

Fischwanderungen und Kraftwerke



Armin Peter

Eawag Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs

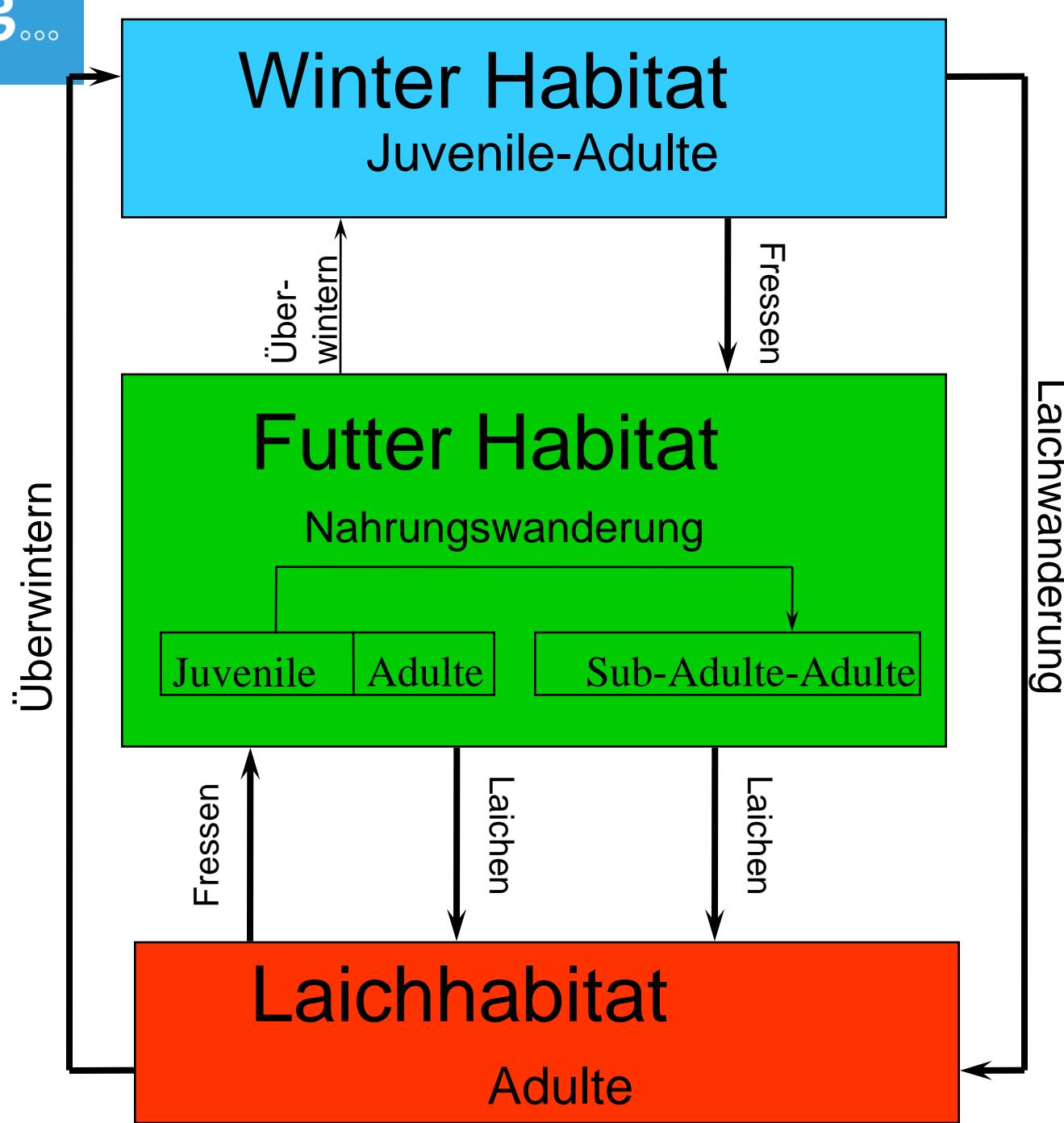
CH-6047 Kastanienbaum

e-mail:armin.peter@eawag.ch

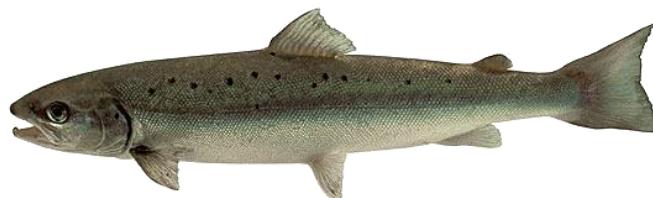


**Binnengewässer: Konzepte und Methoden für ein
nachhaltiges Management**

6.10.2014

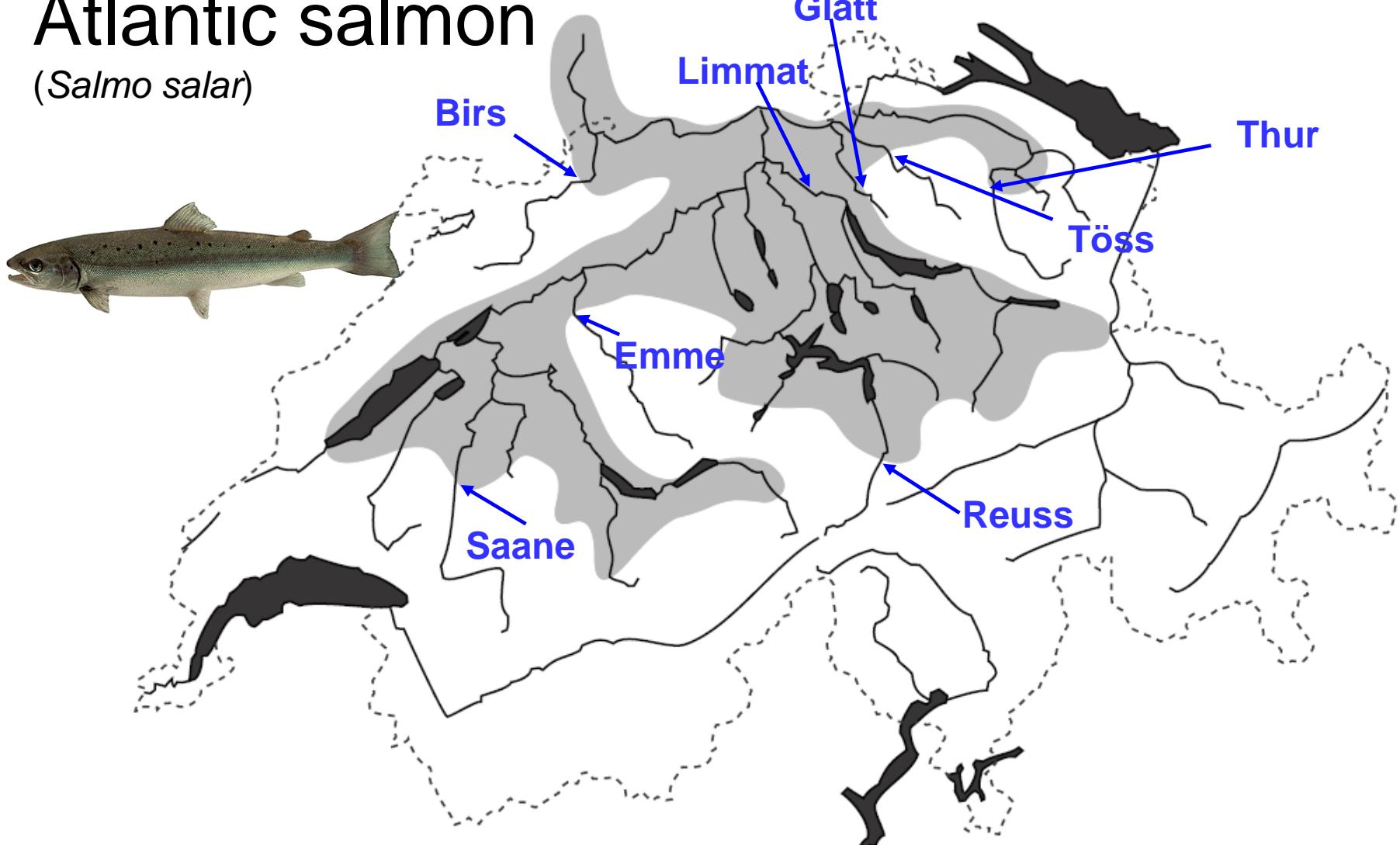


Diadrome Fische: Langdistanzwanderer



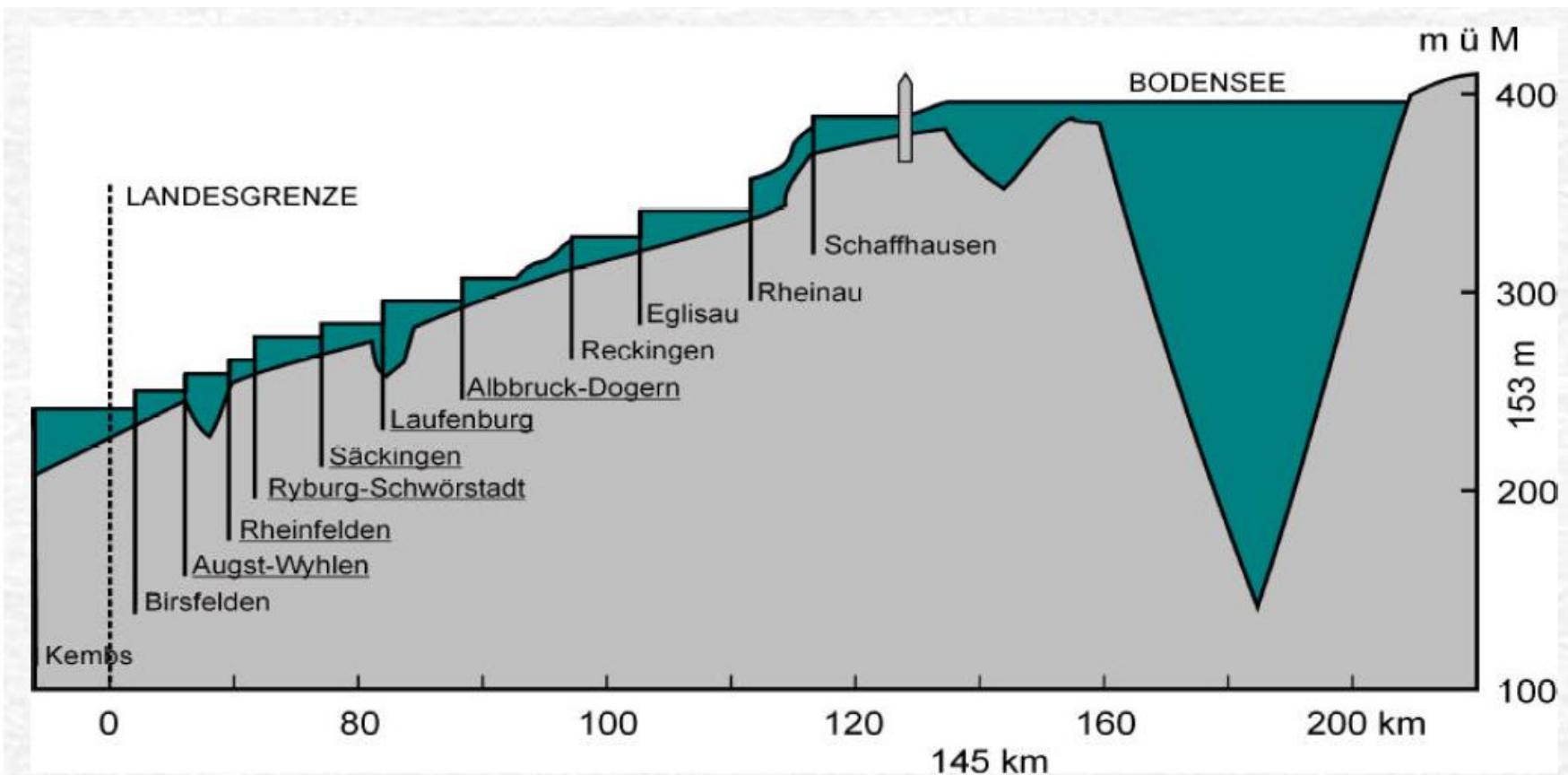
Atlantic salmon

(*Salmo salar*)



