

Herzlich Willkommen „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“

Themen:

- 1.1. Ausgangssituation
- 1.2. „Fischfreundliches Wehr“
- 1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“

2. Experimenteller Aufbau, TU-Dresden, Prof. Stamm

3. Numerische Berechnung, OvGU-Magdeburg, Prof. Thévenin

1.1. Ausgangssituation, Gewässersituation



geprägt durch:

Verschmutzung

Begradigungen

Wasserkraftanlagen

Querbauwerke

...

1.1. Ausgangssituation, Gewässersituation



Francis Turbine
Wasserschnecke
Wasserwirbelkraftwerk
Kaplanturbine
Wasserrad
...



Egal welche Konstruktion: entweder sind die Anlagen nur in einer Richtung durchgängig und/oder die Fische werden geschädigt.

1.1. Ausgangssituation, EU-Wasser-Rahmen-Richt-Linie (EU-WRRL)

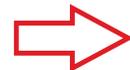
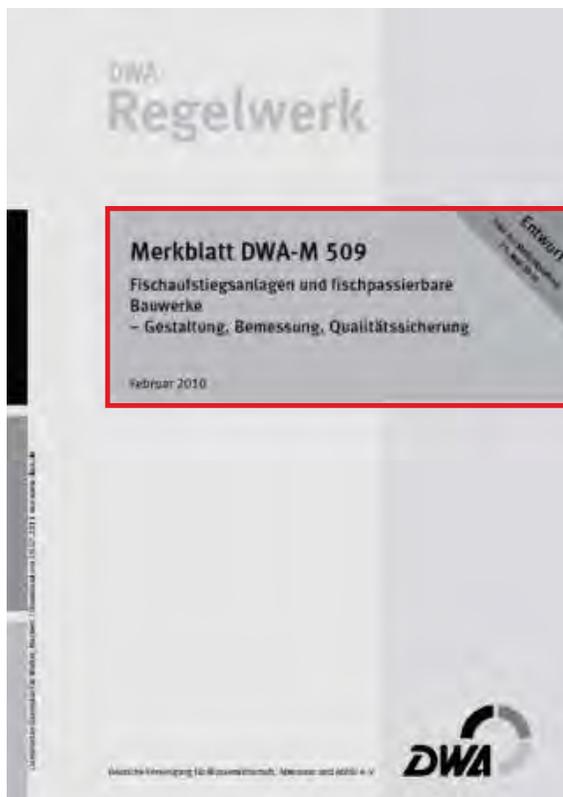
Zentrale Aufgaben der Gewässerschutzpolitik in Deutschland sind, das **ökologische Gleichgewicht** der Gewässer zu bewahren oder **wiederherzustellen**, die Trink- und Brauchwasserversorgung zu gewährleisten, eine geregelte Abwasserreinigung sicher zu stellen und alle anderen Wassernutzungen, die dem Gemeinwohl dienen, möglichst **im Einklang mit dem Schutz der Gewässer** langfristig zu sichern.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; <http://www.bmu.de/gewaesserschutz/kurzinfo/doc/3991.php>

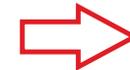
1.1. Ausgangssituation, Querbauwerke



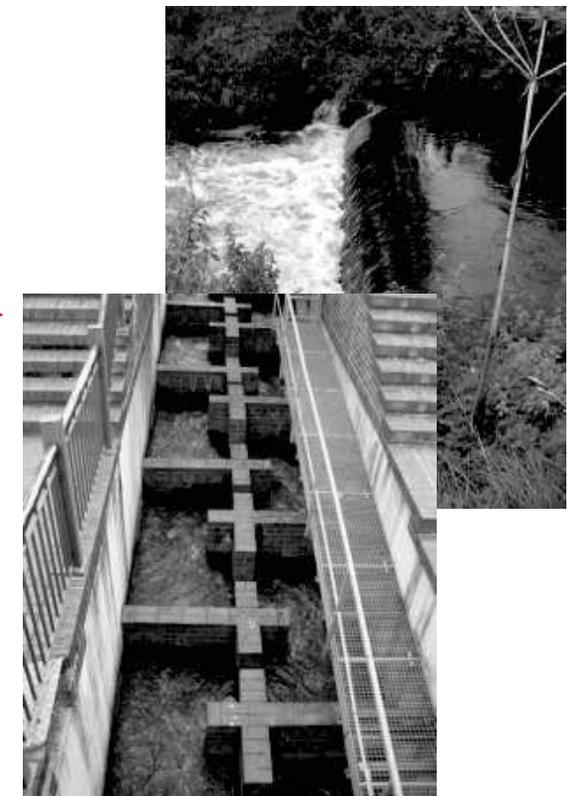
1.1. Ausgangssituation, Umsetzung EU-WRRL in Deutschland



es gibt > 30.000
Querbauwerke in
Deutschland



Herkömmlich werden
Fischtrepfen gebaut!



1.2. „Fischfreundliches Wehr“, Wirtschaftlichkeit im Einklang mit der Natur

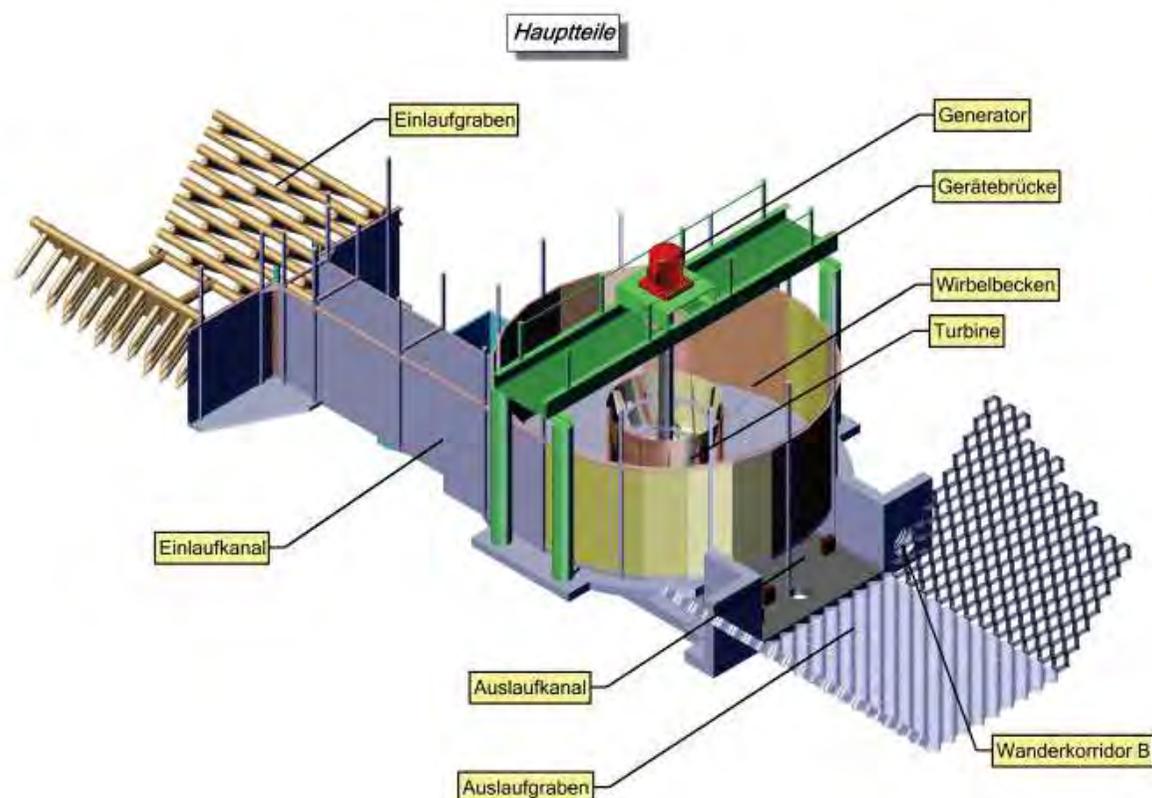


Unser Ziel ist es, die ökonomisch sinnlosen Fischtreppe durch das „Fischfreundliche Wehr“ (FFW) zu ersetzen.

Wir möchten keine neuen Wasserkraftwerke errichten, sondern Fischdurchgängigkeit schaffen, mit dem angenehmen Nebeneffekt der Energiegewinnung und somit der Amortisation.

Somit orientieren sich alle wichtigen baulichen Komponenten in erster Linie an den **Erfordernissen einer Fischwanderhilfe**, nachrangig erfolgt die energetische Optimierung.

