

Interaktion von Sedimentdynamik und Gewässerökologie am Beispiel der Kolmation

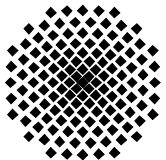


Fachtagung: Lebendige Gewässer – Sohle, Ufer, Aue

Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen in der Hydromorphologie

29.09.2016

Markus Noack und Silke Wieprecht



Universität Stuttgart
Institut für Wasser- und
Umweltsystemmodellierung



Lehrstuhl für Wasserbau und
Wassermengenwirtschaft
Prof. Dr.-Ing. Silke Wieprecht

Was ist Kolmation?



(Eastman, 2004)

Ergebnisse einer Literaturstudie:

term	description/definition	reference
embeddedness	"The degree to which coarser particles are surrounded or covered by fine material."	Platt et al. 1983 Fitzpatrick et al. 1998
outer embeddedness	"The fine material is larger than the pore space of the gravel-matrix of the river bed and is deposited on the surface layer."	Gutknecht et al. 1998
inner embeddedness	"Deposition of suspended load in the pore spaces of the gravel-matrix of the river bed with reduction of pore space in the subsurface layer"	Schälchli, 2002
colmation/clogging	"All processes that lead to a reduction of pore volume, consolidation of the sediment matrix, and a decrease in permeability of the stream bed"	Brunke & Gonser, 1997
physical colmation/clogging	"Fine sediment deposition, accumulation and infiltration into streambed sediments"	Descloux et al. 2010
biological colmation/clogging	"Microbial activity lead to interstitial biofilms with adhesive capacities that reduces the transects of pores"	Beyer & Banscher 1975
chemical colmation/clogging	"Iron clogging, redox potentials, ion exchange, flocculation change the geometry of the pore canals by disaggregation, dispersion or swelling"	Schwarz, 2003

➔ physikalische und biogeochemikalische Prozesse

Was ist Kolmation?

Kolmation

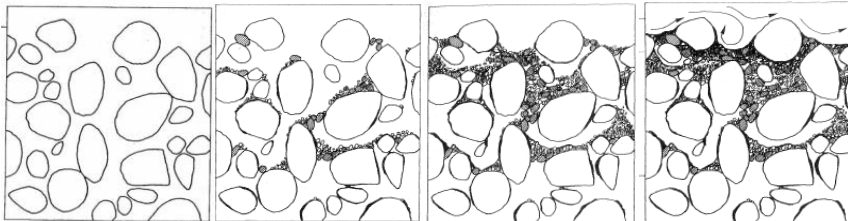
Physikalische Prozesse

Infiltration und Akkumulation von Feinsedimenten

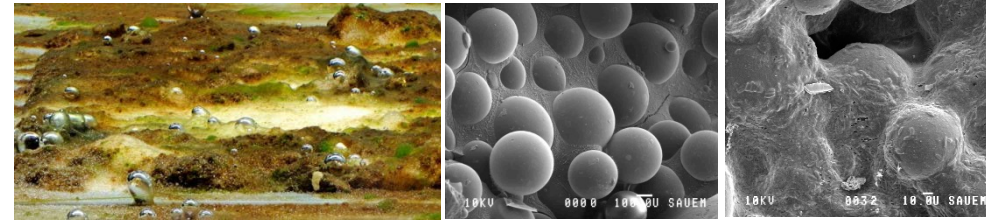


Biogeochemikalische Prozesse

Biofilme, Redoxreaktionen, Respiration

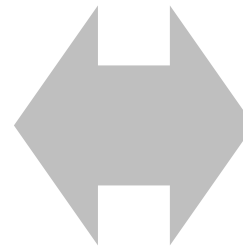


Infiltration und Akkumulation; Schälchli (1993)



Biofilme, Stoffumsetzung, Sauerstoffzehrung; Gerbersdorf et al. 2006

- Größe, Form, Menge von Sedimenten, die zur Flusssohle transportiert werden
- Transportart (Schwerkraft, Turbulenz)
- Porengröße, Porenform des Kiesgerüsts der Gewässersohle
- Sohlnahes Strömungsfeld, interstitiales Strömungsfeld

