

Leitrechen-Bypass-System **EBEL, GLUCH & KEHL**

10 Jahre Genehmigungs- und Betriebspraxis

DWA Energietage Bremen 2014
Nachhaltigkeit an Wasserkraftanlagen
Fischabstieg downstream fish passage

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) Sachsen-Anhalt
Geschäftsbereich Grundlagen, Planung und Bau, Sachbereich Ingenieurbioogie / Ökohydraulik
Dipl.-Hydrol. Arne Gluch Tel.: 0345 / 5484311



Fischaufstiegsanlage

Saale fließt durch
3 vertikalachsige
Kaplan-Turbinen

Aal: 2,5% Gesamt-Mortalität
(18% Turbinenmortalität)

17% Turbinen-Passage
68 m³/s

83% Bypassschacht
1,45 m³/s

*Abstiegskontrolle lt. Genehmigung: alle
Arten und Fischgrößen
bei Reusenkontrolle nachgewiesen
(Juni 08: 269/d – z.B. Aale: < 2 cm und >
6 cm Durchmesser;
Ukelei 0,05 m bis Wels 1,62 m Länge)*



Forschung
EBEL / RAUCH

(noch) 20 mm – Horizontal-
Rechen 50 m x 2,5 m
 $v_n = 0,54 \text{ m/s}$

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



Planer: Franke, Dr. Ebel

WKA RAUCH Rothenburg / Saale



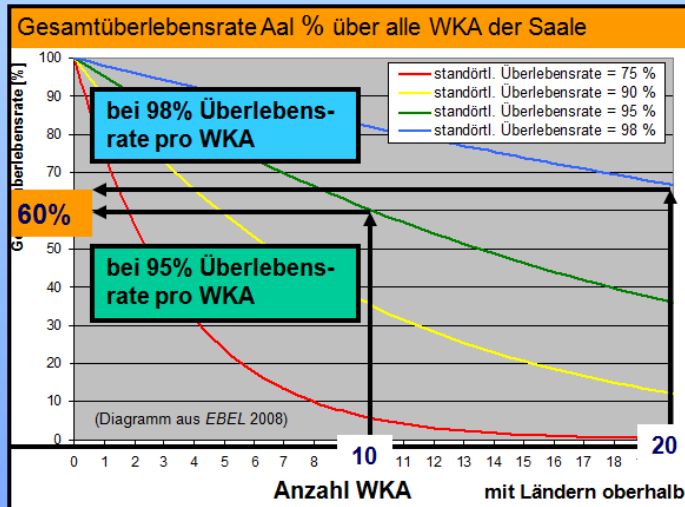
LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

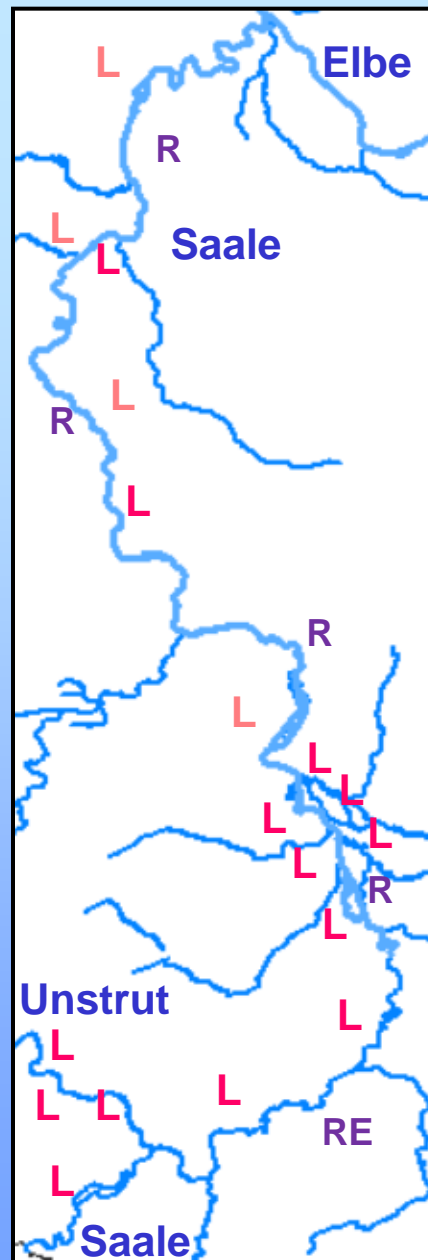
Fischschutz / Fischabstieg Untere Saale

Maßgeblich für das Überleben von Lachs und Aal und den Erfolg jeder einzelnen Investition ist, dass

1. die notwendige Überlebensrate in der Kette von WKA kumulativ ermittelt wurde und
2. alle WKA diese Überlebensrate praktisch erbringen.



teilweise Q- und Abstiegsaufteilung auf
parallele WKA / FAB



L: Leitreechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)
in Betrieb, Bau, genehmigt
L: Konzept, beantragt

R: permanent Sohlrohr +
Freiwasseröffnung am
Rechen anliegend (Alt-WKA)
RE: Sohlleitwand / Elektro-
Scheuche mit permanent
Sohlrohr + Freiwasseröffnung

ATKIS-Daten © GeoBasis-DE / LVermGeo LSA, [2012 / 010312]



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Sehr geehrte Damen und Herren,
als Beitrag zur Gewährleistung von Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen wurde ich gebeten, die Erfahrungen mit unserem Leitrechen-Bypass-System vorzustellen.

Anhand von Bildern sollen dabei auch wichtige praktische Details aus 10 Jahren Planung, Genehmigung und Betrieb des Leitrechen-Bypass-Systems *EBEL, GLUCH & KEHL (2001)* dargestellt werden.

Zu allen fischwissenschaftlichen Grundlagen, Modellierung und Bemessung verweise ich dabei auf das Grundlagenwerk **Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, Handbuch Rechen- und Bypasssysteme (EBEL 2013)**.

(3) Gesetzliche Anforderungen zu Fischschutz und Fischabstieg gibt es nicht wenig ...

(4) Neben vorrangig Gewährleistung von Fischschutz und Fischabstieg waren auch wasserwirtschaftliche Verbesserungen Ziel der System-Entwicklung.

(5) Art- und altersabhängig ist ein weites Spektrum von Triebwerksschäden, Verhaltensmustern und Leistungsfähigkeit von Fischen vor Schutzanlagen und im Abstieg zu berücksichtigen.

(6) Maßgeblich für das Überleben von Lachs oder Aal und den Erfolg jeder einzelnen Investition ist, dass

1. die notwendige Überlebensrate in der Kette von WKA kumulativ ermittelt wurde und
2. alle WKA diese Überlebensrate praktisch erbringen.

(7-49) Wesentliche Details für den Erfolg des Systems
in den ff. Bilderläuterungen ...





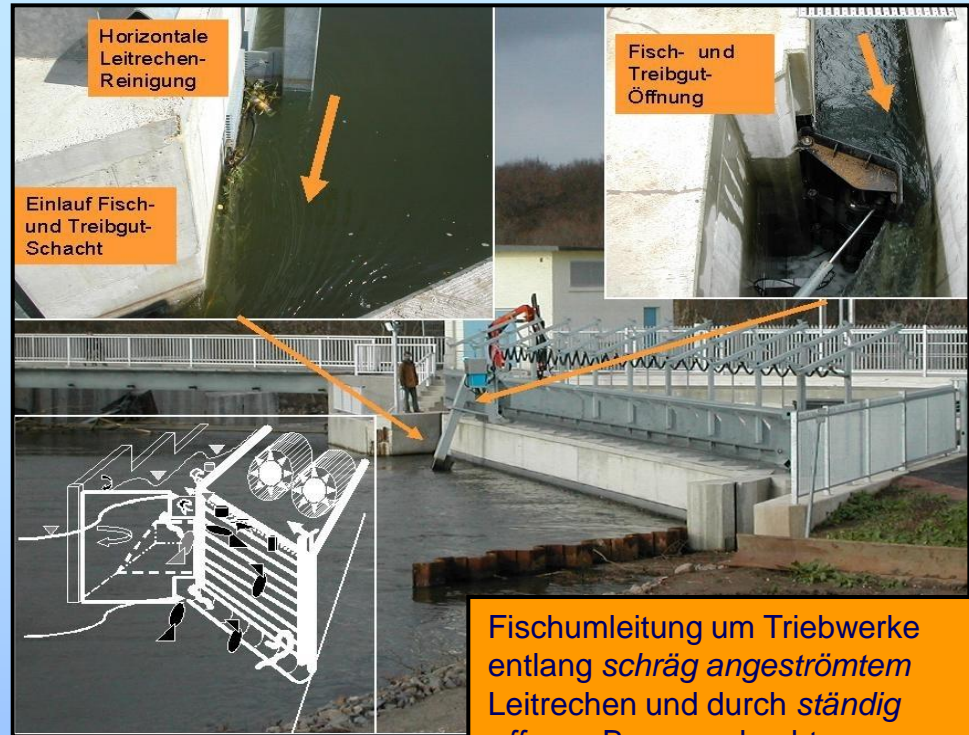
Fischschäden und kein Fischabstieg an
fischdurchlässigen oder
senkrecht angeströmten Rechen