Historic distribution of Atlantic Salmon in the 19th century

(Dönni & Freyhof 2002)



Potamodrome Fische: Mitteldistanzwanderer

Seeforelle



Alet



Nase



Trüsche



Felche



Barbe



Äsche

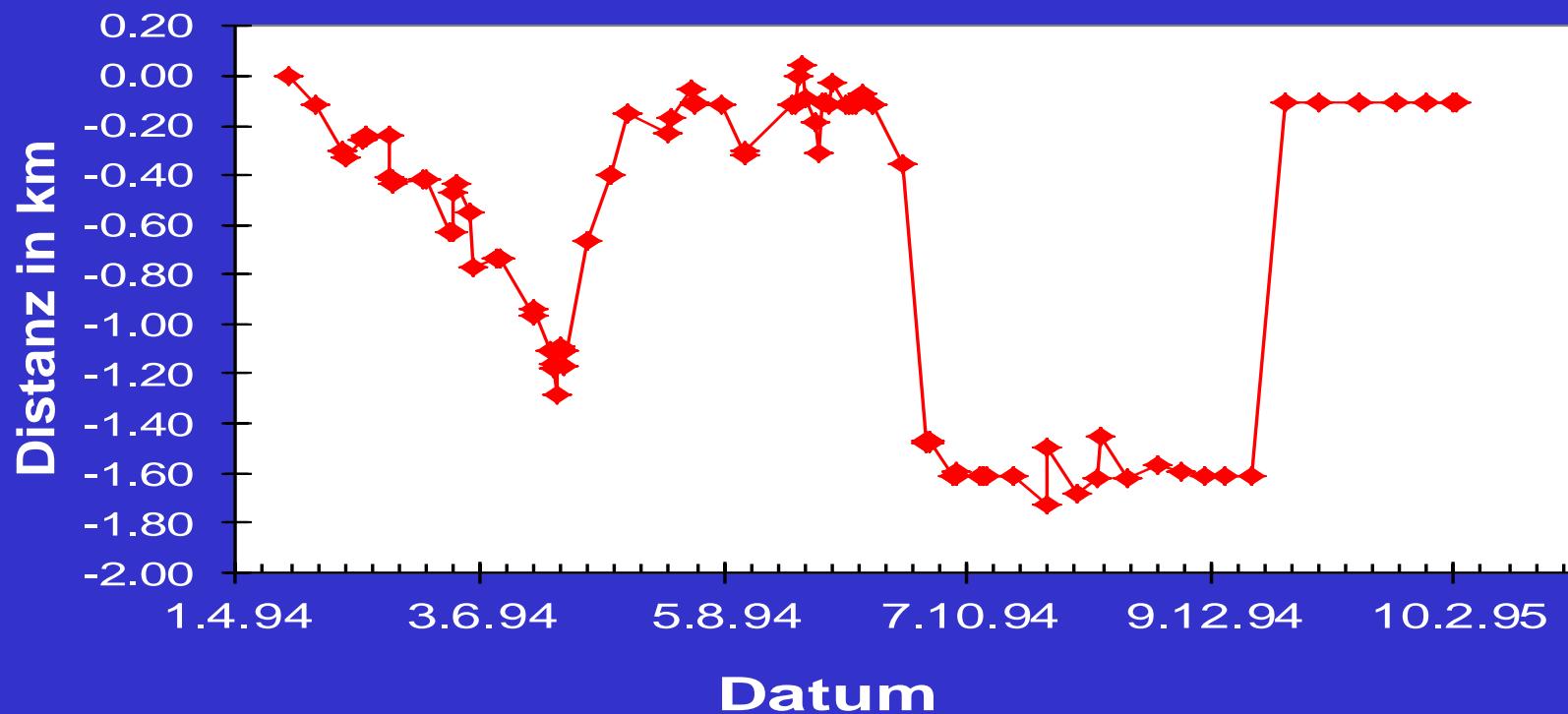


Fischwanderungen

- Meist Hauptfokus auf diadromen Arten (Lachs/Aal)
- Wanderungen im Süßwasser sind für viele Fischarten unzureichend dokumentiert
- **Falsche Annahme**
«residente» Fische wandern nicht

Adulte Bachforelle

Bachforelle 403 mm
Liechtensteiner Binnenkanal



Wasserkraft

- 156 grösser Dämme
- > 1'600 Kraftwerke
- Restwasser:
1'400 Wasserentnahmen
für hydrolektrische Nutzungen
- 1'000 km Gewässer mit
Schwall-Sunk Problemen



Fischaufwanderung

Probleme

- fehlende Aufwanderungshilfe am Kraftwerk
- zu wenig effiziente Fischtreppe
 - Lage / Lockströmung / Dotierung/Gestaltung
 - Funktionsfähigkeit: Funktion der Auffindbarkeit und Passierbarkeit
 - wie wird die Funktionsfähigkeit beurteilt ?
 - Funktionsfähigkeit für mind. 300 Tage im Jahr
 - Deutschland: Auffindbarkeit < 10 %
 - Passierbarkeit: < 5 % (Schwevers et al. 2005)
 - Umgehungsgerinne mit wenig Aufstiegseffizienz (wenig Monitoring in Umgehungsgerinnen)

KW Thurfeld Kradolf Schönenberg

1.6 MW

Umgehungsgerinne





Fischtreppe (Schlitzpass) Sarneraa/Wichelsee





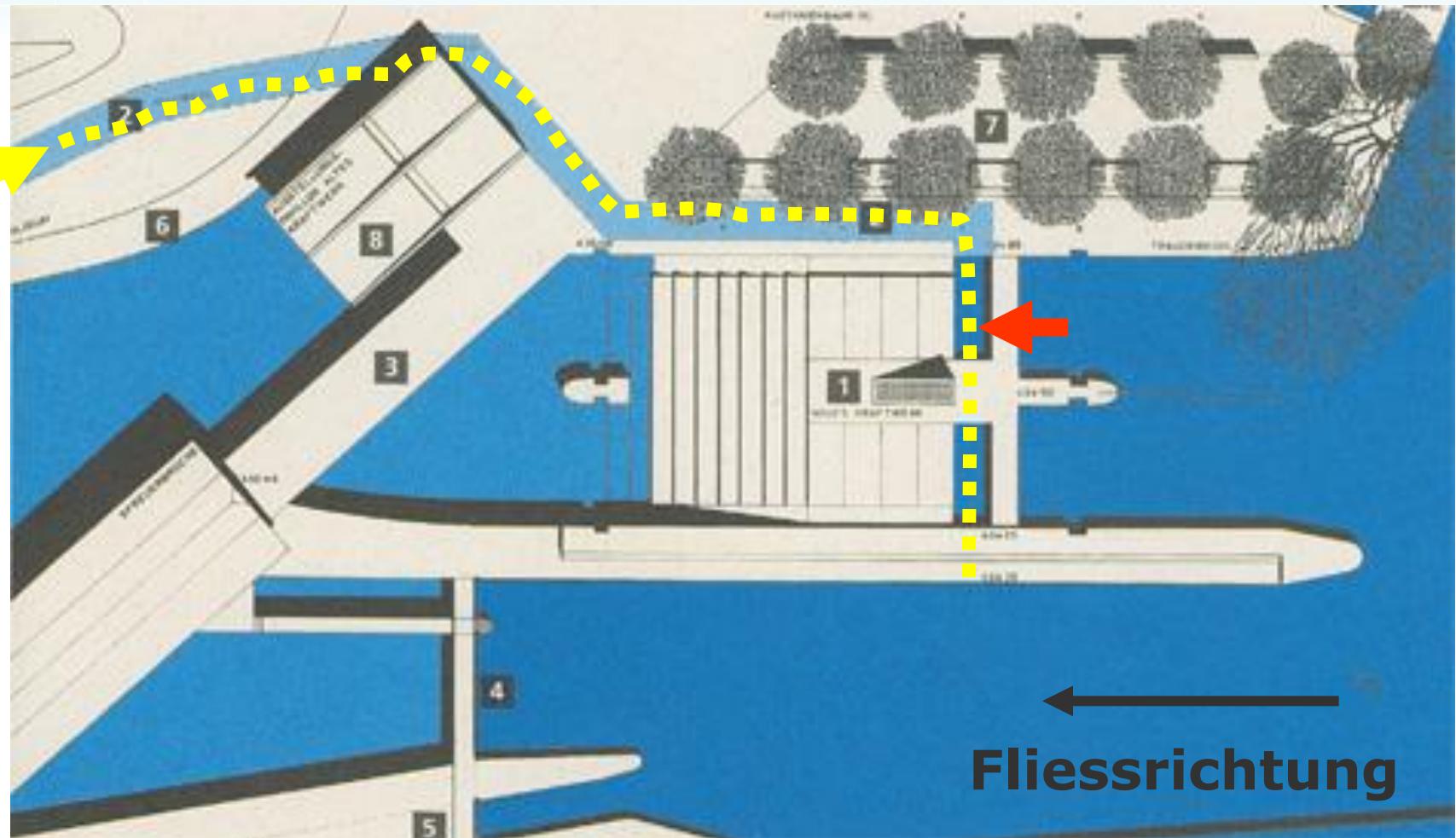
sehr steile Fischtreppe



Fischtreppe auf der falschen Seite



Luzern Reuss
Kraftwerk Mühlenplatz



Fallbeispiel Kraftwerk Mühlenplatz Reuss Luzern

Resultat

Beobachtungszeit

26.5.2004 – 17.5.2007 (3 Jahre)

Tag- und Nachtbeobachtungen

789 Tage

266 Nächte

total 72'000 Fischbewegungen

Einblick in die Fischtreppe

http://www.4waldstaettersee.ch/nav2_filme.htm

A photograph taken from an underwater perspective looking up at a fish ladder structure. The structure consists of several vertical metal poles supporting horizontal metal plates that create steps for fish to climb. The water is slightly murky, and the surrounding environment appears to be a rocky or sandy riverbed.

