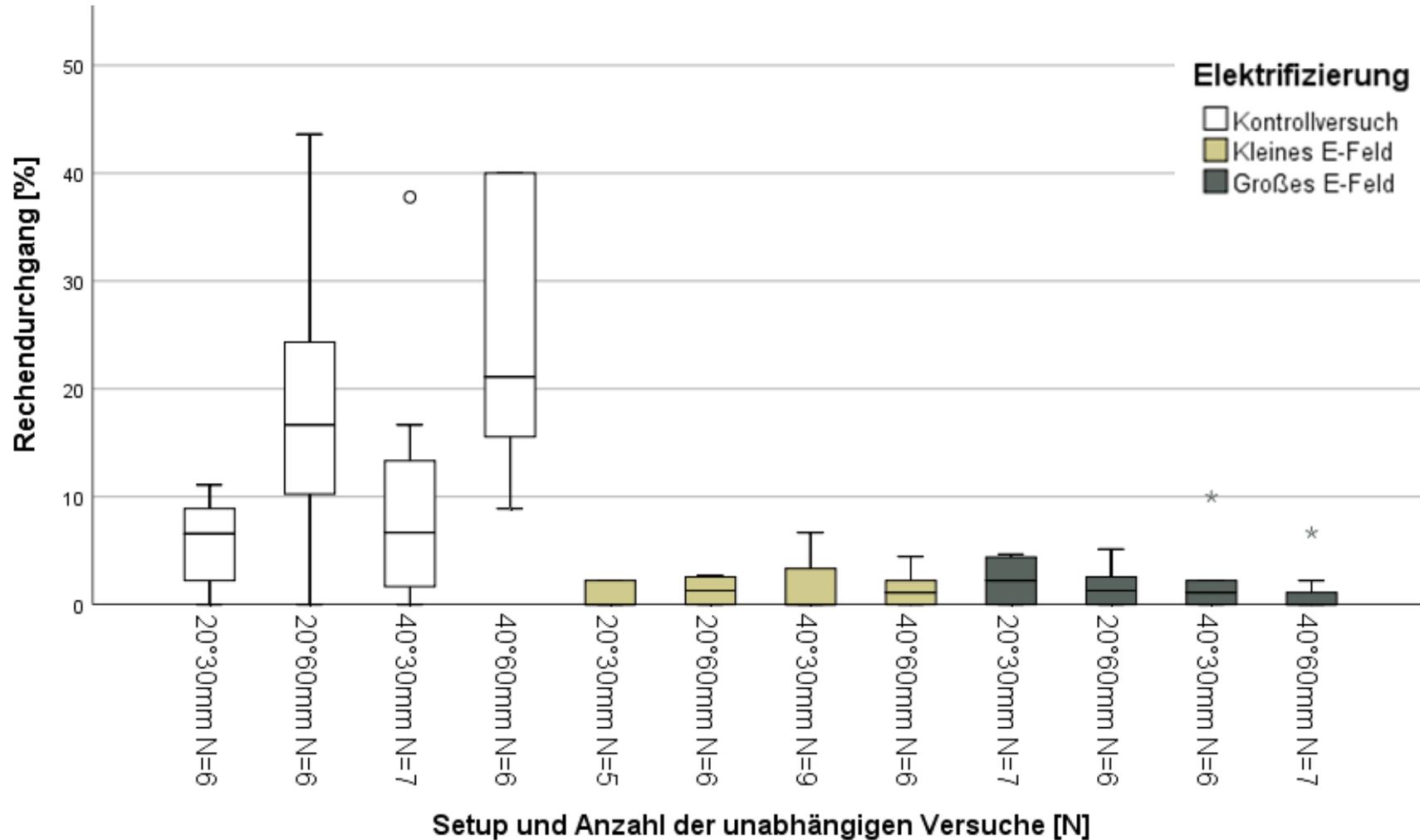
Übersicht

1. Versuchssetup / Versuchsdurchführung
2. Ergebnisse Seilrechen
3. Ergebnisse Elektro-Seilrechen



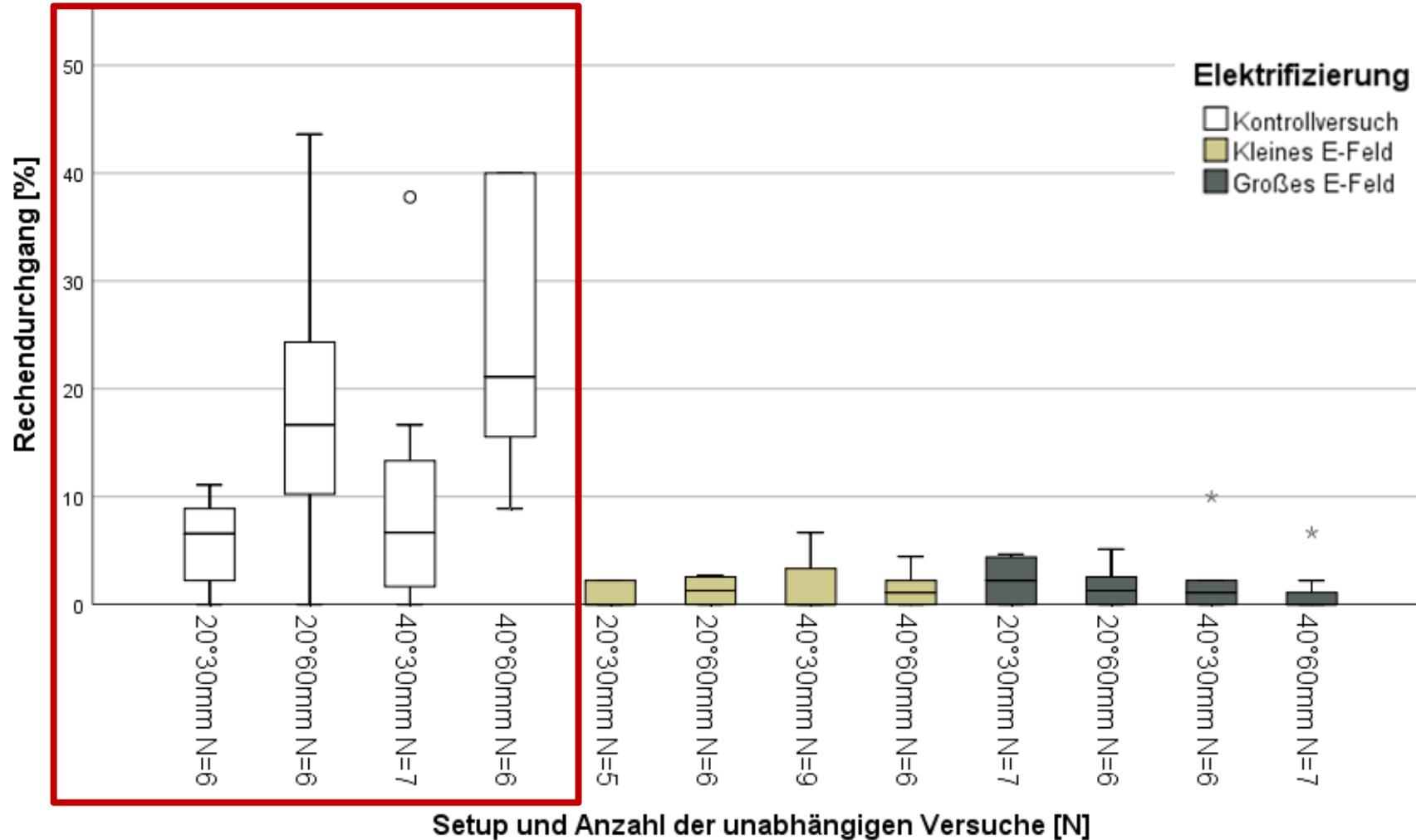
Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Fischschutzfunktion



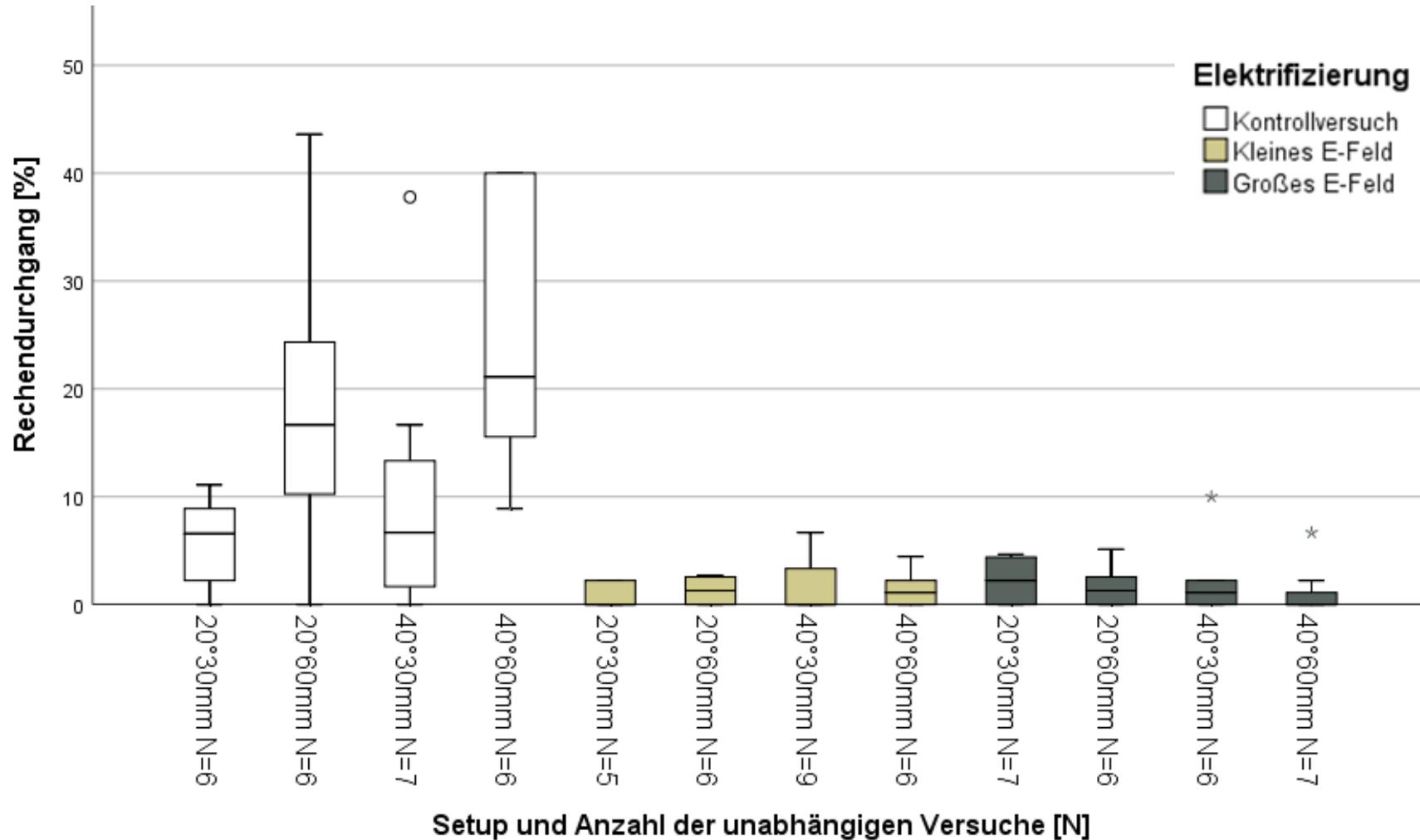
Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Fischschutzfunktion