Schäden durch Zerteilung, Quetschung,
Wirbelsäulenschäden, geplatzte Schwimmblase
im Triebwerk

Verstoß gegen
EU- Aalschutzverordnung,
EU- WRRL, EU- FFH- RL,
Tierschutzgesetz, Wassergesetz, Naturschutzgesetz



Schäden durch Quetschung am Rechen und
zwischen Treibgut, Ersticken im Rechengutcontainer



Fischumleitung um Triebwerke
entlang *schräg angeströmtem*
Leitrechen und durch *ständig*
offenen Bypassschacht:
Leitrechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

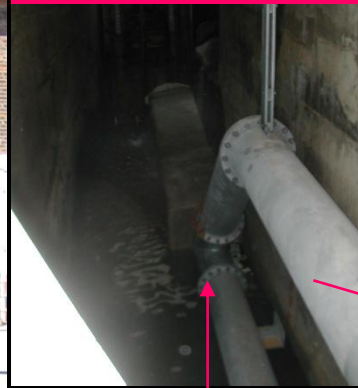


LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

**Fischabstiegskontrolle WKA Alsleben
(30 m³/s) / Potamalgewässer Saale
(EEG-Nachrüstung FAA und Versuch FAB)**

**Sohlabstiegsrohr
in Freischützsohle**



**Freiwasserabstiegs-
Schlitzpass**

**Kein Fischabstieg am
herkömmlich senkrecht
angeströmten Rechen !**

früher



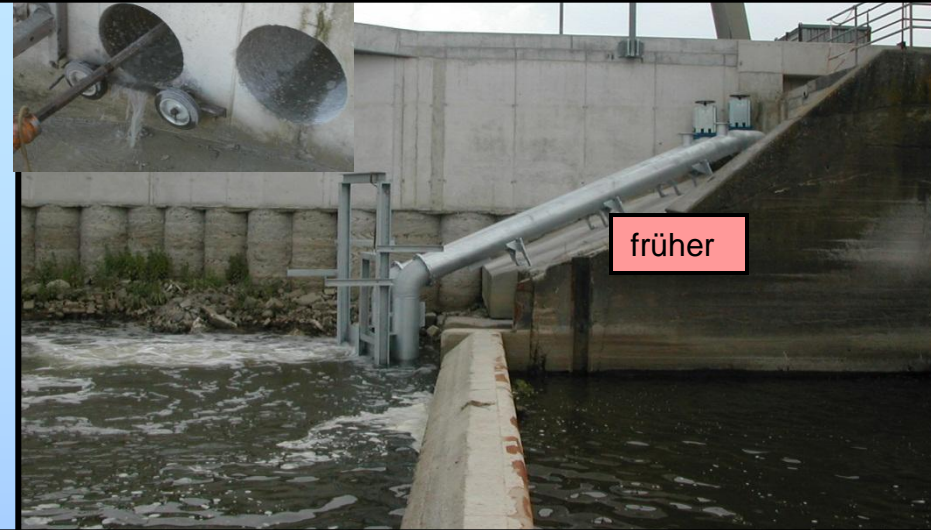
LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Bypassrohre
unten und oben

45° geneigter, senkrecht
angeströmter Rechen;
20 mm Stababstand;
0,5 m/s Anströmgeschwindigkeit

**Mangelhafte vertikale Fischleitung bei herkömmlich
senkrecht angeströmten Rechen trotz 45° Neigung !**



früher

Fischabstiegskontrolle WKA Calbe (50 m³/s) / Potamalgewässer Saale

(Nachrüstung Altrecht: senkrechter Rechen flacher gestellt + Bypass 0,5 m unter Wsp. + Sohlleitwand / Steigrohrbypass)

Ergebnis: Abstiegszahlen Freiwasserarten nur 5 % des horizontal leitenden Leitrechen-Bypass-Systems

EBEL, GLUCH & KEHL (2001) an WKA Rothenburg (Saale oberhalb) ; 15 % bei sohlorientierten Fischarten (Kontrolle zeitgleich, beides 20 mm Stababstand, 0,5 m/s Anströmgeschwindigkeit)



früher

Sohlleitschale



Systementwicklung für nachhaltige Wasserkraftnutzung

Gesetzliche Motivation: **permanenter Fischschutz + Fischabstieg**

Motivation wasserwirtschaftlich:

Treibgutkonzept (permanente Weiterleitung in fließender Welle)

Keine *Einwände abfallrechtlich* (kein Einbringen von Stoffen in Gewässer, keine Sammelgrube, Transportweg, optische, geruchliche Belästigung bei Sammlung auf überstautem Krafthaus)

Keine *Gefährdung Bootsverkehr* durch Treibgutschübe

Keine *Versatzgefährdung für Anlagen* u. durch gesammeltes und verzahnt eingeleitetes Treibgut

Beitrag **Geschiebekonzept**

Beitrag **Nachweis Hochwasserneutralität** (Triebwerksmenge nicht anrechenbar)

Betriebsfreundlichkeit WKA

Minimierung „Trieb-Wasserverlust“ durch Bypässe; Keine Verstopfung von Bypassrohren; Reduzierung der Probleme bei Laub und Eis am senkrecht angeströmten Rechen, Minimierung Entsorgungskosten



Horizontale
Leitrechen-
Reinigung

Einlauf Fisch-
und Treibgut-
Schacht

Fisch- und
Treibgut-
Öffnung

1 m³/s

50 m³/s
2 horizontal-
achsige Kaplan

Bypassschacht mit
wassersparendem,
flach ansteigendem
Überfallwehr;
ggf. absenkbar für
Hochwasser- oder
Sediment-Abführung

(noch) 20 mm – Horizontal-
Rechen 30 m x 3,7 m
 $v_n = 0,45 \text{ m/s}$

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

WKA KEHL Halle / Saale

Mindestens ständige Sohl- und Freiwasseröffnung

Planer: Kehl, Dr. Ebel



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



minimaler Wasserbedarf für Fischabstieg
und Treibgutweiterleitung
reduzierter Aufwand für Rechenreinigung
und Rechengutentsorgung
minimaler Aufwand für Bypass-
Unterhaltung
geringere energetische Rechenverluste

Verzögerungsfreie Fischleitung in
mehreren Ländern nachgewiesen

Entnahmemöglichkeit
für Grosstreibgut

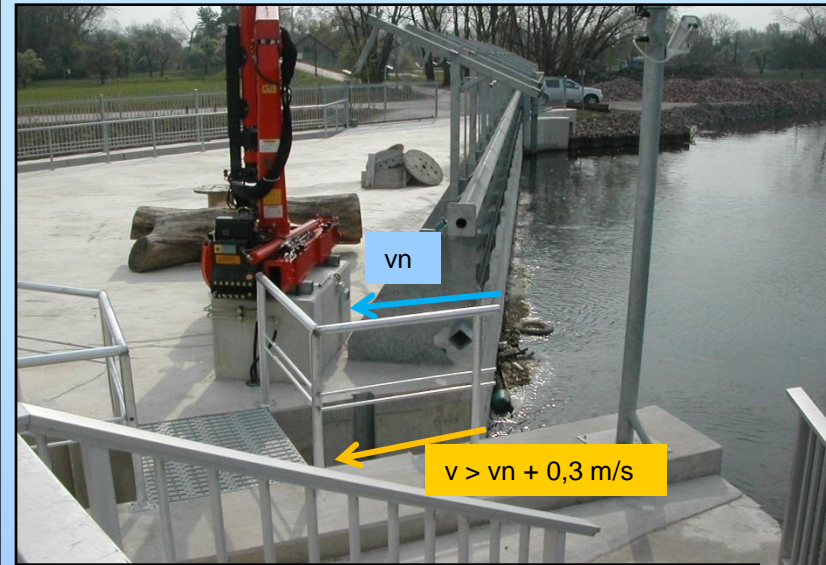
Permanente
Treibgut-
Weiterleitung

Rechenreiner Null-
Stellung OW (nur bei
Eis abstehend am
Bypass-Einlauf)

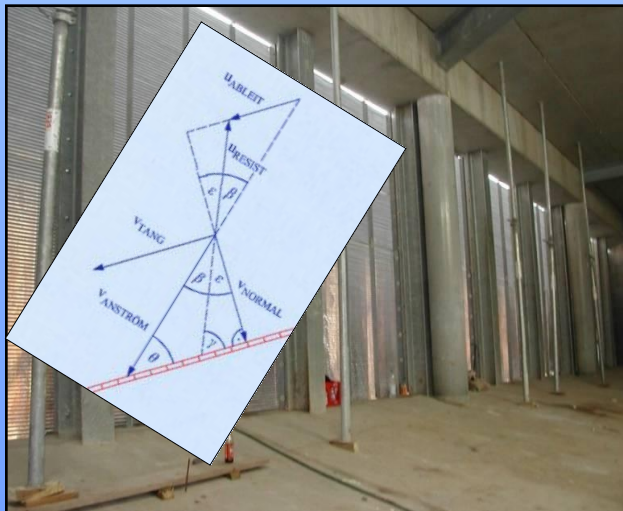




Abdeckung Rechen bis Triebwerk oder
+ 120 mm-Personen- Schutzrechen vor Triebwerk!