12/24/06 19:00:00



10/23/06 09:10:03


Art	Anzahl	Prozent	
Alet	29111	40.6	
Barbe	25644	35.8	
Bachforelle	8582	12	
Flussbarsch/Egli	6357	8.9	
nicht identifizierbar	1050	1.5	
Schneider	542	0.8	
Regenbogenforelle	409	0.6	
Seeforelle	12	0.02	
Rotauge	5	0.01	
Aal	3	< 0.01	
Hecht	2	<0.01	
Äsche	1	<0.01	



30 Fischarten Vierwaldstättersee

28 Fischarten Luzerner Reuss

11 Fischarten in der Fischtreppe (39 %)



**Migrationsbarriere:
Stau bei Domat/Ems
Bau: 1959-1962**

**Fischtreppе seit
April 2000**



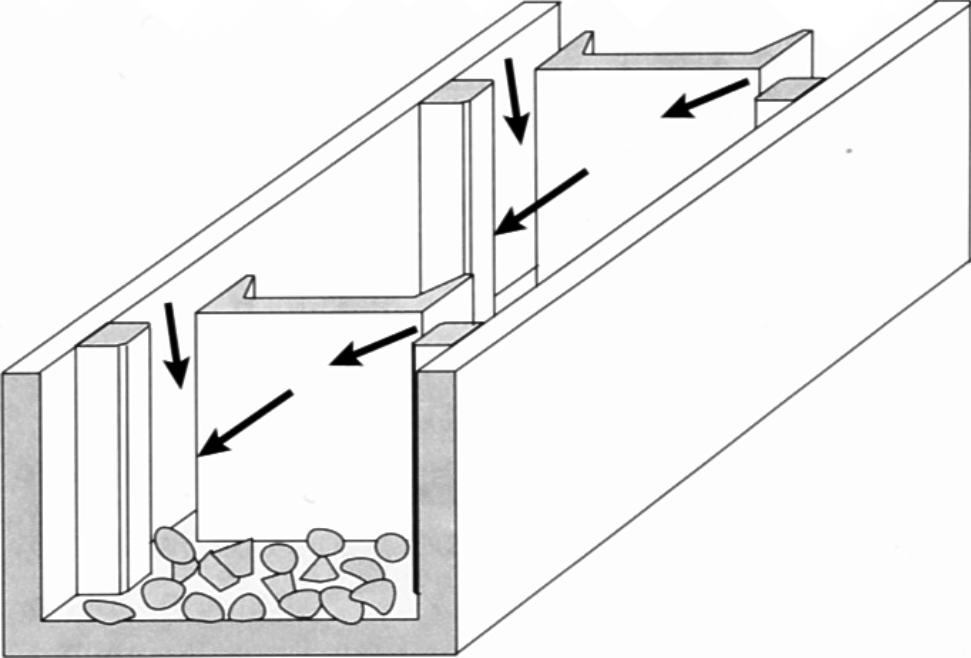


Fischtreppe mit
56 Becken,
12m Höhendifferenz

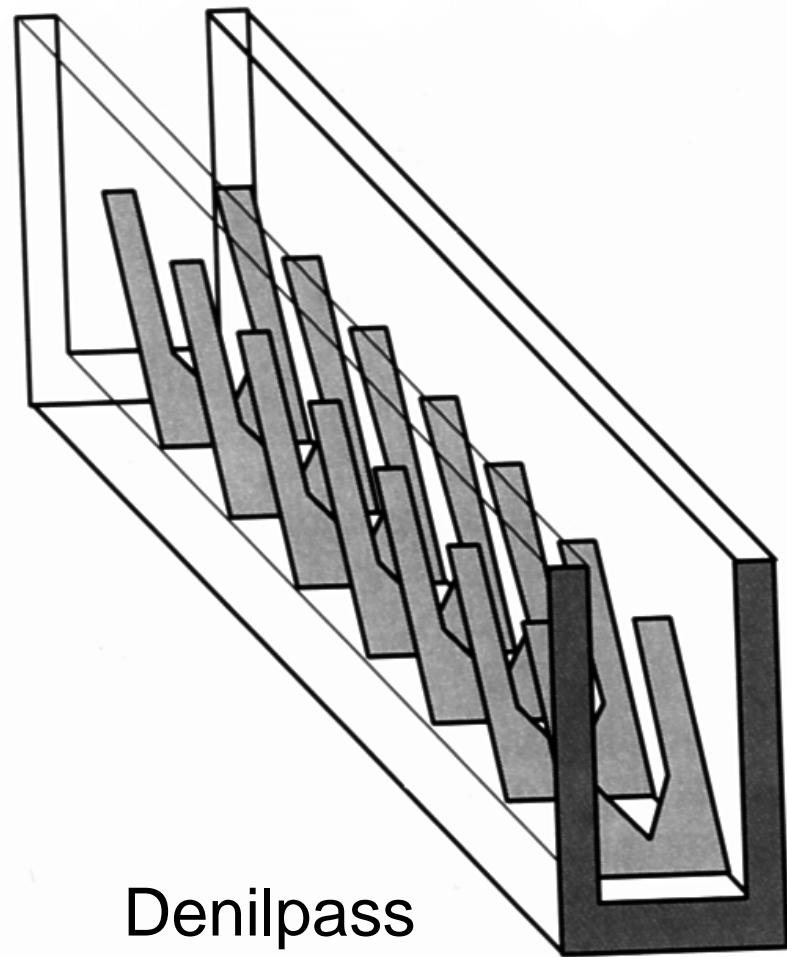
Vertical slot pass



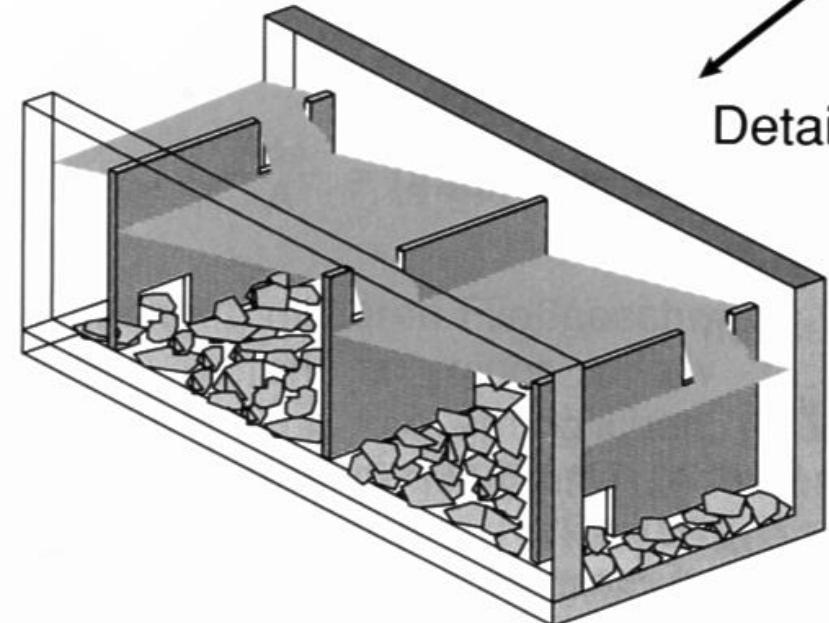
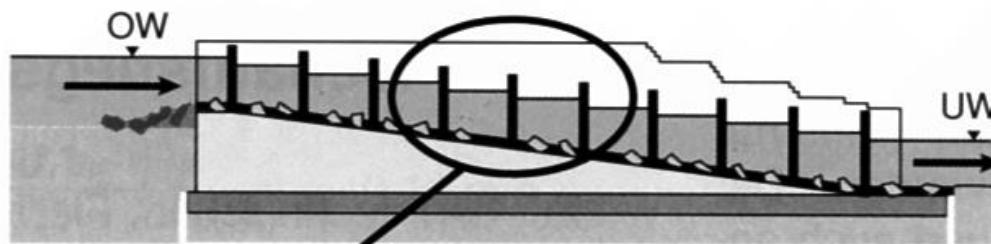
John Day Dam, Columbia River



Schlitzpass
vertical slot pass



Denilpass



Beckenpass

Der Beckenpass ist eine vom Ober- zum Unterwasser geführte Rinne mit treppenartig aufeinanderfolgenden Becken. Der Aufstieg von einem Becken zum andern erfolgt durch Schlupflöcher an der Sohle oder über Kronenauschnitte.

Ist die Sohle rauh ausgebildet, kann sie auch von Benthosorganismen zum Aufsteigen benutzt werden



Bild 5.11: Der Beckenpaß Koblenz/Mosel (Ansicht von Unterwasser)

Der Fischpaß der 1951 in Betrieb genommenen Staustufe befindet sich seitlich des Krafthauses am rechten Moselufer. Die Funktionstüchtigkeit des Passes ist von GENNERICH (1957), PELZ (1985) u. a. untersucht worden. Der aus der großen Länge des Fischpasses von ca. 102 m resultierende Abstand von etwa 45 m zwischen der Fischpaßausmündung und den Turbinenauslässen erwies sich bei den Kontrollen jedoch als nachteilig, da sich trotz der großen Anzahl aufgestiegener Fische in unmittelbarer Nähe der Turbinenauslässe noch viele Fische sammeln, die den Paß offensichtlich nicht gefunden haben.

aus DVWK 1996



Moselstaustufe Koblenz
Neuer Fischpass 2010/2011

Kraftwerk mit Fischpass auf der falschen Flusseite



Fischlift Holyoke Dam Connecticut River



Robert E. Barrett Fishway
at the Holyoke Dam



Owned and operated
by the Holyoke Gas &
Electric Department

Umgegungsgerinne im KW Ruppoldingen Flusskraftwerk



Hydropower plant Rheinfelden River Rhine

Bypass length 900 m, discharge 10-15 m³/s



Fischabwanderung an Kraftwerken

mögliche Abstiegswege

- Abstieg über Wehre
(Problem Fallhöhe, Kolk im Unterwasser)
- Verletzung an Rechenanlagen
- Probleme Turbinenpassage oder andere Einrichtungen (Wasserkraftschnecke)
- Bypass

