

«Projekt Fischabstieg»

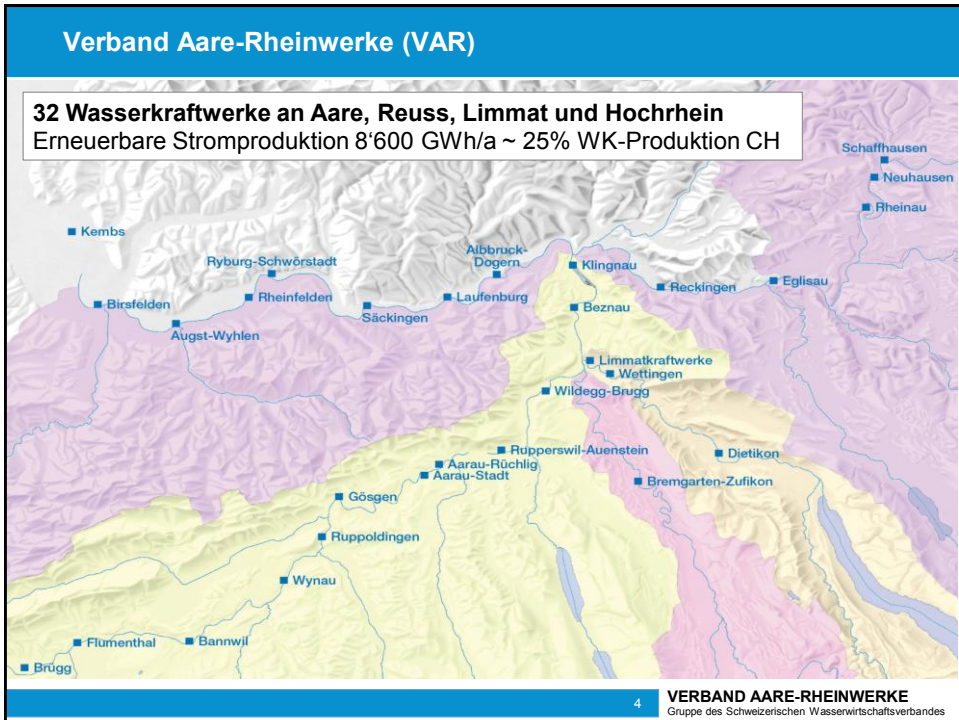
Dezember 2013

Forschungsprojekt zum gefahrlosen Fischabstieg bei grossen Flusskraftwerken



Verband Aare-Rheinwerke

Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes



«Projekt Fischabstieg»

Problemstellung Fischauf- und Fischabstieg

Fischtreppe ermöglichen den heimischen Fischarten wie Nasen, Barben und Co. Wasserkraftwerke zu passieren und flussaufwärts zu wandern. Da sich Fische bei der Wanderung flussabwärts anders verhalten, sind eigene Lösungen gefragt.



Raugerinne-Beckenfischpass am KW Rheinfelden

«Projekt Fischabstieg»

Fischabstieg – Lösungen für kleine bis mittelgroße Kraftwerke Vertikalrechen mit Bypassrinne



- An den KW Steinen und Maulburg wurden flach überströmte Rechen installiert, die den Fischen über eine Rinne den Fischabstieg ermöglichen.
- Der Rechenabstand liegt hier bei ca. 20 mm.
- Es wird wirkungsvoll verhindert, dass Fische in die Turbine gelangen.
- Gute Monitoring-Ergebnisse liegen vor.

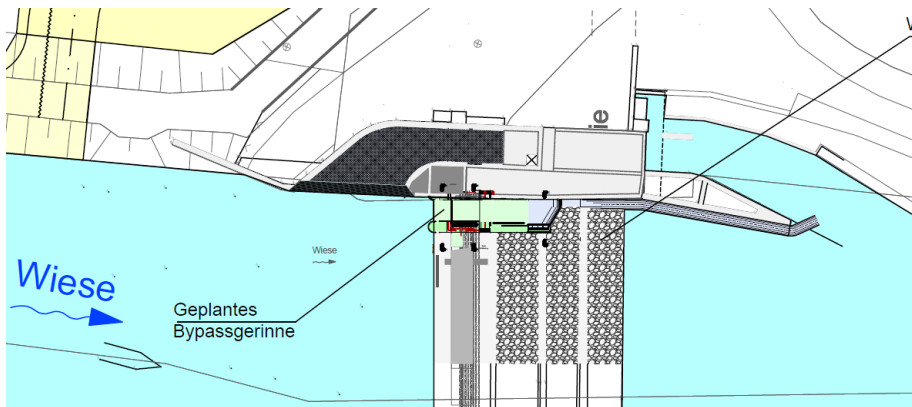
Ausbauabfluss: 13,1 m³/s , MQ Wiese: 11,4 m³/s, Bypass: 0,05 m³/s, Fischpass 0,35 m³/s
Inst. Leistung: 1000 kW, Produktion: 3,3 GWh