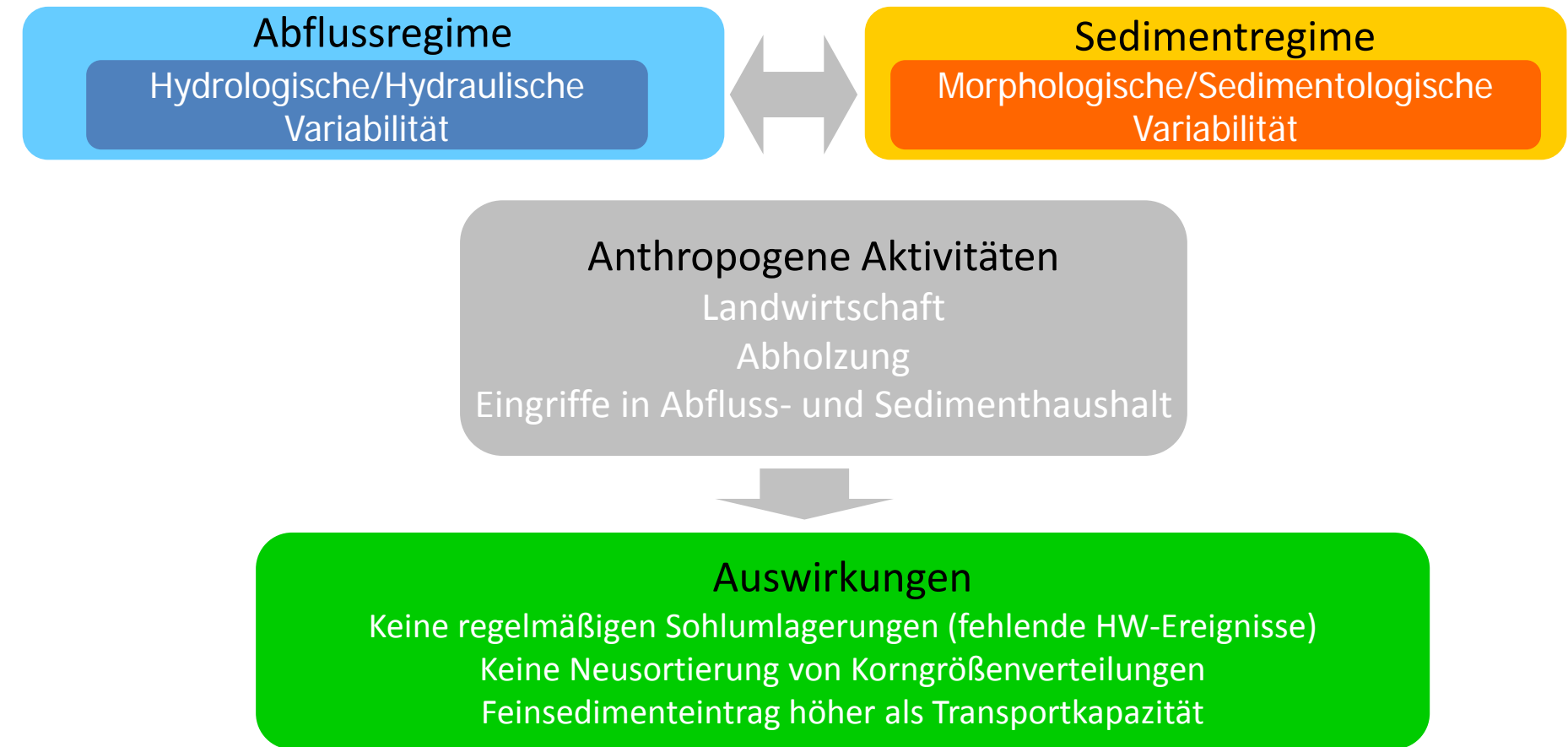


- Typ und Menge an organischem Material
- Respirationsprozesse, Sauerstoffzehrung
- Mineralisierung von Nährstoffen
- Aufenthaltszeit im Interstitial
- Hyporheischer Austausch



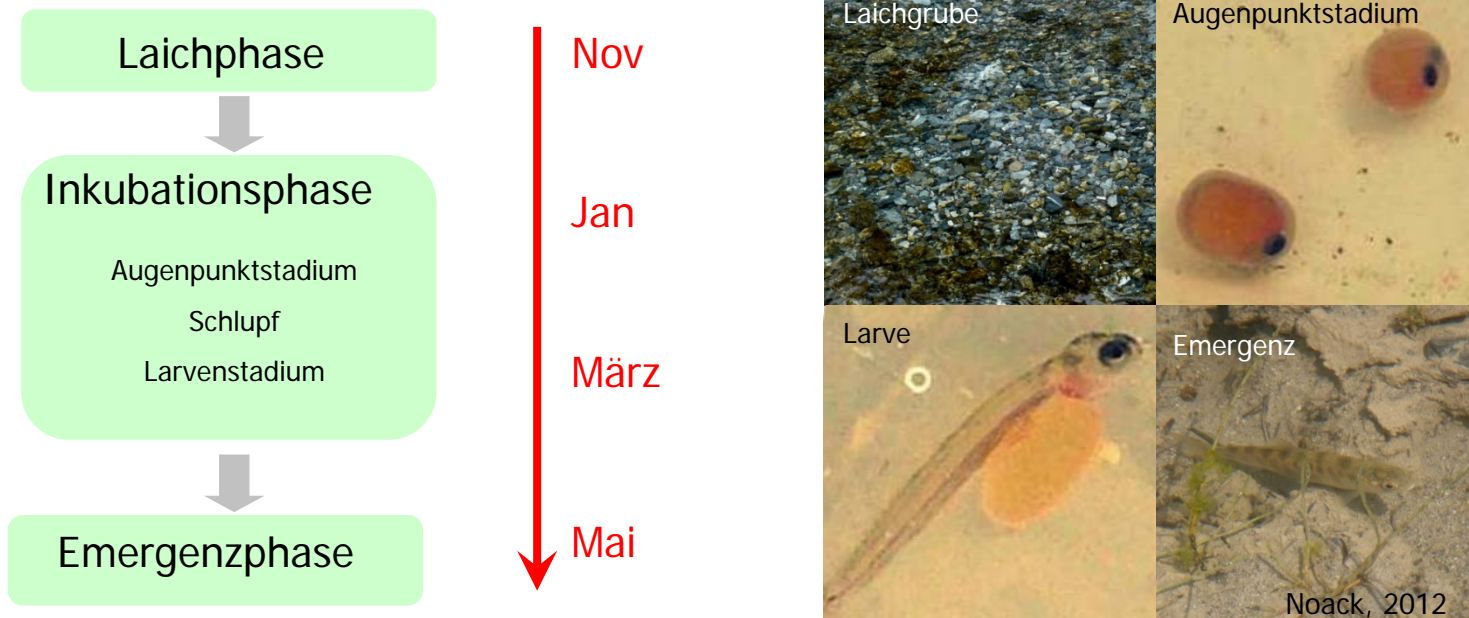
Kolmation ist ein hochkomplexer und hochdynamischer Prozess

Wie entsteht Kolmation?



➔ **Akkumulation von anorganischem und organischem Material**

Kolmation und Reproduktion kieslaichender Fischarten



Auswirkungen der Kolmation während der Reproduktion:

Laichphase → Erschwertes Schlagen von Laichgruben durch kolmatisierte/verfestigte Sohlen

Inkubationsphase → Mortalität/eingeschränkte Entwicklung aufgrund von reduzierten Porenvolumen und folgender mangelnder Sauerstoffversorgung

