



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Aufbau und Funktionsprinzip, Bemessung und Gestaltung,  
Biologische Wirksamkeit, Betriebserfahrungen

Dr. Guntram Ebel  
Februar 2014





## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### Gliederung

1. Einleitung und Historie
2. Aufbau und Funktionsprinzip
3. Bemessung und Gestaltung
4. Biologische Wirksamkeit
5. Beispiele für ausgeführte Anlagen
6. Betriebserfahrungen
7. Schlussfolgerungen
8. Weiterführende Informationen



Buchtenkraftwerk mit Leitreechen-Bypass-System im Bau  
(Ausbaudurchfluss 68 m³/s), Foto: G. Rauch



Turbinenhamen für Bemessungsdurchfluss von 25 m³/s,  
Foto: D. Möbius



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 1. Einleitung und Historie

#### Ausgangssituation Ende der 1990er Jahre

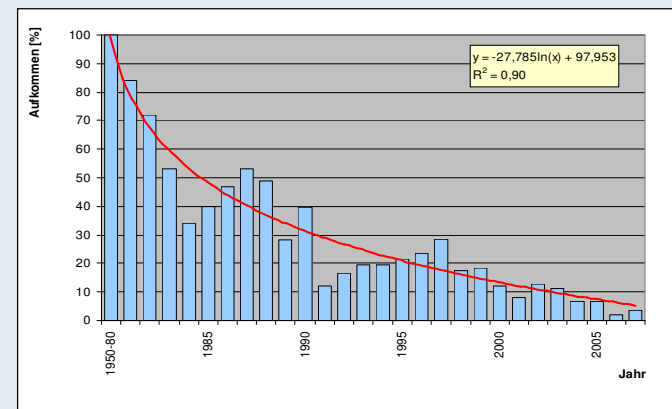
- forcierter Ausbau der Wasserkraft
- Zunahme der wasserkraftbedingten Fischmortalität
- Fortsetzung der Bestandsrückgänge beim Aal
- Probleme bei der Wiederansiedlung anadromer Arten
- kein Stand der Technik zu wirksamen Fischschutz- und Fischabstiegssystemen in Deutschland verfügbar

#### Schlussfolgerungen

- Aufarbeitung des weltweiten Wissensstandes erforderlich
- Konzeption, Planung und Installation von Pilotanlagen erforderlich
- Evaluierung der biologischen Wirksamkeit von Pilotanlagen erforderlich



Aal (*Anguilla anguilla*), Foto: G. Ebel



Entwicklung des Steigaalaufkommens (aus BRÄMICK et al. 2008)



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 1. Einleitung und Historie (Fortsetzung)

#### Aktivitäten

- **ab 1998:** systematische Aufarbeitung des weltweiten Wissensstandes
- **2000 – 2005:** Konzeption und Planung von Pilotanlagen mit neuartigem Leitreechen-Bypass-System
- **2006 – 2008:** Inbetriebnahme der Pilotanlagen und Untersuchungen zur biologischen Wirksamkeit
- **ab 2009:** Weiterentwicklung des neuartigen Systems und Realisierung an unterschiedlichen Standorten
- **2013:** Buchveröffentlichung zum weltweiten Wissensstand

#### Randbedingungen:

- keine finanzielle Förderung
- keine Patentierung des neuartigen Systems im Interesse der allgemeinen Anwendbarkeit



Pilotanlage Planena (Saale) im Bau, Foto: M. Kehl



Pilotanlage Rothenburg (Saale), Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

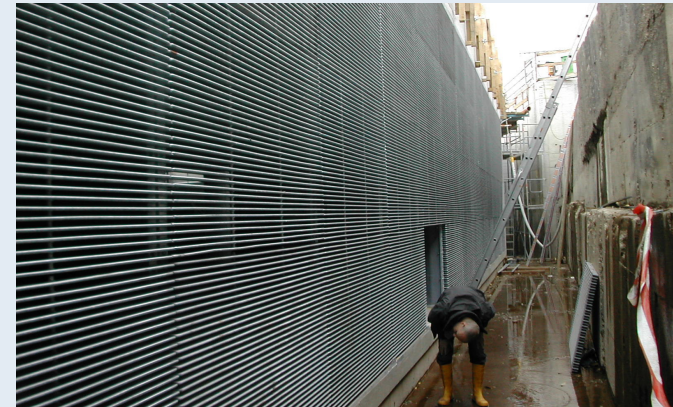
### 2. Aufbau und Funktionsprinzip

#### Leitrechen

- horizontale Schräganströmung und horizontale Stabausrichtung
- Sohlleitwand am Rechenfuß zur Verbesserung der Leitwirkung für Fische und Geschiebe
- lichte Stabweite meist  $\leq 15$  mm, Anströmwinkel meist  $20 - 40^\circ$ , Anströmgeschwindigkeit meist  $0,40 - 0,80$  m/s (detaillierte Bemessung erforderlich!)

#### Bypass

- lichtoffener Schacht, dessen Eintrittsprofil die gesamte Oberwassersäule erfasst und unmittelbar am unterstromigen Ende des Rechenfeldes angeordnet ist
- Kontrollbauwerke zur Einstellung hydraulischer Zielgrößen (detaillierte Bemessung erforderlich!)
- Schachtbreite meist  $0,8 - 2,0$  m, Durchfluss meist  $0,2 - 2,0$  m<sup>3</sup>/s