7

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Fischabstieg – Lösungen für Kleinkraftwerke Horizontalrechen KW Fahrnau (Ausführung 2013)



Ausbauabfluss: 9 m³/s , MQ Wiese: 11,4 m³/s, Bypass: 0,15 - 0,2 m³/s, Fischpass 0,20 m³/s
Inst. Leistung 400 kW, Produktion: 1,4 GWh.

Rechnerisch keine Produktionsverluste durch Bypassabfluss, da Grobrechen entfällt und Rechenstäbe hydraulisch optimiert sind. Genehmigter Rechenabstand: 18 mm.

8

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Fischabstieg – Lösungen für Kleinkraftwerke Wasserkraftschnecke KW Hausen (Neuanlage 2011)



Ausbauabfluss: 11 m³/s , MQ Wiese: 11,4 m³/s, Fischpass 0,35 m³/s
Inst. Leistung: 470 kW, Produktion: 1,9 GWh
Wasserkraftschnecke wird als Fischabstieg akzeptiert.

9

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Fischabstieg – Lösungen für Kleinkraftwerke Horizontalrechen KW Fahrnau (Ausführung 2013)



10

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Fischabstieg – Suche nach Lösungen in den großen Kraftwerken

Generell: geringere Gefährdungen der Fische beim Durchschwimmen der Turbinen.

Betriebliche Notwendigkeiten:
ausreichender Wasserdurchsatz
sicherer Betrieb im Hochwasserfall
große Treibgutmengen müssen beherrscht werden.

Lösungen wie bei kleinen Kraftwerken sind nicht umsetzbar.

Forschungsbedarf ist erheblich.



11

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Forschungsprojekt Fischabstieg – Turbinentyp an Aare und Hoahrhein



Hochrhein Aare / :
Kaplan-Turbinen!

Hohe
Überlebensraten!
Insbesondere an
Kaplan-
Rohrturbinen wie
in Rheinfelden
(ca. 95-97% bei
Lachs-Smolts)

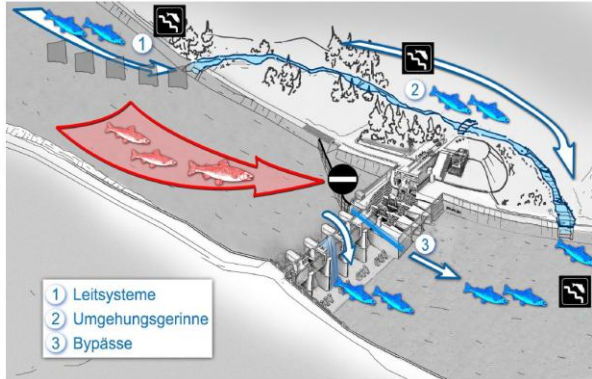
12

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Forschungsprojekt Fischabstieg im Verband Aare-Rheinkraftwerke

Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren mitteleuropäischen Flusskraftwerken



- 1 Leitsysteme
- 2 Umgehungsgerinne
- 3 Bypässe

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**Laboratory of Hydraulics,
Hydrology and Glaciology**

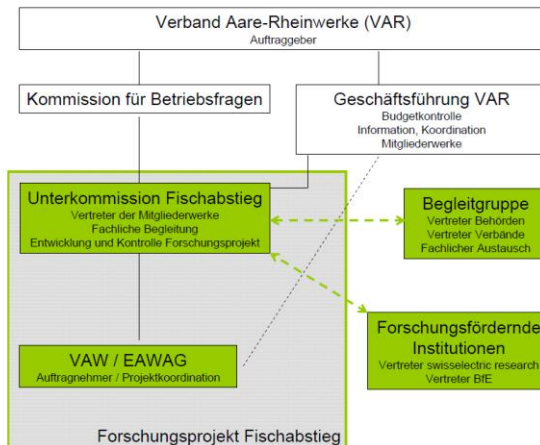
13

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Forschungsprojekt Fischabstieg mit Begleitgruppe aus Behörden und Verbänden

Forschungsprojekt Fischabstieg Verband Aare-Rheinwerke - Organigramm



Initiative der Kraftwerksbetreiber startet 2009.
2011 wurde das Forschungsprojekt lanciert.
2014 Projektabschluss.

