

Zur Übertragbarkeit von nordamerikanischen Fischschutzmassnahmen auf grosse mittel- europäische Niederdruck-Wasserkraftanlagen

Prof. Dr. Robert Boes



Inhalt

- Einleitung
- Fischschutz in Nordamerika
- Fischschutz im Nordosten der USA
- Connecticut River
- Fischschutz im Nordwesten der USA
- Columbia River
- Erkenntnisse USA
- Übertragbarkeit
- Zusammenfassung

Hintergrund und Motivation

- Gesetzliche Grundlagen:
 - EU: WRRL (2000/60/EG)
 - CH: Gewässerschutzgesetz (GSchG)
 - Sanierungspflicht Fischwanderung bis 2030;
Finanzierungsgrundlage seit Revision 01.01.2011

Hintergrund und Motivation

Basler Zeitung

WISSEN

Basel wird für den Lachs zur tödlich

Von Nadine A. Brügger, Aktualisiert am 07.11.2013 19 Kommentare
Auf der ganzen Länge des Rheins wurden für viel Geld Fischtreppe
allerdings nur in eine Richtung. Auf dem Rückweg werden die
gehäckselt.



Artikel zum Thema

Treppchen und Taxi für den Lachs
Der Lachs kehrt zurück
Rheinfelden ist für den Lachs bereit

Teilen und kommentieren

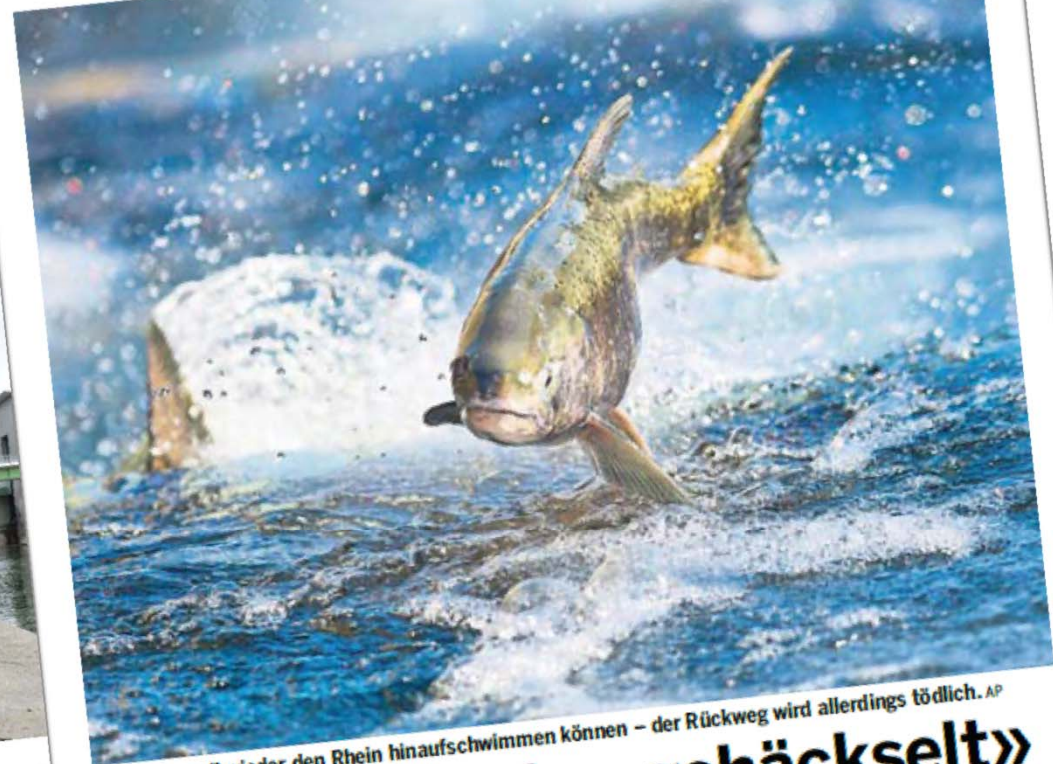
schlechter Witz: Einmal im Oberrhein, kann der Wanderfisch nicht mehr

Turbinen zerhackt.

Treppen und Lifte funktionieren nämlich nur in eine Richtung. Schwimmen
Richtung Atlantik, folgt er dem stärksten Strom und landet in den Turbinen

Der Lachs soll zurück in den Oberrhein
Schweiz und investiert Milliarden
Frankreich zur Mithilfe mobil
Fischtreppe, -liften und Umge-
zahlreichen Kraftwerke umsch
Fisch heute den Weg vom Atlantik
angestammten Laichplätzen vor
Aufwand. Umso eher klingt, w
Der Lachs soll zurück in den Oberrhein

Basler Zeitung / Donnerstag 7. November 2013



Der Lachs soll wieder den Rhein hinaufschwimmen können – der Rückweg wird allerdings tödlich. AP

«Lachse werden gehäckselt»

BERN. Der atlantische Lachs ist in der Schweiz seit den 1950er-Jahren ausgestorben, weil Flusskraftwerke ihm den Weg versperren. Bis 2020 sollen die Fische wieder angesiedelt werden: Das Lachsprogramm der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins sieht vor, den Weg vom Meer rhein-

aufwärts für den Lachs passierbar zu machen. Dafür werden Fischtreppe, Lifte und Umgehungsgewässer gebaut.

Doch im Programm hat sich laut der «Basler Zeitung» ein fataler Fehler eingeschlichen: Für den sicheren Rückweg ins Meer wird nicht gesorgt. Die Lachse krepieren in den Turbi-

nen der Kraftwerke. «In der häufig installierten Pelton-Turbine werden die Fische gehäckselt wie im Mixer», sagt Chris Lohner, Inhaber von Flyfishing unlimited. Lösungen lägen bisher keine auf dem Tisch, denn Umrüstungen oder Schutz-Rechen würden für die Kraftwerke hohe Kosten bedeuten. vno