Bypass-Wassermenge keine Pauschale –
ergibt sich als fischartspezifisches
Minimum aus Berechnung nach
**Fischschutz und Fischabstieg an
Wasserkraftanlagen
Handbuch Rechen- und
Bypasssysteme (EBEL 2013)**
und ggf. Spülwasser



Physische Barriere

(artspezifisch 10 – 15 mm)

mit Leitwirkung;

Anströmwinkel nach Modellierung mit
Schwimmgeschwindigkeit und
Schwimmdauer

der Fisch-Arten und Stadien

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



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Modellierung der Fisch-Schwimmgeschwindigkeiten nach *Handbuch Rechen- und Bypasssysteme (EBEL 2013)*

Art/Artengruppe	Modellgleichung	
Allgemeine und gildenspezifische Modelle (nicht für Aale, Neunaugen, Störe, Kelts)		
rheophile + nichtrheophile Gilde	(1)	$\log(u) = 0,5130 + 0,7941 \cdot \log(TL) - 0,0906 \cdot \log(t) + 0,2921 \cdot \log(T)$
rheophile Gilde	(2)	$\log(u) = 0,5460 + 0,7937 \cdot \log(TL) - 0,0902 \cdot \log(t) + 0,2813 \cdot \log(T)$
nichtrheophile Gilde	(3)	$\log(u) = 0,3674 + 0,7692 \cdot \log(TL) - 0,0982 \cdot \log(t) + 0,3649 \cdot \log(T)$
Art- bzw. familienspezifische Modelle		
Aale (<i>Anguillidae</i>)	(4)	$\log(u) = 0,4250 + 0,5670 \cdot \log(TL) - 0,1330 \cdot \log(t)$ für $T > 10\text{ °C}$
Aale (<i>Anguillidae</i>)	(5)	$\log(u) = 0,2762 + 0,5670 \cdot \log(TL) - 0,1330 \cdot \log(t)$ für $T = 5\text{ °C}$
Neunaugen (<i>Petromyzontidae</i>)	(6)	$u = 76,7053 + 13,0921 \cdot \log(0,0013 \cdot TL^{3,052}) - 26,3158 \cdot \log(t) + 0,7737 \cdot T$
Störe (<i>Acipenseridae</i>)	(7)	$u = (3,1782 + 0,0226 \cdot TL + 0,0547 \cdot T - \log(t)) / (0,0455 + 0,000536 \cdot T - 0,000185 \cdot TL)$

Maximale Rechen-Anströmgeschwindigkeiten nach **EBEL**

Rechen-Anstromgeschwindigkeiten nach EBEL			maximale Anströmgeschwindigkeit (m/s)	
Art/Artengruppe	Entwicklungsstadium	TL (m)	Barrieren ohne horizontale Schräganströmung	Barrieren mit horizontaler Schräganströmung
Diadrome Arten				
Aale (<i>Anguillidae</i>)	Gelbaal	0,30	0,27	$0,27/\sin\theta$
	Blankaal	0,60	0,41	$0,41/\sin\theta$
Salmoniden (<i>Salmonidae</i>)	Smolt	0,10	0,38	bei 90° z.B. bei 35°: 0,66 m/s
	Kelt	0,50	0,50	
Neunaugen (<i>Petromyzontidae</i>)	Macrophthal.	0,10	0,10	$0,10/\sin\theta$
	Macrophthal.	0,15	0,15	$0,15/\sin\theta$
Störe (<i>Acipenseridae</i>)	juvenil	0,10	0,10	$0,10/\sin\theta$
	juvenil	0,30	0,30	$0,30/\sin\theta$
Potamodrome Arten				
rheophile Gilde	juvenil/adult	0,10	0,38	$0,38/\sin\theta$
	juvenil/adult	0,20	0,66	$0,66/\sin\theta$
nichtrheophile Gilde	juvenil/adult	0,10	0,28	$0,28/\sin\theta$
	juvenil/adult	0,20	0,48	$0,48/\sin\theta$

~~$V < 0,5 \text{ m/s}$~~



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Bemessung von Rechensystemen

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 Rechens hinsichtlich folgender Kriterien: Stabweite, Anströmwinkel, Anströmgeschwindigkeit, Höhe der Sohleleitwand, ggf. Höhe der oberflächennahen Verblendung (detaillierte Bemessungsmethoden und Gestaltungsempfehlungen vgl. EBEL 2013)

standörtliche Bedingungen

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

Bemessung von Bypasssystemen

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:

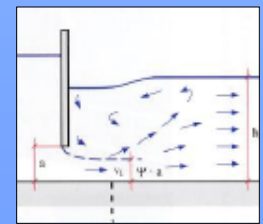
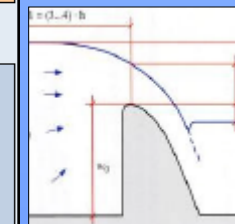
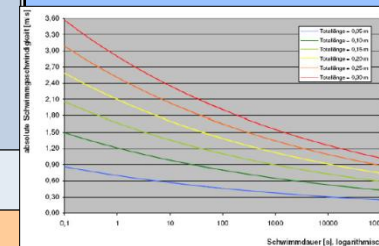
- Zielarten und -stadien
- lichte Weite und Anströmverhältnisse des Rechens
- Lagebeziehung von Rechen und Bypass
- Ausbaudurchfluss der WKA

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

Bildauszüge aus:

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen
Handbuch Rechen- und Bypasssysteme (EBEL 2013)

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



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Leitrechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)
Bemessung und Berechnung enthalten in:

Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen Handbuch Rechen- und Bypasssysteme (EBEL 2013)

Autor: Dr. Guntram Ebel, Hrsg.: Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie
ISBN: 978-3-00-039686-1



Ingenieurblogische Grundlagen Modellierung und Prognose Bemessung und Gestaltung

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

Sprache
deutsch (mit englischer, französischer und russischer Kurzzusammenfassung)

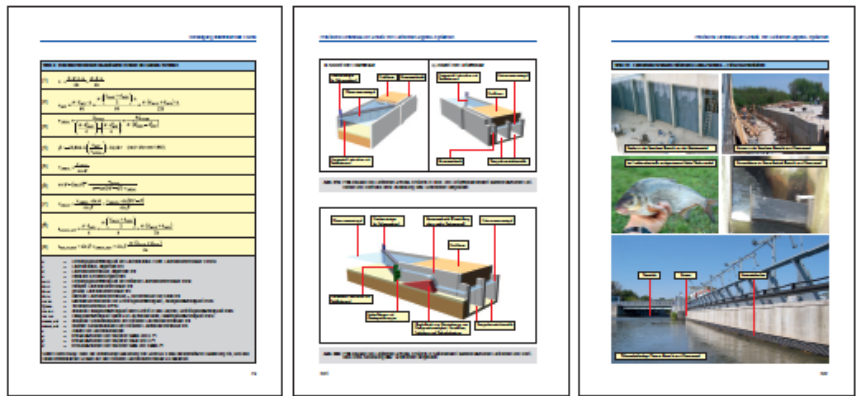
Bezug
Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie (BGF)
Saalwerderstraße 10
D-06118 Halle (Saale)
Fax: +49 (0)345 / 52 38 876
E-Mail: info@bgf-halle.de
Internet: www.bgf-halle.de

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

Biologisch konzipierte Rechen- und Bypasssysteme ein hohes Potential für einen wirksamen Fischschutz. Das vorliegende Buch vermittelt einen systematischen Überblick über die geometrischen und hydraulischen Zielgrößen für die Bemessung von Rechen- und Bypasssystemen sowie über die Grundsätze für die Positionierung und Gestaltung derartiger Vorrichtungen. Die hierfür erforderlichen Grundlagen und Methoden werden in separaten Kapiteln ausführlich behandelt. Hierbei entwickelt der Autor neue Modellgleichungen, durch deren Anwendung physisch und verhaltensbiologisch bedingte Anforderungen abwandernder Fische an Schutz- und Abstiegssysteme quantitativ beschrieben werden können. Der Praxiseinsatz ingenieurblogisch konzipierter Rechen- und Bypasssysteme wird durch ausgeführte Pilotanlagen beispielhaft veranschaulicht. Die dem Buch zugrunde liegende Literaturlaufarbeit umfasst 785 Studien aus dem europäischen, nordamerikanischen, asiatischen und neuseeländischen Raum und beinhaltet Informationen zu 111 Kraftwerken, 97 Gewässern sowie zu 80 Fisch- und Neunaugenarten. Die Textdarstellungen werden durch 216 Fotos, 70 Zeichnungen, 112 Diagramme, 66 Tabellen und 32 Tafeln illustriert und ergänzt. Die vorliegende Veröffentlichung ist nicht nur als Handbuch für die ingenieurblogische Planung von Rechen- und Bypasssystemen nutzbar, sondern auch als Nachschlagewerk, das zur Klärung spezieller Fragestellungen eingesetzt werden kann.