Leitrechen im Bau, Foto: A. Gluch



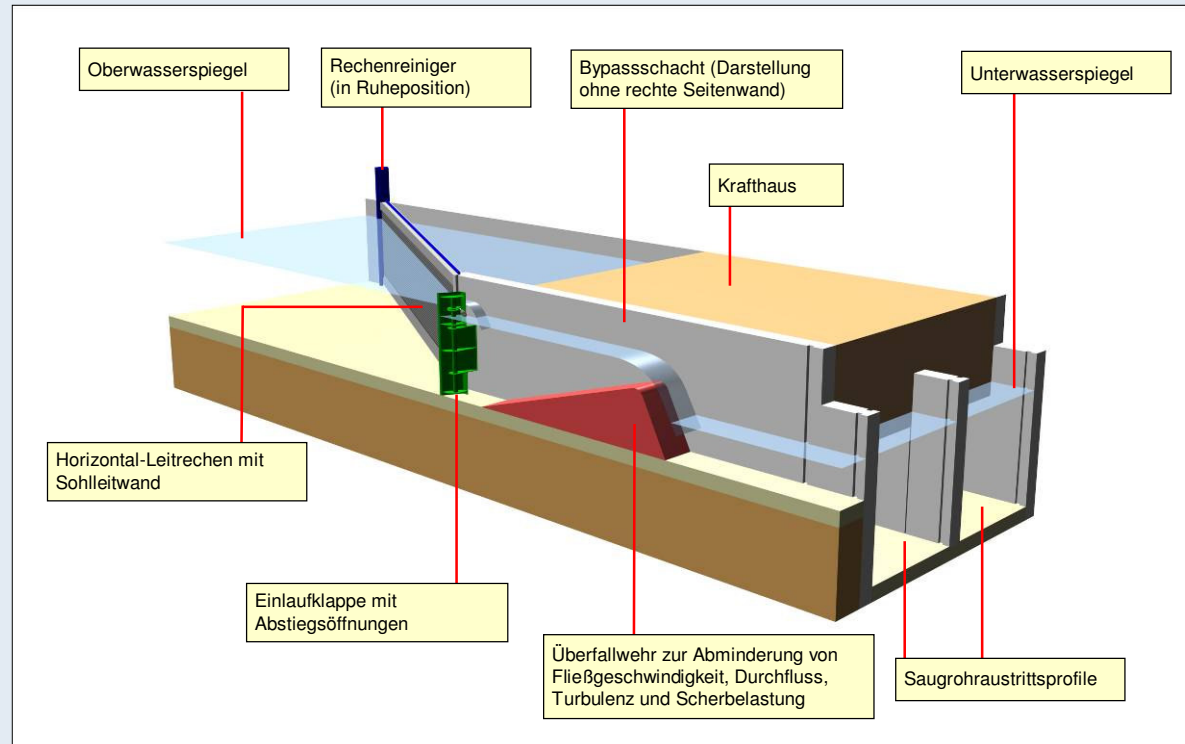
Bypass im Bau, Foto: M. Kehl



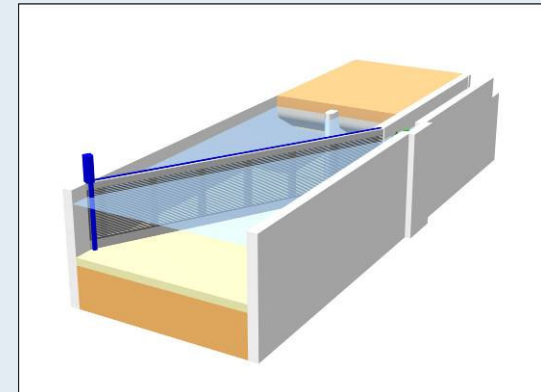
## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

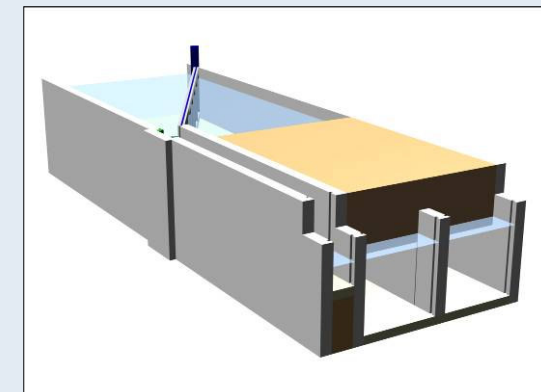
### 2. Aufbau und Funktionsprinzip (Fortsetzung)



Prinzipskizze des Leitreechen-Bypass-Systems nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001) in Seitenansicht



Prinzipskizze in Oberwasseransicht



Prinzipskizze in Unterwasseransicht



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 3. Bemessung und Gestaltung

#### 3.1 Leitrechen

##### Modelle zur Schwimmgeschwindigkeit

- EBEL (2013)
- BEAMISH (1974)
- PEAKE et al. (1995)

##### Modelle zum Schwimmverhalten im Anströmbereich

- O'KEEFFE & TURNPENNY (2005)
- PAKHORUKOV & KURAGINA (1978)
- PAVLOV (1989)

##### Daten zu Körperdimensionen und -proportionen

- Körperlänge
- relative Körperbreite
- relative Körperhöhe

**Bemessung und Gestaltung des Leitrechens hinsichtlich folgender Kriterien: Stabweite, Anströmwinkel, Anströmgeschwindigkeit, Höhe der Sohlleitwand, ggf. Höhe der oberflächennahen Verblendung**  
(detaillierte Bemessungsmethoden und Gestaltungsempfehlungen vgl. EBEL 2013)

##### standörtliche Bedingungen

- Zielarten und -stadien
- Anströmverhältnisse
- Profilgeometrie
- Turbinen- / Triebwerkseigenschaften



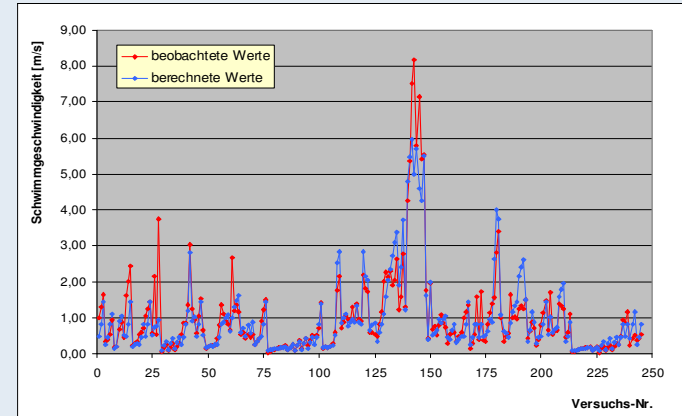
## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

