

# Feinsediment in norddeutschen Fließgewässern – ein ökologisches Problem. Methoden der Erfassung

**Jens Kiesel**<sup>1,2</sup>, Britta Schmalz<sup>3</sup>, Sonja Jähmig<sup>1</sup>,  
 Daniel Hering<sup>4</sup>, Nicola Fohrer<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> IGB Berlin, Abteilung Ökosystemforschung
- <sup>2</sup> CAU Kiel, Abteilung für Hydrologie und Wasserwirtschaft
- <sup>3</sup> TU Darmstadt, IHWB
- <sup>4</sup> Universität Duisburg-Essen, Aquatische Ökologie



# Motivation und Hintergrund

---



Veränderungen...

...der Landnutzung

...des Sedimenteintrages

...der Morphologie

...des aquatischen Habitates

wirken auf

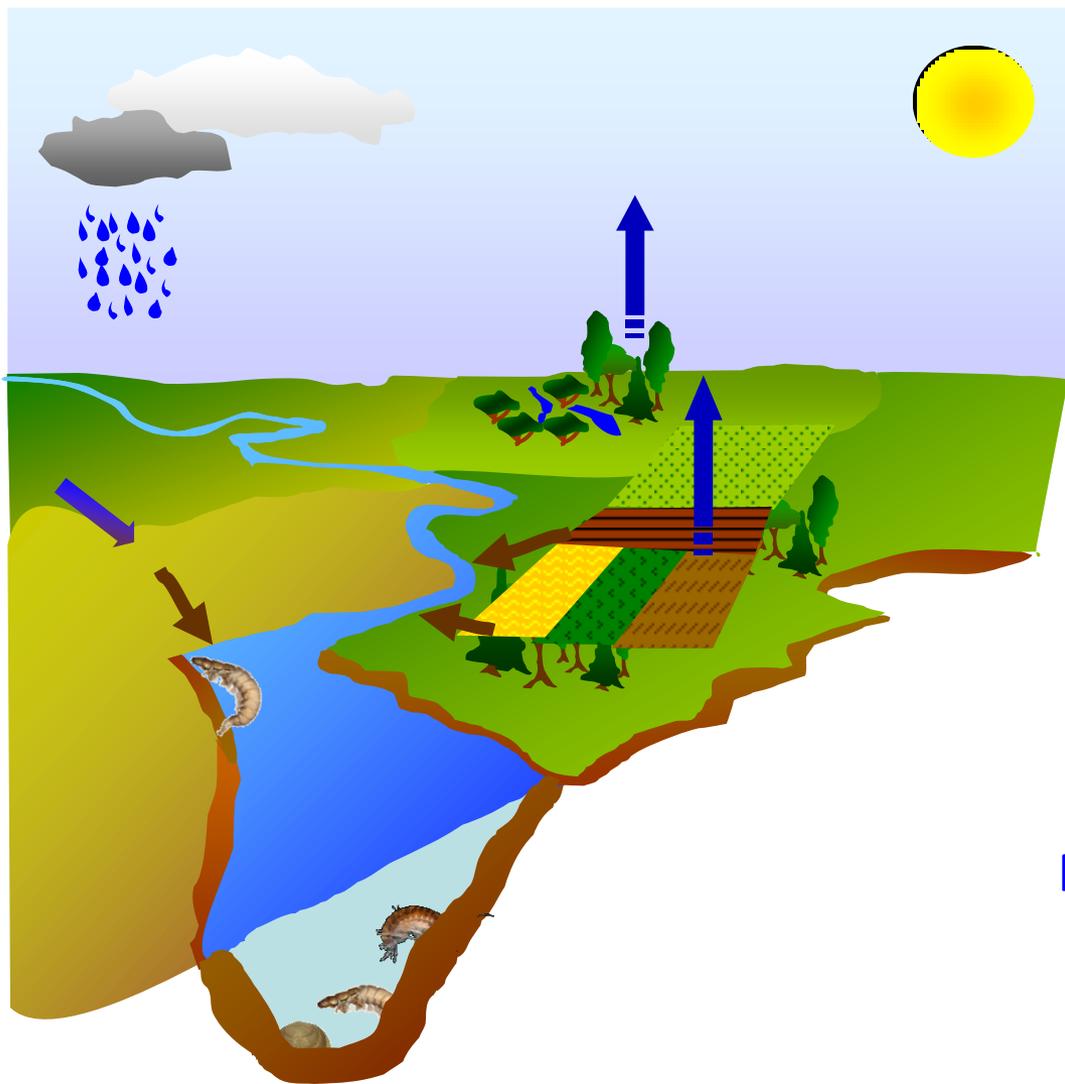
**...die Artengemeinschaft**

Regenerationsmaßnahmen durch

Modellierungen testen



# Feinsediment und die Artengemeinschaft



Wasserkreislauf Klima

Einzugsgebiet Erosion

Fließgewässer Dynamik & Regulation

Habitat

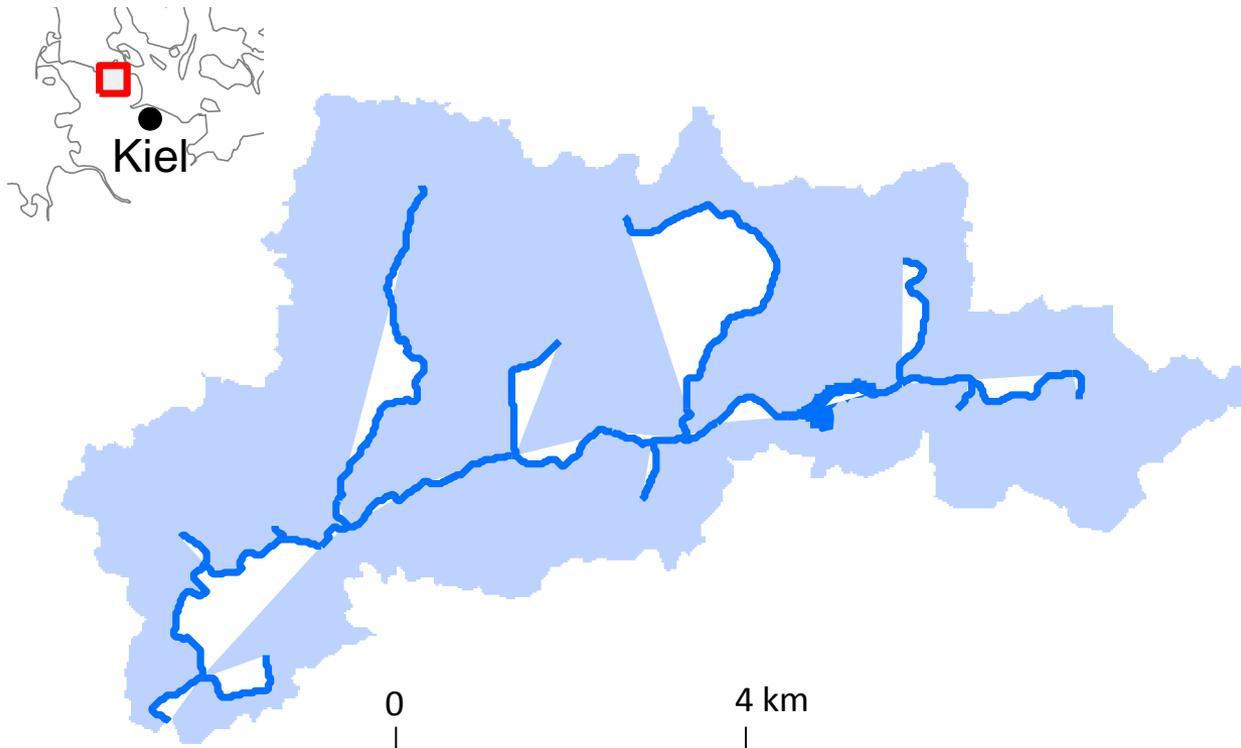
Bedeckung & Entstehung

Arten

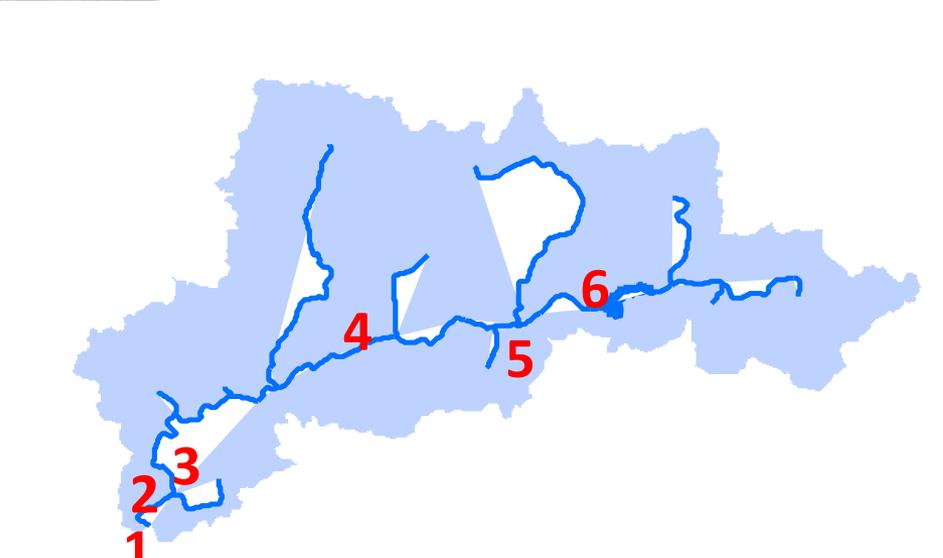
Artenänderung

Diese Wirkungskette muss modelliert werden, wenn man Maßnahmen testen möchte, die den Lebensraum Fließgewässer verbessern sollen

# Das Tieflandeinzugsgebiet der Kielstau



- Östliches Hügelland von Schleswig-Holstein
- 50 km<sup>2</sup>, 1 See, 16 km Fließweg
- Kiesgeprägter Tieflandbach
- Niedrige hydraulische Gradienten
- ca. 80 % landwirtschaftlich genutzt
- Seit 2010 UNESCO Ökohydrologie-Referenzgebiet



# 1. Methodische Abbildung der Wirkungskette

---

# Modellierung der abiotisch-biotischen Wirkungskette

---

## 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

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

## Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

## GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

Totholz  $\Phi_7$

Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$

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

## Habitatmodelle



## 2. Modellierung der Wirkungskette

---

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  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

## GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

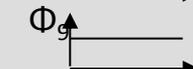
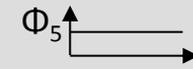
Totholz  $\Phi_7$

Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$

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

## Habitatmodelle

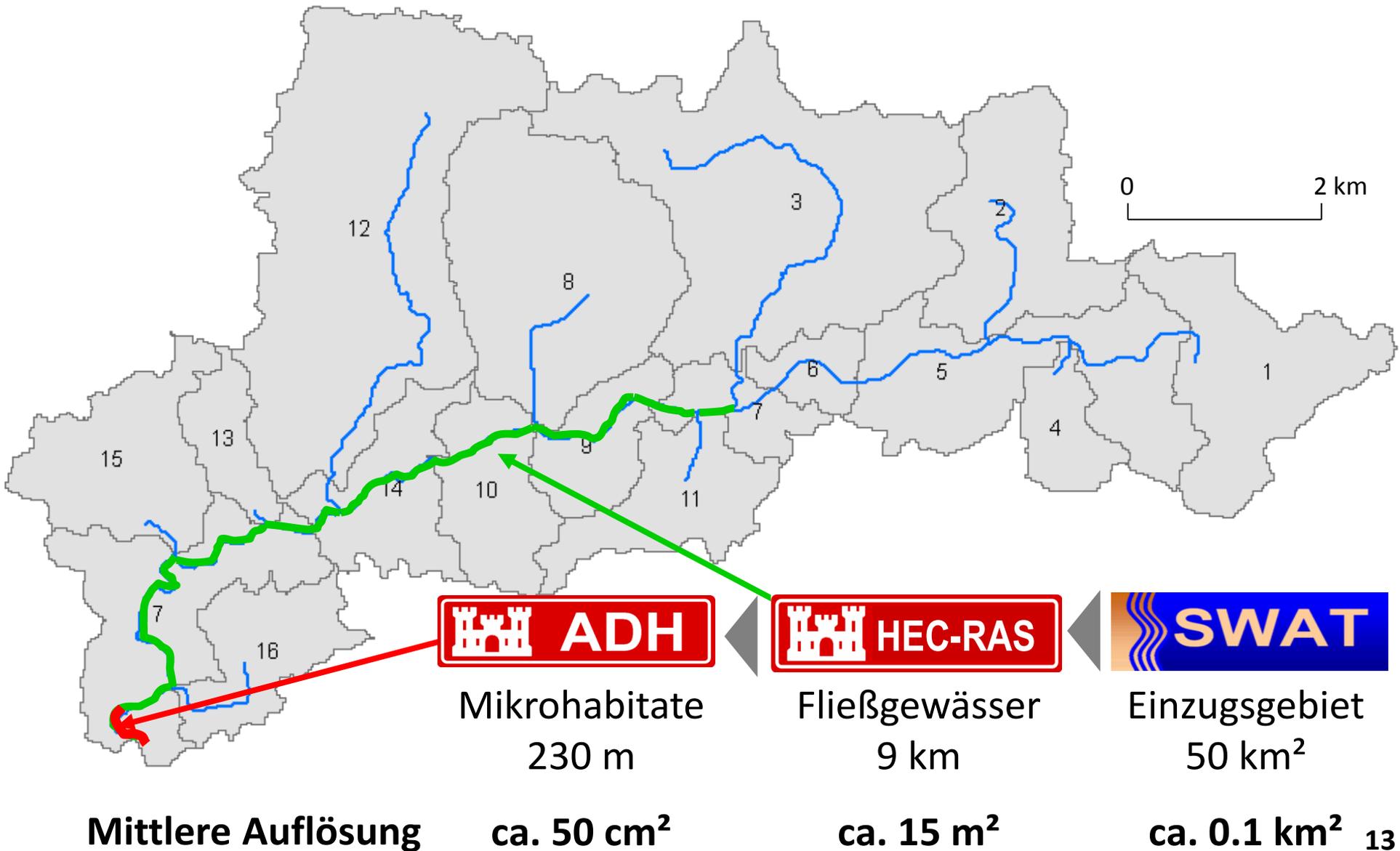


Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

# Verknüpfung von Prozessen auf drei Skalen



Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

### Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

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

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

### Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

### Habitatmodelle



### GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

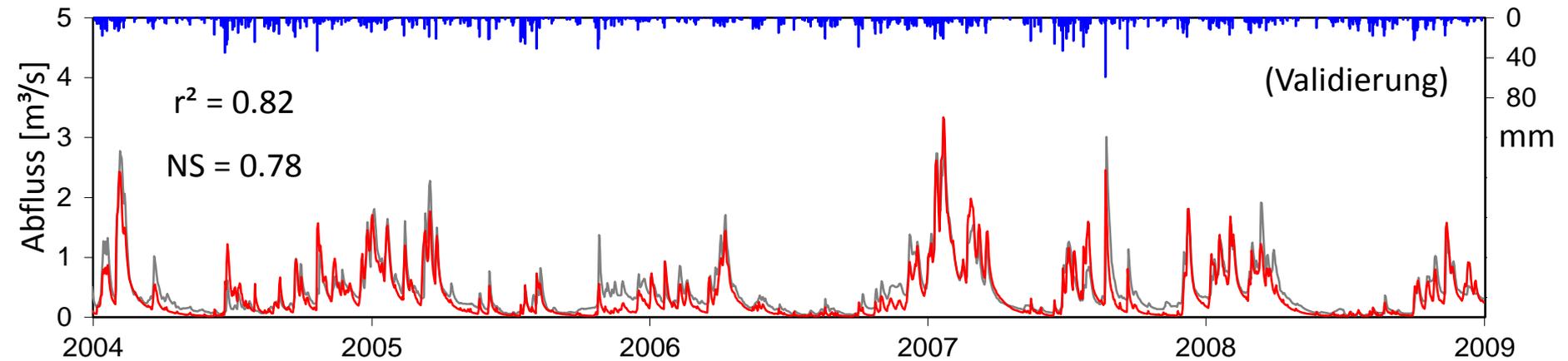