1.2. „Fischfreundliches Wehr“, Name, Grundaufbau

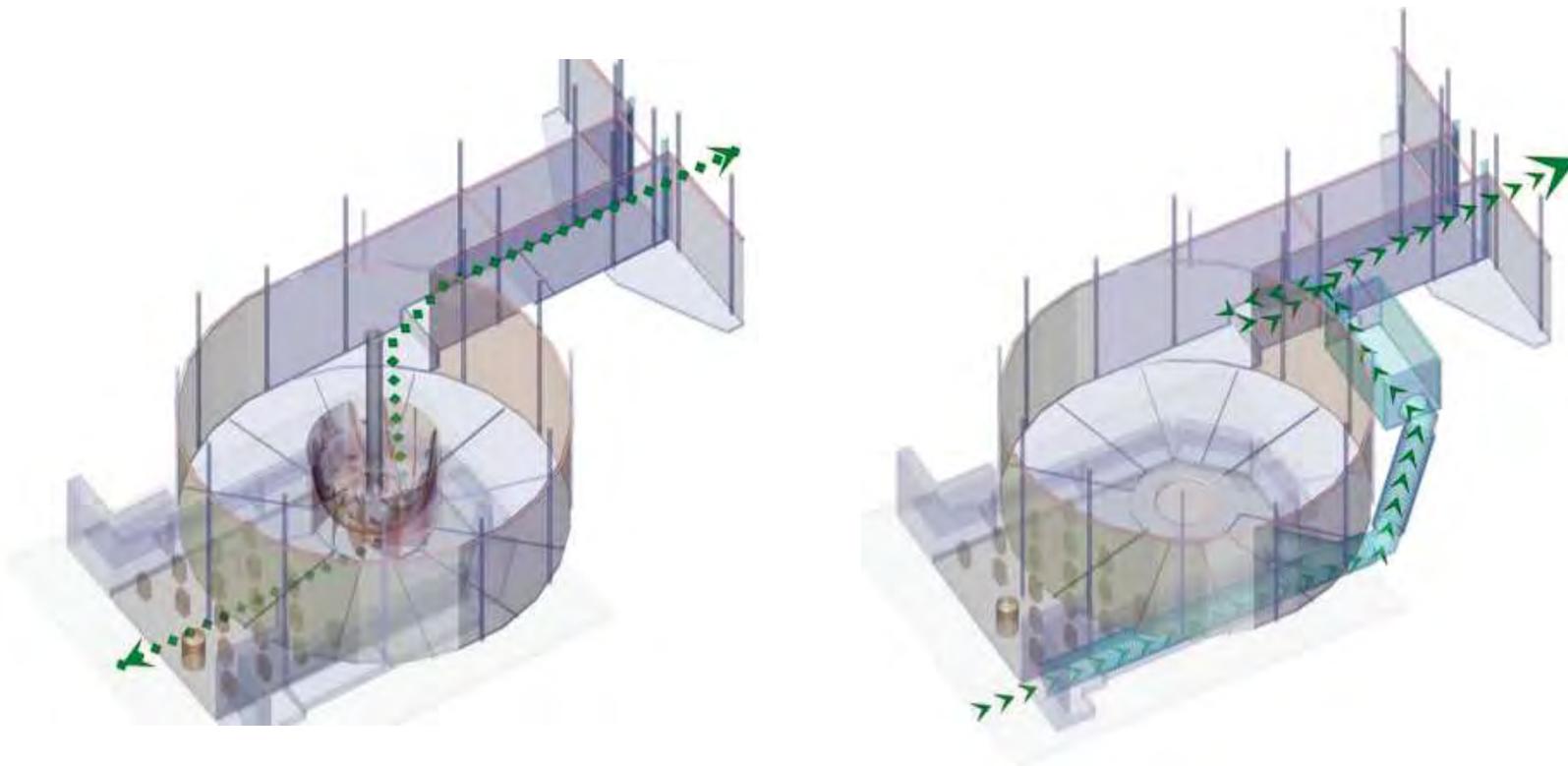


- „Wehr ... ist ein Absperrbauwerk, dass den Zufluss oder Abfluss eines Gewässers abschließt“. Wikipedia

- TU-München „Fish-Friendly-Turbine“

=> Fischfreundliches Wehr

1.2. „Fischfreundliches Wehr“, Wanderkorridore



1.2. „Fischfreundliches Wehr“, Pilotanlage Bühlau

Standort:

- Deutschland, Sachsen, LK Bautzen
- Großharthau / OT Bühlau
- Wesenitz, Flusskilometer 35,12

Beckenkonstruktion:

- Edelstahl
- Kombination aus Blech und quadratischen Rohrprofilen
- Beckendurchmesser = 5,00 m

Technische Daten:

- $Q_{\max.} = Q_{223} = 1,23 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{mittel}} = Q_{183} = 0,88 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Wehr}} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$ Verbleib über das Wehr
- elektr. Leistung = 4,0 - 6,0 kW

Gesamtkosten:

- einschl. Genehmigung, 140m Baustraße, Elektrik und Monitoring = 135.000,-€
- => 96.000,-€ Förderung durch Sachsen

Ökologische Daten: Äschenregion

- Schlitzbreite 20 cm
- Schlitzhöhe 24 cm
- min. Fließgeschw. = 0,18 m/s
- Fließgeschw. im Wanderkorr. = 1,08 m/s
- max. Fließgeschw. = 1,80 m/s
- max. Energiedissipation = 180 W/m²



1.2. „Fischfreundliches Wehr“, Pilotanlage Bühlau



1.2. „Fischfreundliches Wehr“, sächsische Wehrdatenbank

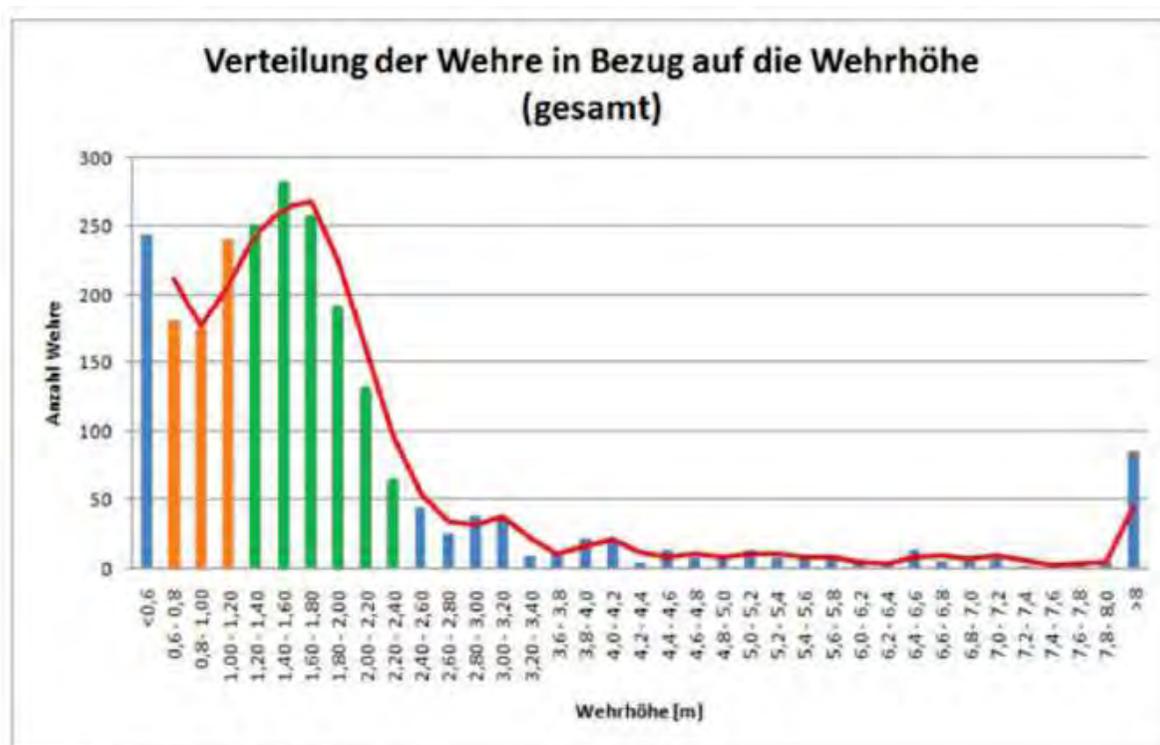
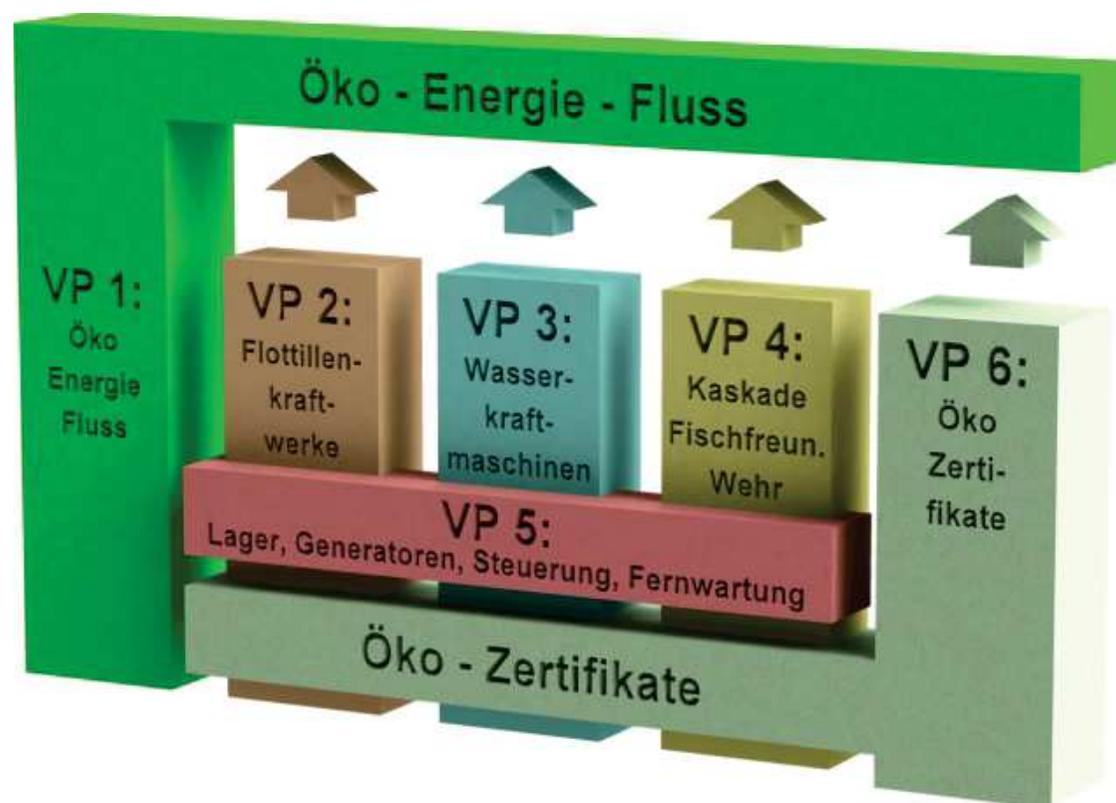


