

**Schwoerbel-Benndorf Nachwuchspreis
Jahrestagung der Deutschen Limnologischen Gesellschaft
23.09.2015**

Ein neuer Ansatz für die Modellierung von Makrozoobenthos-Gemeinschaften

Jens Kiesel

Maria Schröder, Daniel Hering, Britta Schmalz,
Georg Hörmann, Sonja Jähnig, Nicola Fohrer

Motivation und Hintergrund



Veränderungen...

...des Einzugsgebietes

...des Fließgewässers

...des aquatischen Habitates

wirken auf

...die Artengemeinschaft

Welche Veränderungen
sind wo notwendig?



Prozessabhängigkeit auf unterschiedlichen Skalen

Die abiotisch-biotische Wirkungskette



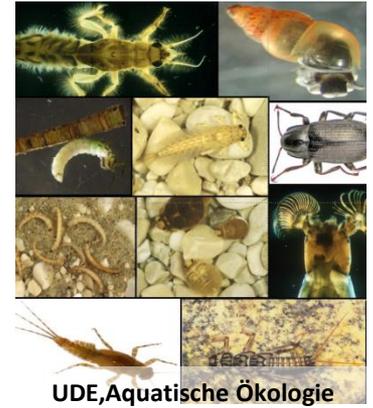
**Einzugs-
gebiet**



**Fließ-
gewässer**



Habitat



UDE, Aquatische Ökologie

**Makrozo-
benthos**

Forschungsfrage und Ziele

Wie kann man die abiotisch-biotische Wirkungskette modellieren?

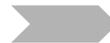
1. Methodische Abbildung der Wirkungskette
2. Modellierung des Einflusses von Einzugsgebiets- und Fließgewässerprozessen auf Habitate
3. Modellierung der Auswirkung von Habitatzustand und Habitatänderung auf das Makrozoobenthos



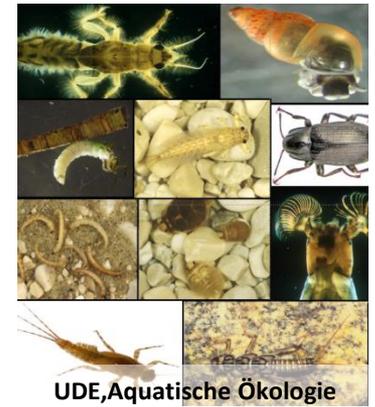
**Einzugs-
gebiet**



**Fließ-
gewässer**

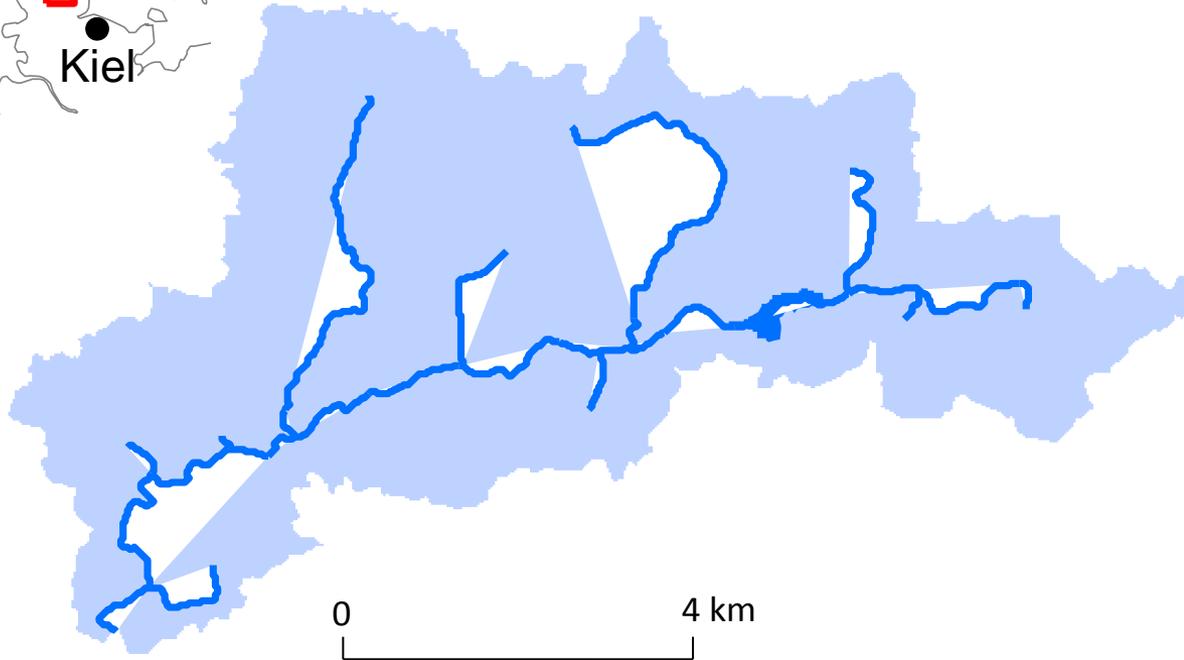
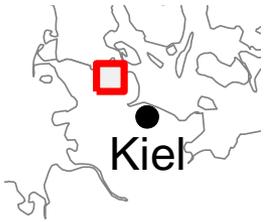