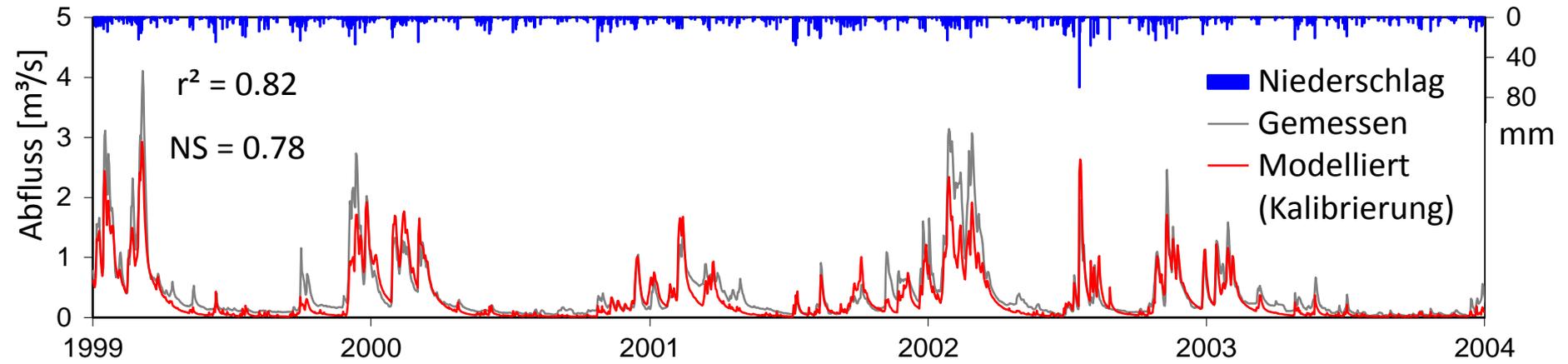
Steine  $\Phi_6$

Totholz  $\Phi_7$

Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$





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  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

### GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

Totholz  $\Phi_7$

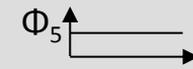
Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$

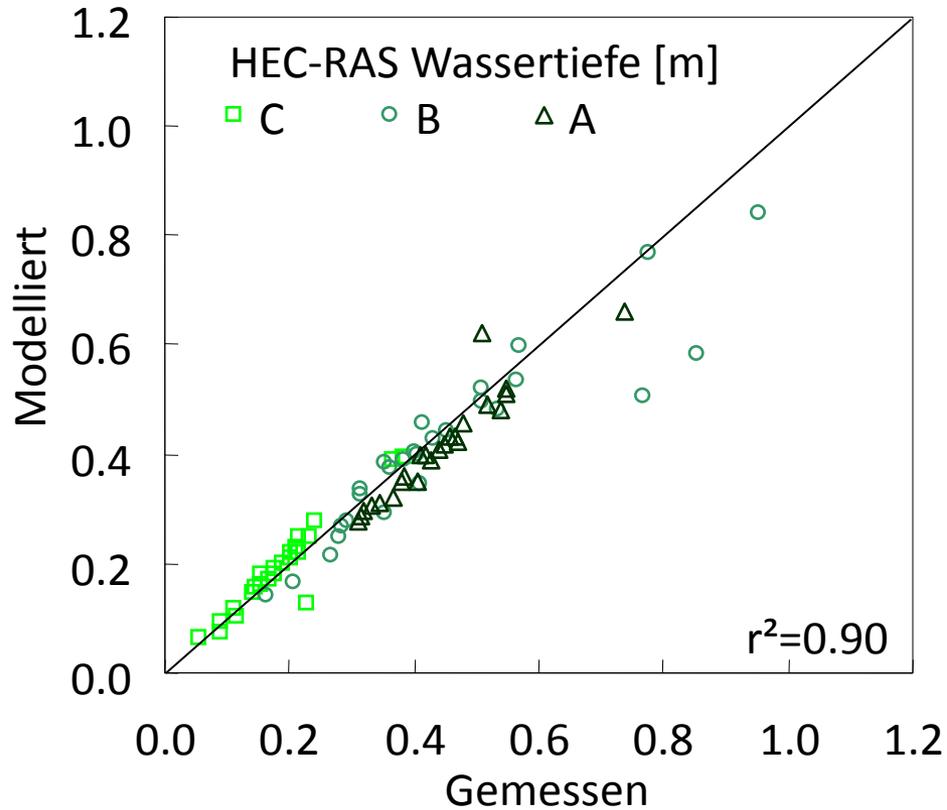
Eignungsfunktion

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

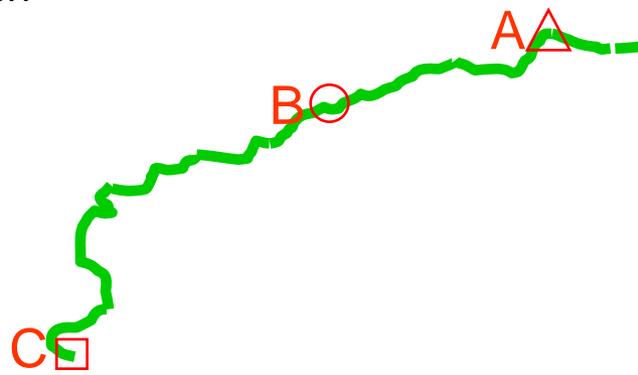
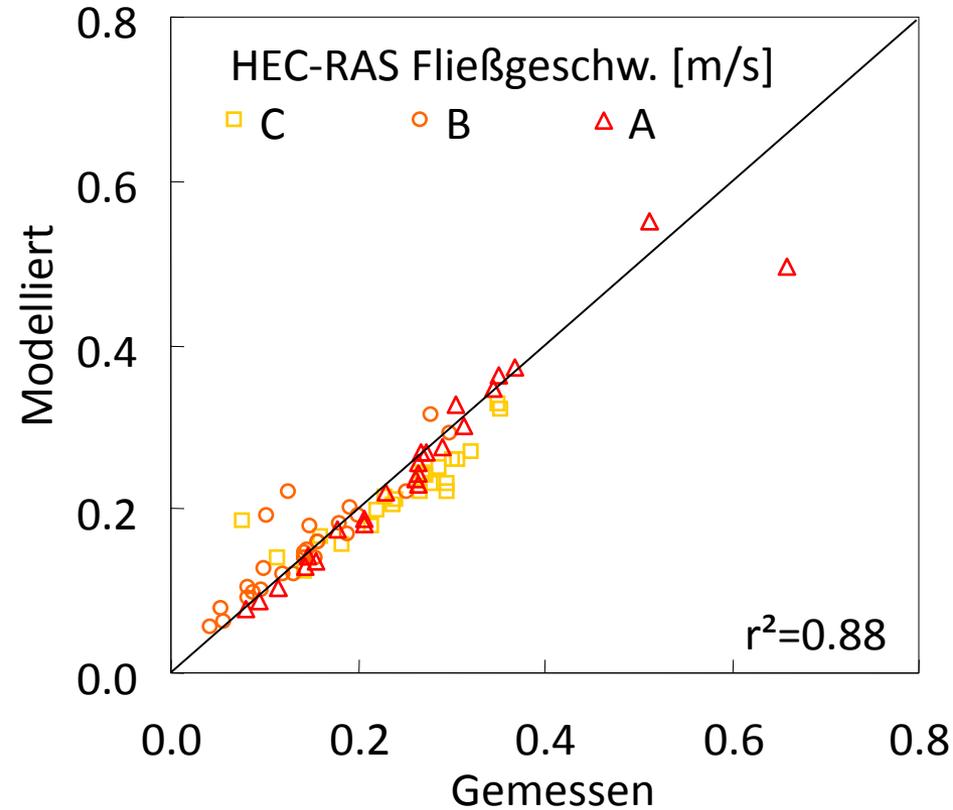
### Habitatmodelle