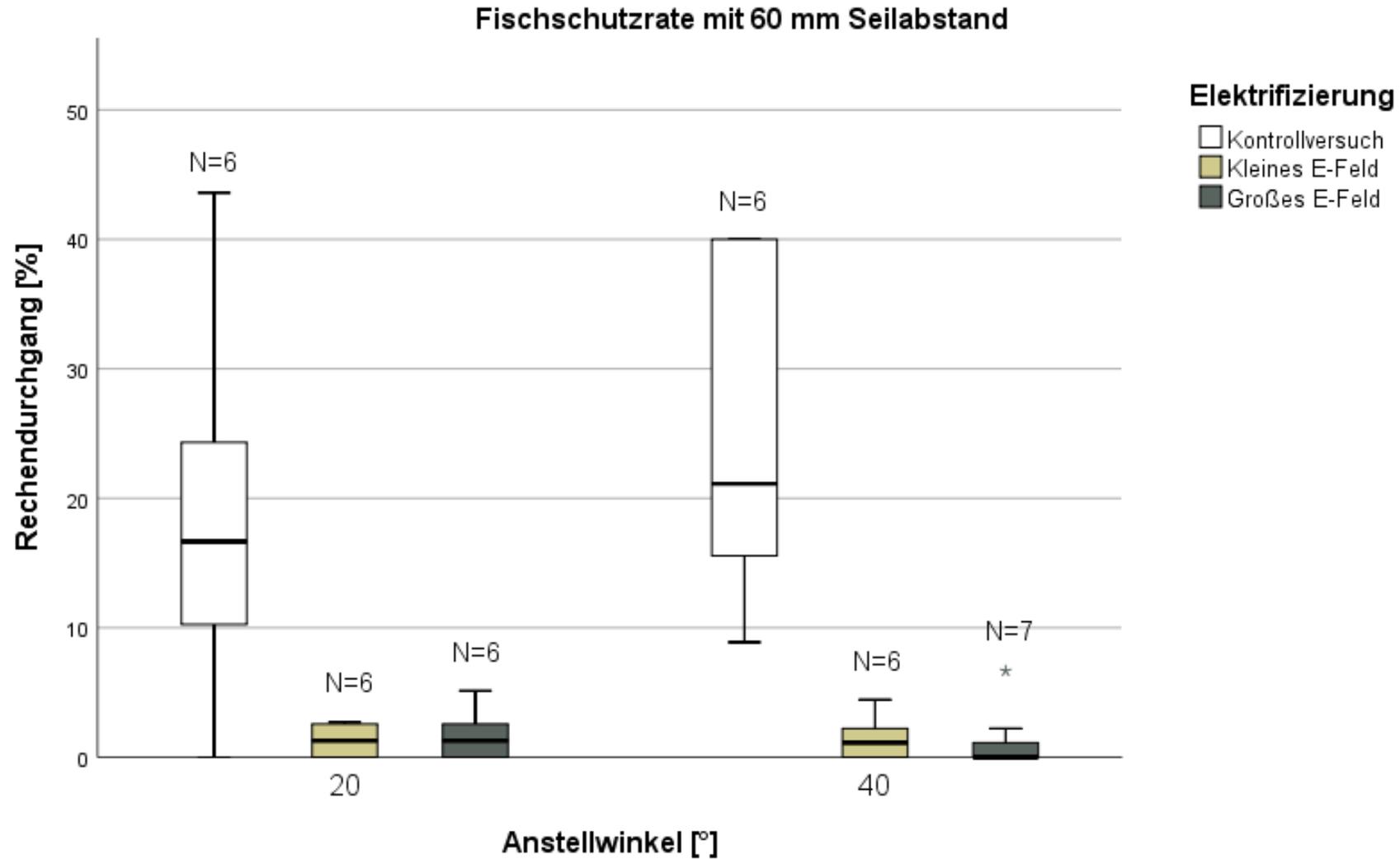


Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Fischschutzfunktion



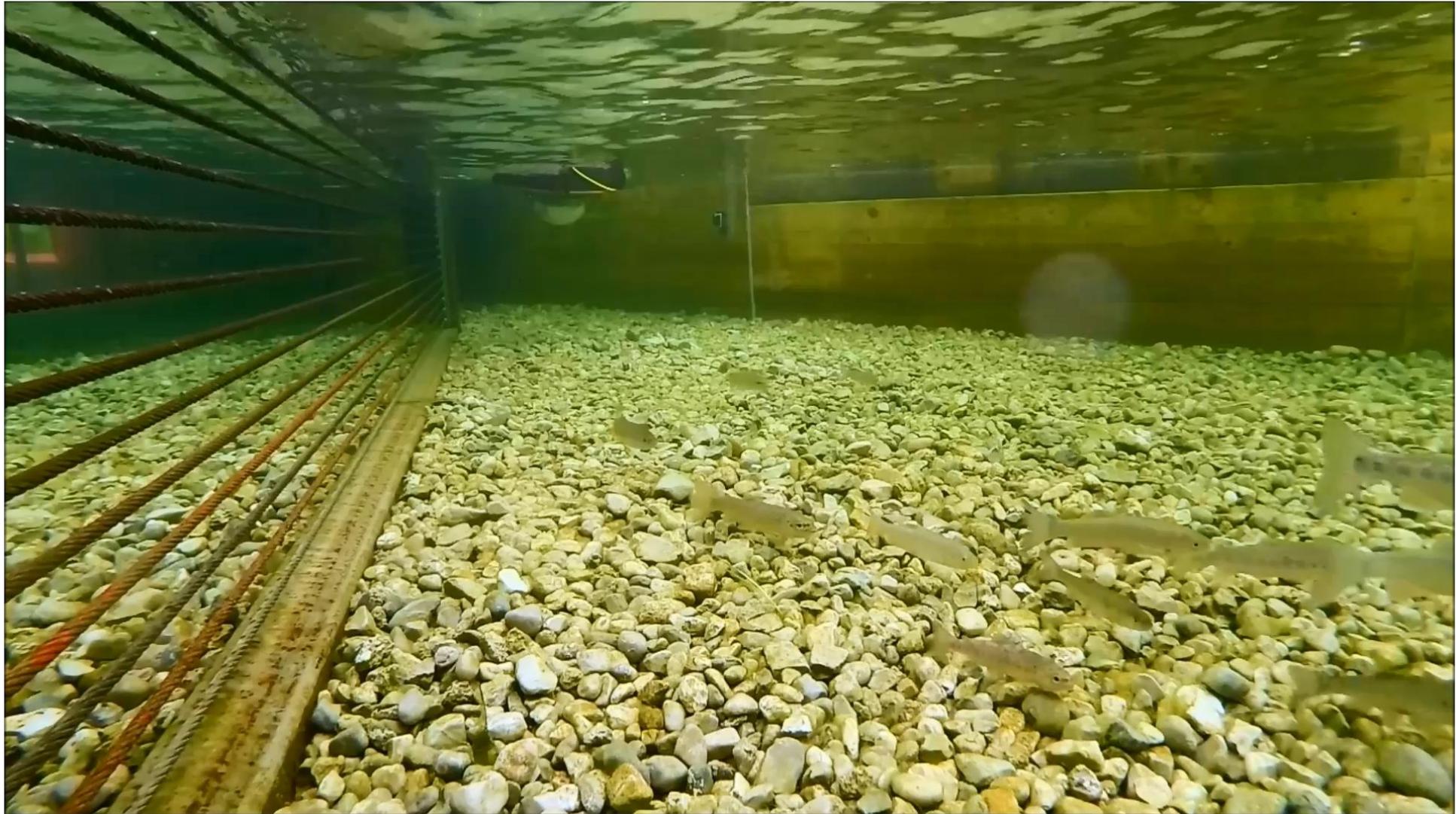
Ergebnisse Elektro-Seilrechen



Ergebnisse Elektro-Seilrechen

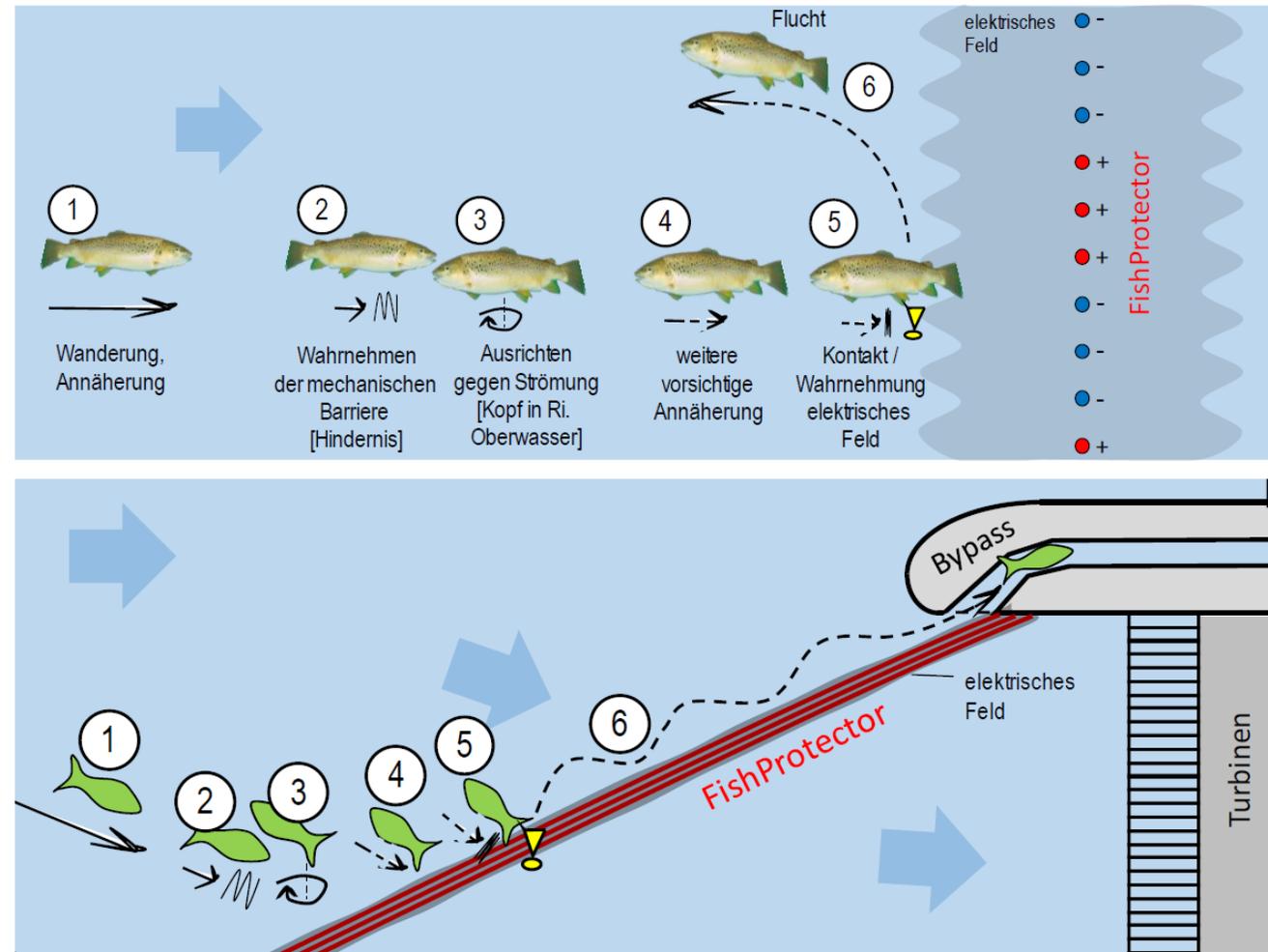
Lichter Seilabstand 30 mm

Lichter Seilabstand 60 mm



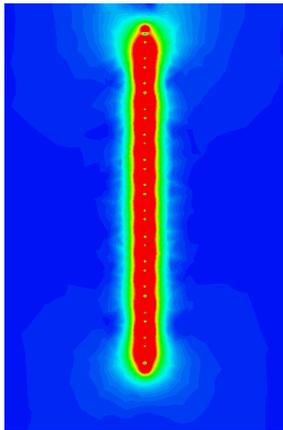
Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Diskussion des Fischverhaltens
- Fischschutzfunktion
- Leitwirkung
- Kontrolliertes Scheuchen



Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- **Fischschutzfunktion**
- Grundsatz: Fischschutz durch die Reaktion der Fische auf die hybride Barriere
- Kein Lerneffekt der Fische in Bezug auf den Elektro-Seilrechen
- Fischschutzfunktion für alle untersuchten Fischarten nachgewiesen!
- Keine längenabhängigen Unterschiede in der Fischschutzfunktion
- Ausdehnung des E-Feldes nicht entscheidend
- Lichter Seilabstand und Anstellwinkel (innerhalb der Grenzen im Versuch) nicht entscheidend
- Homogenität des E-Feldes von entscheidender Wichtigkeit



Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Leitwirkung
- Leitwirkung erfolgt entlang des Elektro-Seilrechens in und gegen die Strömungsrichtung, parallel und trampolinartig
- Elektrische Feld vermindert die Leitwirkung nicht!
- Je geringer der lichte Seilabstand, desto effizienter die Leitwirkung
- Anstellwinkel von 40° in den Versuchen geringfügig besser als 20°
- Alle Fischarten lassen sich leiten
- Leitwirkung ist nicht von der Fischlänge abhängig
- Aitel – vor allem bei 30 mm lichter Seilabstand – höchste Leitwirkung
- Bypass Einschwimmen \neq Leitwirkung

Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- **Kontrolliertes Scheuchen**
- Fische flüchten in etwa 0,5 m in Richtung Oberstrom
- Fische kommen wiederholt in den Bereich des gepulsten elektrischen Feldes – wiederholen die kontrollierte Fluchtreaktion viele Male
- Reaktion der Fische unabhängig von der Ausdehnung des elektrischen Feldes
- Kein Unterschied in Bezug auf die Fischart
- Kein Unterschied in Bezug auf die Fischlänge

Anwendungsbeispiel Elektro-Seilrechen

- Fester Elektro-Seilrechen am Zulauf einer Pumpstation
- Lichte Weite 50 mm
- Seildurchmesser 10 mm
- Rechendimensionen 3,4 m x 3,6 m
- Gepulster Gleichstrom mit 80 V
- Elektr. Feld (Ausdehnung 25cm)
- Fischarten: Karpfen und Forellen

Ergebnisse des Monitorings (TU München) *)

- Beobachtung einer starken Flucht- und Vermeidungsreaktion der Fische



Dimensionen

Länge	3,4 m
Höhe	3,6 m
Seilabstand	50 mm

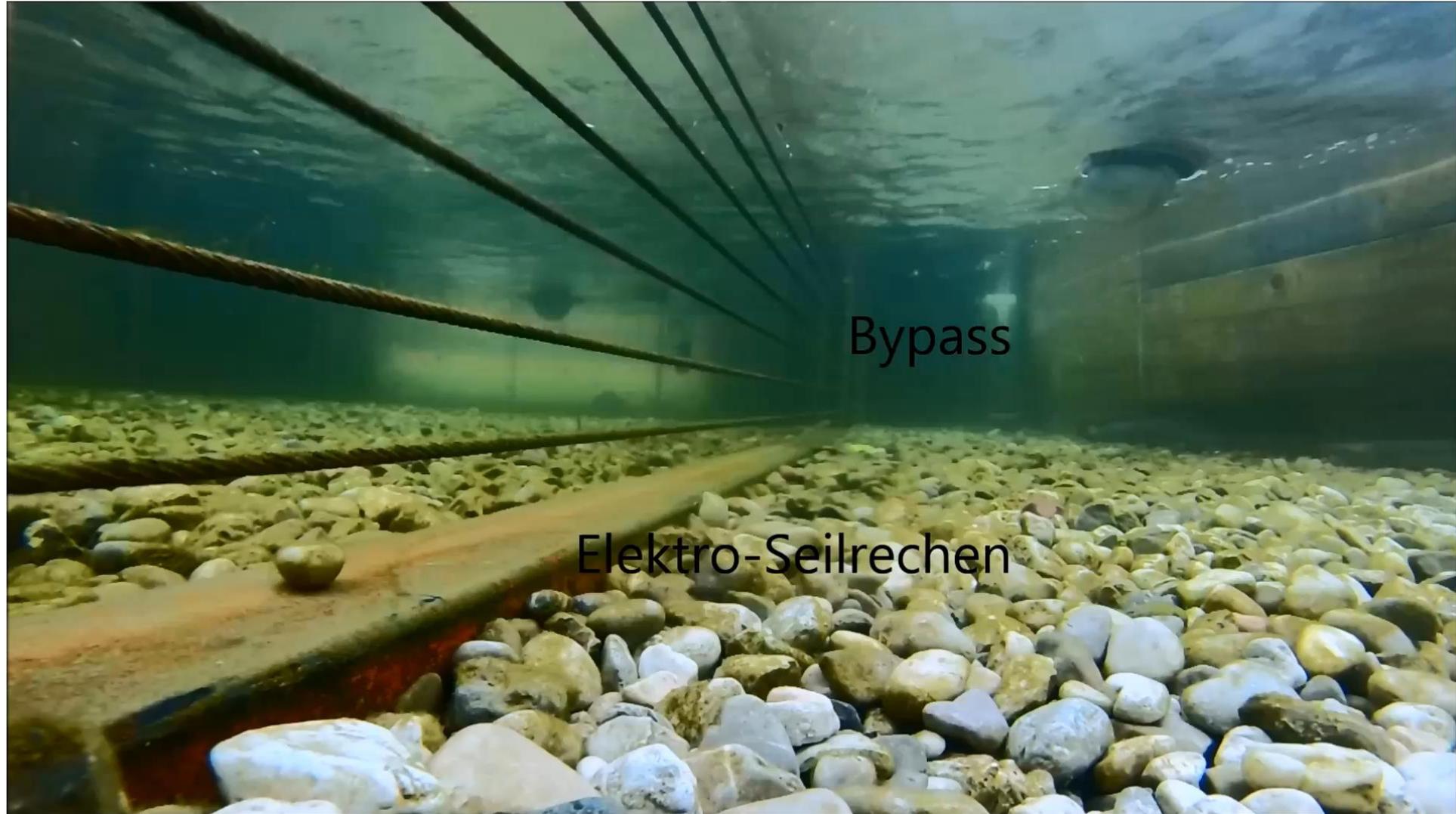
*) Egg Leonhard, Pander Joachim, Mueller Melanie, Geist Juergen (2019) Effectiveness of the electric fish fence as a behavioural barrier at a pumping station. *Marine and Freshwater Research*, -.

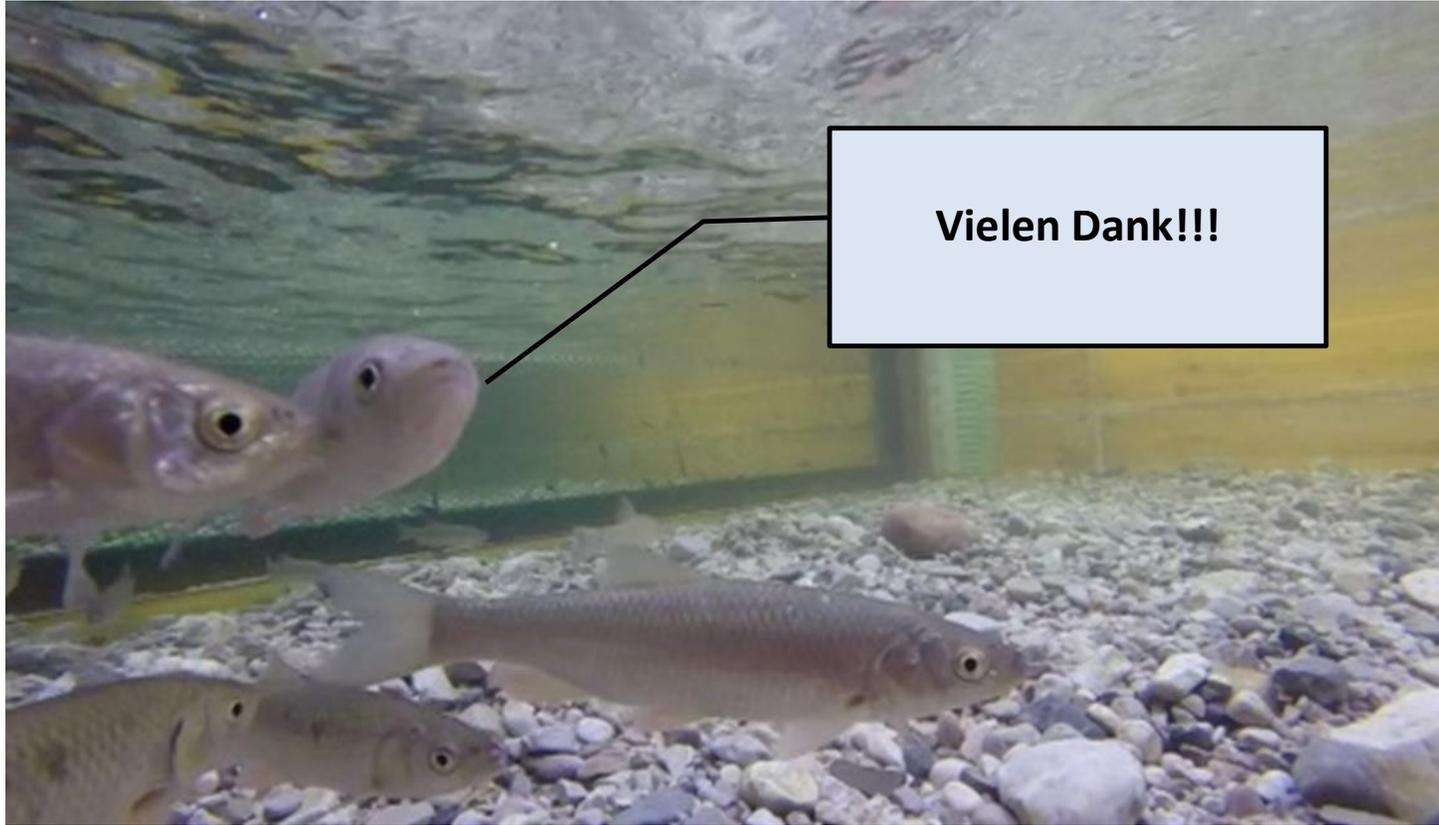
Ergebnisse Elektro-Seilrechen

- Gleichbleibende Fischschutzwirkung bei einer Steigerung der Geschwindigkeit auf in etwa 0,65 m/s
- Vielversprechende Vorversuche mit kleinen Individuen der Arten Rotaugen, Brachse, Rotfeder und Barsch bis 15 cm
- Vielversprechende Vorversuche mit Aal
- Keine Schädigung von Larven bei einer Drift durch das elektrische Feld (Kontrolle unmittelbar nach der Drift sowie nach 24 und 48 Stunden)

Ergebnisse Elektro-Seilrechen

Lichter Seilabstand 60 mm
Spannung: 38 V





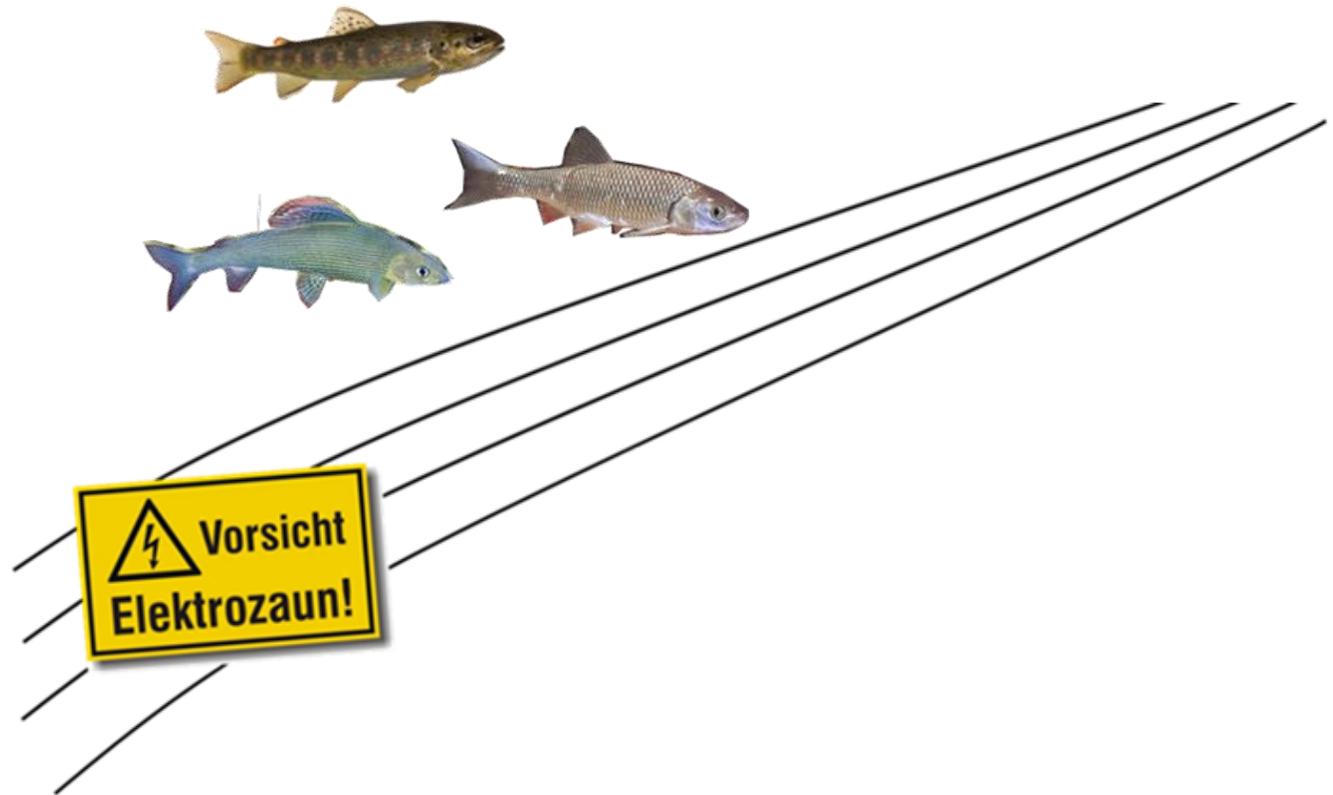
Vielen Dank!!!