Bei allen Abstiegswegen können Sekundäreffekte auftreten: zeitliche Verzögerung der Abwanderung, erhöhte Prädation

Fischabstieg über Wehre

Probleme

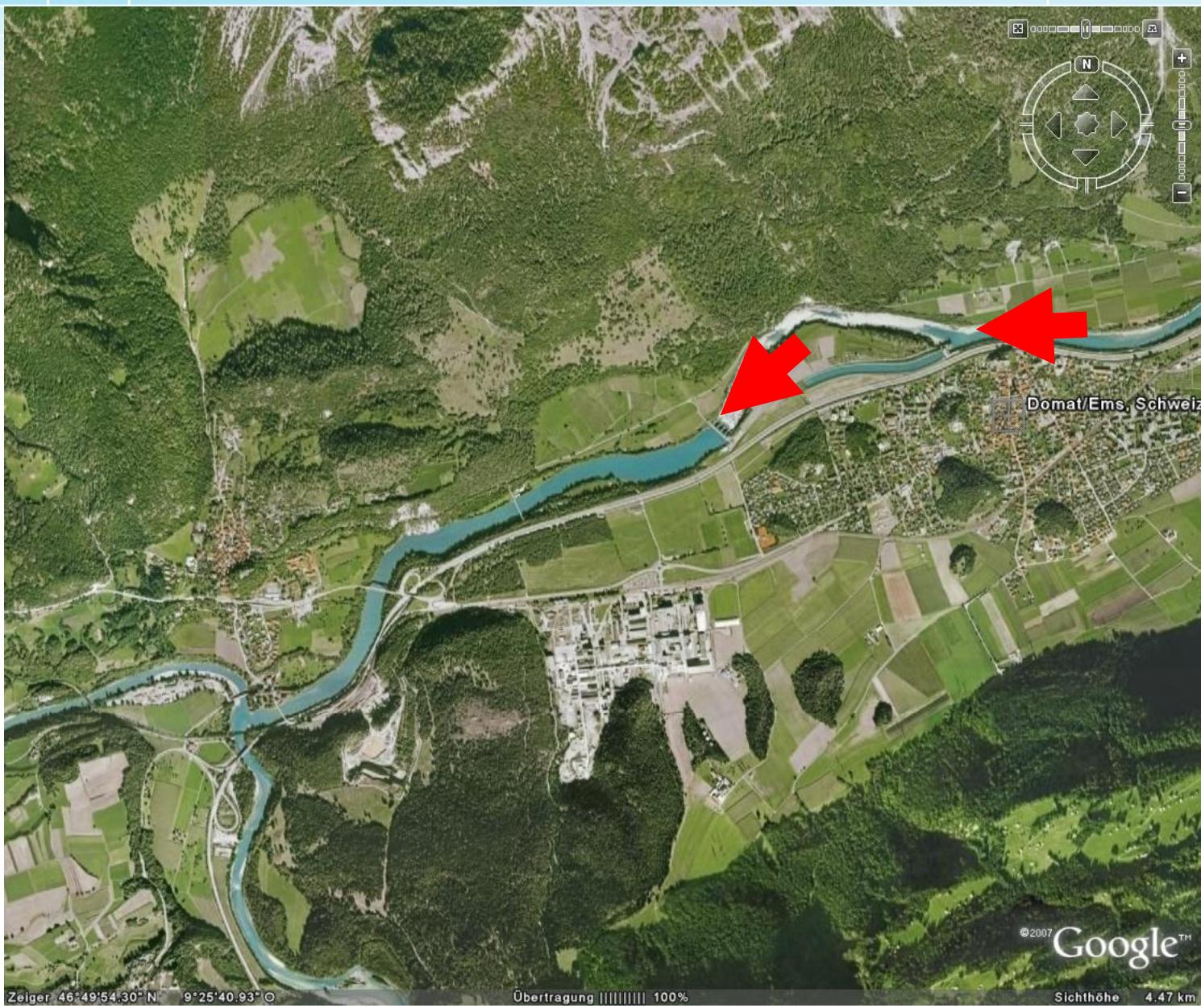
- Verletzungen auf dem Bauwerk
- Aufprall im Unterwasser
(je nach Bauwerk im Unterwasser)
Fallhöhe ab 13 m problematisch, besonders
für grosse Fische
Tossbecken mind. 0.9 m tief, mindestens 25 %
der Fallhöhe
- Gasübersättigung



Catchment of the
Alpine Rhine River
6200 km²



Lake Constance and the main inflow:



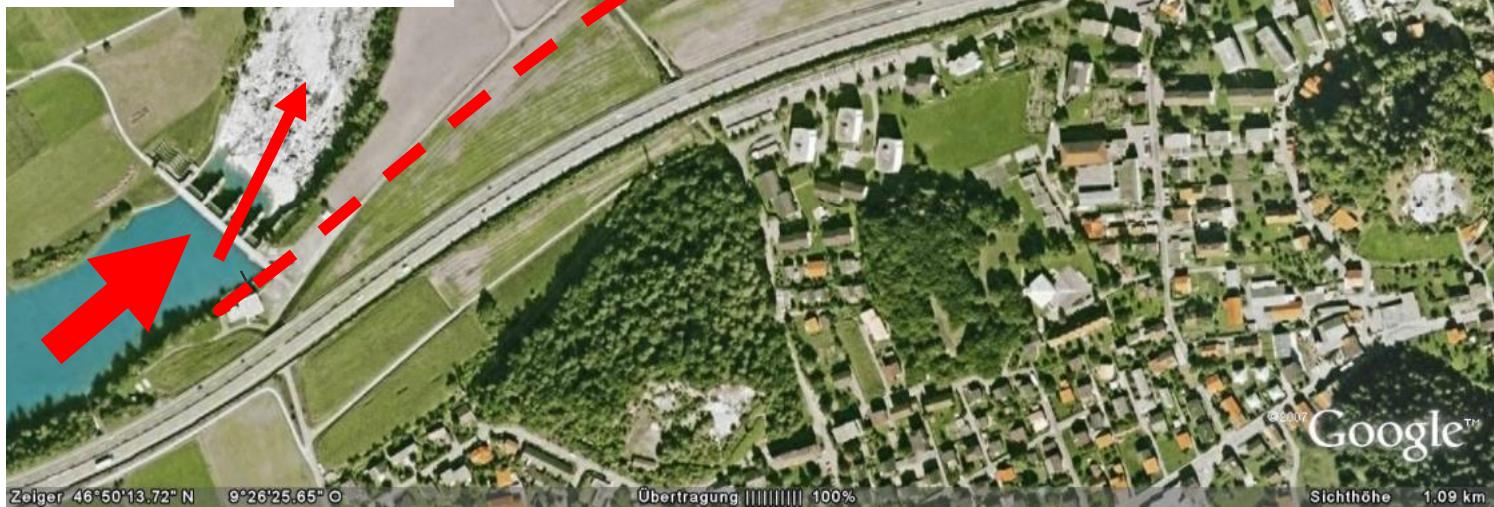


Das Problem der Abwanderung



Möglichkeiten

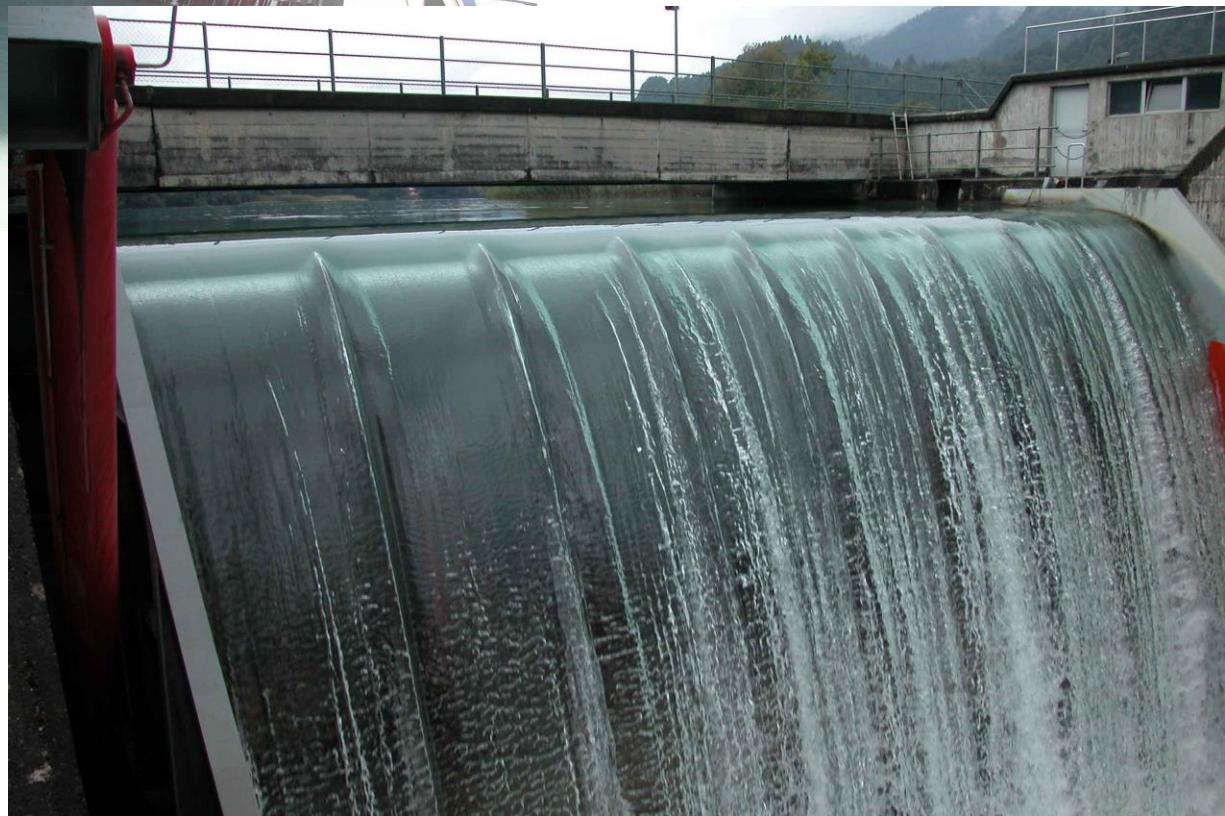
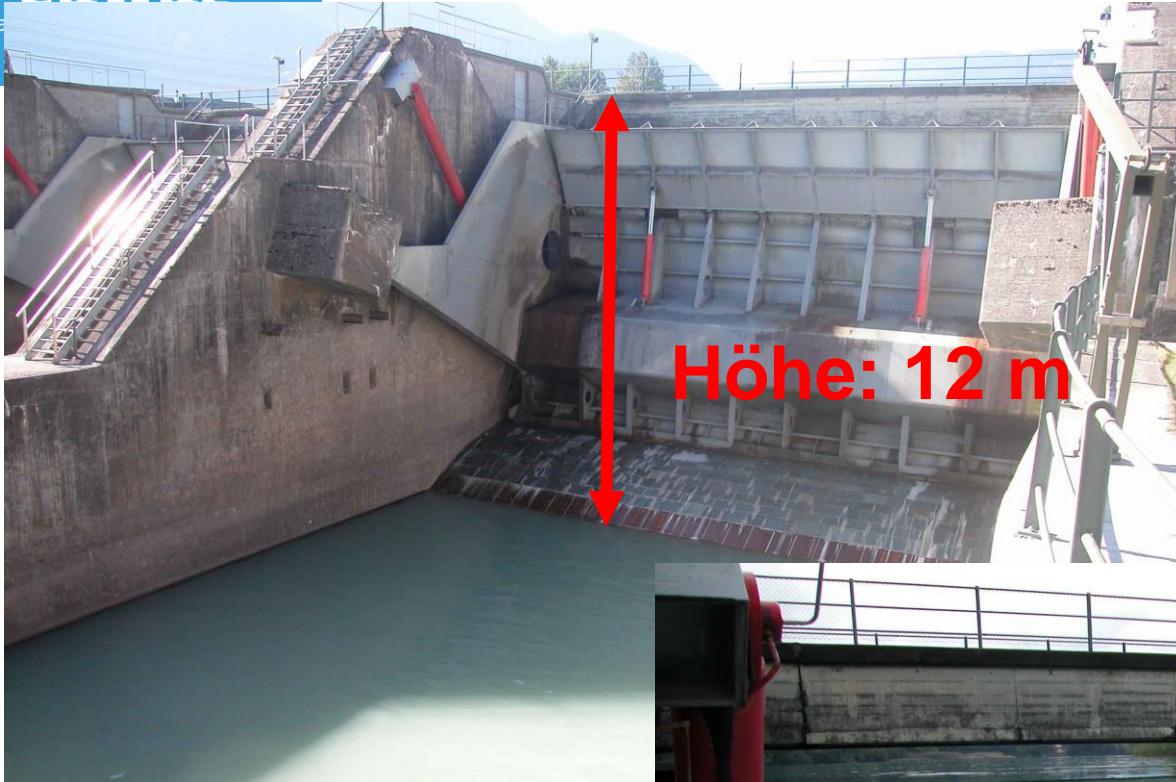
1. Verbleib im Stau
2. Wehrpassage
3. Turbinenpassage