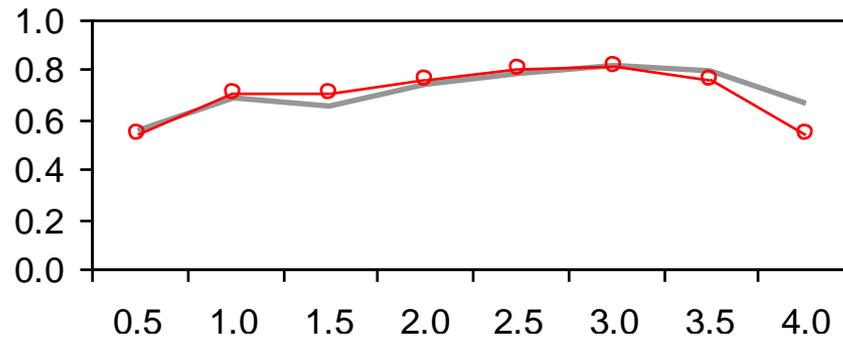
## Wassertiefe



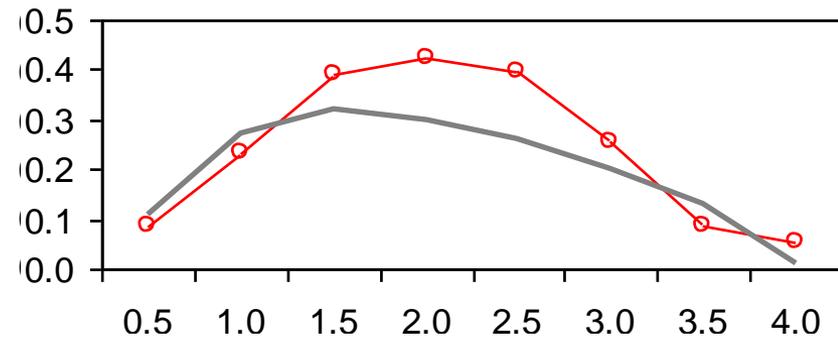
## Fließgeschwindigkeit



## Wassertiefe

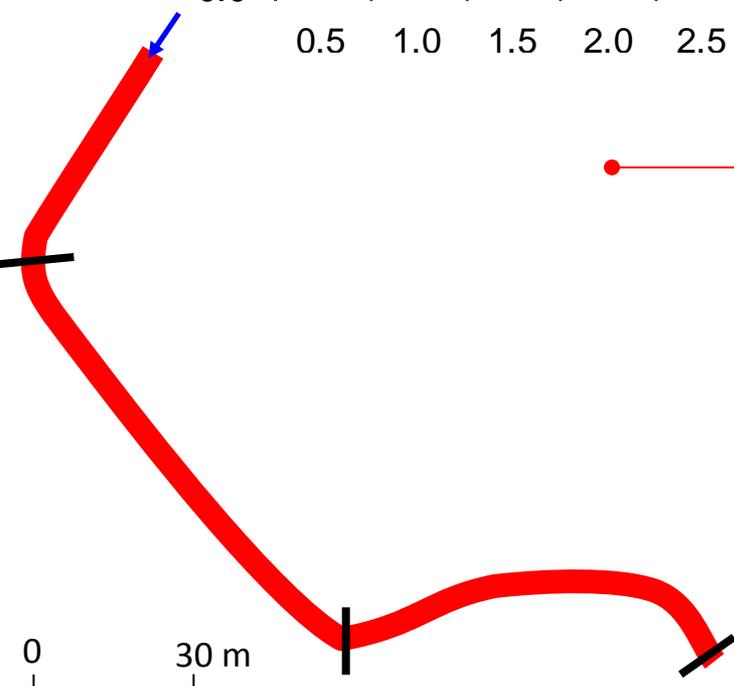


## Fließgeschwindigkeit



Distanz vom linken Ufer [m]

● modelliert    — gemessen



0      30 m

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  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

### GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

Totholz  $\Phi_7$

Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$

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

### Habitatmodelle



# Sedimenteintragspfade im Tiefland

---

**Fläche**



**Drainagen**



**Fließgewässer**



# Sedimenteintragspfade im Tiefland

## Fläche



17%

## Drainagen

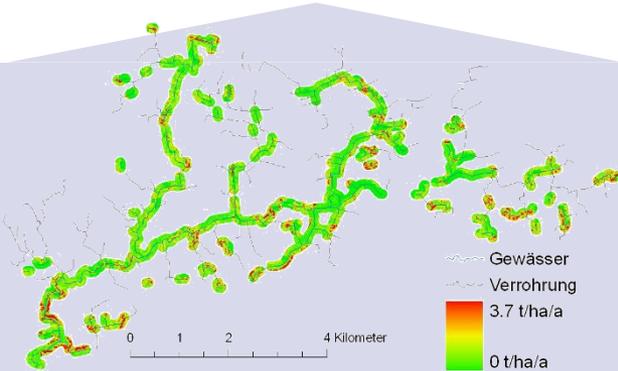


15%

## Fließgewässer



68%



ABAG

Study	% drained area	% Sediment from drainage
KRONVANG et al. 1997	50 100	13 26
WALLING et al. 2002	90 100	53 58.9
WALLING et al. 2002	90 100	28.5 31.7

**DICKINSON et al. 1989**

Angrenzende Landnutzung

Physikalische Bodeneigenschaften

$h_{crit}$



Kartierung

Messungen

1500.5 mg/L  
107.2 mg/L  
3.3 mg/L

Erosionsstäbe



# Messmethoden Geschiebetransport

---

## Geschiebefalle

- Höhe: 10 cm
- Breite: 45 + 45 cm, von 224 cm  
Gewässersohle
- Länge 60 cm
- Maschenweite 200  $\mu\text{m}$
- 44 Wochen  
2 Wochen Messintervall
- auf die Gesamtsohle extrapoliert