20minuten.ch / Freitag, 8. November 2013



Versuchsanstalt für
Hydrologie und Glaziologie

For... und Fischabstieg
Ziele, Maßnahmen und Funktionskontrolle

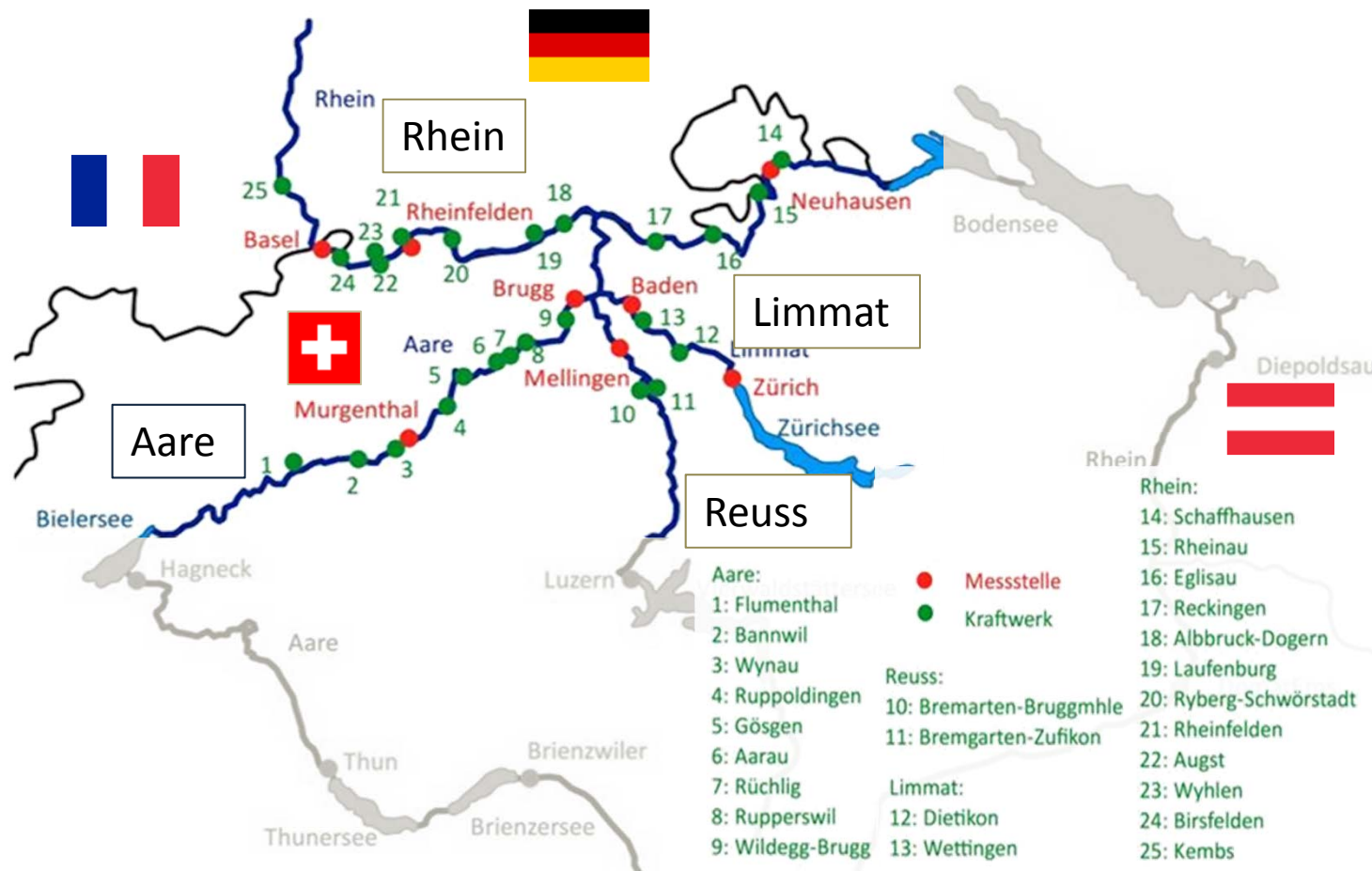
ETH Zürich

Einleitung



Forschungsprojekt Fischabstieg

Grosse Niederdruckanlagen: typische Ziel-Kraftwerke im Rheingebiet



Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie

Forum Fischschutz und Fischabstieg
Ziele, Maßnahmen und Funktionskontrolle

ETH Zürich

Forschungsprojekt Fischabstieg

Überblick zu typischen Niederdruckkraftwerken

VAR-Wasserkraftwerke – Anlagenkenngrossen



- Typ:
- Block-KW 64%
 - Ausleitungs-KW 32%
 - Buchten-KW 4%
- Abfluss:
- $Q_A \approx 100 - 1500 \text{ m}^3/\text{s}$
 - $MQ \approx 100 - 1060 \text{ m}^3/\text{s}$
- Fallhöhe:
- $H_\emptyset = 8.8 \text{ m}$
 - $H_{\text{Min/Max}} = 5 / 22 \text{ m}$
- Turbinen:
- Meist Kaplan/Rohr/Straflo
 - Einige Francis
- Fischschutzmassnahmen:
- Fischaufstiegswege an allen Anlagen
 - *Keine Abstiegs Hilfen*
 - *Keine Anpassung des Betriebsregimes während Abwanderungsphasen*

Forschungsprojekt Fischabstieg

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

Konzept	Massnahmentyp	Einzelmassnahme	
Abschirmung und Umleitung	Physische Barrieren	Feinrechen Tauchwände Trommelrechen Eicher Rechen Lochblechrechen Wedge-Wire-Screen Abspernetze	Bypass
	Mechanische Verhaltensbarrieren	Louver Bar-Racks 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	

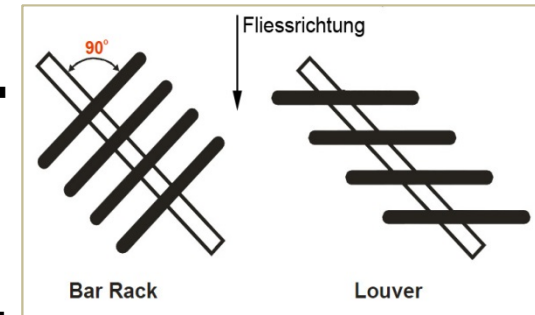
- Physische Barrieren verursachen hohen betrieblichen Aufwand
Einsatz nur an kleinen Kraftwerken
- Erfolgversprechend, aber viele Wissenslücken vorhanden
- Unzuverlässig bei breiterem Spektrum an Zielspezies, -grössen oder -alter
- Teilweise bewährte Systeme vorhanden, aber nur lokal effektiv
- Hohe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



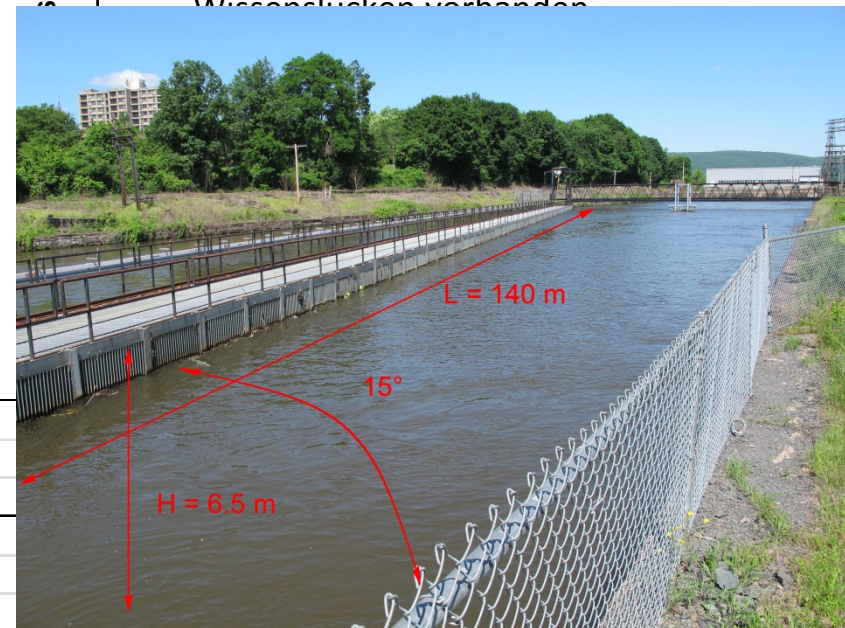
Forschungsprojekt Fischabstieg

Literaturstudium und Massnahmenanalyse

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



■ Erfolgversprechend, aber viele Wissenslücken vorhanden



Bedeutung der Fischwanderung in den USA

Hintergrund

- Rückgang der Lachs- und Neunaugenbestände
- *Endangered Species Act* (ESA)
- Ökonomische und ökologische Bedeutung
- Verträge mit *Native Americans* (*Tribal treaties*)

Bsp.: *Columbia River Fish Mitigation Project*

- Ziel: Verbesserung der Überlebensraten bei der Passage von WKA im Columbia River Basin
- Durch nationale Fördermittel finanziert
- Fokus auf Zielfischart Lachs



Bedeutung der Fischwanderung in den USA

Fischschutz in Nordamerika

Celio Falls: heiliger Platz der Indianer, bester Lachs-Fangplatz, 1957 geflutet (The Dalles Reservoir)