Habitat

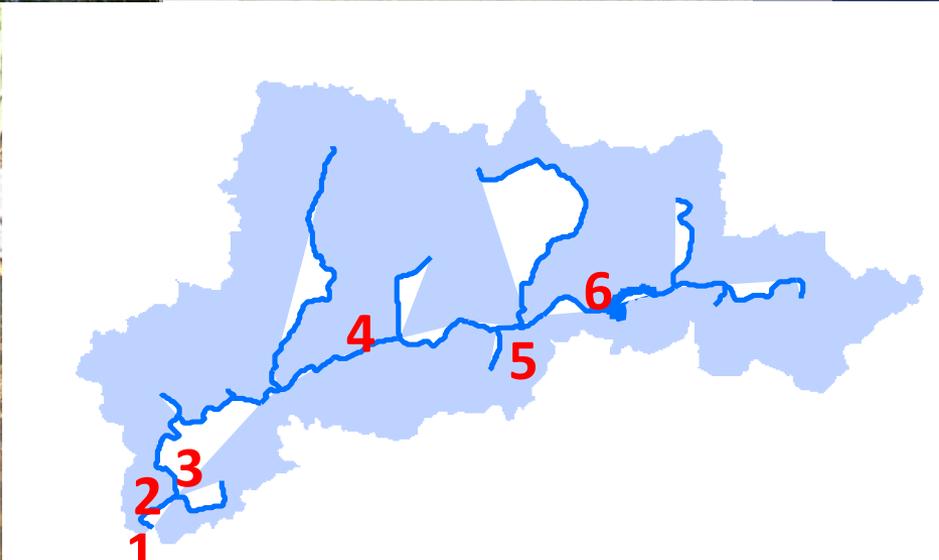


**Makrozoob-
benthos**

Das Tieflandeinzugsgebiet der Kielstau



- Östliches Hügelland
- 50 km², 1 See, 16 km Fließweg
- Kiesgeprägter Tieflandbach
- Niedrige hydraulische Gradienten
- ca. 80 % landwirtschaftlich genutzt
- Seit 2010 UNESCO Ökohydrologie-Referenzgebiet



1. Methodische Abbildung der abiotisch-biotischen Wirkungskette

Kiesel J, Hering D, Schmalz B, Fohrer N. 2009. IAHS Publication Red Book Series 328.

Modellierung der abiotisch-biotischen Wirkungskette

Driver-Pressure-State-Impact (DPSI) – Konzept (EEA, 1999)

Antrieb

Belastung

Zustand

Auswirkung

Modellbildung

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter

Sediment-parameter

Schluff Φ_1

Sand Φ_2

Kies Φ_3

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_4

Totholz Φ_5

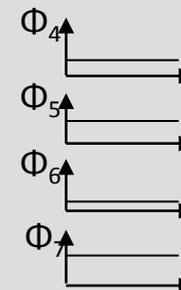
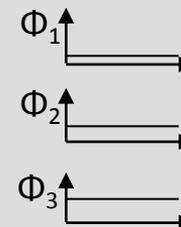
Vegetation Φ_6

Detritus Φ_7

Habitatmodelle

Eignungsfunktion

$$\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$$



Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima



Methodische Abbildung der abiotisch-biotischen Wirkungskette

- Durch ein Konzept (DPSI), das die Wirkungskette in modellierbare Komponenten überführt
- Durch das Ineinandergreifen und die Verlinkung von verschiedenen Modellkomponenten
- Durch die Auswahl und Abbildung der wesentlichen morphologischen Habitatparameter

2. Modellierung des Einflusses von Einzugsgebiets- und Fließgewässerprozessen auf Habitate

Kiesel J, Schmalz B, Fohrer N. 2009. Advances in Geosciences 21(3).

Kiesel J, Fohrer N, Schmalz B, White MJ. 2010. Hydrological Processes 24.

Kiesel J, Schmalz B, Savant G, Fohrer N. 2012. TuTech Innovation. ISBN: 978-3-941492-45-5

Kiesel J, Schmalz B, Brown G, Fohrer N. 2013. Journal of Hydrology and Hydromechanics 61(4).

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter

Sediment-parameter

Schluff Φ_1

Sand Φ_2

Kies Φ_3

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_4

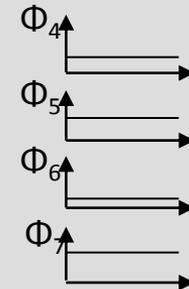
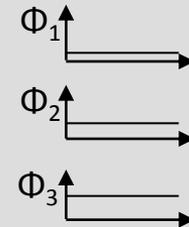
Totholz Φ_5

Vegetation Φ_6

Detritus Φ_7

Habitatmodelle

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$



Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Verwendete Modelle



(Arnold et al. 1998)



(USACE 2010)



(Berger et al. 2010)

Langzeitsimulationen
des hydrologischen
Kreislaufs

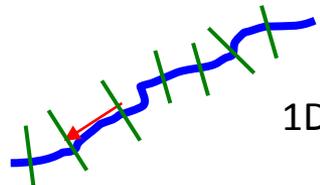
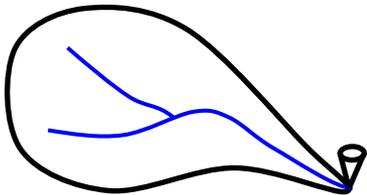
1D hydraulisches Modell
für Fließgewässer

2D hydraulisches Modell
für Fließ-, Still- und
Küstengewässer

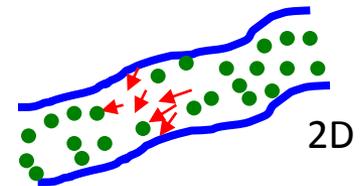
Wasserhaushalts-
parameter auf
Teileinzugsgebiets-
Ebene