*ELEKTRO-SEILRECHEN
FISHPROTECTOR*

*Transfer der Ergebnisse auf den
Naturmaßstab*

Anforderungen an eine Pilotanlage

Dr. Barbara Brinkmeier



Überblick Inhalt

- Technisches Konzept
- Geplante Pilotanlagen und weitere Standorte
- Vom Labor in die Natur
- Anforderungen an zukünftige Pilotanlagen

Überblick Inhalt

- **Technisches Konzept**
- Geplante Pilotanlagen und weitere Standorte
- Vom Labor in die Natur
- Anforderungen an zukünftige Pilotanlagen

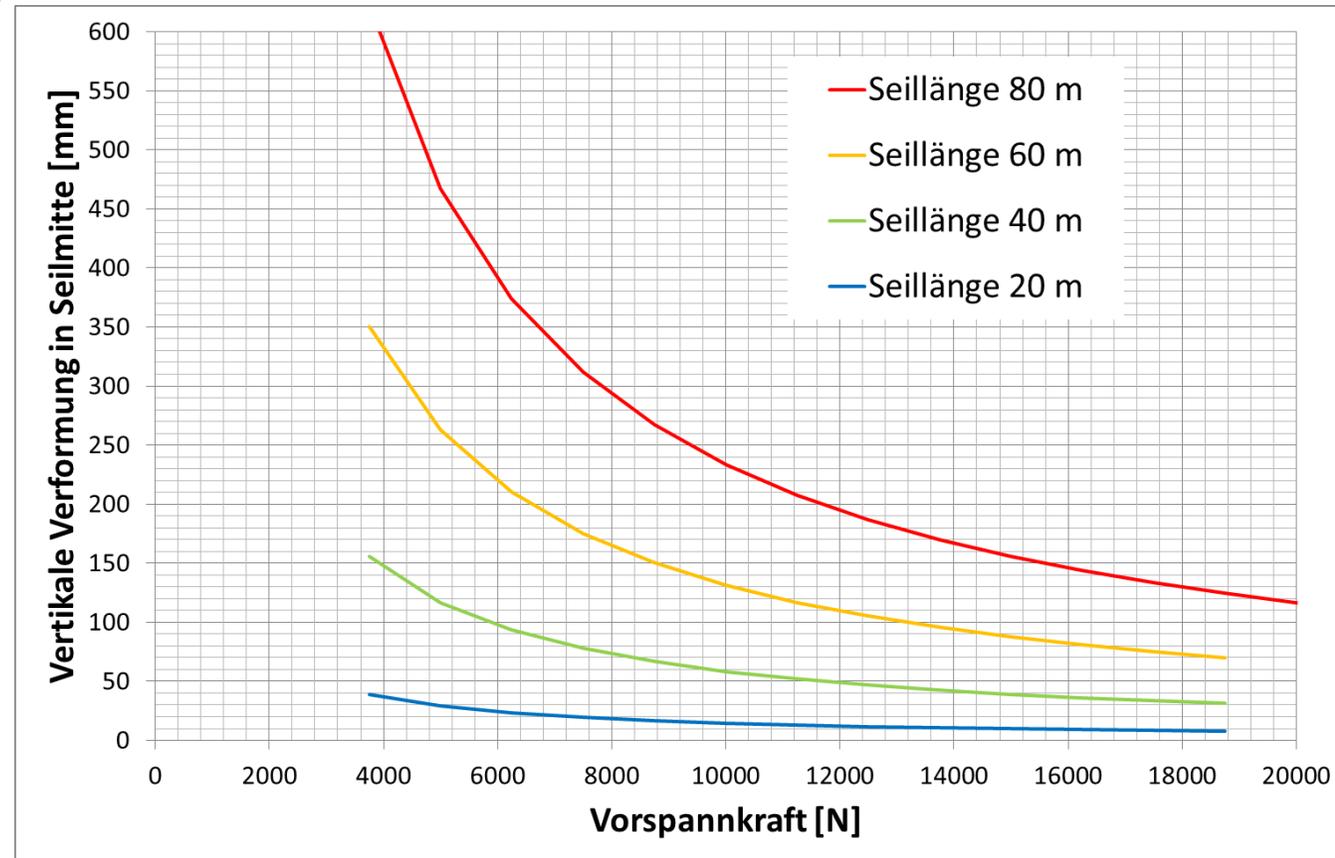
Anforderungen an den Elektro-Seilrechen (1/3)

- Vorspannkraft \rightarrow Durchhang



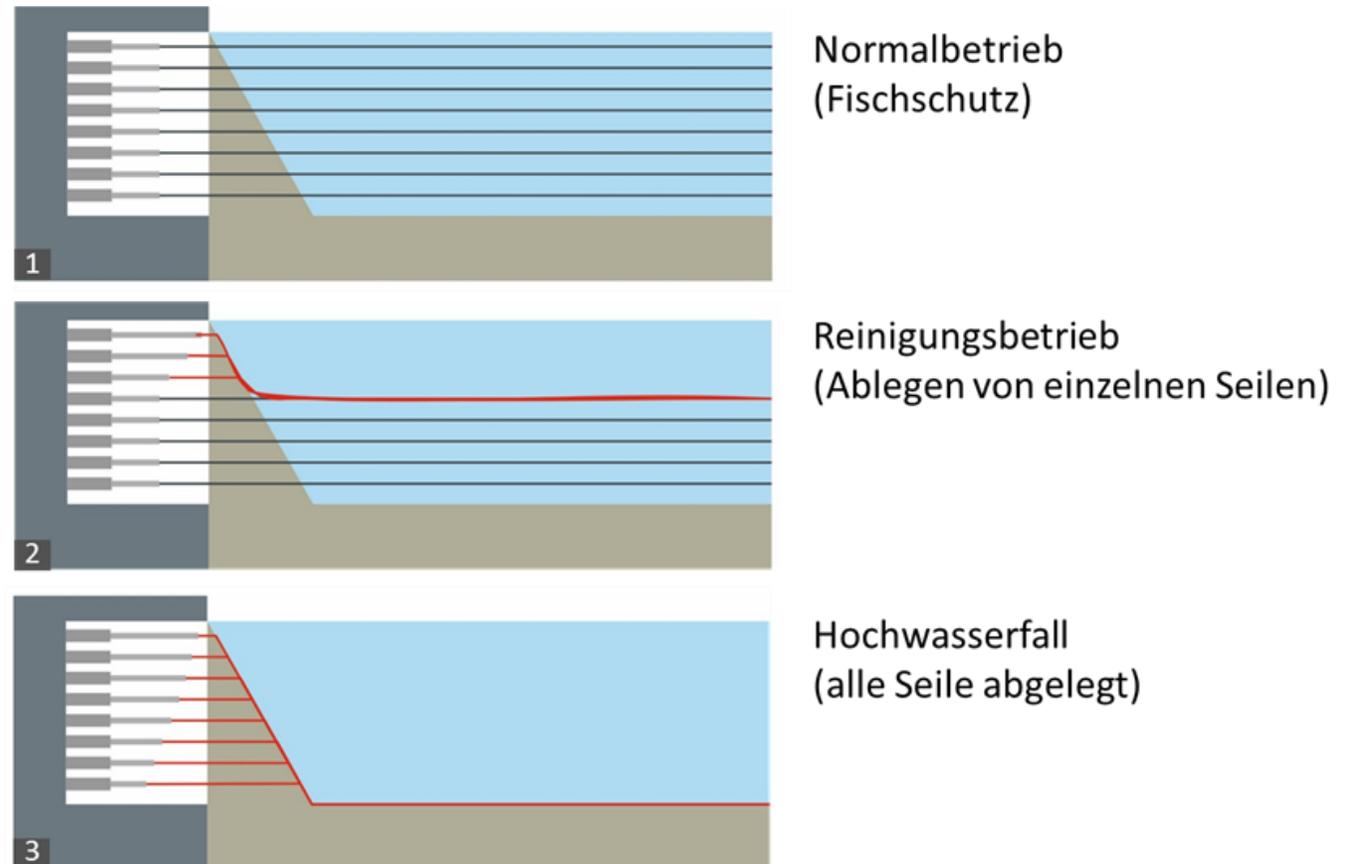
Anforderungen an den Elektro-Seilrechen (1/3)

- Vorspannkraft → Durchhang

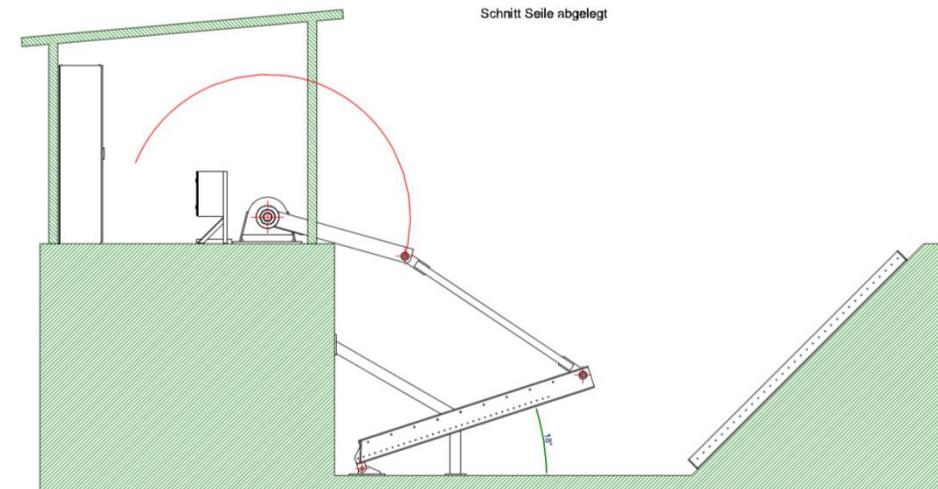
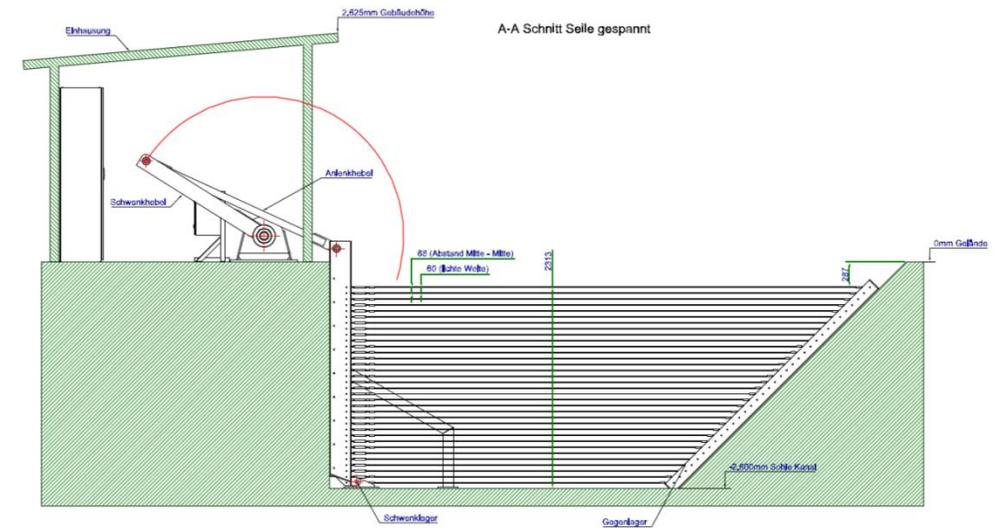
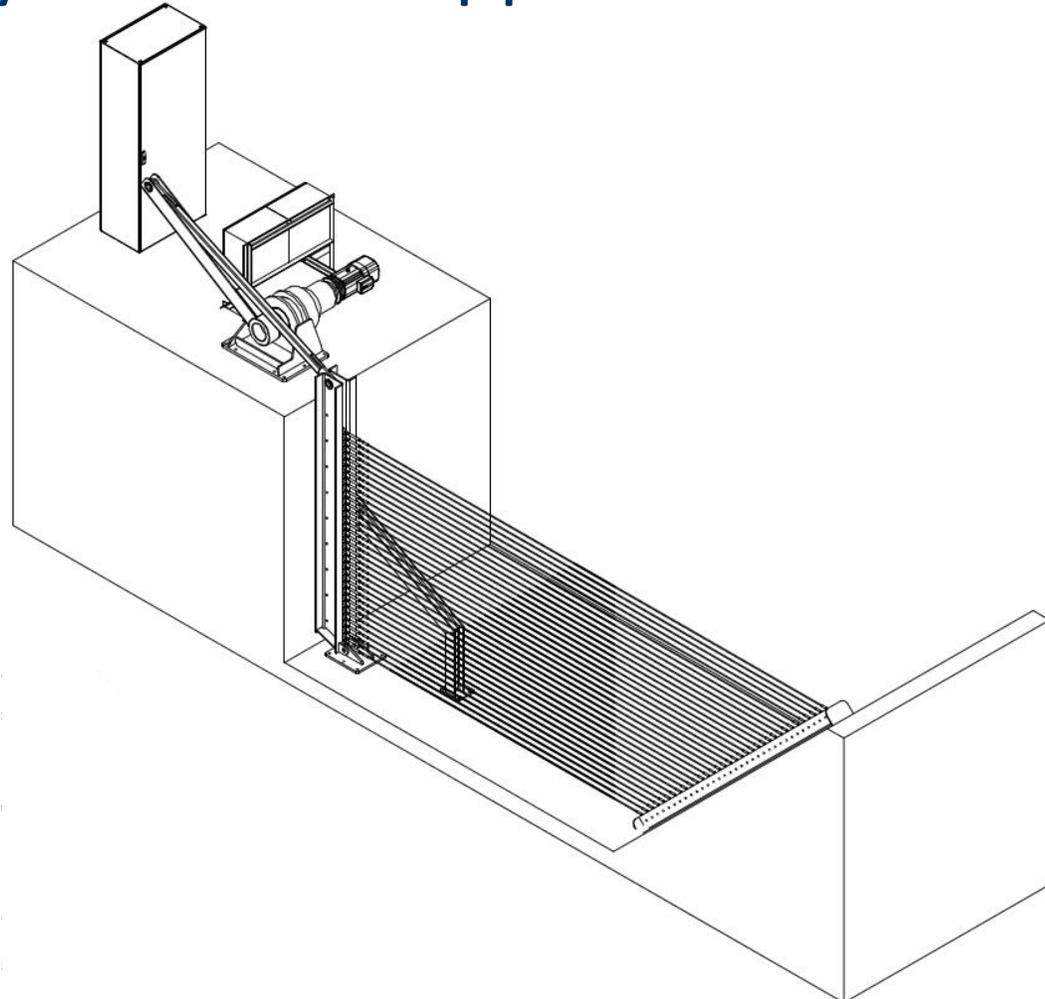