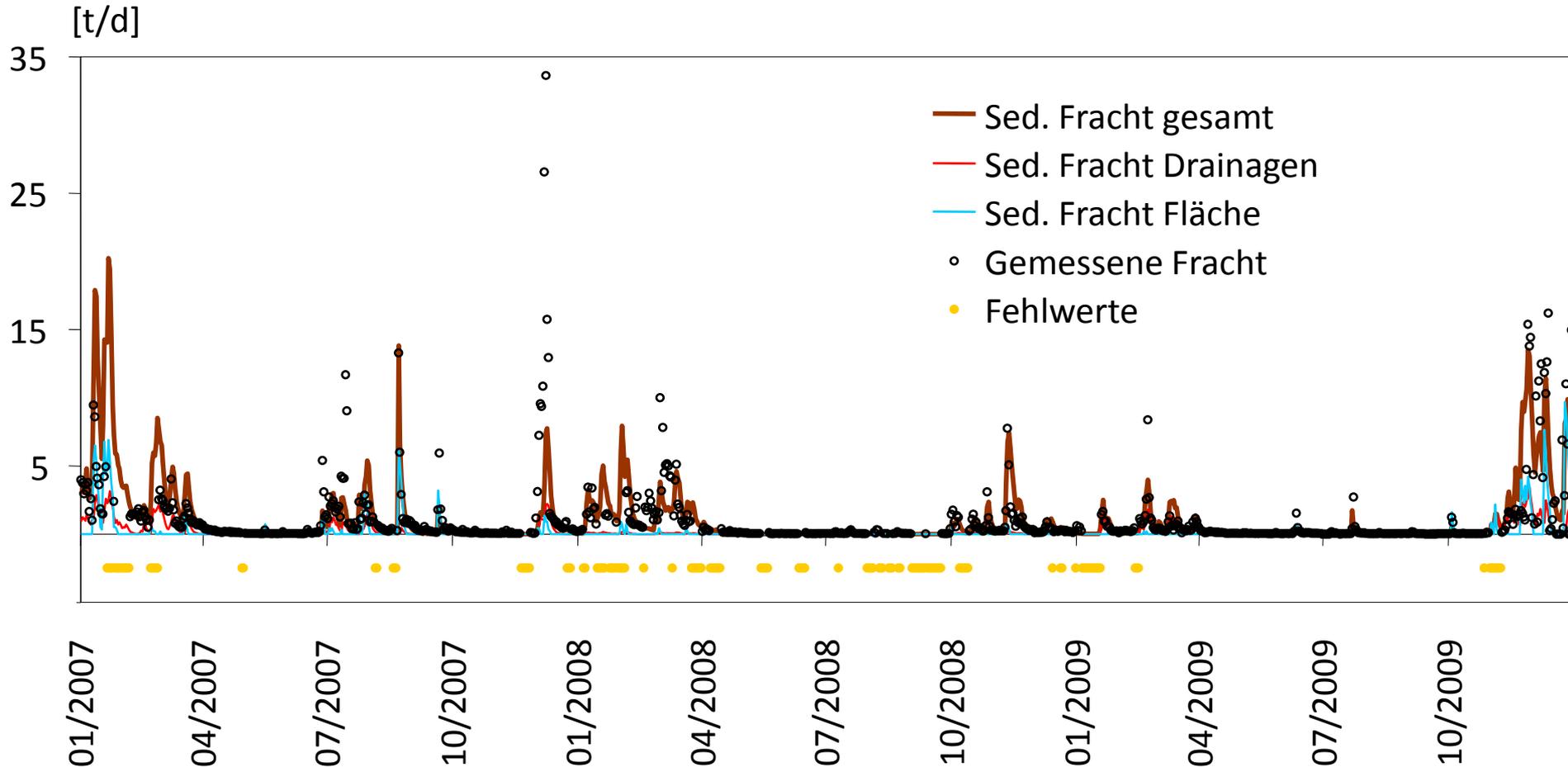
# Messmethoden suspendiertes Sediment

---

- 1L Tagesmischproben in automatischem Sammler
- Filtration an einer Unterdruckapparatur mit  $0,45\mu\text{m}$  Cellulose-Acetat Filtern
- Trocknung des Filters und wiegen der Gewichtsdiﬀerenz ergibt Sedimenttransport in  $\text{mg/L}$



# Modellierung Sedimenteintragspfade



$r^2 = 0.31$ , monatlich  $r^2 = 0.68$

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

### Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

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

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

### Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter  $\Phi_1$

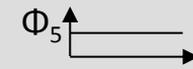
Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

### Habitatmodelle



### GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

Totholz  $\Phi_7$

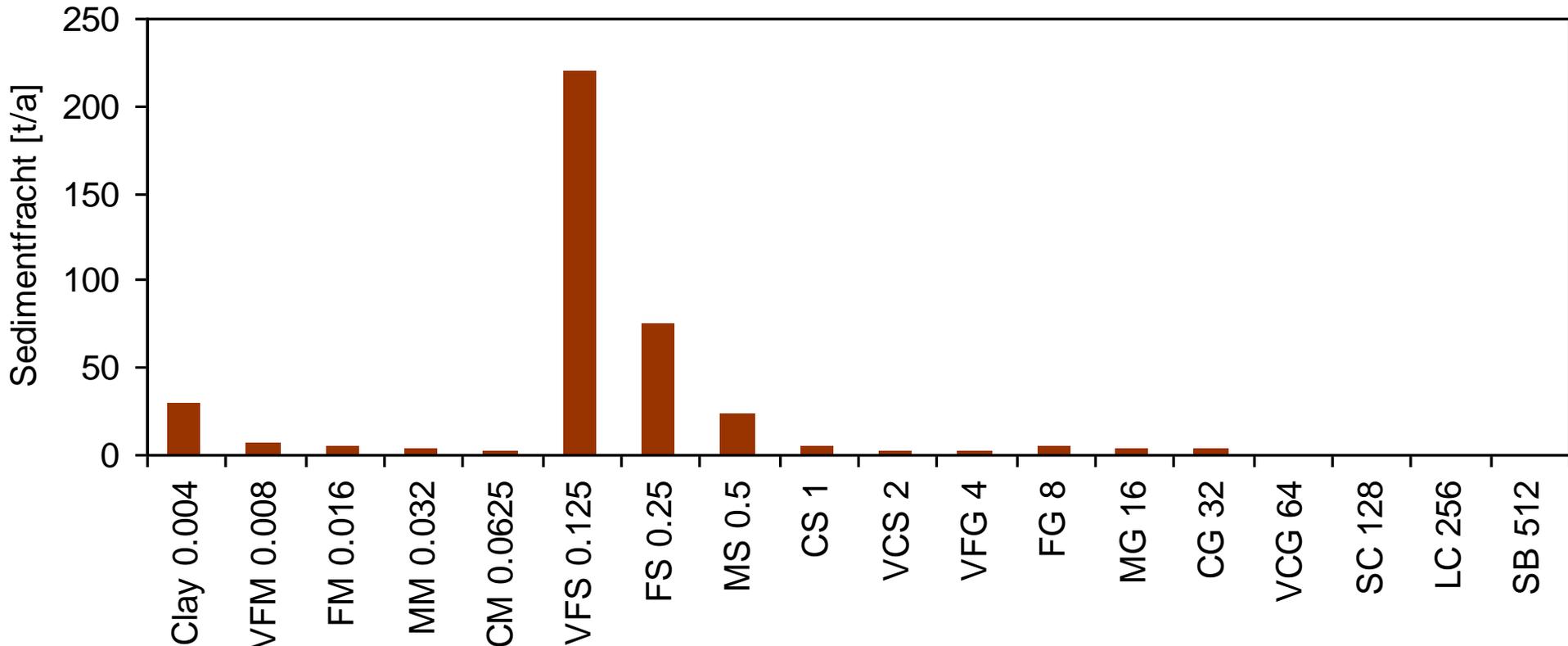
Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$