Hydraulik und
Sedimenttransport an
Querschnitten

Hydraulik und
Sedimenttransport an
Netzknoten



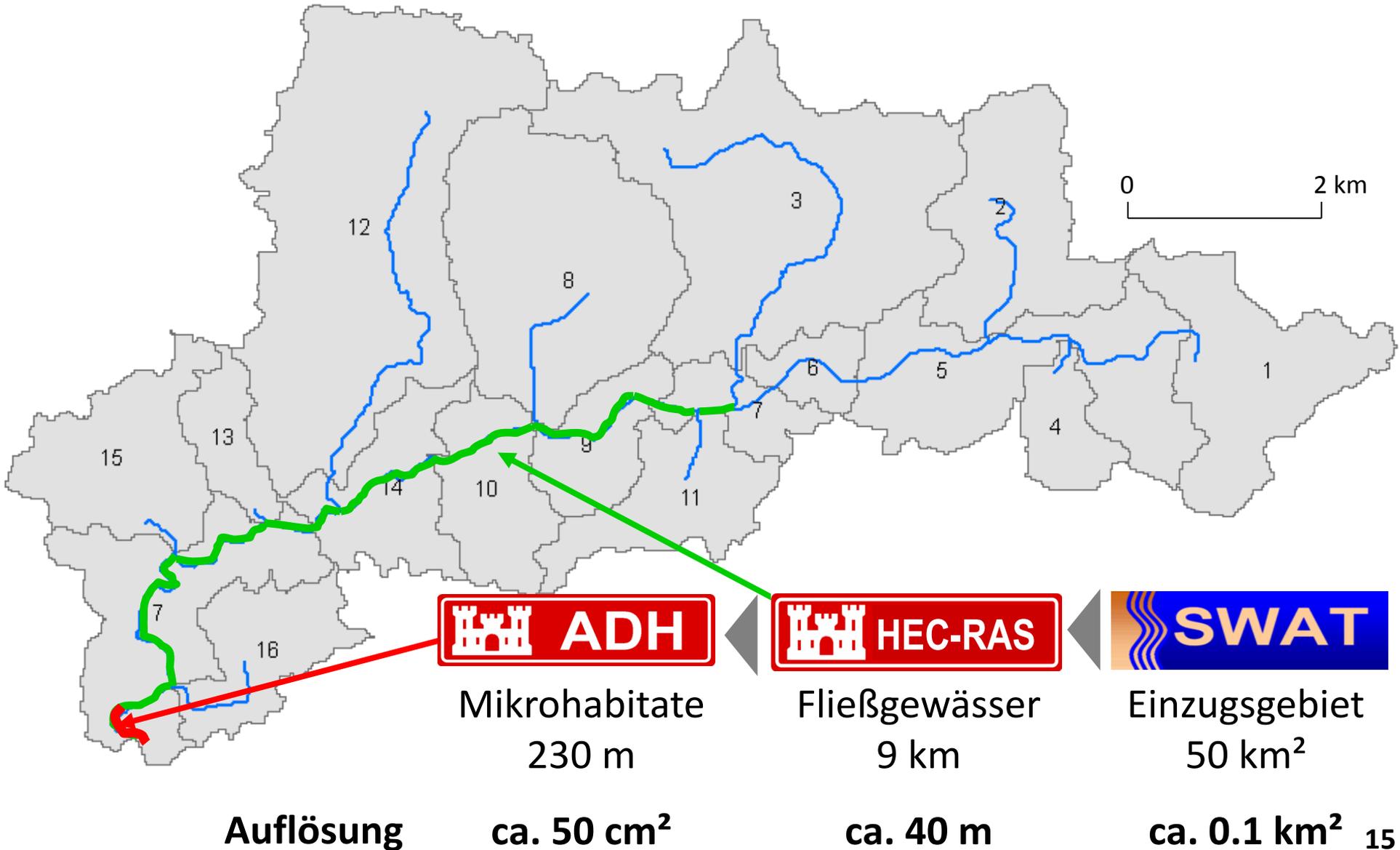
1D



2D

Modelle verknüpfen

Verknüpfung von Prozessen auf drei Skalen



Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter

Sediment-parameter

Schluff Φ_1

Sand Φ_2

Kies Φ_3

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_4

Totholz Φ_5

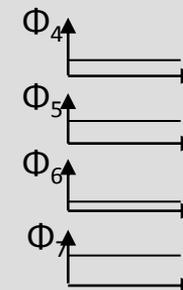
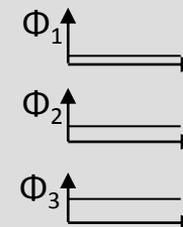
Vegetation Φ_6

Detritus Φ_7

Habitatmodelle

Eignungsfunktion

$$\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$$

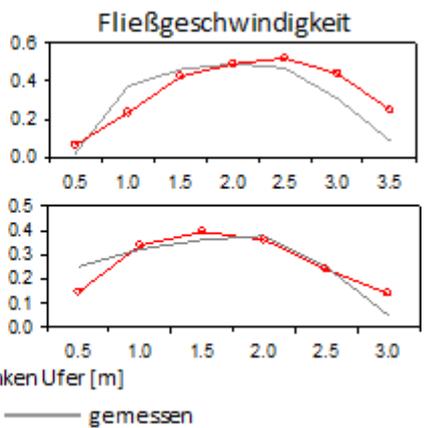
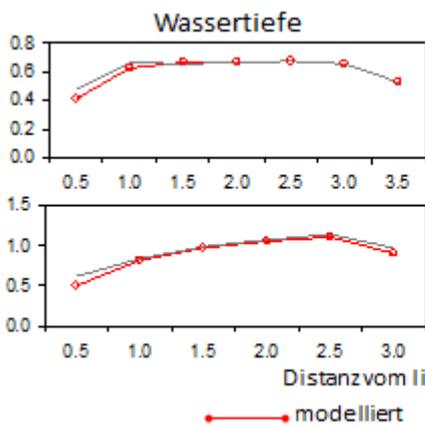
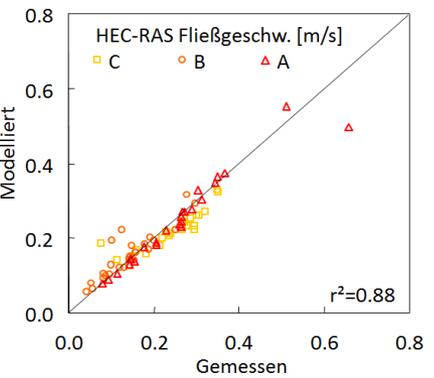
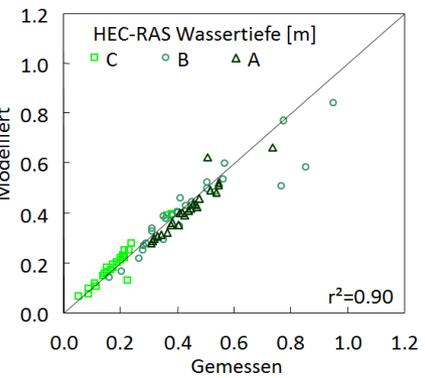
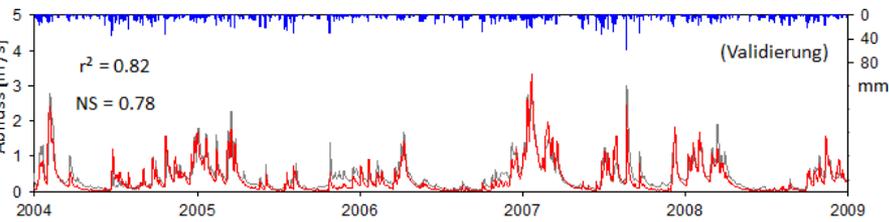
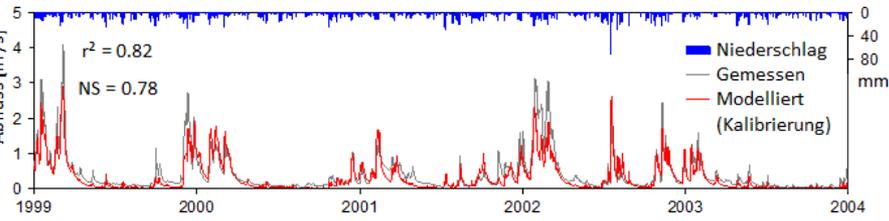