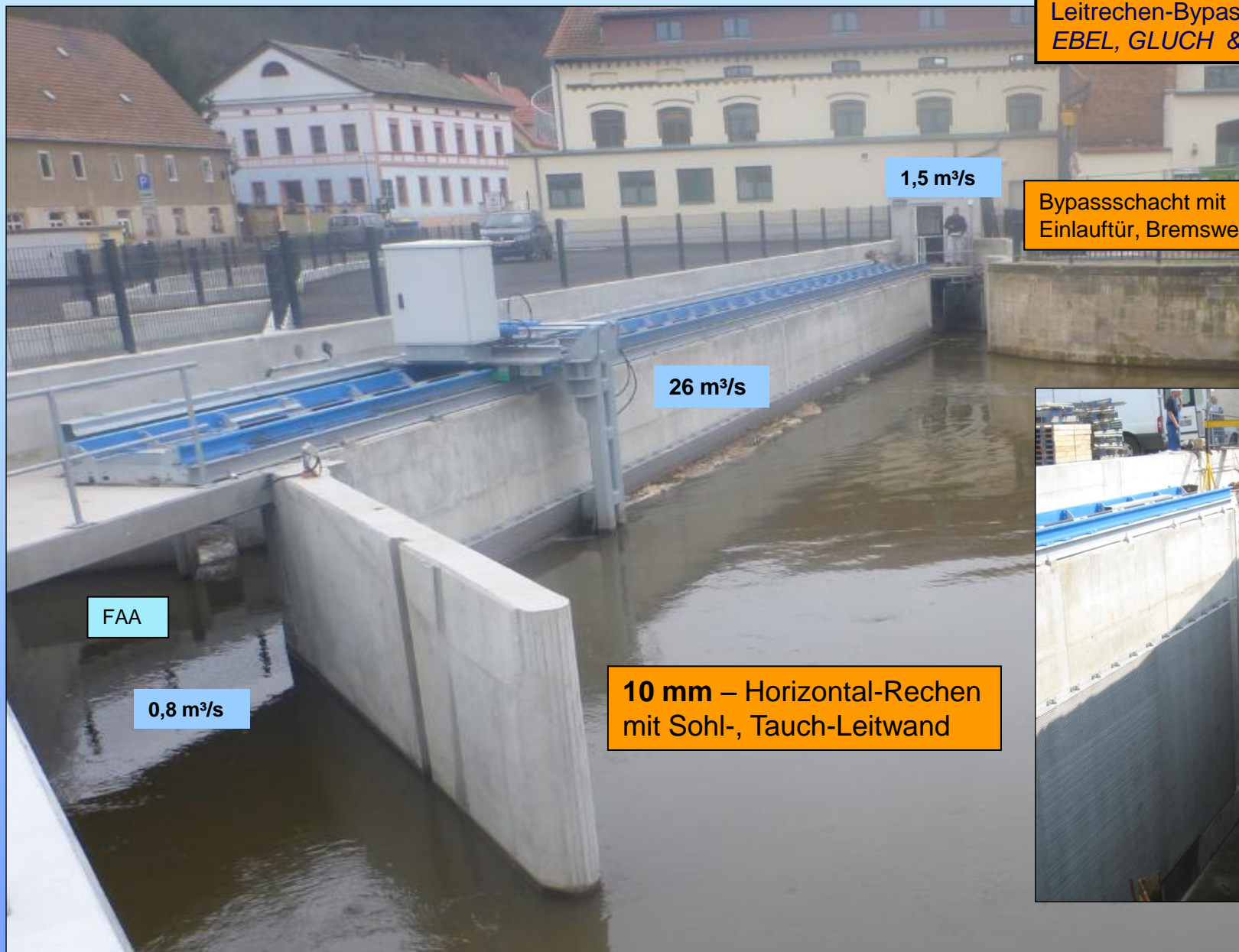
Gliederung / Grobkonzept
Kurzdarstellung deutsch, englisch, französisch, russisch (4 Seiten), Vorwort (2 Seiten), Danksagung (3 Seiten), Inhaltsverzeichnis (7 Seiten), Einleitung (3 Seiten), 9 Sachkapitel mit 228 Teilkapiteln (326 Seiten), Literaturverzeichnis (41 Seiten), sonstige Verzeichnisse und Anlagen (81 Seiten), Sach- und Artenregister (9 Seiten)

Beispielseiten



Bestellung: **Fax +49 (0)345 / 52 38 876**
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Handbuch Rechen und Bypasssysteme. Ingenieurblogische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung.
Autor: Dr. Guntram Ebel, Hrsg.: Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie, Halle (Saale), 483 Seiten (Hardcover), ISBN: 978-3-00-039686-1, Preis: 125,- EUR (einschließlich Mehrwertsteuer, zuzüglich Versand)

Vortragspräsentation:
www.bgf-halle.de
Bemessung und Gestaltung von Fischschutz- und Fischabstiegssystemen - internationaler Kenntnisstand und praktische Empfehlungen (Präsentationen 4. workshop Forum Fischschutz und Fischabstieg) , Dr. Guntram Ebel (Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie)



WKA WALTHER Burgmühle Freyburg / Unstrut

Planer: Kehl, Dr. Ebel



LHW

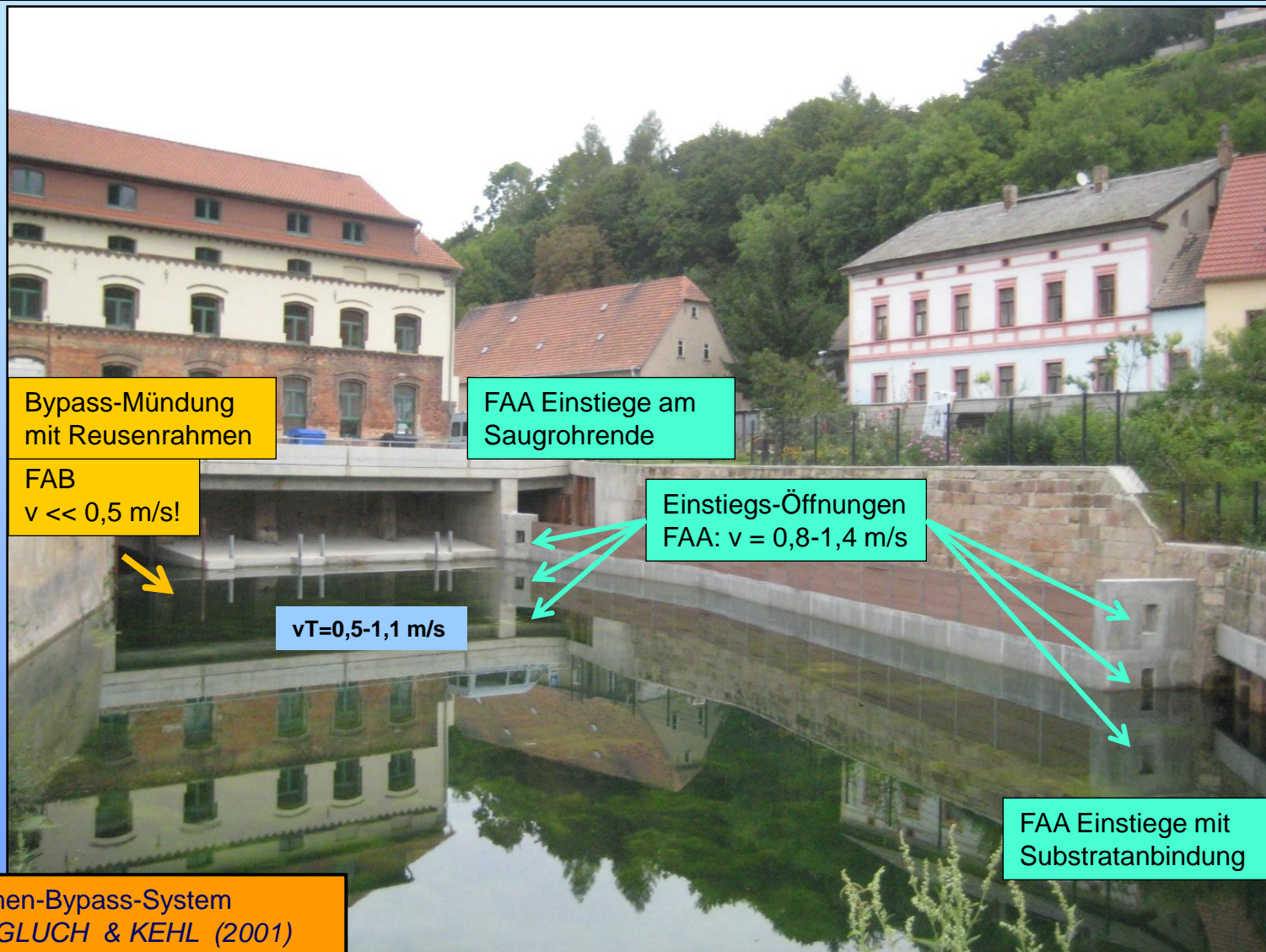
Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Anordnung Mündung Bypassschacht für Fisch-Abstieg unter Vermeidung Sackgasse bei Fisch-Aufstieg!