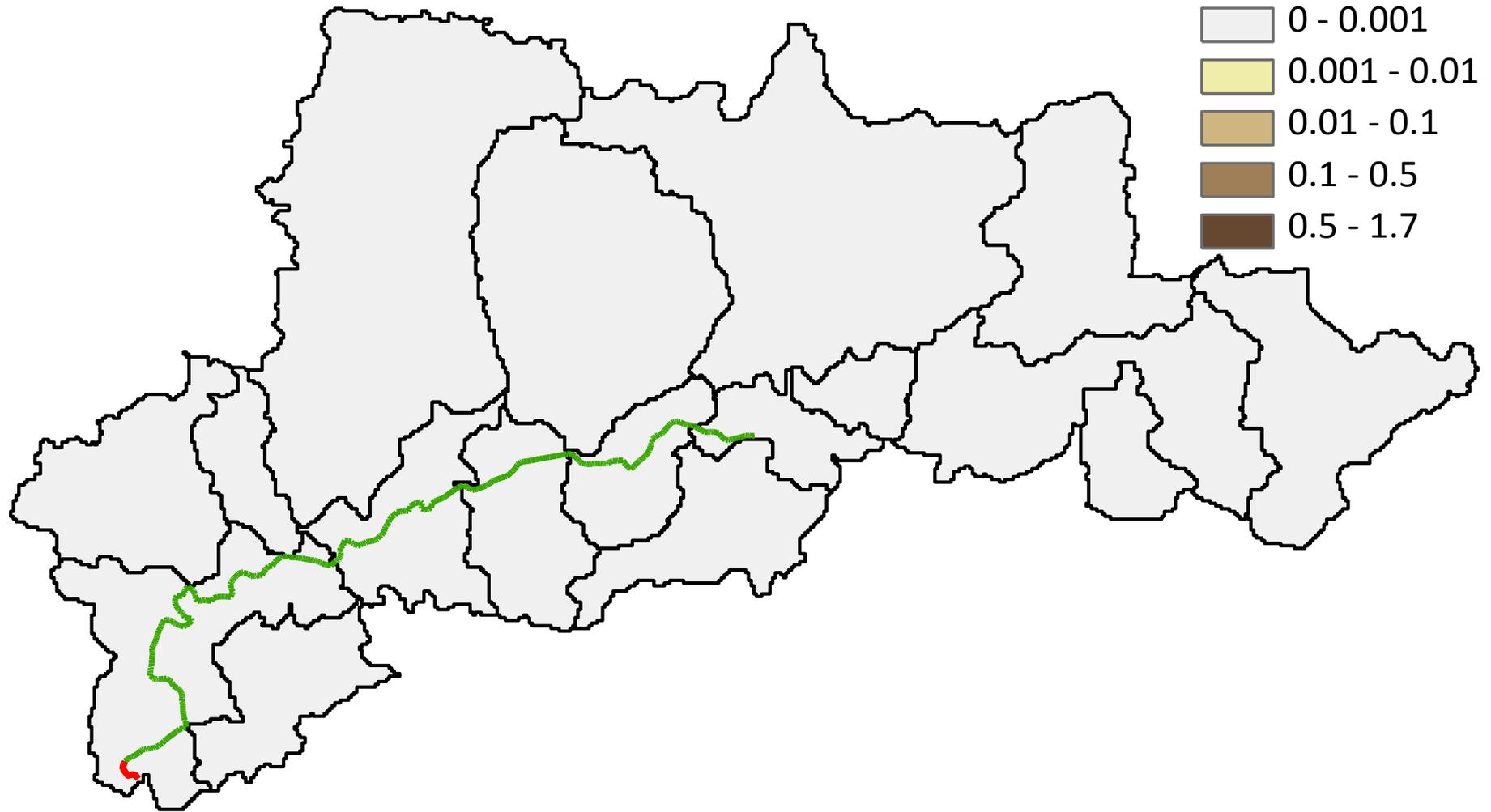
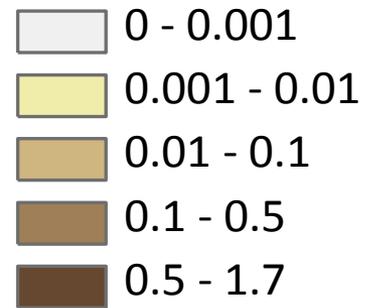


## Sedimentfracht nach Korngrößen

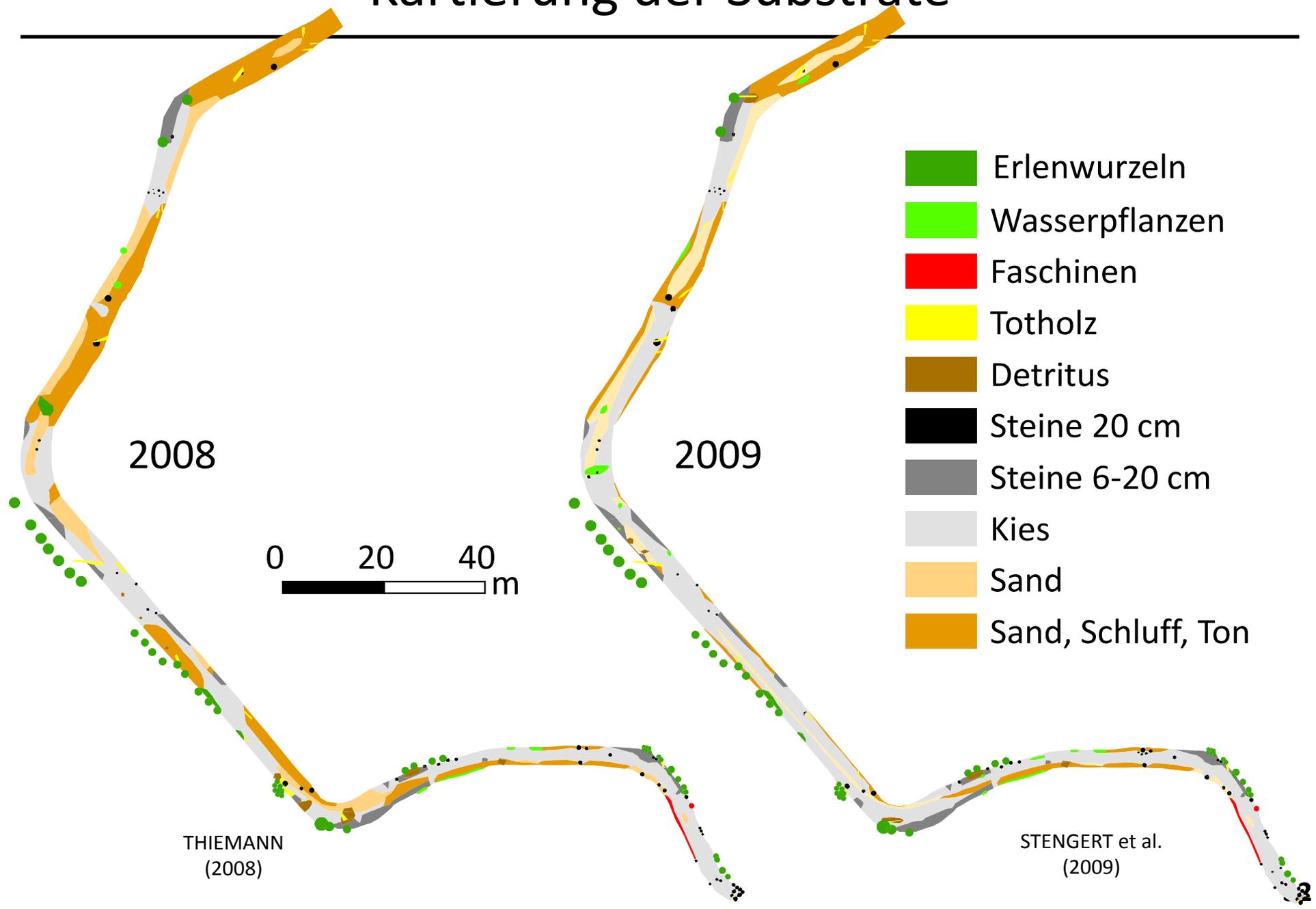


Sehr feiner Sand und Feinsand (0.125-0.5mm): **78%**

☒ Teileinzugsgebiete     HEC-RAS Gerinne     Einzugsgebiet See    **Flächenerosion [t/ha]**



# Kartierung der Substrate



# Sedimentmodellierung: Mikrohabitate

Kartiert  
2009

Modelliert  
2009

Ausgangs-  
daten  
2008

365  
Simulationstage

**d90 [cm]**

max: 3.5

min: 0

Holz, Steine, Pflanzen

Ufergrenze

0 20 m

### 3. Modellierung der ökologischen Auswirkung

---

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.