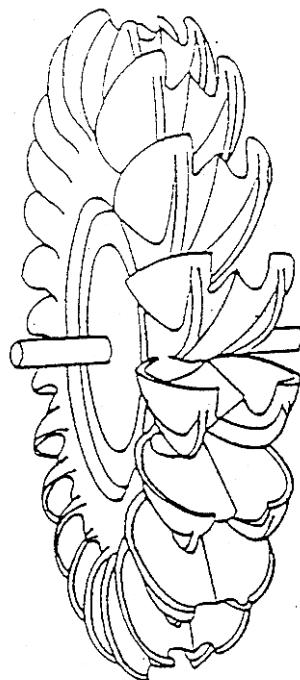
Problem der Abwanderung

- Stauraum
- Wehranlage
- Turbine



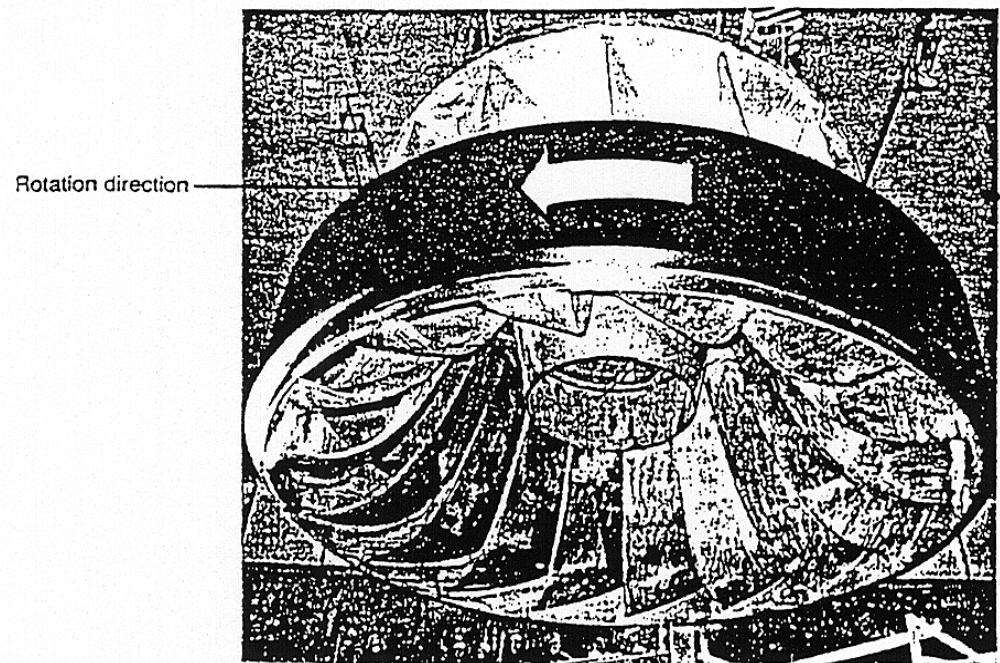


Aktionsturbinen (Pelton, Banki-Michell)
sind schädlicher für Fische
als Reaktionsturbinen (Francis, Kaplan)