Anforderungen an den Elektro-Seilrechen (2/3)

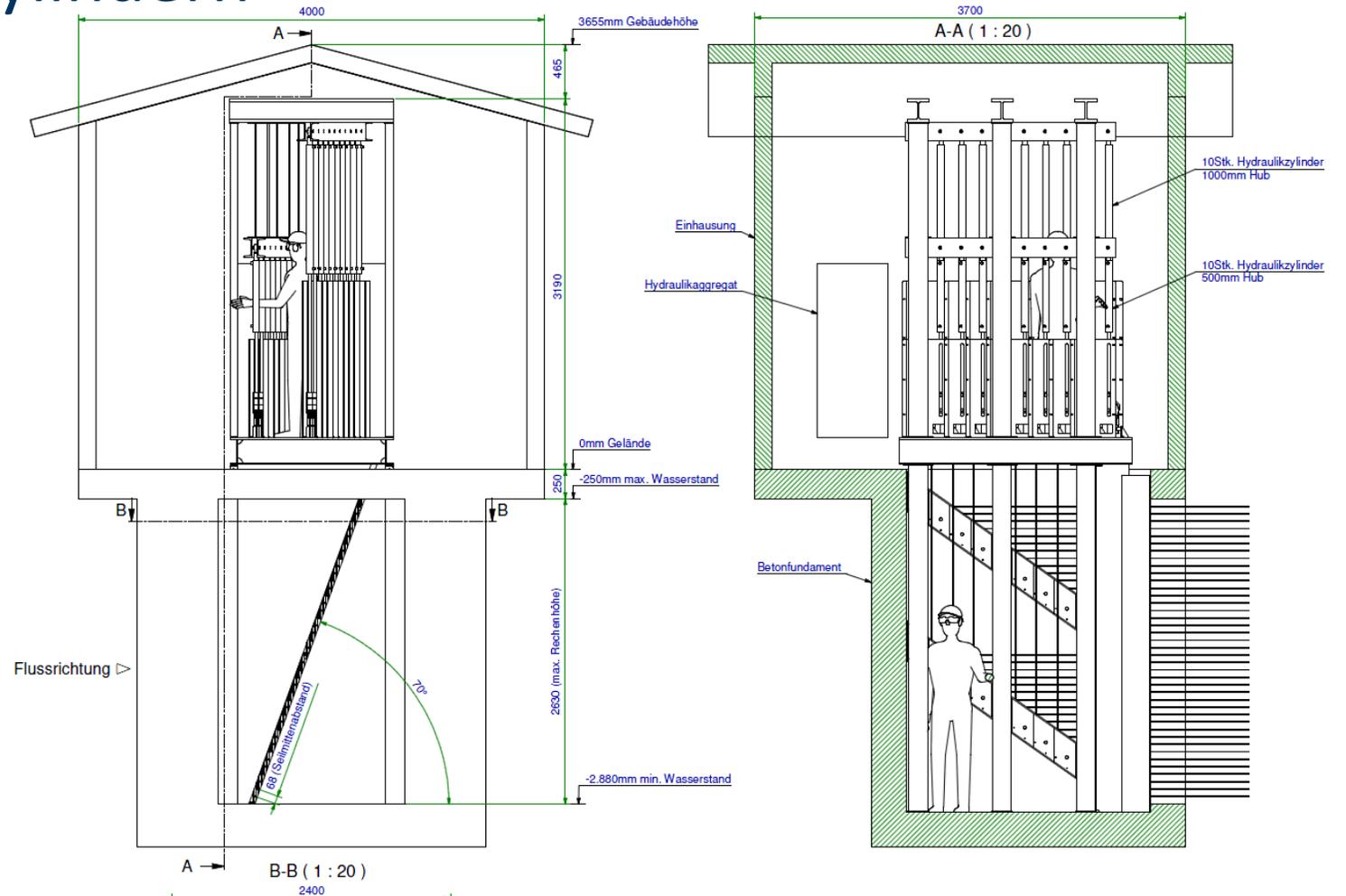
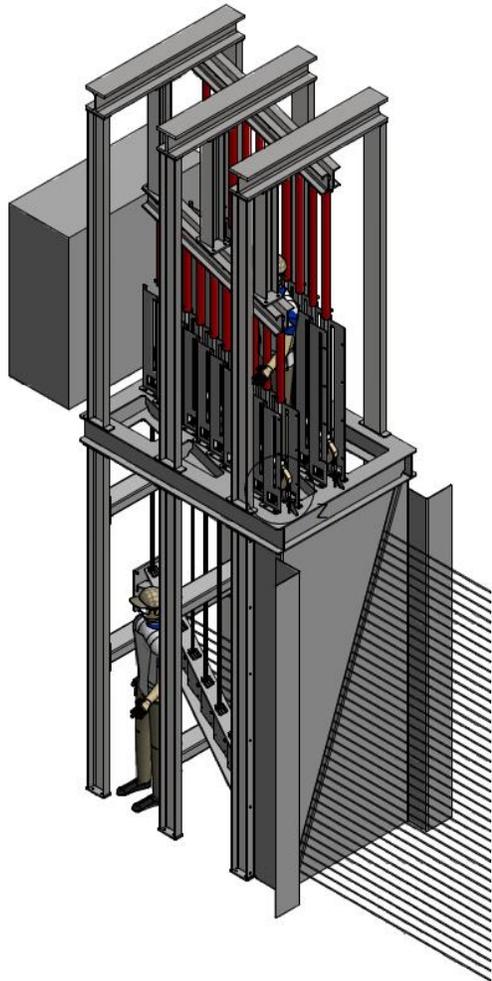
- Ablegbarkeit der Seile
→ Reinigung