Abb. 1: Verteilung der Wehre

=> In Sachsen gibt es 361 potentielle Standorte mit 617 Anlagen

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Fluss-Strom Plus

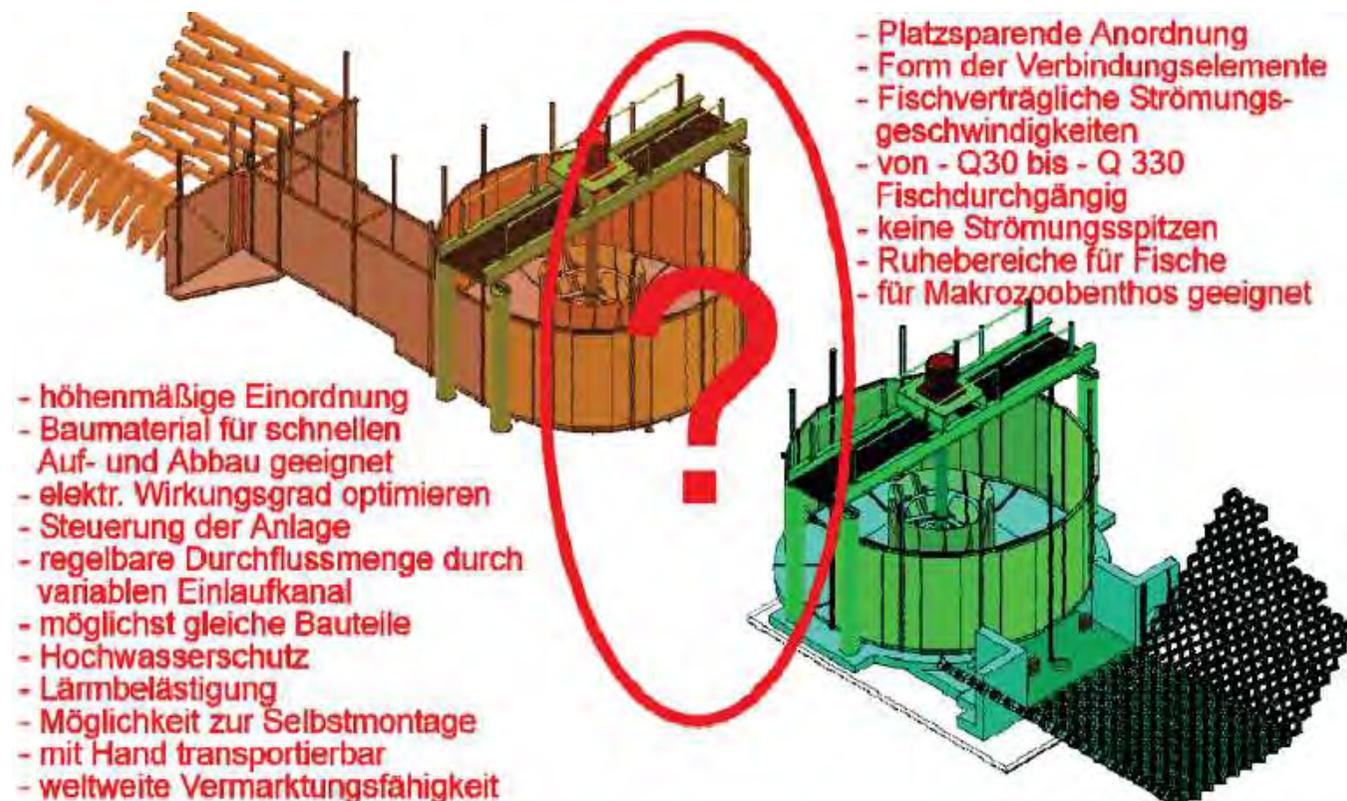


1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Fluss-Strom Plus, VP4

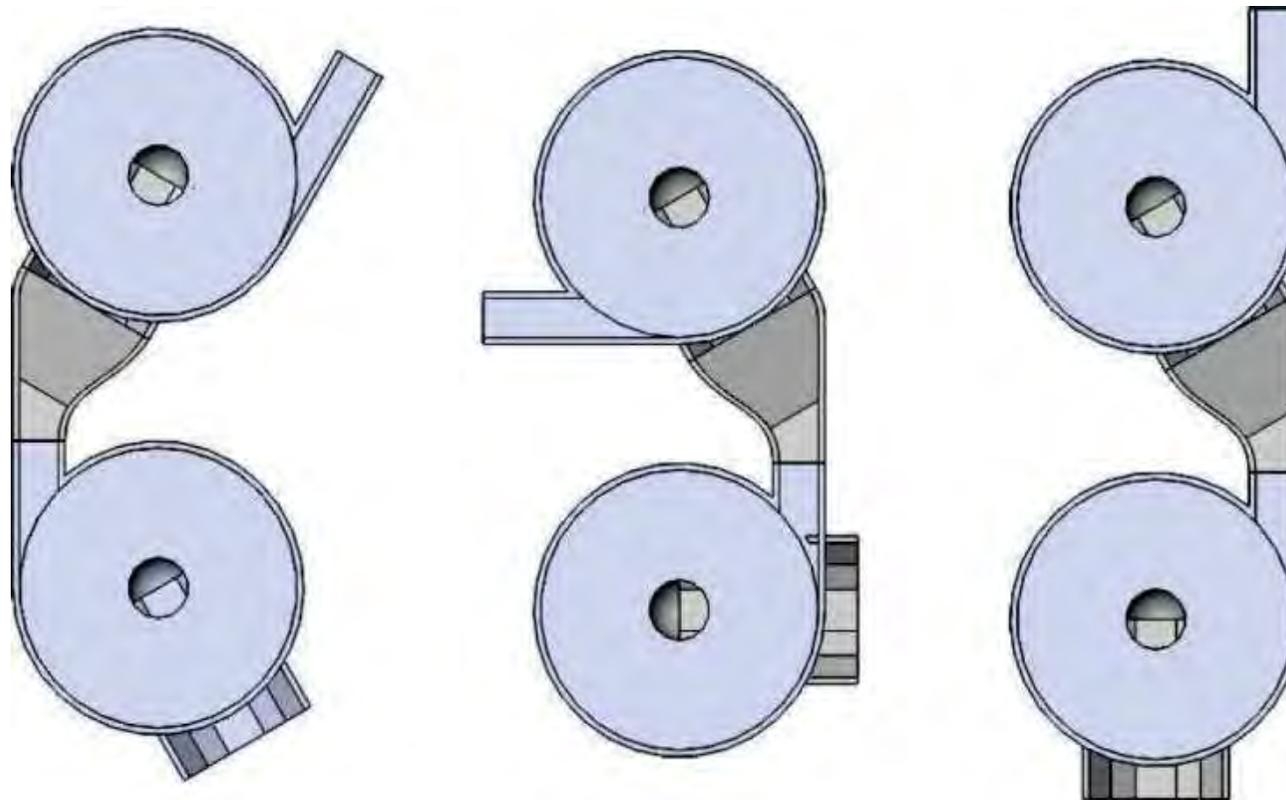


- Markt:**
- 67% der Querbauwerke in Deutschland
 - Ersatz der unrentablen Fischtreppen
 - Energieerzeugung in Drittländern.