Bedeutung der Fischwanderung in den USA

Columbia River Fish Mitigation Project

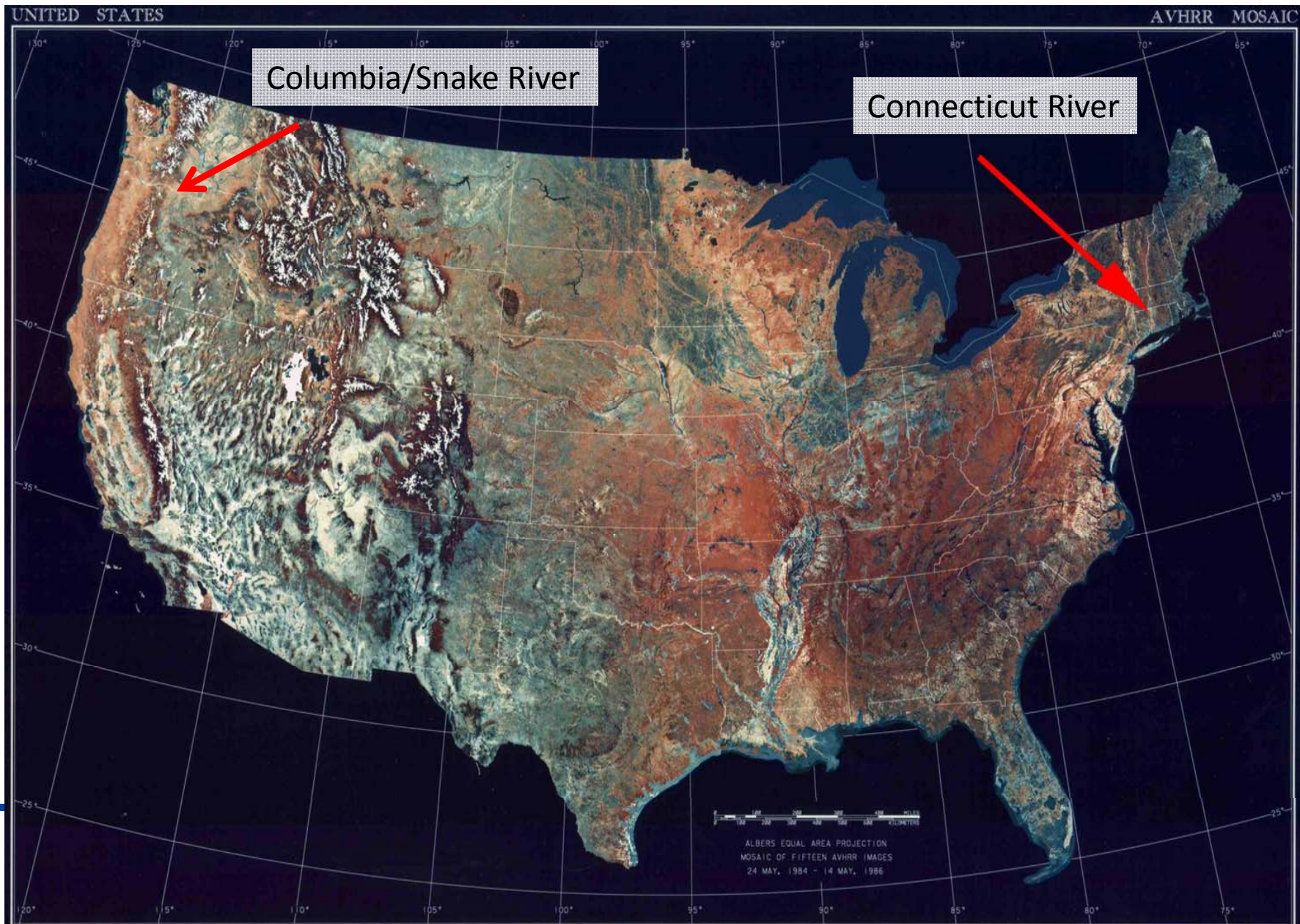
Kosten

- ≈85 Millionen \$ pro Jahr über die letzten 10 Jahre
- Geschätzte Gesamtkosten 2,1 Mrd. \$

Zeitplan

- Beginn des Aktionsplans 1991
- Abschluss in 2018 für Columbia und Snake River

Erfahrungsaustausch USA



Erfahrungsaustausch USA



UNITED STATES AVHRR MOSAIC

Columbia/Snake River

Connecticut River



Guide: John Nestler (ehemals Corps of Engineers)

Interdisziplinäre Forschungsreise

Reisedaten

Connecticut River: 30.05. bis 08.06.2012

Columbia River: 16.06. bis 22.06.2013

Kraftwerksbesichtigungen

Connecticut River:

- Holyoke Dam
- Vernon Dam
- Turner Falls

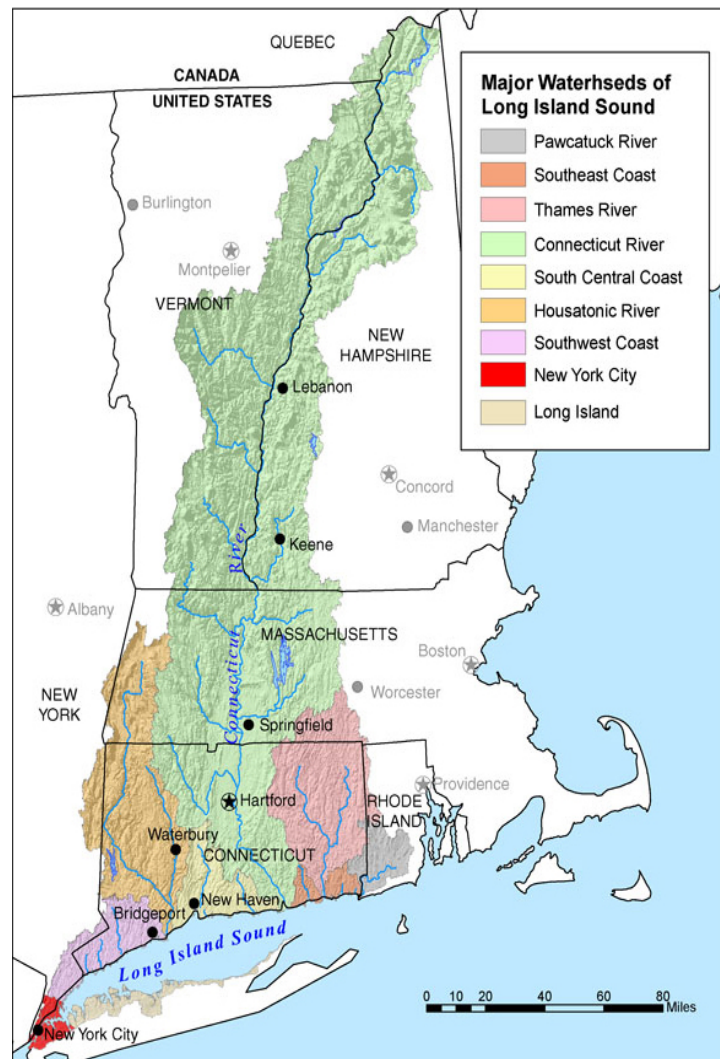
Columbia Basin:

- Bonneville
- The Dalles
- John Day
- McNary
- Ice Harbor
- Rocky Reach
- Wanapum

Laboratorien

Conte Anadromous Fish Lab
und
ALDEN Laboratories

Connecticut River - Übersicht



Quelle: U.S. Geological Survey (USGS)

- Grösster und längster Fluss Neuenglands
- New Hampshire, Vermont, Massachusetts, Connecticut
- **Einzugsgebiet:** 29'137 km²
Länge: 644 km
MQ_{Long Island}: 560 m³/s
HHQ: ca. 8'000 m³/s
- **Nutzung:** Wasserversorgung
Wasserkraft
Kühlwasser
Schifffahrt
- Amerikanisches Nationalerbe



Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie

Forum Fischschutz und Fischabstieg
Ziele, Maßnahmen und Funktionskontrolle

ETH Zürich

Connecticut River – Biologische Bedeutung



Wanderfischarten:

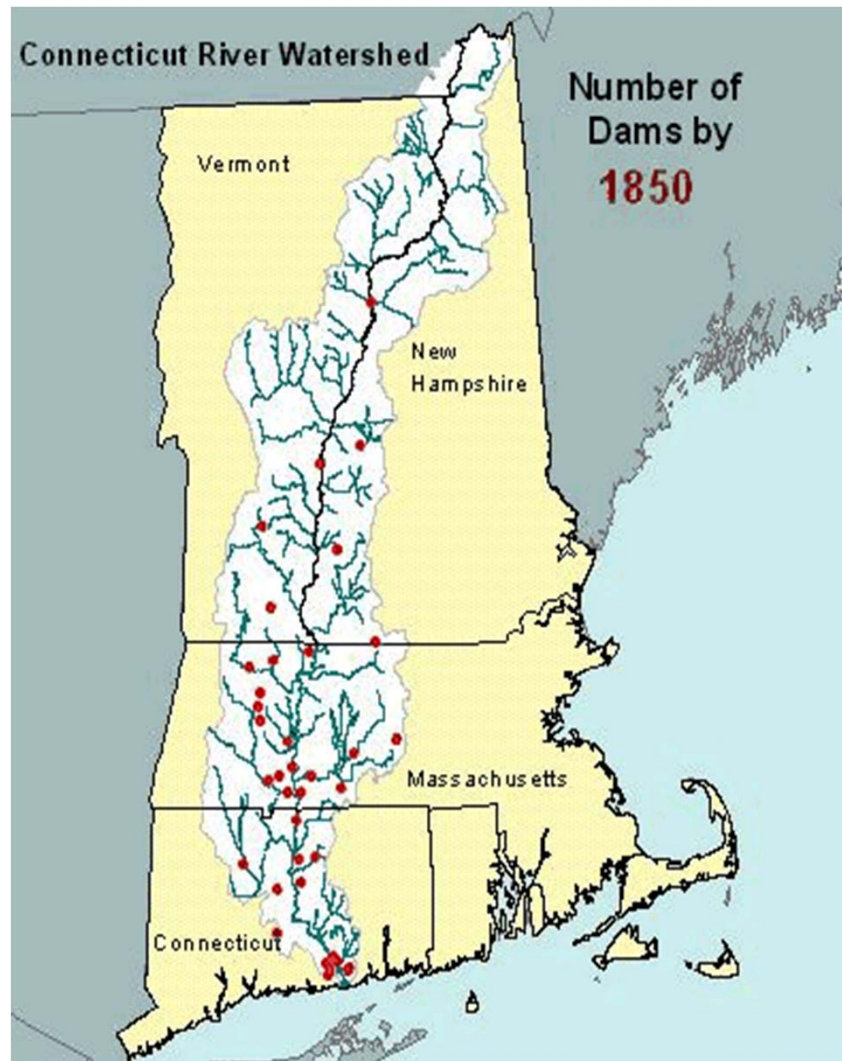
- Maifisch
- Meerneunauge
- Aal
- Stör
- (Atlantischer Lachs)