System mit Klappmechanismus

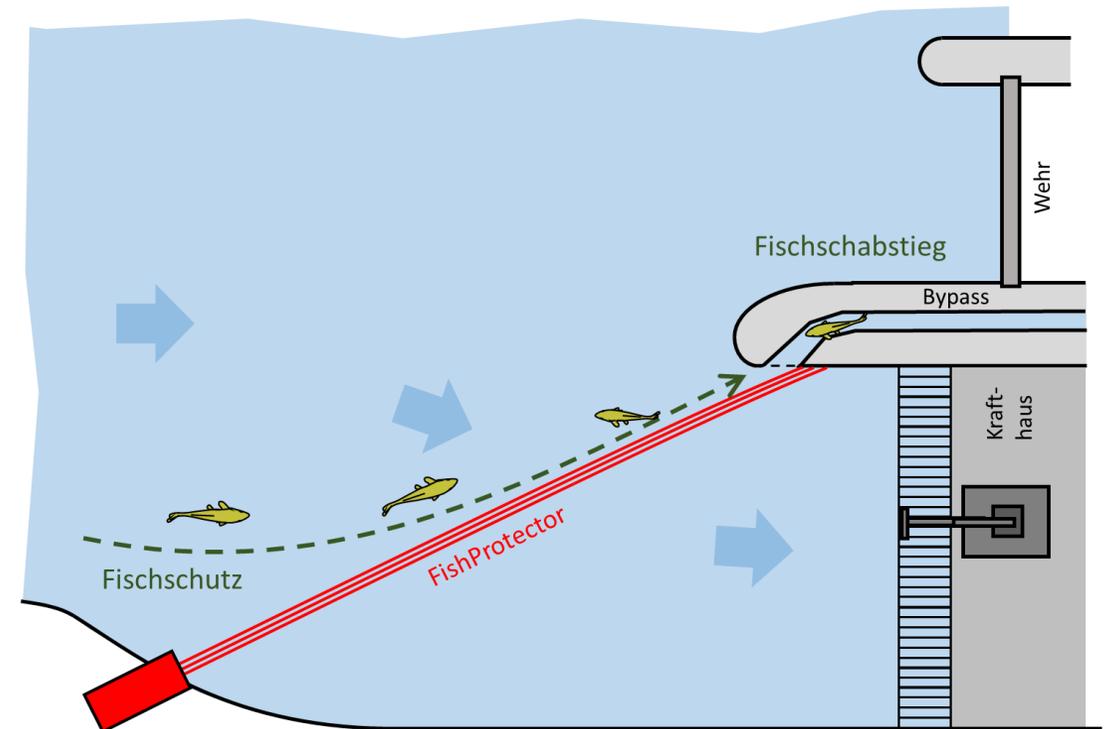


System mit Hydraulikzylindern

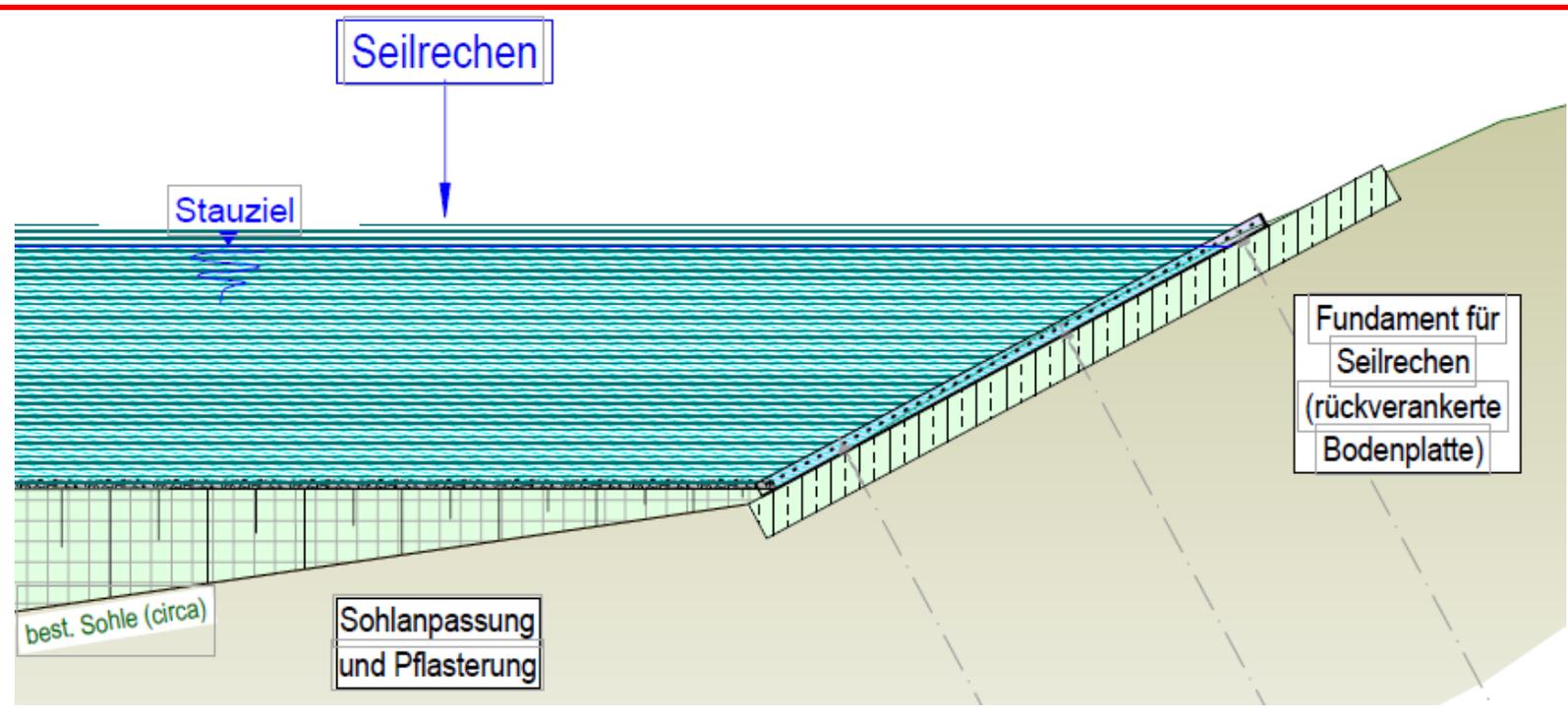
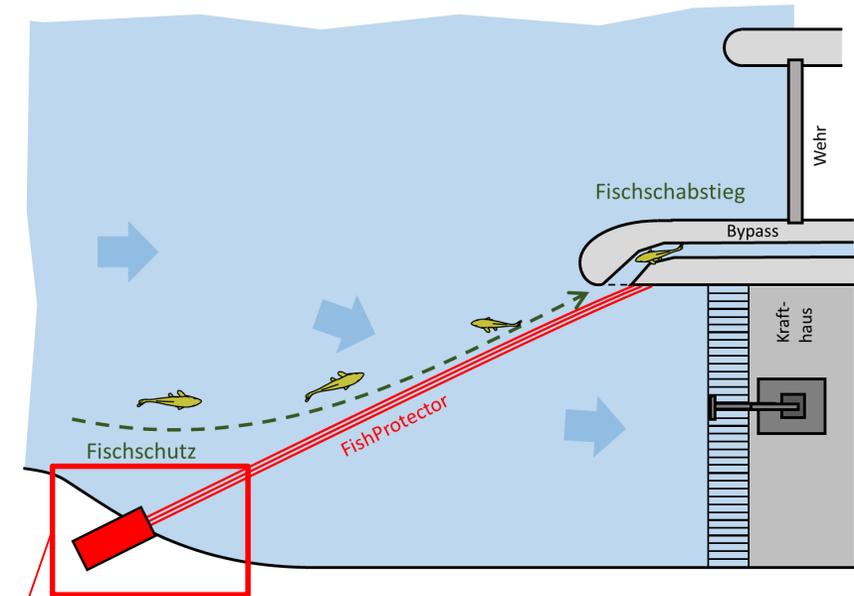


Anforderungen an den Elektro-Seilrechen (3/3)

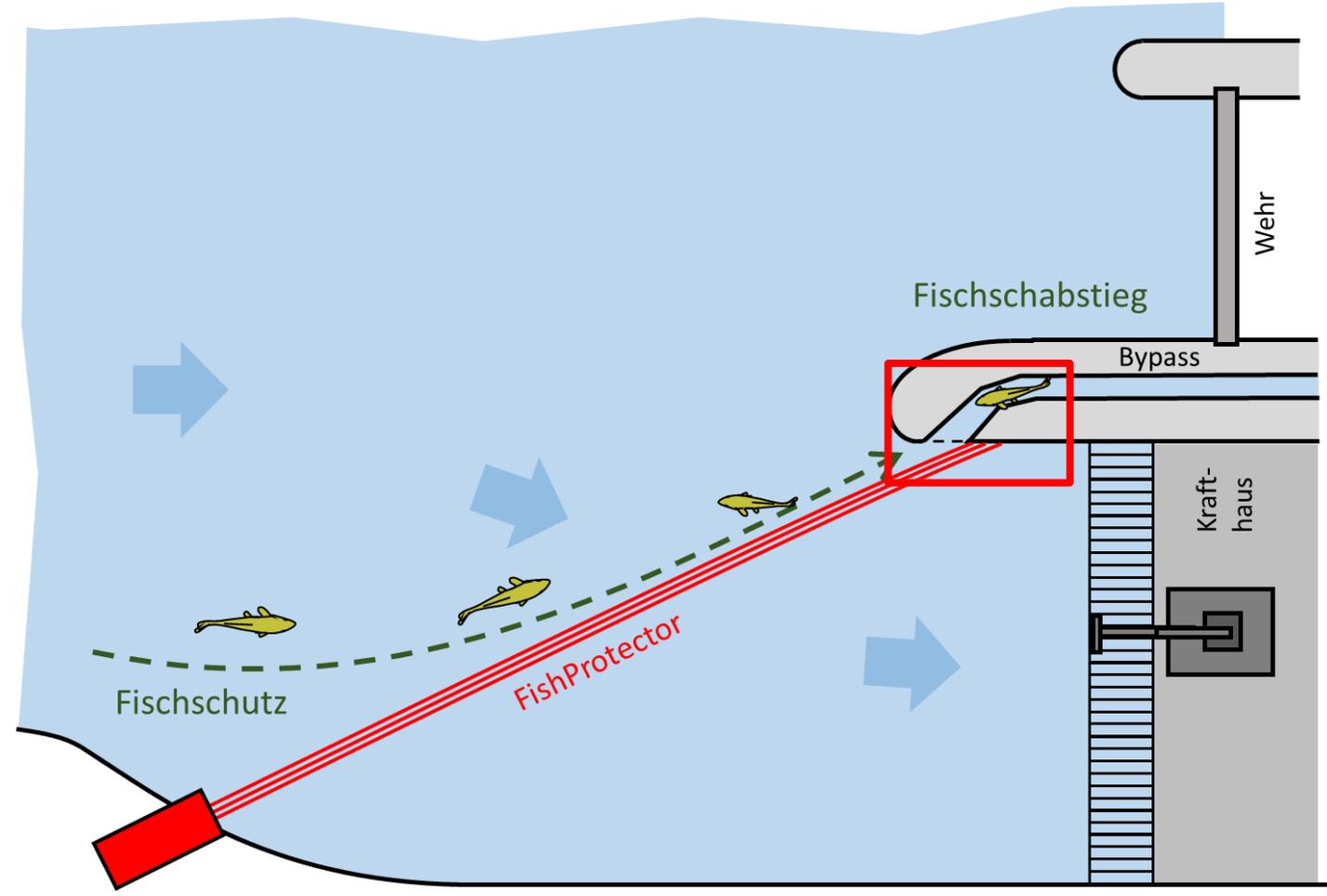
- Anbindung an den Enden
→ Betrieb und Auffindbarkeit



Anbindung am Ufer/am Bypass



Anbindung am Ufer/am Bypass

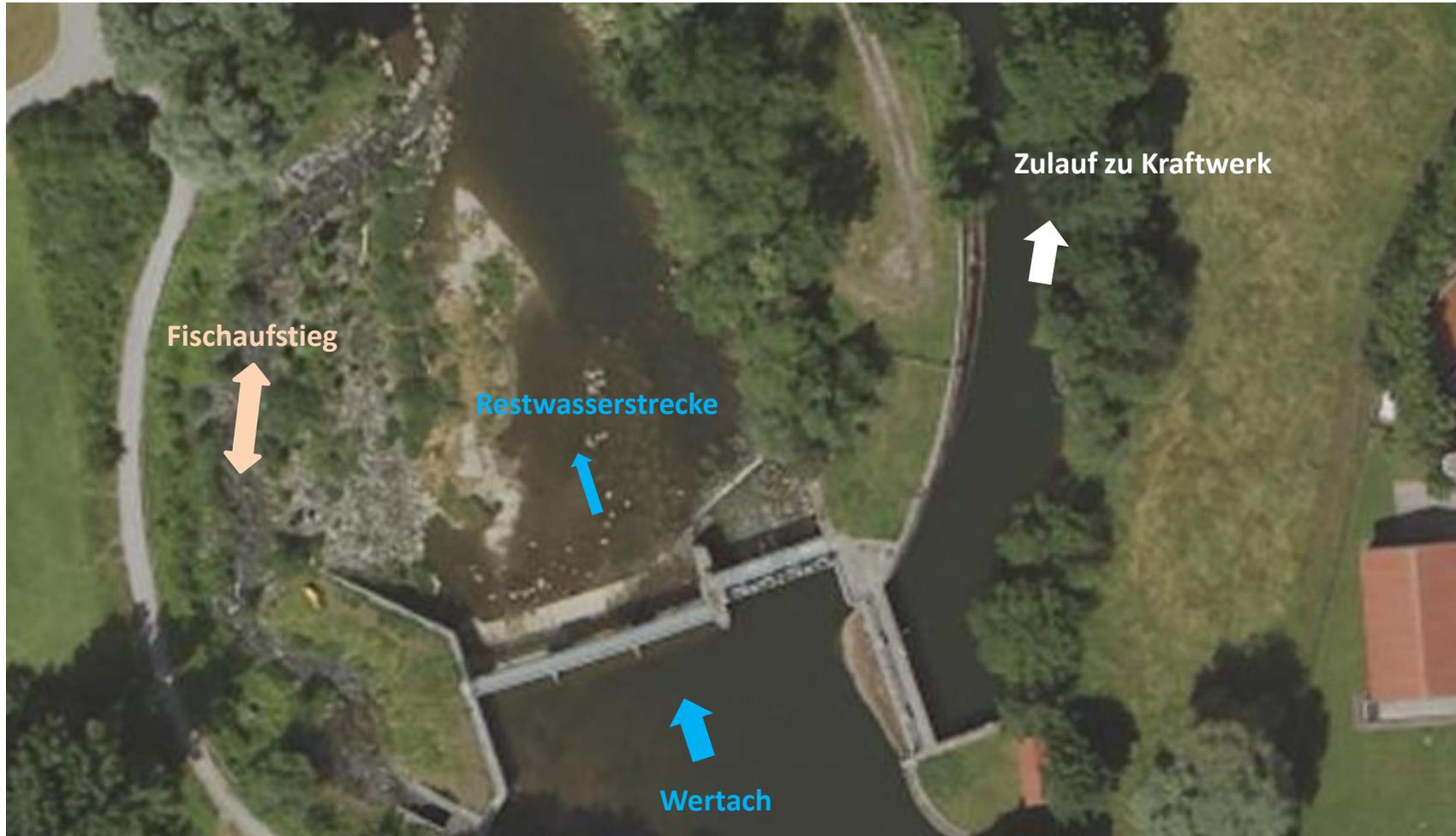


Standortspezifische
Planung notwendig!