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  $\Phi_1$

Sediment-parameter  $\Phi_2$

Schluff  $\Phi_3$

Sand  $\Phi_4$

Kies  $\Phi_5$

### GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine  $\Phi_6$

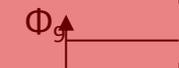
Totholz  $\Phi_7$

Vegetation  $\Phi_8$

Detritus  $\Phi_9$

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

### Habitatmodelle



# Simulation von *Sphaerium corneum*



schnecken-der-welt.de



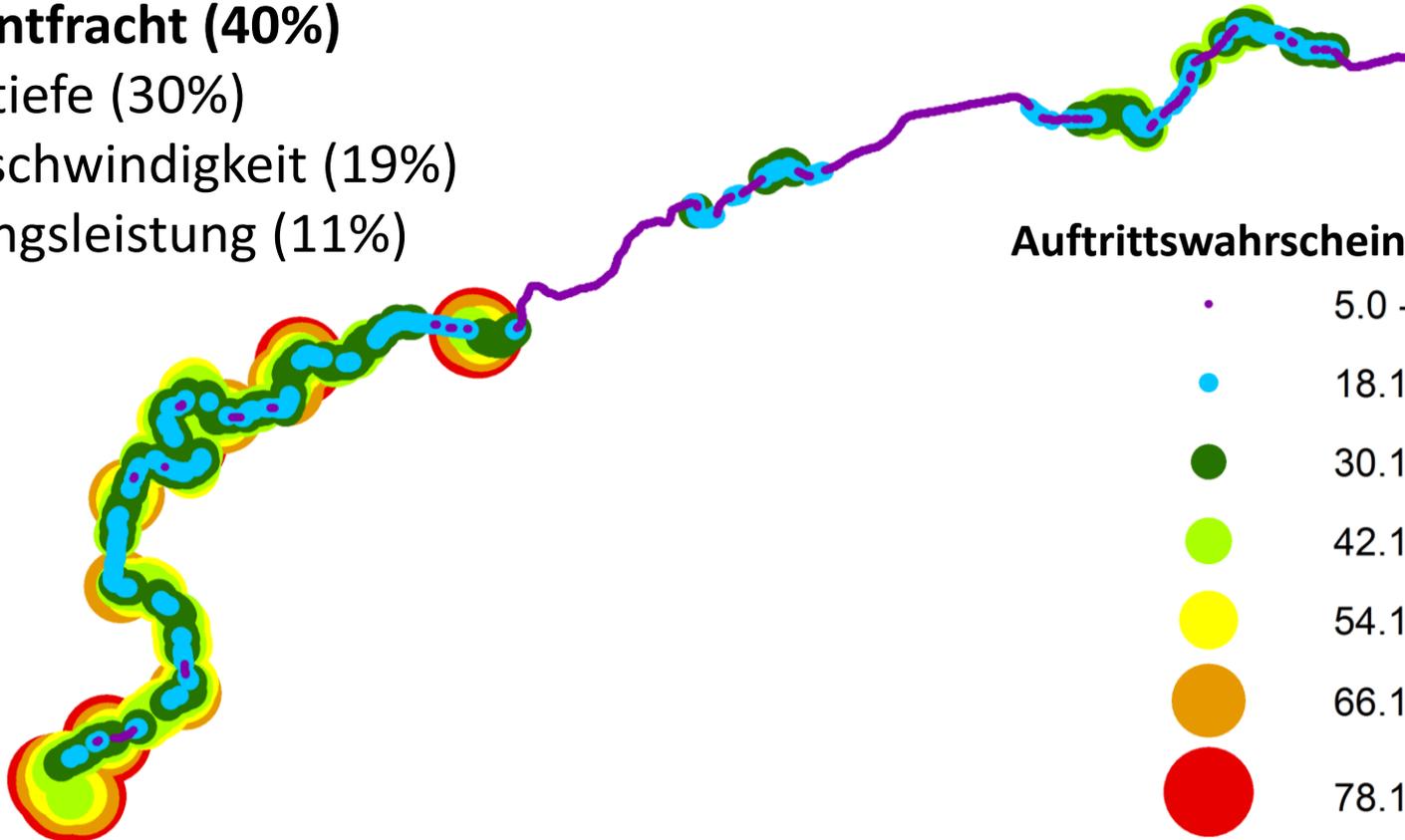
## Evaluierte Parameter:

**Sedimentfracht (40%)**

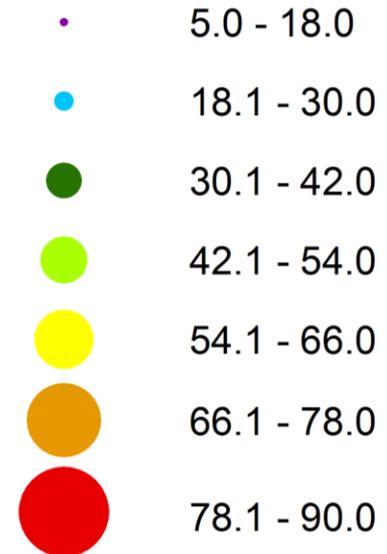
Wassertiefe (30%)

Fließgeschwindigkeit (19%)

Strömungsleistung (11%)