Lokale Spezies:

- Bachsaibling
- Forellen (See- und Regenbogen)
- Schwarzbarsch, Felsenbarsch
- Karpfen
- Wels



Connecticut River – Hydromorphologie



Ausbauzustand:

- stark ausgebaut (nach HQ 1936)
- > 20 grosse Sperrenbauwerke
- 53 Anrainerstädte
- > 1000 Querbauwerke (offizielle Angabe)

Spezifische Merkmale:

- Hohes Sedimentaufkommen möglich
- Gezeitenbeeinflusst bis Windsor Lock

Wattgebiete :

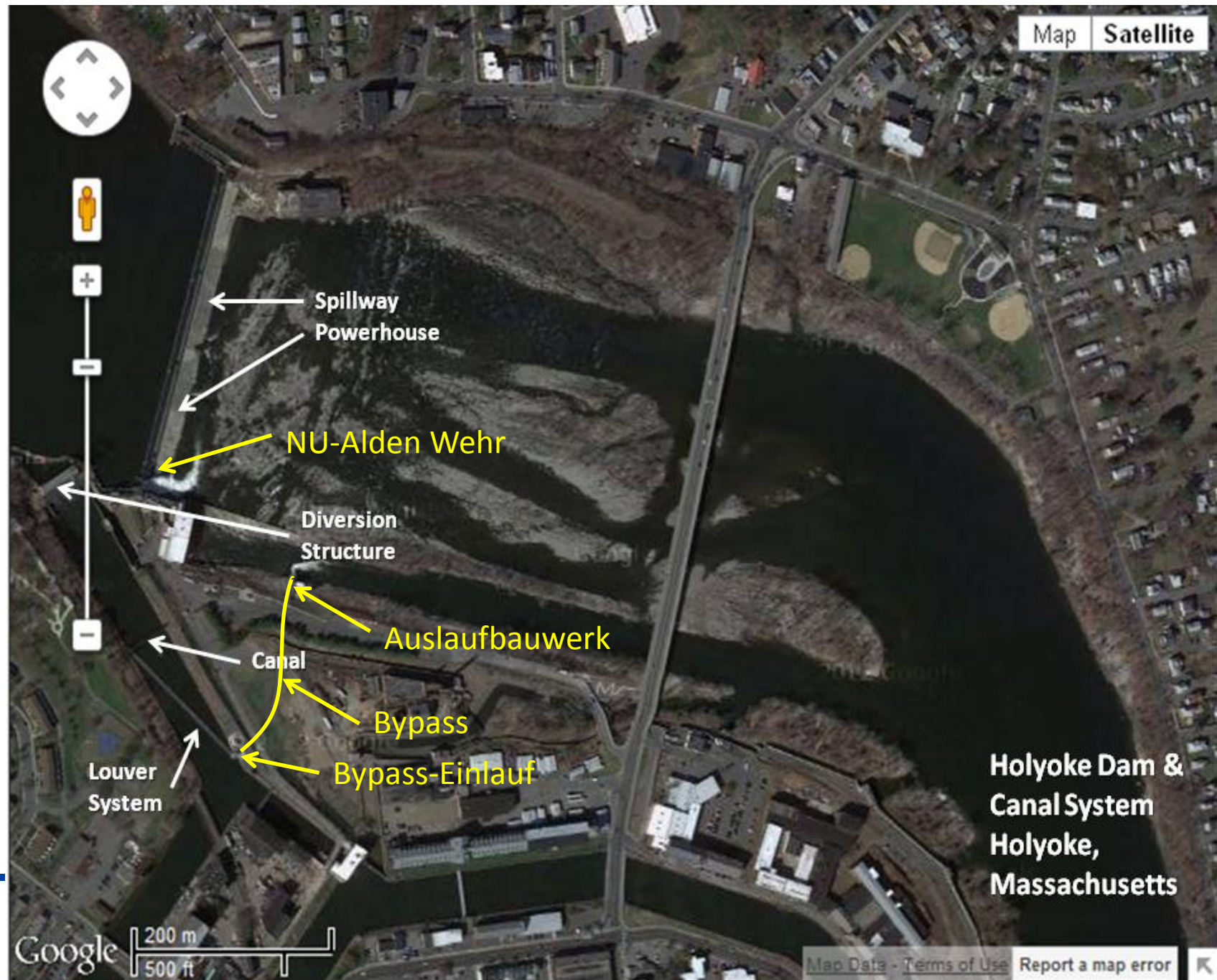
- Ästuar und Wattgebiete: Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung

Holyoke Dam

Hadley Falls Station und Holyoke Kanal

- $MQ = 485 \text{ m}^3/\text{s}$
 $HHQ = 2300 \text{ m}^3/\text{s}$
- KW Hadley Falls
2 Kaplan-Turbinen à 15 MW
Überlebensrate ca. 92% (Ballon-Tests)
- Gesamt mit Holyoke Kanal-WKA 43,8 MW

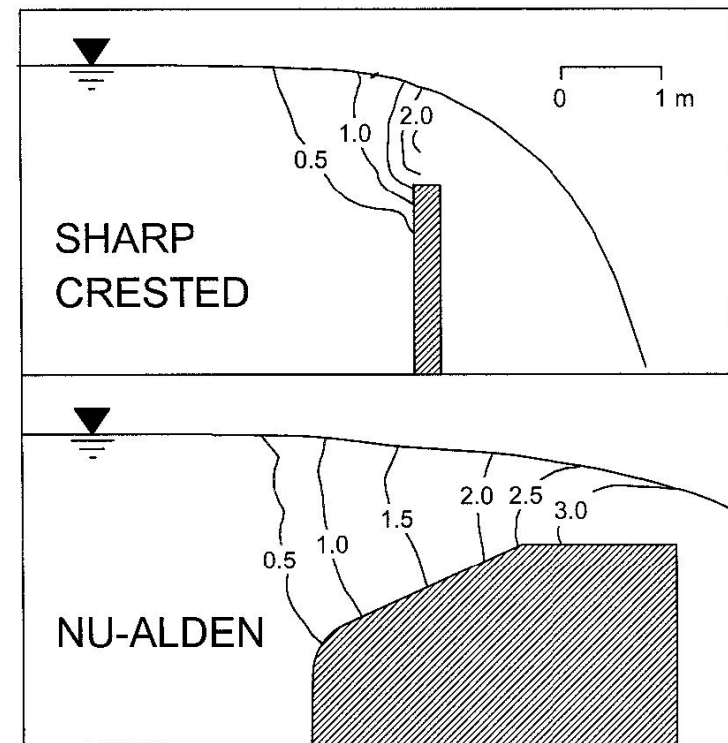




Holyoke Dam - Hadley Falls Station

Fischschutz

- Wehrklappe neben Krafthaus modifiziert mit “NU-Alden Wehr”
- Oberflächennahe Einlaufrechenabschirmung (3 - 3.5 m)



Holyoke Kanal - Louver

Zielfischarten:

Atlantischer Lachs (*Salmo salar*)

Amerikanischer Maifisch (*Alosa sapadissima*)

Blueback Hering (*Alosa aestivalis*)

Schutzsystem Louver:

Betriebszeit:

Mai bis Dezember

Q_A :

170 m³/s

Winkel zur Hauptströmung:

15°

Stababstand/ -breite/ -länge:

50 / 10 / 100 mm

Anströmgeschwindigkeit:

0.3 bis 0.9 m/s

Abmessungen:

L: ca. 150 m, H: 6.5 m

Bypass:

Oberflächennaher Bypass mit geneigter Sohlrampe

Dotierung:

4 m³/s (2.3 %)

Abmessungen:

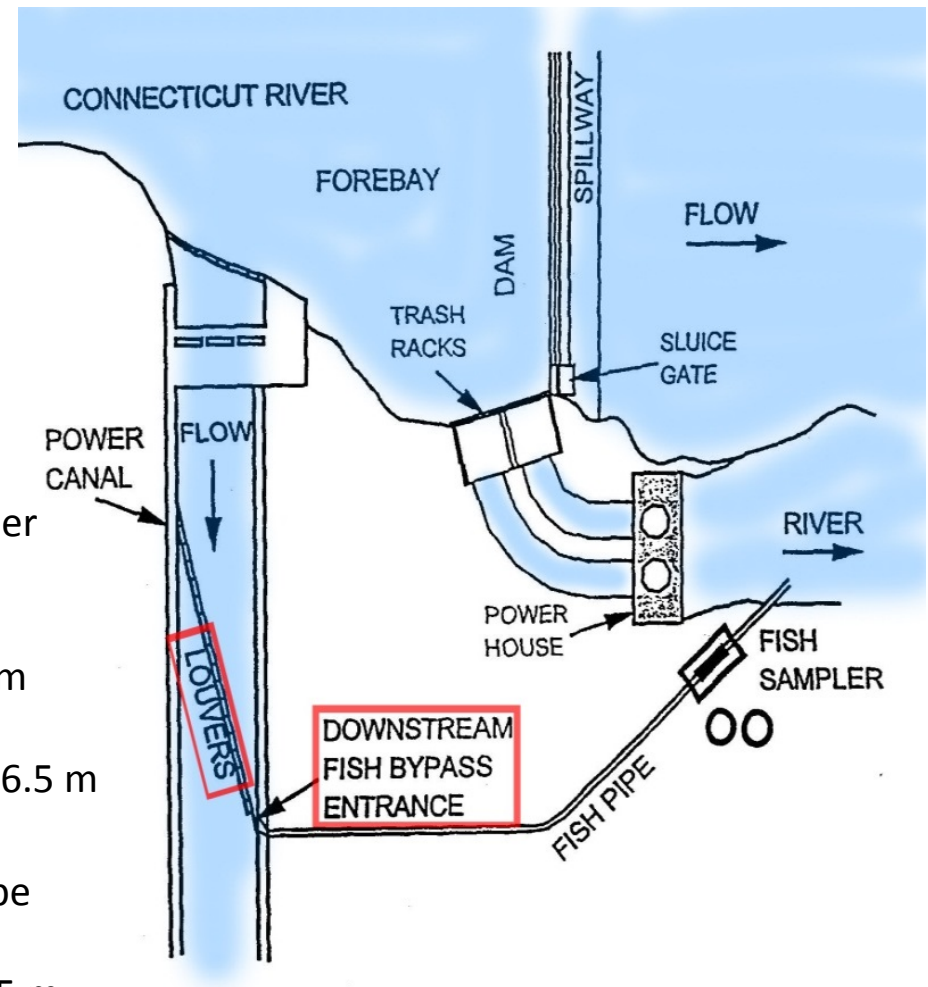
Überfallhöhe 1.5 m

Einlaufbreite: 1 m

Leiteffizienz:

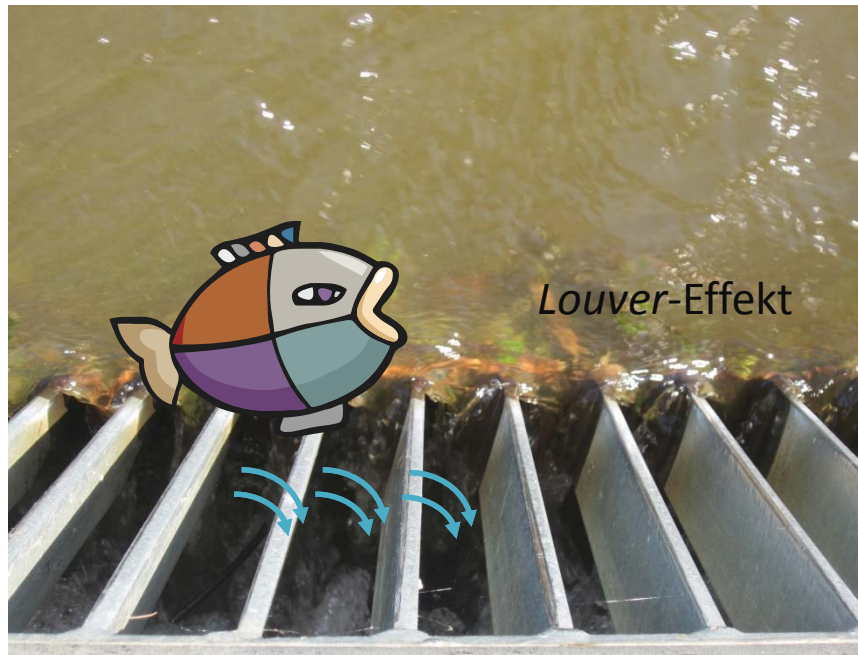
76 – 90%

PIT-Tagging Untersuchungen

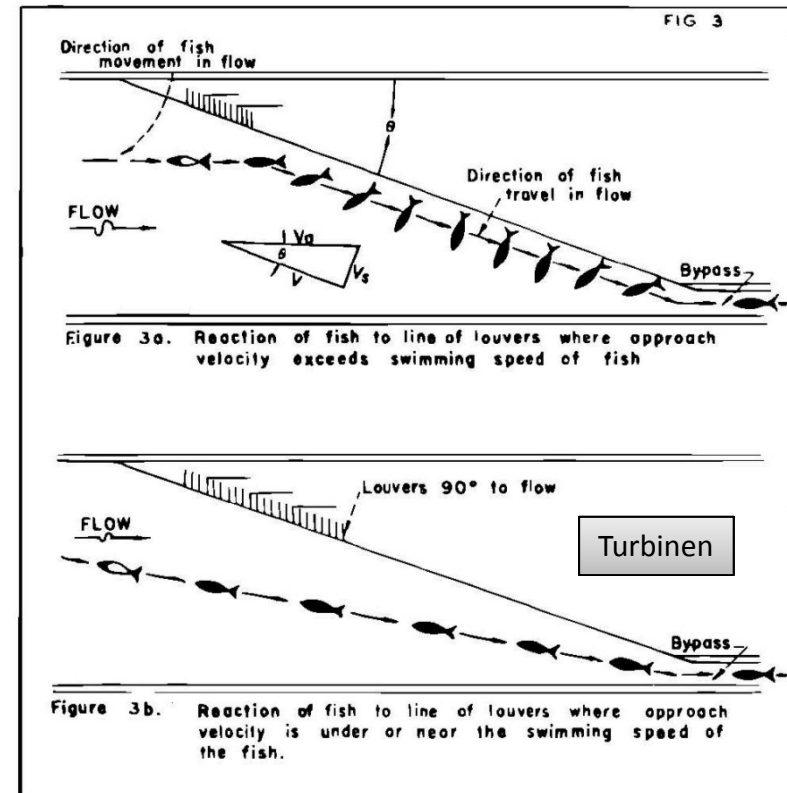


Holyoke Kanal – Louver

Abstiegsschutzsystem: Mechanische Verhaltensbarriere



Holyoke Kanal – Louver-System

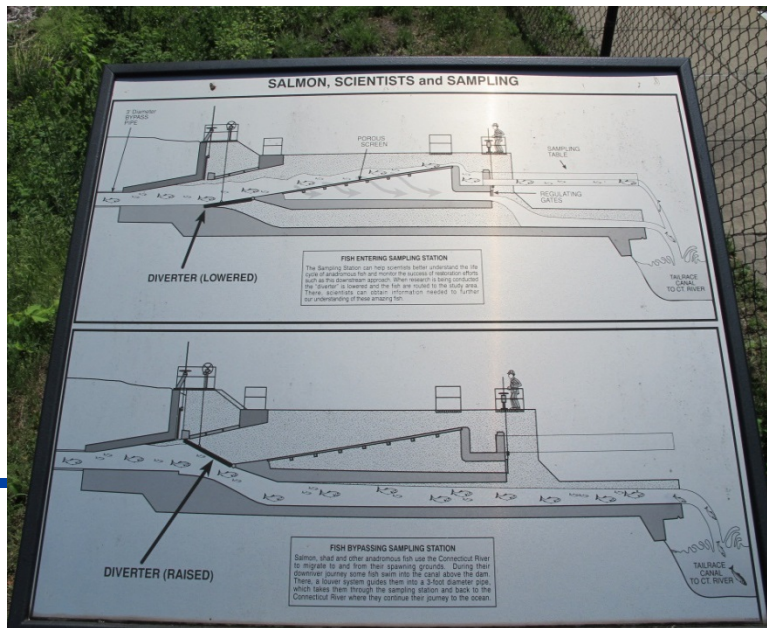


Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie

Forum Fischschutz und Fischabstieg
Ziele, Maßnahmen und Funktionskontrolle

ETH Zürich

Holyoke Kanal – Louver



Vernon Dam

Auslauf Fischbypass

- Direkte Einleitung des Fisch-Bypasses unterstrom des Krafthauses

Umfangreiches Fischmonitoring

- Radiotelemetrie und *PIT-Tagging*
- Automatische Zählanlage



Der Columbia River



Columbia River Basin - Übersicht



- Einzugsgebiet:
668'217 km²
Länge rund 2000 km
- MQ: 7500 m³/s
- HHQ: 35'000 m³/s
- Größter Nebenfluss:
Snake River: 1670 km,
MQ: 1611 m³/s
- Größtes Kraftwerk:
Grand Coulee: 6,8 GW,
Fallhöhe: 116 m, 21'000 GWh
- Fließt in weiten Teilen
durch unbewaldetes
Gebiet: **geringe Treibgut
und Laubfracht, gerin-
ger Geschiebetrieb.**