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Herausforderung



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Anordnungsmöglichkeiten



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Ausgangswerte DWA - 509

Tabelle 16: Zusammenfassung der wirftypen geometrischen Grenzwerte gemäß 4.4.3; die zugrunde liegenden Maße sind Proportionalen von Wehren enthält Tabelle 15

| Art | Hauptwehrtypen | | | | Längsmaßstab von Wehrenten (m) | Wehrtiefe (m) | | | Bauhöhe Wehrenten (m) | | |
|---------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| | Wehrtypen | Wehrtypen | Wehrtypen | Wehrtypen | | Wehrtiefe | Wehrtiefe | | Bauhöhe Wehrenten | | |
| | | | | | | | 2 H _{max} | 3 H _{max} | 5 H _{max} | 6 H _{max} | 9 H _{max} |
| Bachwehre | | | | | 1,50 | 0,28 | 0,19 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | |
| Aeue | | | | | 2,50 | 0,38 | 0,19 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | |
| Flächen | | | | | 3,00 | 0,40 | 0,32 | 0,36 | 0,72 | 1,08 | |
| Stufenwehre | | | | | 3,00 | 0,55 | 0,42 | 0,36 | 0,72 | 1,08 | |
| Postfach | | | | | 2,50 | 0,32 | 0,25 | 0,21 | 0,42 | 0,63 | |
| Dübel | | | | | 1,80 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,50 | 0,80 | |
| Leder | | | | | 3,00 | 0,42 | 0,34 | 0,30 | 0,60 | 0,90 | |
| Mehrfachwehre | | | | | 2,40 | 0,42 | 0,33 | 0,27 | 0,54 | 0,81 | |
| Quapp | | | | | 1,80 | 0,27 | 0,22 | 0,32 | 0,60 | 0,90 | |
| Pfosten | | | | | 1,20 | 0,32 | 0,25 | 0,18 | 0,35 | 0,53 | |
| Barre | | | | | 2,10 | 0,33 | 0,26 | 0,23 | 0,51 | 0,76 | |
| Rewe | | | | | 1,80 | 0,29 | 0,21 | 0,28 | 0,56 | 0,84 | |
| Zähne | | | | | 1,50 | 0,31 | 0,23 | 0,17 | 0,35 | 0,50 | |
| Streit | | | | | 2,70 | 0,38 | 0,31 | 0,32 | 0,65 | 0,97 | |
| Alten | | | | | 1,80 | 0,43 | 0,36 | 0,28 | 0,57 | 0,85 | |
| Brücken | | | | | 1,80 | 0,32 | 0,22 | 0,19 | 0,36 | 0,54 | |
| Rapfen | | | | | 2,10 | 0,35 | 0,26 | 0,22 | 0,45 | 0,67 | |
| Rausch | | | | | 1,20 | 0,31 | 0,23 | 0,21 | 0,42 | 0,63 | |
| Stiele | | | | | 3,00 | 0,35 | 0,28 | 0,30 | 0,60 | 0,90 | |
| Zwischen | | | | | 2,40 | 0,38 | 0,30 | 0,29 | 0,58 | 0,87 | |
| Welle | | | | | 4,80 | 0,64 | 0,51 | 0,72 | 1,44 | 2,16 | |
| Muffelwehre | | | | | 2,40 | 0,40 | 0,32 | 0,42 | 0,80 | 1,20 | |
| Karpien | | | | | 2,40 | 0,40 | 0,48 | 0,39 | 0,77 | 1,15 | |
| Karpienwehre | | | | | 1,75 | 0,34 | 0,27 | 0,23 | 0,47 | 0,70 | |
| Schleusen | | | | | 1,80 | 0,39 | 0,31 | 0,27 | 0,54 | 0,81 | |
| Stau | | | | | 9,00 | 1,28 | 1,02 | 1,08 | 2,16 | 3,24 | |
| Fluss | | | | | 1,50 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,30 | 0,45 | |
| Schnepel | | | | | 1,20 | 0,30 | 0,15 | 0,12 | 0,24 | 0,36 | |

Tabelle 17: Grenzwerte für die maximale Fließgeschwindigkeit v_{max} (m/s) in den Durchlässen von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

| Gesamthöhenunterschied | Fließgewässerregion | | | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|------------------------|----------------|---------------------------|
| | Obere Forellenregion | Untere Forellenregion | Äschenregion | Barbenregion | Brachsenregion | Kaulbarsch-Flunder-Region |
| < 3 m | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | 1,6 |
| 3 m bis 6 m | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 |
| 6 m bis 9 m | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| > 9 m | 1,9 | 1,8 | 1,7 | Einzelfallentscheidung | | |

Tabelle 18: Grenzwerte für die mittlere Fließgeschwindigkeit v_m (m/s) im Wanderkorridor gerinneartiger Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbarer Bauwerke

| Gesamtlänge | Fließgewässerregion | | | | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--------------|--------------|----------------|---------------------------|
| | Obere Forellenregion | Untere Forellenregion | Äschenregion | Barbenregion | Brachsenregion | Kaulbarsch-Flunder-Region |
| < 5 m | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| 5 m bis 10 m | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| > 10 m bis 25 m | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Ausgangswerte DWA - 509

Tabelle 21: Grenzwerte für die Leistungsdichte bei der Energiedissipation in Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

| Fließwasserregion | Spezifische Leistungsdichte, Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke | | |
|---------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| | Beckenbauweise | | Störsteinbauweise |
| | ohne Zander und Hecht | mit Zander oder Hecht | |
| Oberer Forellensregion | 250 W/m ³ | | 300 W/m ³ |
| Untere Forellensregion | 225 W/m ³ | | 275 W/m ³ |
| Äschenregion | 200 W/m ³ | | 250 W/m ³ |
| Barbenregion | 150 W/m ³ | 100 W/m ³ | 200 W/m ³ |
| Brachsenregion | 125 W/m ³ | 100 W/m ³ | 175 W/m ³ |
| Kaulbarsch-Flunder-Region | 100 W/m ³ | 100 W/m ³ | 150 W/m ³ |

Tabelle 20: Grenzwerte für die minimale Fließgeschwindigkeit v_{min} (m/s) im Wanderkorridor

| Grenzwert für v_{min} im Wanderkorridor | |
|---|---------|
| Gewässer mit Großsalmoniden, z. B. Lachs, Meerforelle, Seeforelle, Huchen | 0,3 m/s |
| alle anderen Gewässer | 0,2 m/s |

Tabelle 40: Bemessungswerte mit $S_e = 0,95$ und $S_b = 0,95$ für die maximale Fließgeschwindigkeit an Trennwandöffnungen von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen, Werte gerundet in m/s

| h_{max} | Oberer Forellensregion (m/s) | Untere Forellensregion (m/s) | Äschenregion (m/s) | Barbenregion (m/s) | Brachsen-Flunder-Region (m/s) | Kaulbarsch-Flunder-Region (m/s) |
|-------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| ≤ 3 m | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,55 | 1,45 |
| 3 m bis 6 m | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,55 | 1,45 | 1,35 |
| 6 m bis 9 m | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,45 | 1,35 | 1,25 |
| > 9 m | 1,7 | 1,6 | 1,55 | Einzelfallentscheidung | | |

Tabelle 41: Geometrische Bemessungswerte für $S_e = 1$ für konventionelle Beckenplisse

| Relevante Fischarten | Abmessungen (m) | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|------------|-------------------|------------------|------------|------------------|-----------------------|
| | Becken | | | Schlupfloch | | Kronenausschnitt | |
| | Länge L_{ik} | Breite b | Wassertiefe h_w | Breite b_{s^*} | Höhe h_s | Breite b_{k^*} | Wassertiefe h_{k^*} |
| Bachforelle | 1,50 | 1,00 | 0,70 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Äsche, Döbel, Plotze | 1,80 | 1,50 | 0,75 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| Barbe, Zander, Meerforelle | 2,40 | 2,25 | 0,85 | 0,45 | 0,35 | 0,30 | 0,35 |
| Lachs, Huchen, Hecht | 3,00 | 2,75 | 0,90 | 0,55 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Brachsen, Karpfen | 2,40 | 3,00 | 1,20 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,50 |

ANMERKUNGEN
 *) Grenzwert gemäß 4.6.3.4: $3 D_{max}$
 **) Grenzwert gemäß 4.6.3.5: $4,5 D_{max}$

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Standortvorgaben

hydraulische Bemessungsvorgaben zur FFW-Anlage "Fischfreundliches Wehr", Stand: 01.09.2016

(Basis: Tabellenwerte des Merkblattes DWA-M 509 für beckenartige Fischaufstiegsanlagen)