Pelton turbine

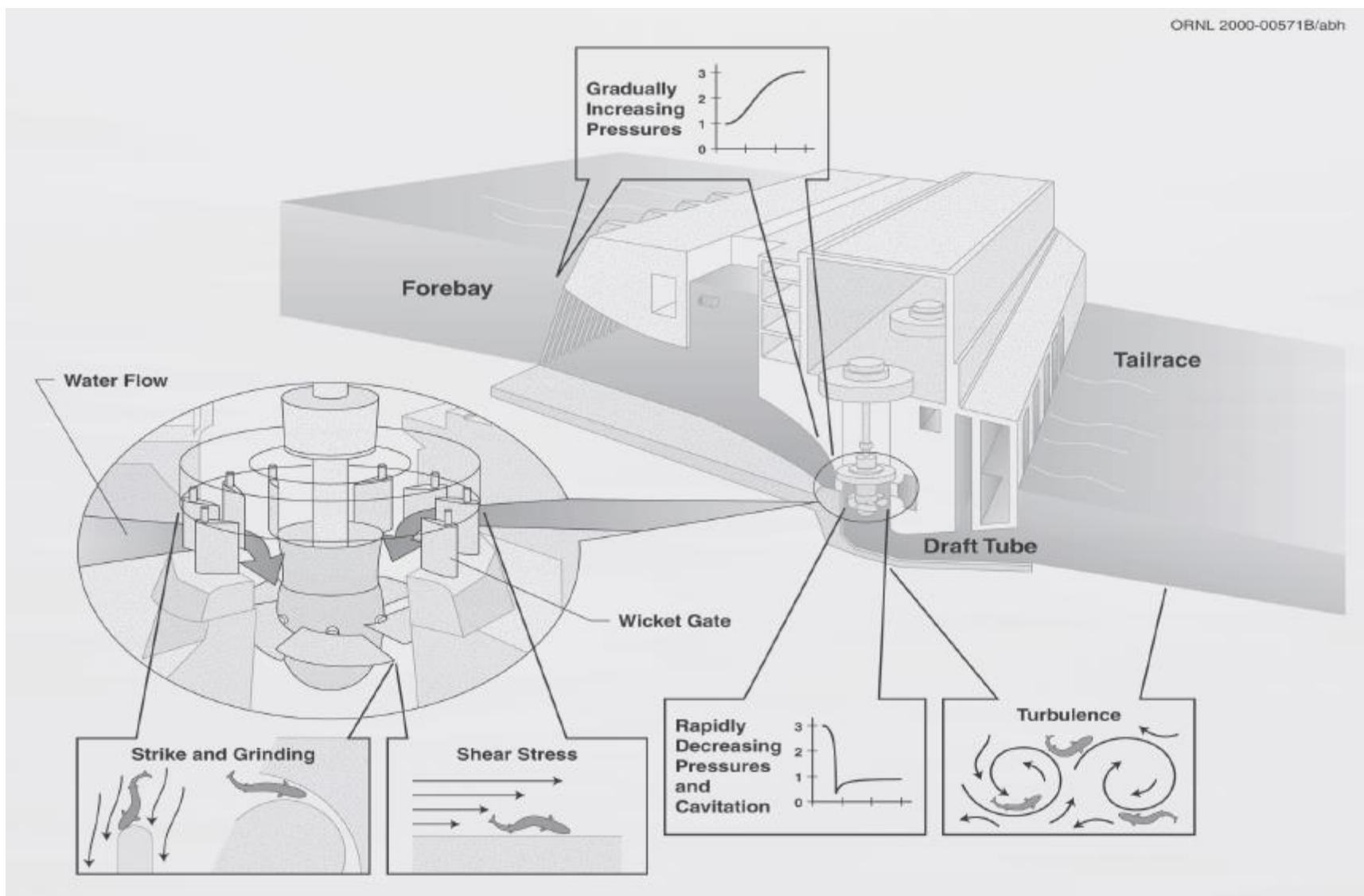
FRANCIS TURBINE

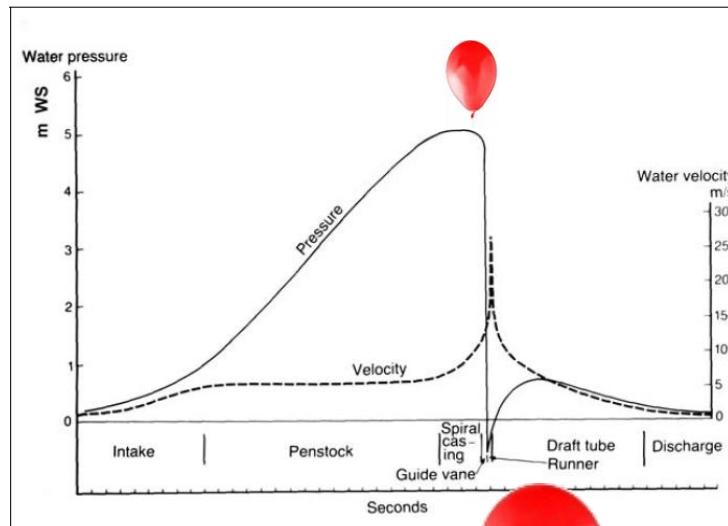
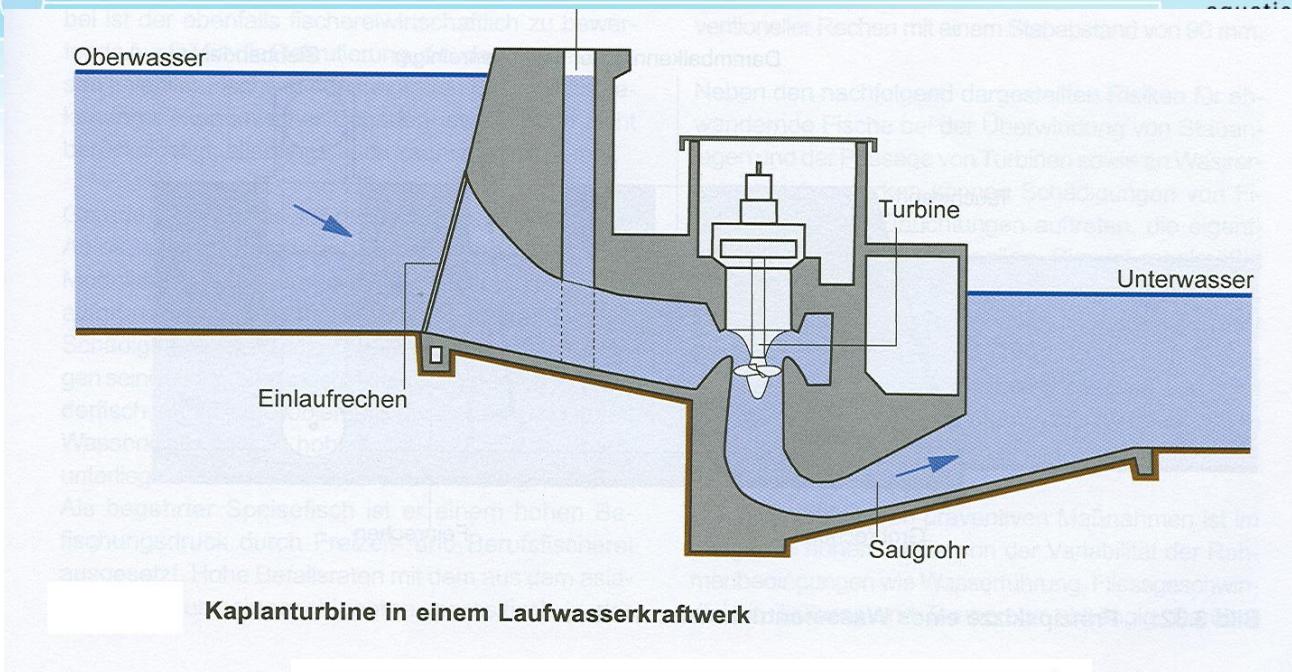


The Francis turbine (Porjus). The runner viewed from the discharge side (with the runner blades' discharge edges).

Turbinen bedinge Verletzungen

ORNL 2000-00571B/abh.





ATV-DVWK
2004

Kaplanturbine:
Veränderung des
Druckes während
der Turbinenpassage
(from Holzner 2000)

Probleme beim Abwandern Turbinenpassage

Turbine passage and mortality of fishes
ATV-DVWK 2004

Aland = *Leuciscus idus*

Beispiele Turbinenmortalität Salmoniden

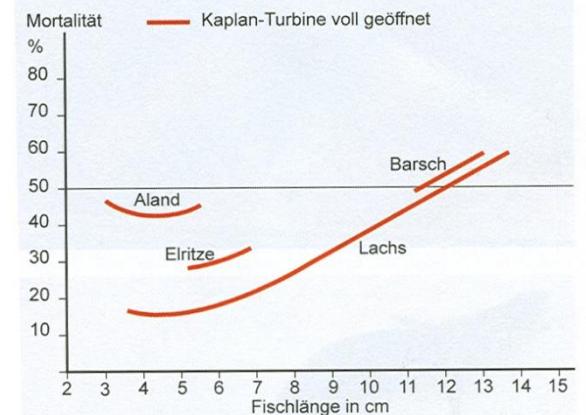
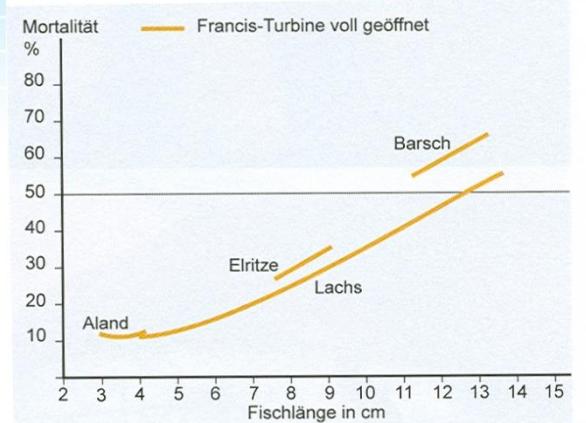
Kaplanturbinen Mittelwert 12.8 % (1-42 %)

Francis-Turbinen Mittelwert 33.7 %(0-90 %)

(Höfer & Riedmüller 1996, Höfer 1997)

Aale

hohes Risiko für den Aal (0-97 %)



Von MONTÉN (1985) für verschiedene Arten ermittelte Fischverluste bei der Passage einer Francisturbine ($1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ Durchfluss, $0,60 \text{ m}$ Laufraddurchmesser, 19 Schaufeln, 381 U/m) und einer Kaplanturbine ($0,81 \text{ m}^3/\text{s}$ Durchfluss, $0,64 \text{ m}$ Laufraddurchmesser, 6 Schaufeln, 598 U/m) bei einer Fallhöhe von $14,6 \text{ m}$ in Abhängigkeit von der Länge der Fische

Fischfreundliche Turbinen

Fischmortalitäten werden stark minimiert



Alden Turbine

What's different?

- Three blades (vs. typically five to fifteen)
- Long blades
- No gaps
- Larger diameter/slower rpm (than typical)

aus Dixon 2010

Wasserkraftschnecke Suhre Hirschthal AG



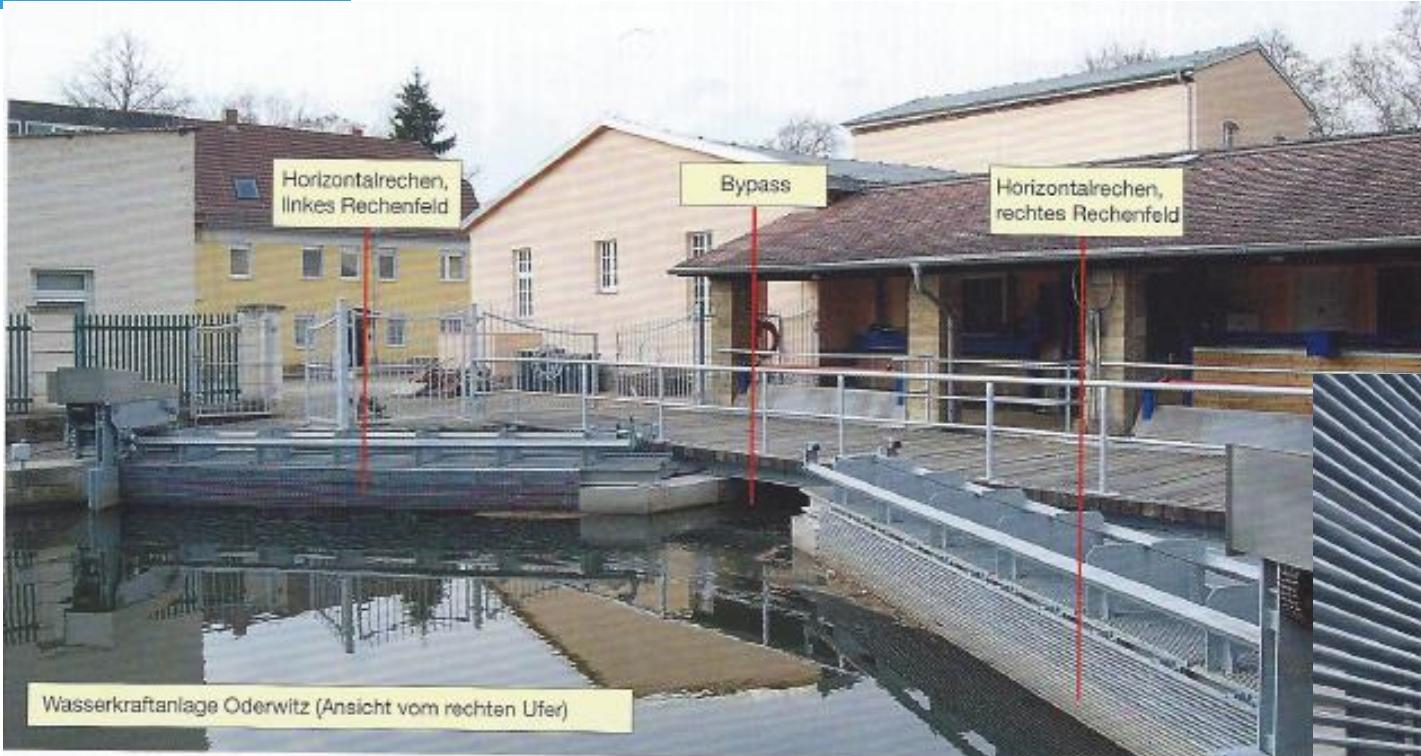
Probleme beim Abwandern (Ebel 2013)

Wasserkraftschnecken

- starke Variabilität der Schädigungsrate (0 – 32.7 %, Mittelwert aus 14 KW: 5.9 %)
- keine schad- und verzögerungsfreie Abwanderung belegt
- Empfehlung: Installation von Fischabstiegssystemen

Vermeiden von Schädigungen bei Abwanderungen

- **Mechanische Barrieren**
- **Verhaltensbarrieren**



Beispiel KW Oderwitz
aus Ebel 2013:
Ausbaudurchfluss $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$
Lichte Stabweite: 20 mm
horizontal



KW Stroppel Limmat River
horizontal screen, screen spacing: 20 mm



Hohe Mortalität bei der Abwanderung durch Turbinen:

- 25-30 % (grosse Kraftwerke),
- bei kleinen KW: im Extremfall bis 100 % (Dumont 2014)

Empfehlung für Rechenstäbe

$d_R \leq 15$ mm für **Silberaale**

$d_R \leq 10$ mm für **Lachssmolts**

Fliessgeschwindigkeit vor dem Rechen ≤ 50 cm/s,
geneigte Rechen (Dumont 2014)