Landwirtschaft

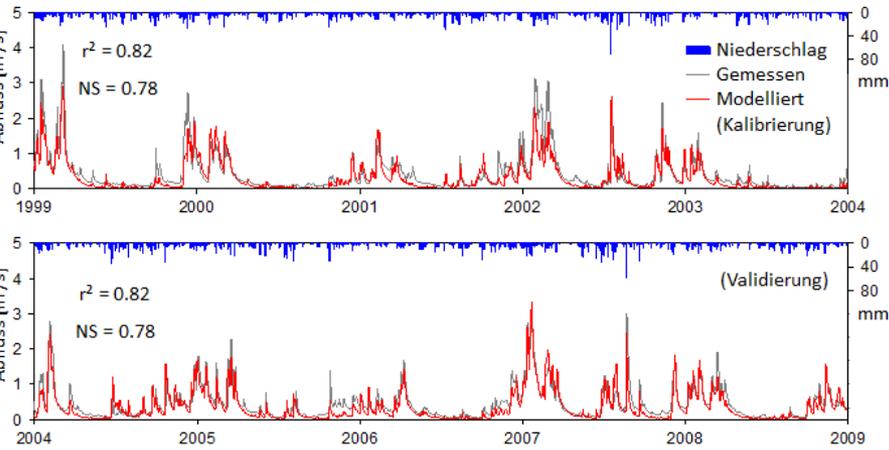
Urbanisierung

Klima

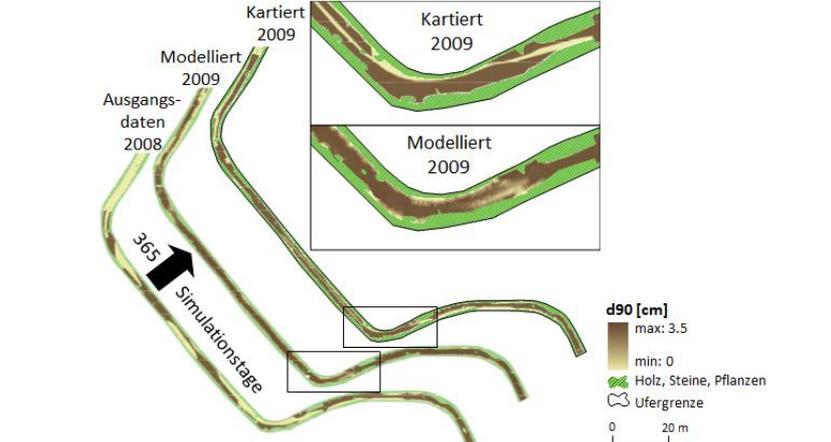
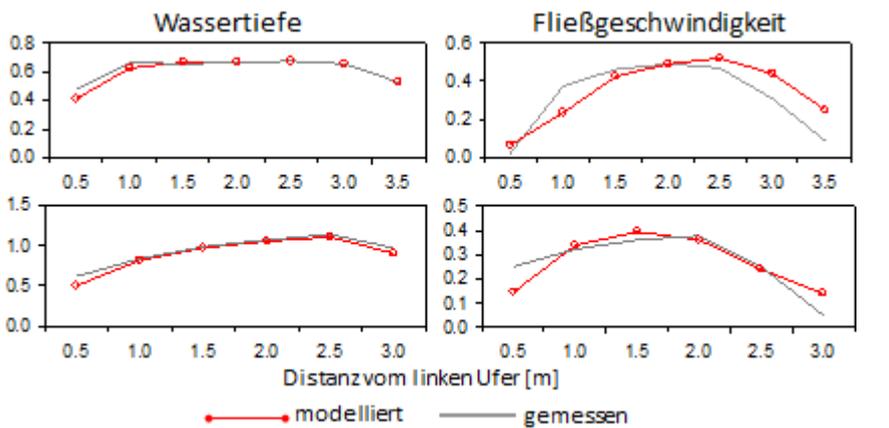
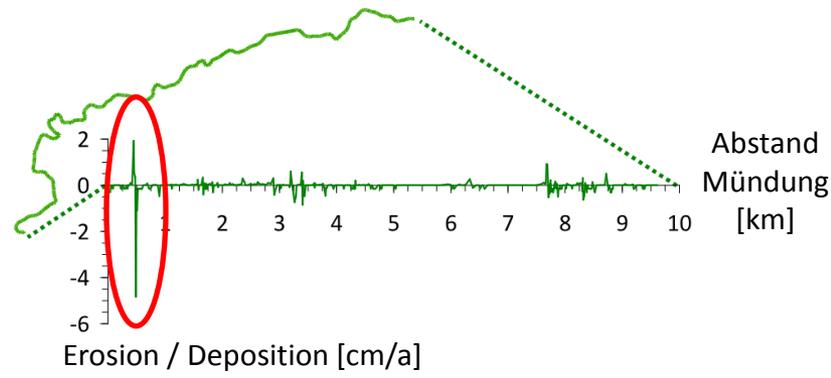
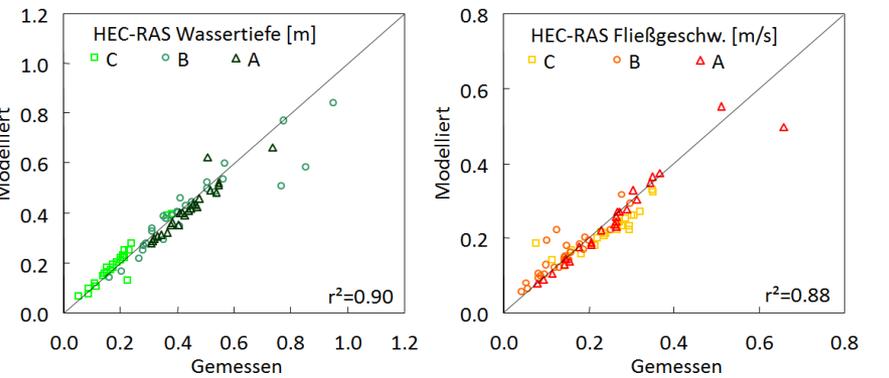
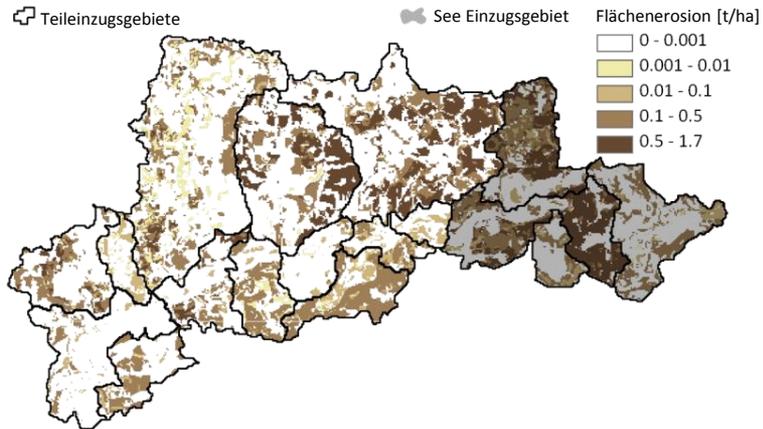
Hydrologie & Hydraulik