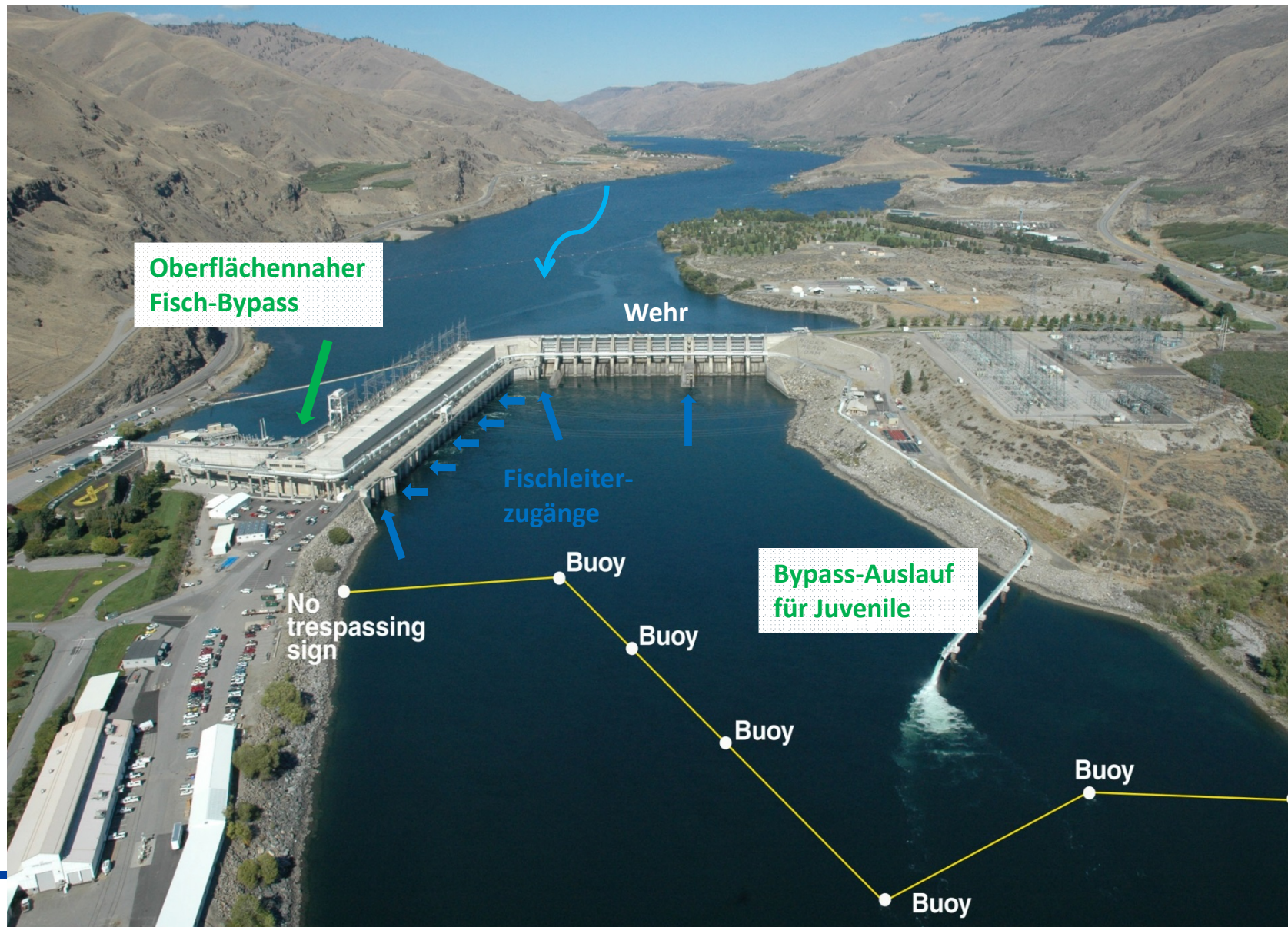
Columbia River Basin – Fischbiologische Bedeutung



Columbia River Basin – Fischbiologische Bedeutung



Rocky Reach Dam



Rocky Reach Dam - Kenndaten

- Columbia River
 1. Ausbauphase 1956
 2. Ausbauphase 1969 (gut unterhalten)
- Krafthaus - 11 Kaplan Turbinen à 120 MW
- $Q_A = 6160 \text{ m}^3/\text{s}$ (560 m^3/s pro Turbine!)



Rocky Reach Dam – Fischschutzmassnahmen

Geforderte Überlebensrate für stromab migrierende Juvenile: 95%

- “Fischfreundliche” Turbinen
- Oberflächennaher Bypass mit Sammeleinrichtung und modifiziertem Turbineneinlaufrechen
- Wehrüberfall

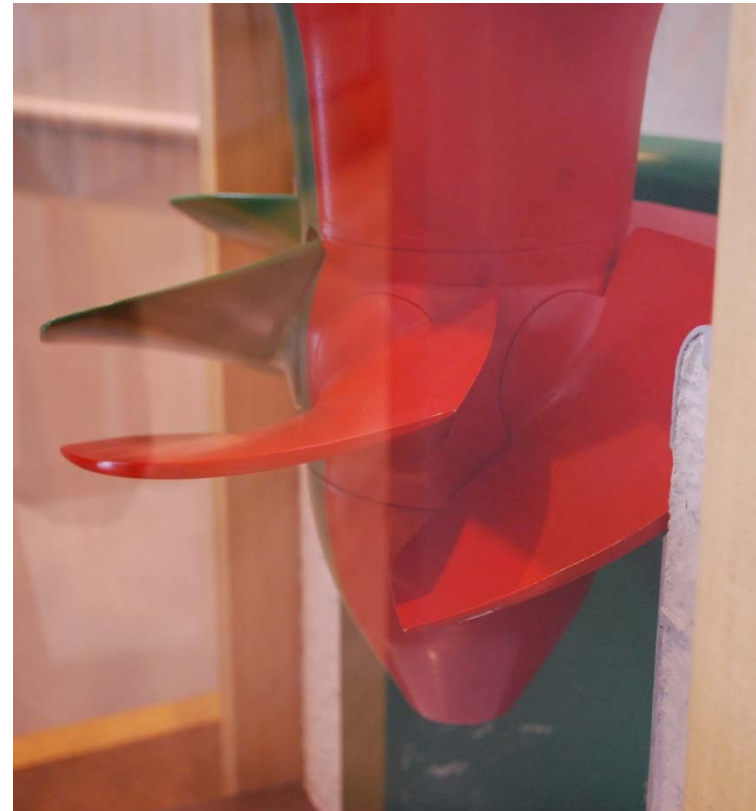
Adult upstream migration

- Technische Fischpässe mit komplexem Einstiegssystem

Rocky Reach Dam – Abwärtsmigration

“Fischfreundliche” *Minimum Gap Runners* (seit 1996)

- Überlebensraten:
88% mit ursprünglichen Kaplan-Turbinen
95% mit *Minimum Gap Runner*



Rocky Reach Dam – Abwärtsmigration

Oberflächennaher Bypass mit Sammelsystem

- 4 Hauptentwicklungsschritte seit 1985:
 1. Fisch-Monitoring vor dem Krafthaus (Sonar u. akust. Tags, “Fish Tracker”-Software)
 2. Entwicklung und *Design* der Leit- und Bypassstruktur nach USACE-RL
 3. Hydraulische und numerische Modellierung
 4. 10 Jahre Prototyptests
- **Resultat: fast 100% Überlebensraten bei 85% Leiteffizienz**