A) Bypassschacht unterhalb Bremswehrüberfall mit großem Fließquerschnitt / $v < 0,5 \text{ m/s}$ (auch für Abstiegskontrolle)

oder, wenn baulich nicht machbar:

B) Bremswehr unmittelbar oberhalb FAA-Einstieg (welcher seitlich neben Saugrohrende)



Leitreechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)



LHW

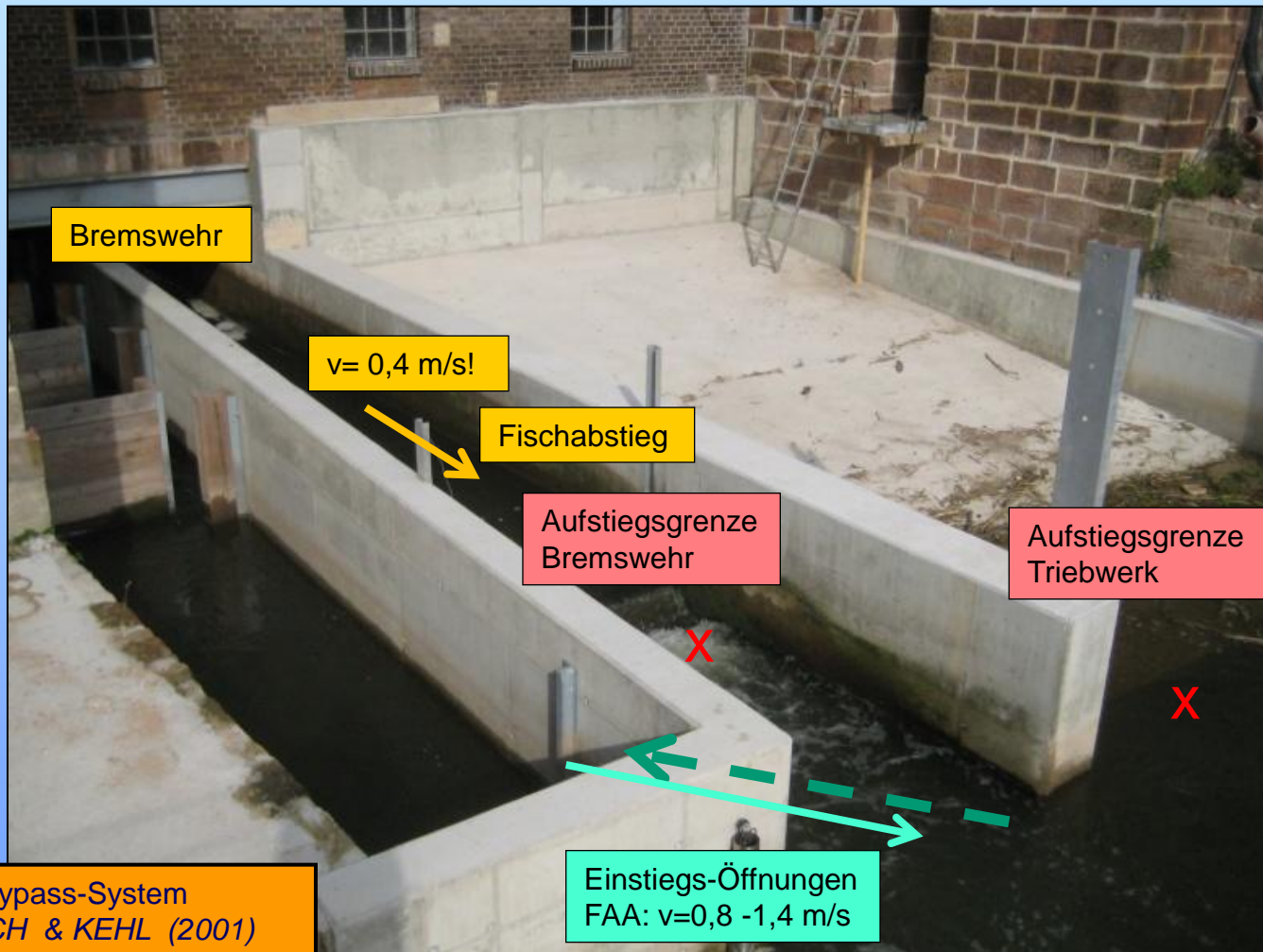
Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Anordnung Mündung Bypassschacht für Fisch-Abstieg unter Vermeidung Sackgasse bei Fisch-Aufstieg!

A) Bypassschacht unterhalb Bremswehrüberfall mit großem Fließquerschnitt / $v < 0,5 \text{ m/s}$ (auch für Abstiegskontrolle)

oder, wenn baulich nicht machbar:

B) Bremswehr unmittelbar oberhalb FAA-Einstieg (welcher seitlich neben Saugrohrende)



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



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

FAB WKA Raguhn
permanent 1 m³/s
durch Sohl- und
Freiwasseröffnung

Bypassschacht

**WKA ENERCON
Raguhn Mulde**

88 m³/s
2 horizontalachsige Kaplan

1 m³/s

Leitrechen

1176 Absteiger
(428 Lachs-Smolts)

Gleichzeitig
Wehrüberströmung
mit Fischabstieg

(noch) 20 mm –
Horizontal-Rechen
28 m x 4,5 m

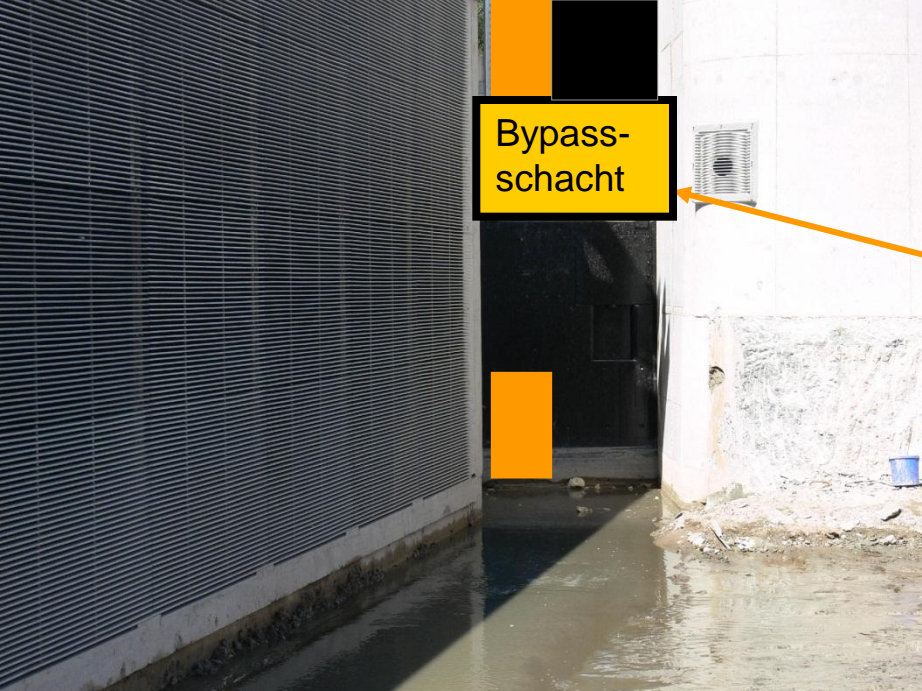
Leitrechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)

Planer: Schumacher



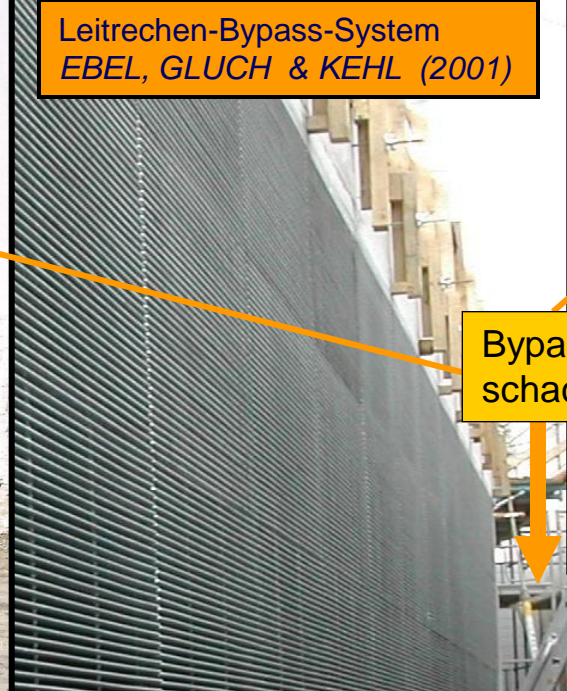
LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