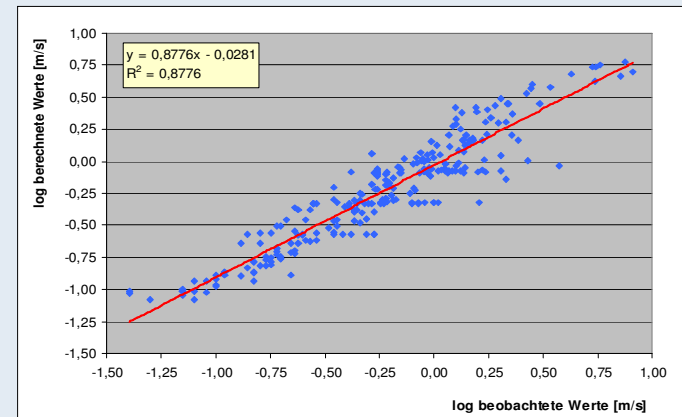
### Exkurs: Modellierung Schwimmgeschwindigkeit

- Modellierung der Schwimmgeschwindigkeit erfolgt durch multivariate, empirische Modelle (insgesamt 7 Modelle vorhanden; Literaturüberblick in EBEL 2013)
- Eingangsgrößen / Prädiktorvariablen:
  - Körperlänge
  - Schwimmdauer
  - Wassertemperatur
- neue Modelle (EBEL 2013) besitzen hohes Erklärungsvermögen ( $R^2 \geq 0,85$ ), sind vollständig kreuzvalidiert und mit  $p < 0,00001$  höchst signifikant (Vergleich und Regression von beobachteten und durch Modellanwendung berechneten Werten: siehe Abbildungen rechts)
- allgemeine Form der Modelle  

$$\log(u) = a + b \cdot \log(TL) - c \cdot \log(t) + d \cdot \log(T)$$
 (u = Schwimmgeschwindigkeit [m/s], TL = Körperlänge [m], t = Schwimmdauer [s], T = Wassertemperatur [°C]),  
 a, b, c, d = Modellkonstanten)
- art- und gildenspezifische Modellgleichungen: vgl. EBEL (2013)



Vergleich von beobachteten und berechneten Geschwindigkeiten



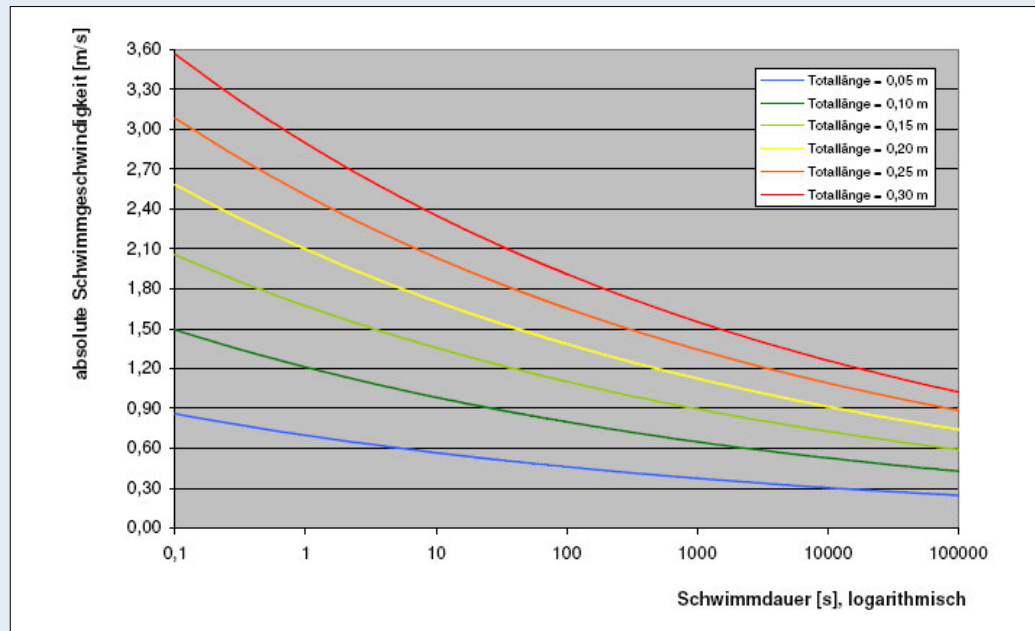
Regression von beobachteten und berechneten Geschwindigkeiten



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### Exkurs: Modellierung Schwimmgeschwindigkeit (Forts.)



**Beispiel für Modellanwendung:** Schwimmgeschwindigkeit von Fischen mit unterschiedlicher Körperlänge in Abhängigkeit von der Schwimmdauer bei einer Wassertemperatur von 15 °C (Details vgl. EBEL 2013)

Modellgleichung ( $R^2 = 0,89$ ,  $p < 0,00001$ ):

$$\log(u) = 0,546043 + 0,793724 \cdot \log(TL) - 0,090220 \cdot \log(t) + 0,281258 \cdot \log(T)$$