Emergenzphase → Einschluss der Larven im Interstitial, unzureichende Porengröße

Abiotik: dynamische Habitatvariablen

Hydromorphologische Variabilität Hyporheische Variabilität

Morphodynamische Modellierung der Habitatvariablen

Fuzzy-Modellierung der Interstitialqualität

Mehrstufiges Habitatmodell

HSI_{Laich} HSI_{Ei} $HSI_{Schlupf}$ HSI_{Larve} $HSI_{Emergenz}$

Fuzzy-Sets, Fuzzy-Rules
Habitatansprüche während der Reproduktion

Laichphase Eier Schlupf Larve Emergenz

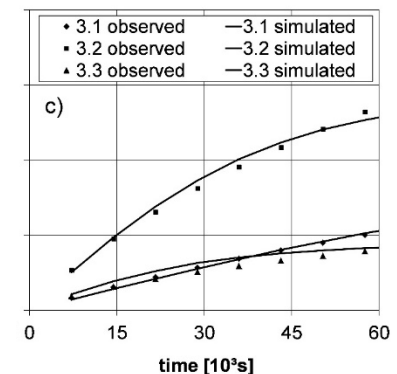
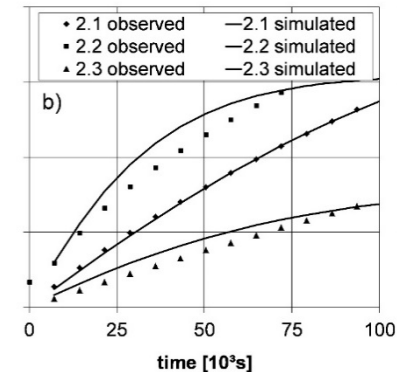
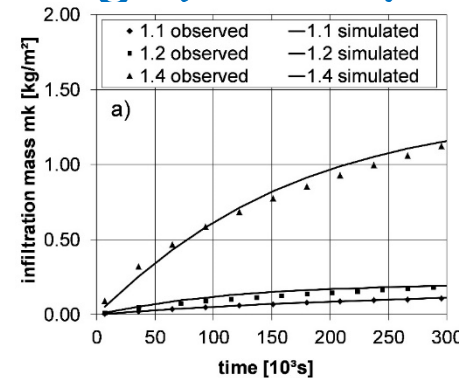
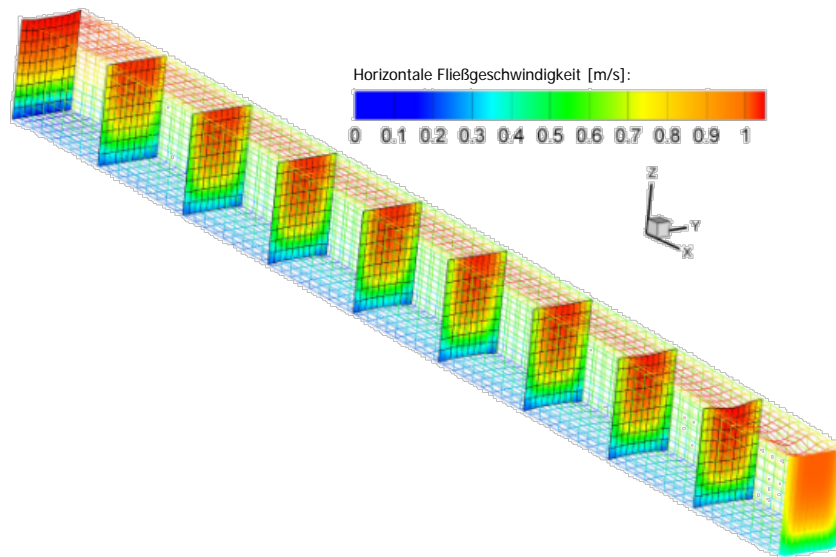
Biotik: kieslaichende Fischarten

Habitatignung für die
Reproduktion

3D-numerische Feststofftransportmodellierung (SSIIM)

Numerische Simulation von Rinnenversuchen

(Schächli 1993)



➔ Infiltration von Feinsedimenten und deren Auswirkung auf die Porosität

➔ Kalibrierung des numerischen Modells anhand unterschiedlicher Exponenten der Hiding/Exposure-Funktion

➔ Unterschiedliche Konzentrationen, Kornverteilungen, Abflüsse etc.
→ Auswirkungen auf Porosität und Infiltrationswiderstand

Fuzzy-Ansatz → Habitateignungsmodell (CASiMiR)

Laichhabitat

Korngrößenverteilung
Fließgeschwindigkeit
Wassertiefe

HSI_{Laich}



Inkubationshabitat

Interstitialhabitatqualität
Sohlhöhenänderungen
Hydraulischer Gradient

HSI_{Ei}
 HSI_{Schlupf}
 HSI_{Larve}



Emergenzhabitat

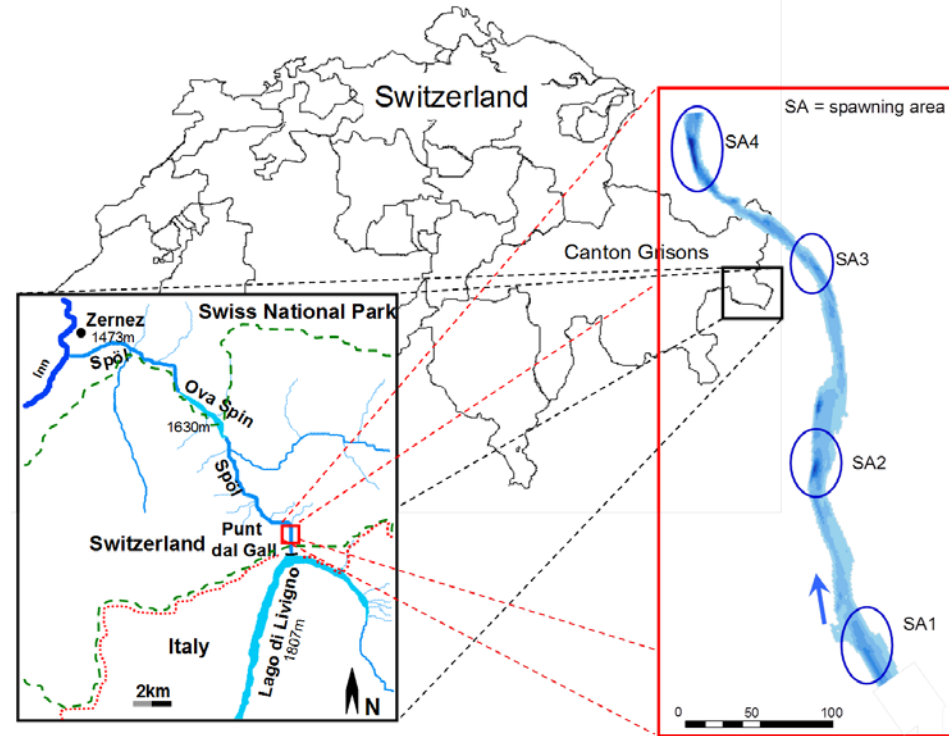
Geom. Korndurchmesser
Fraktionsanteil <8mm
Sohlhöhenänderung