Empfehlung für Rechen mit geringem Stababstand

Fliessgeschwindigkeit
vor dem Rechen
 $\leq 50 \text{ cm/s}$
Dumont 2014

und geneigten Rechen



Kraftwerk Willstätt Kinzig Deutschland
Stababstand: 10 mm, Vertikalrechen

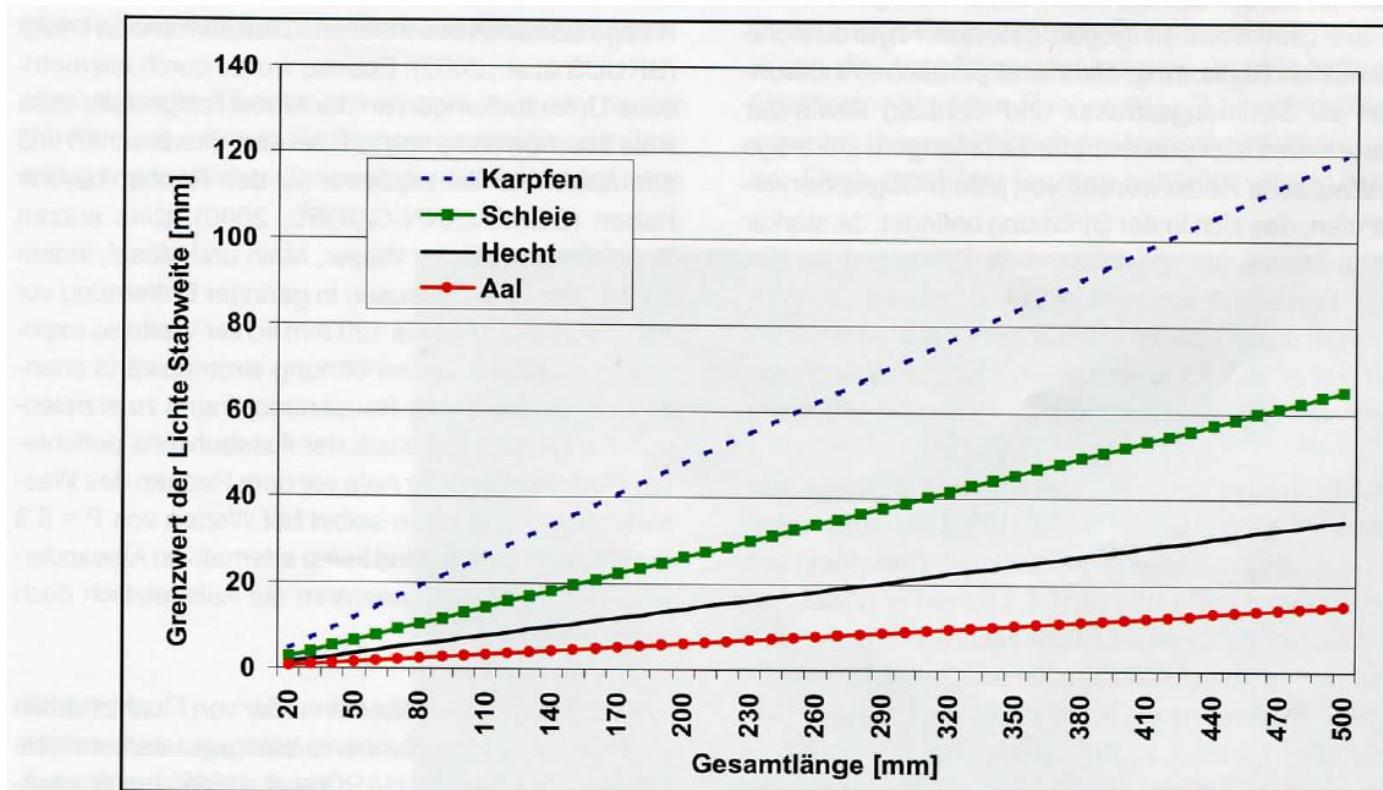


Bild 5.25: Abhängigkeit des Grenzwertes für die lichte Weite undurchlässiger Stabrechen von der Körperlänge des Fisches

aus ATV-DVWK 2004

Columbia River



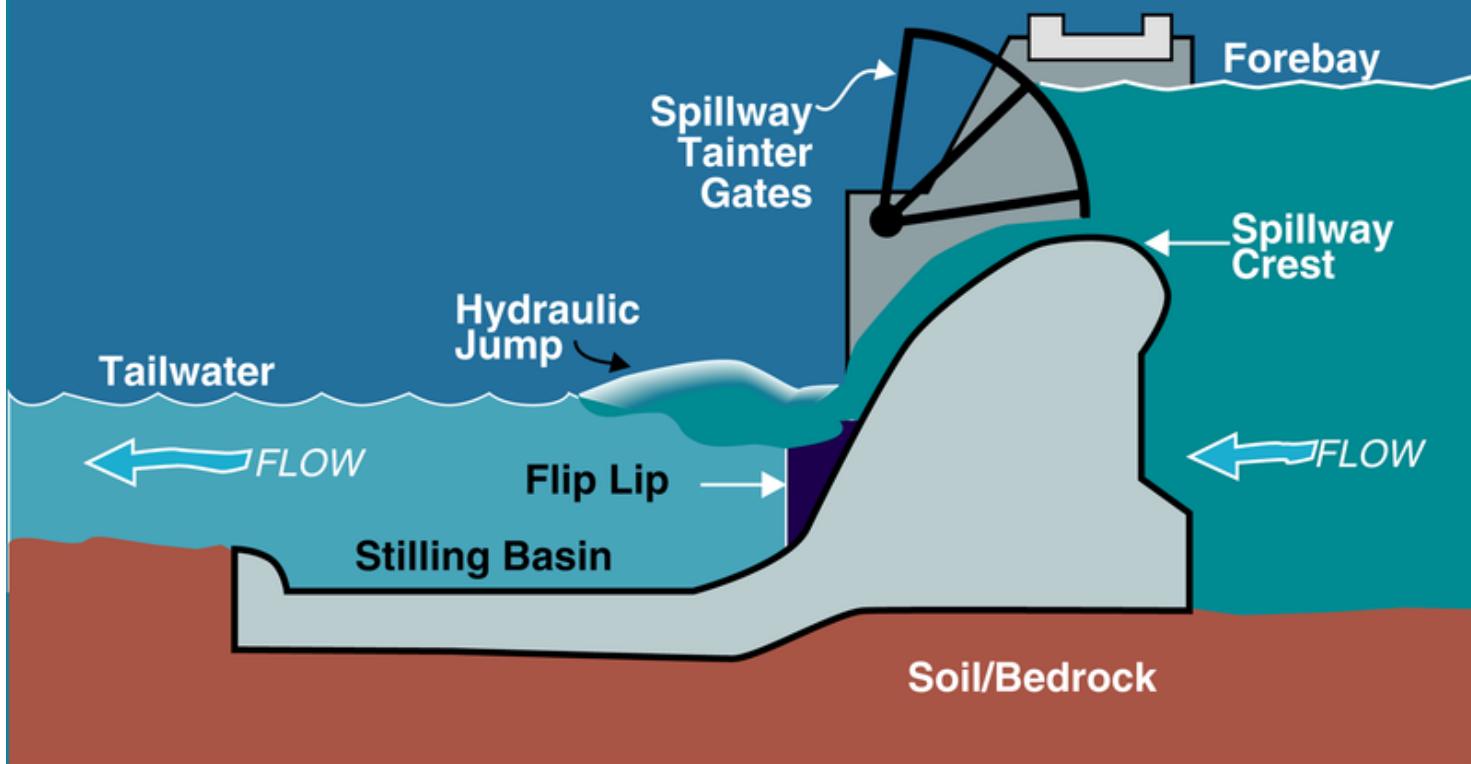






Spillway (Entlastungswehr) Bonneville Dam

Cross Section of Spillway Tainter Gates & Flip Lip



Ohne flip lip: Problem Gasübersättigung
Gasblasenkrankheit bei Fischen (gas bubble disease)

Wanapum Dam Columbia River OR

Downstream migration over the slide
70% of salmon, 99% survival rate



Picture: Wanapum dam

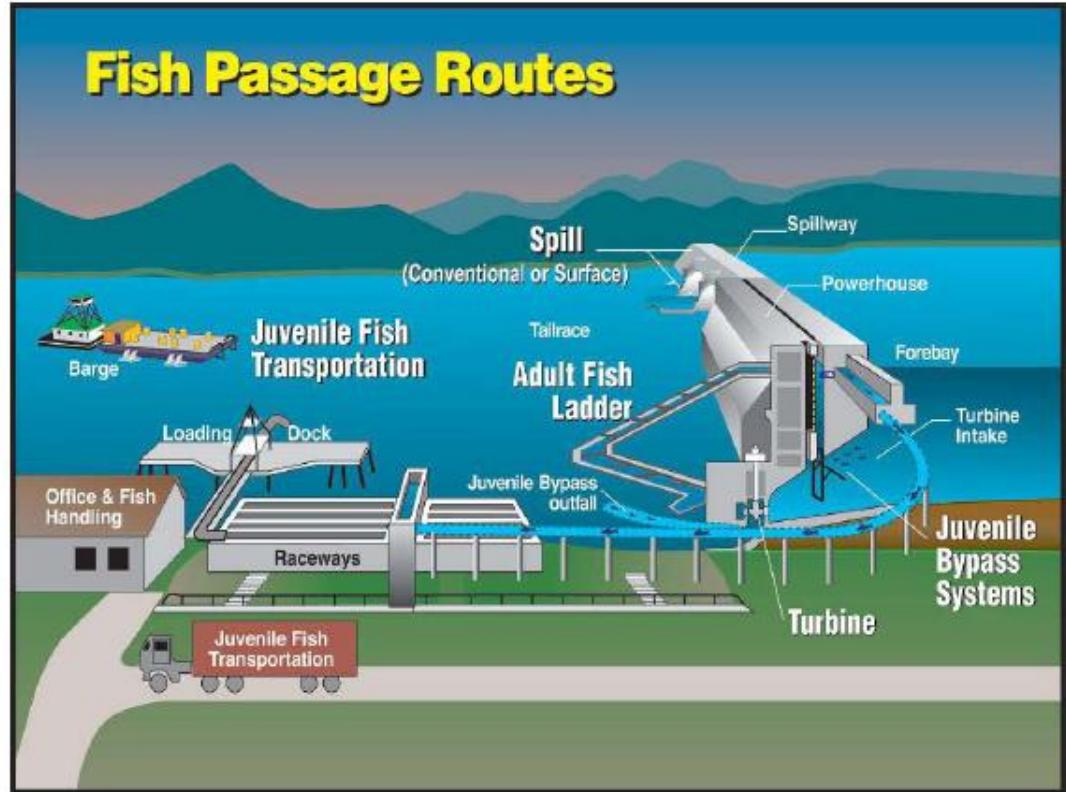
Discharge at low flow: about 3000-4000 m³/s



Discharge at the bypass
April – August 566 m³/s
target: salmon smolts

downstream passage

- **Turbines**
- **Spill**
- **Bypass Systems**
 - In- River
 - Transport



from Reese 2010

Louver Holyoke dam – Connecticut River



Louver Leitsystem

135 m lang, 15 ° Winkel, lichter Stababstand 51 mm

Effizienz

Lachs Smolts ++ (80 %)