Lachs (*Salmo salar*), Foto: G. Ebel



Äsche (*Thymallus thymallus*), Foto: G. Ebel



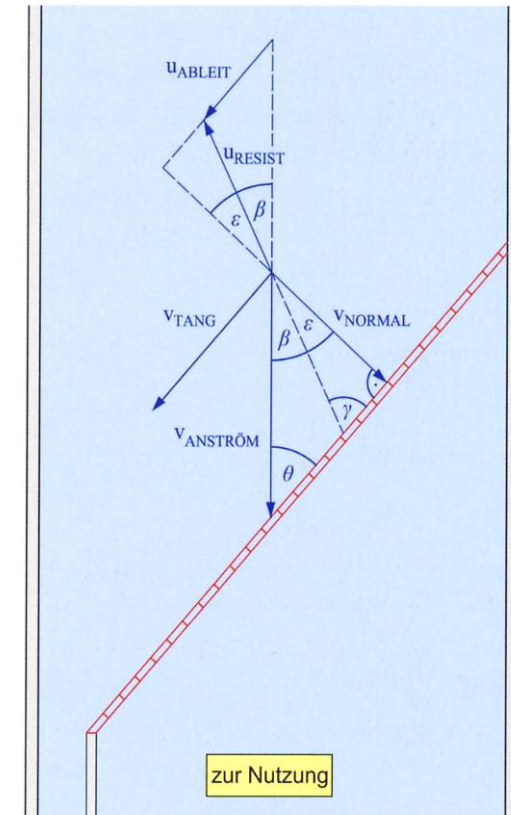
# Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

## Exkurs: Modellierung Anströmwinkel

| Modellautor                  | Modellgleichung                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PAKHORUKOV & KURAGINA (1978) | $\sin \theta = \frac{\sin \beta \cdot u_{\text{RESIST}}}{\sqrt{v_{\text{ANSTRÖM}}^2 + u_{\text{RESIST}}^2 - 2 \cdot v_{\text{ANSTRÖM}} \cdot u_{\text{RESIST}} \cdot \cos \beta}}$ |
|                              | $u_{\text{ABLEIT}} = \sqrt{v_{\text{ANSTRÖM}}^2 + u_{\text{RESIST}}^2 - 2 \cdot v_{\text{ANSTRÖM}} \cdot u_{\text{RESIST}} \cdot \cos \beta}$                                      |
|                              | $l_{\text{BARRIERE}} = \frac{b_{\text{KANAL}}}{\sin \theta} \quad t_{\text{ANSTRÖM}} = \frac{l_{\text{BARRIERE}}}{u_{\text{ABLEIT}}}$                                              |
| PAVLOV (1989)                | $\sin \theta = \frac{0,88 \cdot u_{\text{RESIST}}}{v_{\text{ANSTRÖM}}}$                                                                                                            |
|                              | $u_{\text{ABLEIT}} = \sqrt{v_{\text{ANSTRÖM}}^2 + u_{\text{RESIST}}^2 - 2 \cdot v_{\text{ANSTRÖM}} \cdot u_{\text{RESIST}} \cdot \cos \beta}$                                      |
|                              | $l_{\text{BARRIERE}} = \frac{b_{\text{KANAL}}}{\sin \theta} \quad t_{\text{ANSTRÖM}} = \frac{l_{\text{BARRIERE}}}{u_{\text{ABLEIT}}}$                                              |
| O'KEEFFE & TURNPENNY (2005)  | $\sin \theta = \frac{u_{\text{OPT}}}{v_{\text{ANSTRÖM}}}$                                                                                                                          |



Fließgeschwindigkeits- und Schwimmgeschwindigkeitsvektoren im Anströmbereich einer Barriere mit horizontaler Schräganströmung (nach PAVLOV 1989 verändert, aus EBEL 2013)



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 3. Bemessung und Gestaltung

#### 3.2 Bypass

##### Modelle zur Bemessung der Profildimensionen

- Mindestprofilbreite (EBEL 2013)
- Mindestprofilhöhe / Wassertiefe (EBEL 2013)

##### Informationen zum Verhalten abwandernder Fische

- Schwimmhorizonte
- hydraulische Toleranzen
- geometrische Toleranzen

##### Daten zu Körperdimensionen und -proportionen

- Körperlänge
- relative Körperbreite
- relative Körperhöhe

**Bemessung und Gestaltung des Bypasses hinsichtlich folgender Kriterien: Profilbreite, Profilhöhe, Profillage, minimale Fließgeschwindigkeit, maximale Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe nach Überfällen, spezifische Leistung, Durchfluss** (detaillierte Bemessungsmethoden und Gestaltungsempfehlungen vgl. EBEL 2013)

##### standörtliche Bedingungen:

- Zielarten und -stadien
- lichte Weite und Anströmverhältnisse des Rechens
- Lagebeziehung von Rechen und Bypass
- Ausbaudurchfluss der WKA