HSI_{Emergenz}



Untersuchungsgebiet

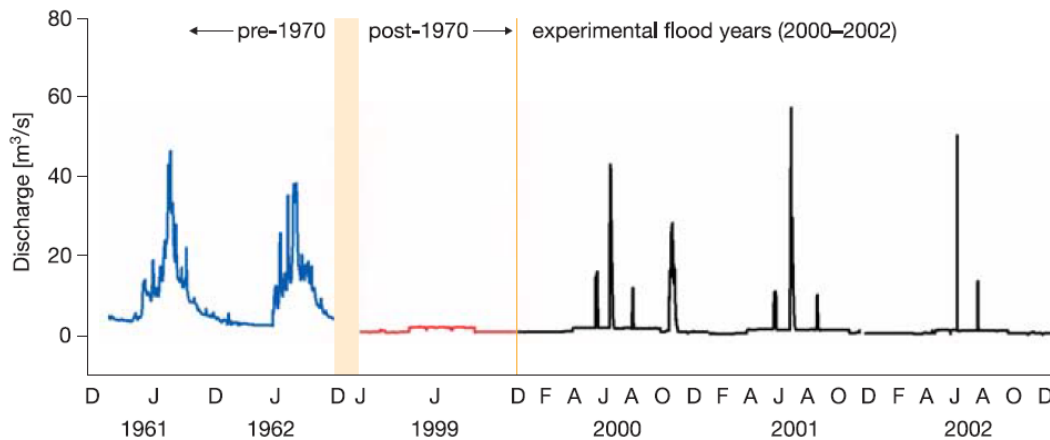
- Schweizer Nationalpark, Engadin
- Öko-Region: Alpen (>800m Höhe)
- regulierter Abfluss
- Winter: $1.44\text{m}^3/\text{s}$, Sommer: $0.68\text{m}^3/\text{s}$
- jährliche künstliche ökologische HW-Ereignisse
- reproduzierende Bachforellenpopulation



- ➔ Monitoring während der ökologischen HW-Ereignisse und über die gesamte Reproduktionsphase der Bachforelle (Oktober – Mai)
- ➔ 3D-Feststofftransportmodell zur Simulation der Sedimentinfiltration (SSIIM)
- ➔ Fuzzy-Modell zur Simulation der Habitateignungen während der Reproduktion (CASiMIIR)

➔ Ziel: Können die Auswirkungen des dynamischen Restwasserregimes auf die Reproduktionsbedingungen der Bachforelle modelltechnisch erfasst werden?