Überblick Inhalt

- Technisches Konzept
- **Geplante Pilotanlagen und weitere Standorte**
- Vom Labor in die Natur
- Anforderungen an zukünftige Pilotanlagen

Pilotstandort WKA Leinau/Wertach



Pilotstandort WKA Leinau/Wertach

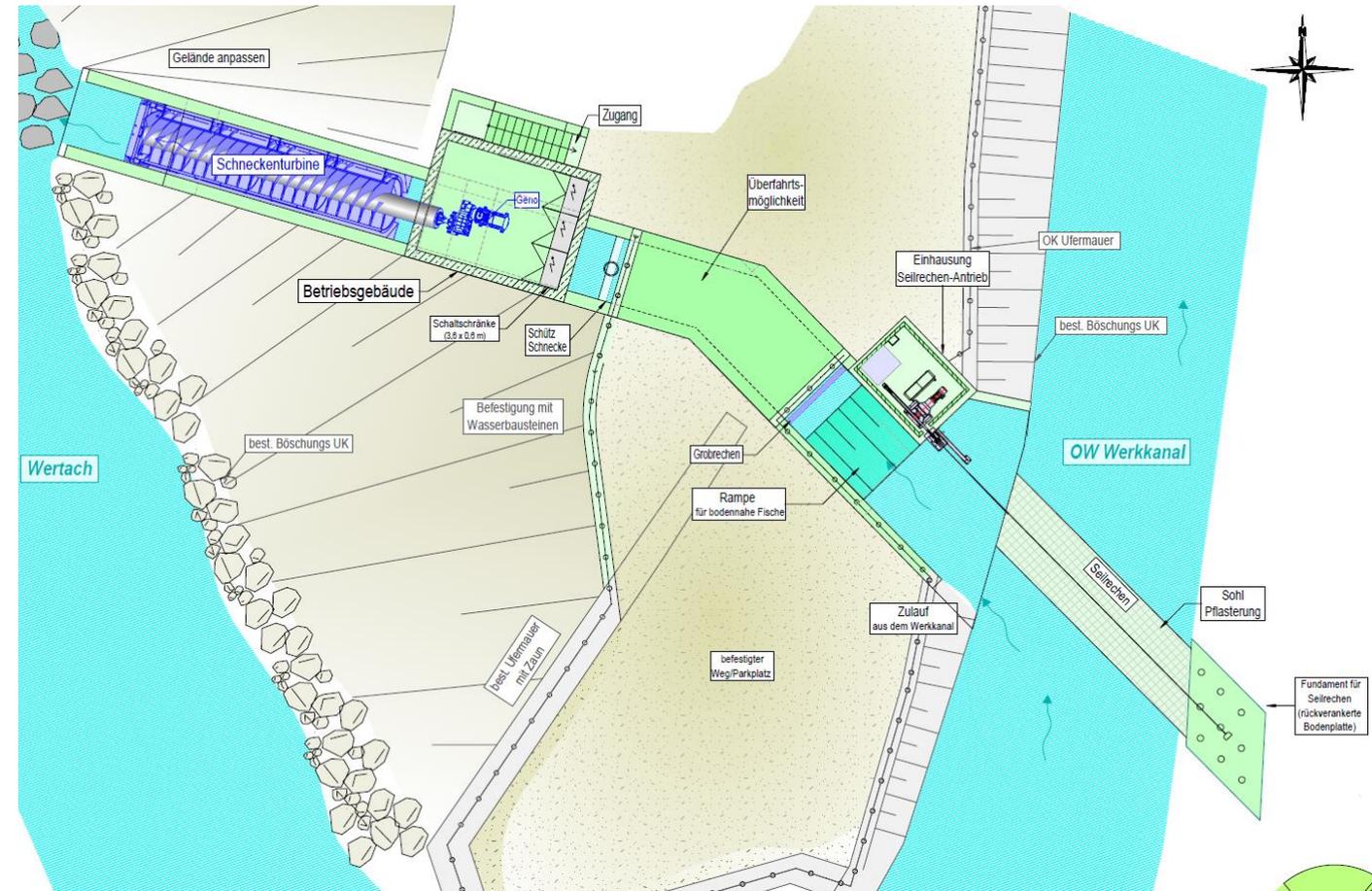
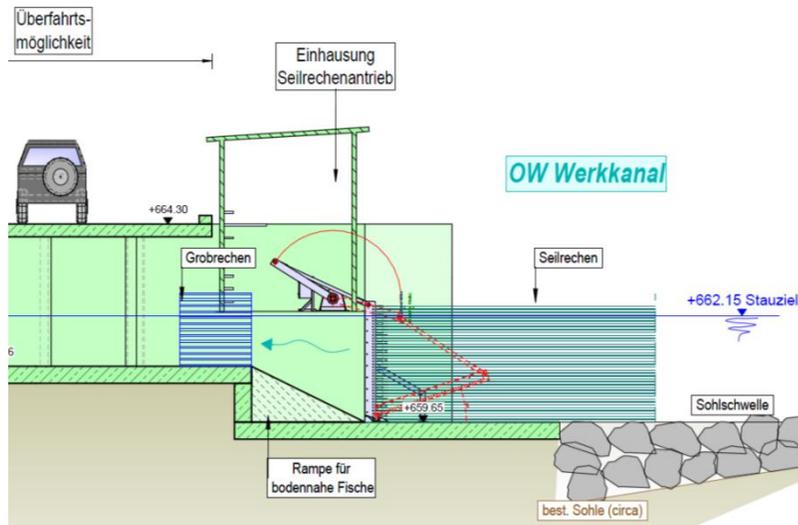


Dimensionen

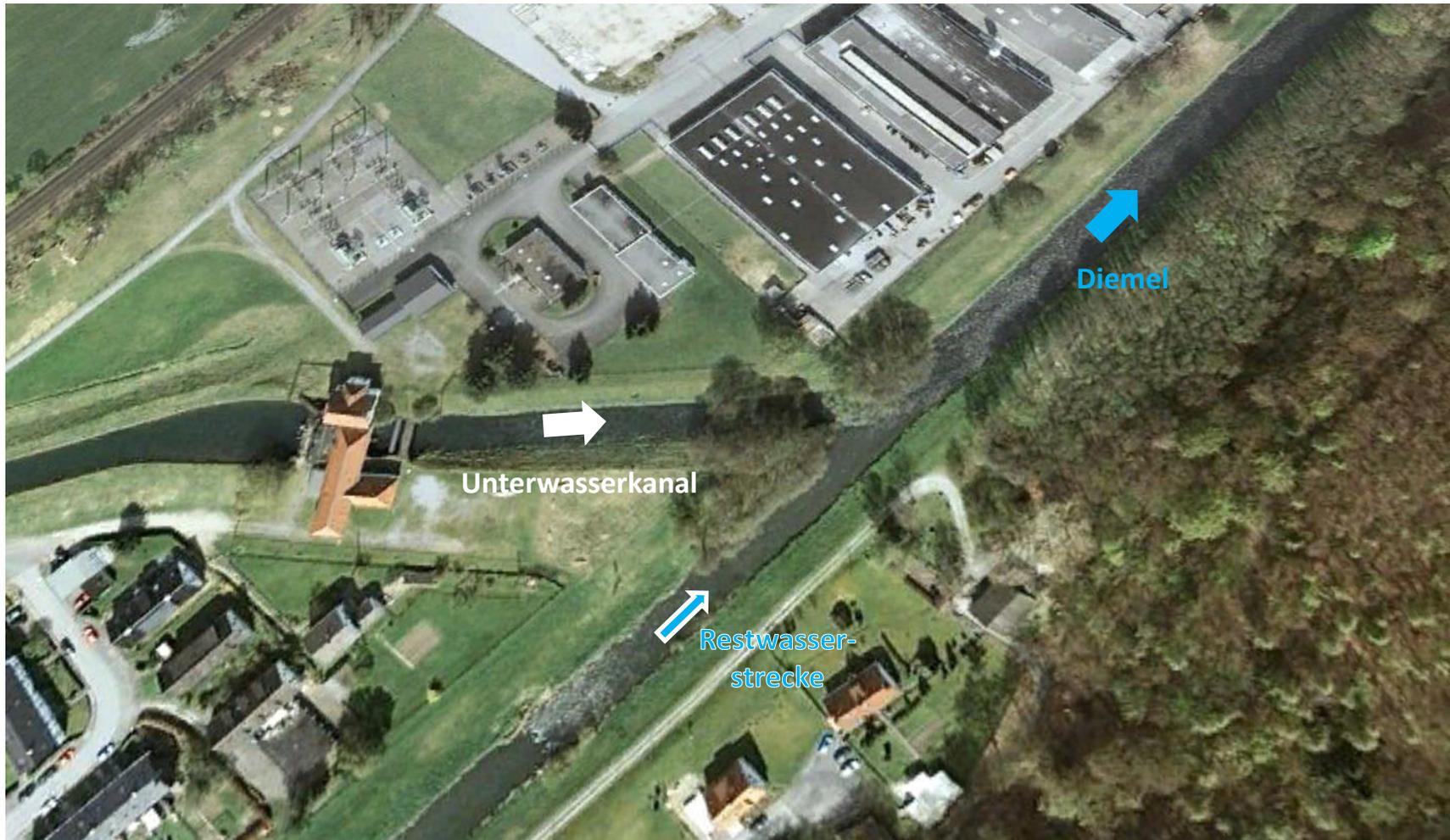
Länge	20 m
Höhe	2,6 m
Seilabstand	60 mm

Pilotstandort WKA Leinau/Wertach

- Techn. Planung fertig für Einreichung
- Konzept für Monitoring mit Behörde abgestimmt

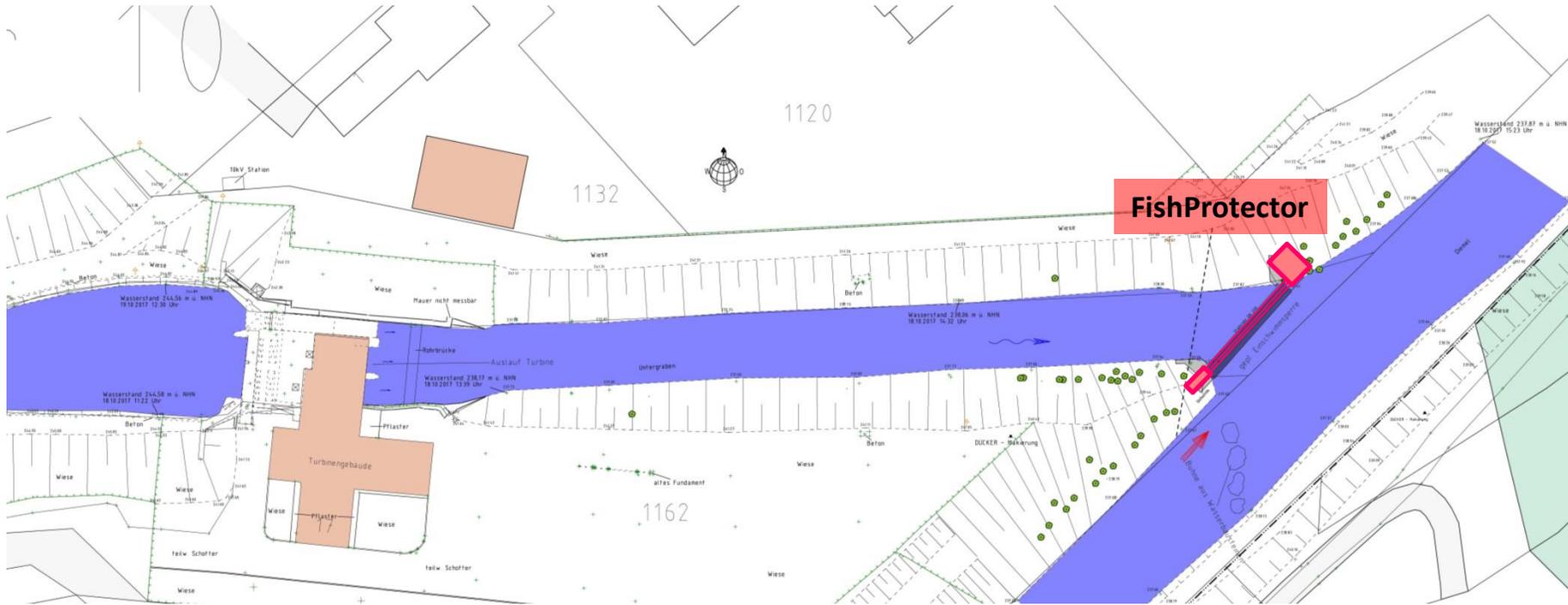


Pilotstandort WKA Niedermarsberg (NRW)



Pilotstandort WKA Niedermarsberg

- Seilrechen als Einschwimmsperre unterhalb der WKA
- Technische Planung bereits genehmigt
- Warten auf Baubeschluss des Wasserkraftbetreibers