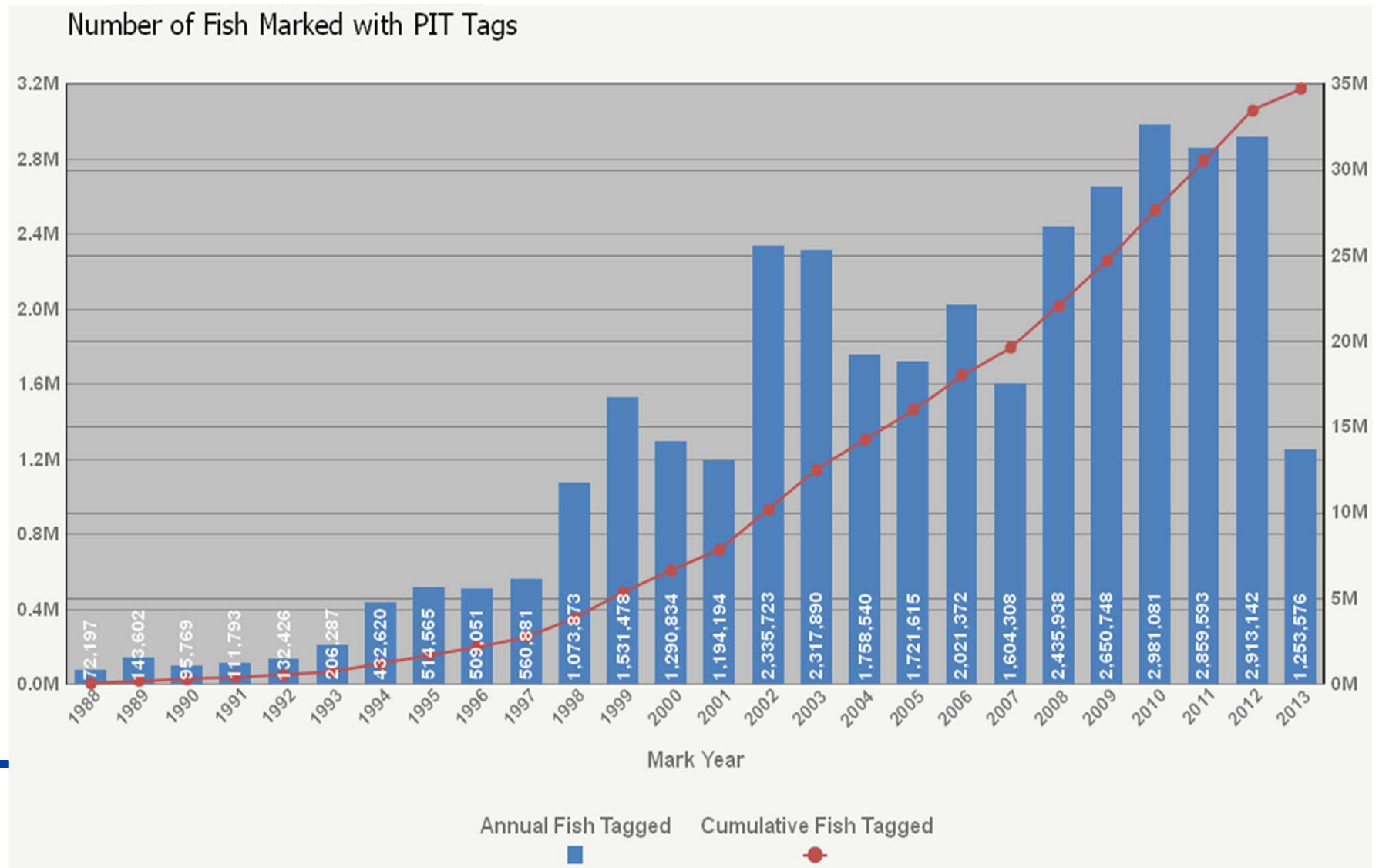


scha
tionsl

rich

Lessons learnt

- Umfangreiches **Fischmonitoring** mit modernen Methoden



Lessons learnt

- Umfangreiches **Fischmonitoring** mit modernen Methoden
- **hydraulische Bedingungen individuell je Kraftwerk** an dortige Fischrouten und Fischverhalten **anpassen**
- **Fischschutzeinrichtungen in den USA nicht standardisiert**
 - **Optimierung** findet in der Regel am Prototypen statt
 - **Vielfalt an Abstiegsmethoden**, meist mehrfach je Kraftwerk
 - Einsatz **mechanischer (Verhaltens-)Barrieretypen** verbreitet (Rechen, *Louver*, *Bar Racks*)
 - Direkter Einsatz von **Wehrpassage oder modifizierten Oberflächenbypässen** weit verbreitet
 - **Schutzeinrichtungen in der Regel nur oberflächennah**
- **erfolgreiche Lösungen benötigen umfangreiche Untersuchungen, Erfahrungen und Zeit**

Langfristige Lösungssuche

Beispiel Rocky Reach Dam:

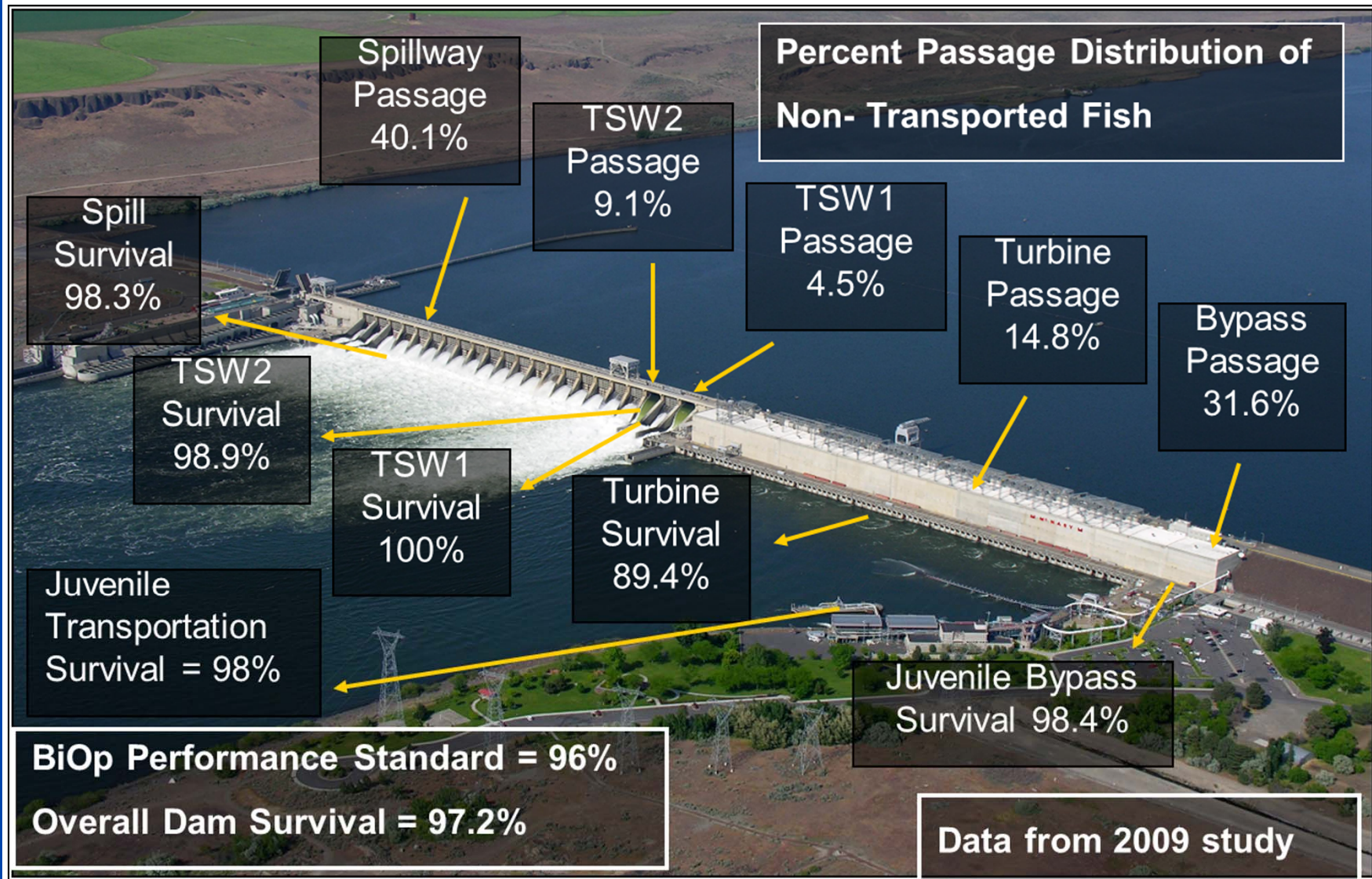
- 2 physikalische Modelle (1:100 und 1:40) sowie numerisches Modell
- plus 10 Jahre Prototyp-Tests - erst dann Bau der Anlage
- Baukosten 115 Mio. \$ (amortisiert in 3 Jahren)



Lessons learnt (Forts.)