Untersuchungsgebiet



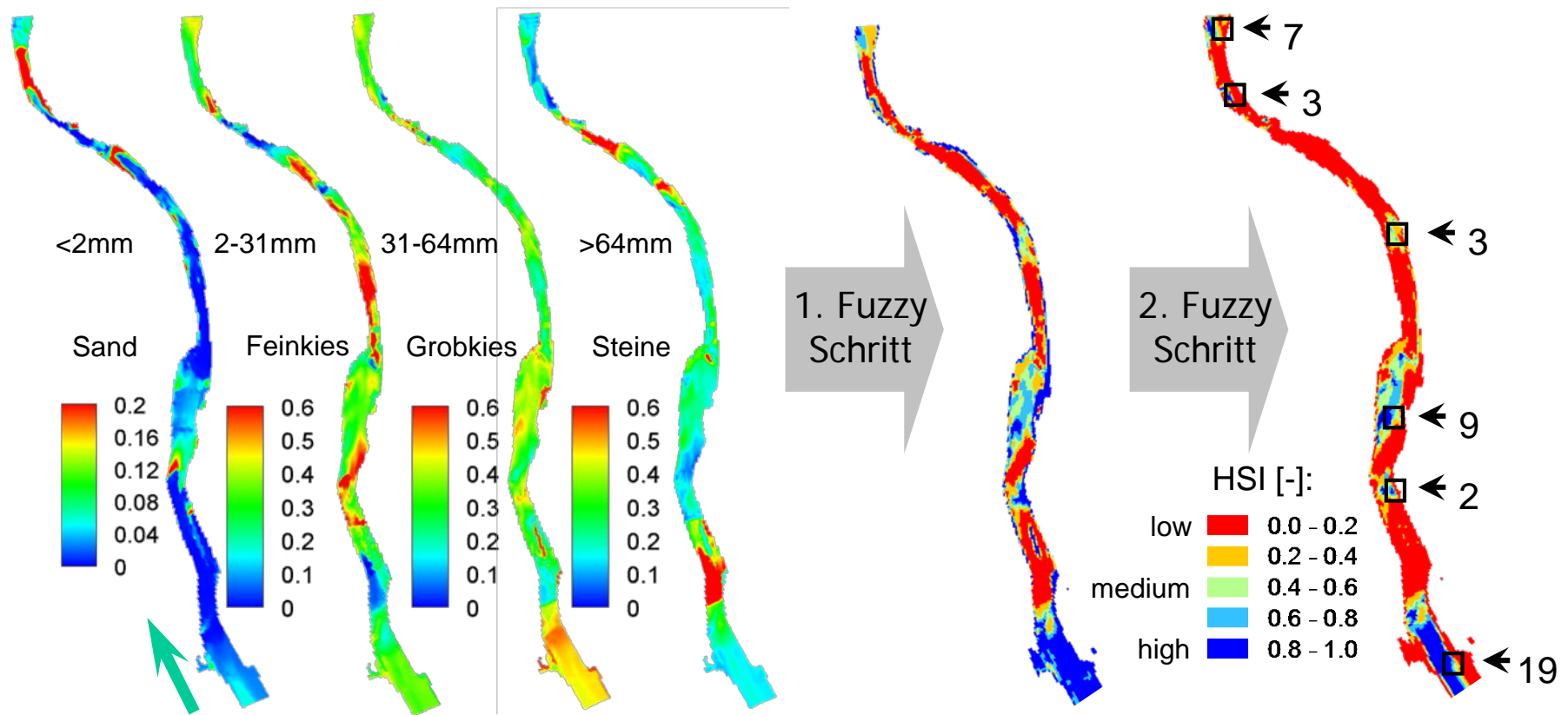
Seit 2000:
Dynamisches Restwasserregime

Fuzzy-Ansatz: Habitategignung in der Laichphase

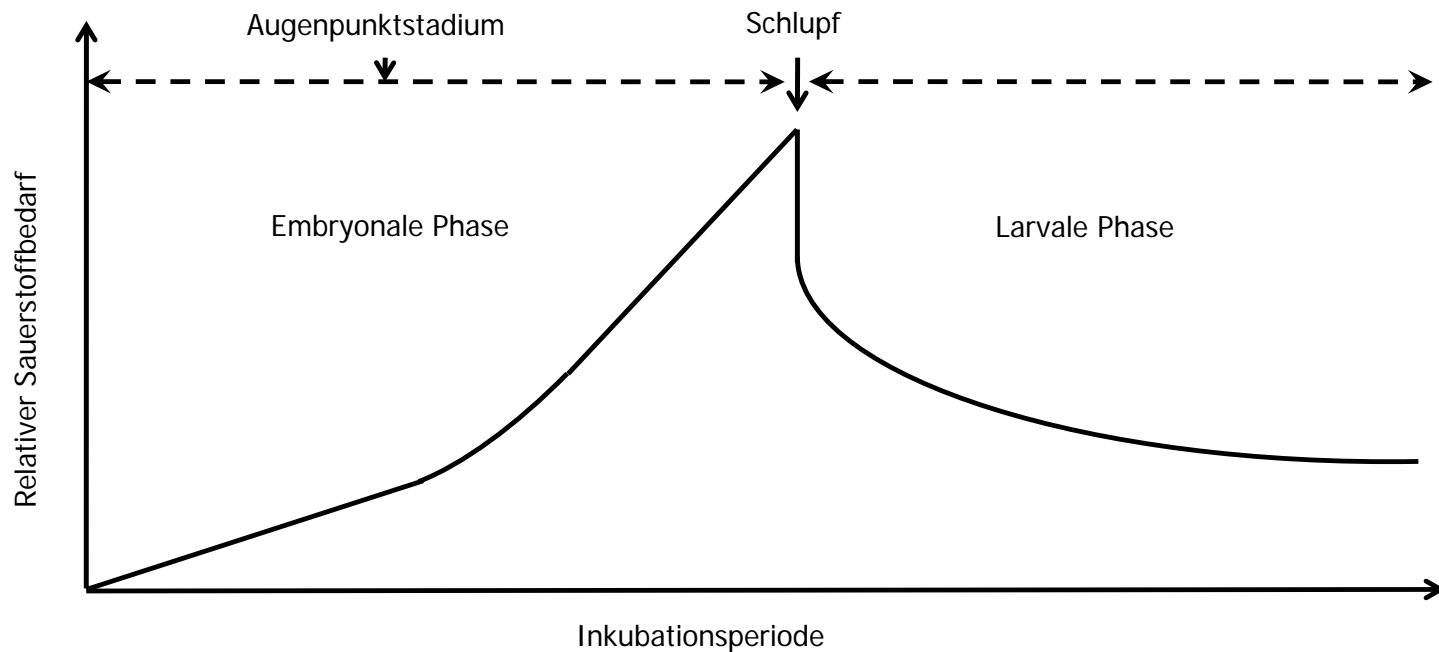
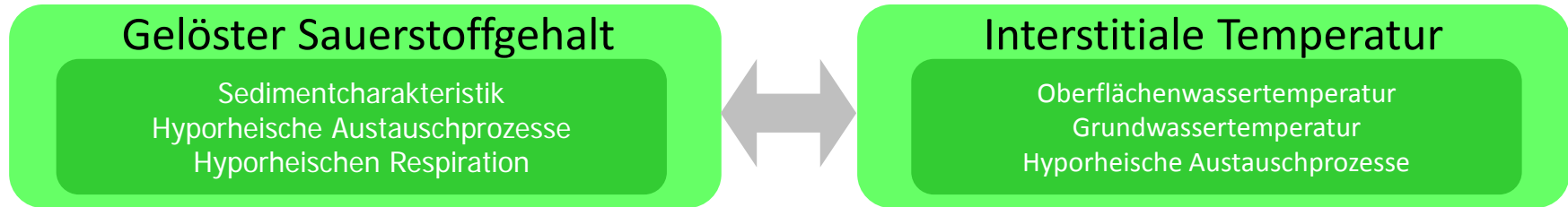
Sedimentcharakteristik