1. Wählen Sie die Fließgewässerzone aus!

Barberregion

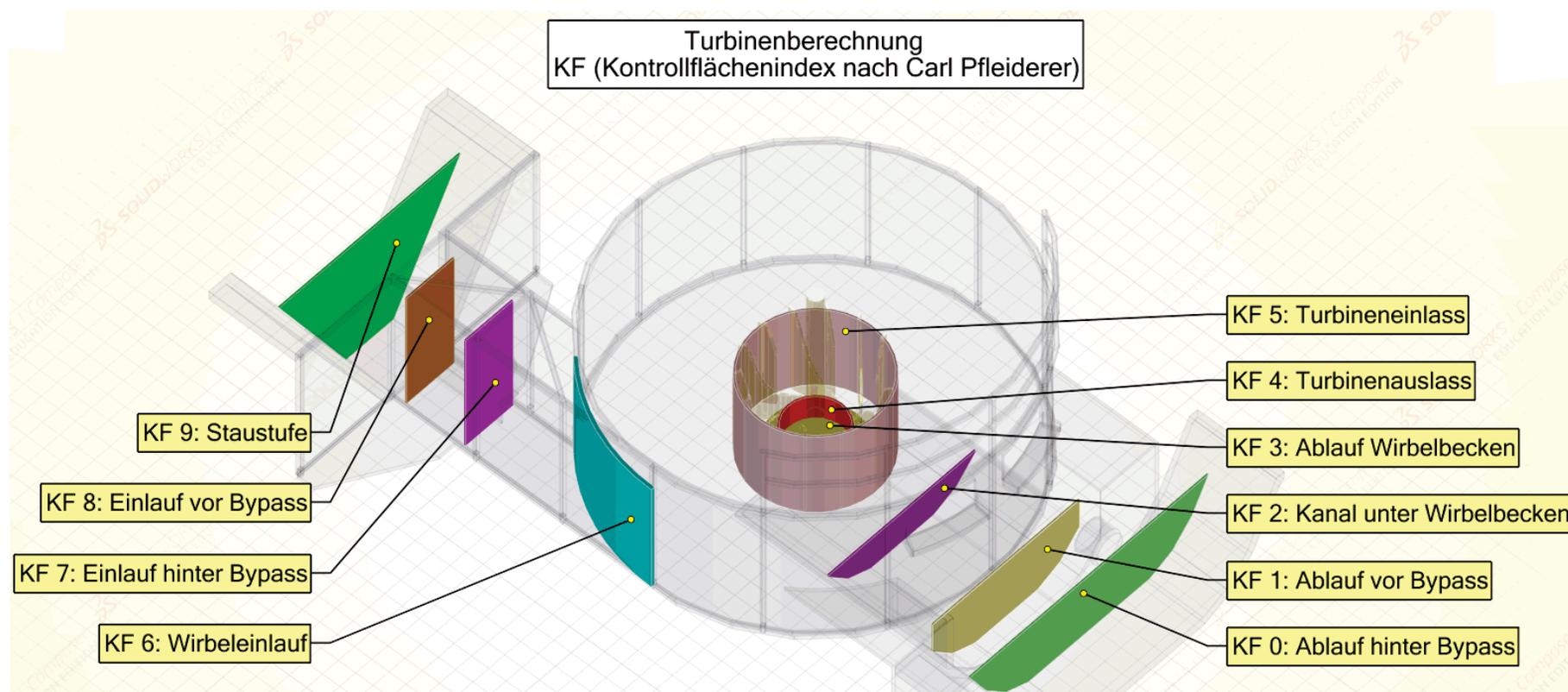
Aal, Aland, Äsche, Atlantischer Lachs, Barbe, Blei (Brachse), Döbel, Dreistachliger Stichling, Flussbarsch, Gründling, Hasel, Hecht, Huchen, Meerforelle, Nase, Quappe, Rapfen, Rotauge (Pflöze), Schmerle, Ukelei, Wels, Zander, Zährte

| Fischart | wiss. Name | Schlupfloch | | Wanderkorridor | | | | max. Energiedissipation | |
|--------------|------------|------------------------|------------------------|---|--|--|--|---|--|
| | | Breite | Höhe | Mindest-Wassertiefe <small>($H_{W, \min} = 2,5 \cdot h_{\max}$)</small> | min. Fließgeschw. im Wanderkorridor | mittlere Fließgeschw. im Wanderkorridor | mittlere Fließgeschw. im Wanderkorridor | max. Fließgeschwindigkeit im Schlupfloch | Spezifische Leistungsdichte <small>Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischtauglichere Bauwerke in Beckenbauweise</small> |
| | | $B_{Sch, \min}$ [m] | $H_{Sch, \min}$ [m] | $H_{W, \min}$ [m] | $V_{W, \min}$ [m/sec.] | $V_{W, \max}$ [m/sec.] | $V_{W, \text{mittel}}$ [m/sec.] | $V_{0, \max}$ [m/sec.] | P_{\max} bei Q_{50} [W/m²] |
| Barberregion | | 0,70 | 0,60 | 0,64 | 0,30 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 100 |

2. Markieren Sie die vorkommenden Fischarten!

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Aal | Anguilla anguilla (Linné) | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Aland | Leuciscus idus (Linné) | 0,35 | 0,35 | 0,45 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Äsche | Thymallus thymallus (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Atlantischer Lachs | Salmo salar (Linné) | 0,55 | 0,35 | 0,42 | 0,30 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Barbe | Barbus barbus (Linné) | 0,45 | 0,35 | 0,33 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Blei (Brachse) | Abramis brama (Linné) | 0,60 | 0,50 | 0,52 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Döbel | Squalius cephalus (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Dreistachliger Stichling | Gasterosteus aculeatus (Linné) | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Flussbarsch | Perca fluviatilis (Linné) | 0,30 | 0,35 | 0,31 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Gründling | Gobio gobio (Linné) | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Hasel | Leuciscus leuciscus (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Hecht | Esox lucius (Linné) | 0,55 | 0,35 | 0,35 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Huchen | Hucho hucho (Linné) | 0,55 | 0,35 | 0,40 | 0,30 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Meerforelle | Salmo trutta (Linné) | 0,45 | 0,35 | 0,42 | 0,30 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Nase | Chondrostoma nasus (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Quappe | Lota lota (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Rapfen | Leuciscus aspius (Linné) | 0,45 | 0,35 | 0,37 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Rotaug (Pflöze) | Rutilus rutilus (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Schmerle | Barbatula barbatula (Linné) | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Ukelei | Alburnus alburnus (Linné) | 0,20 | 0,20 | 0,24 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Wels | Silurus glanis (Linné) | 0,70 | 0,60 | 0,64 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Zander | Sander lucioperca (Linné) | 0,45 | 0,35 | 0,38 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 100 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Zährte | Vimba vimba (Linné) | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,20 | 1,80 | 1,08 | 1,60 | 150 |