Stör +++

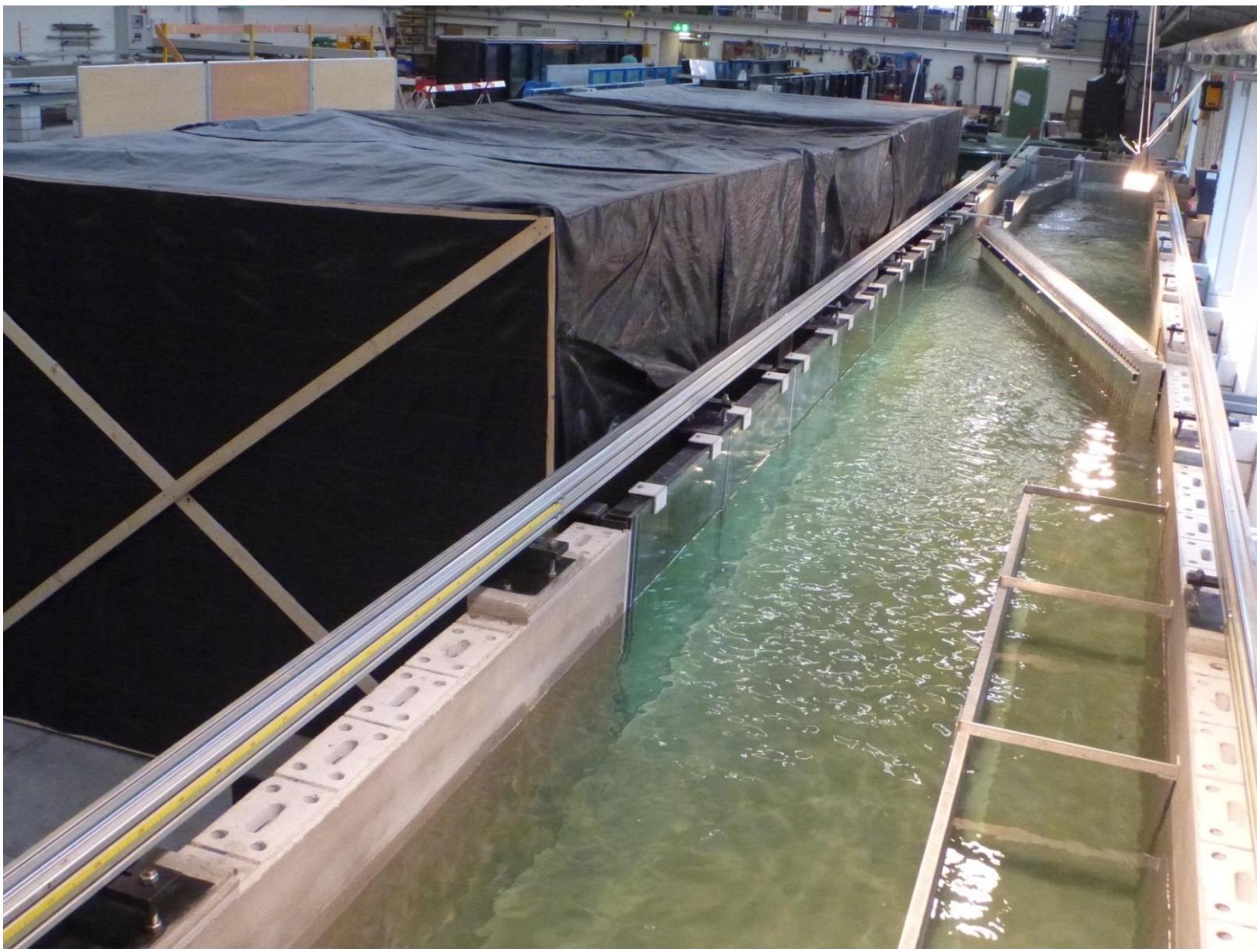
Aal + (20 % passieren den Louver)

Maifische: Ueberlebensraten 80-100 %

Verhaltensbarrieren

- Licht (Quecksilberdampf, Stroboskop)
- Schall (verschiedene Frequenzen und Lautstärken)
- Erzeugte Geschwindigkeitsfelder
- Induzierte Strömung
- Elektrische Felder
- Luftblasen- und Wasserstrahlvorgänge
- Hybride (Kombinationen obiger Methoden)

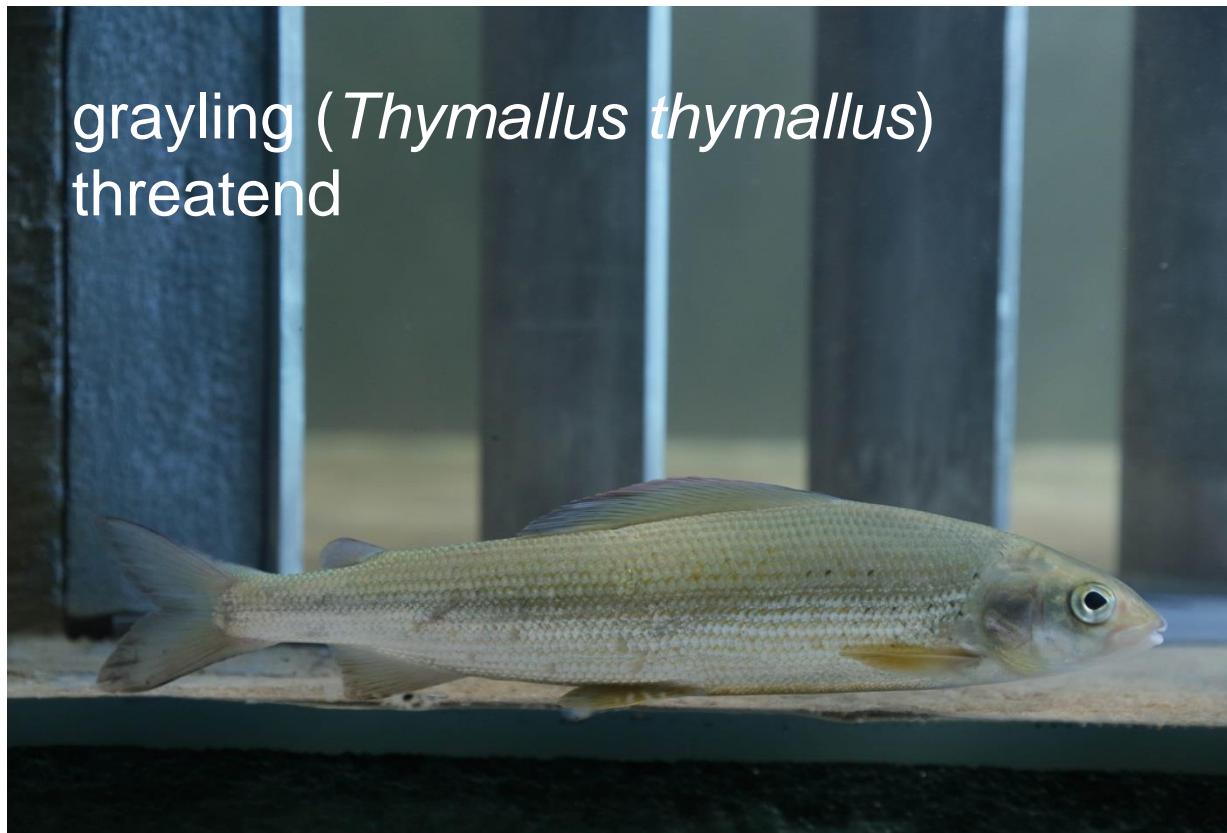
ethohydraulic model: 30 m long, 1.8 m wide, discharge 1200 l/s
water depth: 90 cm, velocities used: 30-90 cm/s





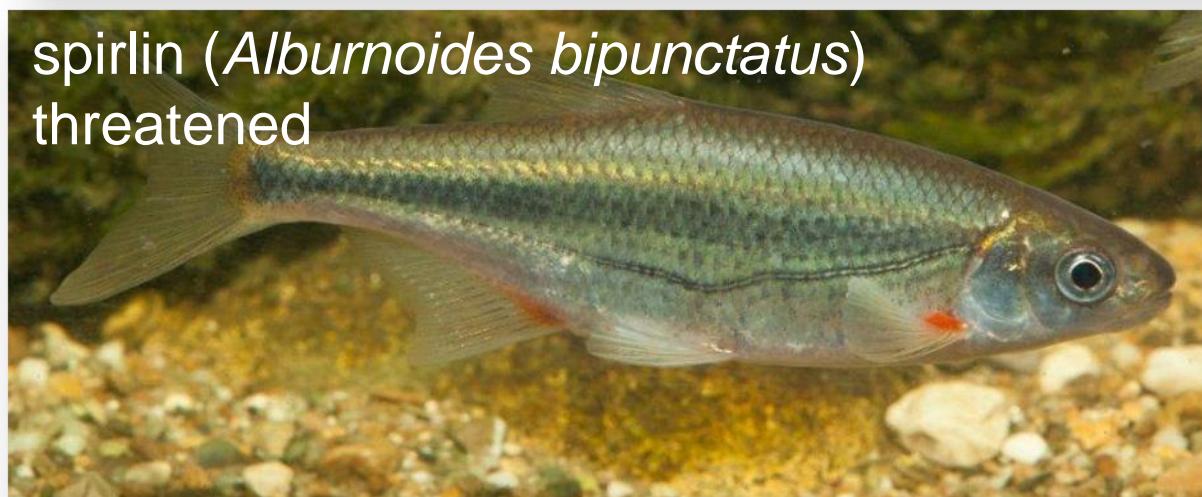


Used fish species, only wild fish



grayling (*Thymallus thymallus*)
threatened

picture D. Flügel



pictures D. Flügel Eawag and A. Hartl

brown trout (*Salmo trutta fario*)
potentially threatened



pictures D. Flügel
& A. Peter

eel (*Anguilla anguilla*)
threatened



Planung und Bau

- Längskontinuum gewährleisten
- Kraftwerke wanderungstauglich
(Aufwanderung, Abwanderung)

Fischaufstiegshilfen

- naturnahe Umgehungsgerinne oder effizienter technischer Fischpass
- **ausreichende Lockströmung**
- Lockströmung am richtigen Ort
(nähe Hauptströmung)
- bei Fischpässen: natürliche Substrate verwenden
- alle vorkommenden und potenziell vorhandenen Fischarten berücksichtigen
- Erfolgskontrollen planen und durchführen

Fischabstiegshilfen

- Abstieg über Wehranlagen als Option prüfen
- Abstieg über Turbinen verhindern
- Mechanische Barrieren, ev. Verhaltensbarrieren mit Bypass
- Erfolgskontrollen planen und durchführen