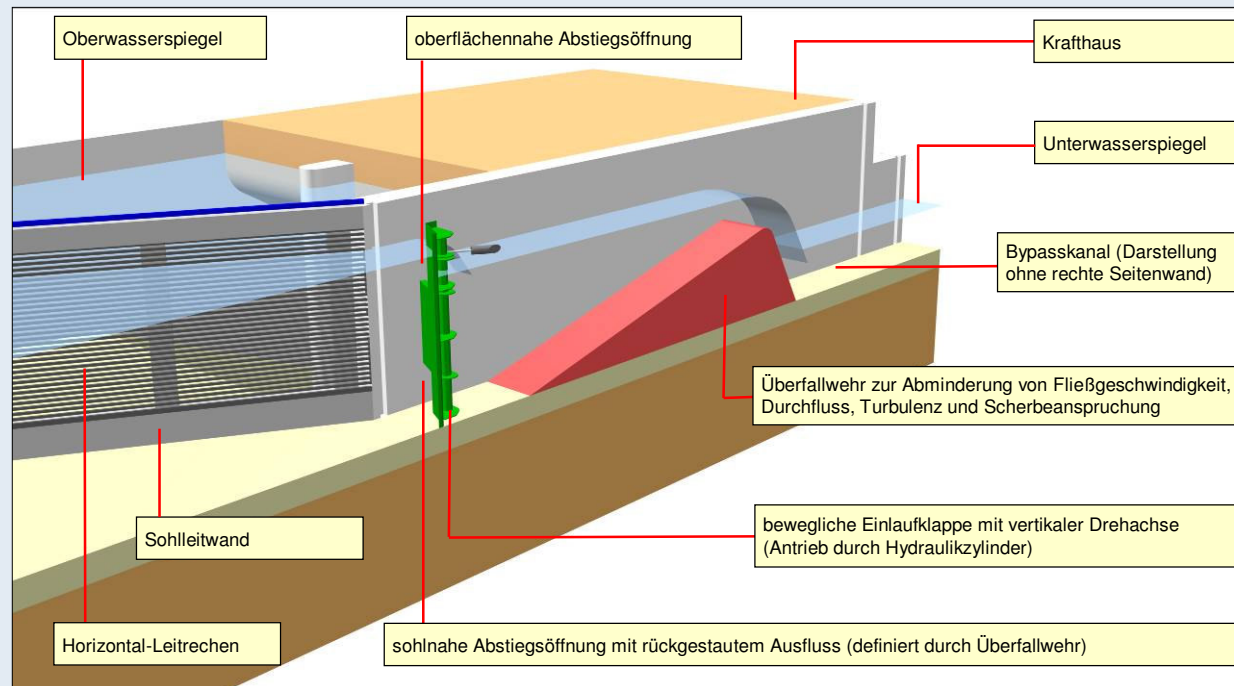


# Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

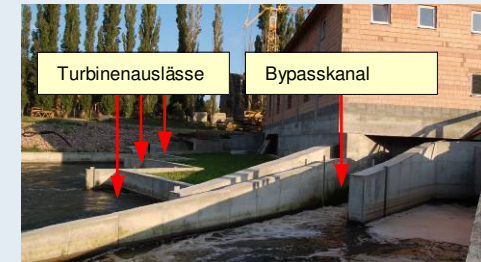
Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

## 3. Bemessung und Gestaltung

### 3.2 Bypass (Fortsetzung)



Prinzipskizze des Bypasses in Seitenansicht



Bypass im Normalbetrieb, Ansicht vom Unterwasser, Foto: G. Ebel



Überfallwehr im Bypass während der Bau-  
phase (im Hintergrund bauzeitl. Revisions-  
verschluss zum Unterwasser), Foto: A. Gluch

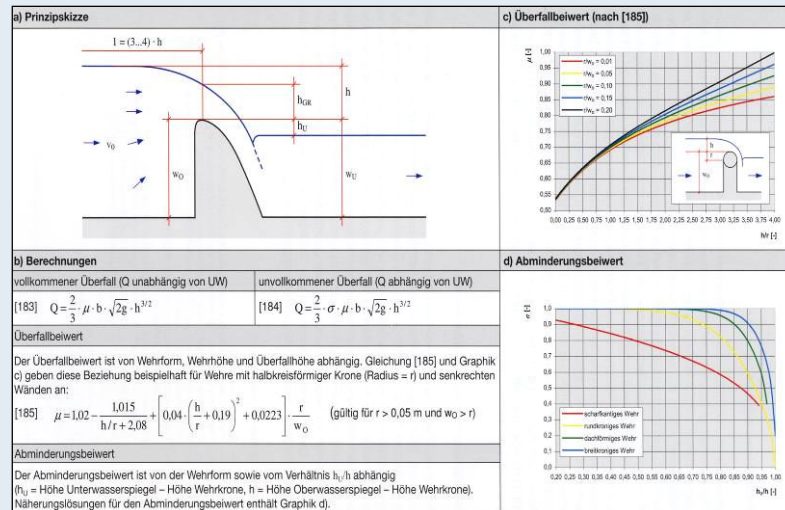


# Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

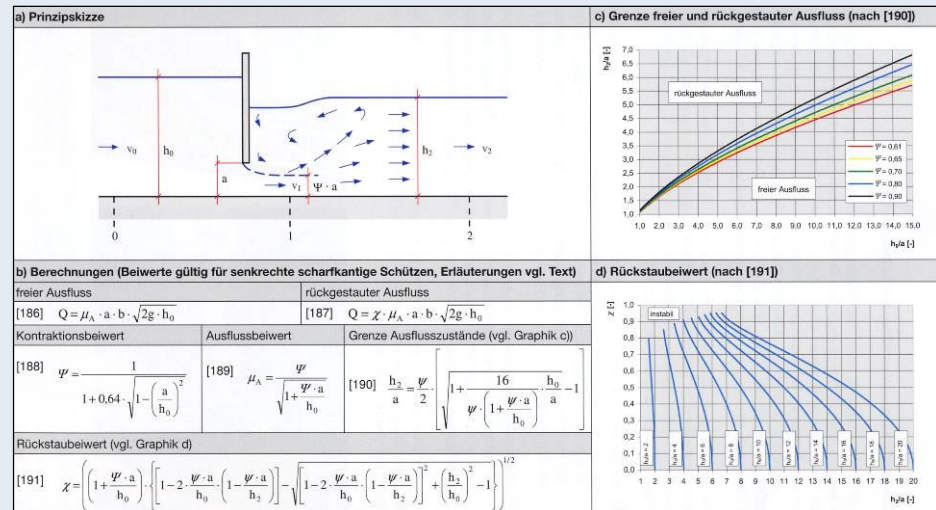
Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

## Exkurs: Hydraulische Berechnung von Kontrollbauwerken (Auswahl)

für obere Abtriebsöffnung in der Einlaufklappe und für Überfallwehr



für untere Abtriebsöffnung in der Einlaufklappe





## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 4. Biologische Wirksamkeit

#### Methodische Ansätze zur Evaluierung der Wirksamkeit:

1. Untersuchung der Nutzungsfrequenz des Bypasses
2. Untersuchung der Effizienz des Leitreechen-Bypass-Systems (Quantifizierung der Verteilung abwandernder Fische auf die relevanten Wanderkorridore)

#### 4.1 Untersuchung der Nutzungsfrequenz des Bypasses

- liefert erste Anhaltspunkte zur Funktion
- quantitative Beschreibung der Effizienz nicht möglich
- Untersuchungen an folgenden WKA:
  - Planena (Saale), Ausbaudurchfluss 50 m<sup>3</sup>/s
  - Rothenburg (Saale), Ausbaudurchfluss 68 m<sup>3</sup>/s
  - Raguhn (Mulde), Ausbaudurchfluss 88 m<sup>3</sup>/s