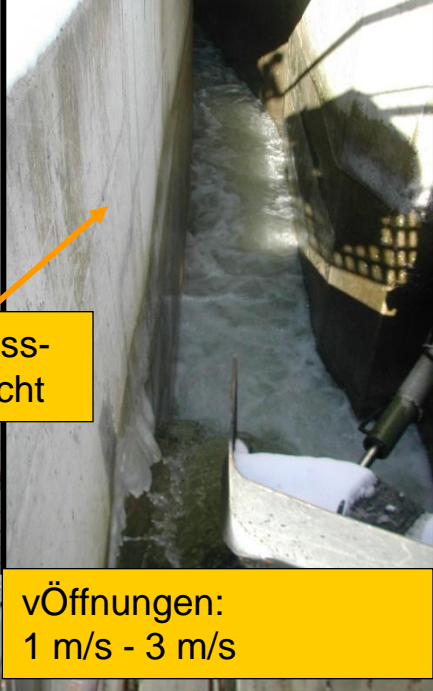


Bypass-schacht

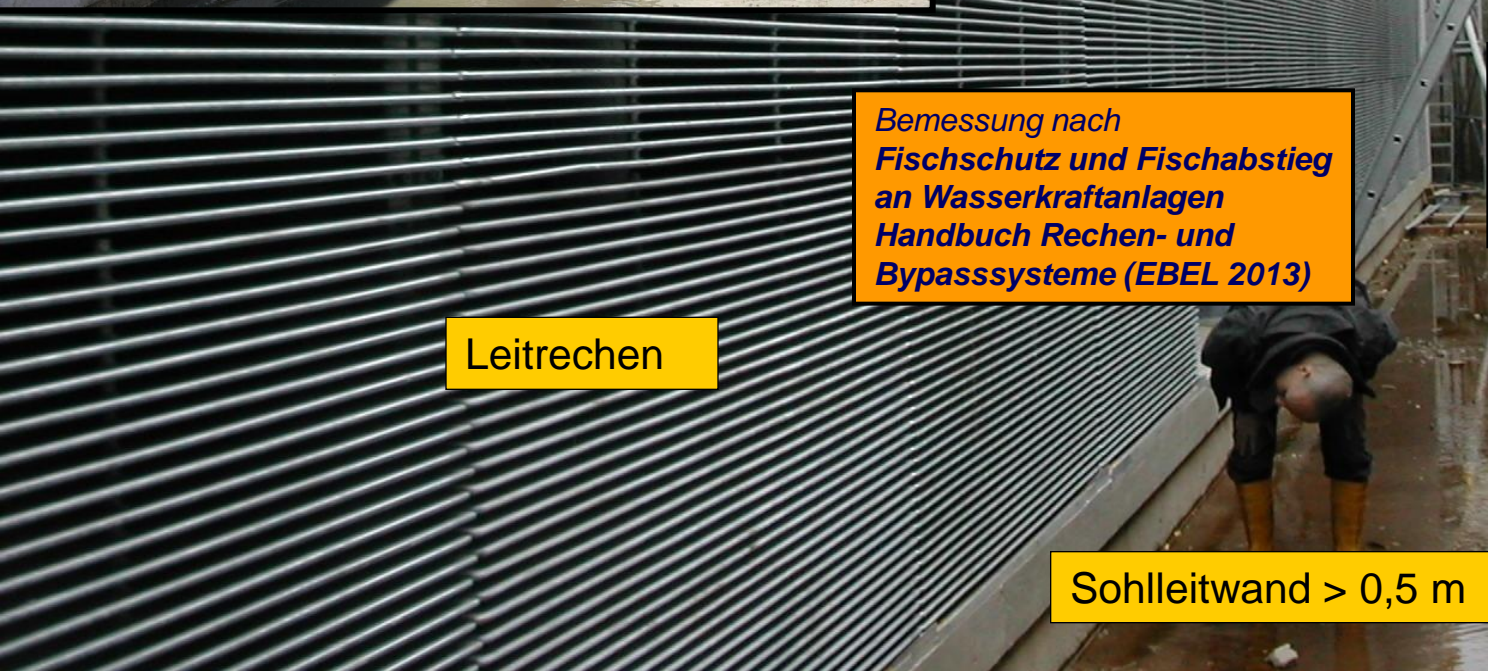
Leitrechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)



Bypass-schacht



vÖffnungen:
1 m/s - 3 m/s



Leitrechen

Bemessung nach
*Fischschutz und Fischabstieg
an Wasserkraftanlagen
Handbuch Rechen- und
Bypasssysteme (EBEL 2013)*

Abstiegsöffnungen glatt
abgerundet;
Spalten mit flexiblen
Dichtungen

Sohlleitwand > 0,5 m



Einlauftür Bypassschacht mit
Öffnungen oben + unten

Spalten mit flexiblen
Dichtungen (Fischschutz)

Abstiegsöffnungen glatt
abgerundet

Permanente Öffnungen



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

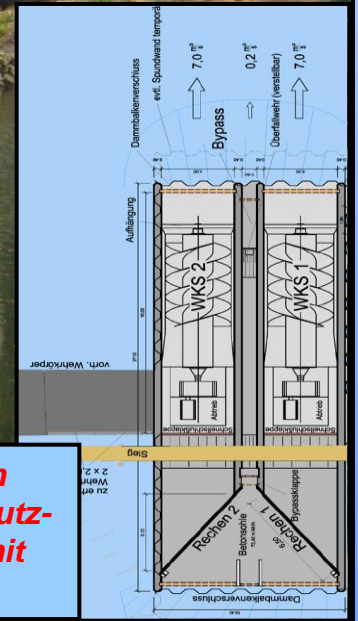




Ständig offener Bypassschacht
mit Einlauffür und
absenkbarem Bremswehr

Leitrechen
3 m x 6,5 m

Leitrechen
3 m x 6,5 m



Planer:
Klauke, Dr. Ebel

**Wasserkraft-Schnecken erfordern
12 cm - Betriebs- und Kinderschutz-
Rechen – d.h. Fischabstieg nur mit
Bypass!**



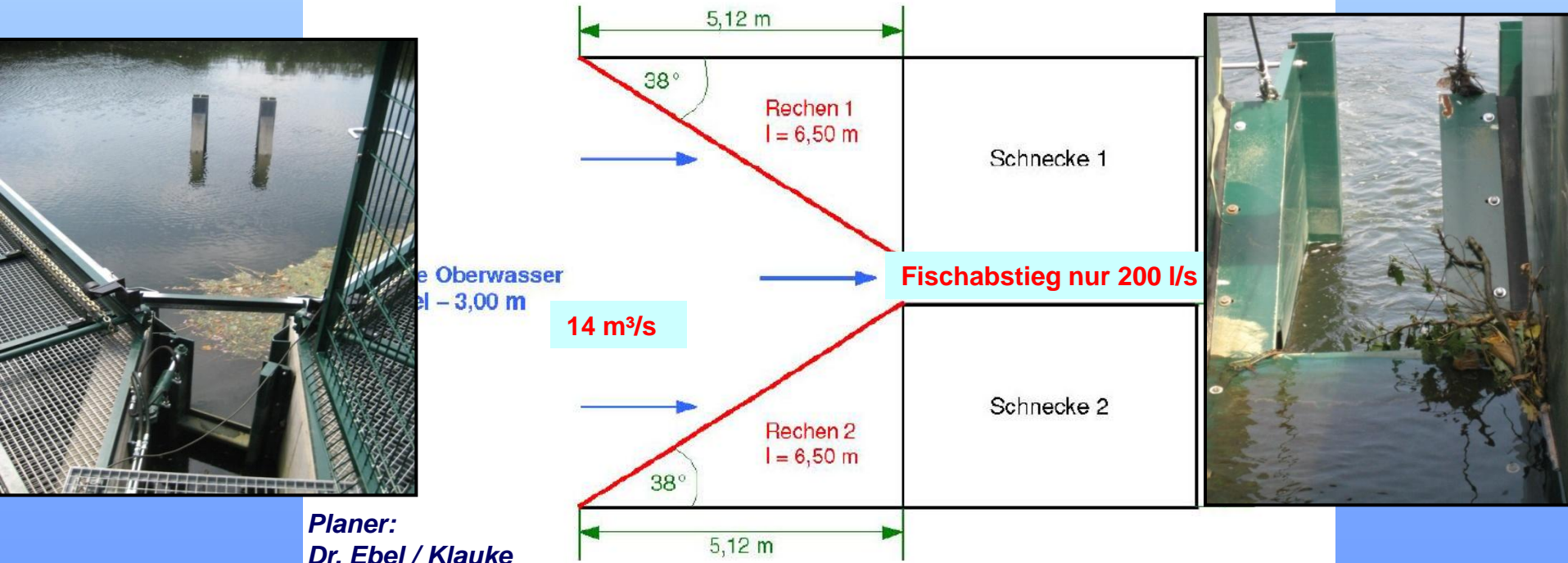
LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

Tabelle 4.1: Technische Daten des Fischeschutz- und Fischabstiegssystems

Bauform	V-förmig mit Bypass zwischen den Schnecken
Wassertiefe Oberwasser	3,00 m
Sohlhöhe Oberwasser	73,45 m NHN
Profilbreite Zuströmkanal (gesamt, ohne Bypass)	8,00 m
durchströmte Fläche Zuströmkanal (gesamt, ohne Bypass)	24,00 m ²
maximaler Durchfluss Zuströmkanal (gesamt, ohne Bypass)	14,00 m ³ /s
maximale Anströmgeschwindigkeit Rechen	0,58 m/s
kritische Schwimmgeschwindigkeit	0,40 m/s
horizontaler Anströmwinkel der Rechen (nach PAVLOV 1989)	38°
vertikaler Anströmwinkel der Rechen	90°
Länge eines Rechenfeldes	6,50 m
Aufenthaltszeit der Fische vor dem Rechen (nach PAVLOV 1989)	24 s

In Abbildung 4.2 ist das Fischeschutz- und Fischabstiegssystem schematisch dargestellt.