Laichsubstratindex

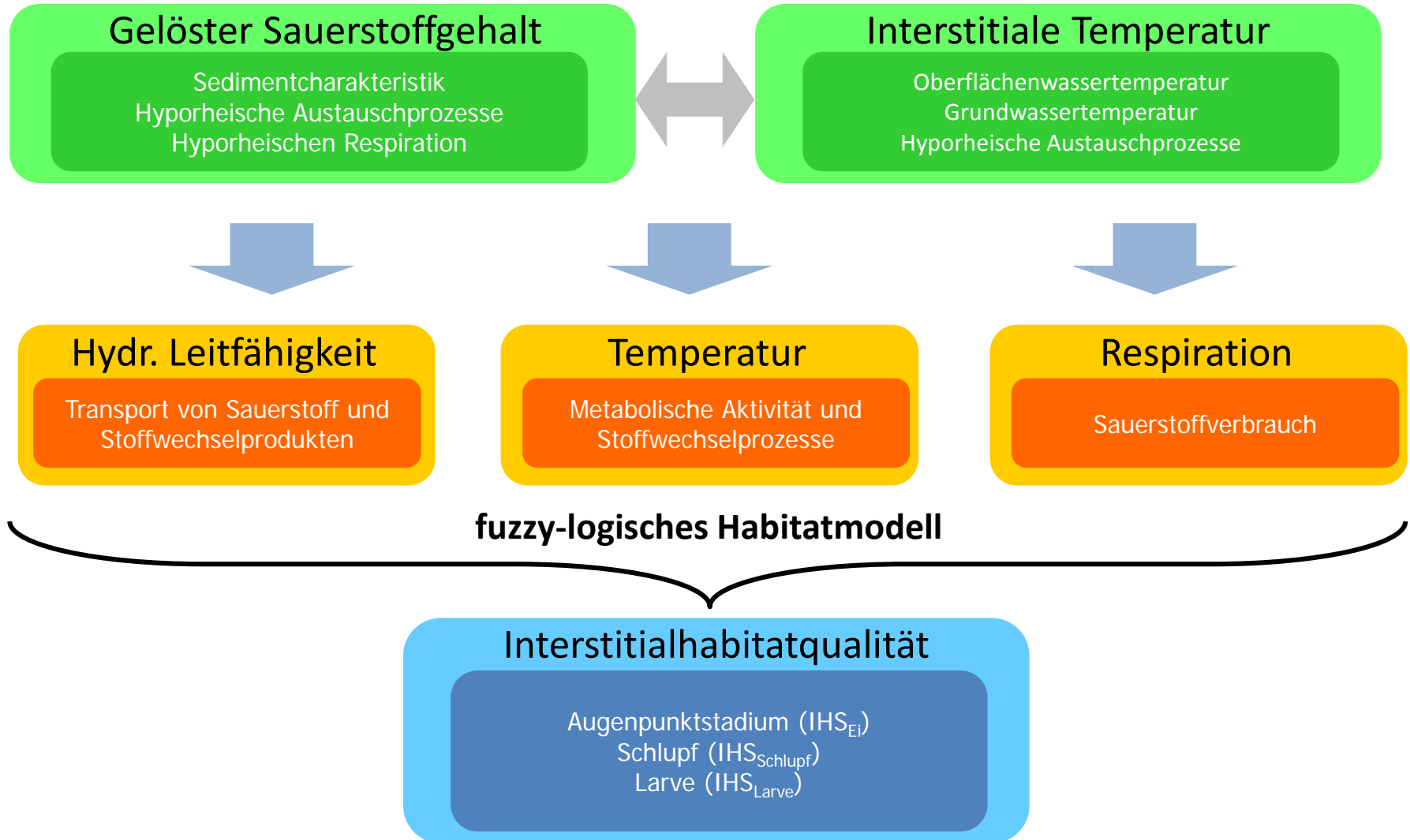
Laichhabitategignung



Fuzzy-Ansatz: Interstitialhabitatqualität



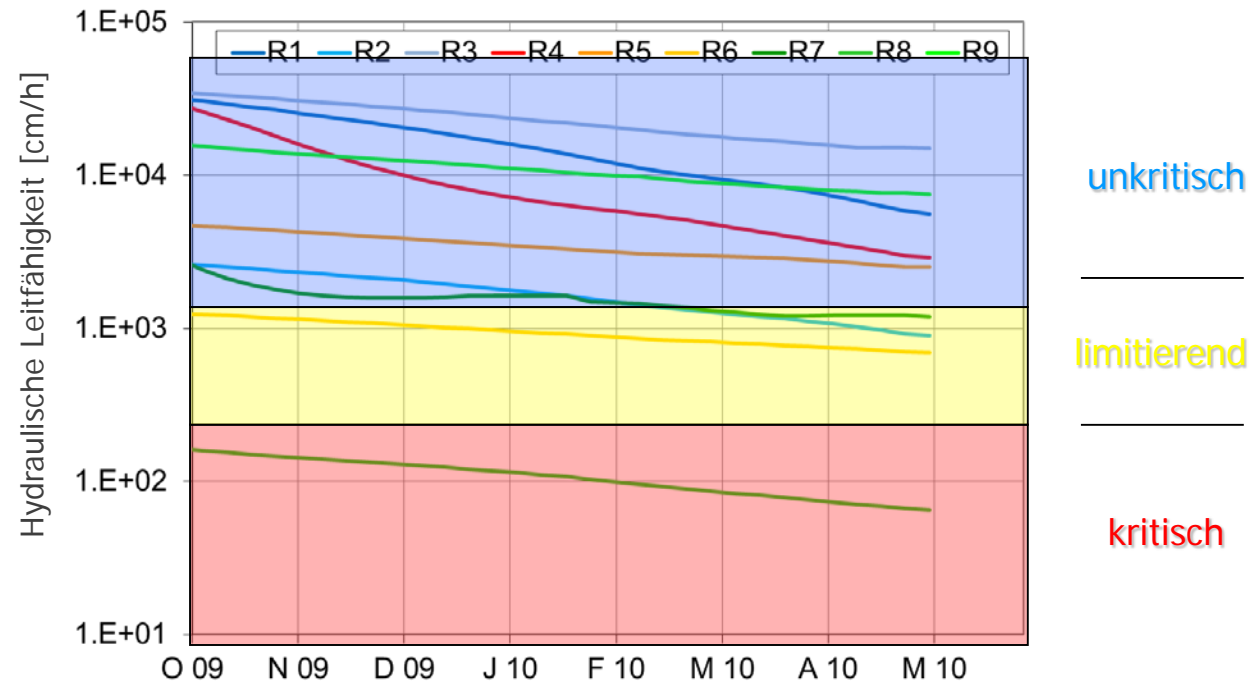
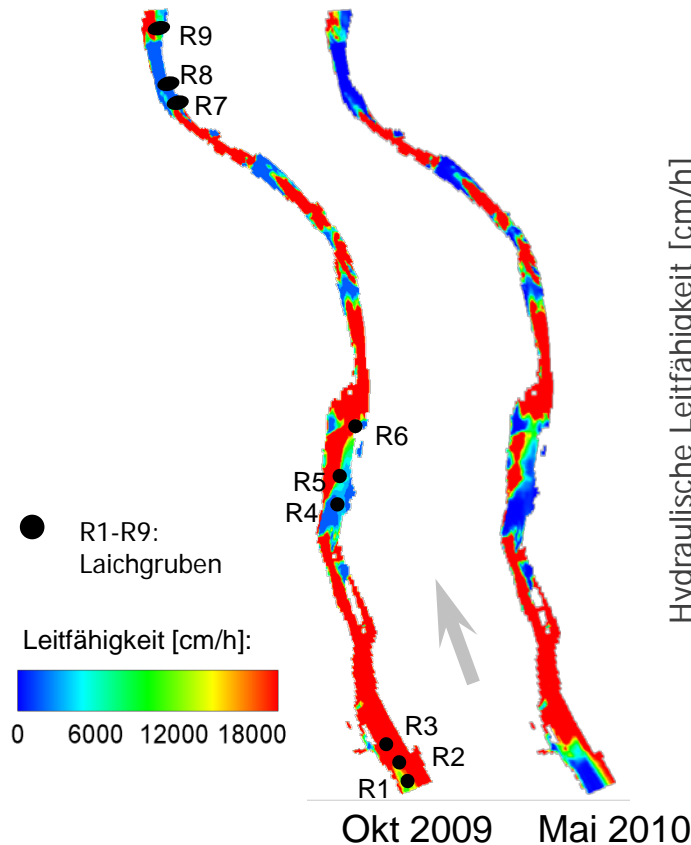
Fuzzy-Ansatz: Interstitialhabitatqualität