## Auftrittswahrscheinlichkeit [%]

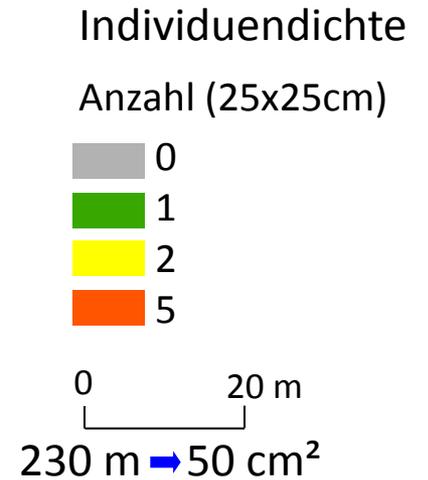
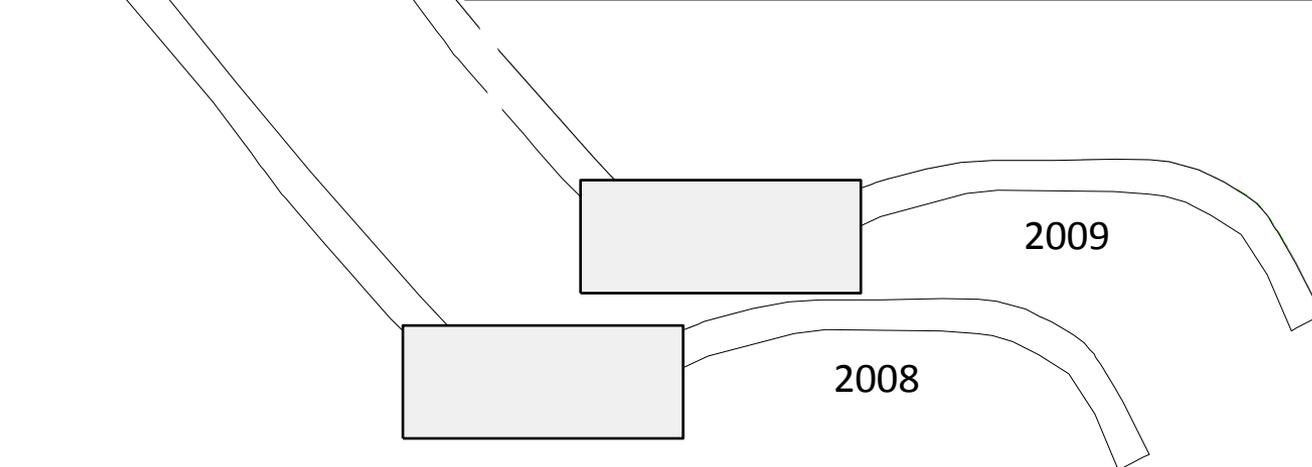
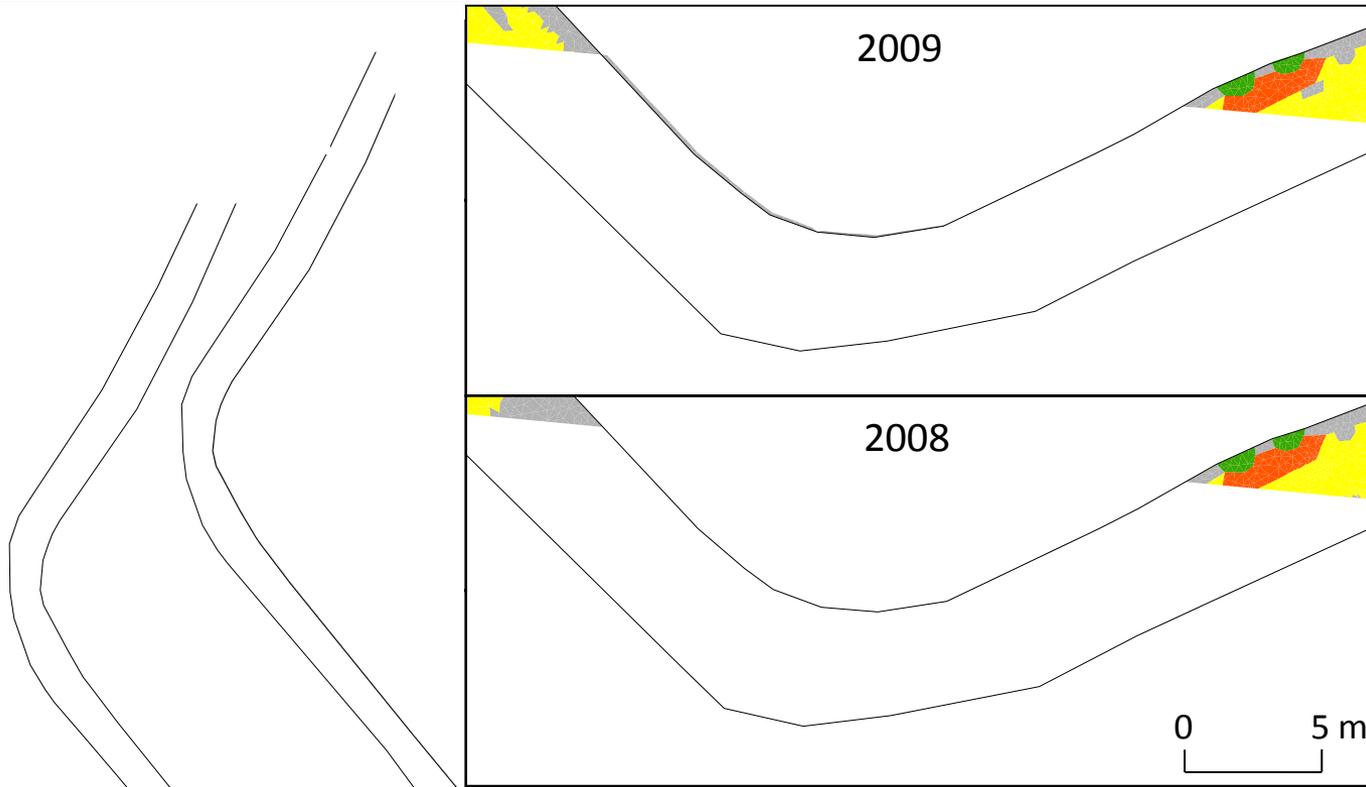


0 1 km  
9 km → 15 m<sup>2</sup>

## Modellgüte:

Sehr gute Übereinstimmung, AUC 0.96, kappa 0.86  
(basierend auf 30% der Probenahmedaten)

# Simulation von *Hydropsyche*



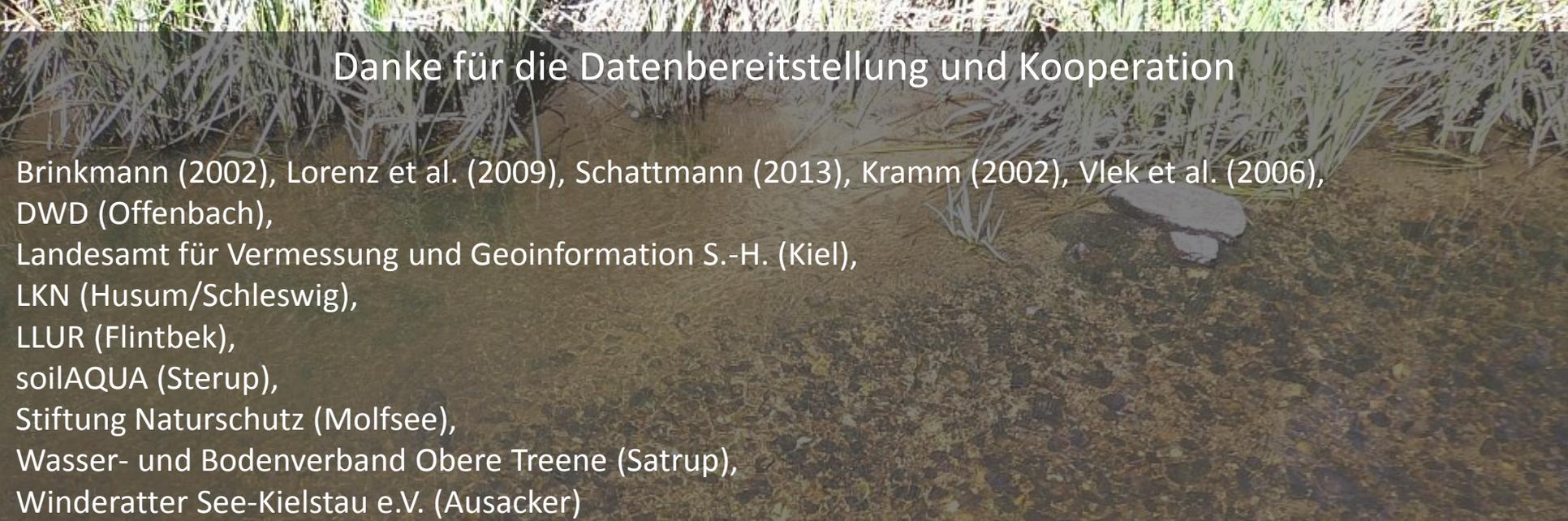
# Zusammenfassung

---

# Zusammenfassung

- Erfassung und Modellierung von Sedimenteintrag und Transportprozessen auf Einzugsgebietsebene und im Gerinne
- Messungen notwendig zum Verständnis der Prozesse, zur Erfassung der Quellen und Eintragspfade und zur Kalibrierung und Validierung der Modelle
- Modelle sind nützliche Werkzeuge zur Abbildung von Sedimentaustrag/-transport mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung und zur Vorhersage
- Verringerung / Auswaschung des Feinsandssubstrates erhöht die Artendichte





## Danke für die Datenbereitstellung und Kooperation

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 die Aufmerksamkeit**