Bypassreuse, Foto: G. Ebel



Turbinenhamen, Foto: J. Riecken-Dietrich



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 4.1 Untersuchung der Nutzungsfrequenz des Bypasses

#### WKA Planena (Saale), EBEL (2007)

Kontrollzeitraum: 25 Tage Frühjahr + 3 Tage Herbst  
Artenzahl: 23  
Individuenzahl: 2.072  
Körperlänge: 8 – 95 cm

#### WKA Rothenburg (Saale), EBEL (2008)

Kontrollzeitraum: 14 Tage Frühjahr + 20 Tage Herbst  
Artenzahl: 29  
Individuenzahl: 7.657  
Körperlänge: 5 – 130 cm

#### WKA Raguhn (Mulde), EBEL (2010)

Kontrollzeitraum: 28 Tage Frühjahr + 2 Tage Herbst  
Artenzahl: 20  
Individuenzahl: 1.176  
Körperlänge: 4 – 97 cm



Barbe (*Barbus barbus*), Foto: G. Ebel



Wels (*Silurus glanis*), Foto: G. Rauch



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 4.2 Untersuchung der Effizienz des Systems

#### Fallstudie Rothenburg – Methodik (EBEL 2011)

- Untersuchungen an natürlich abwandernden Aalen
- gleichzeitige Beprobung des Bypasses und der 3 Turbinenaustrittsprofile mit jeweils 1 Fangvorrichtung über 12 Tage (4 Tage Frühjahr + 8 Tage Herbst)
- Bestimmung der Fangeffizienz der Bypassreuse mittels Markierungs-Wiederfang-Methode und Beschreibung durch logistisches Regressionsmodell
- Bestimmung der Fangeffizienz der Turbinenhamen mittels Markierungs-Wiederfang-Methode und Beschreibung durch logistisches Regressionsmodell
- Bestimmung der Mortalität in allen Fanggeräten
- Quantifizierung der Effizienz des Leitreechen-Bypass-Systems / Einsatz logistischer Regressionsmodelle zur Charakterisierung größenselektiver Effekte



Installation Turbinenhamen, Foto: G. Ebel



fangfertig gestellte Turbinenhamen, Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 4.2 Untersuchung der Effizienz des Systems (Forts.)

#### Fallstudie Rothenburg – Methodik (EBEL 2011)

allgemeine Definition der Effizienz des Leitreechen-Bypass-Systems:

$$E = \frac{N_{\text{BYPASS}}}{N_{\text{BYPASS}} + \sum_{i=1}^3 N_{\text{TURB}_i}}$$

E = Effizienz  
N<sub>BYPASS</sub> = Individuenzahl Bypassreuse  
N<sub>TURB</sub> = Individuenzahl Turbinenhamen

Beschreibung größenselektiver Effekte durch  
exponentielle, sigmoide Sättigungsfunktionen (logistische  
Modelle) der Form

$$E = \frac{\exp(-a + b \cdot TL)}{1 + \exp(-a + b \cdot TL)}$$

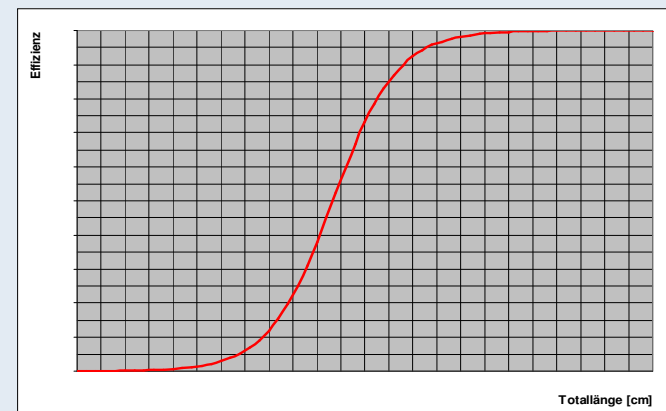
E = Effizienz, a, b = Modellkonstanten  
TL = Totallänge

Entwicklung logistischer Regressionsmodelle für:

- Fangeffizienz der Turbinenhamen
- Fangeffizienz der Bypassreuse
- Effizienz des Leitreechen-Bypass-Systems



Hebung eines Turbinenhamens, Foto: D. Möbius



allgemeine Darstellung eines logistischen Regressionsmodells



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 4.2 Untersuchung der Effizienz des Systems (Forts.)

#### Fallstudie Rothenburg – Ergebnisüberblick (EBEL 2011)

- 83,3 % der Aale wandern durch Bypass ab
- 16,7 % der Aale wandern durch Turbinen ab
- Mortalität nach Bypasspassage = 0,0 %
- Mortalität nach Turbinenpassage = 18,1 %
- Gesamtmortalität in den beprobten Wanderkorridoren (Bypass + Turbinen) = 2,5 %

#### Fallstudie Rothenburg – Schlussfolgerungen

- durch neuartiges Leitreechen-Bypass-System erhebliche Reduktion der Aalmortalität möglich
- Erhöhung der Effizienz für ingenieurbologisch verbesserte Leitreechen-Bypass-Systeme zu erwarten
- weiterführende Untersuchungen an einschlägigen Pilotanlagen und Entwicklung generalisierender Effizienzmodelle erforderlich



fänglich gestellte Bypassreuse, Foto: G. Ebel



Fang in Bypassreuse aus 1 Kontrollnacht, Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 5. Beispiele für ausgeführte Anlagen