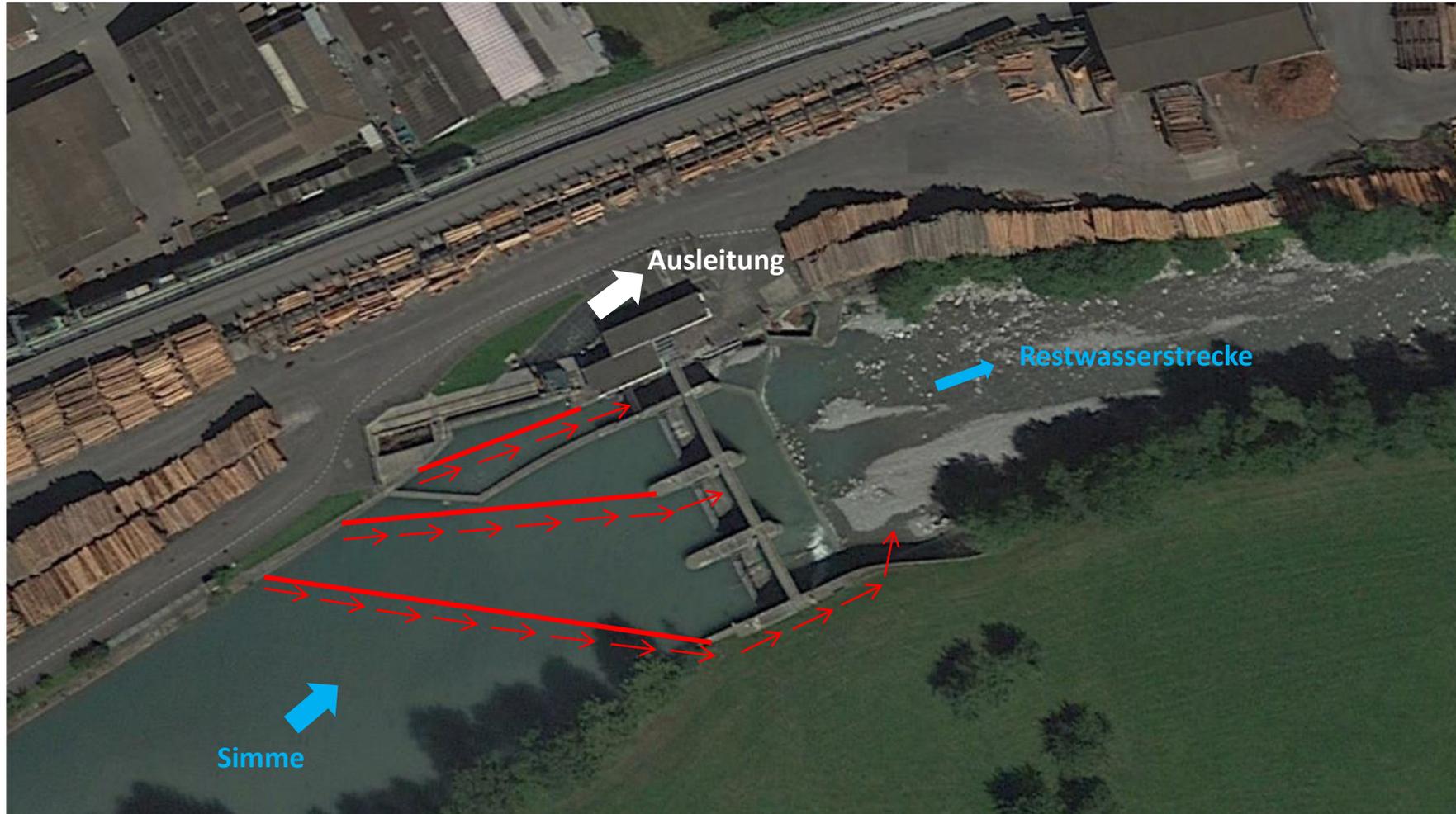
Dimensionen

Länge	14 m
Höhe	2,3 m
Seilabstand	60 mm

Standort Wehr Erlenbach

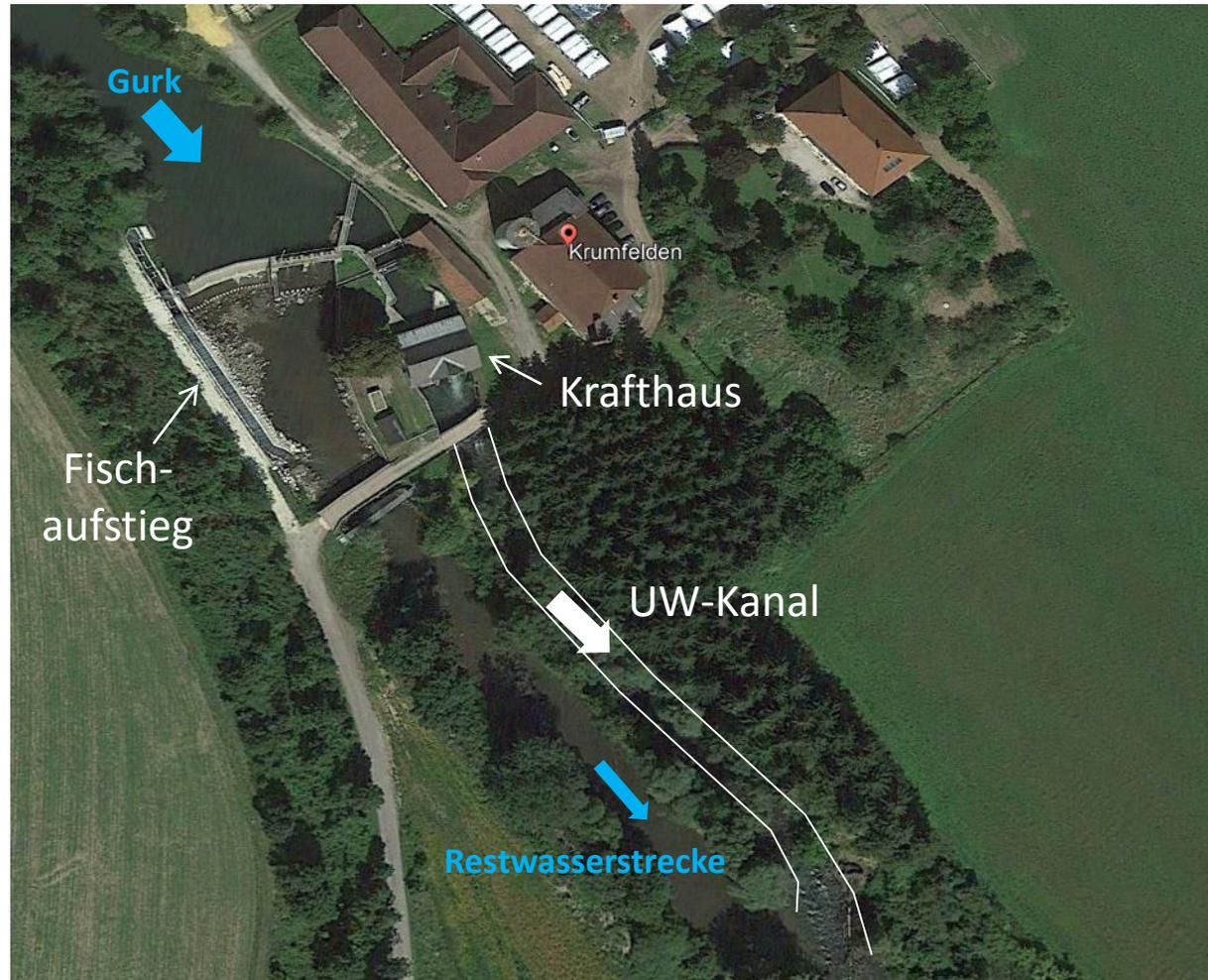


Standort Wehr Erlenbach

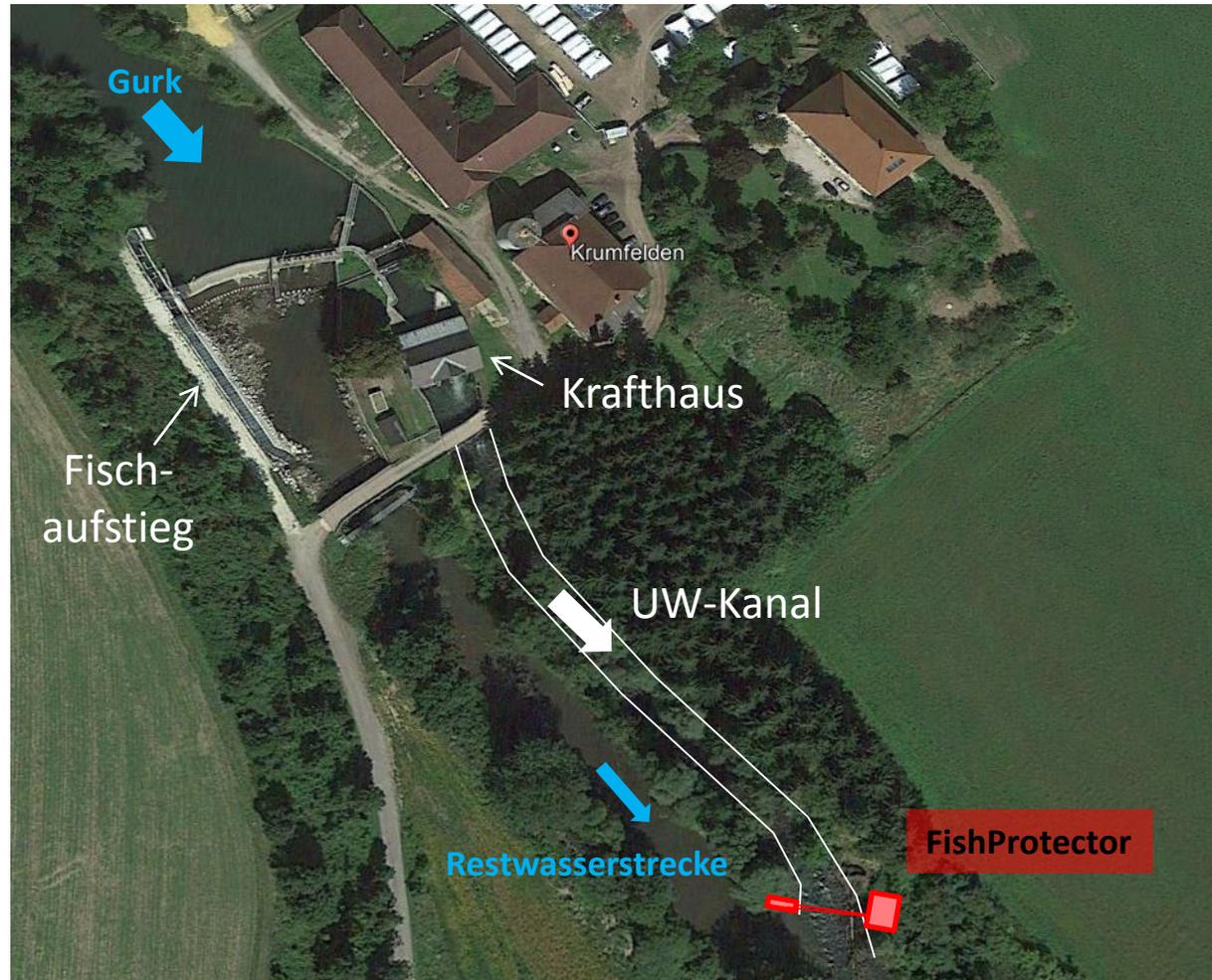


Variantenstudie

Standort Kärnten



Standort Kärnten



**FishProtector als
Einschwimmsperre**

Überblick Inhalt

- Technisches Konzept
- Geplante Pilotanlagen und weitere Standorte
- **Vom Labor in die Natur**
- Anforderungen an zukünftige Pilotanlagen

Zur Übertragbarkeit

- Bautechnik: machbar!
- Biologische Wirksamkeit:
 - Übertragbarkeit des Fischverhaltens prinzipiell gegeben
 - Versuche mit weiteren Fischarten wünschenswert
- Betrieb: derzeit noch fehlende Erfahrungen

Zu den Kosten

- Aktuelle Beispiele Neubau von Horizontalrechen (10-20 mm)
4000 – 8000 €/m² Rechenfläche
Beispiel: Ausbauabfluss 100 m³/s
Erforderliche Rechenfläche 200 m²
Baukosten 800.000 – 1.600.000 €
- Kostenschätzung FishProtector (60 mm Seilabstand)
3000 – 5000 €/m² bei kurzen Längen (je nach Ablegemechanismus)
1500 – 3000 €/m² bei langen Längen (je nach Ablegemechanismus)

Überblick Inhalt

- Technisches Konzept
- Geplante Pilotanlagen und weitere Standorte
- Vom Labor in die Natur
- Anforderungen an zukünftige Pilotanlagen

Zielsetzungen von Pilotanlagen

- Erfahrungen zu Genehmigungsprozessen
- Erfahrungen im Bau
- Sammeln von Betriebserfahrungen
- Biologische Funktionskontrolle
- Demonstrationsobjekte

Anforderungen an Standorte

- Dimensionen: kleine bis mittlere Anlagen bevorzugt
- Ausbauabfluss $30 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rechenlängen 30 – 60 m)
- Buchtenkraftwerke / Ausleitungskraftwerke
- Fischschutz vor Turbinen / Einschwimmsperre im Unterwasser
- Alle Fischzonen möglich

→ Bitte um Unterstützung!

VIELEN DANK!



www.hyfish.at