Feststofftransportmodellierung: Hydr. Leitfähigkeit

Räumliche Verteilung der Leitfähigkeit

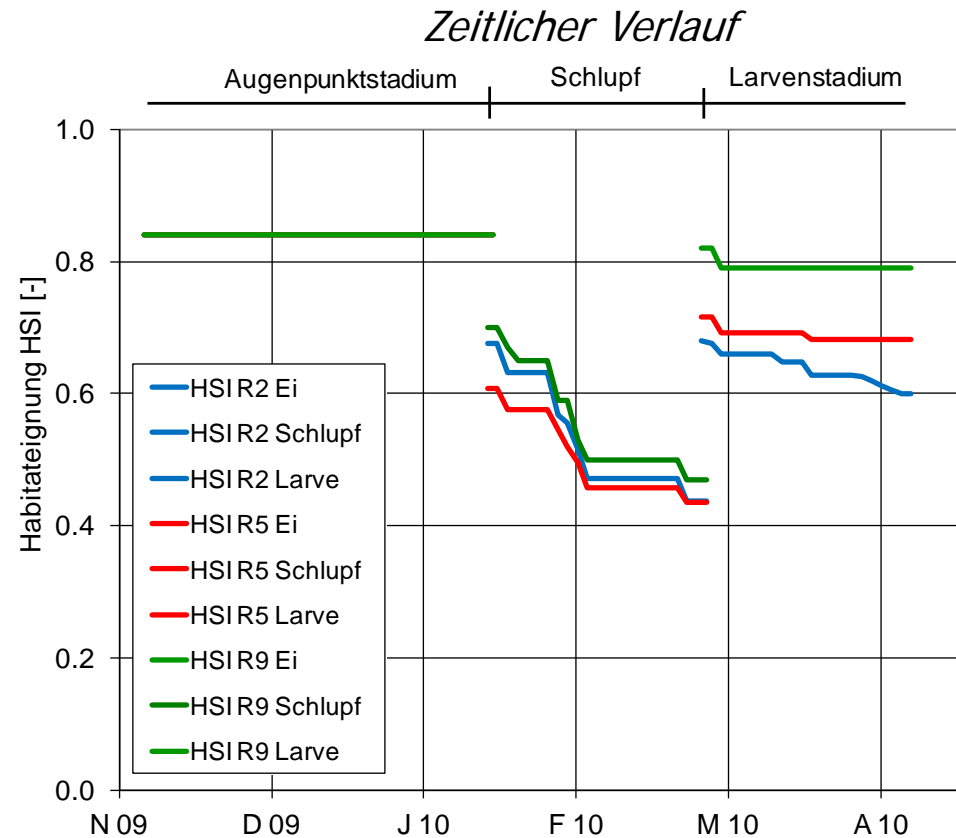
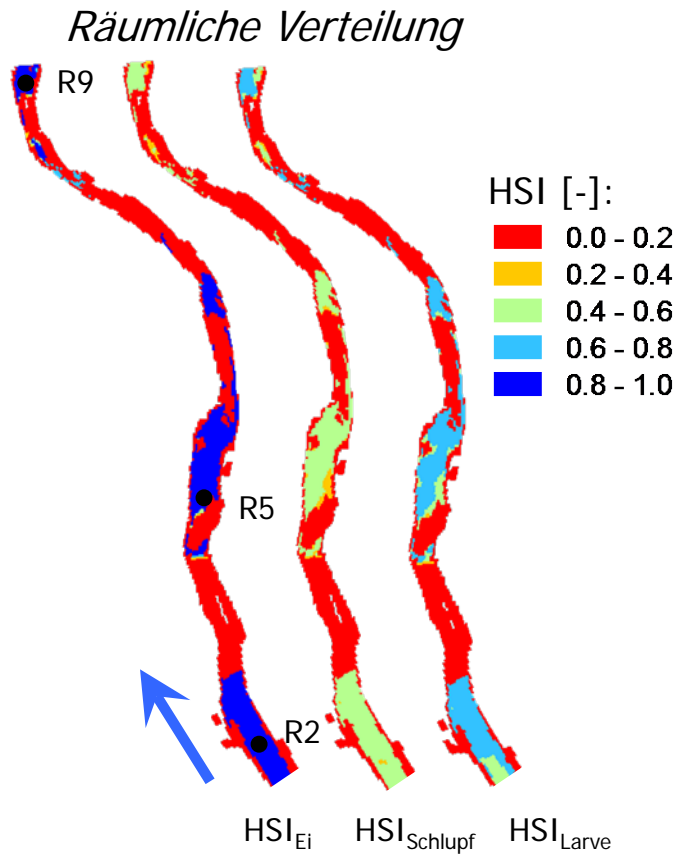
Zeitlicher Verlauf der Leitfähigkeit