Planer:
Dr. Ebel / Klauke



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



Auch bei Nachrüstungen zwingend:
Leitrechen + offener Bypassschacht mit
Einlauftür, Bremswehr !

von Fischen gemieden
wegen zu hoher Einlauf-
Beschleunigung, dann
Rohr verstopft



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



Wasserkraftanlage Laucha / Unstrut Integration 2 Fischeschutzes- und -abstiegsanlagen + Fischeaufstiegsanlage in Denkmal - Bauherr: *Scheuerlein* Konzept: *Dr. Siegemund, Gluch*





WKA Laucha / Unstrut
mit 2 Fischeschutz- und -
abstiegsanlagen +
Fischaufstiegsanlage

Leitrechen Mühlgrabenturbine 12,5 m³/s

Leitrechen Wehrturbine

Fischabstiegsschacht
mit Bremswehr
Abstiegsöffnungen
gratfrei abgerundet

15 mm Horizontal-
Rechen, Sohlleitwand

FAA Schlitzpass

Turbinenzulauf

Regelmäßig automatisch Doppelschutz
senken / anheben gegen Versatz der
permanenten Öffnungen

Fischabstiegs-
schacht
Mühlgraben

Fischaufstieg
Mühlgraben

Turbine
12,5 m³/s

15 mm Horizontal-
Rechen, Sohlleitwand

Planer: Dr. Siegemund

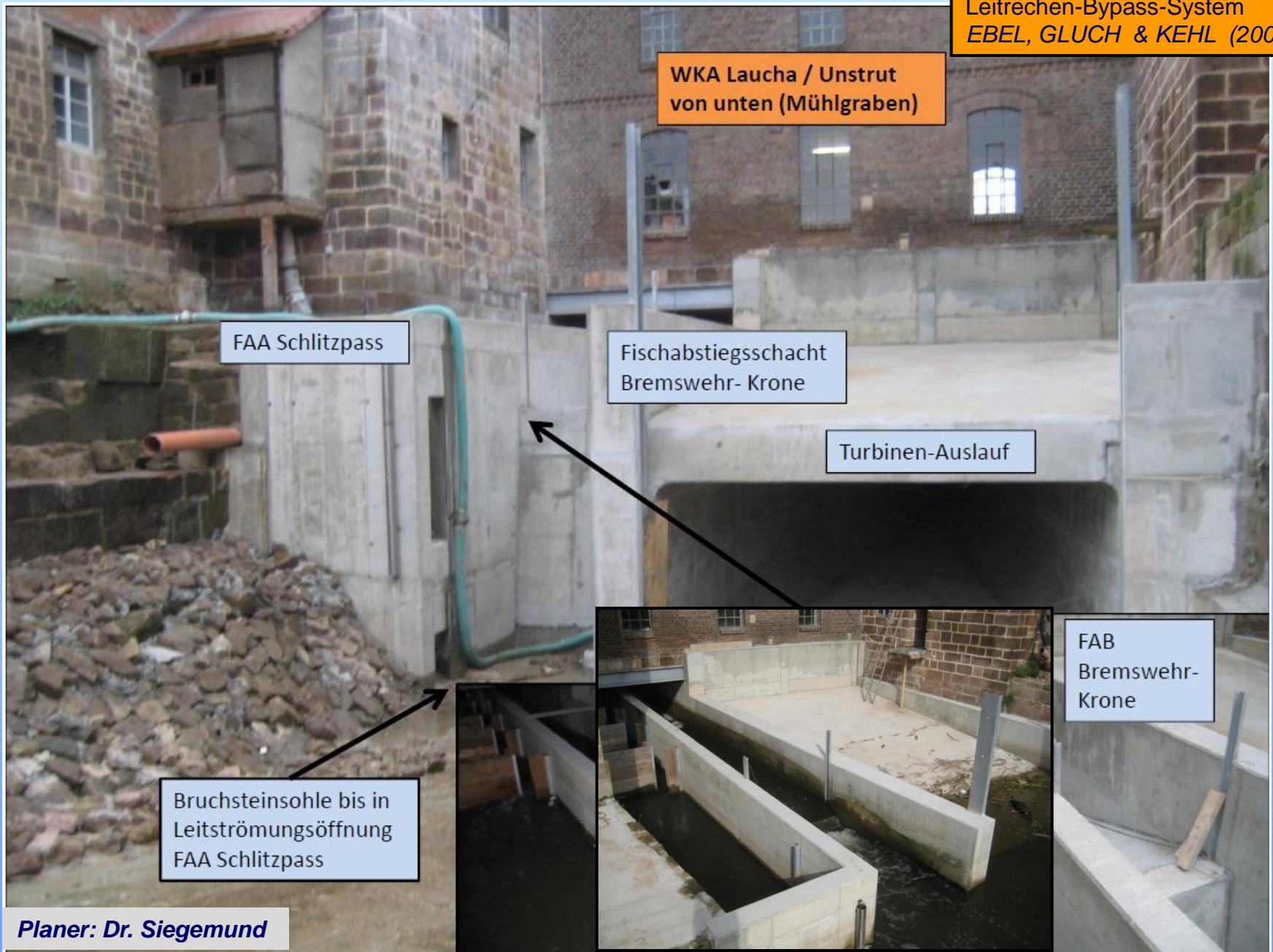
WKA Laucha / Unstrut
Fischabstieg
Mühlgraben-Turbine

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



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



Planer: Dr. Siegemund



LHW

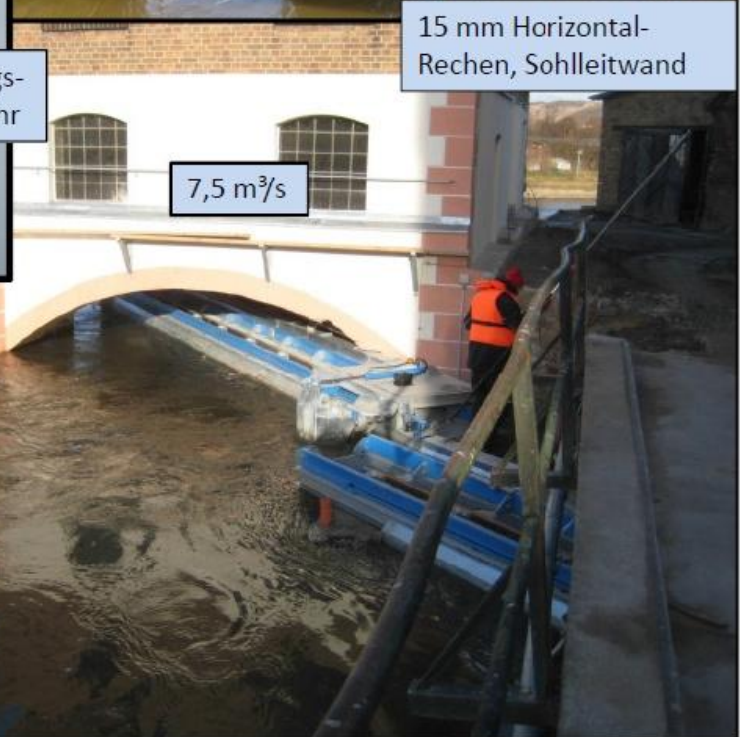
Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