Stand 19.09.2011 / uj

14

VERBAND AARE-RHEINWERKE
Gruppe des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes

«Projekt Fischabstieg»

Forschungsprojekt Fischabstieg Voraussetzungen seitens Kraftwerksbetreiber

- **Hohe Verfügbarkeit und Einsatzsicherheit** auch bei schwierigen betrieblichen Anforderungen (starkes Geschiebe-, Schwemmholz- und ggf. Eisauflagen).
- Möglichst **geringe Energieerzeugungsverluste** (Fallhöhenverluste, Störung des Strömungsfeldes im Turbineneinlauf) und überschaubare Investitionskosten (Kraftwerksmodifikationen, Betriebsausfall, usw.).
- **Hohe Planungssicherheit** mit geringen Folgekosten für allfällige Optimierungs- und Anpassungsmassnahmen an das jeweilige Kraftwerk.
- **Akzeptanz** bei Behörden, Fischerei- und Umweltverbänden und der Öffentlichkeit (Leiteffizienz, Erscheinungsbild, Heimatschutz)

«Projekt Fischabstieg»

Forschungsprojekt Fischabstieg Rechtliche Rahmenbedingungen

Die neue Gewässerschutzgesetzgebung verfolgt das Ziel die Wasserkraftwerke ökologisch zu sanieren. Diese Sanierung umfasst folgende Bereiche:

- Schwall-Sunk (§ 39a GSchG)
- Geschiebe (§43a GSchG)
- Freie Fischwanderung an bestehenden Wasserkraftwerken (§ 10 BGF), flussauf- und abwärts.

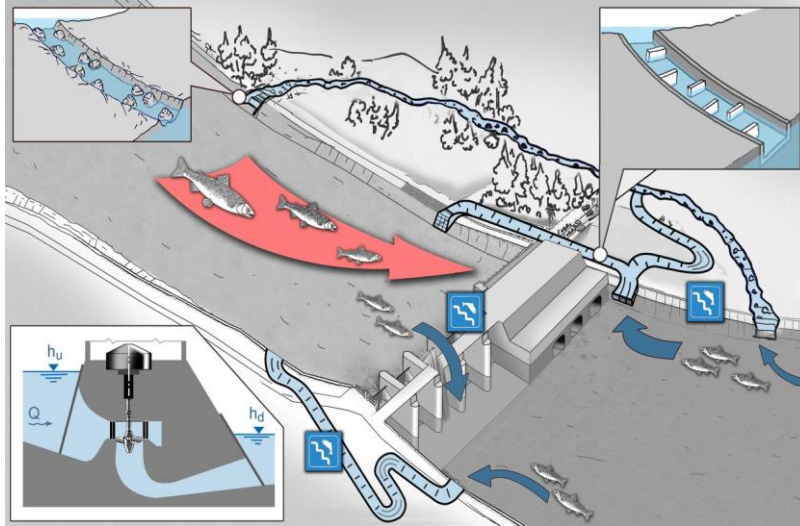
Die Umsetzung muss gemäß §83a GSchG innerhalb von 20 Jahren nach Inkrafttreten (01.01.2011) d.h. bis 2030 erfolgen.

Finanzierung der Maßnahmen

Entschädigungsregelung in § 15a^{bis} im Schweizer Energiegesetz
Deckung der vollständigen Kosten für die Sanierung.

Bis 2030 pro Jahr 50 Mio. CHF für die Sanierungsmaßnahmen zur Verfügung.

Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren mitteleuropäischen Flusskraftwerken