→ Zunehmende Infiltration/Akkumulation von Feinsedimenten

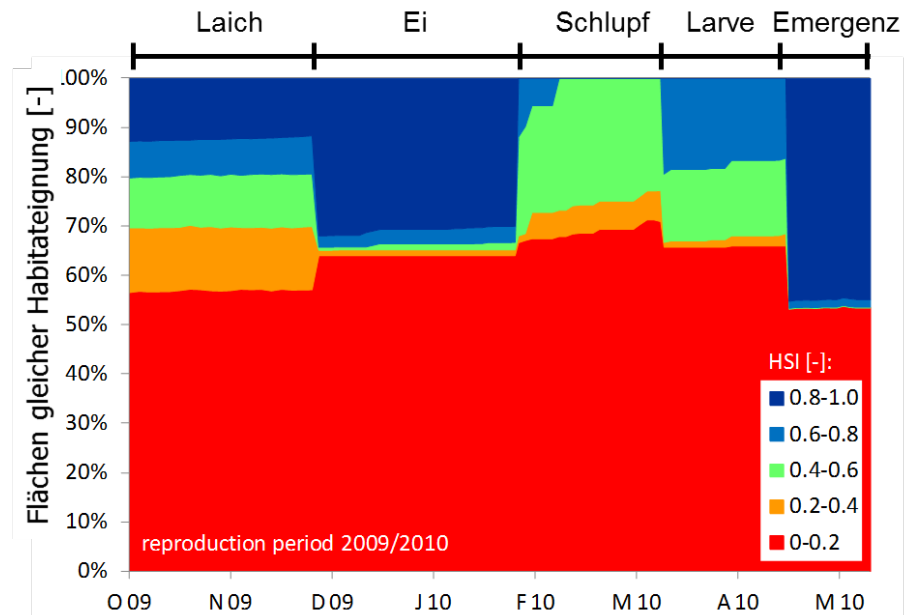
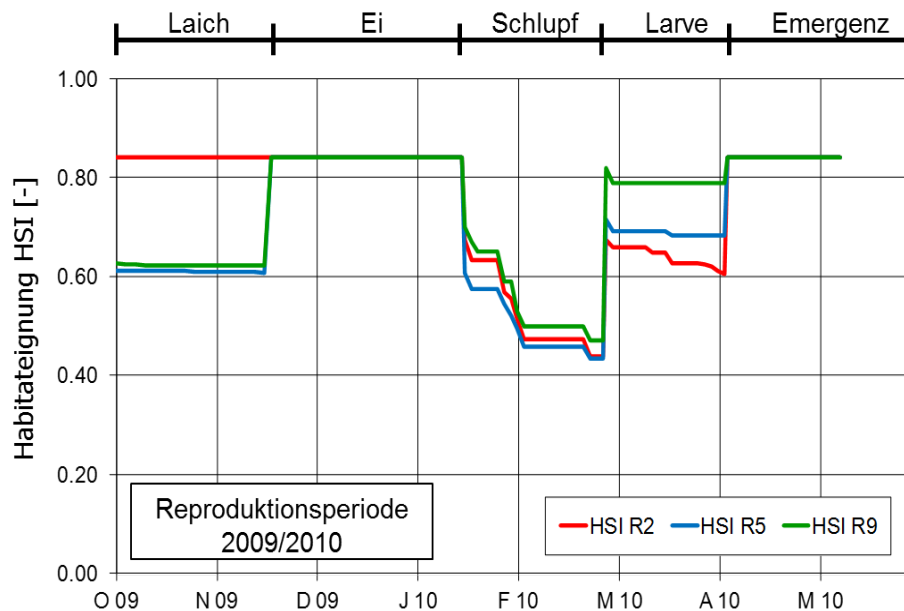
→ Rückgang der hydraulischen Leitfähigkeit → Physikalischer Prozess der Kolmation

Fuzzy-Ansatz: Habitataignung in der Inkubationsphase



- ➔ Augenpunktstadium: kaum Einschränkungen
- ➔ Schlupf: limitierende Temperaturen und Leitfähigkeiten im Interstitial
→ reduzierter Porenraum durch Infiltration von Feinsedimenten
- ➔ Larvenstadium: limitierende Leitfähigkeiten durch Infiltration von Feinsedimenten

Fuzzy-Ansatz: Gesamte Reproduktionsphase

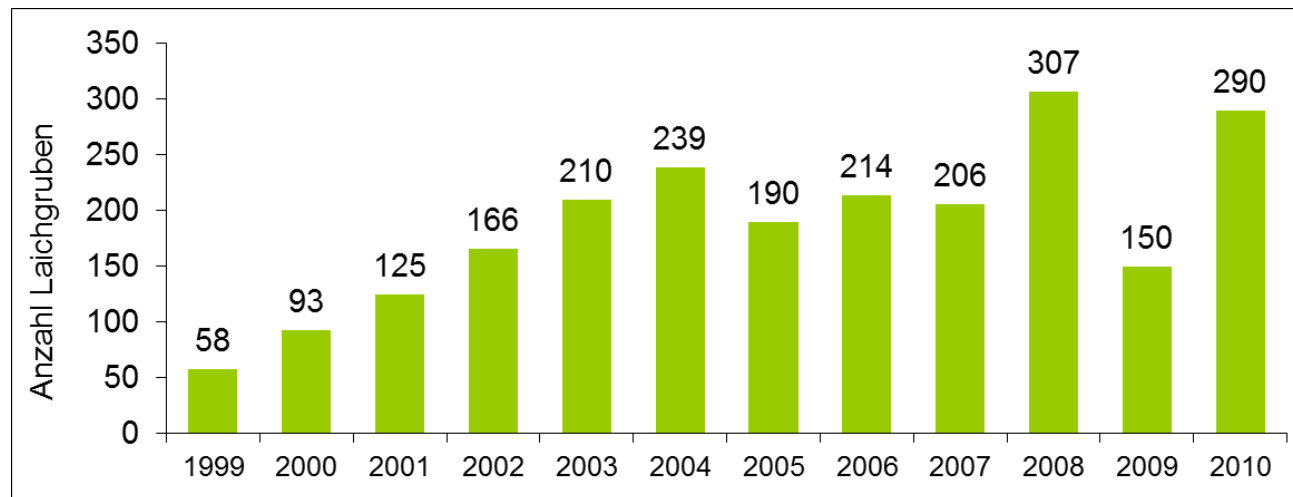


- Räumliche und zeitliche Auswirkung der Kolmation auf die Habitateignungen während der Reproduktion → Habitatdynamik
- Identifizierung von Bottlenecks (räumlich und zeitlich), keine Black-Box
- Darstellung in Form von Karten, Ganglinien oder als Habitatangebot

- Kolmation beinhaltet physikalische und biogeochemikalische Prozesse die zu einer Verringerung des gelösten Sauerstoffgehalts im Interstitial führen
- Kombination von Feststofftransportmodellen und Habitateignungsmodellen ermöglicht die Simulation der räumlichen und zeitlichen Kolmationsentwicklung
- Modellansatz berücksichtigt „nur“ abiotische Variablen und erlaubt keine Aussagen zu Überlebensraten



Simulation von unterschiedlichen Szenarien für dynamische Restwasserregime unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte





Universität Stuttgart

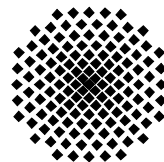
Institut für Wasser- um
Umweltsystemmodellierung

Prof. Dr.-Ing. Silke Wieprecht
Dr.-Ing. Markus Noack

wieprecht@iws.uni-stuttgart.de

markus.noack@iws.uni-stuttgart.de

www.iws.uni-stuttgart.de



Universität Stuttgart
Institut für Wasser- und
Umweltsystemmodellierung