Hydrologie & Hydraulik



Sediment & Substrat



Sediment: Mikrohabitate

Kartiert
2009

Modelliert
2009

Ausgangs-
daten
2008

365
Simulationstage

d90 [cm]

max: 3.5

min: 0

Holz, Steine, Pflanzen

Ufergrenze

0 20 m

Modellierung des Einflusses von Einzugsgebiets- und Fließgewässerprozessen auf Habitate

- Durch die verknüpfte Abbildung des Wasser- und Sedimenthaushalts auf Einzugsgebiets-, Fließgewässerebene und Mikrohabitat



3. Modellierung der Auswirkung von Habitatzustand und Habitatänderung auf das Makrozoobenthos

Jähnig SC, Kuemmerlen M, **Kiesel J**, Domisch S, Cai Q, Schmalz B, Fohrer N. 2012. Journal of Biogeography 39(12).

Schröder M, **Kiesel J**, Schattmann A, Jähnig SC, Lorenz AW, Kramm S, Keizer-Vlek H, Rolauffs P, Graf W, Leitner P, Hering D. 2013. Ecological Indicators 30.

Kiesel J, Schröder M, Hering D, Schmalz B, Hörmann G, Jähnig SC, Fohrer N. 2015. Fundamental and Applied Limnology 186(1-2).

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter

Sediment-parameter

Schluff Φ_1

Sand Φ_2

Kies Φ_3

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_4

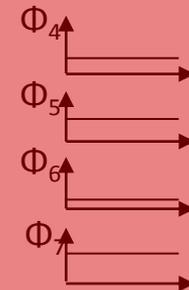
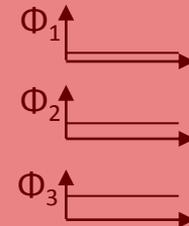
Totholz Φ_5

Vegetation Φ_6

Detritus Φ_7

Habitatmodelle

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$



Das Habitat Evaluation Tool (HET)



$$\left\{ \left\{ \bar{I}_{sh} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} I_{sh_c}}{C_h} \right\}_{s=1}^{S} \right\}_{h=1}^{H}$$

Anzahl
Individuen
pro Habitat

$$\left\{ n_h = \sum_{s=1}^{S} \bar{I}_{sh} \right\}_{h=1}^{H}$$

Anzahl
Züge

$$\left\{ \left\{ I_{T_{sh}} = (\bar{I}_{sh} + a)^b \right\}_{s=1}^S \right\}_{h=1}^{H}$$

Trans-
formation

$$\left\{ I_{M_{h(s)}} = (s_1, s_4, s_2, s_1, \dots, s_S, s_S \cdot f) \right\}_{h=1}^{H}$$

Ziehen mit
zurücklegen

$$\left\{ \left\{ \varphi_{sh} = \frac{I_{T_{sh}}}{\sum_{s=1}^{S} I_{T_{sh}}} \right\}_{s=1}^{S} \right\}_{h=1}^{H} \text{ with } \sum_{s=1}^{S} I_{T_{sh}} > 0$$

Eignungs-
werte

$$\left\{ \left\{ I_{M_{sh}} = \sum_s I_{M_{h(s)}} \right\}_{s=1}^{S} \right\}_{h=1}^{H}$$