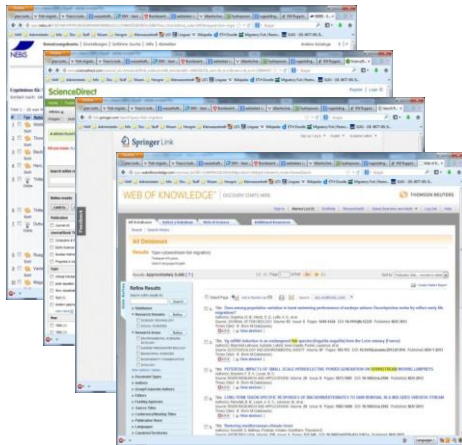


Forschungsprojekt Fischabstieg - Methodik

5 Forschungsphasen

- I. **Literaturstudium** zum Fischmigrationsverhaltens an Aare, Rhein, Reuss und Limmat
- II. **Massnahmenanalyse** zu innovativen, baulichen Fischschutzmassnahmen
- III. **Physikalische Modelluntersuchungen** zur Anpassung bestehender Fischschutzmassnahmetypen an grössere mitteleuropäische Flüsse
- IV. **Ethohydraulische Laborversuche** mit europäischen Zielfischarten (Barbe, Äsche, Schneider)
- V. Erarbeitung einer **praxisgerechten Bemessungsempfehlung** für bauliche Fischabstiegsanlagen unter Berücksichtigung betrieblicher Aspekte

Literaturstudium und Massnahmenanalyse



- Sichtung von über 400 Publikationen und technischen Berichten
- Besuch von Fachkonferenzen und Workshops
- Dialog mit Wasserkraftbetreibern in der Schweiz und Deutschland
- Wissenstransfer bei Kraftwerksbesichtigungen in Nordamerika

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

Kraftwerksbesichtigungen in Nordamerika



Rocky Reach Dam, Washington USA



The Dalles Dam, Oregon USA

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

Zwischenberichte

Verband Aare-Rheinwerke
 Vereinigung für Wasserbau, Hydraulik und Gewässerbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren, mitteleuropäischen Flusskraftwerken
 Zwischenbericht zum Literatur- und Massnahmenstudium

Auftraggeber: Verband Aare-Rheinwerke
 Verein der Schweizer Wasserversorgungsunternehmen

Mit Unterstützung von: swissACT/CTIC
 Innosuisse
 Bundesamt für Energie

VAW 0943 Zürich, November 2012

eawag
 Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederaziun Svizra
 Confederaziun Tudestga
 Confederaziun Tudestga

Massnahmen zur Gewährleistung eines schonenden Fischabstiegs an grösseren, mitteleuropäischen Flusskraftwerken
 Zwischenbericht zum Literaturstudium

Auftraggeber: Verband Aare-Rheinwerke
 Verein der Schweizer Wasserversorgungsunternehmen

Mit Unterstützung von: swissACT/CTIC
 Innosuisse
 Bundesamt für Energie
 Kantonenbasen, Dezember 2012

Download auf: <http://www.swv.ch/Portrait/Verbandsgruppen/Aare-Rheinwerke>

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

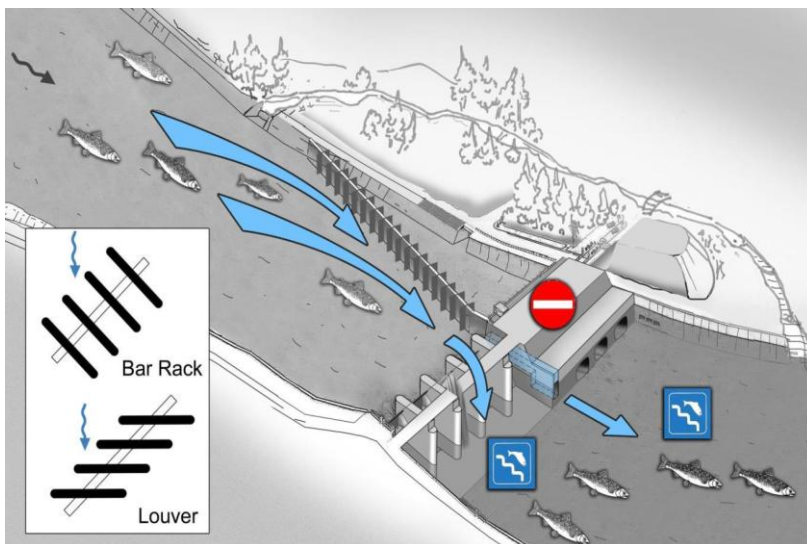
Ergebnisse Fischschutztechnologien

Konzept	Massnahmentyp	Einzelmassnahme	Bypass
Fischschutztechnologien an Kraftwerkeinläufen Abschirmung und Umleitung	Physische Barrieren	Feinrechen Submerged Bar Screens Trommelrechen Eicher Rechen Lochblechrechen Wedge-Wire-Screen Abspermetze	Bypass
	Mechanische Verhaltensbarrieren	Tauchwände Louver Bar-Racks Leitrechen Grobrechen	
	Sensorische Verhaltensbarrieren	Licht (Stroboskop oder Quecksilber) niederfrequenter Schall Popper Elektrizität Luft-/Wasserstrahlvorhänge	
	Sammelsysteme	oberflächennahe Sammelrinnen umlaufende Trogrechen Fischpumpen Trap and truck	
Durchleitung	Fischschonende Turbinen	Alden Turbine Voith - Minimum Gap Runner Alstom - Fischschonende Kaplanturbine	
	Fischschonendes Anlagenmanagement	Frühwarnsysteme Wehröffnungen kein Teillastbetrieb	