Fischabstiegs-
schacht Wehr



15 mm Horizontal-
Rechen, Sohlleitwand



7,5 m³/s

Hydraulik-Abnahme / Justierung

WKA Laucha / Unstrut
Wehrturbine

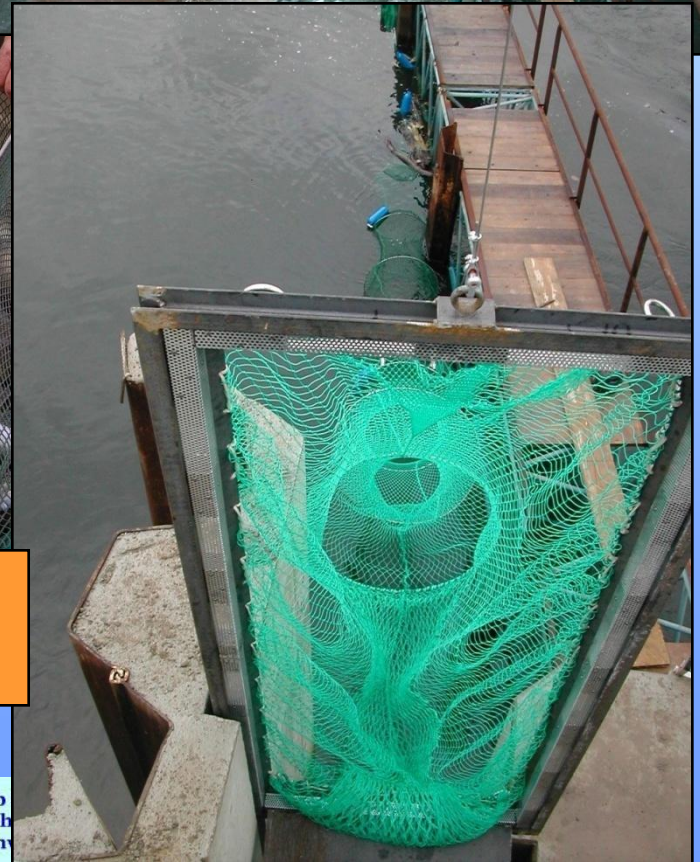


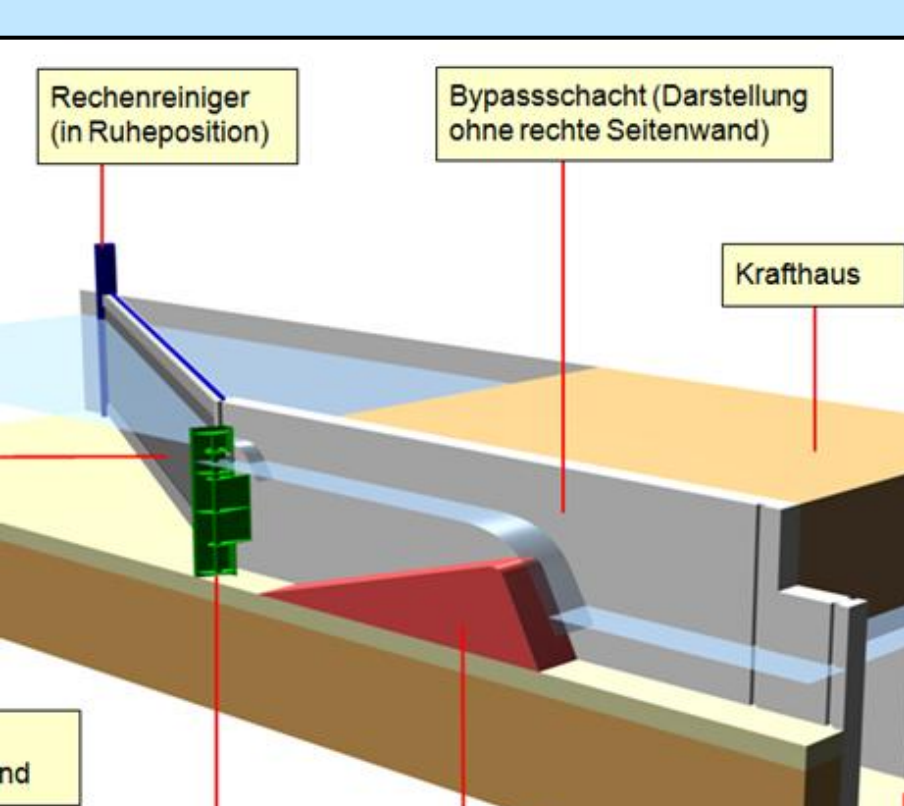
LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de



Reusenfunktionskontrolle
Fischabstieg Saale
durch Dr. Ebel





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

Bildauszüge aus:

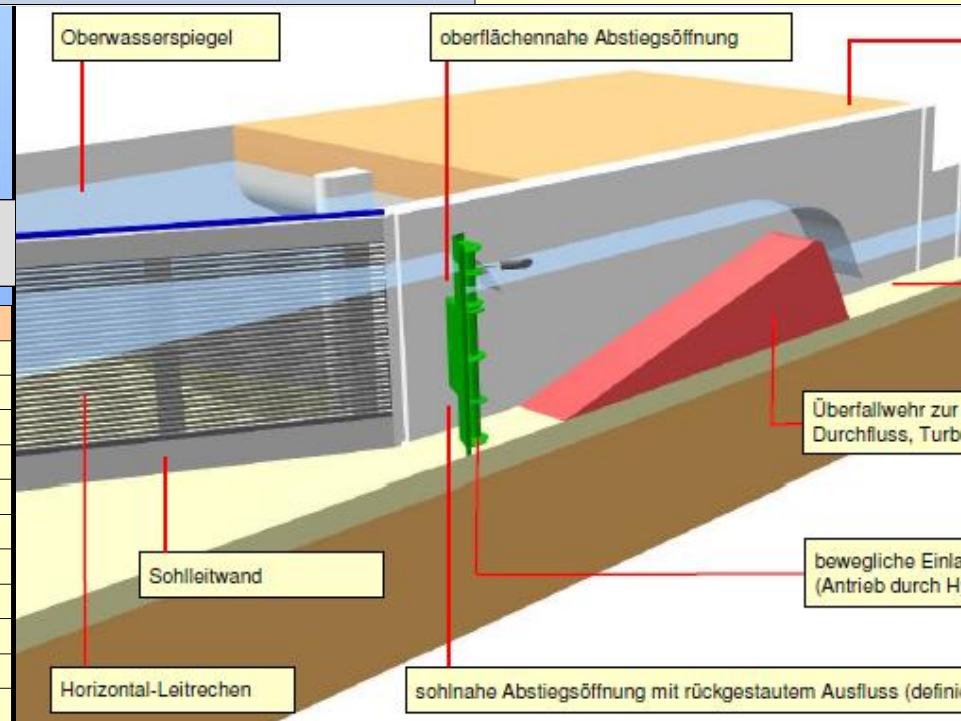
Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen
Handbuch Rechen- und Bypasssysteme (EBEL 2013)

Parameter	Zielgröße
lichte Weite	$s \leq 15 \text{ mm}$
horizontaler Anströmwinkel	$\theta < 45^\circ$
Anströmgeschwindigkeit	$v_{\text{ANSTRÖM}} \leq 0,80 \text{ m/s}$
Normalgeschwindigkeit	$v_{\text{NORMAL}} \leq 0,30 \text{ m/s}$
Tangentialgeschwindigkeit	$v_{\text{TANG}} > v_{\text{NORMAL}}$
Höhe Sohlleitwand	$h_{\text{SLW}} \geq 0,15 \cdot h_{\text{OW}}$ (Mindestwandhöhe = 0,50 m)
Eintauchtiefe Tauchwand	$h_{\text{TAW}} \geq 0,30 \cdot h_{\text{OW}}$ (Mindestwandhöhe = 1,00 m)

Allgemeine Zielgrößen für die Bemessung von Rechensystemen (Details vgl. EBEL 2013)

Nur zur Orientierung! Anlagenkonkrete Bemessung erfordert art- und standortspezifische Analysen!

Parameter	Zielgröße
lichte Profilbreite	$b_{\text{BYPASS}} = 0,40 \dots 0,60 \text{ m}$
lichte Profilhöhe bzw. Wassertiefe	$h_{\text{BYPASS}} = 0,60 \dots 0,90 \text{ m}$
Krümmungsradius	$r_{\text{BYPASS}} \geq 5,0 \cdot d_{\text{BYPASS}}$ bzw. $r_{\text{BYPASS}} \geq 5,0 \cdot b_{\text{BYPASS}}$
Wassertiefe nach Überfall	$h_{\text{TOS}} \geq 0,25 \cdot \Delta h$ (Mindesttiefe = 0,90 m)
spezif. Leistung in Beckenstrukturen	$p \leq 500 \text{ W/m}^3$
Geschwindigkeit im Eintrittsprofil	$v_{\text{BYPASS}} = 0,30 \dots 1,50 \text{ m/s}$
relative Geschwindigkeit im Eintrittsprofil	$v_{\text{BYPASS,RELAT}} = 1,0 \dots 2,0 \cdot v_{\text{ANSTRÖM}}$
Geschwindigkeit im Gerinne (einschl. Öffnungen)	$v_{\text{BYPASS}} \leq 4,5 \text{ m/s}$
Terminalgeschwindigkeit im Überfall / Aufprallgeschw.	$v_{\text{ÜBERFALL}} \leq 8,0 \text{ m/s}$
Bypassdurchfluss	$Q_{\text{BYPASS}} = 0,20 \dots 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$
relativer Bypassdurchfluss	$Q_{\text{BYPASS,RELAT}} = 0,02 \dots 0,10 \cdot Q_{\text{WKA}}$



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de

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

Leitrechen-Bypass-System
EBEL, GLUCH & KEHL (2001)
Bildauszüge aus:

**Fischschutz und Fischabstieg
an Wasserkraftanlagen
Handbuch Rechen- und
Bypasssysteme (EBEL 2013)**

**Ingenieurbilogische Planung:
Ökohydrauliker + Bauplaner +
ggf. UVP, FFH-VP immer als
gemeinsame iterative Bearbeitung!**

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) ingenieurbilogische Bemessung und Gestaltung des Systems für die jeweiligen Standortbedingungen erforderlich**
- (6) wissenschaftlich begründete Vorgaben für die ingenieurbilogische 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



LHW

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
www.lhw.sachsen-anhalt.de