Summen-
bildung

$$\left\{ \left\{ I_{I_{sh}} = \text{int} \left(\frac{\varphi_{sh}}{\min \{ \varphi_{sh} \}_{s=1}^{S}} \cdot k \right) \right\}_{s=1}^{S} \right\}_{h=1}^{H}$$

Artenset

$$\left\{ \left\{ \bar{I}_{M_{sh}} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^{R} I_{M_{sh_r}} \right\}_{s=1}^{S} \right\}_{h=1}^{H}$$

Boot-
strapping

$h=H$
.
 $h=1$

Räumliche
Habitat-
verteilung

$$RI = \sum \left\{ \min \left(\frac{\bar{I}_{M_{sh}}}{\sum_{s=1}^{S} \sum_{h=1}^{H} \bar{I}_{M_{sh}}}, \frac{\bar{I}_{V_{sh}}}{\sum_{s=1}^{S} \sum_{h=1}^{H} \bar{I}_{V_{sh}}} \right) \right\}_{s=1}^{S} \cdot 100$$

Güte

Eingangsdatensatz

Artendichte auf Substraten
vergleichbarer EZG

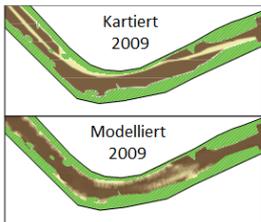
Datenaufbereitung

Simulation

Ergebnisbewertung

Substrate

Verteilung im
Modellierungsabschnitt



Datenaufbereitung

Individuen in **1** Probe

n	Kies
	2
	3
	6

Transformation Individuenanzahl

$$I_T = (I + a)^b$$

$$a=0$$

$$b=0.5$$

n	Kies
	1.4
	1.7
	2.4

Artenliste

n	Kies
	100
	122
	173

Datenaufbereitung

Individuen in **1** Probe

n	Kies
	2
	3
	6

Transformation Individuenanzahl

$$I_T = (I + a)^b$$

$$a=0$$

$$b=0.5$$

n	Kies
	1.4
	1.7
	2.4

Artenliste

n	Kies
	100
	122
	173

Simulation „einer Probe“

Artenliste

n	Kies
	100
	122
	173

Anzahl der Züge

n	Kies
	2
	3
	6

$$\Sigma = 11$$

Ziehen ergibt
modellierte Artenliste

n	Kies
	0
	4
	7

Anwendung HET: MZB auf Substraten



Datenaufbereitung

Individuen in **1** Probe

n	Kies
	2
	3
	6

Transformation Individuenanzahl

$$I_T = (I + a)^b$$

$a=0$
 $b=0.5$

n	Kies
	1.4
	1.7
	2.4

Artenliste

n	Kies
	100
	122
	173

Simulation „einer Probe“

Artenliste

n	Kies
	100
	122
	173

Anzahl der Züge

n	Kies
	2
	3
	6

$$\Sigma = 11$$

Ziehen ergibt
modellierte Artenliste

n	Kies
	0
	4
	7

Ergebnisbewertung

Modellierte Artenliste

n	Kies
	0
	4
	7



Renkonen Index
(0-100)