- Physische Barrieren verursachen hohen betrieblichen Aufwand
Einsatz nur an kleinen Kraftwerken
- Erfolgversprechend, aber viele Wissenslücken vorhanden
- Unzuverlässig bei breiterem Spektrum an Zielspezies, -grössen oder -alter
- Teilweise bewährte Systeme vorhanden, aber nur lokal effektiv
- Hohe Kosten, die nur bei Kraftwerks-sanierung tragbar sind
- Eingeschränkte Effizienz und stark artenspezifisch

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

Ergebnisse Fischschutztechnologien

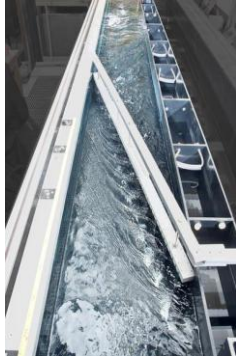


Physikalische Modellversuche

Hydraulische Modelle

Physikalische Modelluntersuchungen

Detail Modell



Gross-skaliges Modell



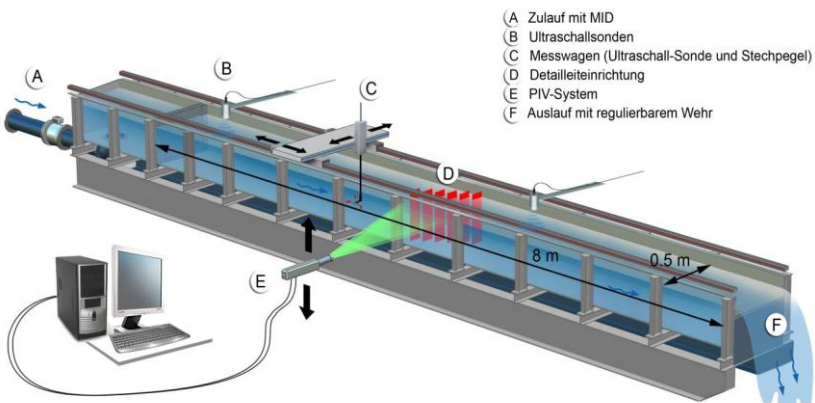
Ethohydraulisches Modell

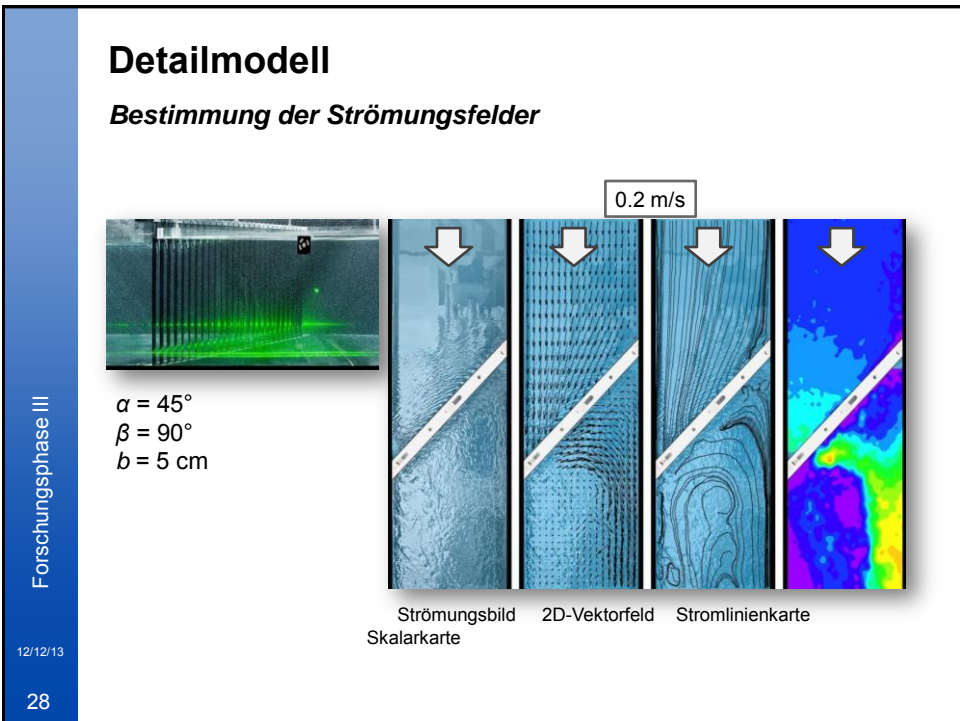
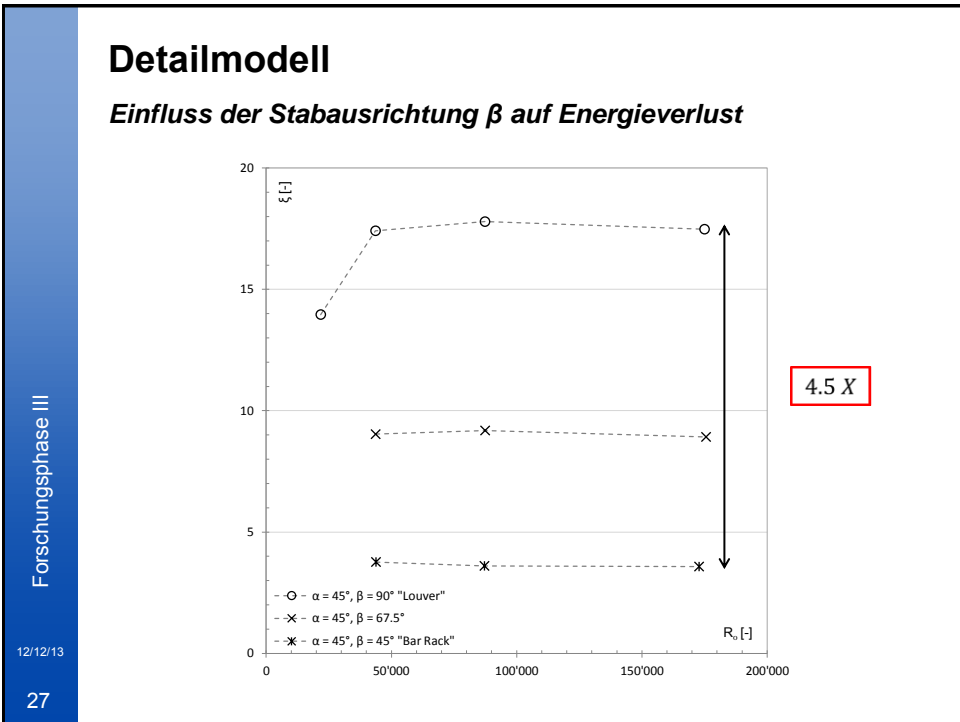


Detailmodell – M 1:1 und M 1:2

Hydraulik von Leitrechen

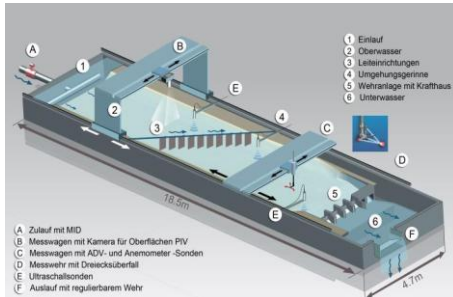
1. Bestimmung der Energieverluste
2. Aufnahme des Strömungsfeldes im Rechennahbereich





Grossmodell – M 1:35

Hydraulisches Modell eines Standardflusskraftwerkes



Einfluss unterschiedlicher Fischtenschutzsysteme auf:

Hydraulische Bedingungen

- ⇒ Energiehöhenverluste
- ⇒ Strömungsverteilung vor den Turbineneinläufen
- ⇒ Strömungsfelder im Nahbereich der Fischtuscheinrichtungen