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Kontrollflächen



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Dateneingabe

FFW-Turbine

1. Modellansatz für 3-dimensionale Strömungsberechnung

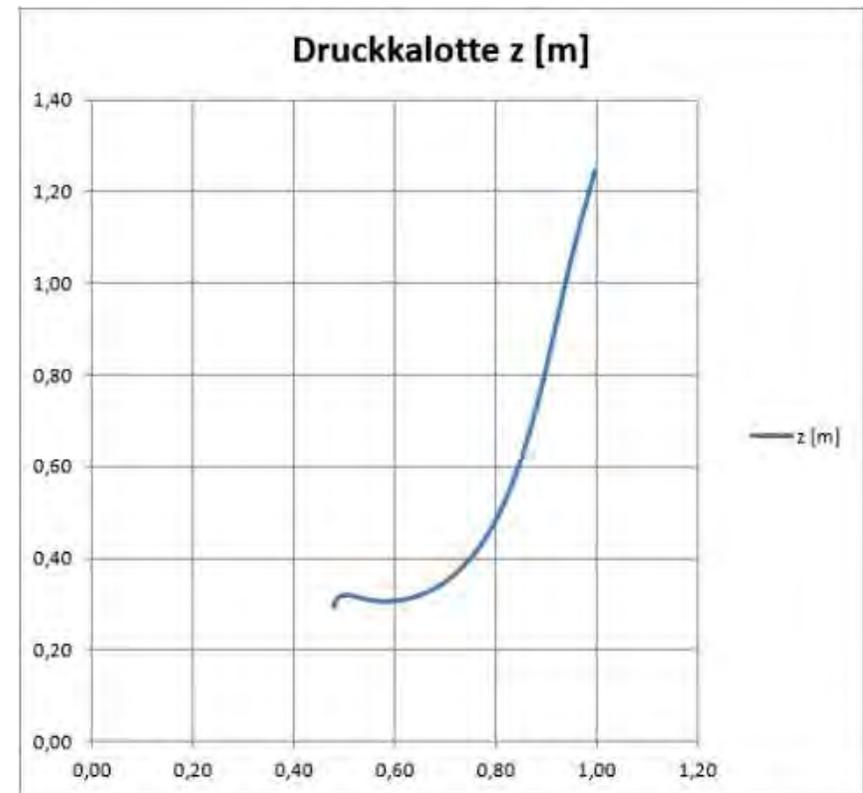
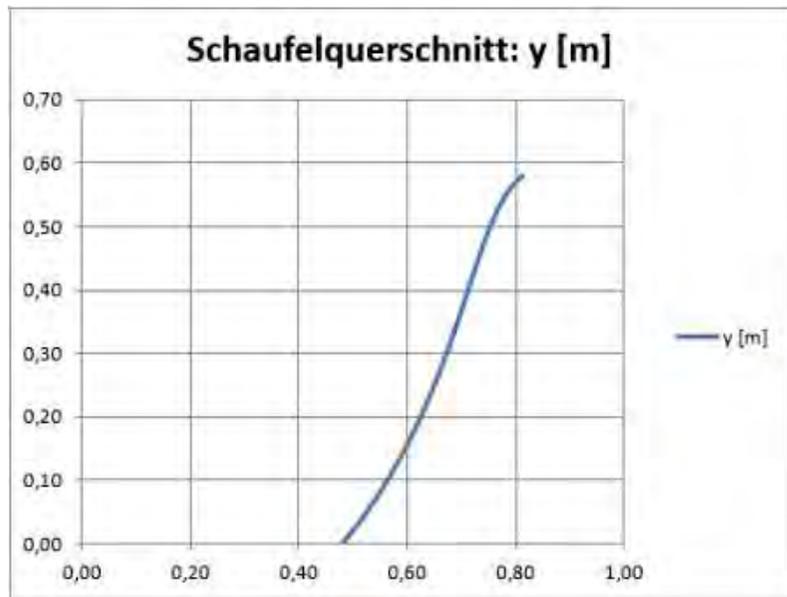
| standortspezifische Eingabedaten | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| | H_{0w} [m], Höhe Oberwasser, ü. NN | H_{1w} [m], Höhe Unterwasser, ü. NN | Q [m ³ /s] Durchflussmenge |
| Q_{min} = | | 302,710 | 0,600 = bei Niedrigwasser Q30 |
| $Q_{curtina}$ = | 304,110 | 302,810 | 1,350 = beim Auslegungspunkt Q183 |
| D_{BB} = | 0,200 | m | = Dicke Bodenplatte Becken |
| W.K.-B = | ja | ja / nein | = Wanderkorridor-B, für Gruppe B _{St_min} =0,20; H _{St_min} =0,20; V _{St_min} =1,20 |
| h_B = | 2,000 | m | = gewählte Beckenhöhe |
| d_{45} = | 5,000 | m | = Systemdurchmesser Wirbelbecken (3,50m 4,25m 5,00m 5,75m 6,50m) |
| b_{0j} = | 2,350 | m | = Breite Auslaufkanal |
| Z_{AK} = | 0,100 | m | = Zusatzhöhe des Auslaufkanales |
| H_{AK} = | 0,600 | m | = Höhe des Auslaufkanales unter Beckenboden |
| A_{AK} = | 1,227 | m ² | = Querschnittsfläche des Auslaufkanales unter Beckenboden |

Grenzwerte für Fischdurchgängigkeit, siehe Blatt Auswahl: Äschenregion

.. Bachforelle, Bachneunauge, , Elritze, Groppe, Gründling, , Schmerle, Dreistachliger Stichling,

| | | | |
|-----------------|-------|------------------|---|
| V_{St_max} = | 1,800 | m/s | = höchste Strömungsgeschw. im Schluflloch |
| V_{Wk_min} = | 1,200 | m/s | = höchste Strömungsgeschw. im Wanderkorridor |
| V_{Wk_min} = | 0,200 | m/s | = kleinste Strömungsgeschw. im Wanderkorridor |
| P_{max} = | 200 | W/m ² | = max. Energiedissipation |
| B_{St_min} = | 0,200 | m | = minimale Schlufllochbreite |
| H_{St_min} = | 0,200 | m | = minimale Schlufllochhöhe |
| H_{Wk_min} = | 0,240 | m | = minimale Wassertiefe im Wanderkorridor |

1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Geometriedaten



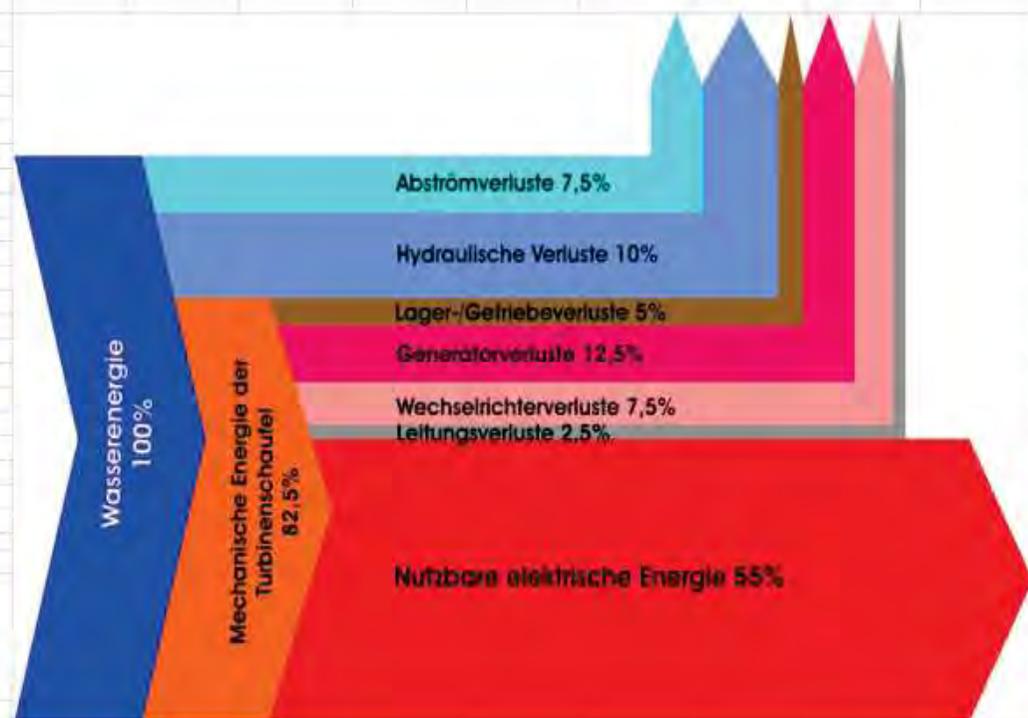
1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Ertragsvorschau

3. Ertragsabschätzung : FFW-Turbine

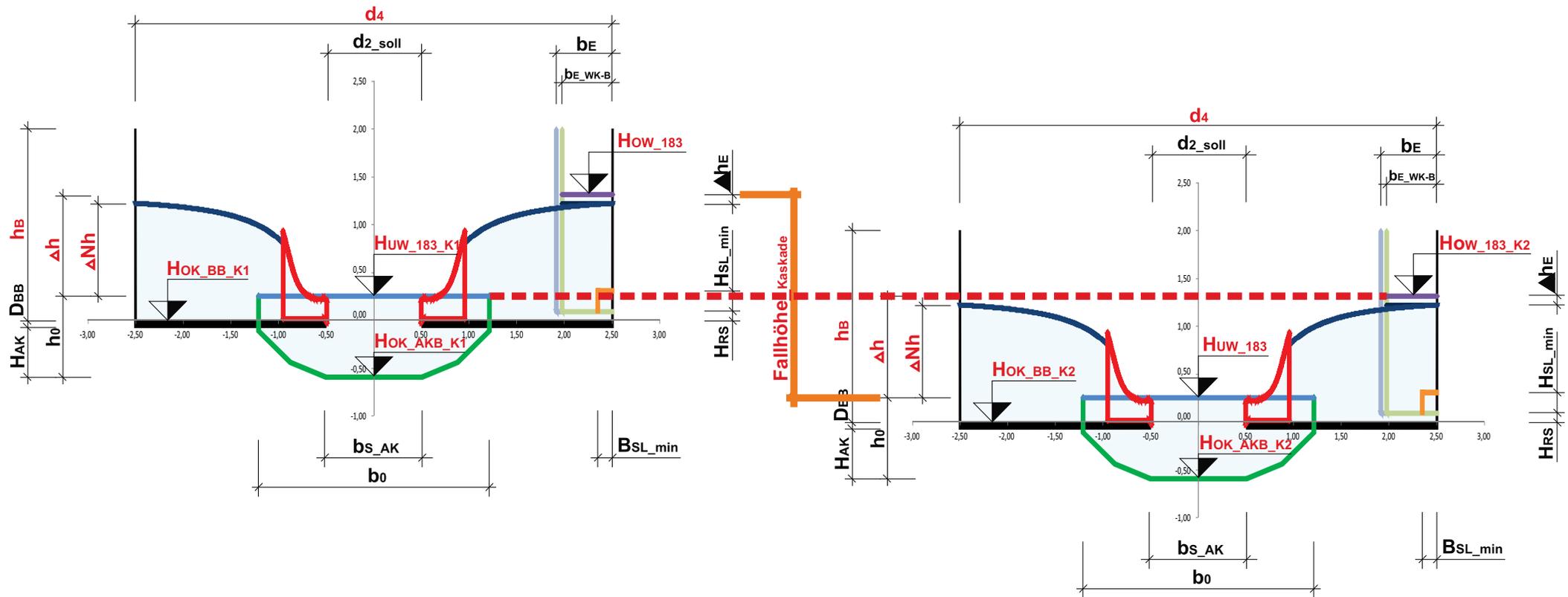
| Ertragsabschätzung : | | | |
|------------------------------------|-----------|-------|----------------|
| Turbinenleistung ideal : | 14,82 | kW | |
| innere Turbinenverluste geschätzt: | 10,0% | | |
| Spaltverluste geschätzt : | 10,0% | | |
| äußere Verluste geschätzt : | 5,0% | | |
| Turbinenleistung real : | 11,40 | kW | |
| Wirkungsgrad Getriebe : | 95,0% | | |
| Wirkungsgrad Generator : | 87,5% | | |
| Wirkungsgrad Wechselrichter : | 92,5% | | |
| Leitungsverluste : | 2,5% | | |
| Leistung Gesamtsystem : | 8,55 | kW | |
| Wirkungsgrad Gesamtsystem FFW : | 0,50 | | |
| Vergütung Klein-Wasser-Kraft : | 0,0890 | €/kWh | |
| Vergütung FFW : | 0,1145 | €/kWh | lt.EEG in 2014 |
| Vergütung Eigenverbrauch : | 0,2500 | €/kWh | |
| Betriebsstunden / Jahr : | 7.000 | h/a | |
| Energieertrag / Jahr : | 59.835,27 | kWh/a | |
| Ertrag Klein-Wasser-Kraft / Jahr : | 5.325,34 | €/a | |
| Ertrag FFW / Jahr : | 7.449,49 | €/a | |
| Ertrag bei Eigenverbrauch / Jahr : | 14.958,82 | €/a | |

erforderliche Beckenwerte bezüglich Energiedissipation:

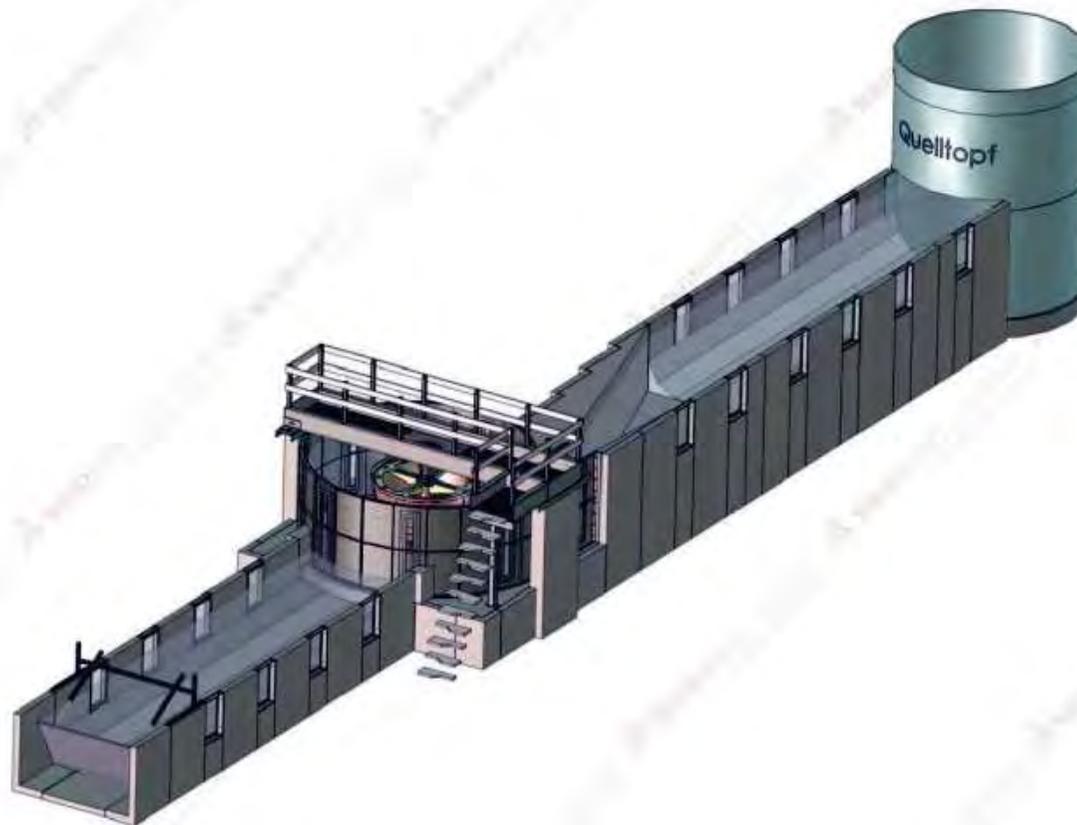
| r4 = Innenradius Wirbelbecken = 2,5 | maximale Energie-dissipation | erforderliches Becken-volumen | erforderliche Beckenfläche | erforderlicher Innenradius Wirbelbecken |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| | W / m³ | m³ | m² | m |
| Äschenregion : | 200 | 28,002 | 18,049 | 2,397 |



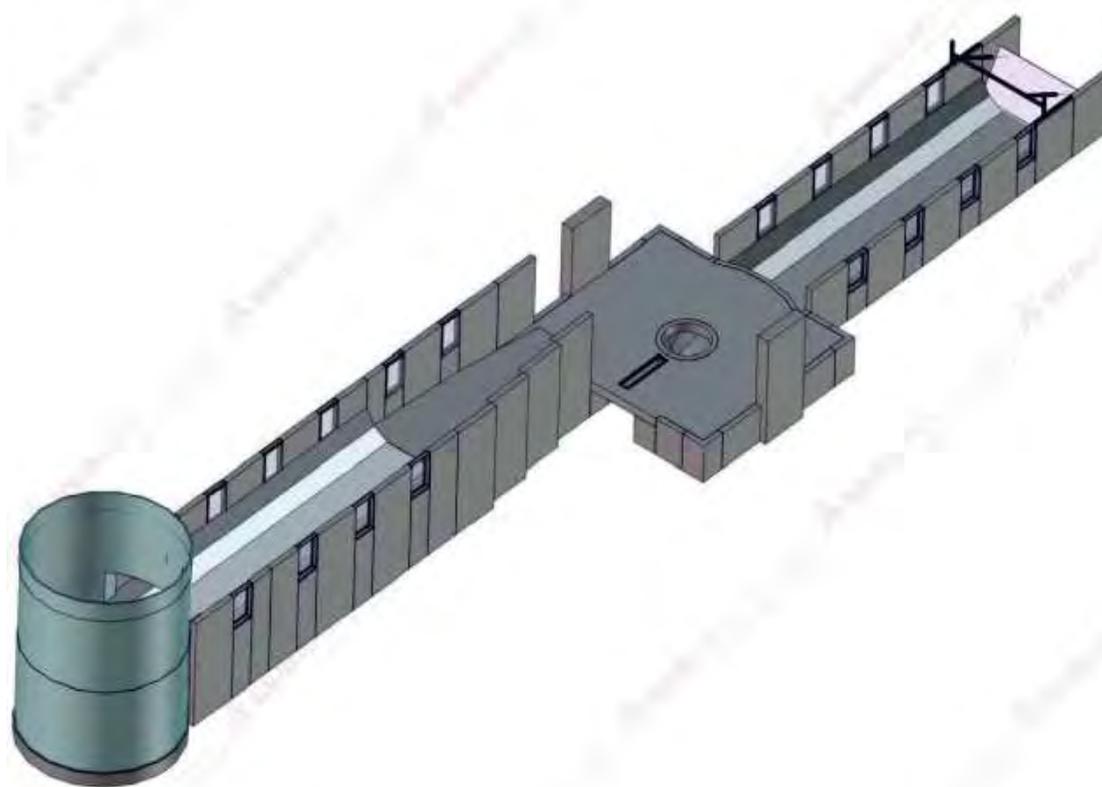
1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, höhenmäßige Einordnung