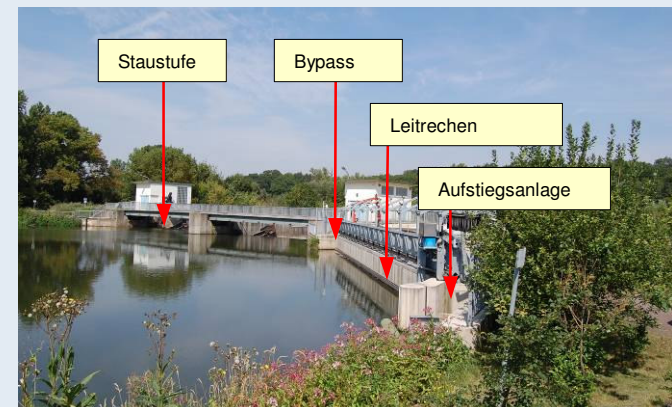
#### Wasserkraftanlage Planena (Saale, Deutschland)

- Ausbaudurchfluss: 50 m<sup>3</sup>/s
- Bruttofallhöhe bei MQ: 2,36 m
- Triebwerkskonzept: 2 horizontalachsige Kaplan-Turbinen
- lichte Stabweite Leitreechen: 20 mm
- horizontaler Anströmwinkel Leitreechen:  $\geq 45^\circ$
- Länge Rechenfeld (durchströmt): 29,5 m
- Höhe Rechenfeld (durchströmt): 3,73 m
- Normalgeschwindigkeit am Rechen:  $\leq 0,45$  m/s
- Breite Bypass: 1,00 m
- Länge Bypass: 29 m
- Durchfluss Bypass: 1,0 m<sup>3</sup>/s
- Betriebszeit Bypass: permanent

**Hinweis:** Die unter 5. vorgestellten Anlagen entsprechen nicht in allen Parametern dem aktuellen Kenntnisstand zur hydraulischen und geometrischen Bemessung. Ingenieurbologisch verbesserte Anlagen sind an verschiedenen Standorten in Planung oder Bau.



Rechen in der Bauphase (Ansicht Abströmseite), Foto: M. Kehl



Oberwasseransicht der Wasserkraftanlage, Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 5. Beispiele für ausgeführte Anlagen (Fortsetzung)

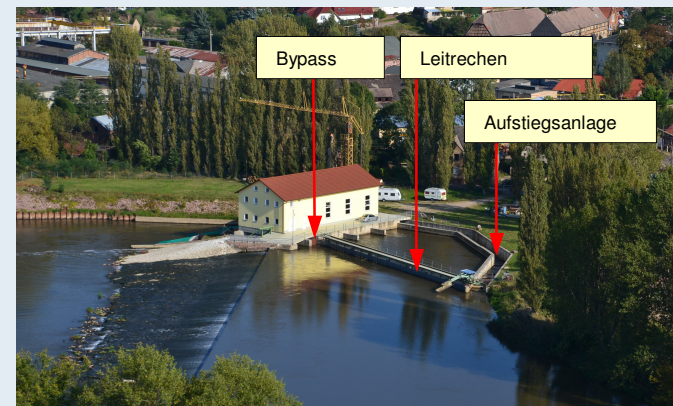
#### Wasserkraftanlage Rothenburg (Saale, Deutschland)

- Ausbaudurchfluss: 68 m<sup>3</sup>/s
- Bruttofallhöhe bei MQ: 2,35 m
- Triebwerkskonzept: 3 vertikalachsiges Kaplan-Turbinen
- lichte Stabweite Leitreechen: 20 mm
- horizontaler Anströmwinkel Leitreechen:  $\leq 38^\circ$
- Länge Rechenfeld (durchströmt): 50,0 m
- Höhe Rechenfeld (durchströmt): 2,50 m
- Normalgeschwindigkeit am Rechen:  $\leq 0,54$  m/s
- Breite Bypass: 2,00 m
- Länge Bypass: 12 m
- Durchfluss Bypass: 1,45 m<sup>3</sup>/s
- Betriebszeit Bypass: permanent

**Hinweis:** Die unter 5. vorgestellten Anlagen entsprechen nicht in allen Parametern dem aktuellen Kenntnisstand zur hydraulischen und geometrischen Bemessung. Ingenieurbiologisch verbesserte Anlagen sind an verschiedenen Standorten in Planung oder Bau.



Wasserkraftanlage in der Bauphase, Foto: G. Rauch



Ansicht der Wasserkraftanlage vom linken Ufer, Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 5. Beispiele für ausgeführte Anlagen (Fortsetzung)

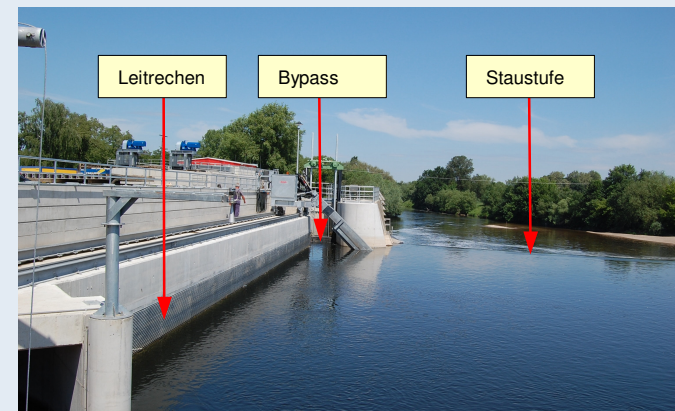
#### Wasserkraftanlage Raguhn (Mulde, Deutschland)

- Ausbaudurchfluss: 88 m<sup>3</sup>/s
- Bruttofallhöhe bei MQ: 3,78 m
- Triebwerkskonzept: 2 horizontalachsige Kaplan-Turbinen
- lichte Stabweite Leitreechen: 20 mm
- horizontaler Anströmwinkel Leitreechen:  $\geq 65^\circ$
- Länge Rechenfeld (durchströmt): 27,9 m
- Höhe Rechenfeld (durchströmt): 4,50 m
- Normalgeschwindigkeit am Rechen:  $\leq 0,70$  m/s
- Breite Bypass: 2,00 m
- Länge Bypass: 41,5 m
- Durchfluss Bypass: 1,0 m<sup>3</sup>/s
- Betriebszeit Bypass: permanent

**Hinweis:** Die unter 5. vorgestellten Anlagen entsprechen nicht in allen Parametern dem aktuellen Kenntnisstand zur hydraulischen und geometrischen Bemessung. Ingenieurbiologisch verbesserte Anlagen sind an verschiedenen Standorten in Planung oder Bau.