Testdatensatz

n	Kies
	1
	3
	6

Anwendung HET: MZB auf Substraten



Datenaufbereitung, Kalibrierung

Individuen in **1** Probe

n	Kies
	2
	3
	6

Transformation Individuenanzahl

$$I_T = (I + a)^b$$

$a = x$
 $b = x$

n	Kies
	x
	x
	x

Artenliste

n	Kies
	x
	x
	x

Simulation „einer Probe“

Artenliste

n	Kies
	x
	x
	x

Anzahl der Züge

n	Kies
	2
	3
	6

$$\Sigma = 11$$

Ziehen ergibt modellierte Artenliste

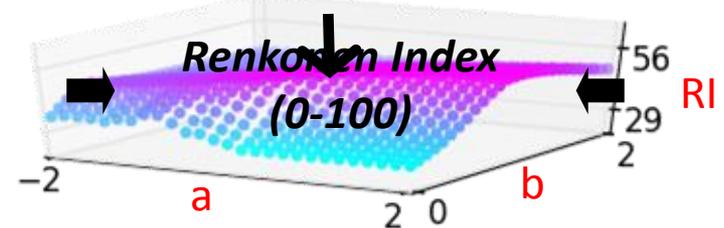
n	Kies
	x
	x
	x

Ergebnisbewertung

Modellierte Artenliste

n	Kies
	x
	x
	x

$$a = 0.3, b = 0.7, RI = 56$$

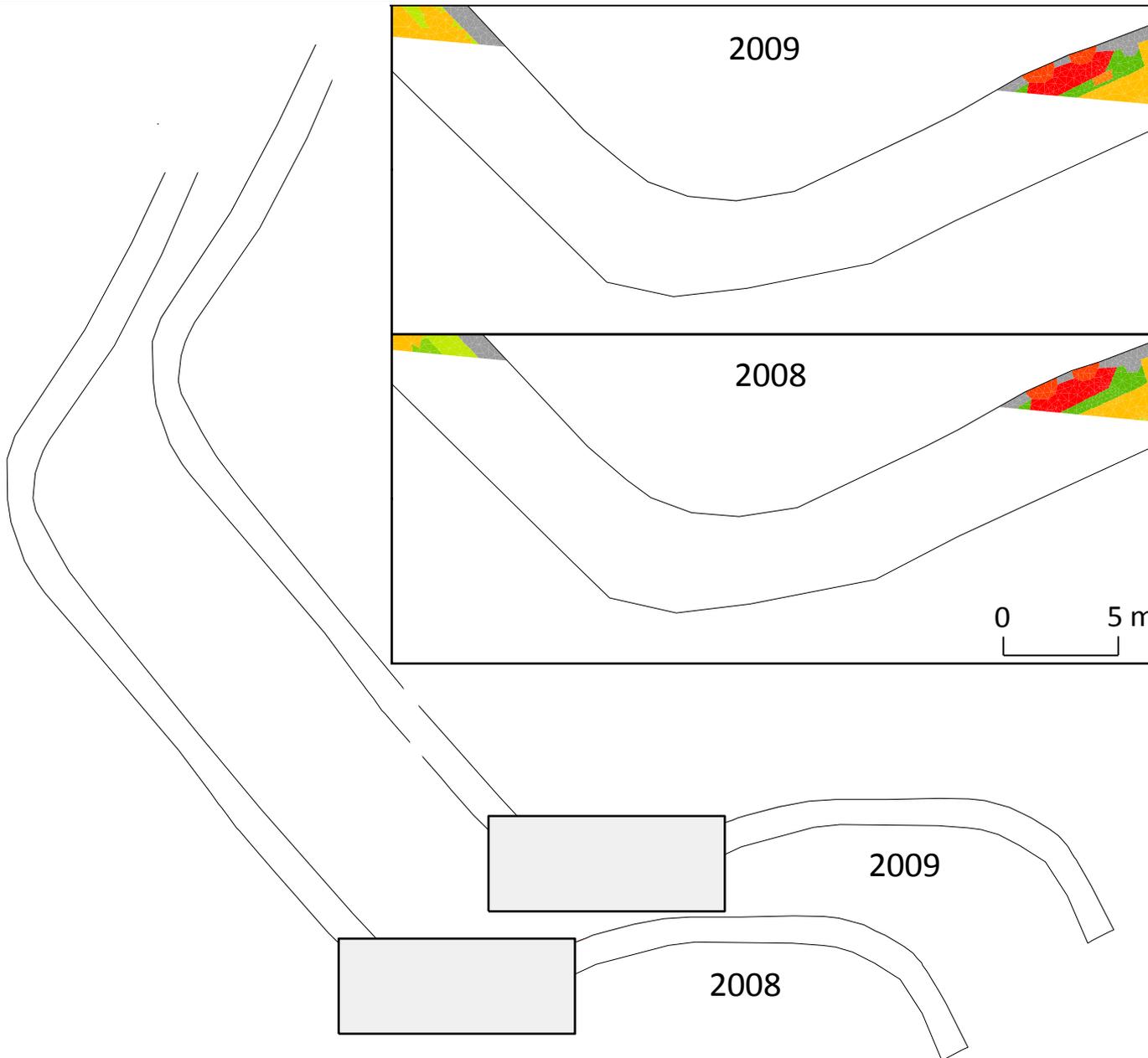


Testdatensatz

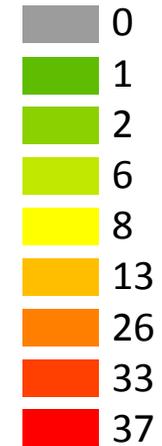
n	Kies
	1
	3
	6

Anwendungsbeispiel:
Szenarien entlang der Modellkette

Simulation von *Gammarus pulex*



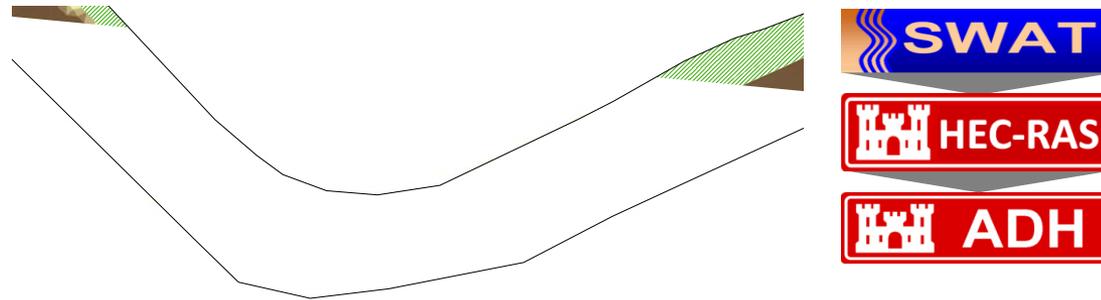
Individuen
pro 0.0625m²



Anwendungsbeispiel:
Multi-Habitat-Sampling

Multi-Habitat-Sampling (MHS)

Räumliche Substratverteilung

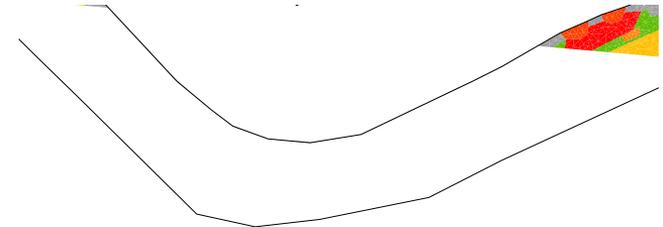


Berechnung der Substrat-Flächen Anteile

Makrophyten	3%
CPOM	10%
Sand	38%
Kies	49%

Flächenmäßige Aufteilung von 20 Proben

Makrophyten	0
CPOM	2
Sand	8
Kies	10



Digitales MHS (Beispiel)

Zweimalige Wiederholung CPOM-Probe

n	CPOM	
	3	1
	7	5
	27	32

Achtmalige Wiederholung Sandprobe

n	Sand							
	0	1	0	1	0	1	0	0
	1	1	0	2	2	0	2	0
	3	2	4	1	2	3	2	4

Zehnmalige Wiederholung Kiesprobe

n	Kies									
	0	1	2	1	0	0	1	2	1	0
	4	3	4	4	5	4	3	4	4	5
	7	7	5	6	6	7	7	5	6	6

Multi-Habitat-Sampling Ergebnis

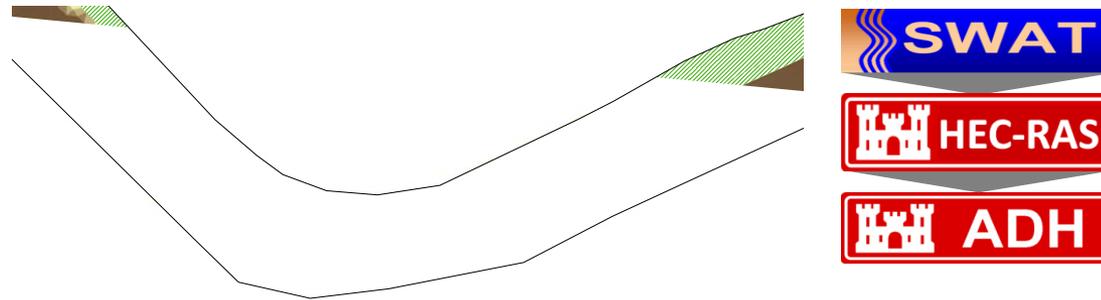
 15

 56

 142

Multi-Habitat-Sampling (MHS)