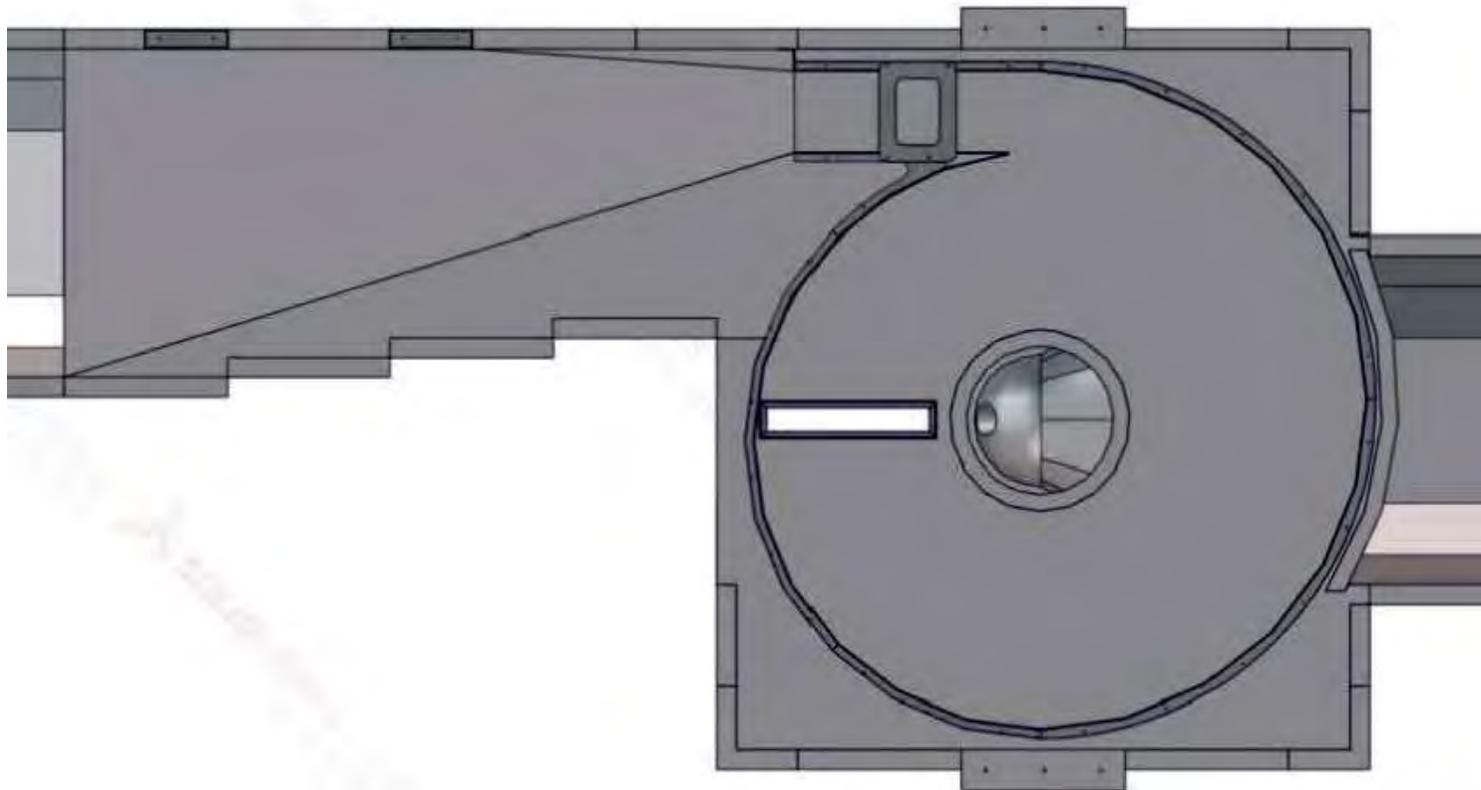
1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Versuchsanlage Planung



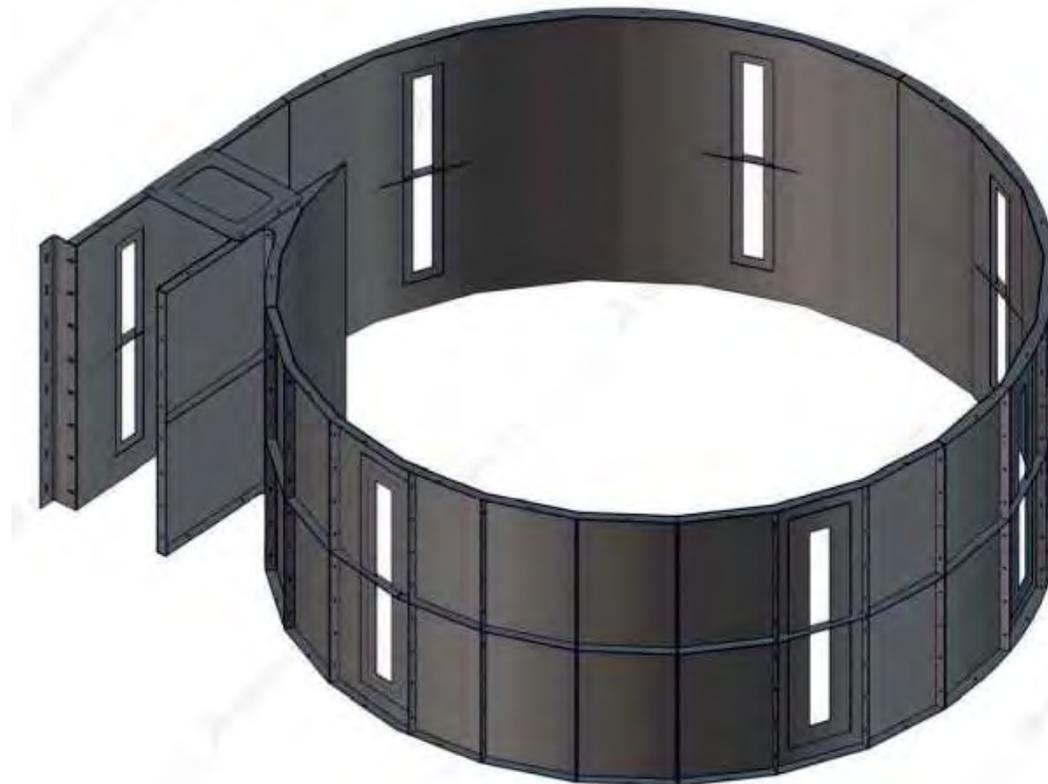
1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Beobachtungsfenster



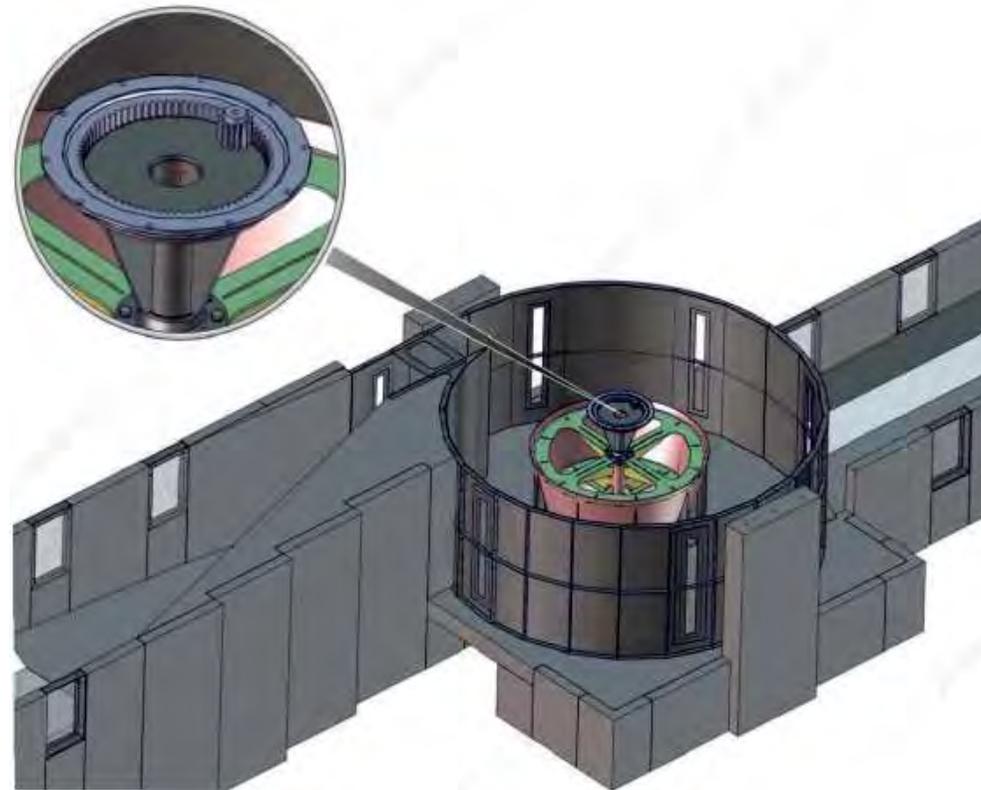
1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, spiralförmige Becken



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Beckenwand



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Rotor



1.3. „Fischfreundliches Kaskaden-Wehr“, Lieferung