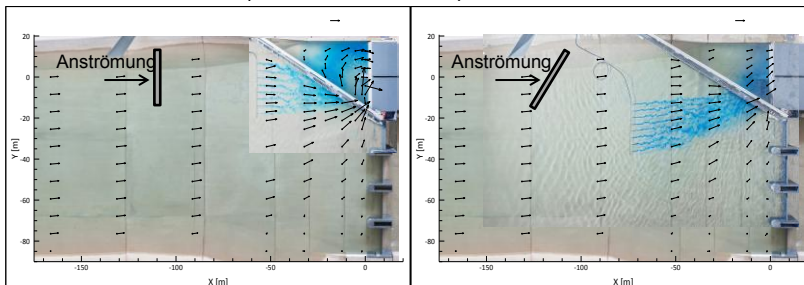
Betriebliche Aspekte

- ⇒ Hochwassersicherheit
- ⇒ Schwemmholzverhalten
- ⇒ Mögliche Kolkerscheinungen

Grossmodell

Untersuchung der grossräumigen Kraftwerksanströmung

Leitrechen (*louver* und *bar rack*) mit 30° Einbauwinkel

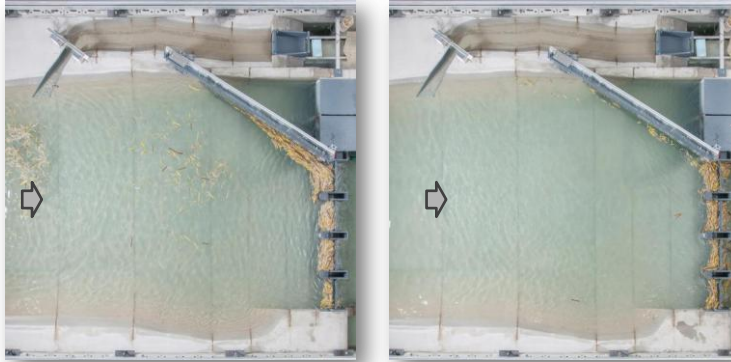


- Beide Leitreehen führen zur vollständigen Strömungsorientierung in Rechenstabrichtung
- *Louver*-Konfiguration verursacht hohe Energieverluste und deutliche Störung der Turbinenanströmung

Grossmodell

Untersuchung des Schwemmholzverhaltens

Louver mit 30° Einbauwinkel



- Ohne Turbinenbetrieb wird Schwemmholz zu den Wehrfeldern transportiert
- Bei Turbinenbetrieb wird der Rechen vom Trennpfeiler aufwärts verlegt

Forschungsphase III

12/12/13

31

Fischbiologische Aspekte



Leiteinrichtung Holyoke Dam
Connecticut River MA.

Kraftwerksbesichtigungen USA

12/12/13

33

Erfahrungen aus den USA Leiteinrichtungen am Connecticut River USA Beispiel Holyoke Dam MA

Fische werden mittels Leiteinrichtung
gelenkt (Verhinderung von Turbinenpassagen)
Leitrechen (Louver)

135 m lang, 15° Winkel, Stababstand 51 mm,
Anströmgeschwindigkeiten 0.3-0.9 m/s

Effizienz

Atl. Lachs Smolts +++ (85-90%)

Stör +++

Aal + (20% passieren den Louver)

Maifische ++ 76-86% (Überlebensraten 89-100%)

12/12/13

34

Wanapum Dam Columbia River OR

Abwanderung über Oberflächenwasser
70% der Lachse, 99% Überlebensrate

Bild Wanapum Dam



Überfall
April – August 566 m³/s
Ausrichtung auf Lachssmolts

12/12/13

35

Hochrhein Kraftwerk Birsfelden



Fischfauna Hochrhein zirka 40 Fischarten

Fokus für Fischversuche: 3 Arten



Bilder Eawag (Flügel/Boes)

Fokus für Fischversuche: 3 Arten (Forts.)



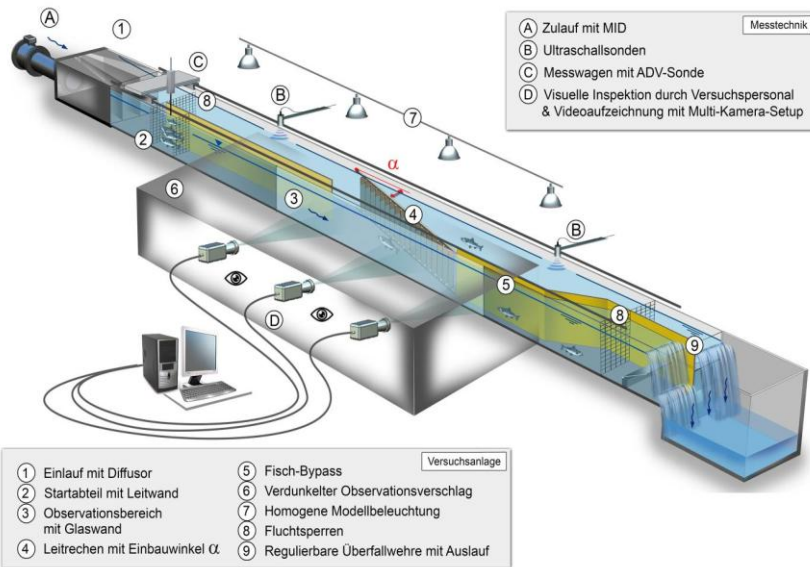
Bild Hartl /Eawag

12/12/13

38

Ethohydraulisches Modell

Prinzipskizze Versuchsaufbau

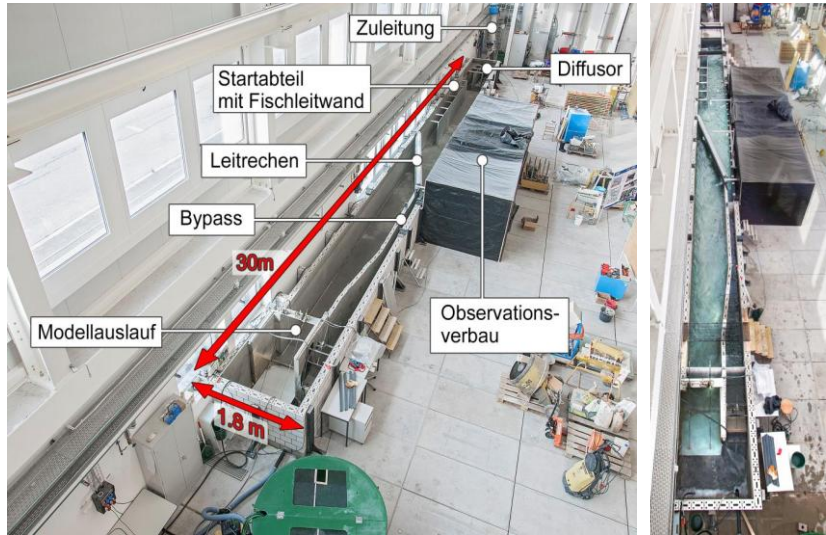


12/12/13

39

Ethohydraulisches Modell

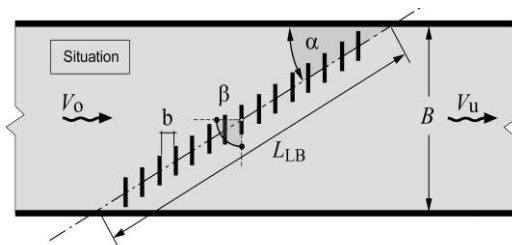
Versuche im Massstab 1:1



Durchfluss = 1200 l/s

Ethohydraulisches Modell

Untersuchungsparameter



Zielfischarten
Barbe, Äsche, Schneider

Rechen-Einbauwinkel
 α : 30, 15 [°]

Rechenstabwinkel
 β : 90, 45 [°]

Stababstand
 b : 5, 11 [cm]

Fließgeschwindigkeit
 v_o : 0.3 – 0.6 [m/s]

Ethohydraulisches Modell

Ziele der Untersuchung

- I. Verhaltensmuster von Barbe, Äsche und Schneider an Leitrechen
- II. Effizienz verschiedener Rechentypen bzgl. Fischleitung
- III. Zusammenhang zwischen Fischverhaltensmustern und strömungsmechanischen Parametern
- IV. Erkenntnisse für zukünftige Laborversuche

12/12/13

42

Zwischenresultate

Detailmodell

- **Stababstand und -ausrichtung** sowie **Rechenwinkel** sind **massgebende** Parameter
- | | |
|-------------------|--------------------|
| Stababstand ↑ | = Energieverlust ↓ |
| Stabausrichtung ↑ | = Energieverlust ↑ |
| Rechenwinkel ↑ | = Energieverlust ↑ |

Grossmodell

- **Leitrechen mit $\beta=90^\circ$** direkt vor Kraftwerkseinläufen **unvertretbar**
- **Leitrechen mit $\beta=45^\circ$** hydraulisch vielversprechend
- **Weitere Optimierungsmassnahmen notwendig**
- **Schwemmholz-Management** an Leitrechen zwingend **erforderlich**

12/12/13

43

Zwischenresultate (Forts.)

Ethohydrau-
lisches Modell



Fischeinstieg in den Bypass

- wenig erfolgreich

- erfolgreich

Übertragbarkeit auf Flusssituation ist zu überprüfen

0 | . & @ | * |] | @ | ^ | Á

FGPGRH-A

II Á