- **Fischfreundliche Turbinen**
 - an grossen Anlagen zielführende Massnahme
(u.U. können Investitionen dank verbesserter Wirkungsgrade relativ rasch amortisiert werden)
 - Typische Überlebensraten: > 90% für Salmonide
- bei optimierten Lösungen **gute Gesamterfolgsraten** für Fischabstieg **erzielbar**

Erfolgsraten: Bsp. McNary Dam (*Columbia River*)



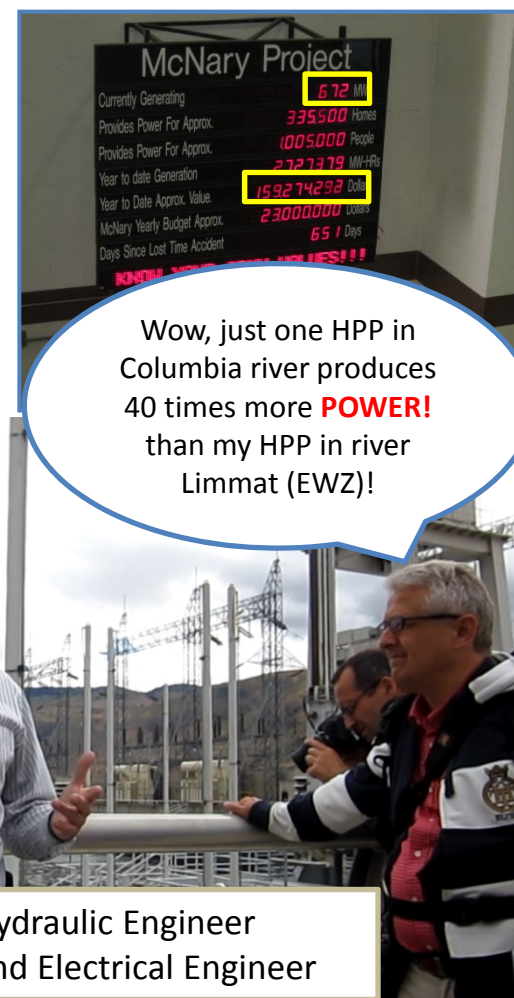
Was ist auf europäische Verhältnisse übertragbar ?

- **Fischfreundliche Turbinen** (mit Einschränkungen)
- **fortschrittliches Monitoring**, z.B. PIT-Tagging, Radiotelemetry, Didson-Sonar, ...
- Umfangreiche **Öffentlichkeitsarbeit**
- Erfolgsversprechende Lösungen benötigen **inter-/transdisziplinäre Anstrengungen**



Dam removal
is the best
option!

A problem?
Keep it simple!
Much more likely,
you will be
successful



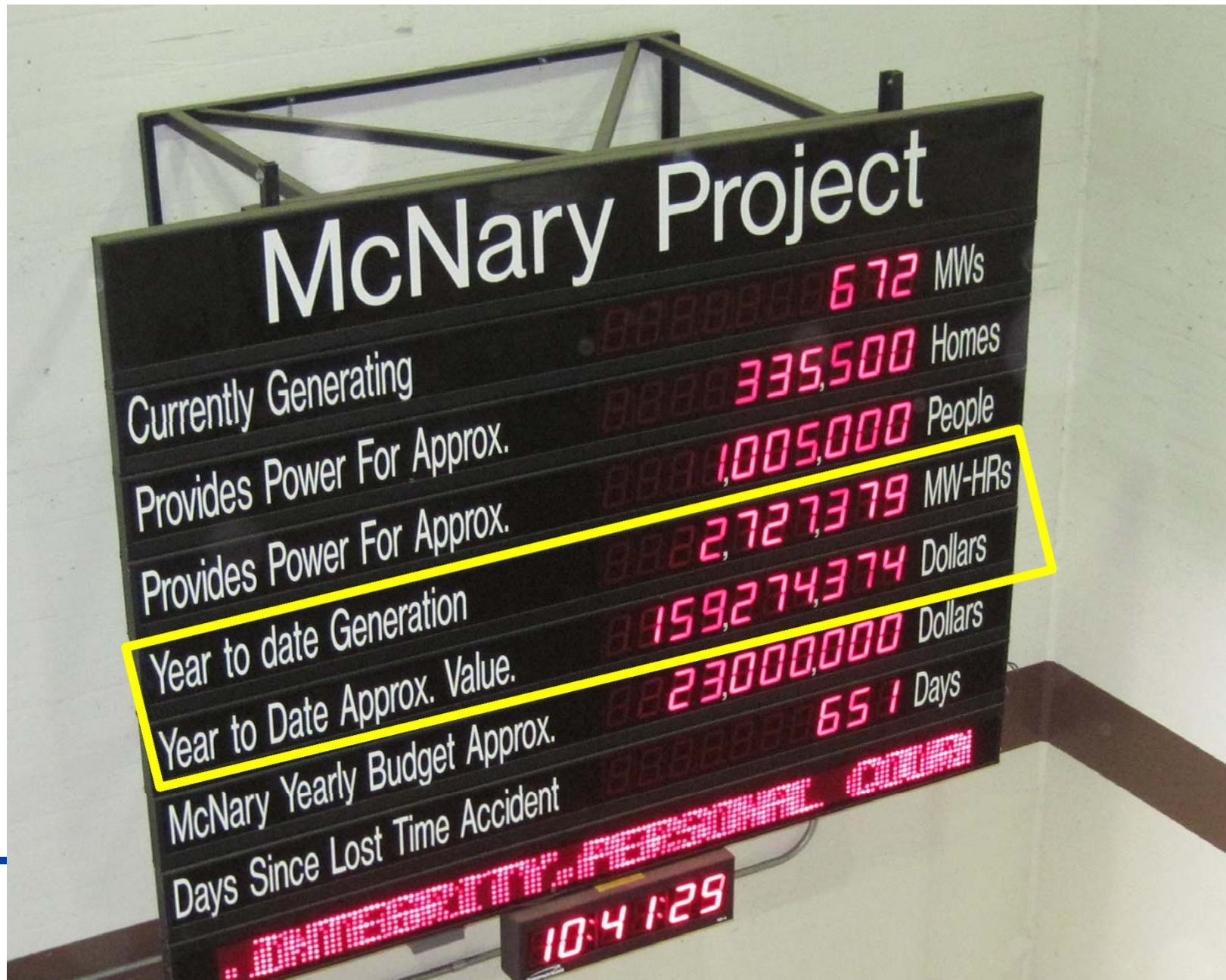
Forum Fisch
Ziele, Maßnah

ich

Was ist *nicht* auf europäische Verhältnisse übertragbar? Wieso?

- **Unterschiedliche Zielarten** (u.a. anadrom vs. potamodrom; oberflächenorientiert vs. bodenorientiert)
- **z.T. unterschiedliche Skalen** (Columbia vs. Hochrhein)
→ Massnahmen für USA-Verhältnisse z.T. schneller amortisierbar

Die Kraftwerke – Stromerzeugung



Was ist *nicht* auf europäische Verhältnisse übertragbar? Wieso?

- **Unterschiedliche Zielarten** (u.a. anadrom vs. potamodrom; bodenorientiert vs. oberflächenorientiert)
- **z.T. unterschiedliche Skalen** (Columbia vs. Hochrhein)
→ Massnahmen für USA-Verhältnisse z.T. schneller amortisierbar
- **Ausbaugrad der WKA i.d.R. unterschiedlich**: in USA deutlich mehr Überwasser (in der Wanderzeit 30-40% nicht über Turbinen)
→ Abstieg über Wehr viel häufiger möglich
- Einzugsgebiete/Hydromorphologie: **Schwemmholtzanfall** und Geschiebetrieb in Mitteleuropa (Voralpen) i.d.R. deutlich höher
- **Finanzierung**:
 - z.T. hoher Staatsanteil in USA
(*Columbia Basin*: 80% der Mittel öffentlich)
 - Hohe Investitionen:
fish mitigation project Columbia: 2,1 Mrd. \$ in rund 30 Jahren

Schlussfolgerungen und Ausblick

- **Neue wissenschaftliche Erkenntnisse unter Laborbedingungen zu mechanischen Verhaltensbarrieren**, vor allem bzgl. Strömungsverhältnissen und Fischverhalten
- **Weitere Untersuchungen für derartige, erfolgsversprechende Leiteinrichtungen notwendig:**
 - **im Labor**, u.a. zur Untersuchung der Anforderungen für Bypässe
 - **im Feld** zur Überprüfung der Übertragbarkeit auf ein Flusskraftwerk
- Funktionierende Passagen durch **fischfreundliche Kaplan-turbinen** sowie **der zeitlich begrenzte Abstieg bei Hochwasser mit Wehrüberfall** mögliche Optionen
- **Generell in (Mittel-)Europa noch viel F&E zu Fischabstieg zu leisten** zum besseren Verständnis des Wanderverhaltens der einheim. Fische
 - im Flusssystem (grossräumig)
 - an den Kraftwerken (kleinräumig)

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