Rechen in der Bauphase (Ansicht Anströmseite), Foto: A. Gluch



Oberwasseransicht der Wasserkraftanlage, Foto: G. Ebel



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 5. Beispiele für ausgeführte Anlagen (Fortsetzung)

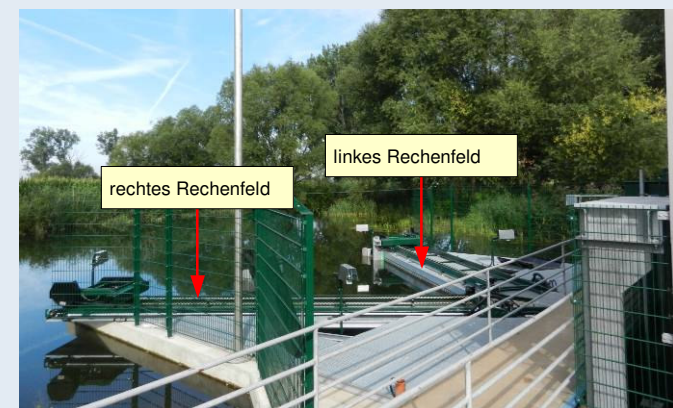
#### Wasserkraftanlage Hadmersleben (Bode, Deutschland)

- Ausbaudurchfluss: 14 m<sup>3</sup>/s
- Bruttofallhöhe bei MQ: 1,69 m
- Triebwerkskonzept: 2 Wasserkraftschnecken
- lichte Stabweite Leitreechen: 15 mm
- horizontaler Anströmwinkel Leitreechen: 38°
- Länge Rechenfeld (durchströmt): 2 x 6,50 m
- Höhe Rechenfeld (durchströmt): 2 x 3,00 m
- Normalgeschwindigkeit am Rechen:  $\leq 0,36$  m/s
- Breite Bypass: 0,80 m
- Länge Bypass: 11,5 m
- Durchfluss Bypass: 0,2 m<sup>3</sup>/s
- Betriebszeit Bypass: permanent

**Hinweis:** Die unter 5. vorgestellten Anlagen entsprechen nicht in allen Parametern dem aktuellen Kenntnisstand zur hydraulischen und geometrischen Bemessung. Ingenieurbiologisch verbesserte Anlagen sind an verschiedenen Standorten in Planung oder Bau.



Unterwasseransicht der Wasserkraftanlage, Foto: G. Ebel



Seitenansicht des V-förmigen Horizontalrechens, Foto: L. Klauke



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung  
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 6. Betriebserfahrungen

- (1) geringe Rechenverluste durch horizontale Stabausrichtung
- (2) partielle Selbstreinigung des Rechens durch tangentialen Strömungsvektor
- (3) minimale Treibgutentsorgungskosten durch effektive Treibgutweiterleitung ins Unterwasser
- (4) minimale Aufwendungen zur Bypassunterhaltung durch geringe Verlegungsanfälligkeit des Bypasses (für Entnahme von großen Treibgutobjekten ist Hydraulik-Ladekran am Eintrittsprofil des Bypasses erforderlich)
- (5) bedarfsabhängige Bypassbeaufschlagung durch bewegliche Kontrollbauwerke (geringe Beaufschlagung bei Normalbetrieb, hohe Beaufschlagung bei Spülung oder Hochwasserentlastung)
- (6) vorteilhafte Eigenschaften im Winterbetrieb durch erleichterten Transport von Eisschollen entlang der schräg exponierten Rechenfläche



Hydraulik-Ladekran mit Sterngreifer, Foto: G. Ebel



Transport von Eisschollen entlang des Rechens, Foto: A. Gluch



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 7. Schlussfolgerungen

- (1) vorteilhafte biologische Eigenschaften des Systems durch bisherige Untersuchungen belegt
- (2) vorteilhafte technische Eigenschaften des Systems durch bisherige Betriebserfahrungen belegt
- (3) System in unterschiedlichen Staaten an zahlreichen Standorten im Einsatz / international als Stand der Technik etabliert
- (4) System an neuen und bestehenden Wasserkraftanlagen gleichermaßen einsetzbar
- (5) ingenieurbioologische Bemessung und Gestaltung des Systems für die jeweiligen Standortbedingungen erforderlich
- (6) wissenschaftlich begründete Vorgaben für die ingenieurbioologische Bemessung und Gestaltung liegen vor
- (7) weitere Evaluierung und Optimierung des Systems vorgesehen
- (8) Etablierung einer systematischen Forschungstätigkeit zu Fragen des Fischschutzes und Fischabstiegs an Wasserkraftanlagen auch in Deutschland erforderlich



## Leitrechen-Bypass-System nach EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Auszüge aus der Buchveröffentlichung

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen (EBEL 2013)

### 8. Weiterführende Informationen

#### **Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen- und Bypasssysteme**

ISBN: 978-3-00-039686-1

Autor: Guntram Ebel

Herausgeber: Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel (BGF)

bibliographische Informationen: Format 20 x 28 cm (Hardcover), 483 Seiten (durchgängig farbig), 70 Zeichnungen, 112 Diagramme, 216 Fotos, 66 Tabellen, 32 Tafeln, 785 Literaturhinweise, Kurzzusammenfassung in deutsch, englisch, französisch, russisch

Zielgruppen: Planer, Gutachter, Sachverständige, Wasserkraftbetreiber, Fach- und Verwaltungsbehörden, Fischerei- und Naturschutzverbände, Lehrende und Lernende an Fachhochschulen und Universitäten

Band 4

Guntram Ebel

#### **Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen**

Handbuch Rechen- und Bypasssysteme

Ingenieurbilogische Grundlagen  
Modellierung und Prognose  
Bemessung und Gestaltung



Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie  
und Fischereibiologie