Räumliche Substratverteilung

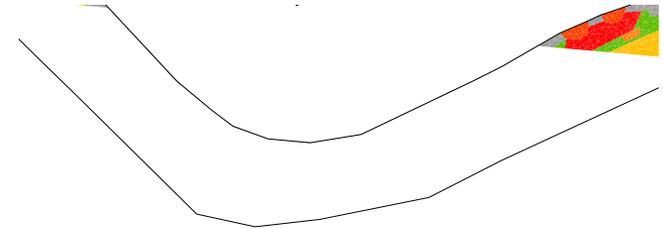


Berechnung der Substrat-Flächen Anteile

Makrophyten	3%
CPOM	10%
Sand	38%
Kies	49%

Flächenmäßige Aufteilung von 20 Proben

Makrophyten	0
CPOM	2
Sand	8
Kies	10



**Die Artenliste ermöglicht die ökologische Bewertung
des modellierten Bachabschnittes**

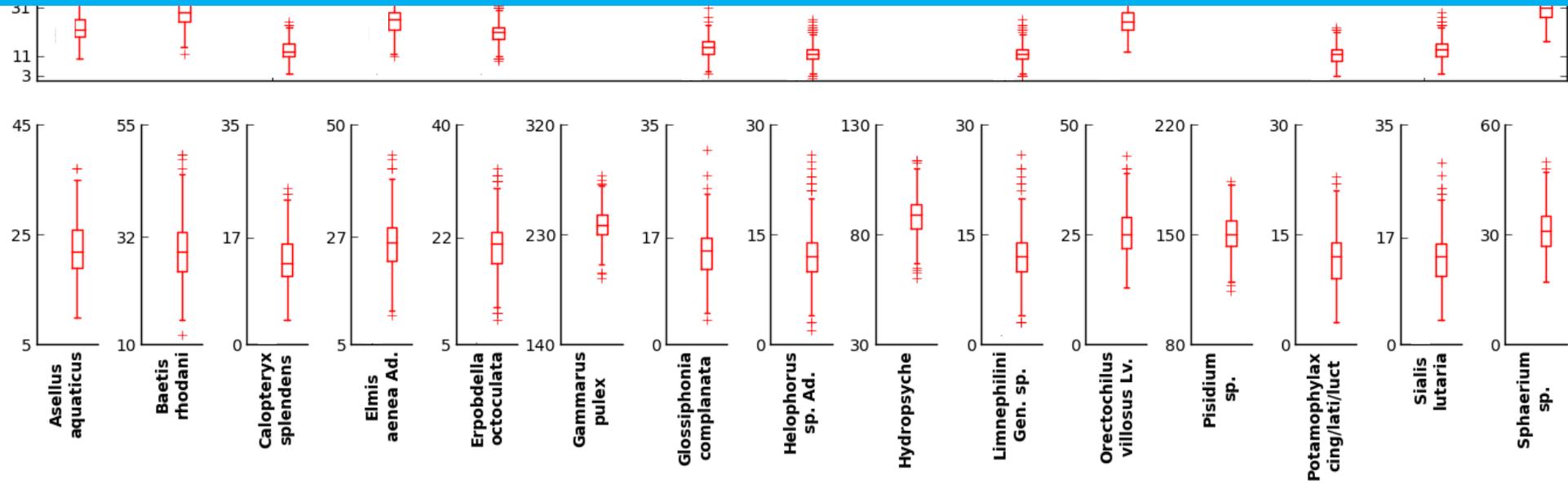
Individuenanzahl

1000-maliges MHS

ASTERICS Ergebnisse:

Shannon-Wiener-Index: 1,99 - 2,26

Saprobienindex: 2,09 - 2,18



Modellierung der Auswirkung von Habitatzustand und Habitatänderung auf das Makrozoobenthos



- Simulation von Artengemeinschaften und Abundanzen
- Zeigt räumliche Verteilung auf Karten
- Durchführung von digitalem MHS
- Datenbereitstellung für Bewertungssoftware (z.B. ASTERICS) ermöglicht praxisnahe Anwendung

Zusammenfassung und Ausblick

Wie kann man die abiotisch-biotische Wirkungskette modellieren?

Durch die Verwendung einer Modellkette



- in der Einzugsgebietsprozesse, Fließgewässerprozesse und Mikrohabitateigenschaften abgebildet werden
- in der die wesentlichen Lebensraumparameter abgebildet werden
- in der eine praxisnahe Habitatsimulation integriert ist

Danke für die Finanzierung

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

Danke für die Kooperation

Aquatische Ökologie (Universität Duisburg-Essen)
Abteilung Fließgewässerökologie und Naturschutzforschung, Senckenberg (Gelnhausen)
Abteilung Limnologie (CAU Kiel)
Dezernat Fließgewässerökologie des LLUR (Flintbek)
USDA-ARS (Texas)
USACE-ERDC-CHL (Vicksburg)

Danke für die Datenbereitstellung

Brinkmann (2002), Lorenz et al. (2009), Schattmann (2013), Kramm (2002), Vlek et al. (2006)
DWD (Offenbach)
Landesamt für Vermessung und Geoinformation S.-H. (Kiel)
LKN (Husum/Schleswig)
LLUR (Flintbek)
soilAQUA (Sterup)
Stiftung Naturschutz (Molfsee)
Wasser- und Bodenverband Obere Treene (Satrup)
Winderatter See-Kielstau e.V. (Ausacker)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit